

東海低レベル放射性廃棄物埋設事業所

第二種廃棄物埋設事業許可申請

第二種廃棄物埋設施設に係る

水理の状況について

2020年11月

日本原子力発電株式会社

本資料のうち、は営業秘密又は防護上の観点から公開できません。

## 目 次

はじめに	1
1. 地下水の状況	2
1.1 敷地及び敷地近傍の地形	2
1.2 敷地及び敷地近傍の地質	5
1.3 敷地及び敷地近傍の地下水	10
1.4 廃棄物埋施設設置位置付近の地形	11
1.5 廃棄物埋施設設置位置付近の地質	12
1.6 廃棄物埋施設設置位置付近の地下水	19
1.6.1 透水特性	19
1.6.2 地下水位	32
1.6.3 水理地質特性	40
1.6.4 地下水流動	45
1.7 参考文献	63
2. 防潮堤等の設置による地下水流動への影響	64
2.1 防潮堤等の構造	65
2.2 防潮堤等設置後の地下水流動の評価	68
2.2.1 解析条件	68
2.2.2 解析結果	76
2.3 参考文献	83
3. 海象	84
4. 塩淡境界	92
4.1 地下水の電気伝導率の測定	93
4.2 地下密度流理論による検討	100
4.3 鉛直二次元 F E M 移流分散密度流解析による検討	103
4.4 塩淡境界の評価結果	111
4.5 参考文献	111

## 補足説明資料

- (1) 揚水試験結果
- (2) 地下水流動解析における等価透水係数の設定について
- (3) 不圧地下水の定常状態における塩淡水境界の密度流理論式

## はじめに

本資料は、東海低レベル放射性廃棄物埋設事業所第二種廃棄物埋設事業許可申請書の記載内容のうち、廃棄物埋設施設位置付近の水理の状況について評価した内容を説明するものである。



## 1. 地下水の状況

### 1.1 敷地及び敷地近傍の地形

敷地及び敷地近傍の地形図を第 1.1-1 図に、敷地及び敷地近傍陸域の段丘面区分図を第 1.1-2 図に示す。

敷地は、久慈川河口の南側で那珂台地東端の太平洋に面しており、海岸砂丘に覆われている。

敷地近傍陸域の地形は、台地、低地及び海岸砂丘からなる。

台地は、敷地西方の那珂台地及び敷地北方の常磐海岸台地からなる。台地は、標高約 20m～約 50m で、東側に徐々に高度を減じている。

低地は、敷地北方の久慈川沿いや敷地南方の新川に沿ってまとまって分布する。

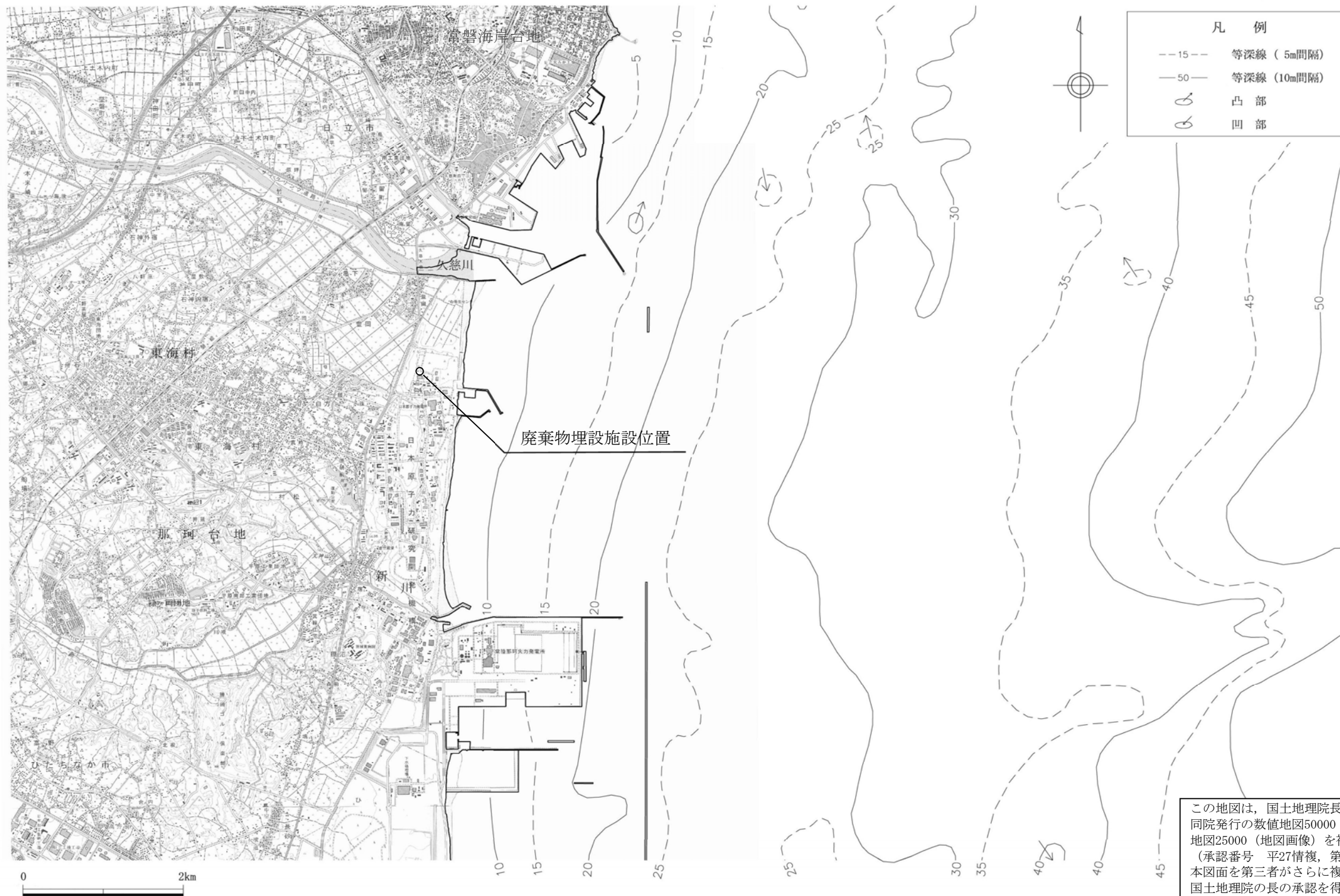
海岸砂丘は、敷地を含む海岸部に分布している。

また、台地を構成する段丘については、空中写真判読等による段丘面の形態、面の保存状態の性状等に基づいて、高位から M1 面、M2 面及び M3 面に区分される。

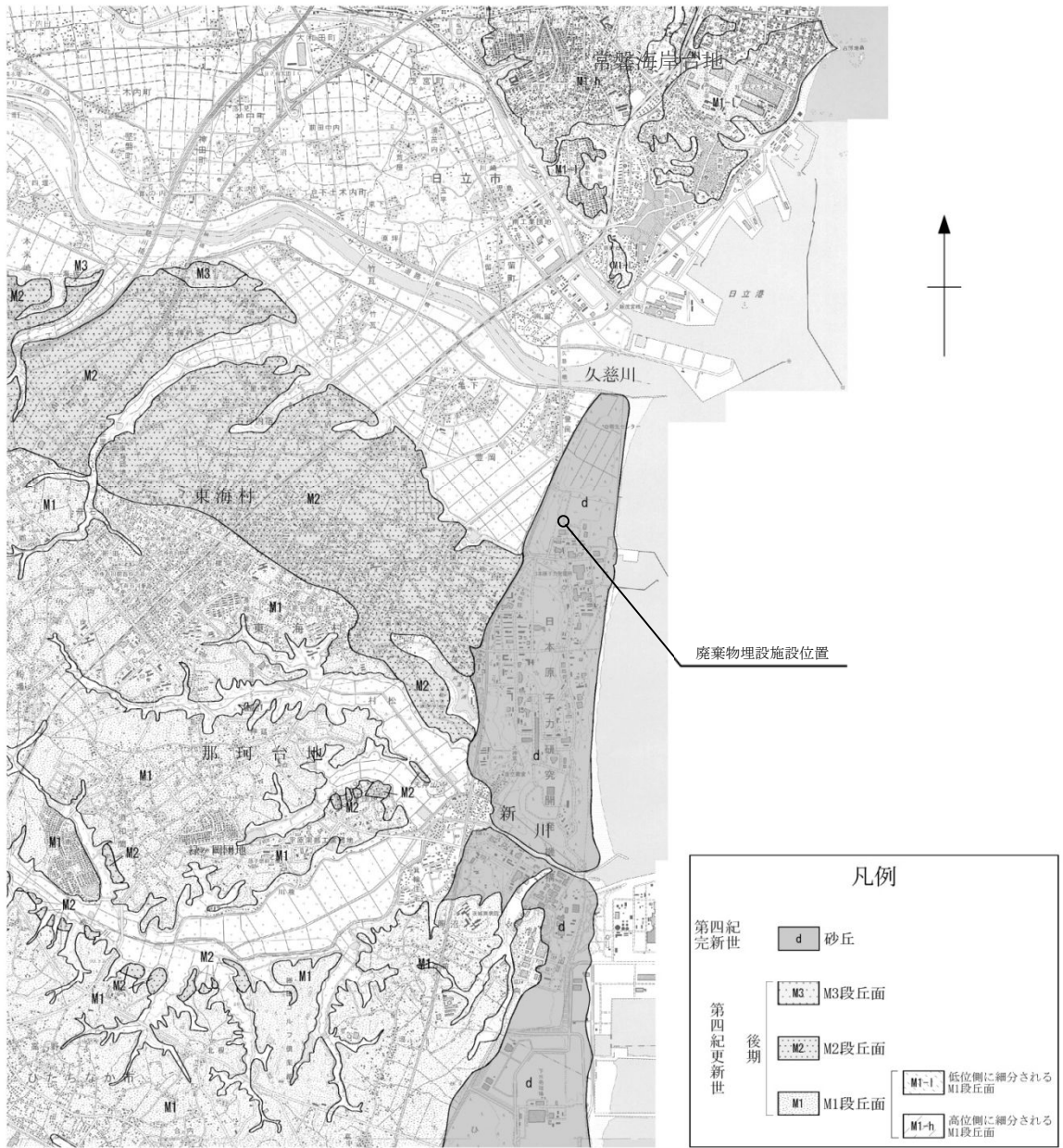
M1 面は、敷地西方の那珂台地に広く分布する。久慈川より北側の常磐海岸台地では海岸沿いに細長く分布し、M1-h 面及び M1-1 面に細分される。

M2 面は久慈川の南側に比較的広く分布するほか、新川沿い等に分布する。

M3 面は、河川沿いに局所的に分布する。



第 1.1-1 図 敷地及び敷地近傍の地形図



この地図は、国土地理院長の承認を得て、同院発行の数値地図50000（地図画像）及び数値地図25000（地図画像）を複製したものである。  
 （承認番号 平27情複，第130号）  
 本図面を第三者がさらに複製する場合は国土地理院の長の承認を得なければならない。



第 1.1-2 図 敷地及び敷地近傍陸域の段丘面区分図

## 1.2 敷地及び敷地近傍の地質

敷地及び敷地近傍の地質層序表を第 1.2-1 表に、敷地及び敷地近傍の地質図を第 1.2-1 図に、敷地及び敷地近傍の地質断面図を第 1.2-2 図に示す。

敷地及び敷地近傍の陸域には、下位より新第三系中新統の多賀層群、新第三系鮮新統の離山層、新第三系鮮新統～第四系下部更新統の久米層、第四系更新統の東茨城層群及び段丘堆積物並びに第四系完新統の沖積層及び砂丘砂層がそれぞれ分布している。新第三系は第四系に広く覆われ、台地の縁辺部に露頭が認められる。

### (1) 新第三系

#### (a) 多賀層群

多賀層群は主に砂質泥岩からなり、新川上流に広く分布するほか、北部の常磐海岸台地南端部にも分布する。

#### (b) 離山層

離山層は、主に凝灰岩からなり、多賀山地南縁部に小規模に分布する。本層は、多賀層群を不整合に覆っている。吉岡他(2001)<sup>(1)</sup>等によれば、本層は産出化石などから下部鮮新統とされている。

#### (c) 久米層

久米層は、主に砂質泥岩からなり、新川下流部に広く分布するほか、北部の常磐海岸台地南端部にも分布する。

また、東海村緑ヶ丘団地南方では、下位の多賀層群と不整合関係で接する露頭が認められる。

### (2) 第四系

第四系は、敷地近傍に広く分布する。これらは、中部更新統の東茨城層群、上部更新統の段丘堆積物並びに完新統の沖積層及び砂丘砂層に区分される。

#### a. 東茨城層群

東茨城層群は、主に砂、礫及びシルトからなり、上部更新統の段丘堆積物に覆われて分布している。本層群は、敷地近傍の那珂台地では、坂本他(1972)<sup>(2)</sup>の見和層下部に相当する。

本層群は、那珂台地では南関東の下末吉面～小原台面に対比されるM1面の堆積物に不整合に覆われていることから、中部更新統と考えられる。

#### b. 段丘堆積物

段丘堆積物は、海岸及び河川に沿って分布する。段丘堆積物は、段丘面の分布、堆積物の層相、火山灰層との関係等に基づいて、M1段丘堆積物、M2段丘堆積物、M3段丘堆積物、L1段丘堆積物及びL2段丘堆積物に区分される。M1段丘堆積物は主に海成堆積物、M2～M3段丘堆積物及びL1～L2段丘堆積物は河成堆積物からなる。

M1段丘堆積物は、那珂台地に連続的に広く分布し、堆積物は海成の主に砂からなり、礫、シルトの薄層を伴う。下部は塊状の砂を主体とするが、上部は粗粒砂を含んだり、シルトの薄

層を挟むなど、層相が変化する。また、最上部には淡水環境で堆積したと考えられる粘土層及び砂礫層が薄く分布する。

M2段丘堆積物は、河川に沿って分布し、下流部で広く分布する。堆積物は主に礫、砂からなり、いずれも下位のM1段丘堆積物等を削り込んでいる。なお、敷地においてはD1層と表記する。

M3段丘堆積物は、河川沿いに断片的に分布する。堆積物は礫を主体とする。

L1段丘堆積物及びL2段丘堆積物以降の堆積物は、久慈川南岸で沖積層及び砂丘砂層の下位に埋没して分布している。なお、敷地においてはL1段丘堆積物をD2層と表記する。

c. 沖積層

沖積層は、未固結の砂、シルト及び礫からなり、久慈川、新川等の現河川に沿って分布する。

d. 砂丘砂層

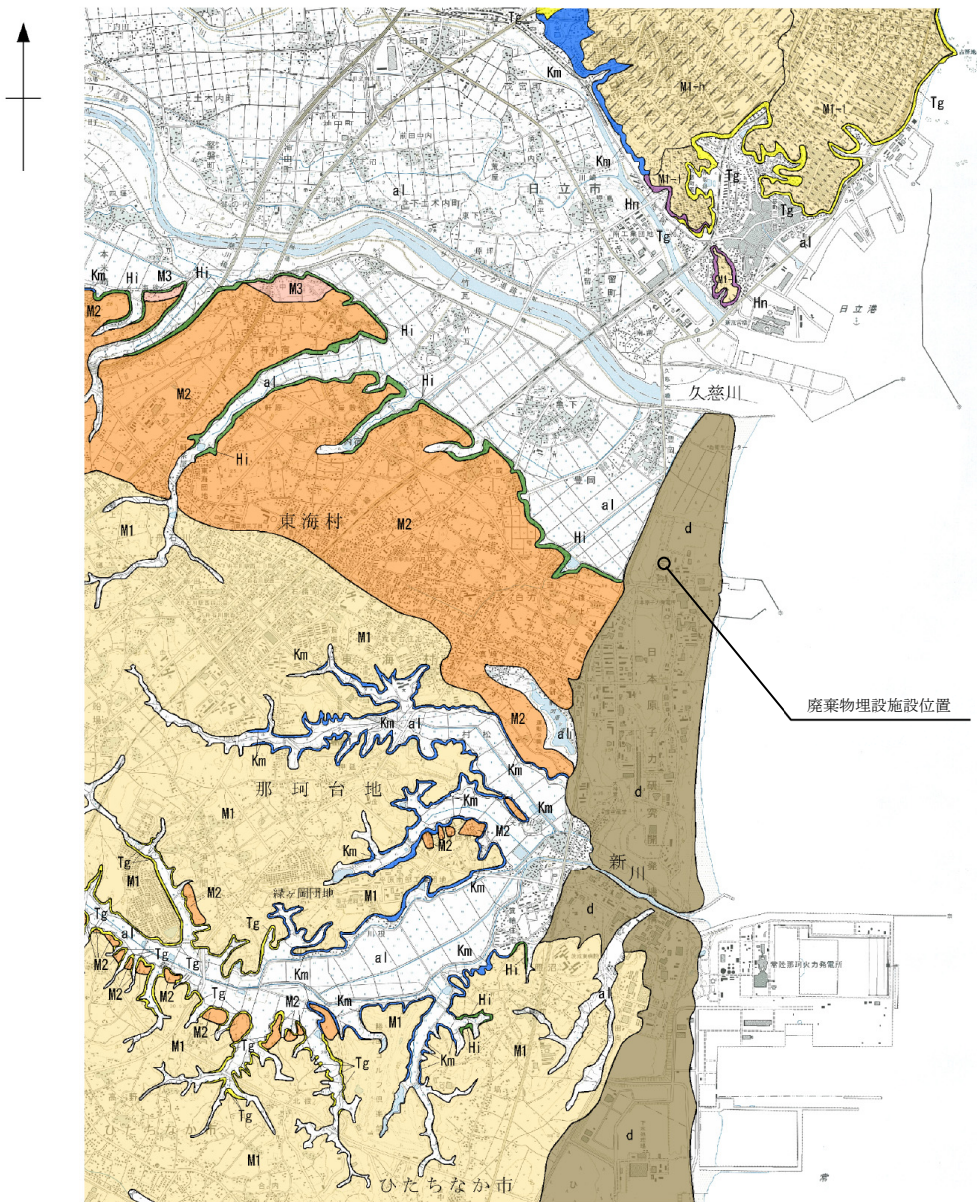
砂丘砂層は、未固結の淘汰の良い細粒砂～中粒砂からなり、敷地を含む海岸部に分布する。

第 1.2-1 表 敷地及び敷地近傍の地質層序表

年代層序区分		敷地及び敷地近傍			
		地層区分(地質記号)	主な層相		
新生界	第四系	完新統	砂丘砂層(du)	砂	
			沖積層(al)	礫・砂・シルト	
		更新統	段丘堆積物	L2段丘堆積層(L2)	礫・砂・シルト
				L1段丘堆積層(L1)	礫・砂・シルト
				M3段丘堆積層(M3)	礫・砂
				M2段丘堆積層(M2)	礫・砂
	M1段丘堆積層(M1)	礫・砂・シルト			
	中部	東茨城層群(Hi)	礫・砂・シルト		
	下部				
	新第三系	鮮新統	久米層(Km)	砂質泥岩	
離山層(Hn)			凝灰岩		
中新統		多賀層群(Tg)	砂質泥岩		

~~~~~ 不整合

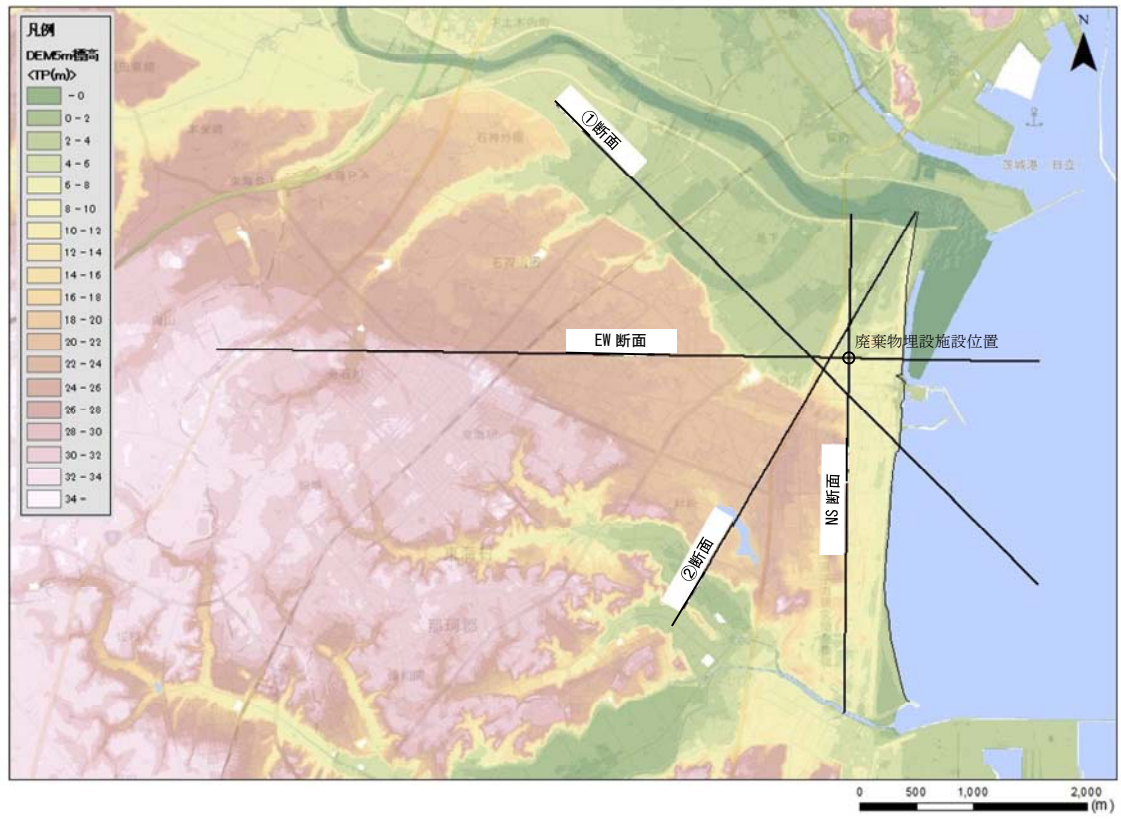




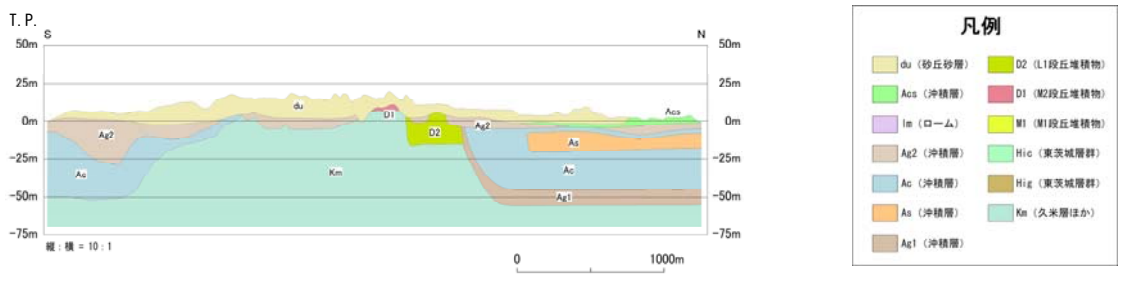
この地図は、国土地理院長の承認を得て、同院発行の数値地図50000（地図画像）及び数値地図25000（地図画像）を複製したものである。  
 （承認番号 平27情複，第130号）  
 本図面を第三者がさらに複製する場合は国土地理院の長の承認を得なければならない。

| 年代層序区分    |         | 区分・地質     |             |
|-----------|---------|-----------|-------------|
| 完新統       | 沖積層     | a1        | 礫，砂，シルト     |
|           | 砂丘砂層    | d         | 砂           |
| 第四系       | M3段丘堆積層 | M3        | 礫，砂         |
|           | M2段丘堆積層 | M2        | 礫，砂         |
|           | M1段丘堆積層 | M1        | 礫，砂，シルト     |
|           |         | M1-l段丘堆積層 | M1-l        |
| M1-h段丘堆積層 | M1-h    | 礫，砂，シルト   |             |
| 東茨城層群     | Hi      | 礫，砂，シルト   |             |
| 鮮新統       | 久米層     | Km        | 砂質泥岩        |
|           | 離山層     | Hn        | 軽石凝灰岩，凝灰質泥岩 |
|           | 多賀層群    | Tg        | 砂質泥岩        |

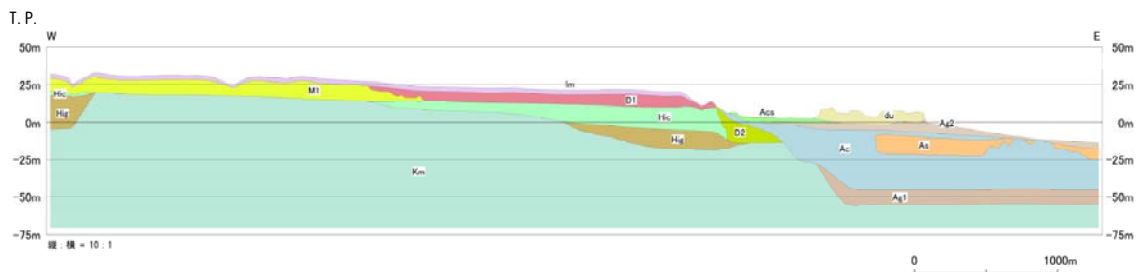
第 1.2-1 図 敷地及び敷地近傍の地質図



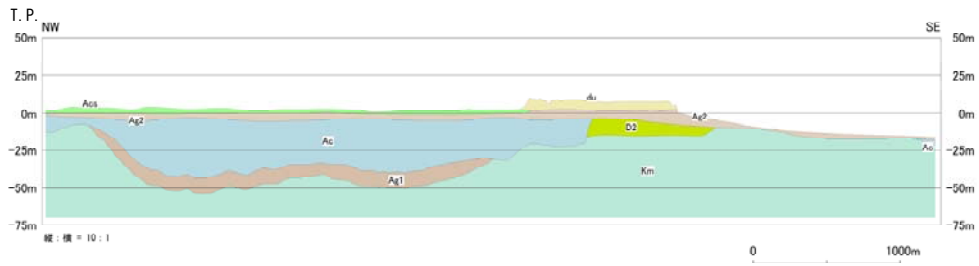
第 1.2-2 図 (1) 敷地及び敷地近傍の地質断面図 (地質断面位置図)



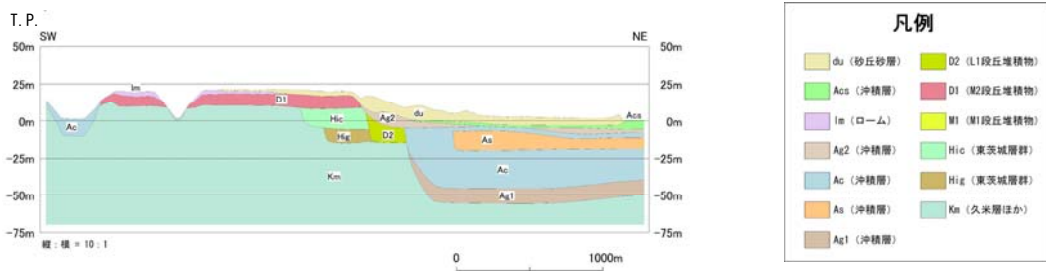
第 1.2-2 図 (2) 敷地及び敷地近傍の地質断面図 (NS断面)



第 1.2-2 図 (3) 敷地及び敷地近傍の地質断面図 (EW断面)



第 1.2-2 図 (4) 敷地及び敷地近傍の地質断面図 (①断面)



第 1.2-2 図 (5) 敷地及び敷地近傍の地質断面図 (②断面)



### 1.3 敷地及び敷地近傍の地下水

敷地及び敷地近傍の地下水位を第 1.3-1 図に示す。

敷地の地下水位については、2006 年 4 月 1 日から 2019 年 3 月 31 日までの申請者による観測結果の平均水位を示すとともに、本水位に基づく地下水位の等高線を示している。

敷地近傍の地下水位については、ジオ・ステーション（防災科学技術研究所）のボーリング柱状図に記載されている孔内水位を示している。

敷地南西方の那珂台地で観測された地下水位は T.P. 約 5m～T.P. 約 16m に分布する。

敷地西方の水田で観測された地下水位は T.P. 約 0m～T.P. 約 4m に分布する。

敷地の北側には久慈川が、南側には新川が分布し、その間の地下水は、地形、地質及び地下水位の観測結果から、おおむね西から東に流動していると考えられる。



※背景：地理院タイル

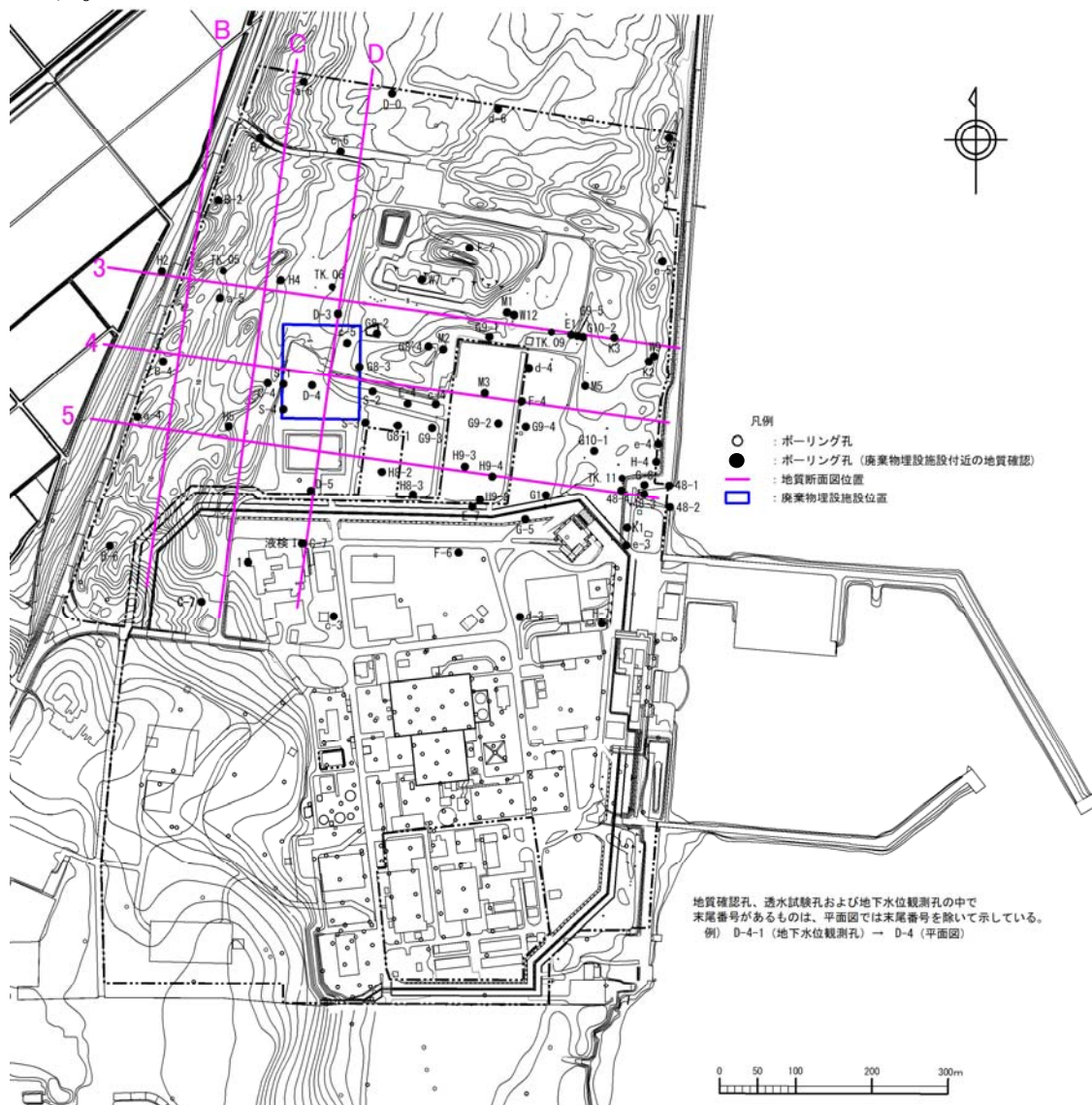
第 1.3-1 図 敷地及び敷地近傍の地下水位

#### 1.4 廃棄物埋施設位置付近の地形

廃棄物埋施設は海岸砂丘に位置し、標高は約 4m～約 8m である。

海岸砂丘と廃棄物埋施設西方の低地の境界付近には高まりが分布し、その標高は約 9m～約 11m である。

廃棄物埋施設位置付近の地形及び地質調査位置図を第 1.4-1 図に示す。



第 1.4-1 図 廃棄物埋施設位置付近の地形及び地質調査位置図

### 1.5 廃棄物埋施設位置付近の地質

廃棄物埋施設位置付近の地質断面図を第 1.5-1 図に示す。

廃棄物埋施設位置付近の地質は、下位より新第三系鮮新統～第四系下部更新統の久米層並びに第四系完新統の沖積層及び砂丘砂層からなる。

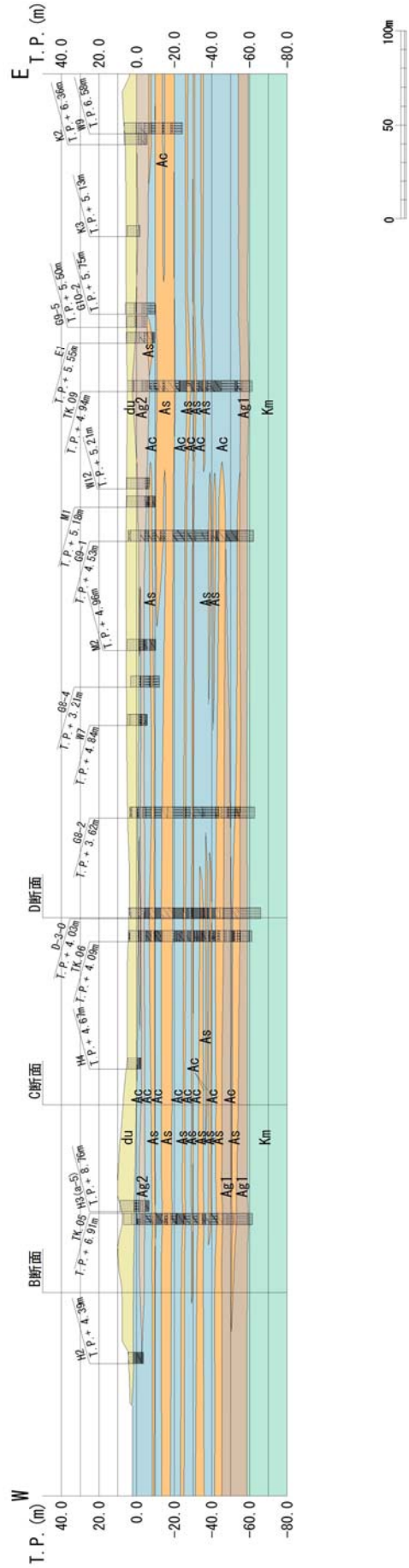
久米層は、主として暗オリーブ灰色を呈する塊状の砂質泥岩からなり、T.P. 約-60m 以深に分布している。

第四系については、基底部付近に主として砂礫層（A g 1 層）が分布し、その上位には粘土層（A c 層）、砂層（A s 層）及び礫混じり砂層（A g 2 層）が互層状を呈して分布している。最上部には、細粒～中粒の均一な砂からなる砂丘砂層（d u 層）が分布している。

地質構成表

| 地質時代 | 地質区分   | 記号    | 岩相   |
|------|--------|-------|------|
| 新 世  | 沖積層 a1 | du    | 砂    |
|      |        | Ag2   | 砂礫   |
|      |        | Ac    | 粘土   |
| 四 世  | D2     | As    | 砂    |
|      |        | Ag1   | 砂礫   |
|      |        | D2c-3 | シルト  |
|      |        | D2s-3 | 砂    |
| 新 世  | 段丘堆積物  | D2e-3 | 砂礫   |
|      |        | D2c-2 | シルト  |
|      |        | D2s-2 | 砂礫   |
|      |        | lm    | ローム  |
|      |        | D1c-1 | シルト  |
| 紀    | 久米層    | D1s-1 | 砂礫   |
|      |        | Km    | 砂質泥岩 |

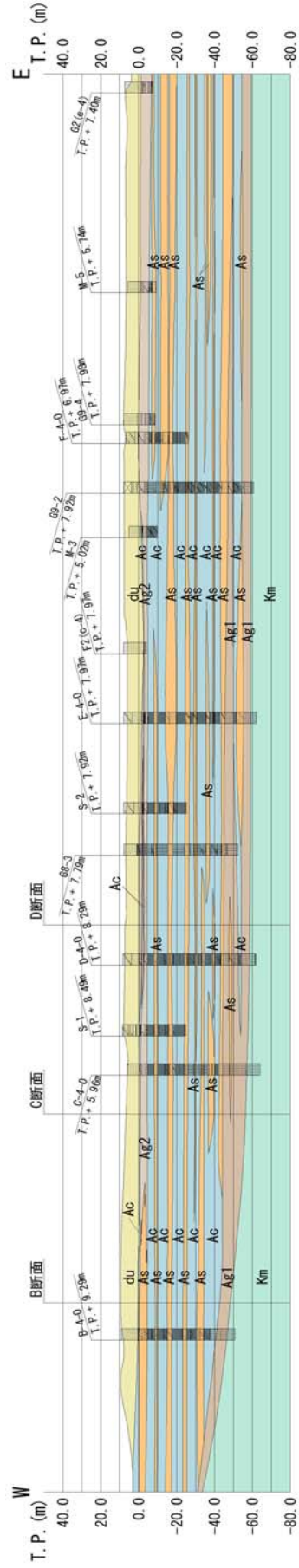
断層三記号：断層世 不整合



第 1.5-1 図 (1) 廃棄物埋設施設位置付近の地質断面図 (3 断面)

地質構成表

| 地質時代 | 地質区分 | 記号    | 岩相   |
|------|------|-------|------|
| 新    | 沖積層  | du    | 砂    |
|      |      | Ag2   | 砂礫   |
| 新    | 世    | Ac    | 粘土   |
|      |      | As    | 砂    |
|      |      | Ag1   | 砂礫   |
|      |      | D2c-3 | シルト  |
|      |      | D2s-3 | 砂    |
| 四    | 世    | D2c-2 | 砂礫   |
|      |      | D2s-2 | シルト  |
| 新    | 世    | D2c-1 | 砂礫   |
|      |      | D2s-1 | シルト  |
|      |      | Im    | ローム  |
|      |      | D1c-1 | シルト  |
|      |      | D1s-1 | 砂礫   |
| 第三紀  | 新    | Km    | 砂質泥岩 |
|      |      | 久米層   | 不整合  |



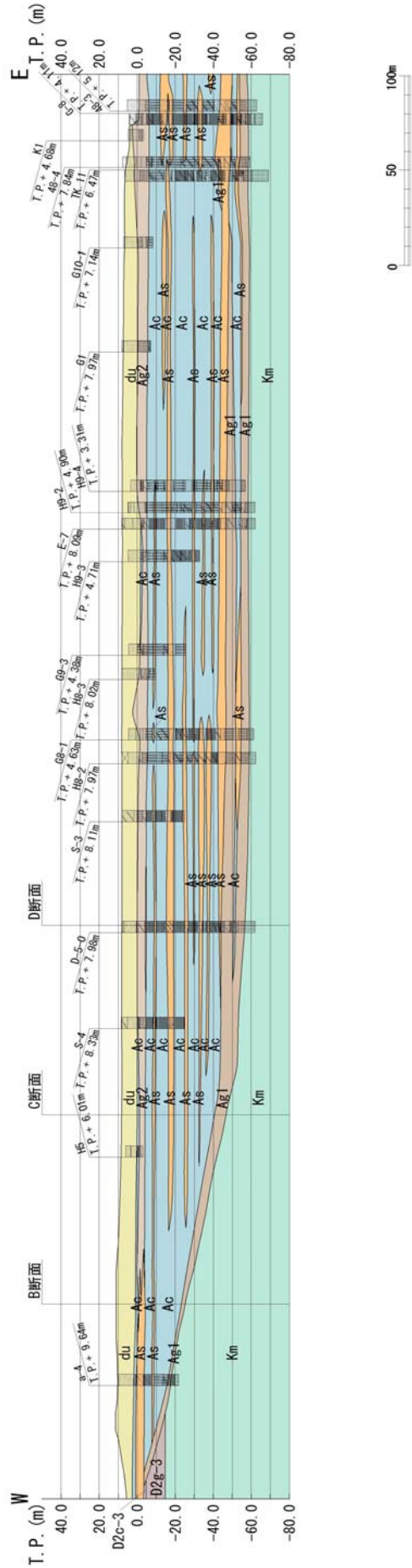
第 1.5-1 図 (2) 廃棄物埋設施設位置付近の地質断面図 (4 断面)



地質構成表

| 地質時代   | 地質区分   | 記号    | 岩相   |
|--------|--------|-------|------|
| 新      | 砂丘砂層   | du    | 砂    |
|        |        | As2   | 砂礫   |
|        | 沖積層 a1 | Ac    | 粘土   |
| As     |        | 砂     |      |
| 四      | D2c-3  | As1   | 砂礫   |
|        |        | D2c-3 | シルト  |
|        | D2s-3  | 砂     |      |
|        | D2g-3  | 砂礫    |      |
|        | D2g-2  | シルト   |      |
| 紀      | 線丘堆積物  | D2g-2 | 砂礫   |
|        |        | lm    | ローム  |
|        | D1c-1  | シルト   |      |
|        | D1g-1  | 砂礫    |      |
| 新第三紀新世 | 久米層    | Km    | 砂質泥岩 |

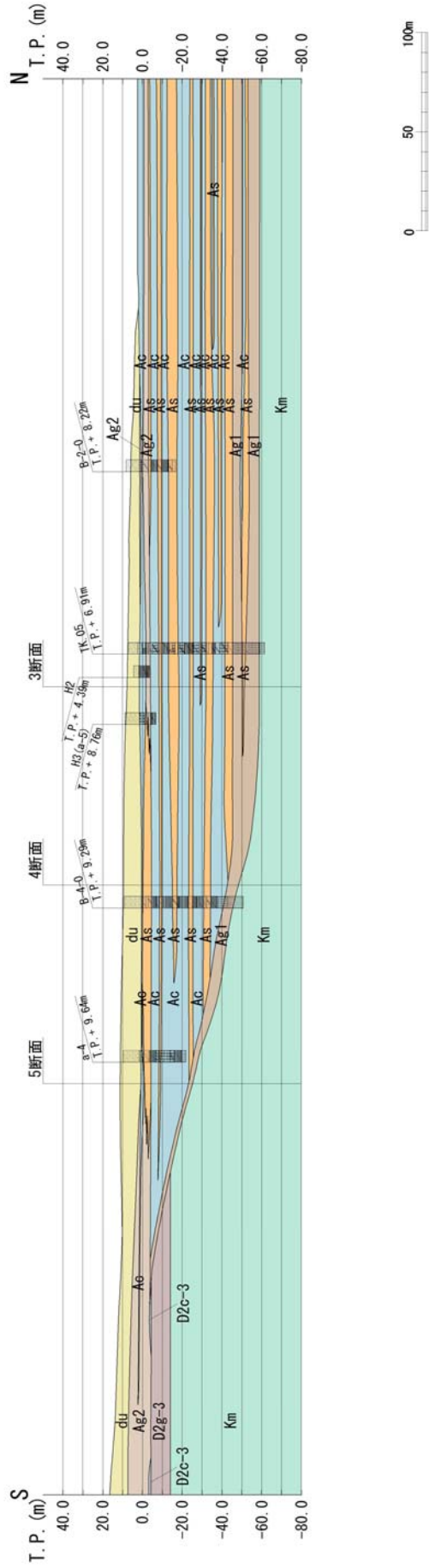
不整合



第 1.5-1 図 (3) 廃棄物埋設施設位置付近の地質断面図 (5 断面)

地質構成表

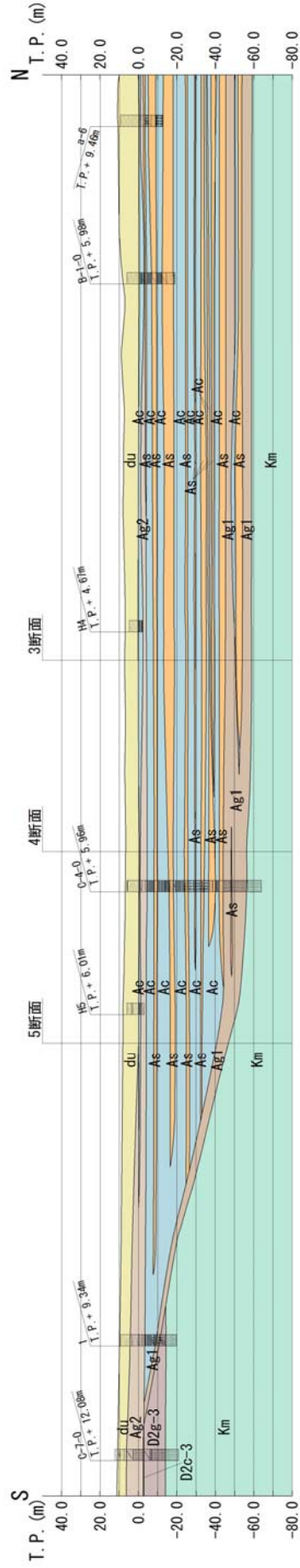
| 地質時代    | 地質区分  | 記号    | 岩相   |
|---------|-------|-------|------|
| 第 三 紀   | 沖積層   | al    | 砂    |
|         |       | Ac    |      |
|         |       | As    |      |
| 四 紀     | D2    | Ag1   | シルト  |
|         |       | D2c-3 | 砂    |
|         |       | D2g-3 | シルト  |
| 新 世     | 段丘堆積物 | D2g-2 | シルト  |
|         |       | D2c-2 | シルト  |
|         |       | D2g-2 | シルト  |
| 新 世     | D1    | lm    | ローム  |
|         |       | D1c-1 | シルト  |
|         |       | D1g-1 | シルト  |
| 新第三紀新新世 | 久米層   | Km    | 砂質泥岩 |



第 1.5-1 図 (4) 廃棄物埋設施設位置付近の地質断面図 (B 断面)

地質構成表

| 地質時代    | 地質区分  | 記号    | 岩相   |
|---------|-------|-------|------|
| 新 世     | 沖積層   | du    | 砂    |
|         |       | Ag2   | 砂礫   |
|         | al    | 粘土    |      |
| 四 更     | D2    | As    | 砂    |
|         |       | Ag1   | 砂礫   |
|         | DZc-3 | シルト   |      |
|         | DZs-3 | 砂     |      |
| 紀       | 段丘堆積物 | DZc-3 | 砂礫   |
|         |       | DZs-2 | シルト  |
|         | Im    | 砂礫    |      |
|         | D1    | ローム   |      |
| 新第三紀/新世 | 久米層   | D1e-1 | シルト  |
|         |       | D1s-1 | 砂礫   |
|         |       | Km    | 砂質泥岩 |



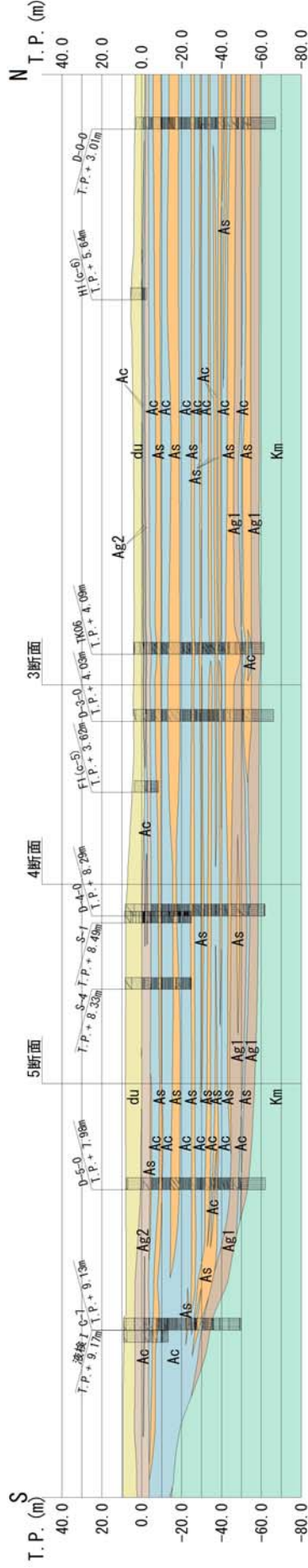
第 1.5-1 図 (5) 廃棄物埋設施設位置付近の地質断面図 (C 断面)



地質構成表

| 地質時代 | 地質区分  | 記号    | 岩相   |
|------|-------|-------|------|
| 新 世  | 砂丘砂層  | du    | 砂    |
|      |       | Ag2   | 砂礫   |
|      | 沖積層   | Ac    | 粘土   |
|      |       | As    | 砂    |
| 四 世  | D2c-3 | Ag1   | 砂礫   |
|      |       | シルト   |      |
|      |       | D2c-3 | 砂    |
|      | D2    | D2g-3 | 砂礫   |
|      |       | D2c-2 | シルト  |
|      |       | D2g-2 | 砂礫   |
| 紀 世  | 段丘堆積物 | lm    | ローム  |
|      |       | D1c-1 | シルト  |
|      | 久米層   | D1g-1 | 砂礫   |
|      |       | Km    | 砂質泥岩 |

不整合



第 1.5-1 図 (6) 廃棄物埋設施設位置付近の地質断面図 (D断面)

## 1.6 廃棄物埋施設位置付近の地下水

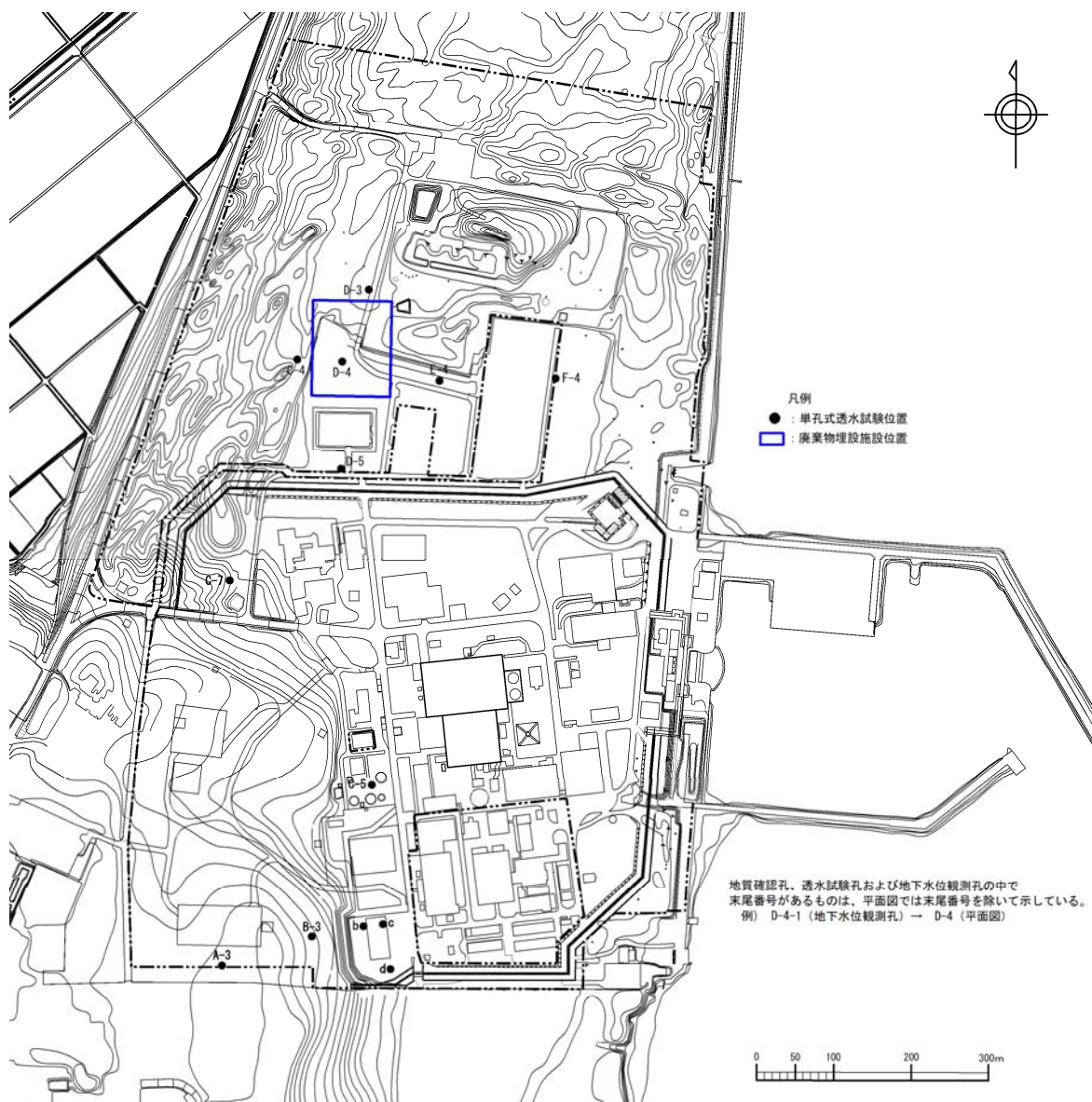
### 1.6.1 透水特性

#### 1.6.1.1 単孔式透水試験

廃棄物埋施設位置付近に分布する各地層の透水特性を把握するため、単孔式透水試験を行った。

#### (1) 試験位置

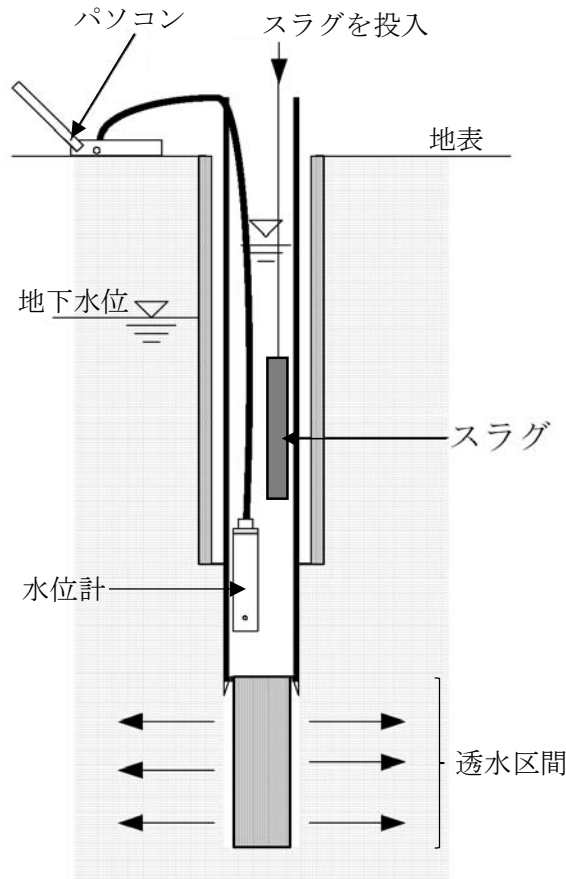
単孔式透水試験位置図を第 1.6.1-1 図に示す。



第 1.6.1-1 図 単孔式透水試験位置図

(2) 試験方法

試験は、J G S 1314「単孔を利用した透水試験方法」に準拠し、スラグ法（非定常法）で実施した。単孔式透水試験の概要図を第1.6.1-2図に示す。



第 1.6.1-2 図 単孔式透水試験概要図

(3) 透水区間（ストレーナ位置）の選定について

単孔式透水試験の透水区間は、以下の考え方にに基づき選定した。

① d u 層

自由地下水面は d u 層に位置しており、自由地下水面と d u 層下端の間に試験装置を設ける必要があるため、透水区間は d u 層下端に近い深度とした。

② A g 2 層

d u 層と A g 2 層の間に薄い A c 層が存在する地点があり、この A c 層を避けるため、透水区間は A g 2 層下端に近い深度とした。

③ A c 層

A g 2 層の下位の難透水層と考えられる厚い A c 層を対象とし、透水区間は層内の任意の位置とした。

④ A s 層， l m 層， D 1 g - 1 層， D 2 c - 3 層及び D 2 g - 3 層

A s 層， l m 層， D 1 g - 1 層， D 2 c - 3 層及び D 2 g - 3 層は層厚が薄いため、各層に到達した後すぐに透水区間を設ける必要があることから、透水区間は各層の上端に近い深度とした。

## (4) 試験結果

単孔式透水試験の結果を第 1.6.1-1 表に示す。

第 1.6.1-1 表 単孔式透水試験結果

| 土質区分        | 孔番    | 試験深度 (m)    | 透水係数 (cm/s)           |                       | 算術平均値                 |
|-------------|-------|-------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|             |       |             | 回復法                   | 注入法                   |                       |
| d u 層       | C-4-2 | 5.00~5.50   | $2.55 \times 10^{-2}$ | $2.42 \times 10^{-2}$ | $1.54 \times 10^{-2}$ |
|             | C-4-3 | 6.00~6.50   | $1.43 \times 10^{-2}$ | $2.01 \times 10^{-2}$ |                       |
|             | D-3-1 | 3.45~3.95   | $1.07 \times 10^{-2}$ | $1.12 \times 10^{-2}$ |                       |
|             | D-4-2 | 7.90~8.40   | $1.61 \times 10^{-2}$ | $1.20 \times 10^{-2}$ |                       |
|             | D-5-2 | 6.90~7.40   | $1.50 \times 10^{-2}$ | $1.85 \times 10^{-2}$ |                       |
|             | E-4-2 | 9.00~9.50   | $1.21 \times 10^{-2}$ | $1.29 \times 10^{-2}$ |                       |
| 対数平均値       |       | —           | $1.50 \times 10^{-2}$ | $1.58 \times 10^{-2}$ |                       |
| A g 2 層     | C-4-2 | 9.60~10.10  | $1.11 \times 10^{-2}$ | $7.87 \times 10^{-3}$ | $1.21 \times 10^{-2}$ |
|             | C-4-3 | 9.25~9.75   | $5.10 \times 10^{-3}$ | $2.24 \times 10^{-3}$ |                       |
|             | C-7-1 | 13.40~13.90 | $2.69 \times 10^{-2}$ | $3.73 \times 10^{-2}$ |                       |
|             | D-3-1 | 7.60~8.10   | $2.01 \times 10^{-2}$ | $1.96 \times 10^{-2}$ |                       |
|             | D-5-2 | 11.30~11.80 | $5.49 \times 10^{-3}$ | $4.28 \times 10^{-3}$ |                       |
|             | E-4-1 | 11.90~12.40 | $1.62 \times 10^{-2}$ | $9.61 \times 10^{-3}$ |                       |
|             | F-4-2 | 10.10~10.60 | $2.44 \times 10^{-2}$ | $3.62 \times 10^{-2}$ |                       |
| 対数平均値       |       | —           | $1.31 \times 10^{-2}$ | $1.10 \times 10^{-2}$ |                       |
| A s 層       | C-4-2 | 14.60~15.10 | $7.54 \times 10^{-4}$ | $2.48 \times 10^{-3}$ | $1.64 \times 10^{-3}$ |
|             | D-3-2 | 12.00~12.50 | $1.13 \times 10^{-3}$ | $9.74 \times 10^{-4}$ |                       |
|             | D-4-3 | 16.70~17.20 | $2.77 \times 10^{-3}$ | $2.40 \times 10^{-3}$ |                       |
|             | D-5-2 | 17.50~18.00 | $6.33 \times 10^{-3}$ | $4.35 \times 10^{-3}$ |                       |
|             | E-4-2 | 16.00~16.50 | $1.18 \times 10^{-3}$ | $6.90 \times 10^{-4}$ |                       |
|             | F-4-1 | 24.30~24.80 | $5.48 \times 10^{-4}$ | $2.10 \times 10^{-3}$ |                       |
| 対数平均値       |       | —           | $1.46 \times 10^{-3}$ | $1.82 \times 10^{-3}$ |                       |
| A c 層       | C-4-2 | 13.00~13.60 | $4.65 \times 10^{-7}$ | —                     | $4.65 \times 10^{-7}$ |
| l m 層       | A-3   | 10.30~10.70 | —                     | $3.1 \times 10^{-4}$  | $3.10 \times 10^{-4}$ |
| D 1 g - 1 層 | A-3   | 22.80~23.20 | $1.6 \times 10^{-3}$  | —                     | $1.18 \times 10^{-3}$ |
|             | B-3   | 14.10~14.50 | $8.7 \times 10^{-4}$  | —                     |                       |
| 対数平均値       |       | —           | $1.18 \times 10^{-3}$ | —                     |                       |
| D 2 c - 3 層 | b     | 18.10~18.50 | $8.8 \times 10^{-6}$  | —                     | $1.4 \times 10^{-4}$  |
|             | c     | 18.20~18.40 | $1.0 \times 10^{-4}$  | —                     |                       |
|             | d     | 13.50~13.90 | $6.5 \times 10^{-4}$  | —                     |                       |
|             | C-5   | 17.33~17.73 | $6.7 \times 10^{-4}$  | —                     |                       |
| 対数平均値       |       | —           | $1.4 \times 10^{-4}$  | —                     |                       |
| D 2 g - 3 層 | C-7-1 | 19.50~20.00 | $1.87 \times 10^{-2}$ | $2.48 \times 10^{-2}$ | $2.18 \times 10^{-2}$ |

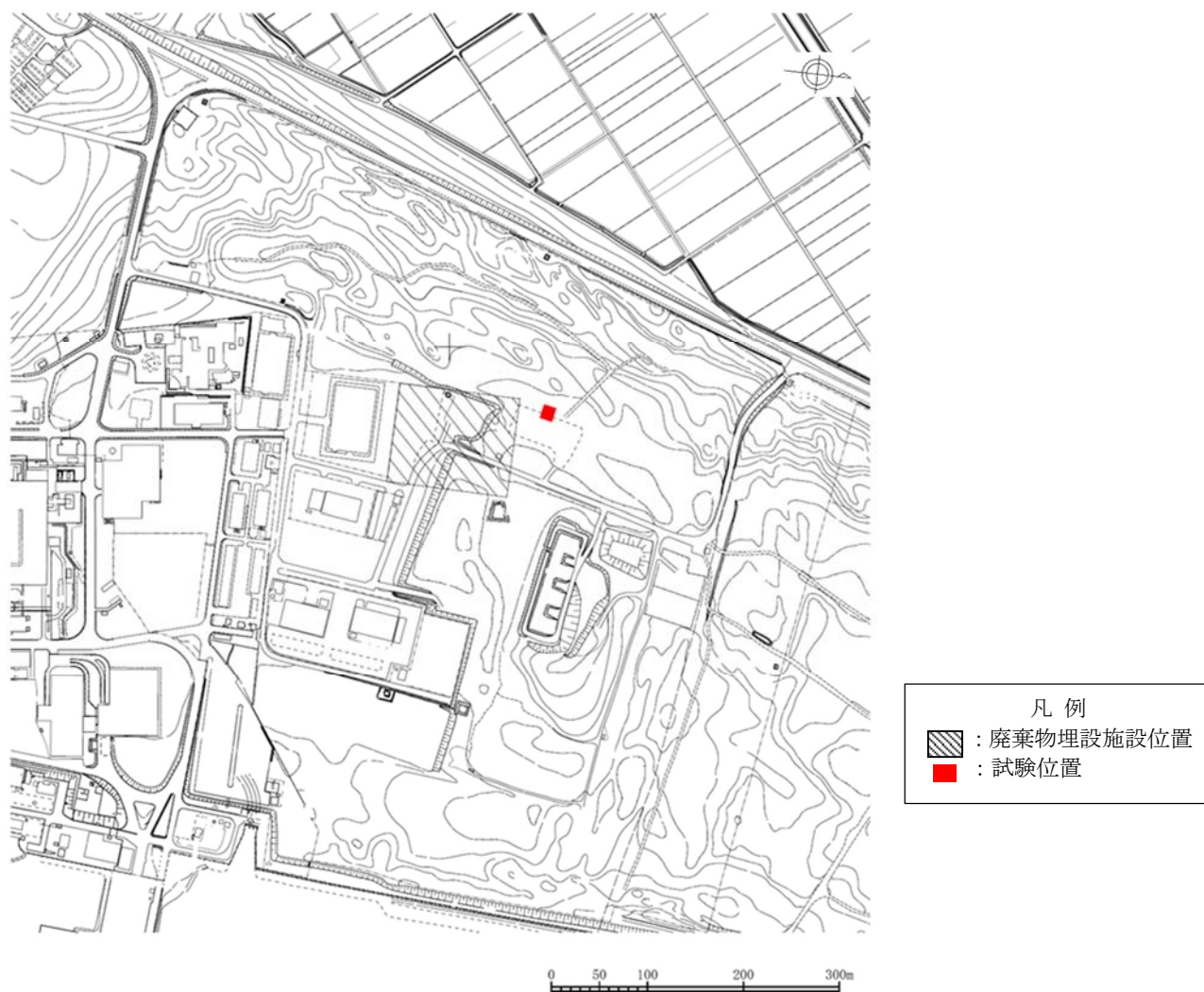
### 1.6.1.2 揚水試験

施設を通過する地下水の流路には d u 層及び A g 2 層があるが、単孔式透水試験の結果において d u 層の透水係数が最も大きく、また、A g 2 層と d u 層が連続して分布し揚水試験で A g 2 層のみの透水係数を求めるのは困難であることから、d u 層を対象に揚水試験を行った。

#### (1) 試験位置

揚水試験位置図を第 1.6.1-3 図に示す。

試験は、廃棄物埋設施設の近傍で実施しており、d u 層の透水係数は場所によるばらつきが小さく、一様の透水性を有する地層と考えられることから、当該位置で得られた透水係数を代表値とした。



第 1.6.1-3 図 揚水試験位置図

(2) 試験方法

試験は、J G S 1315「揚水試験方法」に準拠し、以下の手順に従い実施した。

揚水孔・観測孔の平面配置図を第 1.6.1-4 図に、揚水孔・観測孔構造図を第 1.6.1-5 図に、ストレーナ深度一覧を第 1.6.1-2 表に、試験位置内の地質断面図を第 1.6.1-6 図に示す。

a. 地下水流向の概略把握

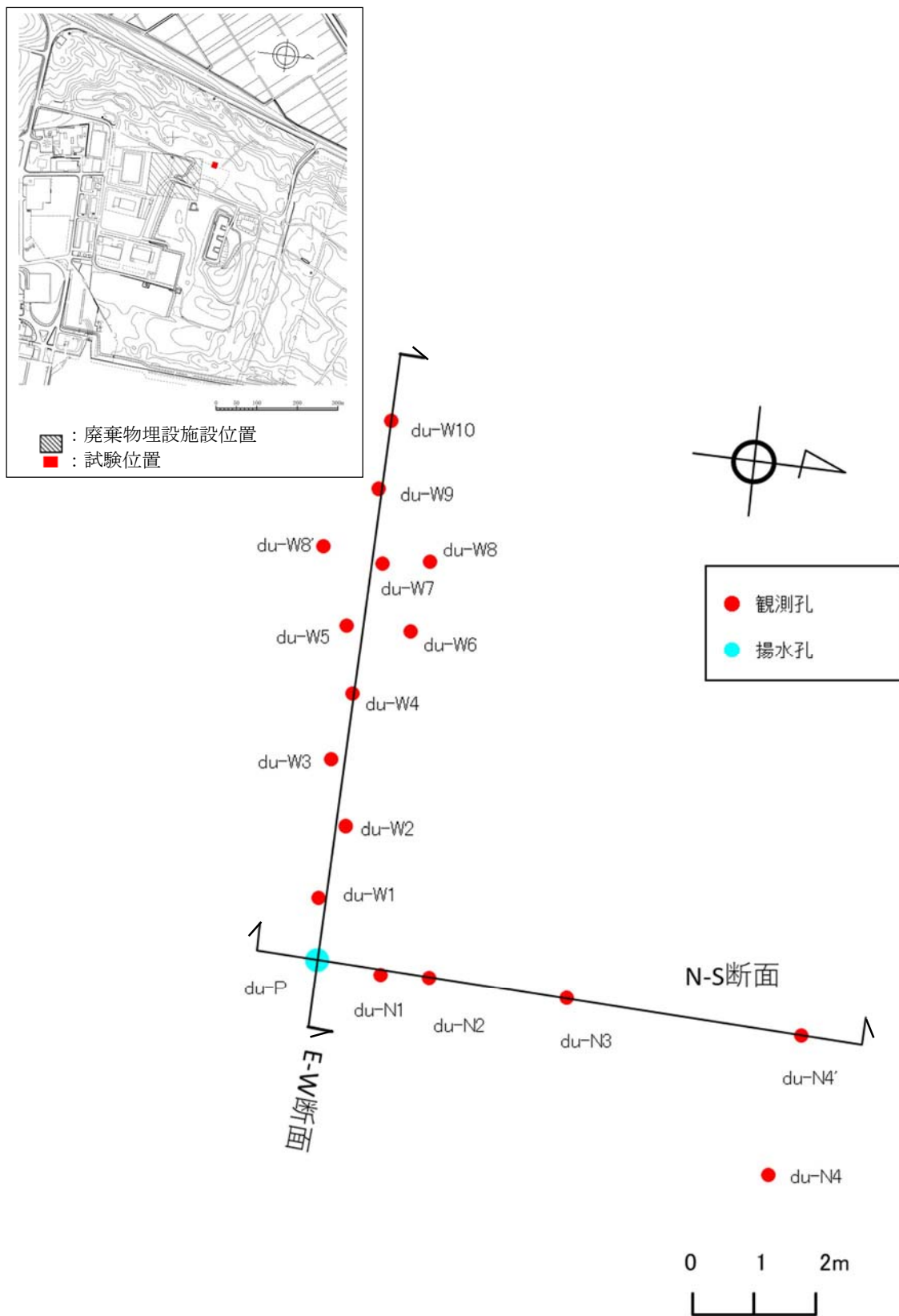
3 孔のボーリング掘削を先行して実施し、地下水面の傾斜方向を把握した上で、揚水試験の水位観測孔の配置を検討した。

b. 観測孔の設置

ボーリング掘削を行い、地質状況を確認した後、水位観測孔を設置し、観測孔の位置及び標高の測量を行った。

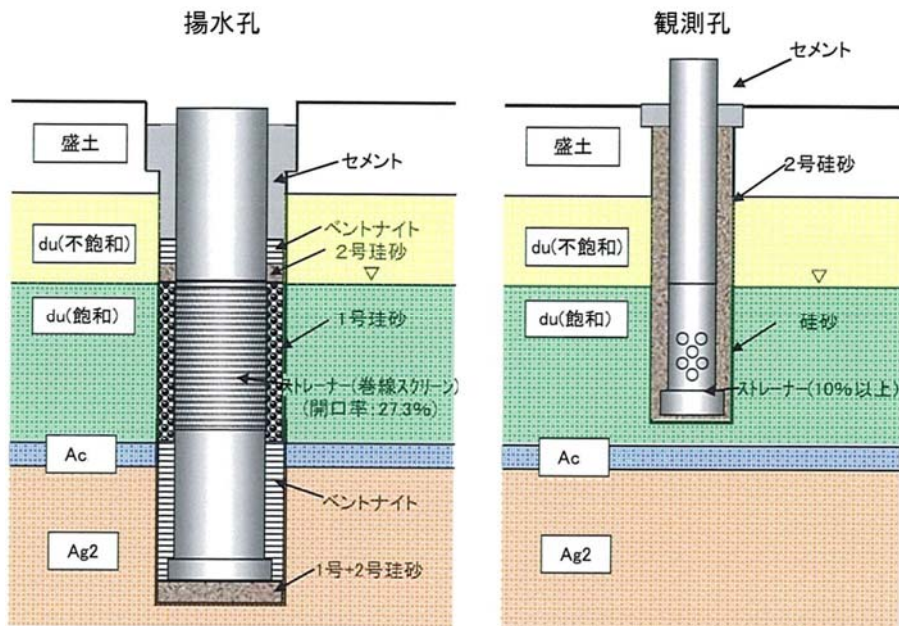
c. 揚水試験

揚水孔から一定流量の揚水を行い、揚水孔及び観測孔の水位がほぼ一定となるまでの経過時間並びに揚水孔及び観測孔の水位の経時変化を測定した。その後、その状態を数時間保持し、揚水量並びに揚水孔及び観測孔の水位を経時的に測定した。



第 1.6.1-4 図 揚水孔・観測孔の平面配置図



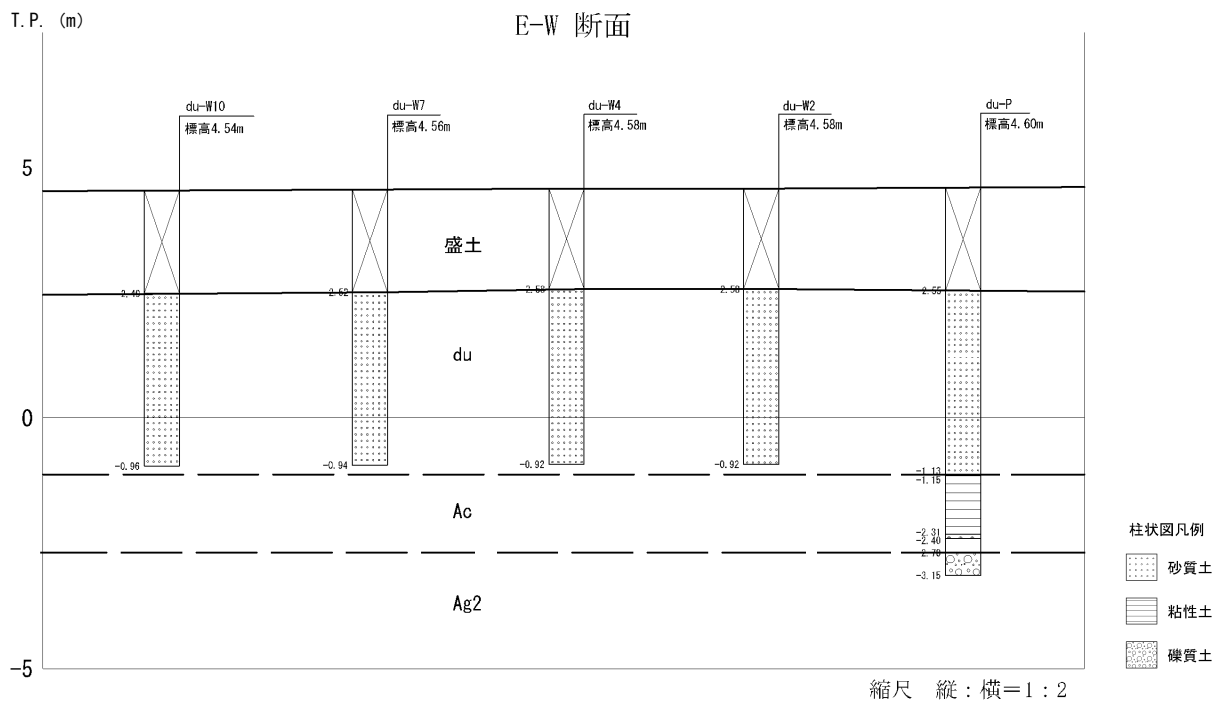
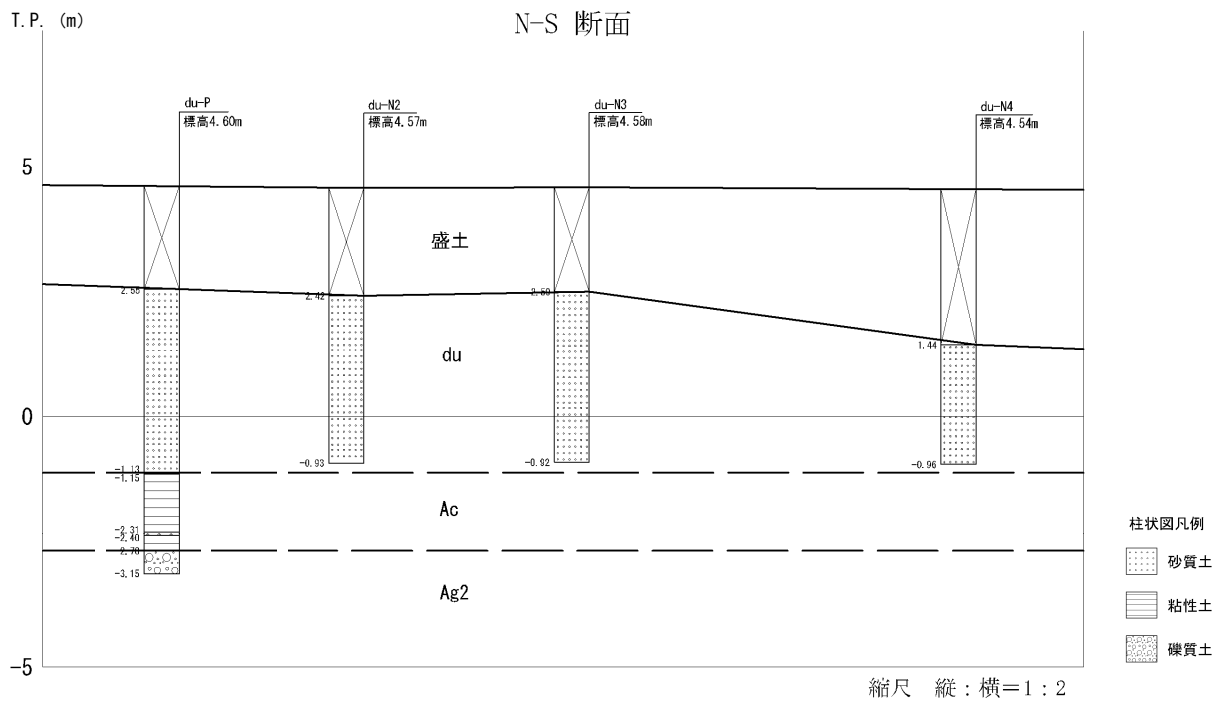


第 1.6.1-5 図 揚水孔・観測孔構造図

第 1.6.1-2 表 ストレーナ深度一覧

| 孔名     | 掘削深度<br>(m) | ストレーナ    |          |
|--------|-------------|----------|----------|
|        |             | 上端深度 (m) | 下端深度 (m) |
| du-N4  | 5.00        | 2.54     | 4.87     |
| du-W8  | 5.00        | 2.54     | 4.87     |
| du-P   | 7.75        | 2.42     | 5.45     |
| du-W10 | 5.50        | 2.55     | 5.37     |
| du-N4' | 5.50        | 2.55     | 5.37     |
| du-W4  | 5.50        | 2.55     | 5.37     |
| du-N3  | 5.50        | 2.55     | 5.37     |
| du-N2  | 5.50        | 2.55     | 5.37     |
| du-W5  | 5.50        | 2.55     | 5.37     |
| du-W6  | 5.50        | 2.55     | 5.37     |
| du-W7  | 5.50        | 2.55     | 5.37     |
| du-W8' | 5.50        | 2.55     | 5.37     |
| du-W9  | 5.50        | 2.55     | 5.37     |
| du-W3  | 5.50        | 2.55     | 5.37     |
| du-W2  | 5.50        | 2.55     | 5.37     |
| du-W1  | 5.50        | 2.55     | 5.37     |
| du-N1  | 5.50        | 2.55     | 5.37     |





第 1.6.1-6 図 揚水試験位置内の地質断面図

(3) 解析方法

透水係数は、以下の方法を用いて求めた。

- ・  $s - \log(t/r^2)$  プロットによる直線勾配法
- ・ 標準曲線法
- ・  $s - \log(r)$  プロットによる直線勾配法

(4) 試験結果

揚水試験結果一覧を第 1.6.1-3 表に示す。

得られた透水係数の孔によるばらつきは小さく、解析手法間の差異も小さい。方向による透水係数の違いはほとんど認められない。

第 1.6.1-3 表 揚水試験結果一覧

| 孔名                      | s-log (t/r <sup>2</sup> ) プロットによる<br>直線勾配法 |                                                                                                                        | 標準曲線法                    |                                                                                                                        | s-log (r) プロットによる<br>直線勾配法                                                                                             |                          |
|-------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
|                         | 透水係数<br>(cm/s)                             | 方向ごとの算術平均値                                                                                                             | 透水係数<br>(cm/s)           | 方向ごとの算術平均値                                                                                                             | 透水係数<br>(cm/s)                                                                                                         |                          |
|                         |                                            | 透水係数<br>(cm/s)                                                                                                         |                          | 透水係数<br>(cm/s)                                                                                                         |                                                                                                                        |                          |
| du-W1                   | $3.33 \times 10^{-2}$                      | <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;">東西方向</div> $3.14 \times 10^{-2}$ | $3.35 \times 10^{-2}$    | <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;">東西方向</div> $3.31 \times 10^{-2}$ | <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;">東西方向</div> $3.21 \times 10^{-2}$ | $3.27 \times 10^{-2}$ -④ |
| du-W2                   | $3.20 \times 10^{-2}$                      |                                                                                                                        | $3.13 \times 10^{-2}$    |                                                                                                                        |                                                                                                                        |                          |
| du-W3                   | $2.53 \times 10^{-2}$                      |                                                                                                                        | $3.24 \times 10^{-2}$    |                                                                                                                        |                                                                                                                        |                          |
| du-W4                   | $3.21 \times 10^{-2}$                      |                                                                                                                        | $3.24 \times 10^{-2}$    |                                                                                                                        |                                                                                                                        |                          |
| du-W5                   | $3.34 \times 10^{-2}$                      |                                                                                                                        | $3.35 \times 10^{-2}$    |                                                                                                                        |                                                                                                                        |                          |
| du-W6                   | $3.16 \times 10^{-2}$                      |                                                                                                                        | $3.47 \times 10^{-2}$    |                                                                                                                        |                                                                                                                        |                          |
| du-W7                   | $2.95 \times 10^{-2}$                      |                                                                                                                        | $3.24 \times 10^{-2}$    |                                                                                                                        |                                                                                                                        |                          |
| du-W8'                  | $3.26 \times 10^{-2}$                      |                                                                                                                        | $3.24 \times 10^{-2}$    |                                                                                                                        |                                                                                                                        |                          |
| du-W9                   | $3.27 \times 10^{-2}$                      |                                                                                                                        | $3.24 \times 10^{-2}$    |                                                                                                                        |                                                                                                                        |                          |
| du-W10                  | $3.11 \times 10^{-2}$                      |                                                                                                                        | $3.61 \times 10^{-2}$    |                                                                                                                        |                                                                                                                        |                          |
| du-N1                   | $3.33 \times 10^{-2}$                      | <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;">南北方向</div> $3.09 \times 10^{-2}$ | $3.28 \times 10^{-2}$    | <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;">南北方向</div> $3.38 \times 10^{-2}$ | <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;">南北方向</div> $3.24 \times 10^{-2}$ |                          |
| du-N2                   | $3.29 \times 10^{-2}$                      |                                                                                                                        | $3.28 \times 10^{-2}$    |                                                                                                                        |                                                                                                                        |                          |
| du-N3                   | $3.23 \times 10^{-2}$                      |                                                                                                                        | $3.35 \times 10^{-2}$    |                                                                                                                        |                                                                                                                        |                          |
| du-N4'                  | $2.49 \times 10^{-2}$                      |                                                                                                                        | $3.61 \times 10^{-2}$    |                                                                                                                        |                                                                                                                        |                          |
| 対数平均値                   | $3.11 \times 10^{-2}$ -①                   |                                                                                                                        | $3.33 \times 10^{-2}$ -② |                                                                                                                        | $3.22 \times 10^{-2}$ -③                                                                                               |                          |
| ①~④の<br>算術平均値<br>(cm/s) | $3.23 \times 10^{-2}$                      |                                                                                                                        |                          |                                                                                                                        |                                                                                                                        |                          |

### 1.6.1.3 圧密試験

敷地に分布する久米層の透水特性については、圧密試験により評価した。

#### (1) 試験試料採取位置

圧密試験試料採取位置図を第 1.6.1-7 図に示す。

試験は、ボーリング孔から採取した試料を用いて実施した。

#### (2) 試験方法

試験は、J I S A 1217「土の圧密試験方法」に準拠し、圧密降伏応力、圧密係数及び透水係数を求めた。

圧密圧力は、 $0.25\text{N/mm}^2$ 、 $0.49\text{N/mm}^2$ 、 $0.98\text{N/mm}^2$ 、 $1.96\text{N/mm}^2$ 、 $3.92\text{N/mm}^2$ 、 $5.88\text{N/mm}^2$ 、 $7.85\text{N/mm}^2$ 、 $9.81\text{N/mm}^2$ 、 $11.77\text{N/mm}^2$ 及び $13.73\text{N/mm}^2$ の10段階とした。

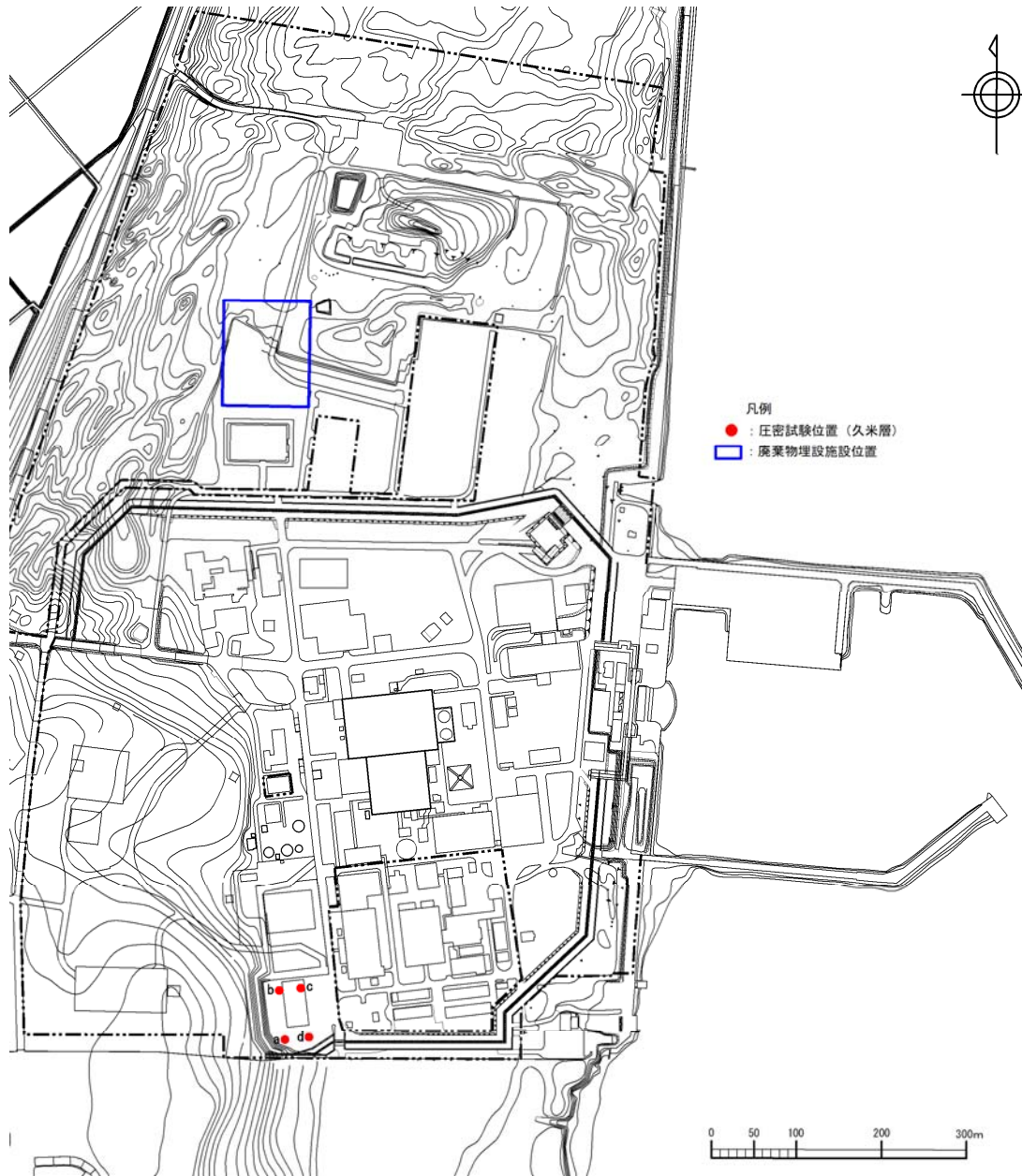
#### (3) 試験結果

圧密試験結果一覧を第 1.6.1-4 表に示す。

圧密試験により得られた透水係数は孔によるばらつきは小さく、平均  $4.19 \times 10^{-7} \text{cm/s}$  である。

第 1.6.1-4 表 圧密試験結果一覧 (久米層)

| 孔 番 | 圧密降伏応力<br>P c<br>( $\text{N/mm}^2$ ) | 圧密係数<br>C v<br>( $\text{cm}^2/\text{min}$ ) | 透水係数<br>k<br>( $\times 10^{-7} \text{cm/s}$ ) |
|-----|--------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| a   | 3.87                                 | 19.0                                        | 3.23                                          |
| b   | 4.31                                 | 19.0                                        | 5.05                                          |
| c   | 3.63                                 | 19.0                                        | 5.69                                          |
| d   | 3.82                                 | 20.1                                        | 2.78                                          |
| 平均  | 3.91                                 | 19.0                                        | 4.19                                          |



第 1.6.1-7 図 圧密試験試料採取位置図

#### 1.6.1.4 各地層の透水係数

各試験から得られた各地層の透水係数を第 1.6.1-5 表に示す。

単孔式透水試験により得られた各地層の透水係数によると，d u 層，A g 2 層及び D 2 g - 3 層は同様の透水性を有し，各層の中でも高い透水性を有する地層であると考えられる。A s 層，D 1 g - 1 層及び l m 層は d u 層，A g 2 層に比べ，透水性はやや劣り，A c 層は難透水層であると考えられる。

揚水試験により得られた d u 層の透水係数は，単孔式透水試験の透水係数より大きくなる結果となった。

圧密試験により得られた久米層の透水係数の値は小さく，難透水層であると考えられる。

第 1.6.1-5 表 各地層の透水係数

| 項目             |         | 地層区分                  |                       |                       |                       |
|----------------|---------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|                |         | d u 層                 | A g 2 層               | A s 層                 | A c 層                 |
| 透水係数<br>(cm/s) | 単孔式透水試験 | $1.54 \times 10^{-2}$ | $1.21 \times 10^{-2}$ | $1.64 \times 10^{-3}$ | $4.65 \times 10^{-7}$ |
|                | 揚水試験    | $3.23 \times 10^{-2}$ | —                     | —                     | —                     |

| 項目             |         | 地層区分                  |                       |                      |                       |
|----------------|---------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
|                |         | l m 層                 | D 1 g - 1 層           | D 2 c - 3 層          | D 2 g - 3 層           |
| 透水係数<br>(cm/s) | 単孔式透水試験 | $3.10 \times 10^{-4}$ | $1.18 \times 10^{-3}$ | $1.4 \times 10^{-4}$ | $2.18 \times 10^{-2}$ |
|                | 揚水試験    | —                     | —                     | —                    | —                     |

| 項目             |      | 地層区分                  |
|----------------|------|-----------------------|
|                |      | 久米層                   |
| 透水係数<br>(cm/s) | 圧密試験 | $4.19 \times 10^{-7}$ |

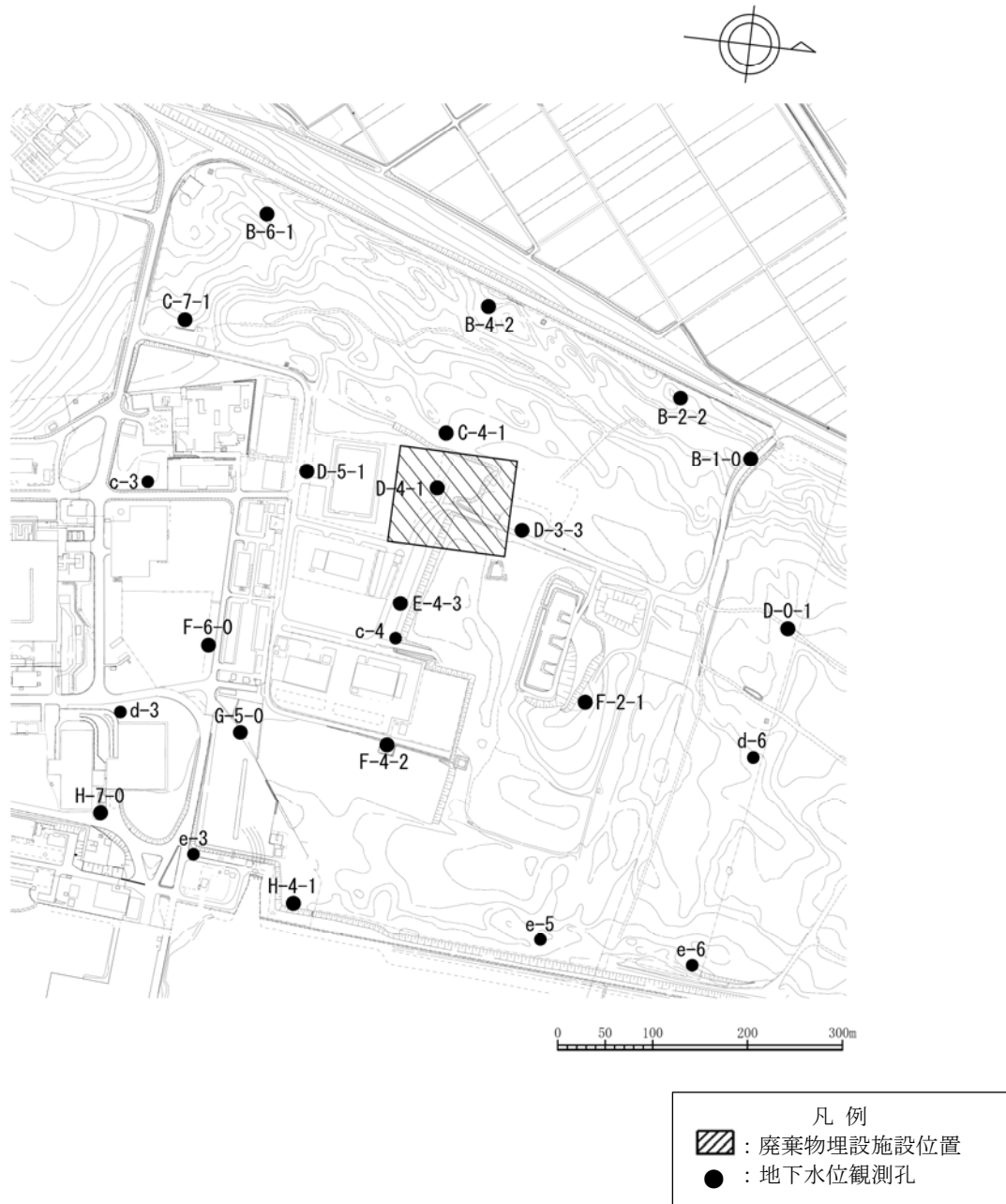
### 1.6.2 地下水位

廃棄物埋施設位置付近における地下水位の状態を把握するため、敷地内の24カ所において地下水位観測を実施した。

#### (1) 観測位置

地下水位観測孔位置図を第1.6.2-1図に示す。

廃棄物埋施設位置付近の地質は、「1.5 廃棄物埋施設位置付近の地質」に示すとおり各地層がおおむね水平に分布し、層厚の変化が小さいことから、廃棄物埋施設を中心としておおむね等間隔となるように配置した。



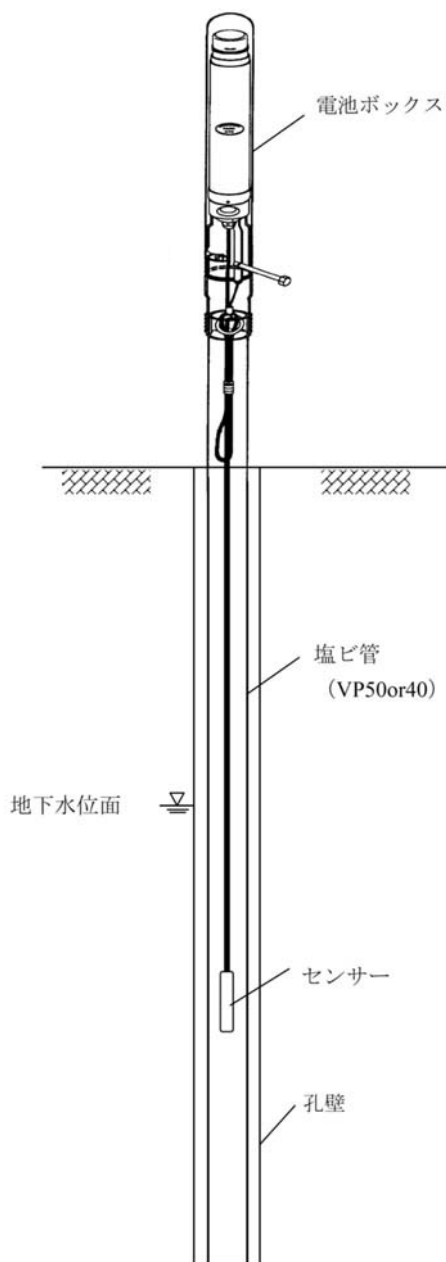
第1.6.2-1図 地下水位観測孔位置図

(2) 地下水位観測設備

地下水位は地下水位観測孔に設置したセンサー式水位計により 2 時間ごとに自動計測しており、計測データは専用の採取装置を用い、定期的に回収を行っている。

地下水位観測設備概略図を第 1.6.2-2 図に、地下水位計測データ採取装置を第 1.6.2-3 図に示す。

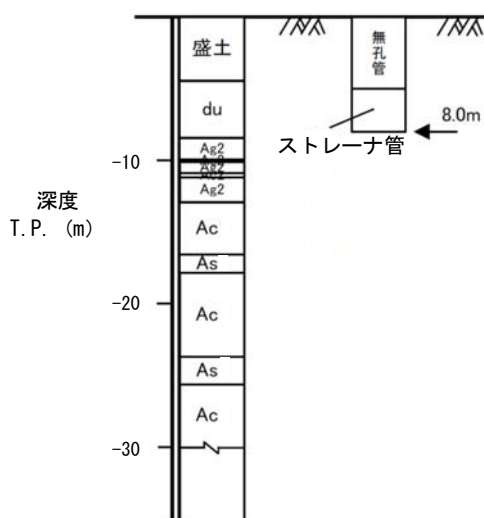
また、各地層が地下水位へ与える影響を把握するため、観測対象とする地層に対しストレーナ管(有孔管)を設置し、それ以外を無孔管で保護し、観測している。D-4-1 孔(廃棄物埋施設位置)を例に、ストレーナ管と無孔管の設置概要を第 1.6.2-4 図に示す。



第 1.6.2-2 図 地下水位観測設備概略図



第 1.6.2-3 図 地下水位計測データ採取装置



第 1.6.2-4 図 ストレーナ管と無孔管の設置概要図 (D-4-1 孔)



(3) 地下水位観測対象層

各孔における地下水位の観測対象層一覧を第 1.6.2-1 表に示す。

第 1.6.2-1 表 地下水位観測対象層一覧

| 孔名    | 観測対象層 | 孔名    | 観測対象層           |
|-------|-------|-------|-----------------|
| B-1-0 | d u   | d-6   | d u, A g 2, A s |
| B-2-2 | d u   | F-2-1 | d u, A g 2      |
| B-4-2 | d u   | c-4   | d u, A g 2      |
| B-6-1 | A g 2 | F-6-0 | d u, A g 2      |
| C-4-1 | d u   | F-4-2 | d u, A g 2      |
| C-7-1 | A g 2 | G-5-0 | A g 2           |
| D-0-1 | d u   | d-3   | A g 2           |
| D-3-3 | d u   | e-6   | d u, A g 2      |
| D-4-1 | d u   | e-5   | d u, A g 2      |
| D-5-1 | A g 2 | H-4-1 | A g 2           |
| c-3   | A g 2 | e-3   | d u, A g 2      |
| E-4-3 | d u   | H-7-0 | d u, A g 2, A s |

(4) 地下水位観測結果

地下水位観測孔のうち、廃棄物埋設施設の東西に位置する孔の地下水位観測結果を第 1.6.2-6 図に示す。

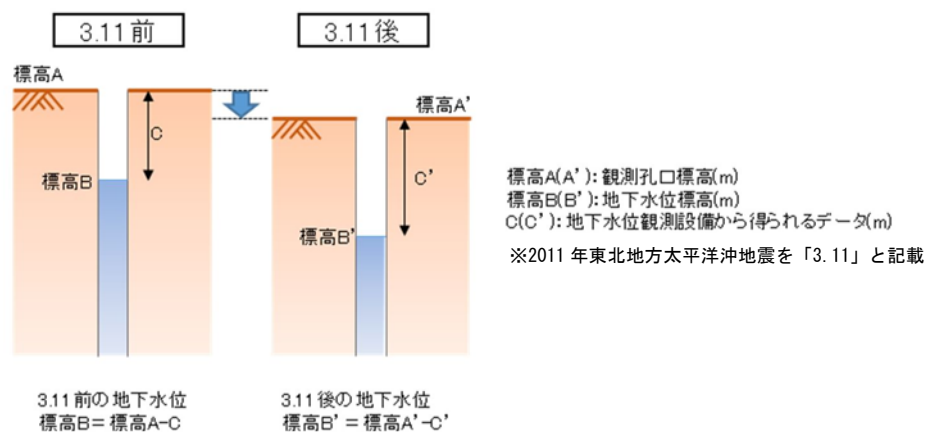
この結果によれば、地下水位は西側から東側につれて低くなり、降雨に対応して変動している。

また、廃棄物埋設施設の底面レベル (T.P. +4.0m) を上回る水位は観測されていない。

なお、2011 年東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動により、施設周辺の地表面が約 0.4m 沈降した (第 1.6.2-2 表) ことから、第 1.6.2-6 図に示す地下水位観測結果における同地震以降の地下水位は、その地殻変動の影響を取り除き、補正したものである (第 1.6.2-5 図)。

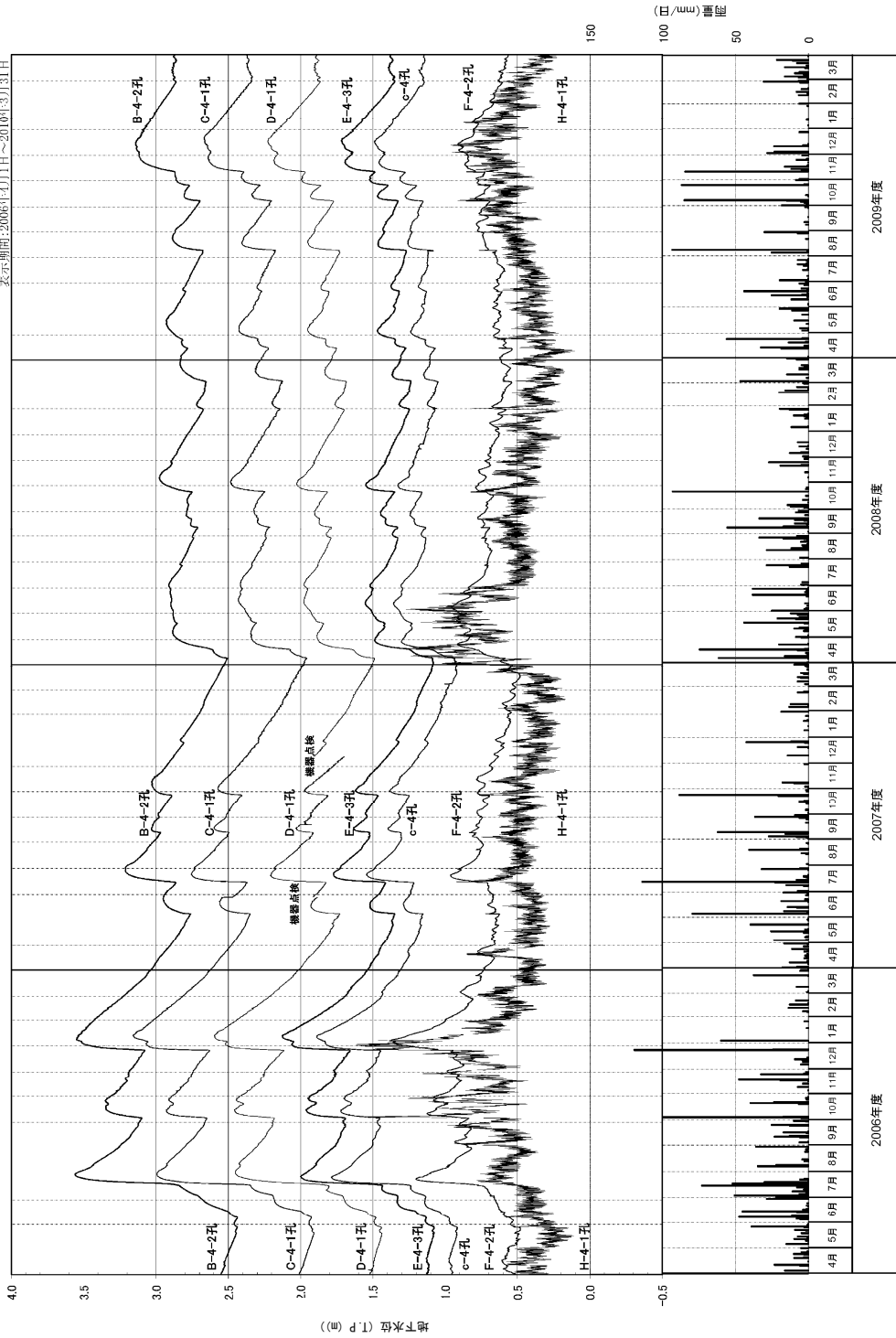
第 1.6.2-2 表 2011 年東北地方太平洋沖地震による孔口標高の沈降量

| 孔名    | 沈降量 (m) | 孔名    | 沈降量 (m) |
|-------|---------|-------|---------|
| B-1-0 | 0.38    | d-6   | 0.37    |
| B-2-2 | 0.40    | F-2-1 | 0.43    |
| B-4-2 | 0.41    | c-4   | 0.35    |
| B-6-1 | 0.40    | F-6-0 | 0.32    |
| C-4-1 | 0.36    | F-4-2 | 0.38    |
| C-7-1 | 0.37    | G-5-0 | 0.36    |
| D-0-1 | 0.36    | d-3   | 0.33    |
| D-3-3 | 0.36    | e-6   | 0.35    |
| D-4-1 | 0.39    | e-5   | 0.45    |
| D-5-1 | 0.37    | H-4-1 | 0.42    |
| c-3   | 0.43    | e-3   | 0.32    |
| E-4-3 | 0.38    | H-7-0 | 0.45    |



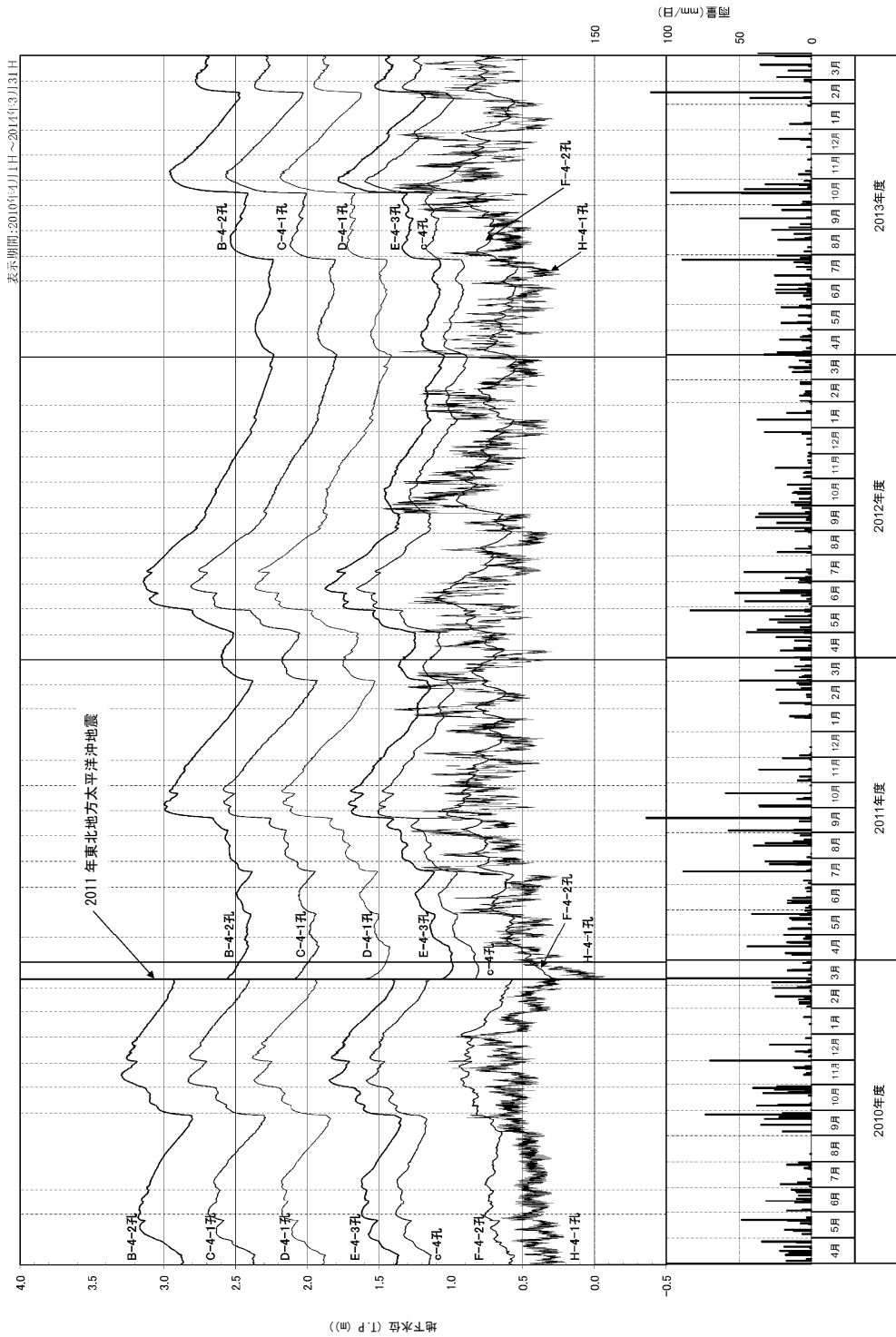
第 1.6.2-5 図 2011 年東北地方太平洋沖地震による地殻変動の補正概要

表示期間:2006年4月1日H~2010年3月31日H



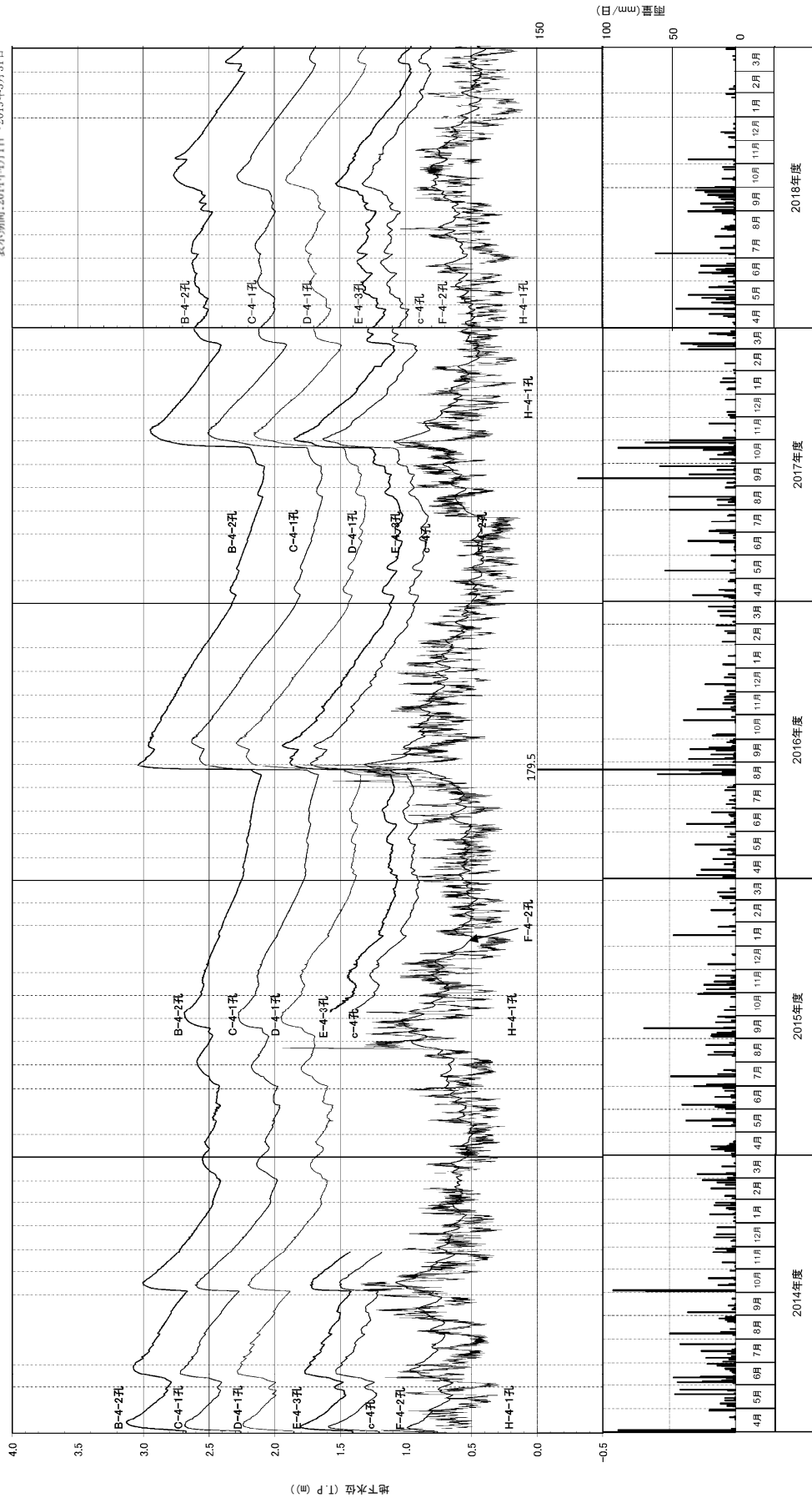
地下水観測孔のうち  
経時変化を表示した孔

第 1.6.2-6 図 (1) 地下水水位観測結果



第 1.6.2-6 図 (2) 地下水観測結果

表示期間：2014年4月1日H～2019年3月31日



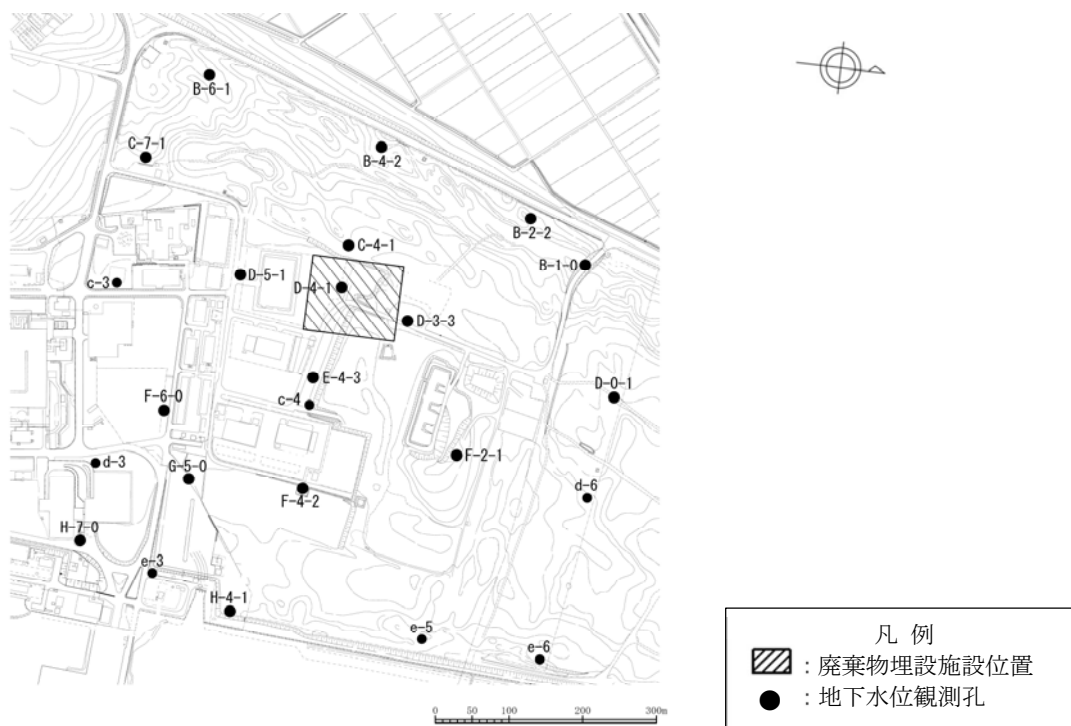
第 1. 6. 2—6 図 (3) 地下水水位観測結果

全観測孔における最高水位の観測結果一覧を第 1.6.2-3 表に示す。

廃棄物埋施設位置及びその付近の 5 孔 (D-3-3 孔, C-4-1 孔, D-4-1 孔, E-4-3 孔及び D-5-1 孔) の地下水位は, いずれも廃棄物埋施設底面レベルを上回ったことはない。

第 1.6.2-3 表 最高水位観測結果一覧

| 孔名    | 最高水位 (観測日時)                   | 孔名    | 最高水位 (観測日時)                  |
|-------|-------------------------------|-------|------------------------------|
| B-1-0 | T. P. +2.90m (06/7/30 12:00)  | d-6   | T. P. +1.49m (06/7/25 18:00) |
| B-2-2 | T. P. +3.09m (06/07/30 12:00) | F-2-1 | T. P. +1.54m (06/7/27 22:00) |
| B-4-2 | T. P. +3.56m (06/07/31 14:00) | c-4   | T. P. +1.89m (07/1/10 20:00) |
| B-6-1 | T. P. +5.51m (06/8/17 18:00)  | F-6-0 | T. P. +1.62m (07/1/9 4:00)   |
| C-4-1 | T. P. +3.16m (07/01/13 4:00)  | F-4-2 | T. P. +1.38m (07/1/6 18:00)  |
| C-7-1 | T. P. +4.99m (06/8/18 4:00)   | G-5-0 | T. P. +1.35m (16/8/31 14:00) |
| D-0-1 | T. P. +2.36m (06/7/22 2:00)   | d-3   | T. P. +1.28m (16/8/31 20:00) |
| D-3-3 | T. P. +3.32m (16/8/24 2:00)   | e-6   | T. P. +1.08m (06/10/7 20:00) |
| D-4-1 | T. P. +2.60m (07/1/13 4:00)   | e-5   | T. P. +1.15m (07/1/3 18:00)  |
| D-5-1 | T. P. +2.47m (07/1/17 0:00)   | H-4-1 | T. P. +1.94m (15/8/22 20:00) |
| c-3   | T. P. +2.25m (07/1/17 4:00)   | e-3   | T. P. +1.41m (16/8/30 18:00) |
| E-4-3 | T. P. +2.13m (07/1/12 22:00)  | H-7-0 | T. P. +1.12m (06/10/8 20:00) |



第 1.6.2-1 図 地下水位観測孔位置図 (再掲)

### 1.6.3 水理地質特性

廃棄物埋施設を通るE-W断面を基とした水理地質構造図を第1.6.3-1図に、その拡大図を第1.6.3-2図に示す。

地下水は、主に難透水層(Ac層)上部にある不圧帯水層(du層, Ag2層)中を西側から東側の海域へ向かって流動していると考えられる。

不圧帯水層のうちdu層の下には、厚さ数10cmのAc層(以下「Ac層(薄層)」という。)を挟む。このAc層(薄層)の分布は限定的であることから、その下のAg2層内も含めて地下水は流動していると考えられる。

Ac層(薄層)分布図を第1.6.3-3図に示す。



**B-4-0**

| 地層 | 層厚(m) | 区分                |
|----|-------|-------------------|
| du | 8.86  | 不圧帯水層<br>(13.91m) |
| Ac | 0.51  |                   |
| As | 4.54  |                   |
| Ac | 4.09  | 難透水層              |

**C-4-0**

| 地層  | 層厚(m) | 区分                |
|-----|-------|-------------------|
| du  | 6.61  | 不圧帯水層<br>(10.56m) |
| Ac  | 0.16  |                   |
| Ag2 | 3.79  |                   |
| Ac  | 3.64  | 難透水層              |

**D-4-0**

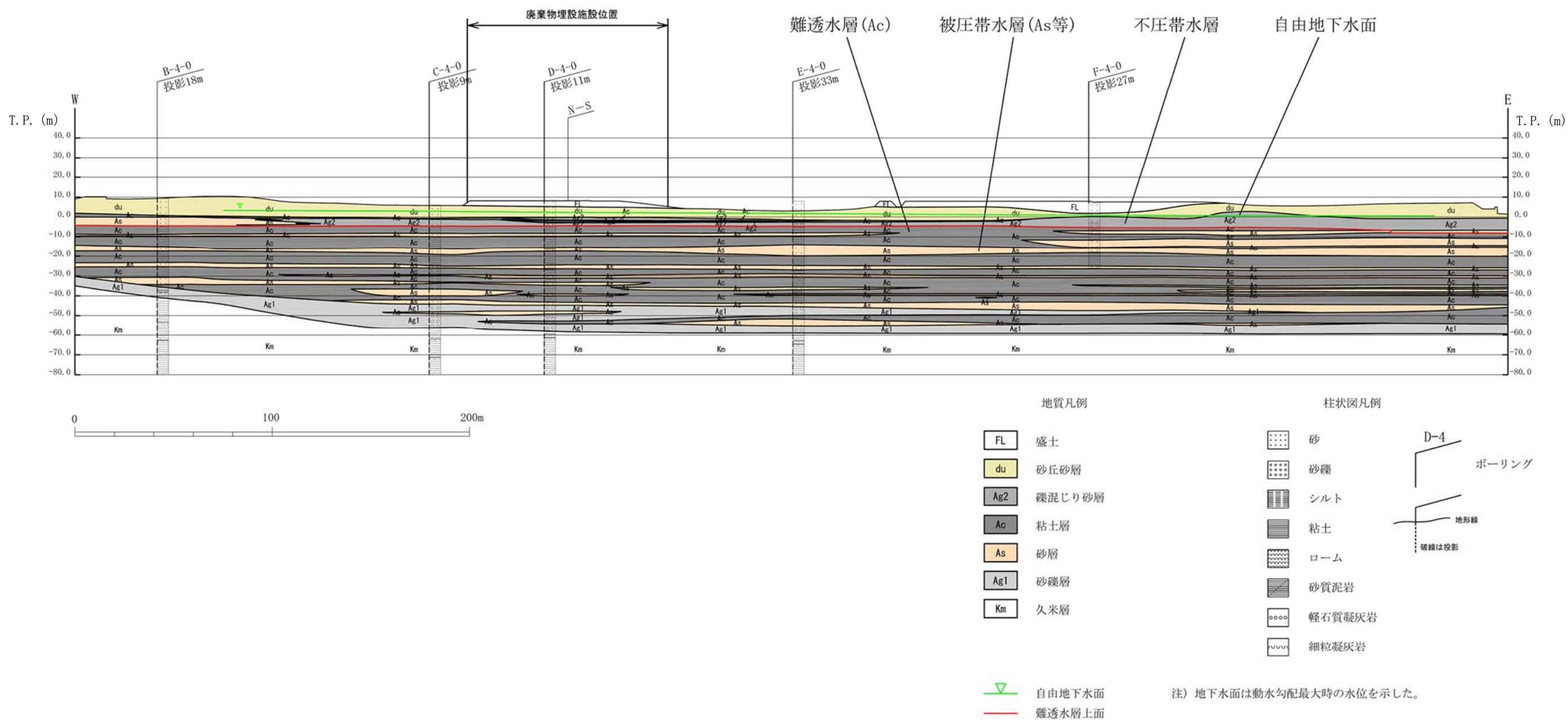
| 地層  | 層厚(m) | 区分                |
|-----|-------|-------------------|
| du  | 8.42  | 不圧帯水層<br>(12.91m) |
| Ag2 | 1.52  |                   |
| Ac  | 0.17  |                   |
| Ag2 | 0.76  |                   |
| Ac  | 0.30  |                   |
| Ag2 | 1.74  |                   |
| Ac  | 3.64  | 難透水層              |

**E-4-0**

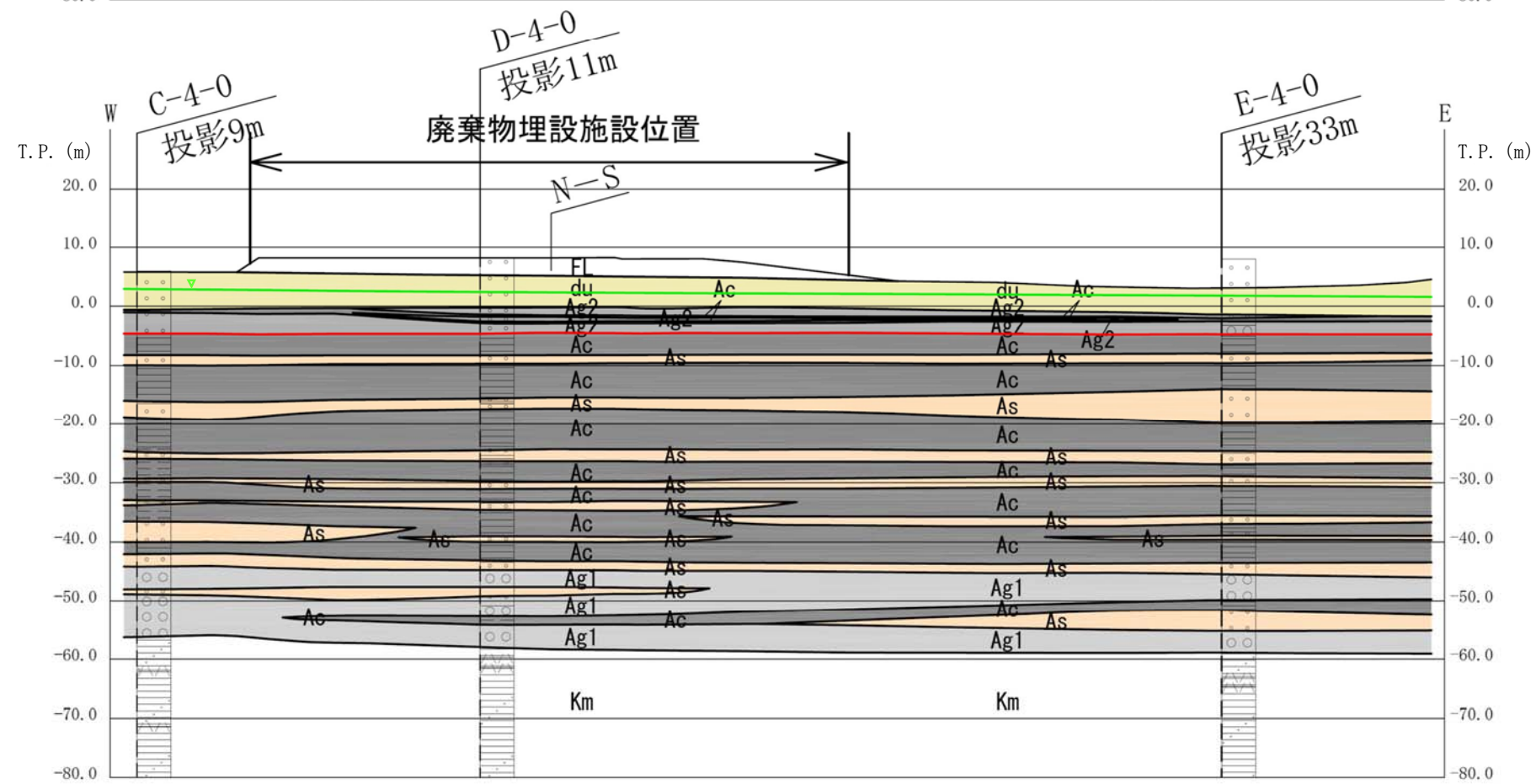
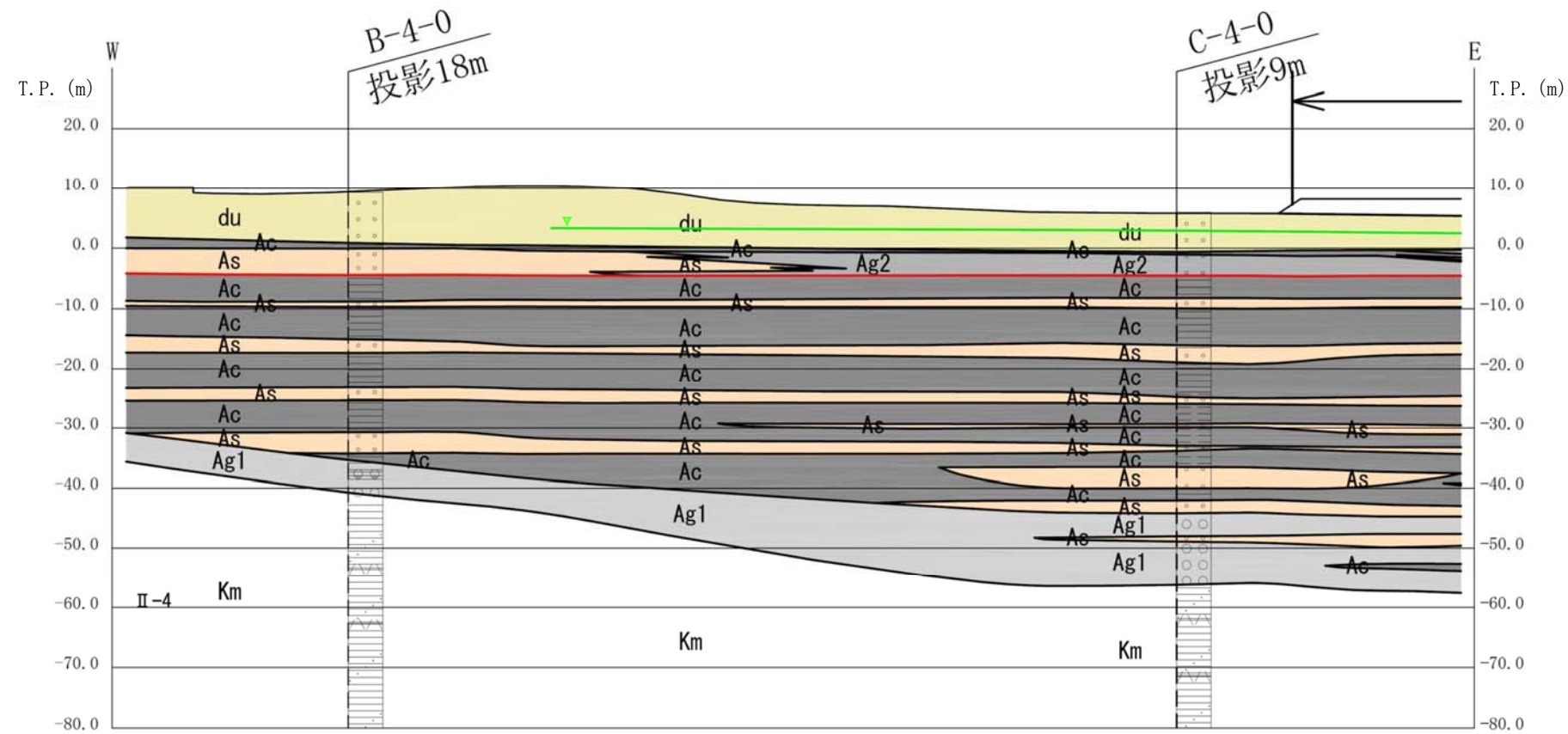
| 地層  | 層厚(m) | 区分               |      |
|-----|-------|------------------|------|
| du  | 4.86  | 不圧帯水層<br>(8.46m) |      |
| Ag2 | 1.15  |                  |      |
| Ac  | 0.14  |                  |      |
| Ag2 | 0.24  |                  |      |
| Ac  | 0.04  |                  |      |
| Ag2 | 0.18  |                  |      |
| Ac  | 0.10  |                  |      |
| Ag2 | 1.75  |                  |      |
| Ac  | 3.00  |                  | 難透水層 |

**F-4-0**

| 地層  | 層厚(m) | 区分                |
|-----|-------|-------------------|
| FL  | 4.97  | 不圧帯水層<br>(12.34m) |
| du  | 1.67  |                   |
| Ag2 | 5.70  |                   |
| Ac  | 1.47  | 難透水層              |



第 1.6.3-1 図 水理地質構造図 (E-W断面)

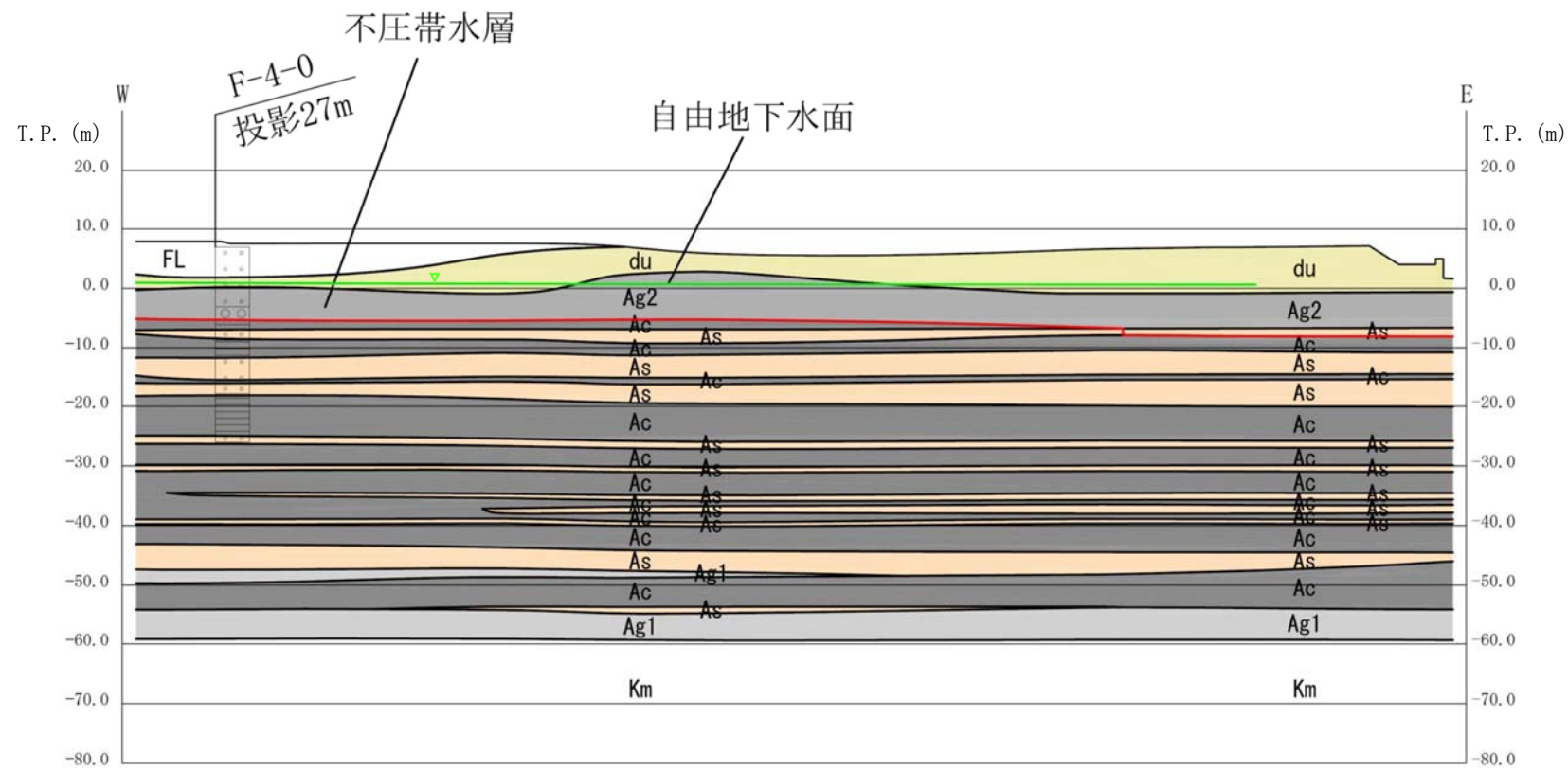
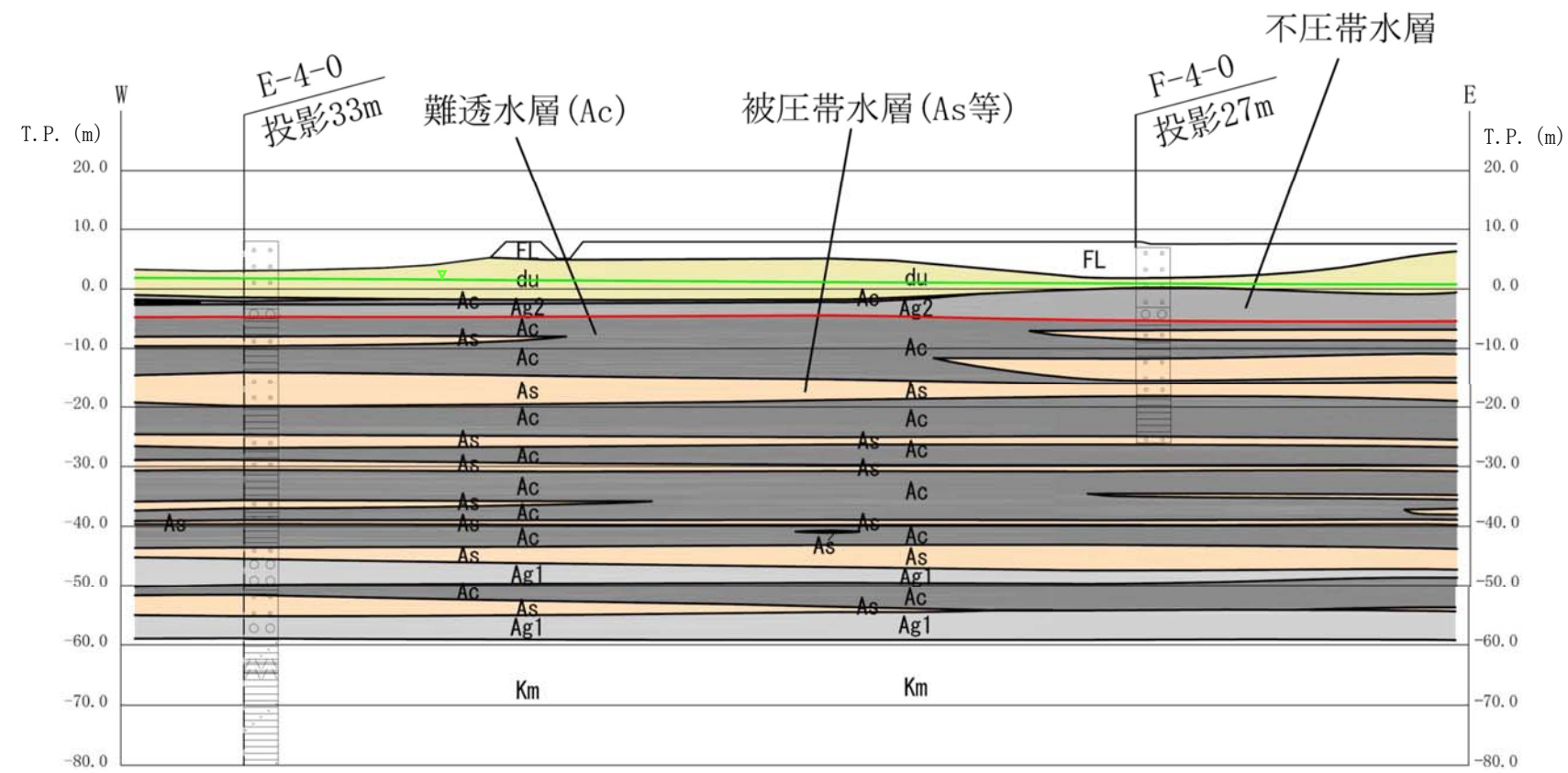


- 地質凡例
- FL 盛土
  - du 砂丘砂層
  - Ag2 礫混じり砂層
  - Ac 粘土層
  - As 砂層
  - Ag1 砂礫層
  - Km 久米層

- 柱状図凡例
- 砂
  - 砂礫
  - シルト
  - 粘土
  - ローム
  - 砂質泥岩
  - 軽石質凝灰岩
  - 細粒凝灰岩
- D-4 ボーリング  
地形線  
破線は投影

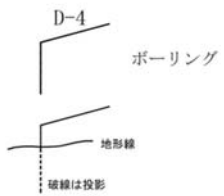
注) 地下水面は動水勾配最大時の水位を示した。

第 1.6.3-2 図 (1) 水理地質構造図 (拡大図 1/2 ; 西側)



- 地質凡例
- FL 盛土
  - du 砂丘砂層
  - Ag2 礫混じり砂層
  - Ac 粘土層
  - As 砂層
  - Ag1 砂礫層
  - Km 久米層

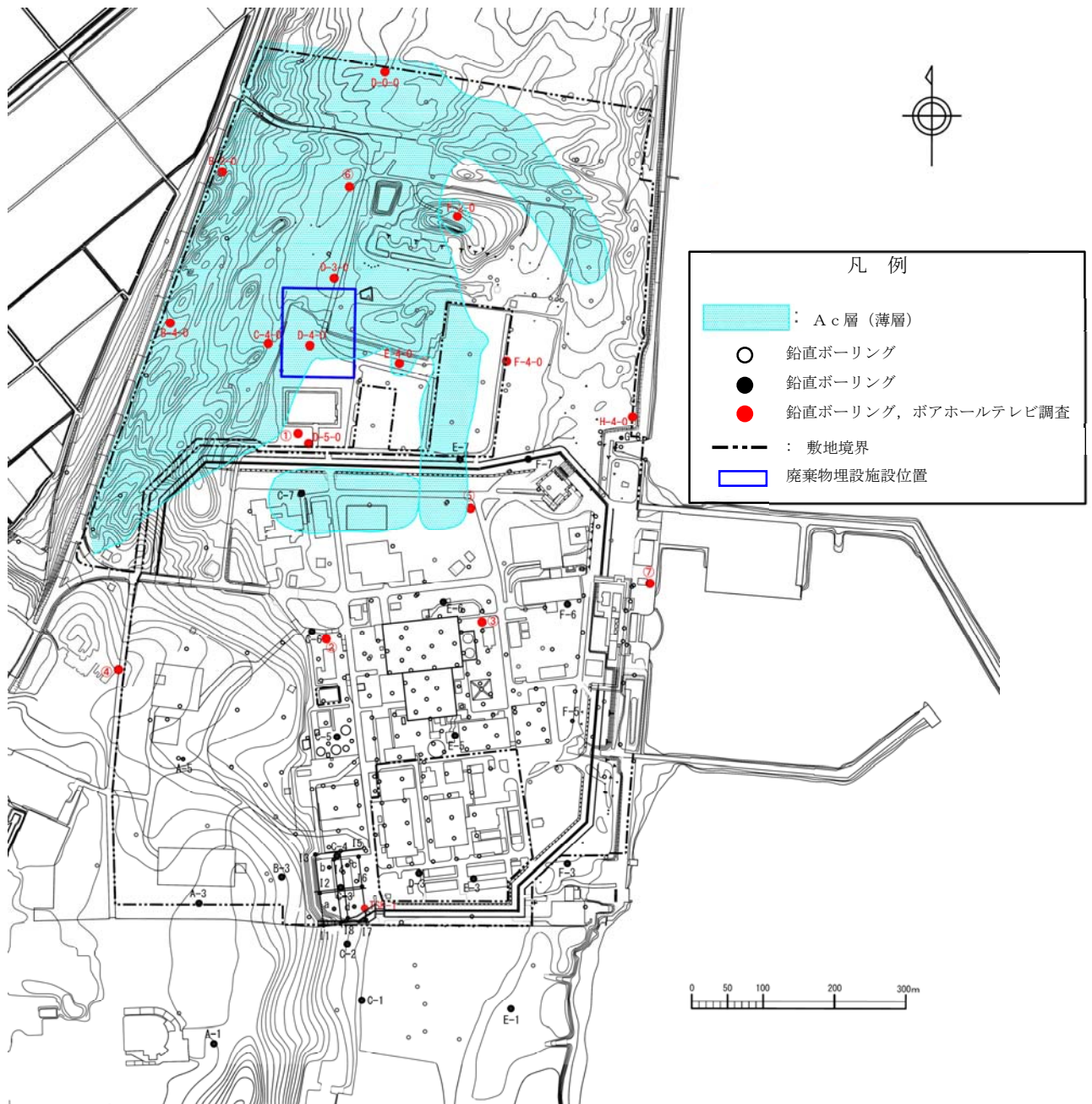
- 柱状図凡例
- 砂
  - 砂礫
  - シルト
  - 粘土
  - ローム
  - 砂質泥岩
  - 軽石質凝灰岩
  - 細粒凝灰岩



注) 地下水面は動水勾配最大時の水位を示した。

第 1.6.3-2 図 (2) 水理地質構造図 (拡大図 2/2 ; 東側)





第 1.6.3-3 図 Ac層 (薄層) 分布図

#### 1.6.4 地下水流動

廃棄物埋施設設置位置付近における地下水の流動を把握するため、地下水位観測記録から地下水位等高線図を作成した。

各観測孔における観測水位の平均水位に基づいて作成した地下水位等高線図を第 1.6.4-1 図に示す。

廃棄物埋施設設置位置付近における定常的な地下水の流動は、西から東に向かっており、廃棄物埋施設下を通過した地下水はそれに伴い東の海域に達すると考えられる。

定常的な流動とは異なる流動状況を抽出し、廃棄物埋施設下を通過した地下水の流出先を確認するため、南北方向及び東西方向における複数の孔間における動水勾配を算出し、動水勾配が最大・平均・最小を記録した時刻における地下水等高線図を作成した。作成に当たっては、その状態が永続的であった場合という仮定を置き、廃棄物埋施設の四隅を通過した地下水の流動を流線で示した。動水勾配の算出点の位置を第 1.6.4-2 図に、算出した動水勾配一覧を第 1.6.4-1 表に、地下水等高線図を第 1.6.4-3 図～第 1.6.4-6 図に示す。

この結果によれば、いずれの流動状況においても、西から東に向かって流動していると考えられる。

このうち、動水勾配が最小となるケースにおいては、廃棄物埋施設下を通過した地下水が海域に達する前に停滞するものがある（第 1.6.4-3 図 (3)、第 1.6.4-4 図 (3)、第 1.6.4-6 図 (3)）。観測記録によれば、それぞれ動水勾配最低時から 2 日～4 日後には西から東へ向かう流動状態となり、見かけ停滞した位置の地下水は海域に向けて流動していると考えられる。第 1.6.4-7 図に動水勾配最小時から 2 日～4 日後の地下水等高線図と見かけ停滞する位置を始点とした流線を示す。

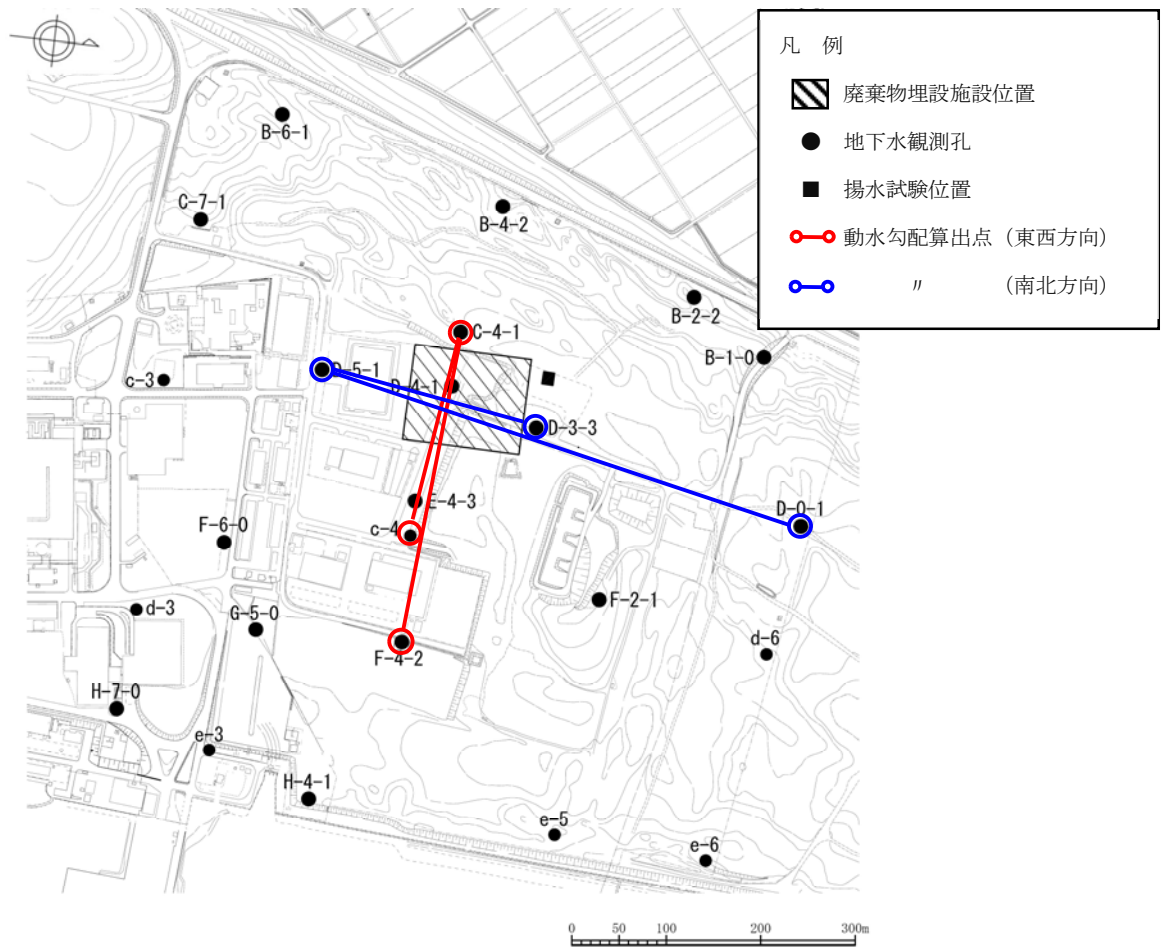
なお、本検討においては、等高線図の作成には Golden Software LLC の Surfer Ver.15.5.382 (64bit 版) を、流線の作成には ANSYS Inc. の EnSight Ver.10.2.3 (c) を用いた。



- 凡 例
- 廃棄物埋施設位置
  - 等高線 (0.5m 間隔)
  - 等高線 (0.1m 間隔)
  - 流線

第 1.6.4-1 図 平均水位に基づく地下水位等高線図





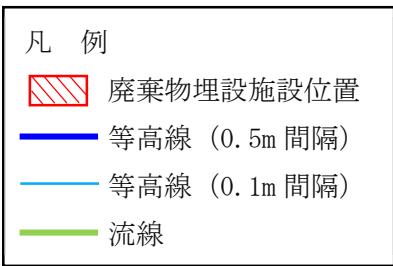
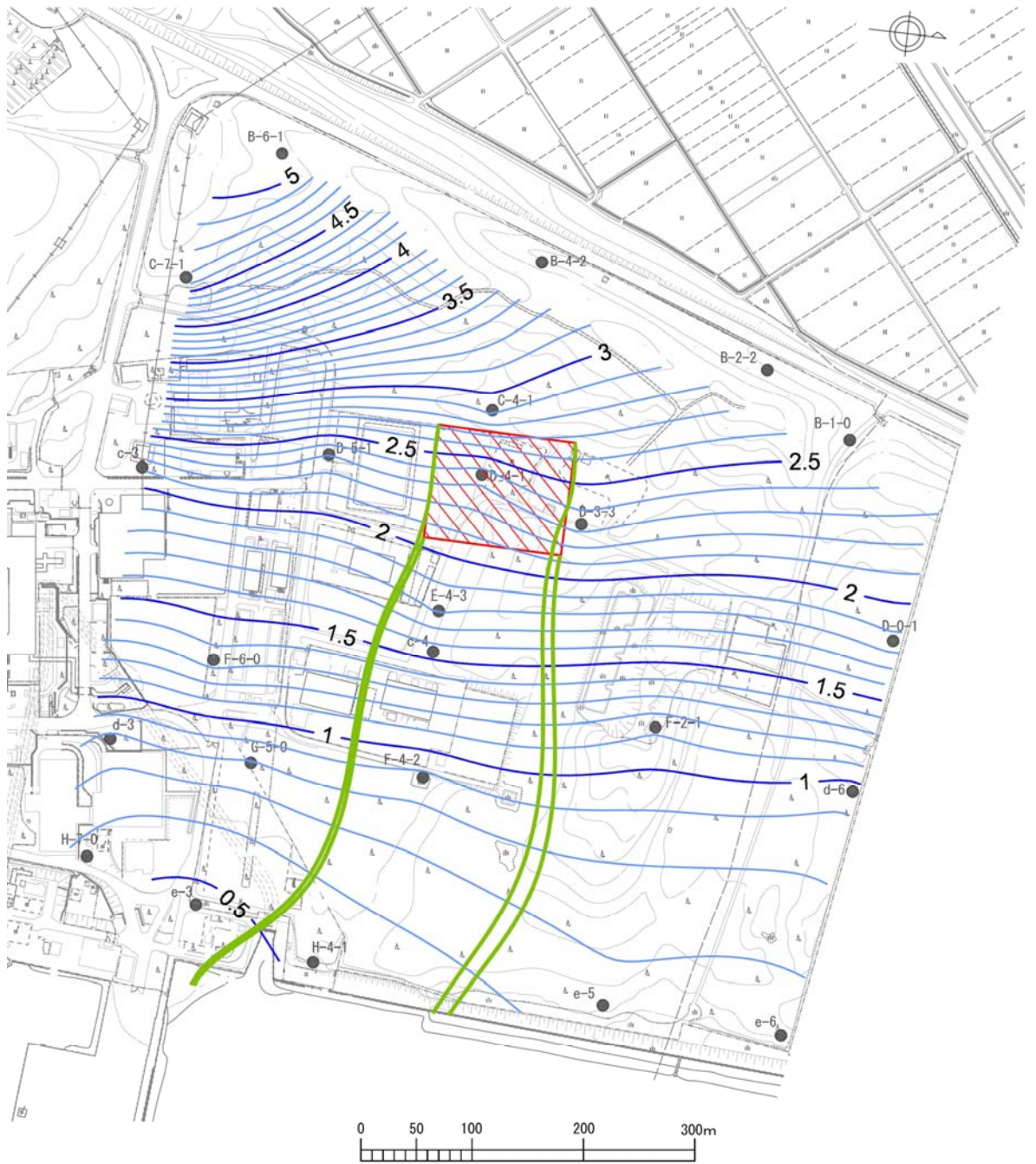
第 1.6.4-2 図 動水勾配算出点位置図

第 1.6.4-1 表 動水勾配一覧表

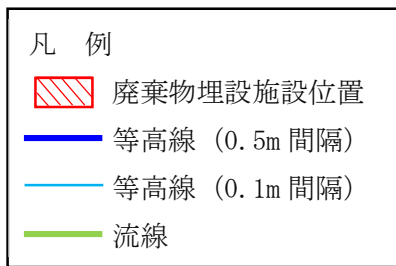
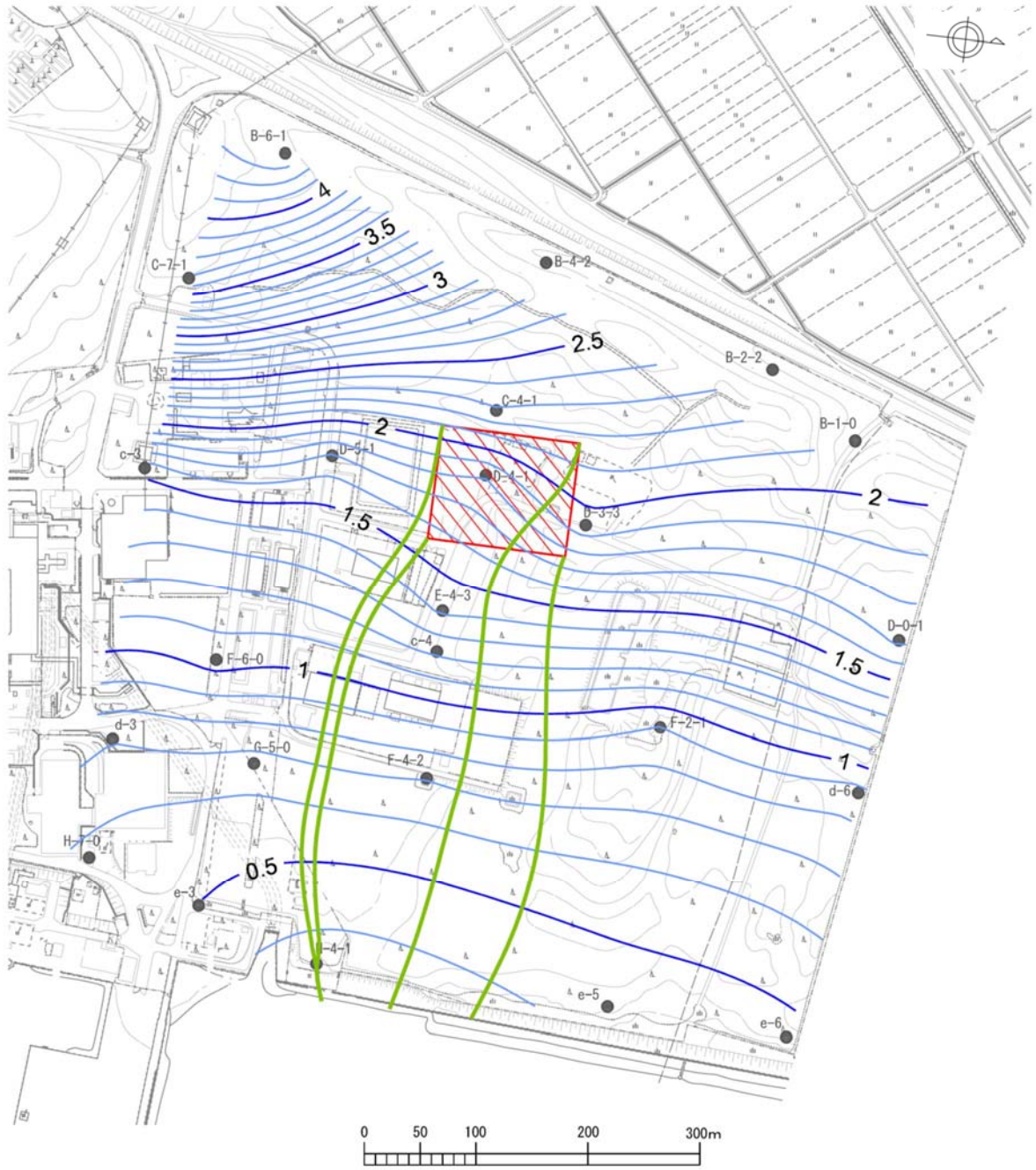
| 方向 | 動水勾配算出点 |       | 動水勾配<br>(抽出対象：勾配)          | 動水勾配記録日時<br>(等高線図作成日時) | 図番*     |
|----|---------|-------|----------------------------|------------------------|---------|
|    | 孔 1     | 孔 2   |                            |                        |         |
| 東西 | C-4-1   | c-4   | 最大： $6.23 \times 10^{-3}$  | 2007/ 2/14 14 時        | 3 図 (1) |
|    |         |       | 平均： $4.81 \times 10^{-3}$  | 2006/ 7/10 10 時        | 3 図 (2) |
|    |         |       | 最小： $2.62 \times 10^{-3}$  | 2017/10/23 4 時         | 3 図 (3) |
|    | F-4-2   |       | 最大： $6.16 \times 10^{-3}$  | 2007/ 2/14 18 時        | 4 図 (1) |
|    |         |       | 平均： $4.63 \times 10^{-3}$  | 2008/ 3/ 5 0 時         | 4 図 (2) |
|    |         |       | 最小： $2.25 \times 10^{-3}$  | 2016/ 8/23 18 時        | 4 図 (3) |
| 南北 | D-5-1   | D-0-1 | 最大： $1.09 \times 10^{-3}$  | 2012/ 8/30 20 時        | 5 図 (1) |
|    |         |       | 平均： $5.40 \times 10^{-4}$  | 2006/ 8/22 20 時        | 5 図 (2) |
|    |         |       | 最小： $-1.07 \times 10^{-3}$ | 2016/ 8/23 22 時        | 5 図 (3) |
|    | D-3-3   |       | 最大： $2.02 \times 10^{-4}$  | 2015/ 9/ 6 22 時        | 6 図 (1) |
|    |         |       | 平均： $-4.68 \times 10^{-4}$ | 2006/ 8/16 0 時         | 6 図 (2) |
|    |         |       | 最小： $-7.66 \times 10^{-3}$ | 2016/ 8/24 2 時         | 6 図 (3) |

※：第 1.6.4-3 図～第 1.6.4-6 図の末尾の番号を表す。



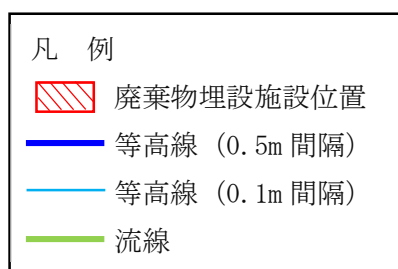
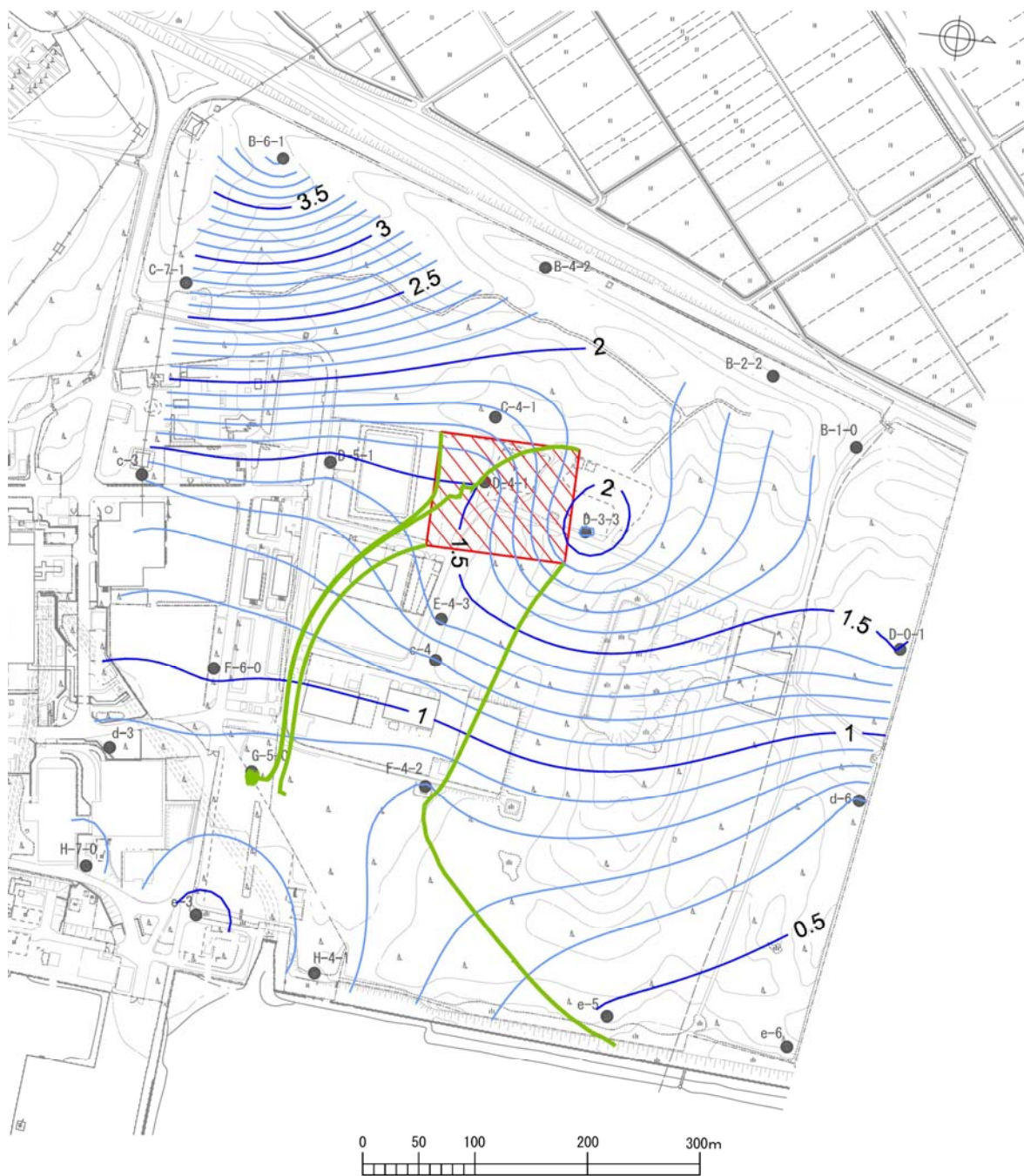


第 1.6.4-3 図 (1) 地下水位等高線図 (C-4-1~c-4 ; 動水勾配最大時)







第 1.6.4-3 図 (2) 地下水位等高線図 (C-4-1~c-4 ; 動水勾配平均時)





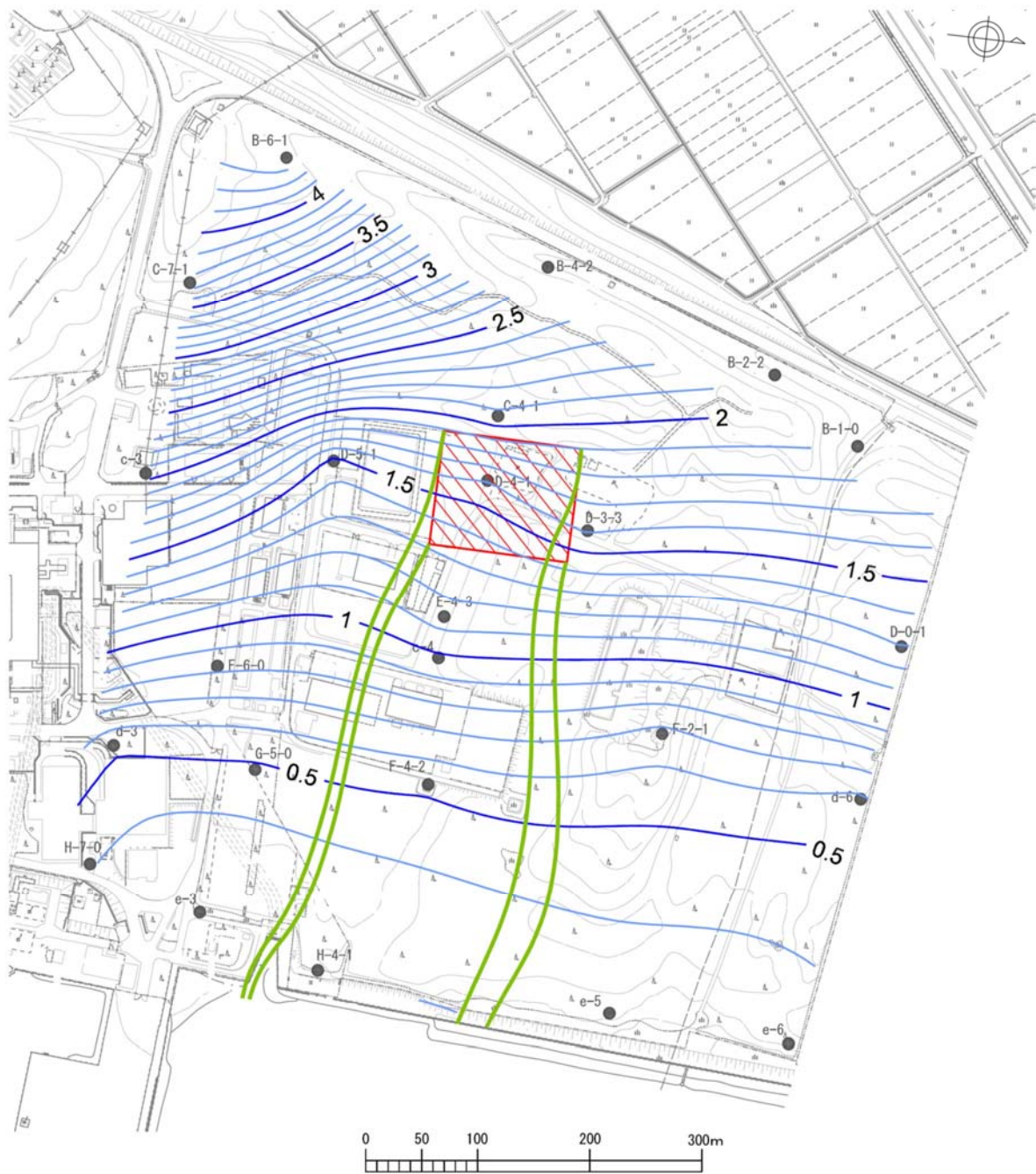
第 1.6.4-3 図 (3) 地下水位等高線図 (C-4-1~c-4 ; 動水勾配最小時)







| 凡 例                                                                                 |               |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
|  | 廃棄物埋設施位置      |
|  | 等高線 (0.5m 間隔) |
|  | 等高線 (0.1m 間隔) |
|  | 流線            |

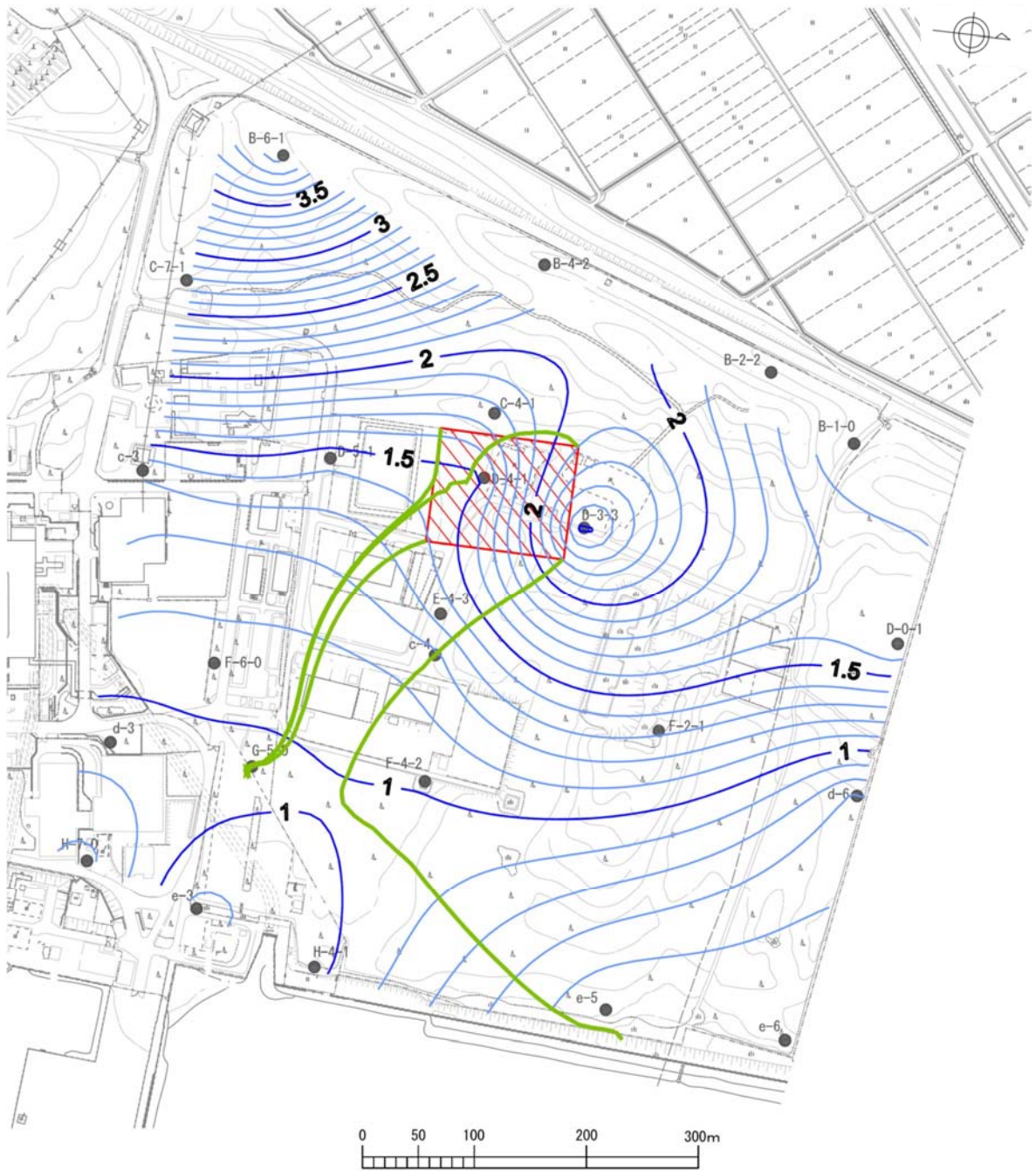
第 1.6.4-4 図 (1) 地下水位等高線図 (C-4-1~F-4-2 ; 動水勾配最大時)









| 凡 例                                                                                 |               |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
|  | 廃棄物埋設施位置      |
|  | 等高線 (0.5m 間隔) |
|  | 等高線 (0.1m 間隔) |
|  | 流線            |

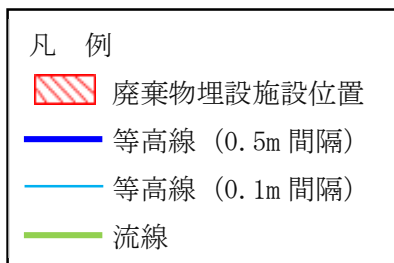
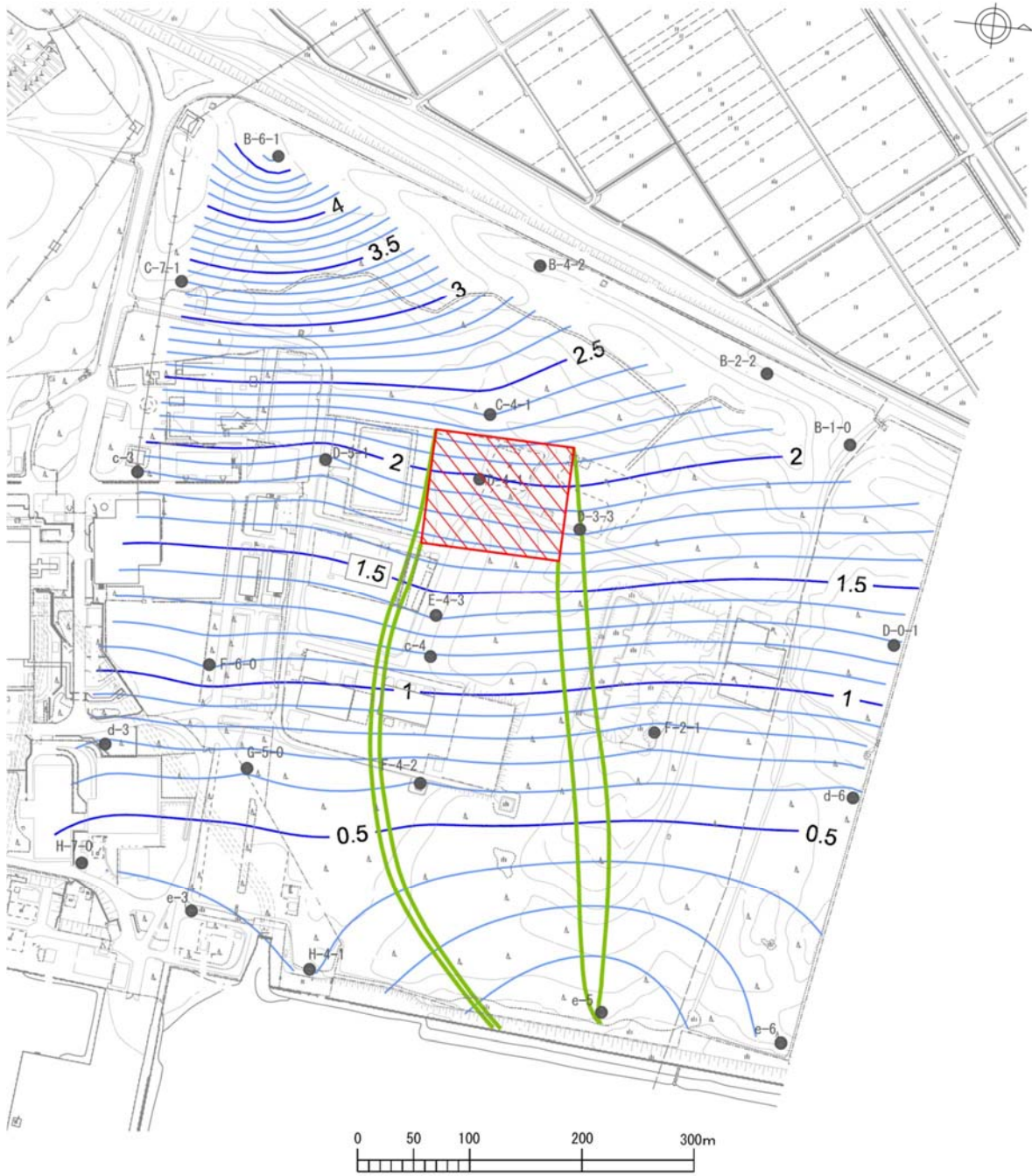
第 1.6.4-4 図 (2) 地下水位等高線図 (C-4-1~F-4-2 ; 動水勾配平均時)



| 凡 例                                                                                 |               |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
|  | 廃棄物埋設施設位置     |
|  | 等高線 (0.5m 間隔) |
|  | 等高線 (0.1m 間隔) |
|  | 流線            |

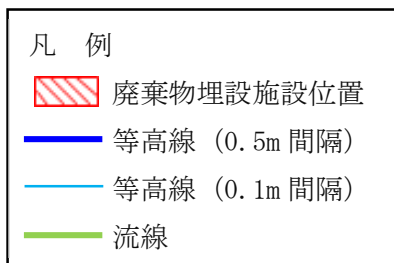
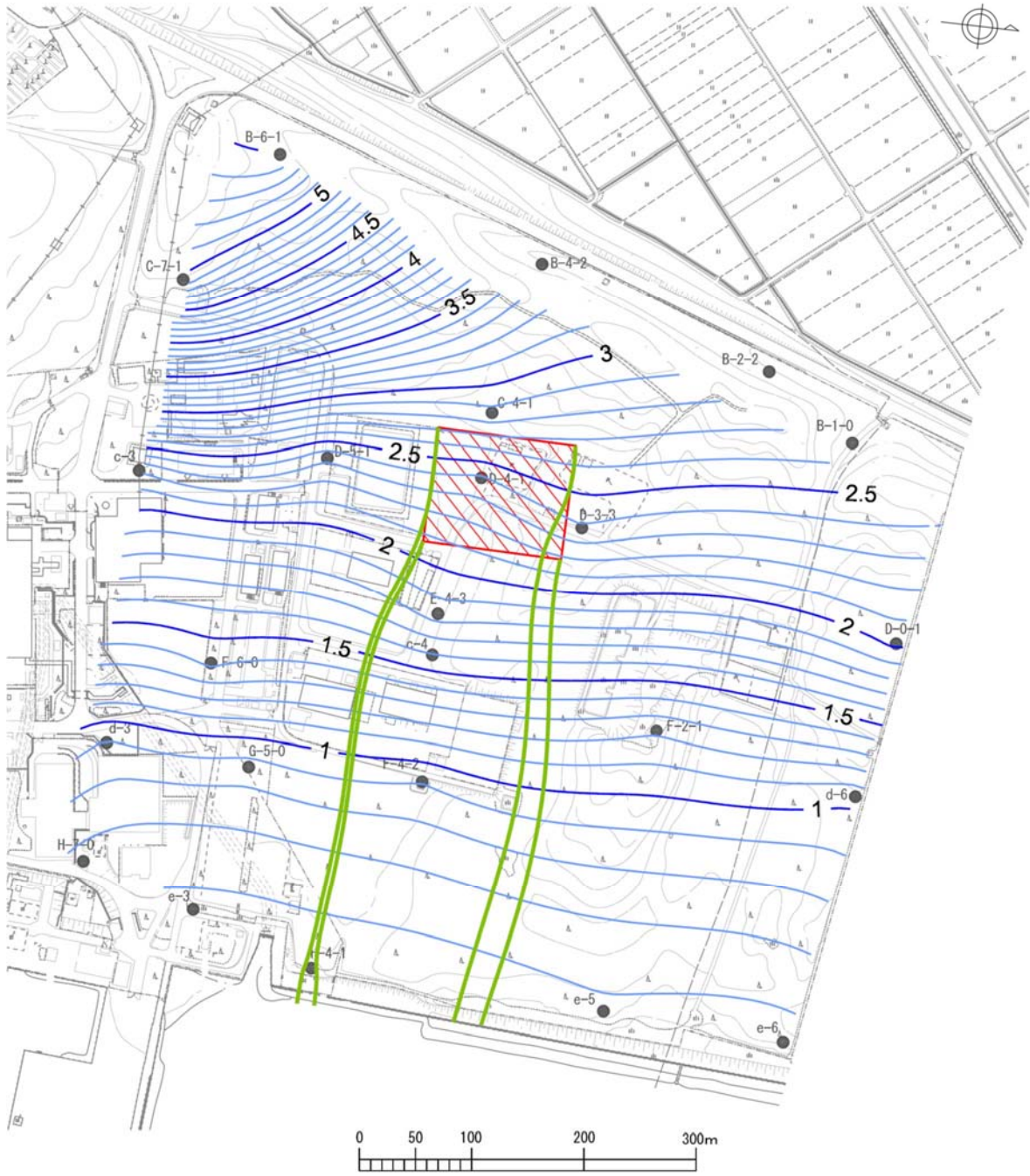
第 1.6.4-4 図 (3) 地下水位等高線図 (C-4-1~F-4-2 ; 動水勾配最小時)



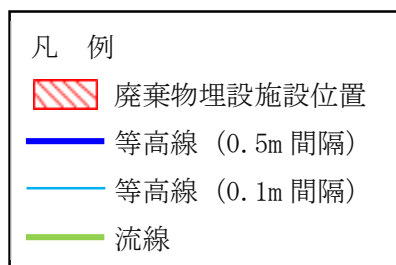
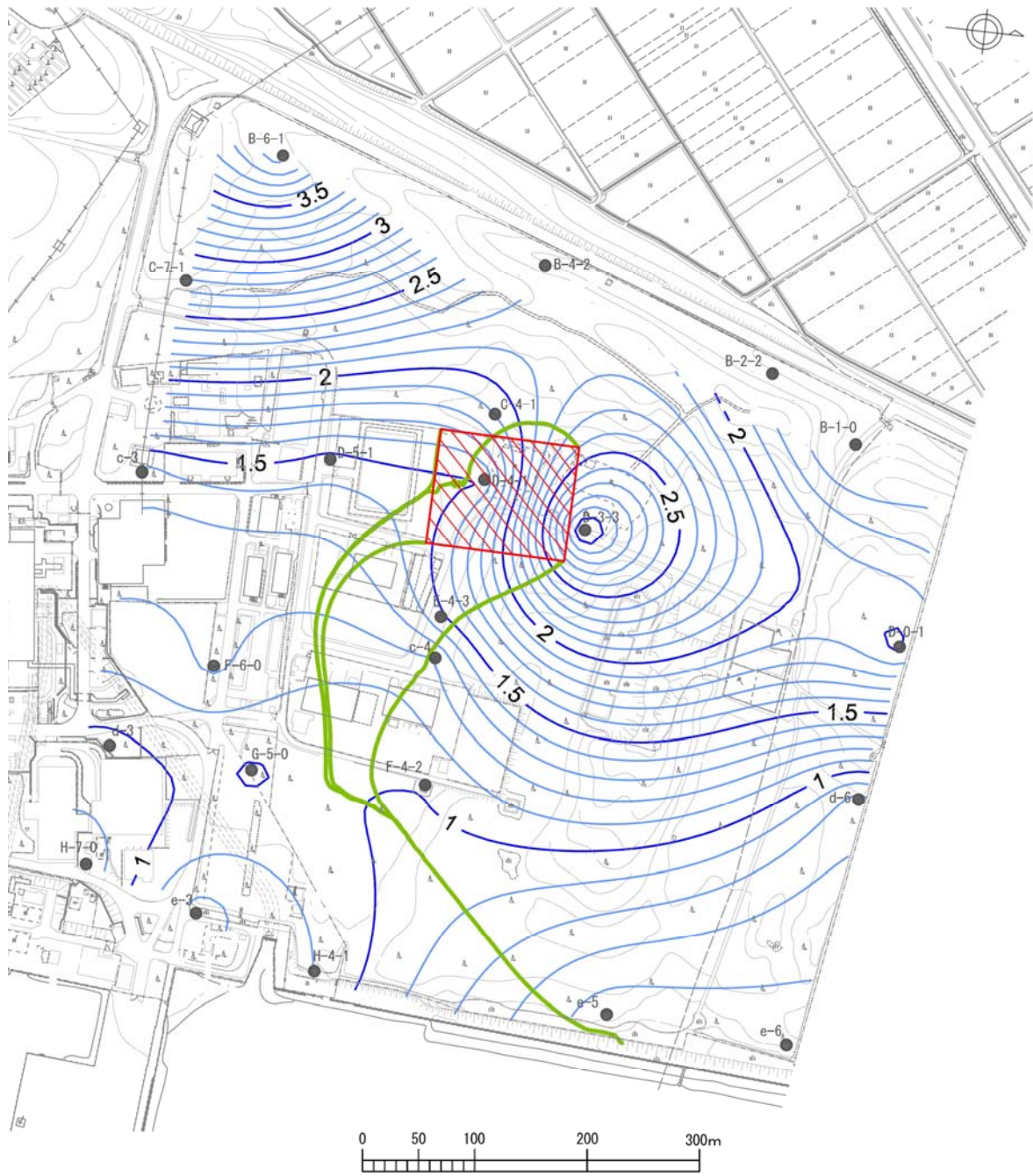


第 1.6.4-5 図 (1) 地下水位等高線図 (D-5-1~D-0-1 ; 動水勾配最大時)



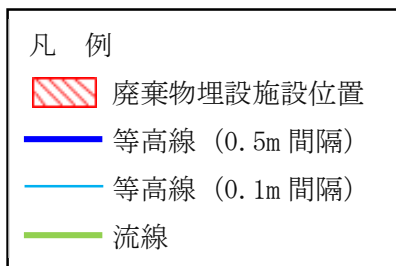


第 1.6.4-5 図 (2) 地下水位等高線図 (D-5-1~D-0-1 ; 動水勾配平均時)

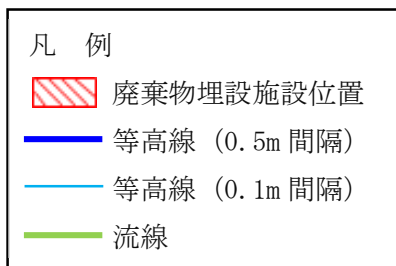
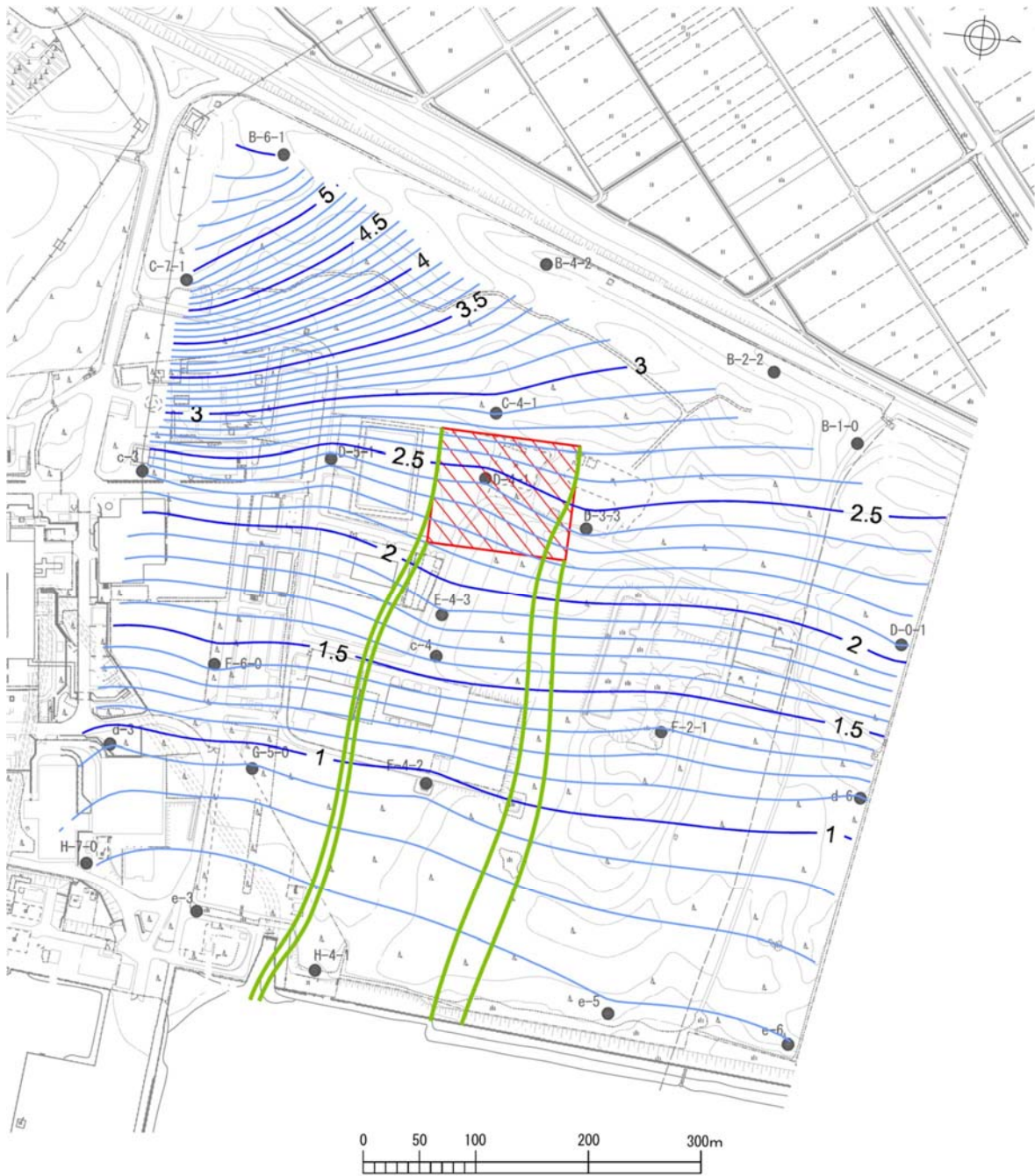


第 1.6.4-5 図 (3) 地下水位等高線図 (D-5-1~D-0-1 ; 動水勾配最小時)



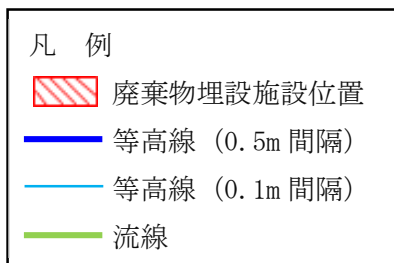


第 1.6.4-6 図 (1) 地下水位等高線図 (D-5-1~D-3-3 ; 動水勾配最大時)



第 1.6.4-6 図 (2) 地下水位等高線図 (D-5-1~D-3-3 ; 動水勾配平均時)

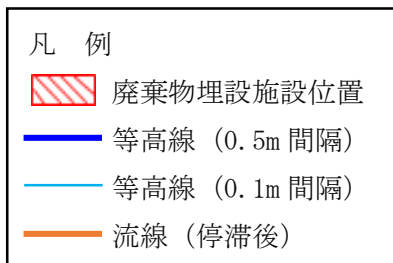




第 1.6.4-6 図 (3) 地下水位等高線図 (D-5-1~D-3-3 ; 動水勾配最小時)



第 1.6.4-3 図 (3) 再掲

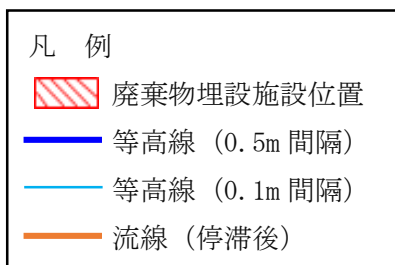
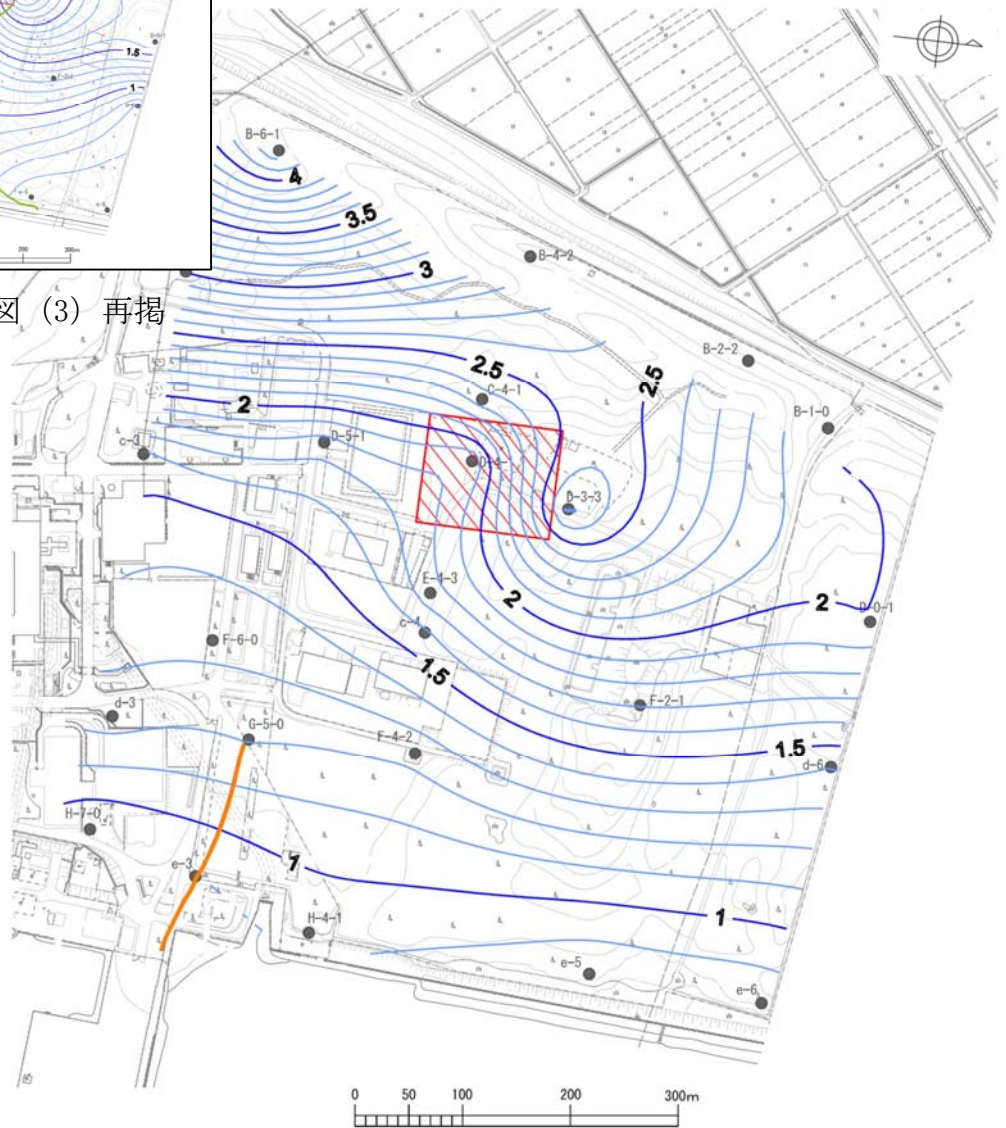


第 1.6.4-7 図 (1) 地下水位等高線図  
(C-4-1~c-4 ; 動水勾配最小時 [第 1.6.4-3 図 (3)] の 2 日後)





第 1.6.4-4 図 (3) 再掲

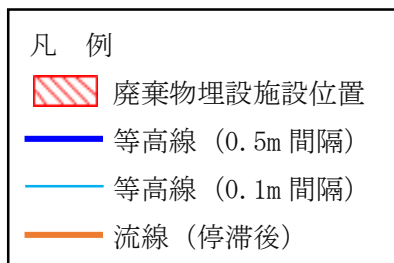
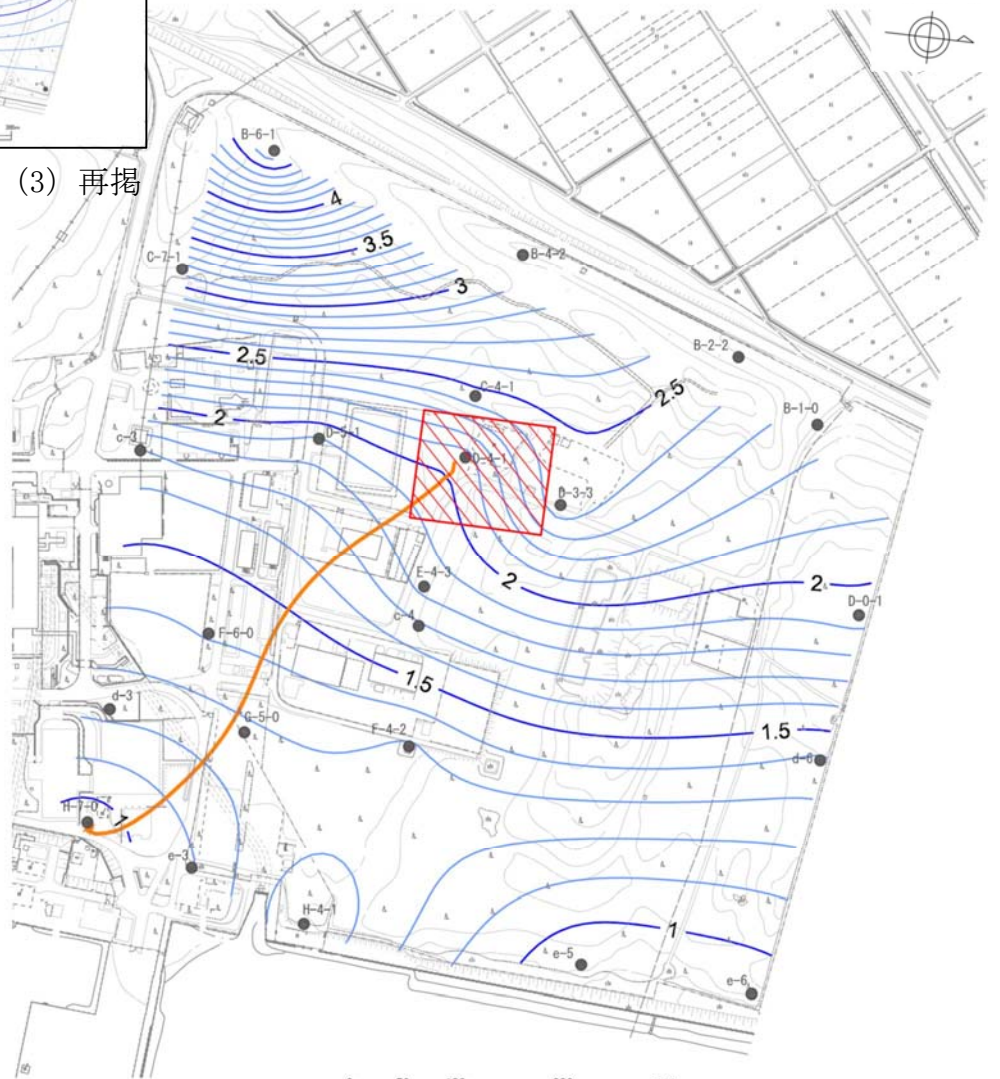


第 1.6.4-7 図 (2) 地下水位等高線図  
(C-4-1~F-4-2; 動水勾配最小時 [第 1.6.4-4 図 (3)] の 2 日後)





第 1.6.4-6 図 (3) 再掲



第 1.6.4-7 図 (3) 地下水位等高線図  
(D-5-1~D-3-3 ; 動水勾配最小時 [第 1.6.4-6 図 (3)] の 4 日後)

## 1.7 参考文献

- (1) 吉岡敏和・滝沢文教・高橋雅紀・宮崎一博・坂野靖行・柳沢幸夫・高橋浩・久保和也・関陽児・駒澤正夫・広島俊男 (2001) : 20 万分の 1 地質図幅「水戸」(第 2 版), 地質調査所
- (2) 坂本亨・田中啓策・曾屋龍典・野間泰二・松野久也 (1972) : 那珂湊地域の地質, 地域地質研究報告 (5 万分の 1 図幅), 地質調査所

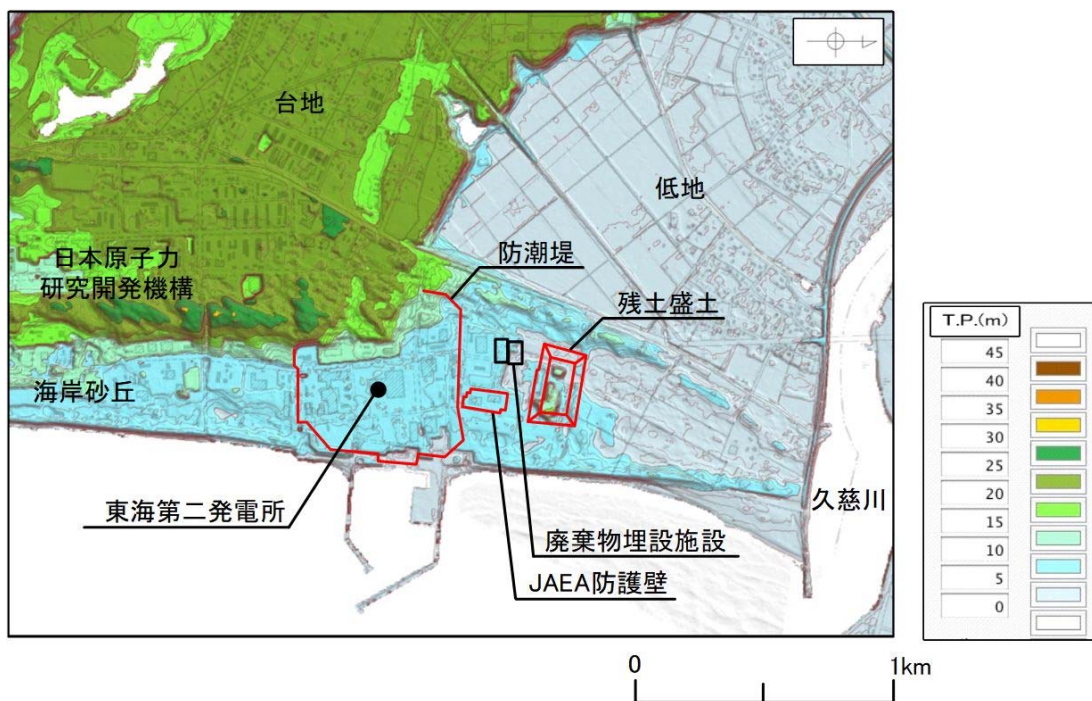
## 2. 防潮堤等の設置による地下水流動への影響

東海第二発電所の新規制基準対応として防潮堤を設置することとしており、また、安全対策工事により発生する土砂を廃棄物埋施設位置の北東方に仮置き（以下「残土盛土」という。）することとしている。

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構は、廃棄物埋施設位置の東方に防護壁（以下「JAEA防護壁」という。）を設置することとしている。

上記の防潮堤等が設置された場合の廃棄物埋施設位置付近の地下水流動に与える影響について検討した。

防潮堤等設置位置図を第2-1図に示す。



第2-1図 防潮堤等設置位置図

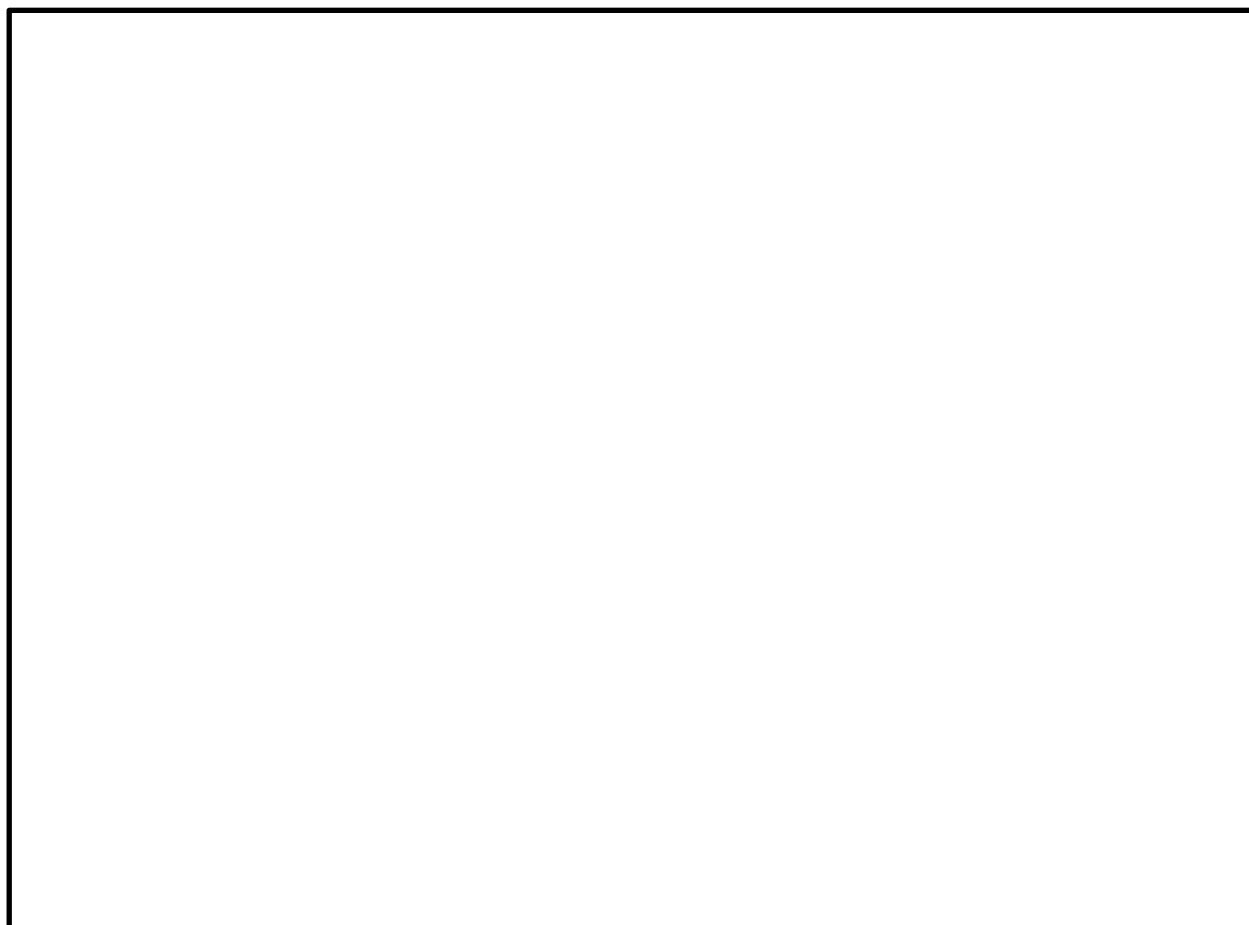
## 2.1 防潮堤等の構造

### (1) 東海第二発電所防潮堤

防潮堤の正面図及び断面図を第 2.1-1 図に示す。

防潮堤は、鋼管杭による下部構造と、津波の浸水を防止する鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁による上部構造から構成される。

防潮堤の堤内側には、耐津波に対する受動抵抗を目的とした改良体による地盤高さの嵩上げを行うとともに、洗掘防止やボーリング対策として、堤内及び堤外の表層部（d u 層，A g 2 層）の地盤改良を実施する。

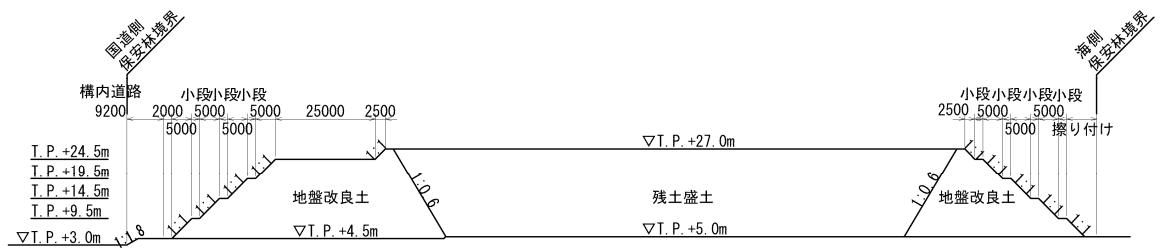


第 2.1-1 図 防潮堤正面図及び断面図

(2) 残土盛土

残土盛土の断面図を第 2.1-2 図に示す。

残土盛土は安全対策工事で発生した土砂の仮置であり、堤体盛土（地盤改良土）で囲まれた内側に残土を盛土する構造とする。盛土に降った雨は、排水溝を通じ廃棄物埋施設と盛土の間付近に設置する沈殿池に流し込み、自然浸透する計画とする。



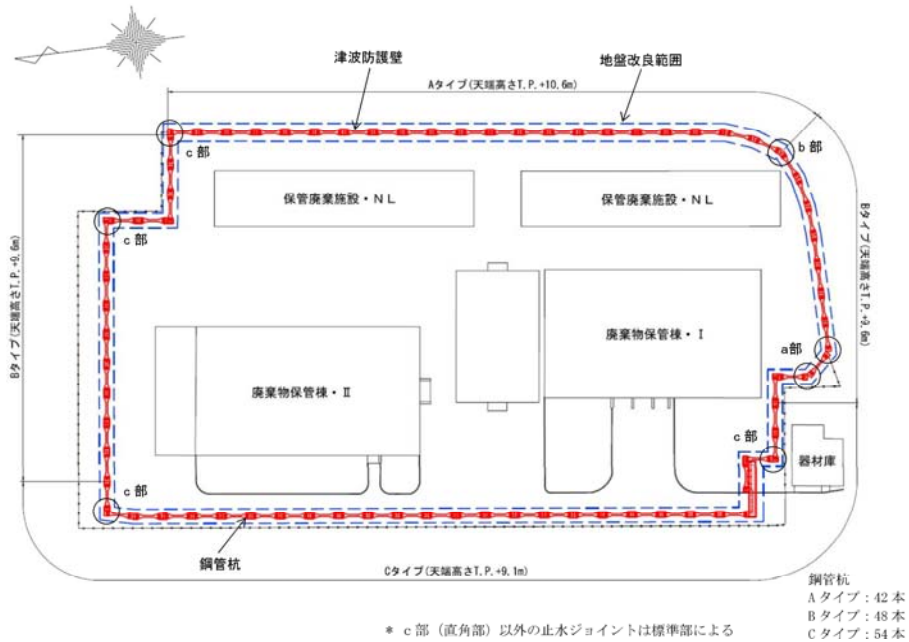
(単位：mm)

第 2.1-2 図 残土盛土の断面図

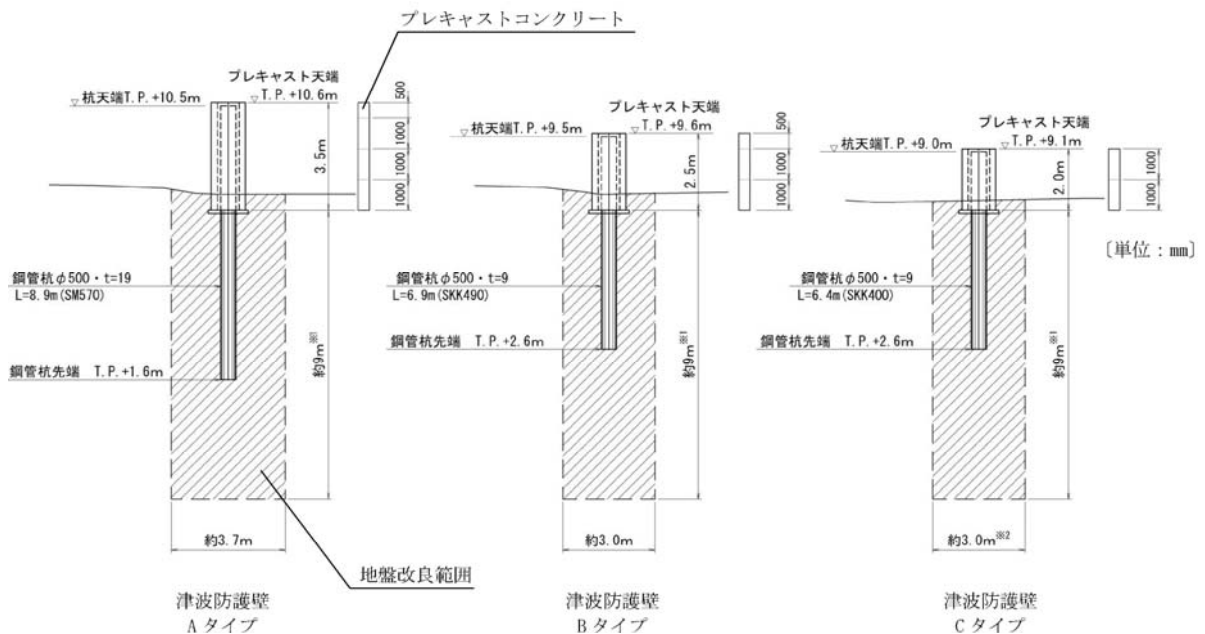
(3) JAEA防護壁

JAEA防護壁の平面図及び断面図を第2.1-3図に示す。

JAEA防護壁はJAEA放射性廃棄物の廃棄施設への津波の浸水を防護するコンクリート構造物である。基礎形式は杭基礎で、周辺地盤は地盤改良を実施する。



(平面図)



※1 砂礫層及びN値30以上の砂層の出現深度によっては、改良深度を変更することがある。  
※2 ゲート下部の地盤改良は、幅約5mとする。

※国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 原子力科学研究所の原子炉施設(放射性廃棄物の廃棄施設)の変更に係る設計及び工事の方法の許可申請書(その10)の一部補正について(令和元年11月)引用

(断面図)

第2.1-3図 JAEA防護壁

## 2.2 防潮堤等設置後の地下水流動の評価

防潮堤等の設置が廃棄物埋施設位置の地下水流動に与える影響を把握するため、三次元地下水流動解析を実施した。

防潮堤等設置後の地下水流動解析に当たっては、防潮堤設置前の現況再現解析により解析条件の妥当性を確認した上で、解析を実施した。

解析には、三次元浸透流・移流分散解析コード「`D t r a n s u - 3 D ・ E L V e r . 2 . 0 b _ s C M - R C M ( F 9 0 ) O p e n M P`」を使用した。本コードは、定常・非定常の三次元飽和・不飽和浸透流及び移流分散解析が可能な、有限要素法に基づく解析コードである。

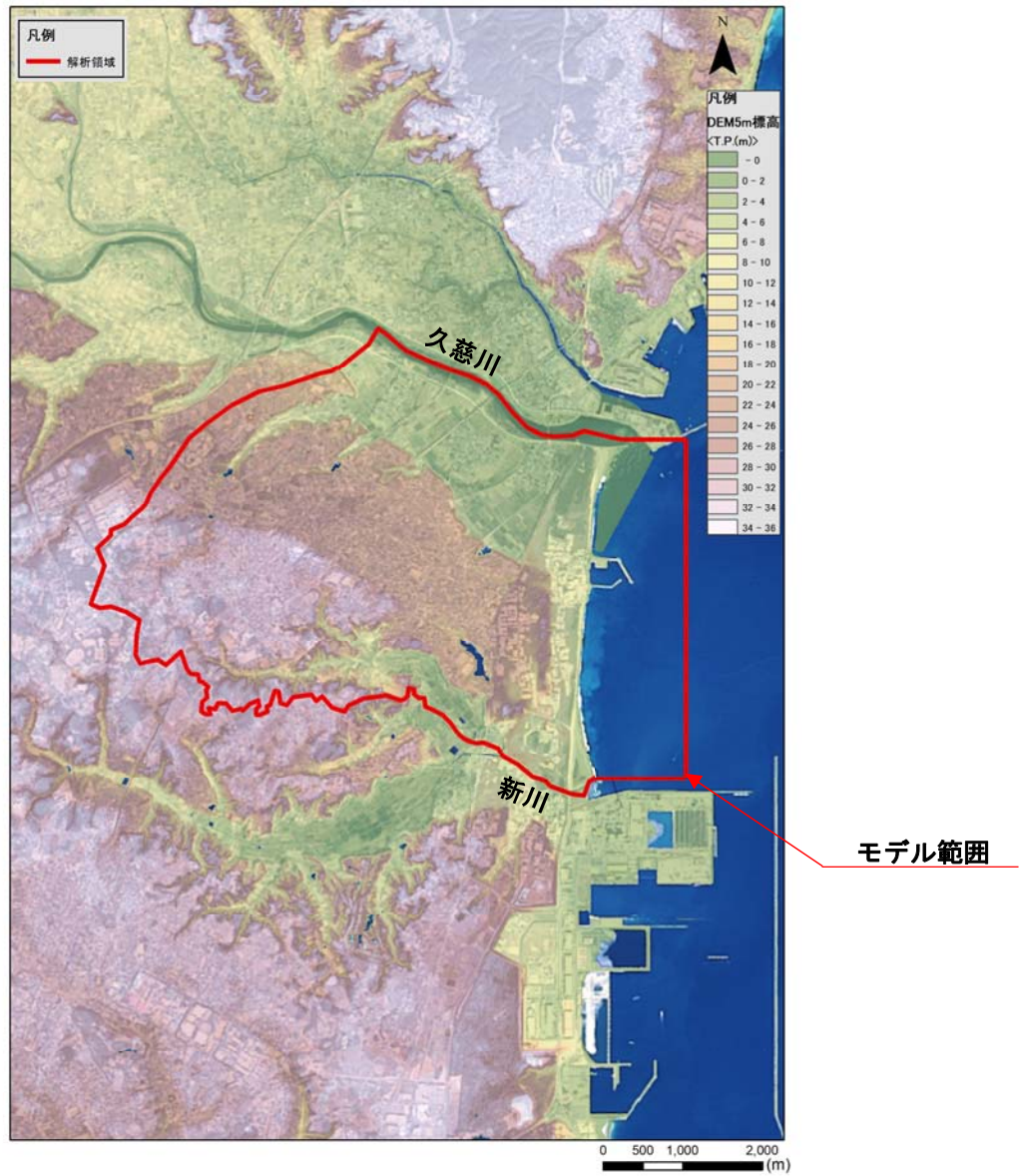
### 2.2.1 解析条件

#### (1) 解析モデル範囲

地下水流動解析のモデル範囲を第 2.2.1-1 図に示す。

モデル範囲は、地下水流動や水収支（マスバランス）が考慮できるよう、尾根筋、河川、谷筋等の分水界と考えられる地形を境界として設定した。





※背景：地理院タイル

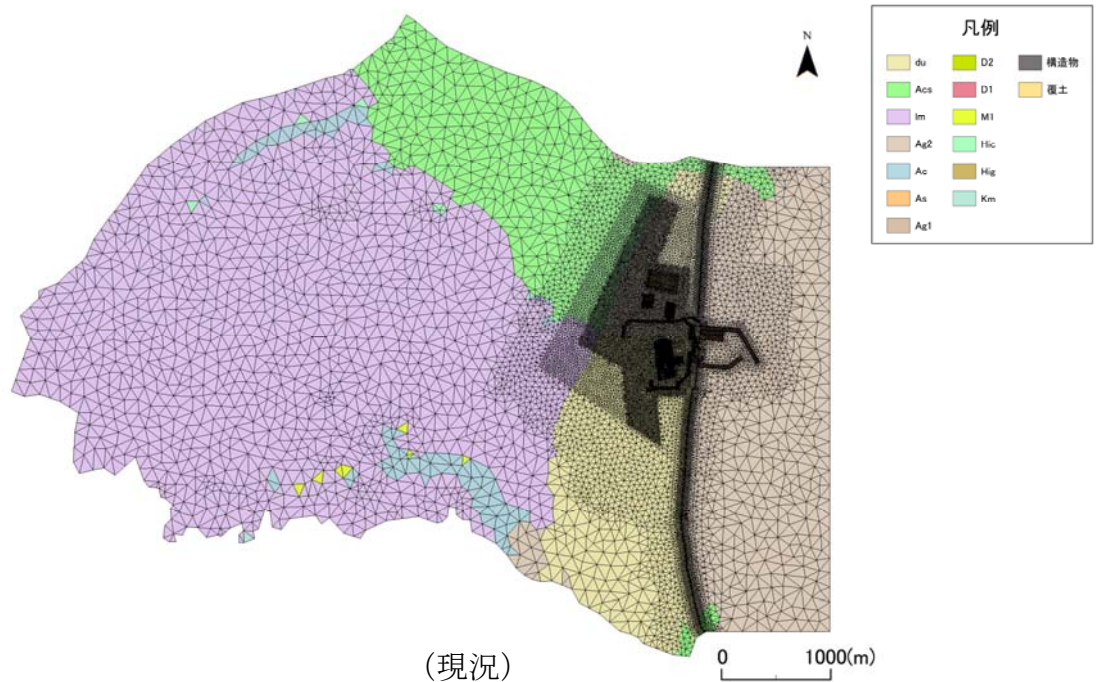
第 2.2.1-1 図 地下水流動解析モデル範囲



(2) 解析モデル

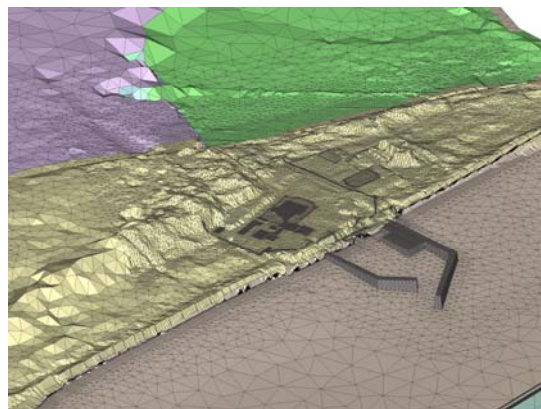
解析モデル図（平面図及び鳥瞰図）を第 2.2.1-2 図に示す。

解析における地層区分については、「1.2 敷地及び敷地近傍の地質」及び「1.5 廃棄物埋施設位置付近の地質」に基づき設定した。



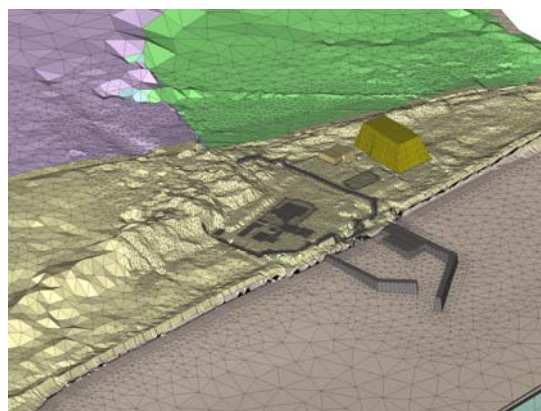
(現況)

第 2.2.1-2 図 (1) 解析モデル図 (平面図)



縦：横=5：1

(現況)



縦：横=5：1

(防潮堤等設置後)

第 2.2.1-2 図 (2) 解析モデル図 (鳥瞰図)

(3) 解析用物性値

三次元地下水流動解析に用いた地質の透水係数一覧を第 2.2.1-1 表に、構造物等の透水係数一覧を第 2.2.1-2 表に示す。

第 2.2.1-1 表 透水係数一覧（地質）

| 地質区分                 | 主な層相       | 透水係数<br>(cm/s)             | 備考                                      |
|----------------------|------------|----------------------------|-----------------------------------------|
| d u 層<br>(砂丘砂層)      | 細粒砂～中粒砂    | $3.23 \times 10^{-2}$      | 試験値（揚水試験）                               |
| A c s 層<br>(沖積層)     | シルト        | $3.10 \times 10^{-4}$      | 同じシルト層である 1 m 層の試験値を流用                  |
| A g 2 層<br>(沖積層)     | 礫混じり砂      | $1.21 \times 10^{-2}$      | 試験値（単孔式透水試験）                            |
| A c 層<br>(沖積層)       | 粘土         | $4.65 \times 10^{-7}$      | 試験値（単孔式透水試験）                            |
| A s 層<br>(沖積層)       | 砂          | $1.64 \times 10^{-3}$      | 試験値（単孔式透水試験）                            |
| A g 1 層<br>(沖積層)     | 礫混じり砂      | $1.21 \times 10^{-2}$      | 同じ礫混じり砂層である A g 2 層の試験値を流用              |
| D 2 層<br>(L 1 段丘堆積物) | 砂礫, シルトの互層 | 水平 : $1.09 \times 10^{-2}$ | 砂礫及びシルト層の層厚を考慮して, 水平方向及び鉛直方向の等価透水係数を設定* |
|                      |            | 鉛直 : $2.78 \times 10^{-4}$ |                                         |
| l m 層<br>(ローム)       | シルト        | $3.10 \times 10^{-4}$      | 試験値（単孔式透水試験）                            |
| D 1 層<br>(M 2 段丘堆積物) | 砂礫, シルトの互層 | 水平 : $1.13 \times 10^{-3}$ | 砂礫及びシルト層の層厚を考慮して, 水平方向及び鉛直方向の等価透水係数を設定* |
|                      |            | 鉛直 : $8.60 \times 10^{-4}$ |                                         |
| M 1 層<br>(M 1 段丘堆積物) | 砂          | $1.64 \times 10^{-3}$      | 同じ砂層である A s 層の試験値を流用                    |
| H i c 層<br>(東茨城層群)   | シルト及び砂     | $4.65 \times 10^{-7}$      | シルトが卓越しているため, A c 層相当を設定                |
| H i g 層<br>(東茨城層群)   | 砂礫         | $1.64 \times 10^{-3}$      | 礫径が小さいことから, A s 層相当を設定                  |
| K m 層<br>(久米層ほか)     | 砂質泥岩       | $4.19 \times 10^{-7}$      | 試験値（圧密試験）                               |

※：水平方向及び鉛直方向の等価透水係数の設定を補足説明資料（2）に示す。

第 2.2.1-2 表 透水係数一覧（構造物等）

| 区分               | 透水係数<br>(cm/s)        | 備考                                   |
|------------------|-----------------------|--------------------------------------|
| 既設矢板             | $1.00 \times 10^{-2}$ | 矢板の根入れ深度及び A g 2 層厚を考慮して、等価透水係数相当を設定 |
| MMR              | $4.19 \times 10^{-7}$ | 難透水性を考慮して、K m 層相当を設定                 |
| 建屋               | $4.19 \times 10^{-7}$ | 難透水性を考慮して、K m 層相当を設定                 |
| 建屋 止水壁           | $4.19 \times 10^{-7}$ | 難透水性を考慮して、K m 層相当を設定                 |
| 廃棄物埋設施設 覆土       | $1.00 \times 10^{-3}$ | 最終覆土相当（周辺土壌）                         |
| 廃棄物埋設施設 低透水層     | $1.00 \times 10^{-8}$ | 低透水性覆土（ベントナイト混合土相当）                  |
| 廃棄物埋設施設 埋設物      | $6.46 \times 10^{-3}$ | 埋設物及び土砂の面積を考慮して、等価透水係数を設定            |
| 防潮堤 鋼管杭          | $8.70 \times 10^{-7}$ | 鋼管杭及び鋼管杭隙間の幅を考慮して、等価透水係数を設定          |
| 防潮堤 地盤改良土        | $1.00 \times 10^{-5}$ | セメント協会（2012） <sup>(1)</sup> より設定     |
| 残土盛土 盛土          | $1.64 \times 10^{-3}$ | A s 層相当（周辺土壌）                        |
| 残土盛土 地盤改良土       | $1.00 \times 10^{-5}$ | セメント協会（2012） <sup>(1)</sup> より設定     |
| J A E A 施設 鋼管杭   | $1.00 \times 10^{-5}$ | 地盤改良土相当                              |
| J A E A 施設 地盤改良土 | $1.00 \times 10^{-5}$ | セメント協会（2012） <sup>(1)</sup> より設定     |

(4) 境界条件

境界条件を第 2.2.1-3 表に示す。

陸域の上面は降雨浸透境界，海域は潮位相当として T.P. 0m の水位固定とした。また，側面及び底面は地下水の出入りがないものとして不透水境界を設定した。

降雨浸透率の範囲設定図を第 2.2.1-4 図に示す。

降雨浸透率は降雨量から蒸発散量及び表面流出量を除いた降雨浸透量より算出し，土地の分類は航空写真及び土地利用区分図を参考として，解析範囲を森林（黄色線に囲まれた範囲）とその他に区分した。

第 2.2.1-3 表 境界条件

| 上面                                              |         | 側面                  | 底面        |       |
|-------------------------------------------------|---------|---------------------|-----------|-------|
| 陸域                                              |         | 尾根・谷筋               | T.P. -70m |       |
| 降雨浸透境界                                          |         | 潮位 T.P. 0m<br>の水位固定 | 不透水境界     |       |
| 降雨量                                             | 降雨浸透率   |                     |           |       |
| 1,386mm/年<br>(水戸地方気象台の13年間平均値<br>2006/4~2019/3) | 森林      |                     |           | : 45% |
|                                                 | 廃棄物埋設施設 |                     |           | : 0%  |
|                                                 | 残土盛土    | : 0%                |           |       |
|                                                 | その他     | : 15%               |           |       |





※背景：地理院タイル

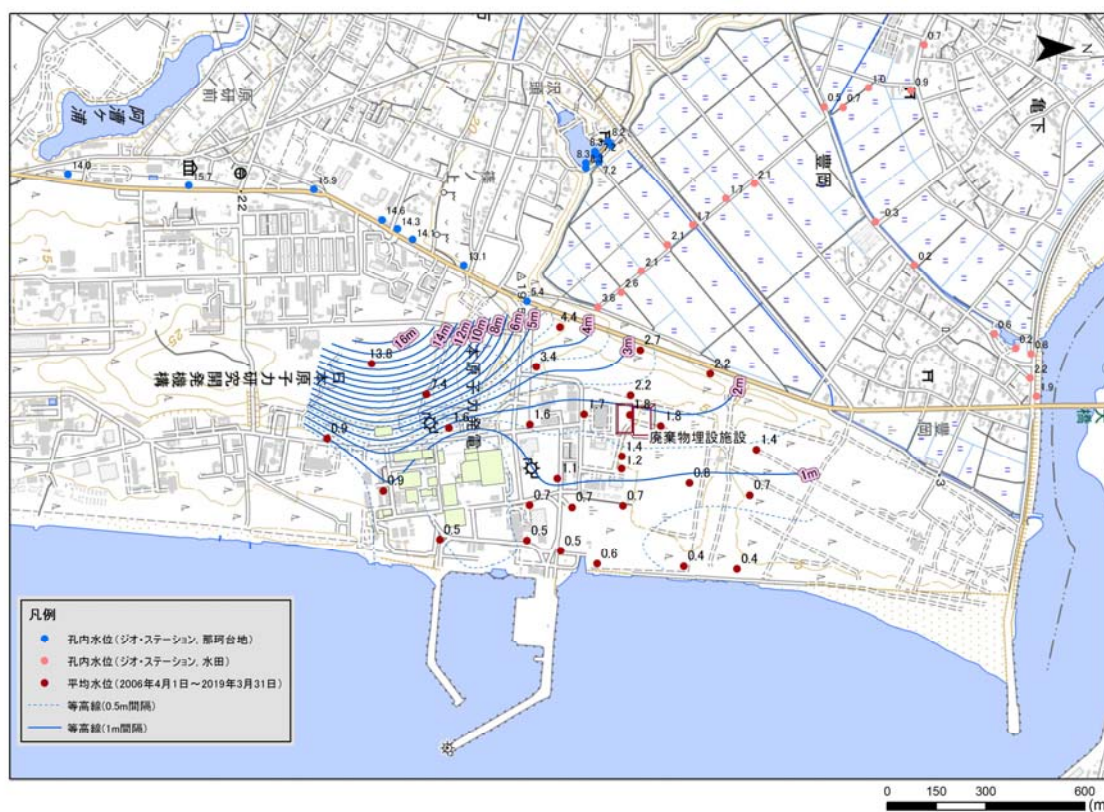
第 2.2.1-4 図 降雨浸透率の範囲設定図

## 2.2.2 解析結果

### (1) 現況再現解析

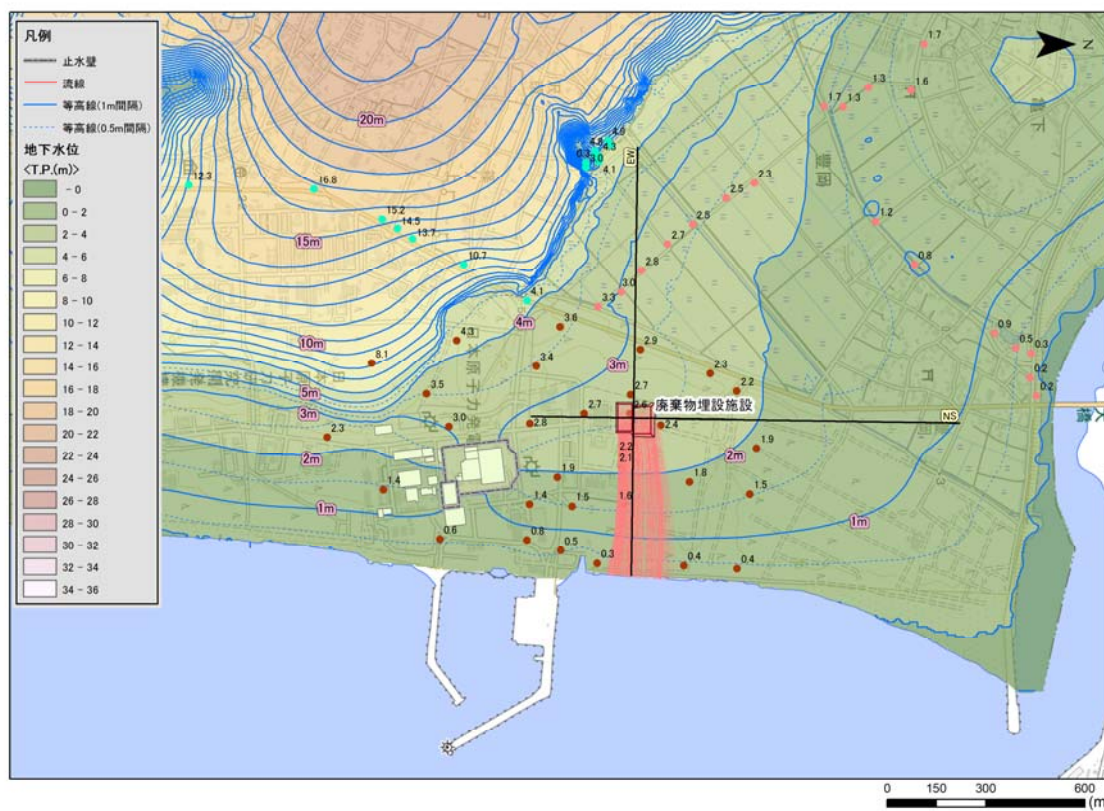
現況再現解析における地下水位の等高線及び流線図並びに断面図を第2.2.2-1図及び第2.2.2-2図に示す。

現況再現解析の結果，廃棄物埋施設設置位置付近では西から東へ向かう流れが再現されており，廃棄物埋施設設置底面に配置した粒子発生点からの流線は海へ向かう結果となった。



※背景：地理院タイル

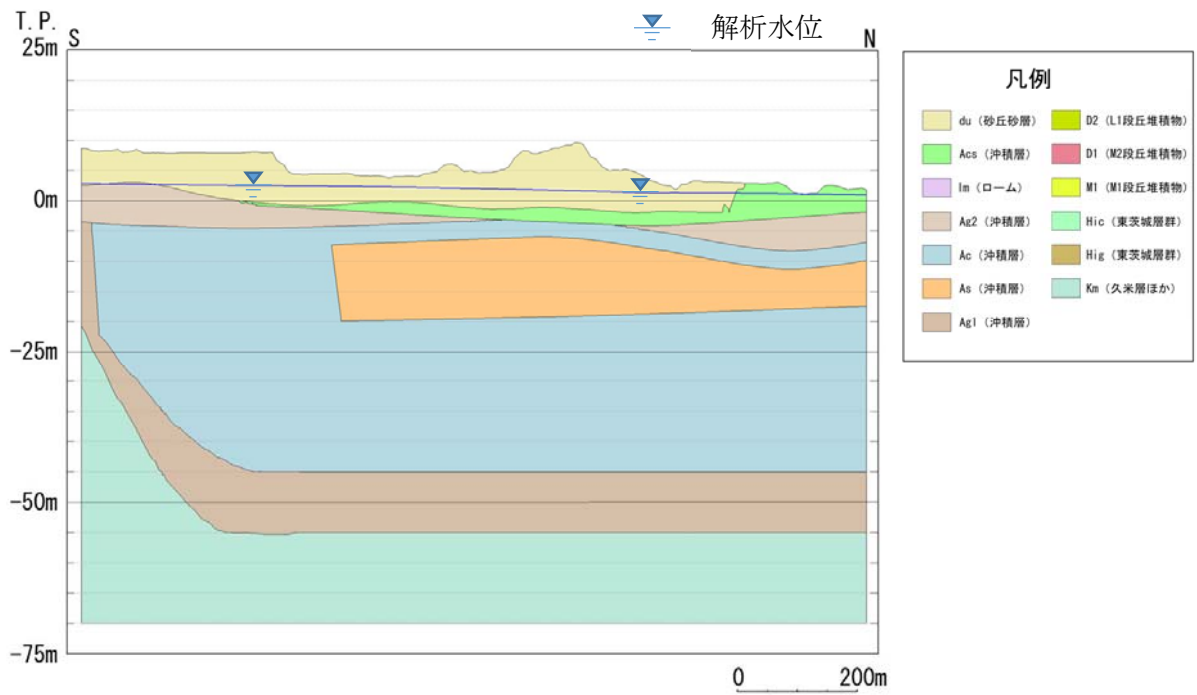
第 1.3-1 図 敷地及び敷地近傍の地下水位（再掲）



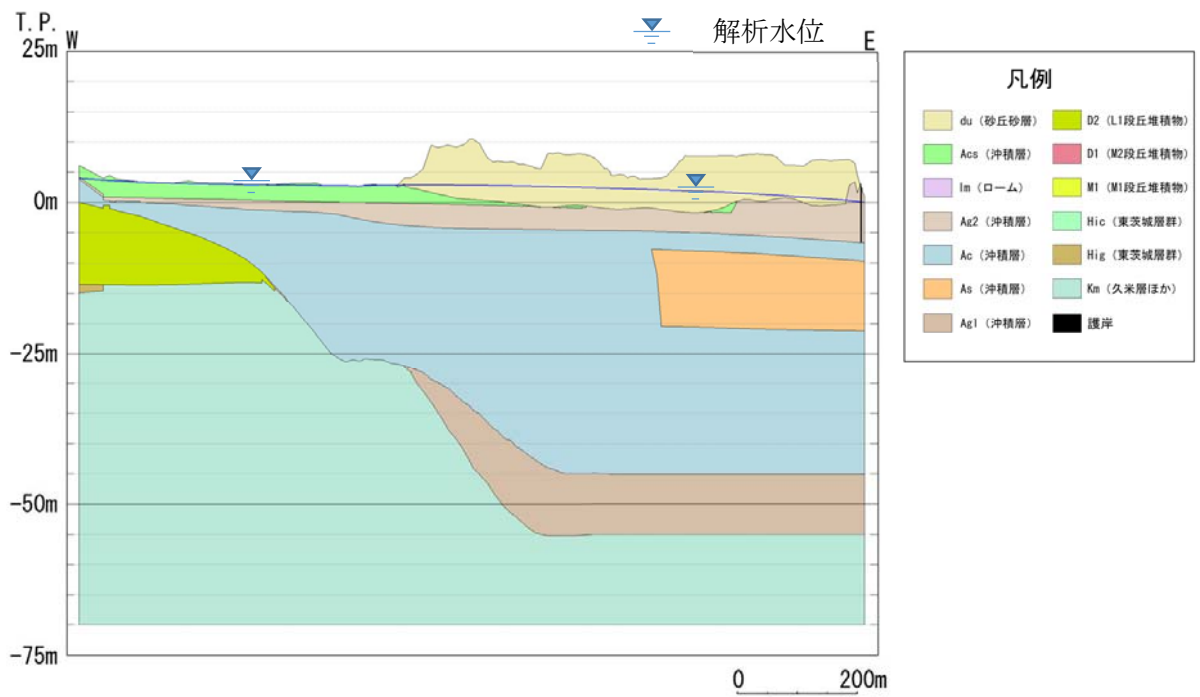
※背景：地理院タイル

第 2.2.2-1 図 地下水位等高線及び流線図（現況再現時）





第 2. 2. 2-2 図 (1) 地下水位断面図 (現況再現時) (N-S 断面)



第 2. 2. 2-2 図 (2) 地下水位断面図 (現況再現時) (E-W 断面)

## (2) 防潮堤等設置後の予測解析

防潮堤等をモデル化し、当該設備が地下水流動へ与える影響を確認するための予測解析を行った。

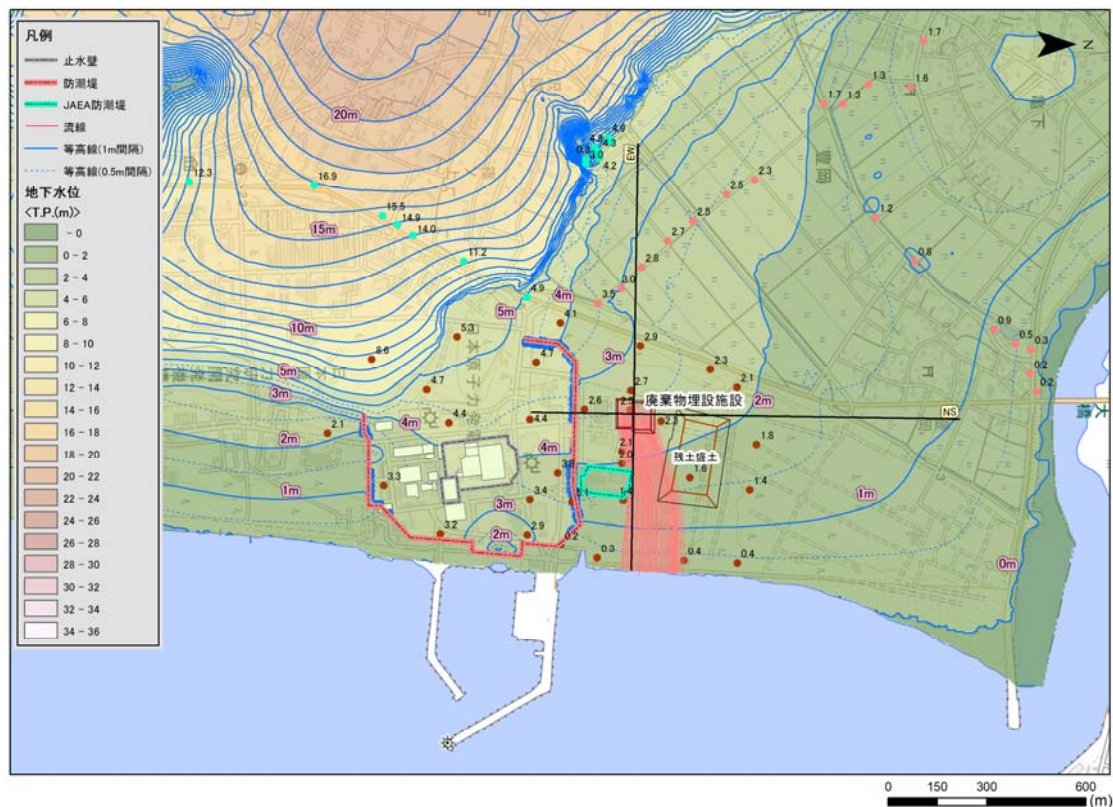
予測解析は、過去13年間の年平均雨量を入力とした解析を行うとともに、豪雨時に地下水が上昇した場合の影響を把握するため、年平均雨量の2倍を条件とした解析を行った。

年平均雨量を入力とした解析結果を第2.2.2-3図及び第2.2.2-4図、年平均雨量の2倍を入力とした豪雨時の解析結果を第2.2.2-5図及び第2.2.2-6図に示す。

年平均雨量を入力とした解析の結果、防潮堤外の地下水位に大きな変化は認められない。また、残土盛土及びJAEA防護壁の設置による地下水位の変化は認められない。

豪雨時の解析の結果、廃棄物埋施設設置位置も含めて地下水位が上昇する傾向が認められるが、その上昇量は廃棄物埋施設設置位置及び近傍において1m未満であり、廃棄物埋施設設置底面レベルを上回ることはない。

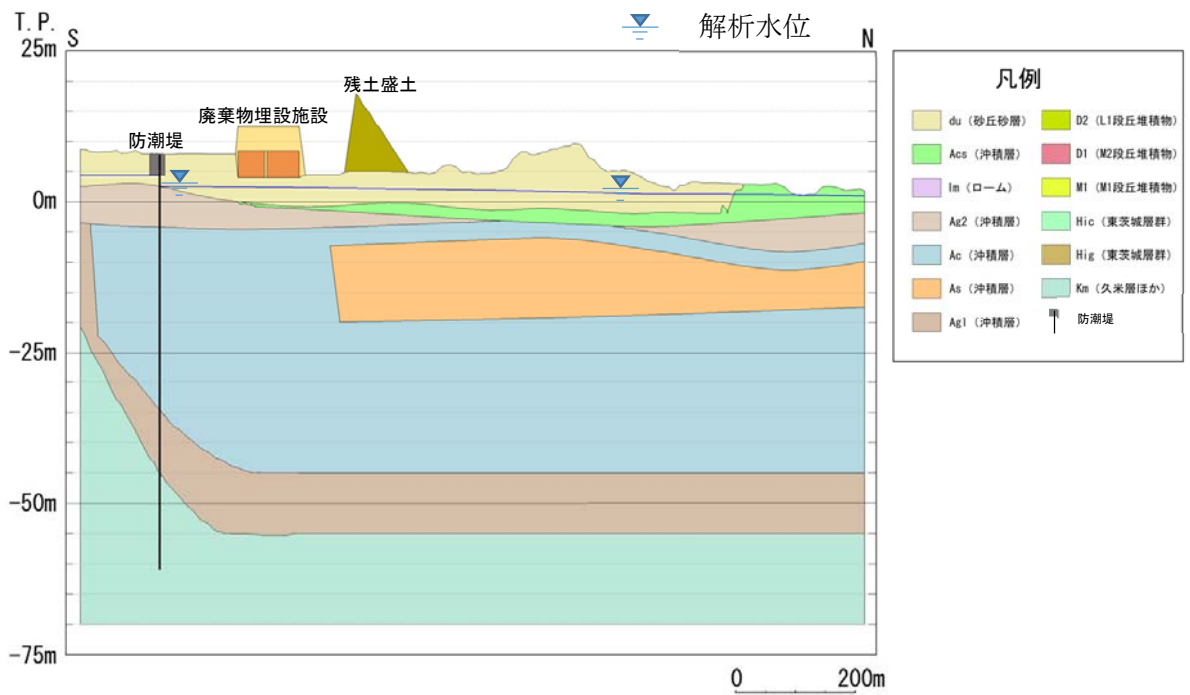
また、いずれの解析においても廃棄物埋施設に配置した粒子発生点からの流線は海へ流出する結果となっている。



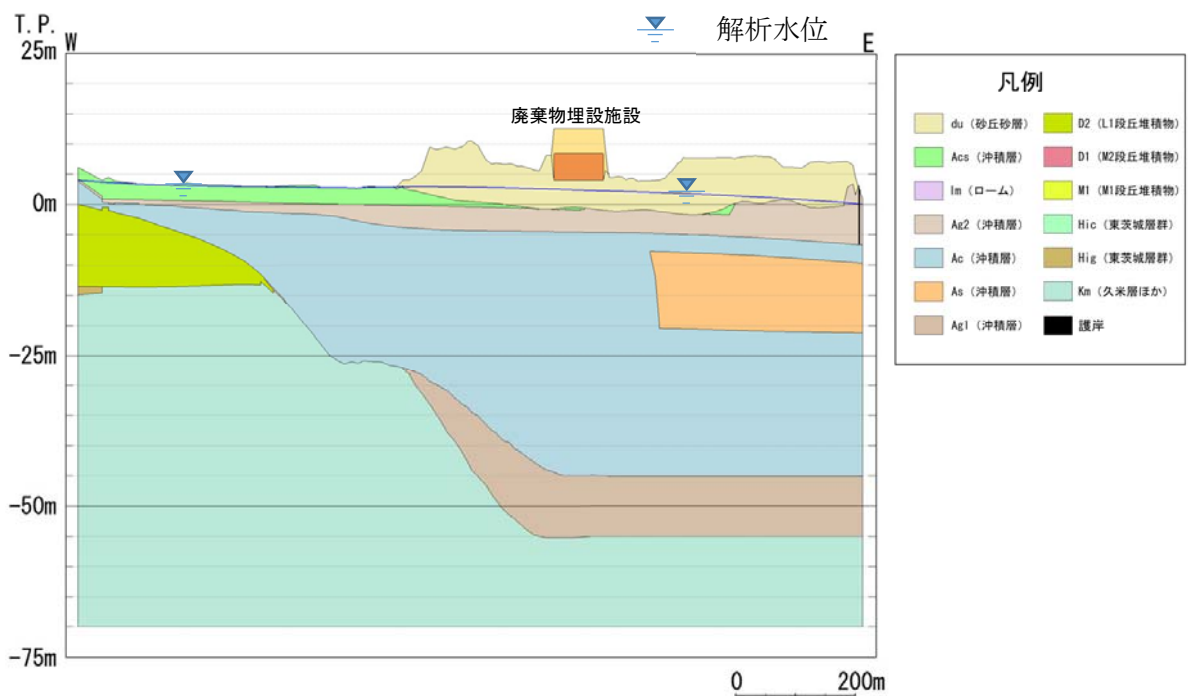
※背景：地理院タイル

第2.2.2-3図 地下水位等高線及び流線図 (防潮堤等設置後、年平均雨量)

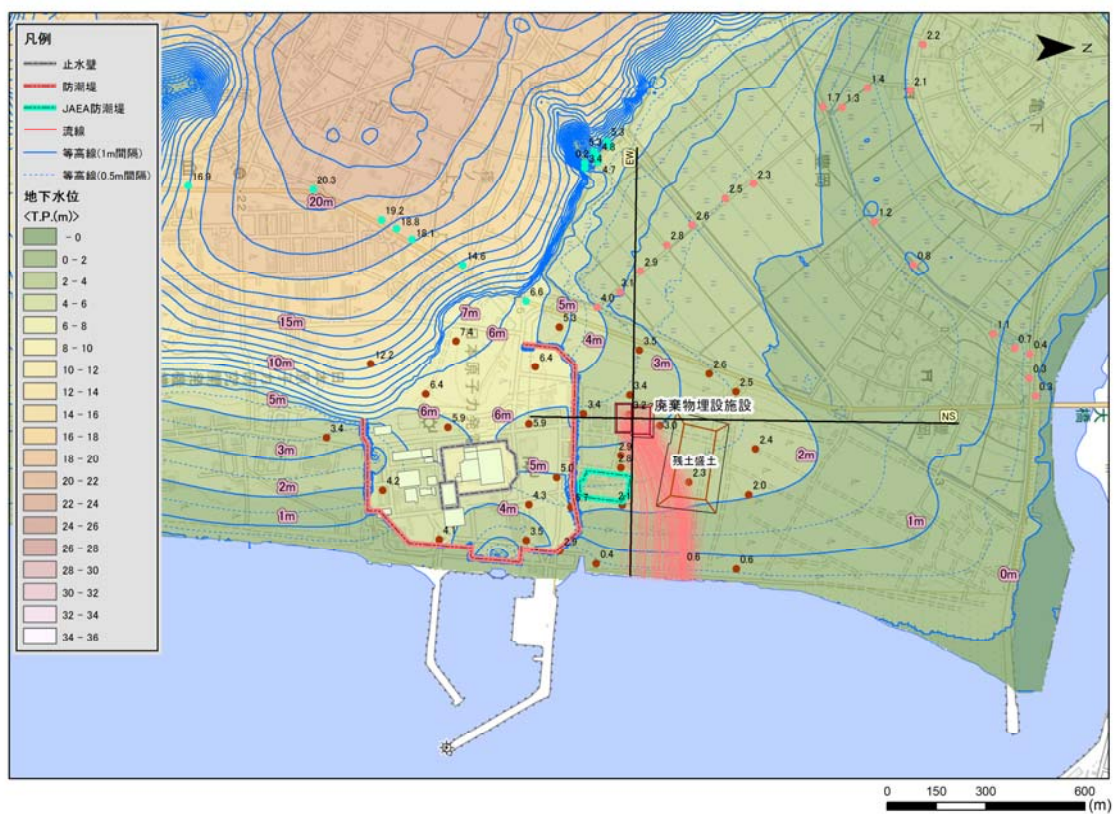




第 2. 2. 2-4 図 (1) 地下水位断面図 (防潮堤等設置後, 年平均雨量)  
(N-S断面)

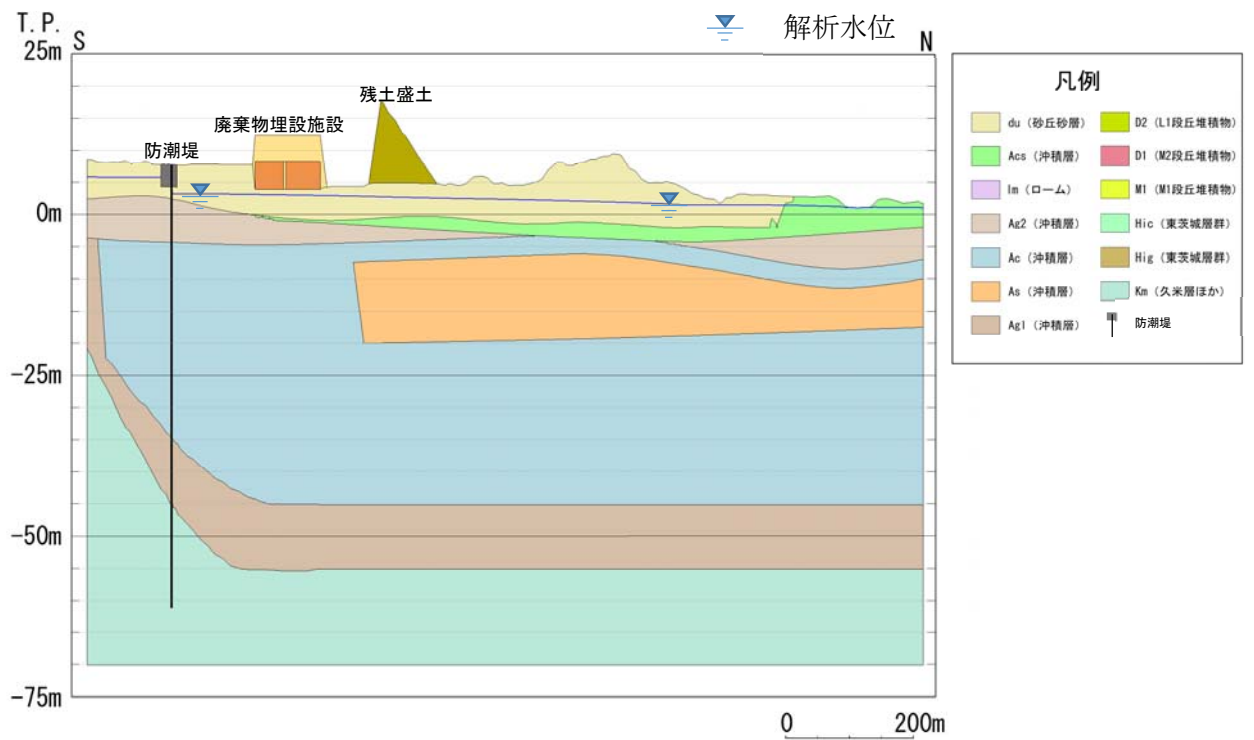


第 2. 2. 2-4 図 (2) 地下水位断面図 (防潮堤等設置後, 年平均雨量)  
(E-W断面)

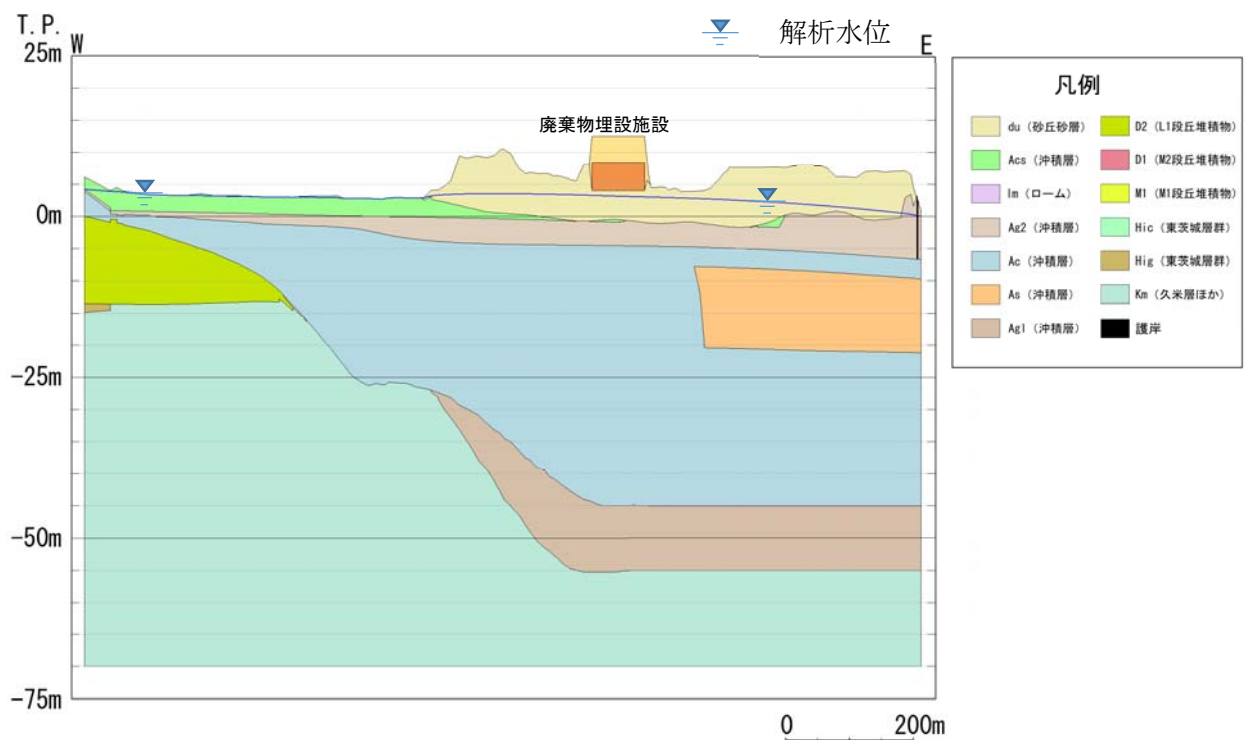


※背景：地理院タイル

第 2.2.2-5 図 地下水位等高線及び流線図 (防潮堤等設置後, 豪雨時)



第 2.2.2-6 図 (1) 地下水位断面図 (防潮堤等設置後, 豪雨時)  
(N-S 断面)



第 2.2.2-6 図 (2) 地下水位断面図 (防潮堤等設置後, 豪雨時)  
(E-W 断面)

### 2.3 参考文献

- (1) セメント協会 (2012) : セメント系固化材による地盤改良マニュアル (第4版) , セメント協会

### 3. 海象

#### (1) 潮位

敷地周辺の潮位は以下のとおりである。

既往最高潮位 H.P. +2.35m (1958年9月27日)

朔望平均満潮位 H.P. +1.50m

平均潮位 H.P. +0.91m

平均朔望干潮位 H.P. +0.08m

既往最低潮位 H.P. -0.31m (1990年12月2日, 1991年12月22日)

なお、H.P.は、茨城港日立港区（以下「日立港区」という。）の工事事業用基準面で T.P. 下 0.89m である。

#### (2) 観測期間の妥当性について

(1) に示した潮位は、日立港区における 2004 年～2009 年の潮位データである。観測期間の妥当性を確認するため、10 カ年の朔望潮位データについて分析を行い、影響の有無を確認した。

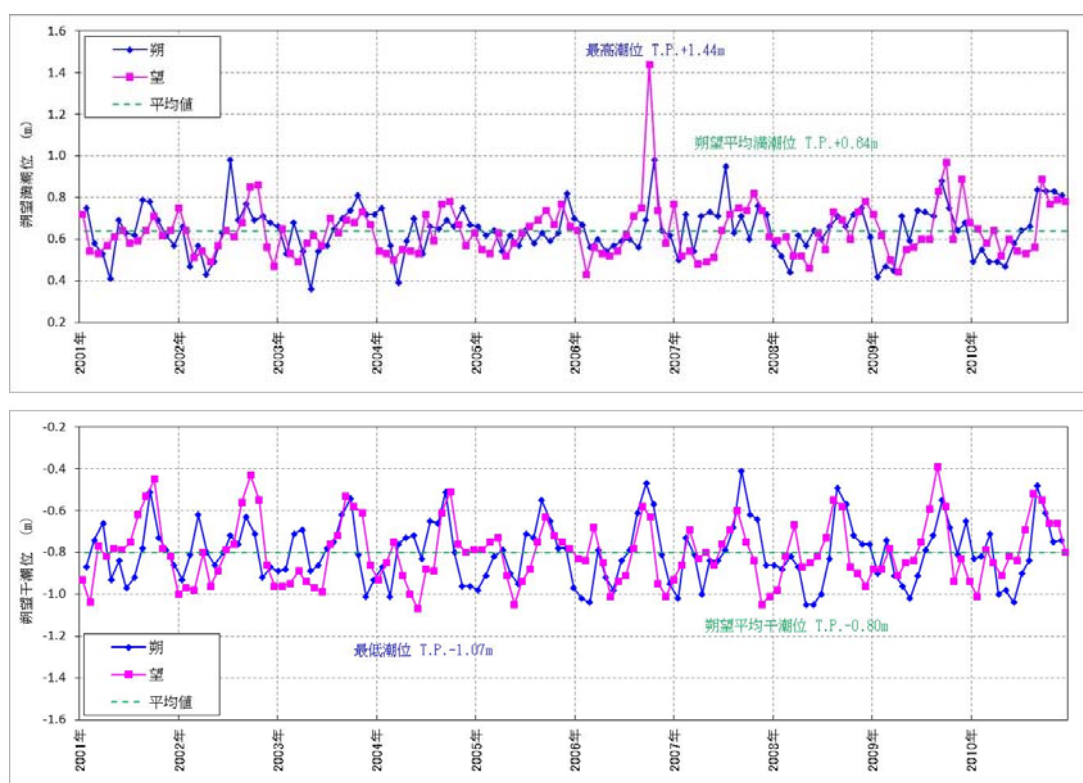
日立港区における 2006 年 1 月～2010 年 12 月の 5 カ年の朔望潮位データに対して、2001 年 1 月～2010 年 12 月の 10 カ年の朔望潮位データの分析を行った。朔望潮位に関する分析結果を第 3-1 表に示す。

第 3-1 表から 5 カ年及び 10 カ年の朔望満潮位、朔望干潮位及びそれらの標準偏差について、いずれも同程度であることを確認した。10 カ年（2001 年 1 月～2010 年 12 月）の潮位変化を第 3-1 図に示す。



第3-1表 朔望潮位に関する分析結果

|                 | 朔望満潮位 |      | 朔望干潮位 (m) |       |
|-----------------|-------|------|-----------|-------|
|                 | 5カ年   | 10カ年 | 5カ年       | 10カ年  |
| 平均値<br>T.P. (m) | 0.65  | 0.64 | -0.81     | -0.80 |
| 標準偏差 (m)        | 0.14  | 0.13 | 0.16      | 0.15  |



第3-1図 10カ年（2001年1月～2010年12月）の潮位変化  
（上：朔望満潮位，下：朔望干潮位）

(3) 茨城港日立港区の潮位データの扱いについて

(1) に示した潮位データは、日立港区における 2004 年～2009 年のものである。2011 年以降については公表されていない。

このため、廃棄物埋施設設置位置の近接観測地点であり、観測が継続している銚子漁港と小名浜の各地点における 2006 年 1 月～2010 年 12 月、2012 年 1 月～2016 年 12 月における朔望平均満干潮位、年平均潮位、年最高潮位及び至近約 40 年（1971 年～2010 年）及び至近約 45 年（1971 年～2016 年（2011 年を除く））の超過発生確率を用いて、2011 年以降の日立港区の潮位の傾向を推定した。

観測地点位置図を第 3-2 図に、各地点の朔望平均満干潮位を第 3-2 表に、各地点の年平均潮位の推移を第 3-3 図に、各地点の年最高潮位の推移を第 3-4 図、各地点の最高潮位の超過発生確率の推移を第 3-5 図に示す。

第 3-2 表より、銚子漁港と小名浜の朔望平均満干潮位について、2006 年～2010 年と 2012 年～2016 年の値を比較したところ、2006 年～2010 年に対し 2012 年～2016 年の方が、朔望平均満干潮位の差が小さくなる傾向を示している。よって、2011 年以降の日立港区の朔望平均満干潮位についても同様の傾向となることが推定される。また、第 3-3 図及び第 3-4 図より、2006 年～2010 年における日立港区、銚子漁港及び小名浜の年平均潮位及び年最高潮位を比較したところ、日立港区は銚子漁港及び小名浜とおおむね同様の傾向を示している。

さらに、第 3-5 図より、至近約 40 年（1971 年～2010 年）における日立港区、銚子漁港及び小名浜の最高潮位の超過発生確率を比較しても、日立港区の曲線は銚子漁港及び小名浜とおおむね同様の傾向を示している。また、2011 年以降のデータを含む至近約 45 年（1971 年～2016 年（2011 年を除く））と 2011 年以前のデータである至近 40 年（1971 年～2010 年）における銚子漁港と小名浜の最高潮位の超過発生確率を比較すると、曲線はおおむね同様の傾向を示すとともに、2011 年以前のデータによる超過発生確率に比べて、2011 年以降のデータを含んだ超過発生確率に有意な差はない。

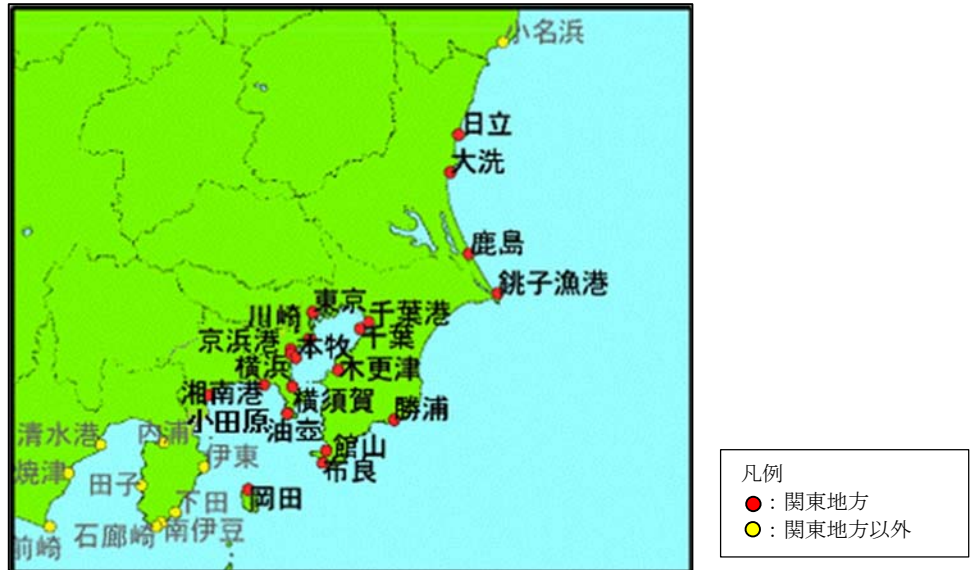
以上より、2011 年以降の日立港区の潮位は、2010 年以前の潮位と同様の傾向で推移し、また顕著な高潮は生じていないことが推測される。

次に、日立港区と東海第二発電所の月平均潮位を比較した。日立港区と東海第二発電所における月平均潮位の変動量の比較を第 3-6 図に示す。なお、東海第二発電所潮位データについては、検潮小屋のフロア高さを基準高さに用いているため、日立港区（2007 年 1 月）の潮位値を基

準値としている。日立港区と東海第二発電所の潮位データがともに得られている 2007 年から 2009 年の月平均潮位を比較したところ、日立港区と東海第二発電所はおおむね同様の傾向を示している。

以上のことから、廃棄物埋施設について 2010 年以前の日立港区の潮位データを用いることに問題はないと判断した。

なお、東海第二発電所の基準津波に係る新規制基準適合性審査においても、この潮位を用いることについて妥当とされている。



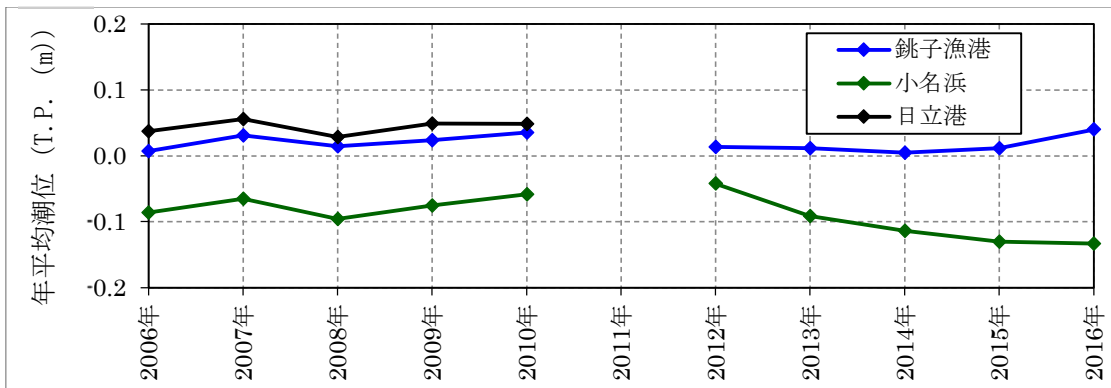
※：大洗，鹿島の実測潮位については示されていない。  
※：気象庁（2017）に加筆

第3-2図 観測地点位置図

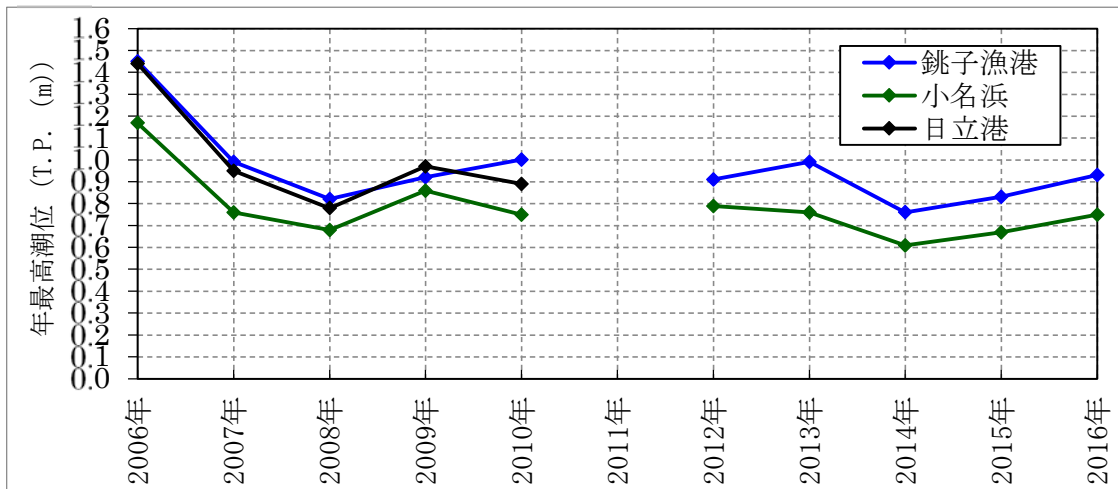
第3-2表 各地点の朔望平均満干潮位

|       |      | 銚子漁港       |            | 小名浜        |            | 日立港区       |
|-------|------|------------|------------|------------|------------|------------|
|       |      | 2006～2010年 | 2012～2016年 | 2006～2010年 | 2012～2016年 | 2006～2010年 |
| 朔望満潮位 | 平均   | 0.65       | 0.62       | 0.54       | 0.49       | 0.65       |
|       | 標準偏差 | 0.13       | 0.11       | 0.13       | 0.11       | 0.14       |
| 朔望干潮位 | 平均   | -0.88      | -0.82      | -0.92      | -0.88      | -0.80      |
|       | 標準偏差 | 0.14       | 0.13       | 0.15       | 0.13       | 0.15       |

(単位 平均：T.P. (m)，標準偏差：(m))

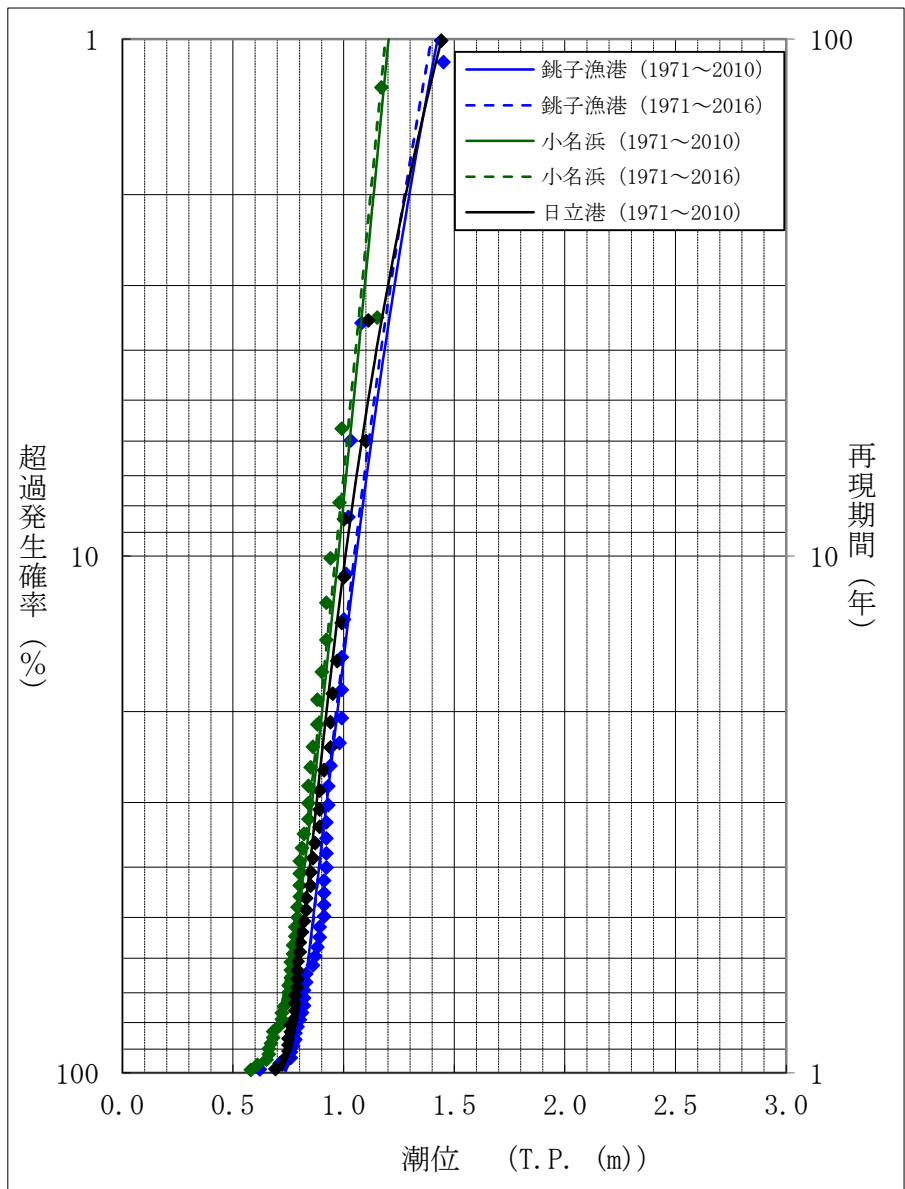


第3-3図 各地点の年平均潮位の推移



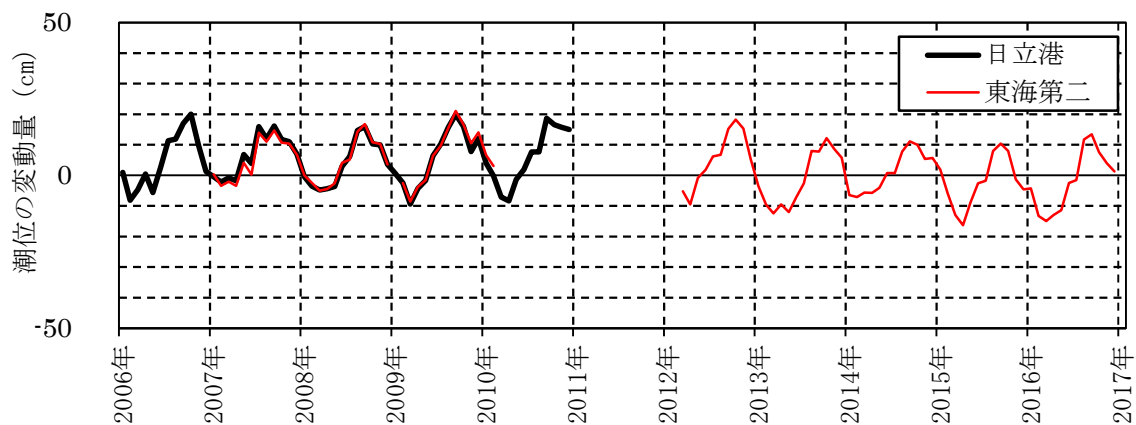
第3-4図 各地点の年最高潮位の推移





※：2011年のデータを除く。

第3-5図 各地点の最高潮位の超過発生確率の推移



※：東海第二発電所の潮位データは、検潮小屋のフロア高さを基準高さに用いているため、日立港区（2007年1月）の潮位値を基準値としている。  
 また、2009年1月、2010年3月から2012年2月の潮位データは欠測。

第3-6図 日立港区と東海第二発電所における月平均潮位の変動量の比較

#### 4. 塩淡境界

廃棄物埋施設は、東側460m付近で海に面している。廃棄物埋施設位置付近の地下水は陸部から海に流れており、海岸部付近では海水の侵入による塩淡境界の形成が予想される。

海水の侵入は海水と淡水の密度の差により海底を通して陸部の地下水帯水層に海水が侵入する現象である。その形状は帯水層の内部で淡水の下部に潜り込んだくさび状を示し、その淡水と海水の境界部を塩淡境界としている。塩淡境界の形状やその変動状況は、帯水層の構造、水理定数、地下水の揚水量、上流部からの地下水流入量、潮汐の変動等の要因に関係して定まることが知られている。

本検討では、検討対象範囲で、地表部の不圧帯水層である砂丘砂層（d u層）及び礫混じり砂層（A g 2層）の地下水電気伝導率の測定結果及び測定時の原地盤の海水侵入状況について確認する。次に、検討対象となる不圧帯水層（d u層、A g 2層）を水平成層地盤とし、測定当時の水理条件での地下密度流理論による海水侵入範囲について検討する。また、原地盤をモデル化し、測定孔周辺の土地利用状況を考慮した降水の地盤浸透率を設定して鉛直二次元FEM移流分散密度流解析を実施する。以上の計算及び解析結果と地下水電気伝導率測定結果を比較し、塩淡境界の検討を行った。

## 4.1 地下水の電気伝導率の測定

### (1) 測定方法

帯水層への海水の侵入状況を把握するには、測定孔での地下水の電気伝導率（以下「伝導率」という。）を測定する方法が一般的である。測定方法は J I S K 0130 (2008)「電気伝導率測定方法通則」に規定されている。

伝導率は水溶液の電気を通す能力の指標であり、面積  $1\text{m}^2$  の 2 個の平面電極が距離  $1\text{m}$  で対向している容器に電解質水溶液を満たして測定した電気抵抗の逆数で表される。伝導率の単位は、SI 単位系では  $\text{S}/\text{m}$  であり、伝導率の数値により  $\text{mS}/\text{m}$  ( $=10^{-3}\text{S}/\text{m}$ )、 $\mu\text{S}/\text{m}$  ( $=10^{-6}\text{S}/\text{m}$ ) などを用いる。また、水溶液の伝導率は、測定時の水溶液の温度依存性があるため、基準温度  $25^\circ\text{C}$  での値に定義されている。

今回、原地盤の地下水の伝導率測定に使用したタイプの伝導率測定器を第 4.1-1 図に、その性能の概要を第 4.1-1 表に示す。また、地下水の伝導率測定孔位置図を第 4.1-2 図に示す。測定孔の底部は A g 2 層下部の A c 層の上端、又は A c 層の中に設置されており、主に d u 層と A g 2 層からなる帯水層の地下水を測定対象としている。各測定孔の護岸からの距離、孔口の標高といった地下水伝導率測定孔の概要を第 4.1-2 表に示す。

地下水の伝導率測定は、J I S K 0130 に準拠し、下記のとおり実施した。

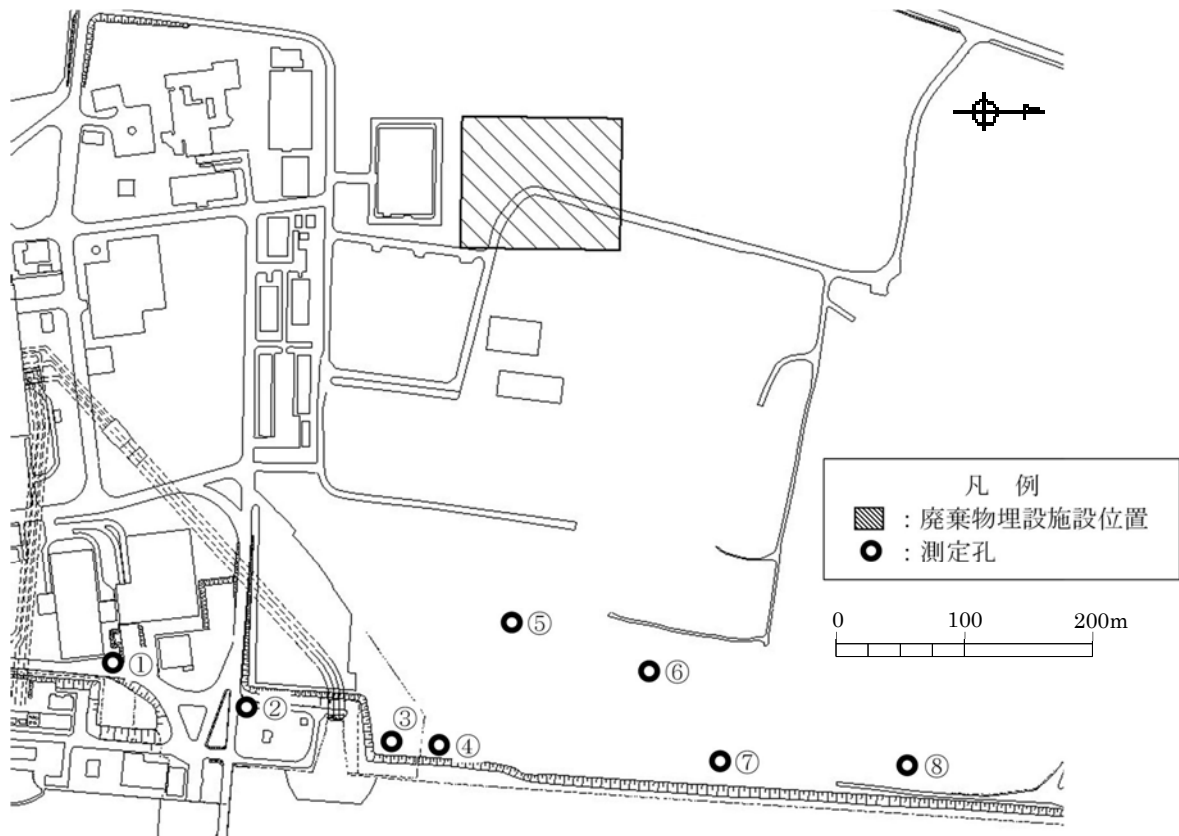
- ・ 1 日当たり干潮時、満潮時の 2 回測定を 5 日間
- ・ 地下水水面下 25cm ピッチで測定



第 4.1-1 図 伝導率測定器

第 4.1-1 表 伝導率測定器の性能の概要

|      |                           |
|------|---------------------------|
| 機器   | UC-36                     |
| 測定範囲 | 伝導率：0.0～60.0 (mS/cm)      |
|      | 水温：0～50 (°C)              |
| 温度補償 | 自動温度補償<br>(25°Cの値に補償して表示) |



第 4.1-2 図 地下水の伝導率測定孔位置図

第 4.1-2 表 地下水の伝導率測定孔の概要

| 測定孔番号           | 護岸からの距離<br>(m) | 孔口標高<br>T. P. (m) |
|-----------------|----------------|-------------------|
| ①* <sup>1</sup> | 106.4          | 8.23              |
| ②* <sup>1</sup> | 52.7           | 4.66              |
| ③* <sup>1</sup> | 21.7           | 7.27              |
| ④* <sup>2</sup> | 21.1           | 7.40              |
| ⑤* <sup>2</sup> | 123.7          | 5.74              |
| ⑥* <sup>2</sup> | 95.5           | 5.02              |
| ⑦* <sup>1</sup> | 34.0           | 8.01              |
| ⑧* <sup>1</sup> | 36.7           | 6.34              |

※ 1 : 測定期間 : 2006 年 7 月 23 日 ~ 7 月 27 日

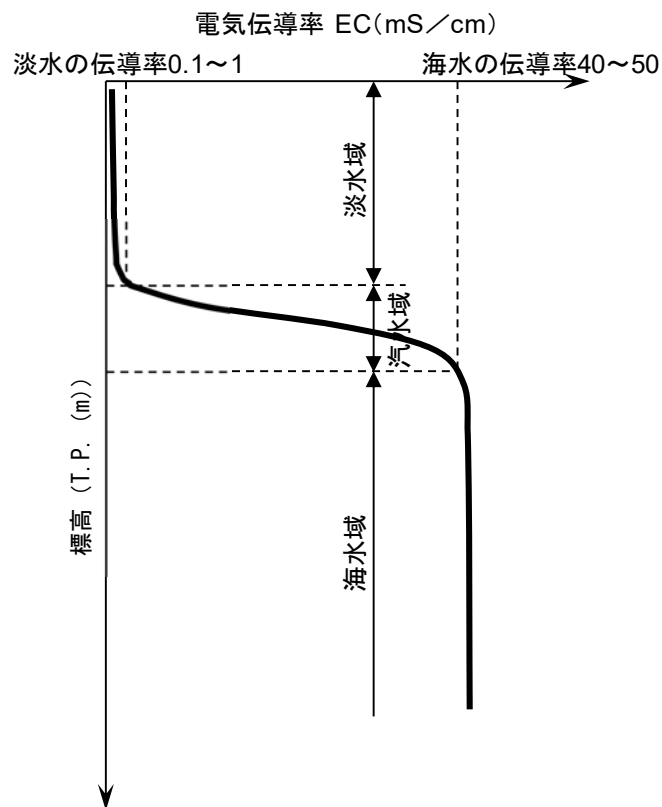
※ 2 : 測定期間 : 2006 年 8 月 28 日 ~ 9 月 1 日



## (2) 地下水伝導率の測定結果

自然系においての水の一般的伝導率は、海水が  $40\text{mS/cm} \sim 50\text{mS/cm}$  であり、淡水の地下水で  $0.03\text{mS/cm} \sim 1\text{mS/cm}$  とされている。また、汽水域は、海水との混合による塩分濃度により変化し、海水と淡水の間間的な伝導率を示す。海水の侵入により塩淡境界が形成されている地下水の伝導率の深度分布のイメージ図を第 4.1-3 図に示す。地下水の伝導率は地表付近の淡水域、海水と淡水の混合による汽水域及び海水域に分けられ、淡水域及び海水域では深度による伝導率の変動は小さく、ほぼ一定になる。一方、汽水域では深度の増加とともに伝導率は急激に増加する形状を示す。

本検討での塩淡境界は、海水域の上端とする。



第 4.1-3 図 海水の侵入により塩淡境界が形成されている  
地下水伝導率の深度分布イメージ図

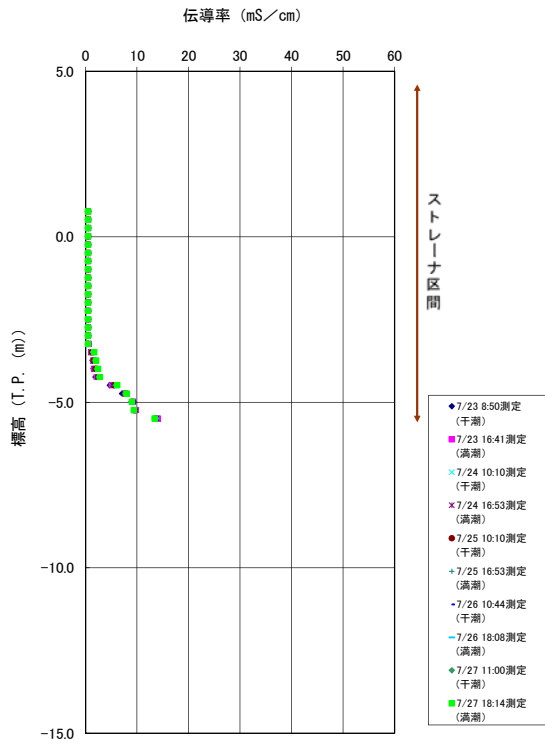
地下水伝導率測定による各測定孔の地下水伝導率測定結果の深度分布を第 4.1-4 図に、地下水伝導率の測定結果として最大値及び最小値並びに塩淡境界の測定標高を第 4.1-3 表に示す。

放水口周辺の測定孔②、測定孔③及び測定孔④では、測定深度 T.P. - 1.0m ~ - 2.6m の範囲で海水に相当する伝導率 40mS/cm 以上が測定され、それ以深は深度の増加による変動はほぼなく、海水域が確認されている。

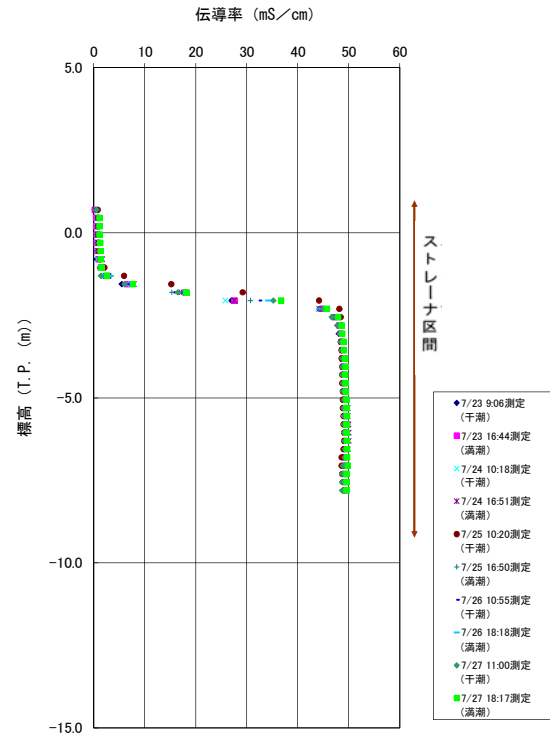
護岸付近に位置する測定孔⑦及び測定孔⑧では明確な海水域は測定されていないものの、T.P. - 5m 付近で伝導率が急激に増加する汽水域が確認でき、測定下限近傍に存在する塩淡境界の影響を受けていると考えられる。最大伝導率は海水の 60% 以上を示す。

護岸から約 100m 離れている測定孔①では海水域は測定されていないが、T.P. - 3.5m から深度とともに伝導率が増加する汽水域が確認でき、測定下限近傍に存在する塩淡境界の影響を受けていると考えられる。その最大値は海水の約 35% の値を示し、測定孔⑦及び測定孔⑧より塩淡境界が及ぼす影響は小さいと考えられる。一方、同様に護岸から約 100m 離れている測定孔⑥では T.P. - 2.5m で伝導率は海水の約 20% の値を示すものの、深度による変化はなくほぼ一定の伝導率を示すことから、測定下限近傍には塩淡境界は存在しないと考えられる。

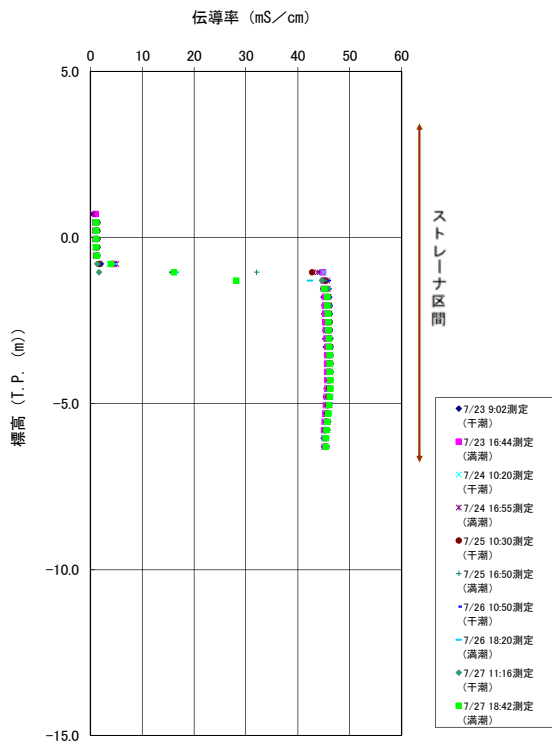
護岸から 120m 以上離れている測定孔⑤の地下水の伝導率は、深度による変化は小さく、淡水の地下水の値を示すことから周辺には海水の侵入はないと判断される。



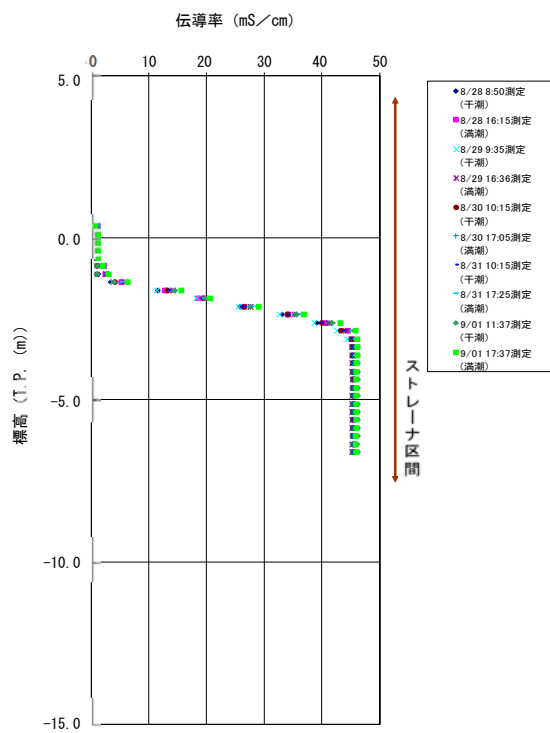
(a) ①孔



(b) ②孔

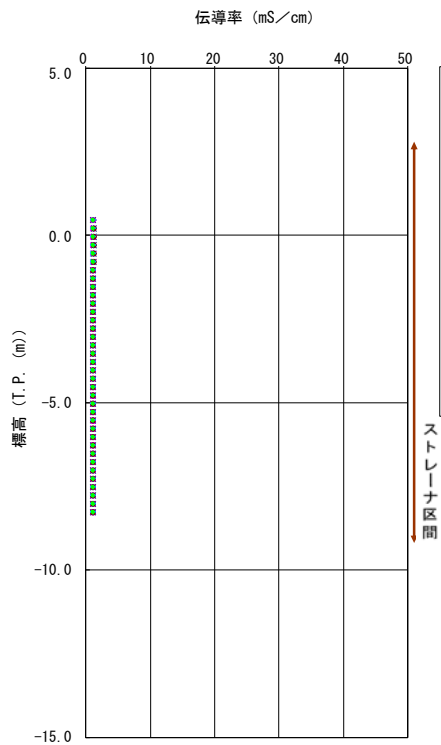


(c) ③孔

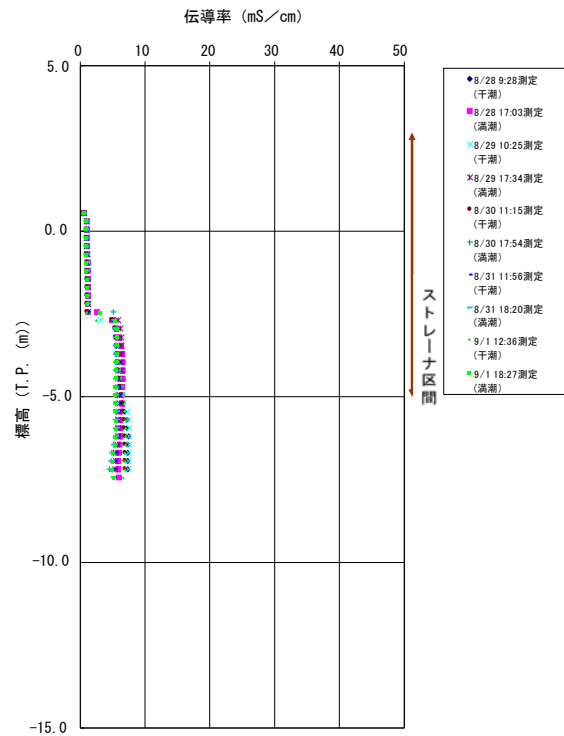


(d) ④孔

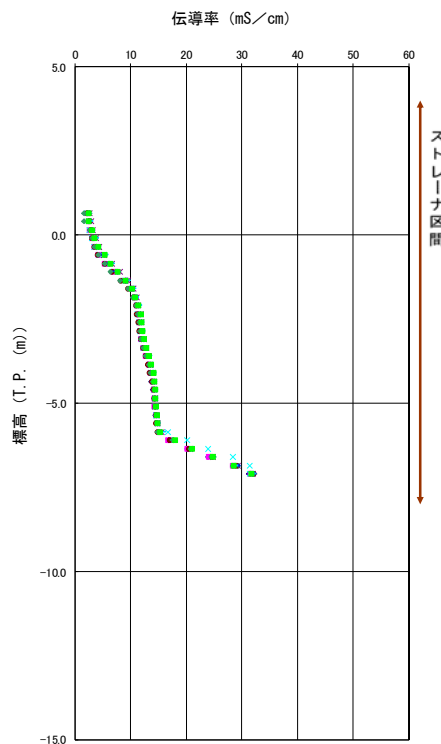
第 4.1-4 図 (1) 地下水伝導率測定結果



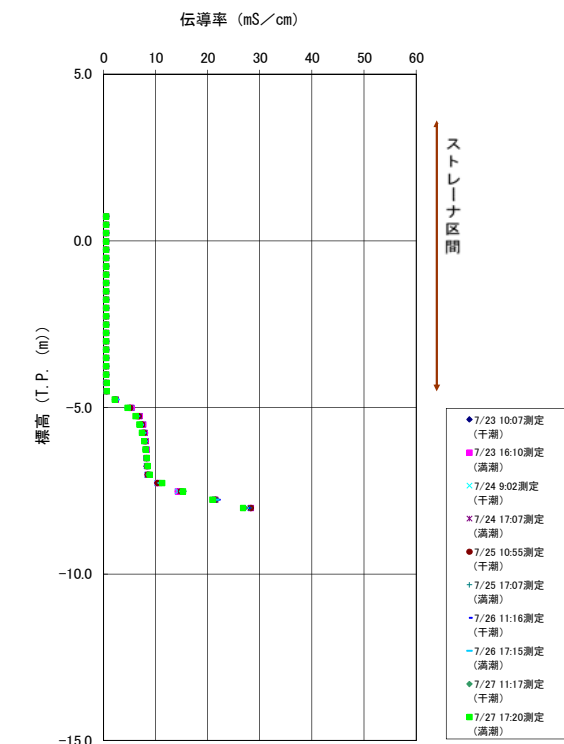
(e) ⑤孔



(f) ⑥孔



(g) ⑦孔



(h) ⑧孔

第 4.1-4 図 (2) 地下水伝導率測定結果

第 4.1-3 表 地下水伝導率の測定結果

| 孔番号 | 護岸からの<br>距離 (m) | 地下水伝導率 (mS/cm) |     | 塩淡境界の<br>測定標高※<br>T.P. (m) |
|-----|-----------------|----------------|-----|----------------------------|
|     |                 | 最大値            | 最小値 |                            |
| ①   | 106.4           | 14.0           | 0.5 | [-5.5]                     |
| ②   | 52.7            | 50.0           | 0.2 | -2.3                       |
| ③   | 21.7            | 46.4           | 0.5 | -1.0                       |
| ④   | 21.1            | 46.4           | 0.5 | -2.6                       |
| ⑤   | 123.7           | 1.2            | 1.1 | 測定なし                       |
| ⑥   | 95.5            | 7.5            | 0.4 | 測定なし                       |
| ⑦   | 34.0            | 32.3           | 1.6 | [-7.1]                     |
| ⑧   | 36.7            | 28.3           | 0.5 | [-8.0]                     |

※：[ ] は地下水伝導率測定下限近傍に塩淡境界があると判断し，測定下限の標高を記載

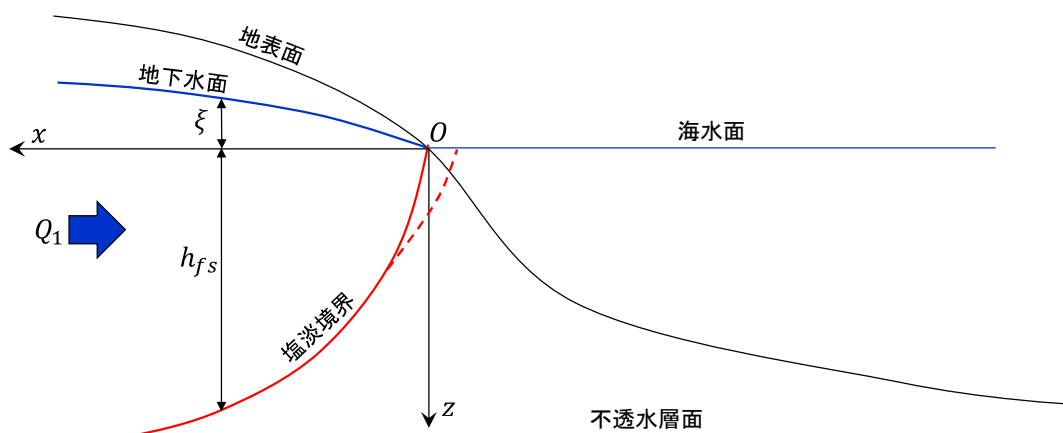


## 4.2 地下密度流理論による検討

敷地付近の塩淡水境界の形状及び分布範囲について、地下密度流理論に基づく単一不圧帯水層を対象とした定常状態における塩淡水境界の密度流理論式（以下「理論式」という。）を用いて検討を行った。検討対象土層は、測定孔での測定結果に基づき、表層部の不圧帯水層である d u 層及び A g 2 層とし、A g 2 層下部の沖積粘性土層（A c 層）を不透水層と設定した。

### (1) 不圧地下水の定常状態における塩淡水境界の理論式<sup>(1)</sup>

第 4.2-1 図に示す流れの領域において、帯水層は水平成層、かつ均一地盤であり、地下水の流れはダルシー則に従うこととする。また、海岸線から離れたところでは地下水流れの鉛直成分は水平流速成分と比べて小さいことよりデュピの準一様流れ仮定を適用するとともに、海岸付近での鉛直流速成分を考慮すると塩淡水境界は以下の式で求められる。



第 4.2-1 図 海岸部における塩淡水境界模式図

$$h_{fs} = \sqrt{\frac{2Q_1 \cdot x}{\kappa \cdot \varepsilon (1 + \varepsilon)} + \frac{Q_1^2}{(\kappa \cdot \varepsilon)^2} \cdot \frac{(1 + \varepsilon)}{2}} \quad \text{式 (4.2.1)}$$

ここで、 $\kappa$  は地盤の透水係数、 $\varepsilon \left( = \frac{\rho_s - \rho_f}{\rho_f} \right)$  は無次元密度差、 $\rho_s$  は海水の密度、 $\rho_f$  は淡水の密度、 $Q_1$  はダルシー則で求められる帯水層内に流れる地下水流量である。

## (2) 検討ケース

検討対象範囲での測定孔の地下水位測定結果から、地下水伝導率測定時（2006年7月）の地下水の動水勾配を設定し、検討ケースとした。検討ケースの概要を第4.2-1表に示す。

第4.2-1表 検討ケースの概要

| ケース                 | 動水勾配 <sup>※1</sup>    | 帯水層の透水係数 (cm/s) <sup>※2</sup> |
|---------------------|-----------------------|-------------------------------|
| 地下水伝導率測定時 (2006年7月) | $2.49 \times 10^{-3}$ | $1.21 \times 10^{-2}$         |

※1：土層断面図から帯水層厚の変化が小さい区間での測定孔の水位データ（2006年7月31日）使用

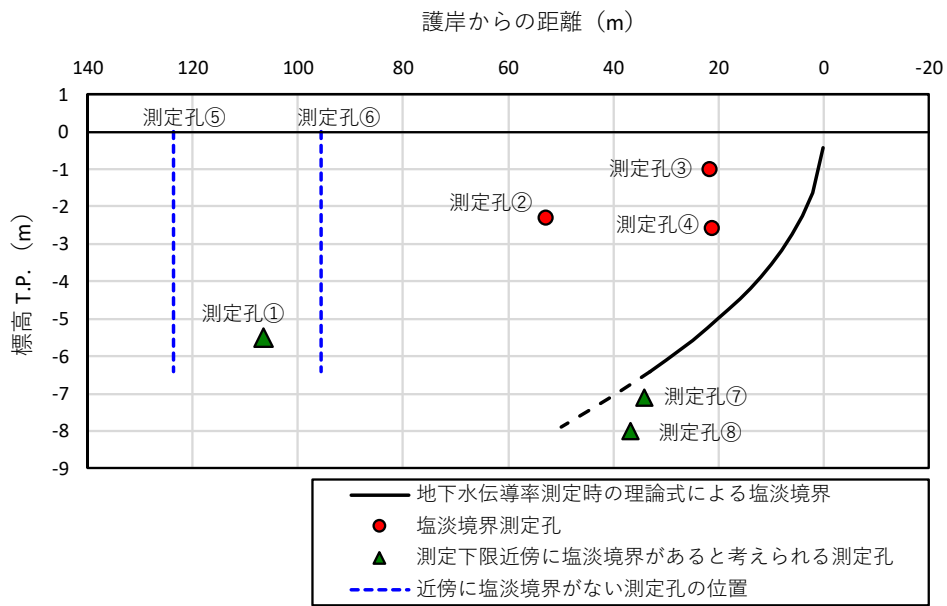
※2：A g 2層の透水係数を設定

## (3) 検討結果

式(4.2.1)により求めた塩淡境界の深度分布を第4.2-2図に示す。また、図中には測定孔②、測定孔③及び測定孔④の地下水伝導率測定結果による塩淡境界の深度並びに測定孔の測定下限近傍に塩淡境界が存在すると考えられる測定孔①、測定孔⑦及び測定孔⑧の地下水伝導率測定下限の深度を示す。

地下水伝導率測定時において算定した塩淡境界は、護岸直下部でT.P. -0.45mに位置し、塩淡境界の先端は測定孔周辺の不透水層（Ac層）の上端深度のT.P. -6.4mで護岸から約35mに位置する結果となった。以上の結果は、測定下限近傍に塩淡境界が存在すると考えられる測定孔⑦及び測定孔⑧の測定結果と整合するとともに、測定孔⑤及び測定孔⑥で塩淡境界が測定されていないこととも整合する。

一方、測定孔②、測定孔③及び測定孔④での伝導率測定結果による塩淡境界深度は理論式で求めた結果より浅く、その差は大きい。また、測定下限近傍に塩淡境界が存在すると考えられ、護岸から約100m離れている測定孔①については、海水の侵入による塩淡境界の先端が護岸から約35mの距離に位置するとの算定結果とは異なっている。これらの測定孔は、第4.2-3図に示すように、その近傍に地中構造物（放水路）が設置されており、地表部は道路及び発電所構造物があるため降水の地盤への浸透率は小さいこと等による影響が考えられる。また、測定孔③及び測定孔④については、その近傍に放水口建設時の鋼矢板が設置されており、これらが地下水流動に影響を与えている可能性があると考えられる。



第 4.2-2 図 塩淡境界の深度分布



第 4.2-3 図 測定孔周辺の土地利用状況

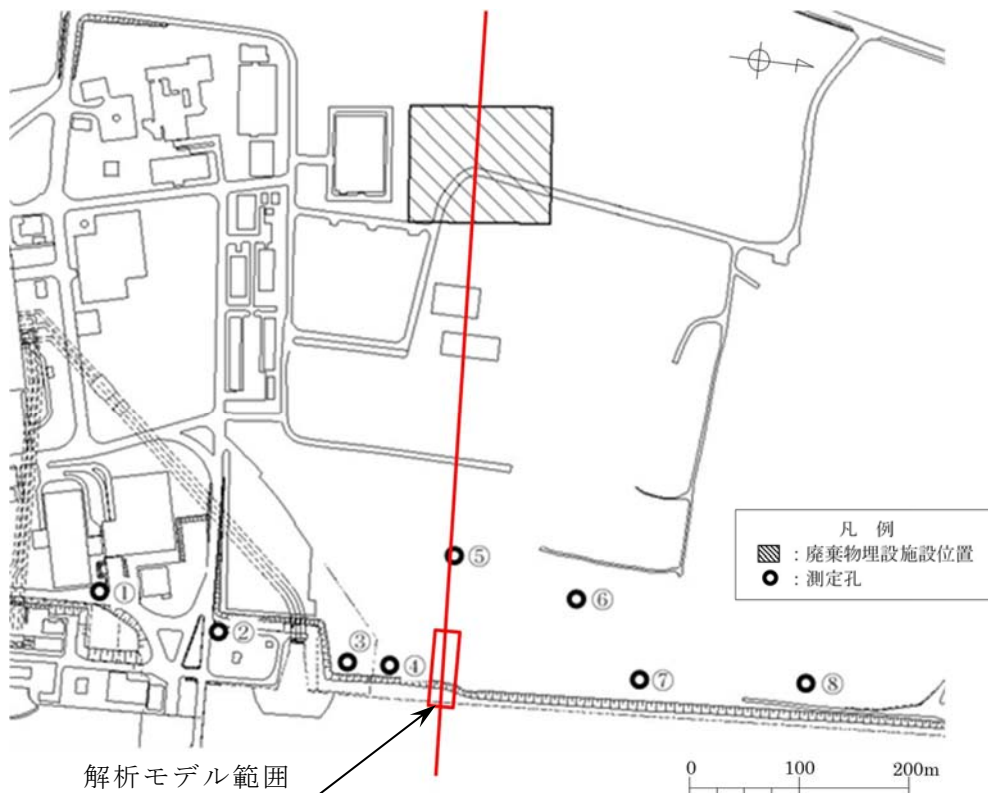
#### 4.3 鉛直二次元FEM移流分散密度流解析による検討

理論式による塩淡境界検討結果を踏まえ、地表面の土地利用状況、地盤・水理条件を設定し、二次元飽和・不飽和浸透流及び移流分散解析ができる二次元FEM解析コード「D t r a n s u - 2 D ・ E L V e r . 2 . 3 0 s C M - R C M ( f 9 0 O p e n M P )」を使用し、検討範囲での塩淡境界の形状と分布範囲について詳細検討を実施した。

##### (1) 解析モデル

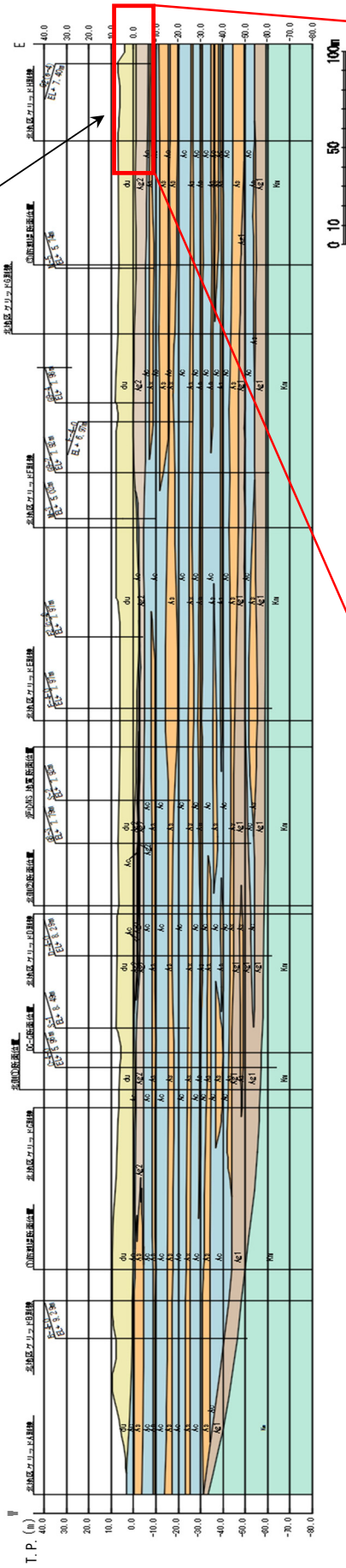
解析モデルの範囲は、廃棄物埋設施設位置を通る主要な地下水流動方向を考慮して、第4.3-1図に示す鉛直断面内とした。解析領域の西限と東限は、護岸位置から陸側（上流側）へ70m、海側（下流側）へ20mとした。また、領域の下端は、A g 2層の下部には不透水層のA c層が連続的に分布していることより、A g 2層の下端と設定した。

解析モデルの水理地質区分及びメッシュ図を第4.3-2図に示す。海側のA g 2層の下端面は、調査データがないため、海底面の深度を考慮しつつ、陸側のA g 2層を延長することで作成した。なお、護岸部においては幅0.8mの難透水性の壁を設定している。



第4.3-1図 (1) 解析モデル範囲 (平面図)

解析モデル範囲



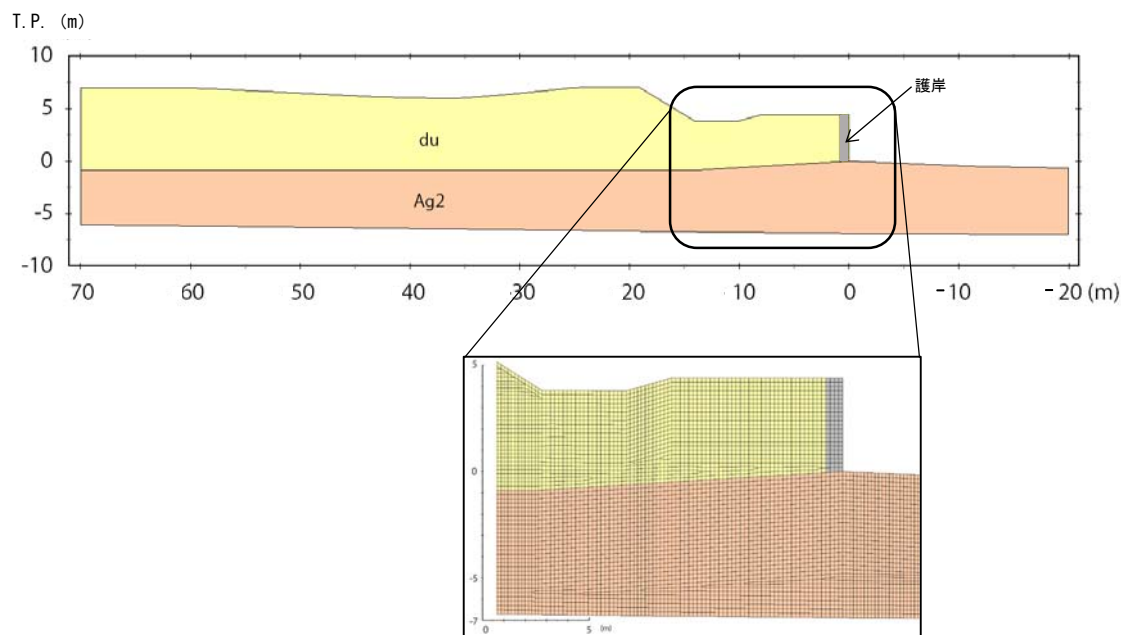
地質構成表

| 地質時代     | 地質区分  | 記号    | 岩相   |
|----------|-------|-------|------|
| 第 新 世    | 砂丘砂層  | du    | 砂    |
|          |       | Ag2   | 砂礫   |
|          | 沖積層   | Ac    | 粘土   |
| As       |       | 砂     |      |
| 第 四 世    | 沖積層   | Ag1   | 砂礫   |
|          |       | D2c-3 | シルト  |
|          | 段丘堆積物 | D2a-3 | 砂    |
|          |       | D2b-3 | 砂礫   |
|          |       | D2c-2 | シルト  |
| 紀        | 段丘堆積物 | D2a-2 | 砂礫   |
|          |       | lim   | ローム  |
|          | 沖積層   | D1c-1 | シルト  |
| D1a-1    |       | 砂礫    |      |
| 新第三紀 鮮新世 | 久米層   | Km    | 砂質泥岩 |

不整合

第 4.3-1 図 (2) 解析モデル範囲 (断面図)





第 4.3-2 図 解析モデルの水理地質区分及びメッシュ図

(2) 解析物性値

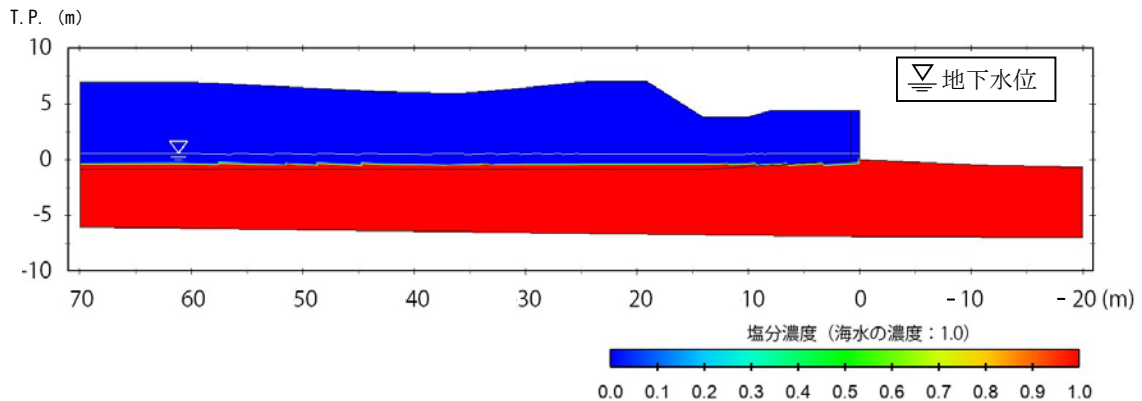
鉛直二次元 F E M 移流分散密度流解析用物性値を第 4.3-1 表に示す。解析には、地下水流動解析用と物質移行解析用の 2 種類のパラメータが必要である。前者には透水係数、比貯留係数等が、後者には拡散係数、分散長等が含まれる。地下水流動解析用のパラメータには、三次元地下水流動解析と同一の値を用いた。一方、物質移行用解析のパラメータには、検討範囲を対象とした試験により物性値が得られているものについてはその値を、得られていないものについては文献による一般的な値を用いた。

第 4.3-1 表 鉛直二次元 F E M 移流分散密度流解析用物性値

| 地質区分      | 透水係数<br>(cm/s)        | 有効間隙率<br>(-) | 比貯留係数<br>(1/m)       | 拡散係数<br>(m <sup>2</sup> /s) | 分散長 (m) |        |
|-----------|-----------------------|--------------|----------------------|-----------------------------|---------|--------|
|           |                       |              |                      |                             | 縦       | 横      |
| du (砂丘砂)  | $3.23 \times 10^{-2}$ | 0.27         | $2.0 \times 10^{-4}$ | $1.0 \times 10^{-9}$        | 0.04    | 0.0008 |
| Ag2       | $1.21 \times 10^{-2}$ | 0.30         | $1.0 \times 10^{-4}$ | $1.0 \times 10^{-9}$        | 0.8     | 0.008  |
| 護岸 (du層内) | $1.0 \times 10^{-5}$  | 0.27         | $1.0 \times 10^{-5}$ | $1.0 \times 10^{-9}$        | 0.04    | 0.0008 |

### (3) 初期条件及び境界条件

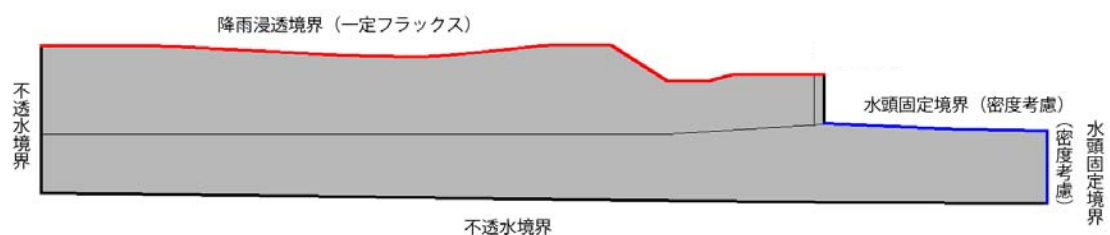
本解析では、A g 2層の間隙は全て海水で満たされている初期状態から陸域に一定の降水（塩淡水境界測定年の年間降水量／365日）と降水の地盤への浸透率を与え、地盤中の塩分濃度分布を作成する解析手法（洗い出し解析）により、現在の陸域の塩水侵入状況を検討した。解析モデルの地盤中の初期塩分濃度及び地下水位面分布を第4.3-3図に示す。



第4.3-3図 初期塩分濃度及び地下水面分布

解析モデルの境界区分を第4.3-4図、各境界区分での水理及び濃度の境界条件を第4.3-2表に示す。水理境界条件について、底面及び陸側側面は不透水とし、海底面及び海側の側面は、海水位、海水の密度（1.025）及び深度を考慮した水頭で固定した。また、地表面には一定の降水浸透量を与えた。

濃度境界条件について、底面及び西側面は不透過とした。また、海底面及び海側の側面は、モデルから流出する場合は濃度勾配0とし、モデルへ流入する場合は濃度1とした。



第4.3-4図 解析モデルの境界区分

第 4.3-2 表 水理及び濃度の境界条件

| 境界位置               | 水理境界条件                                 | 濃度境界条件                                         |
|--------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------|
| 地表面<br>(海水準より高い表面) | 一定浸透<br>(年平均降水量に<br>基づく値)              | 不透過                                            |
| 海底面<br>(海水準下の表面)   | 一定圧力<br>(海水位、海水の密度及び海<br>底面の深度を考慮した水頭) | モデルからの流出：<br>濃度勾配 0<br>モデルへの流入：<br>定濃度 (比濃度 1) |
| 海側側面               | 一定圧力<br>(海水位、海水の密度及び海<br>底面の深度を考慮した水頭) | モデルからの流出：<br>濃度勾配 0<br>モデルへの流入：<br>定濃度 (比濃度 1) |
| 上記以外<br>(陸側側面、底面)  | 不透水                                    | 不透過                                            |

(4) 解析ケース

測定孔①及び測定孔②の周辺は道路及び発電所構造物が設置されており、降水の地盤への浸透率は低いと考えられる。また、測定孔③及び測定孔④は、近傍に放水口が位置し、放水口建設時の止水矢板等の影響により地下水が流れ難くなっている可能性がある。これらの測定孔については降水の地盤浸透率を 20%とした解析ケース (Case 1) との比較を行った。

一方、測定孔⑤～測定孔⑧の周辺は緑地が主となっており、降水の地盤の浸透率が高いと考えられることから降水の地盤浸透率を 100%とした解析ケース (Case 2) との比較を行った。

降水量は、過去 30 年間の年平均降雨量 1,354mm を日当たりの降雨量と換算することにより求めた。

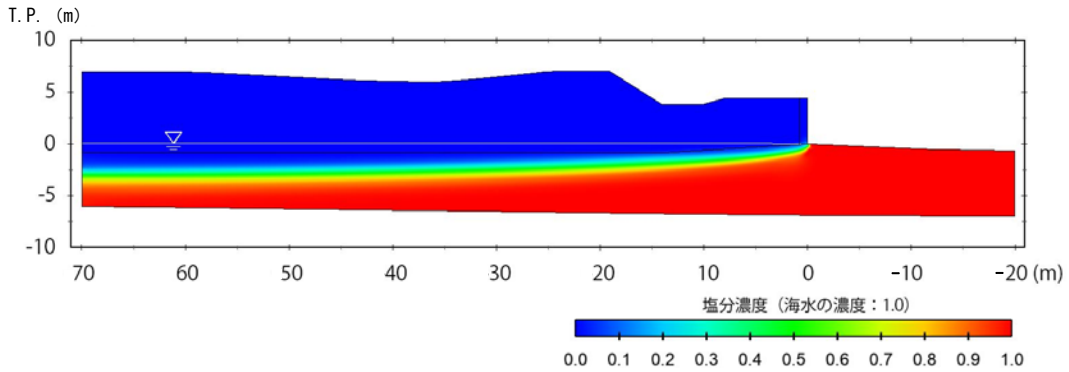
解析ケースを第 4.3-3 表に示す。

第 4.3-3 表 解析ケース

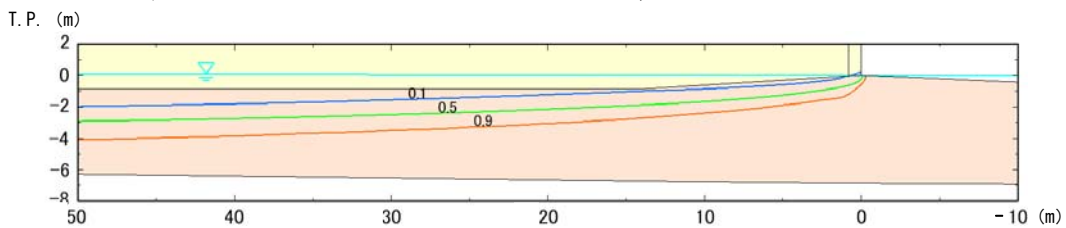
| ケース名   | 降水量<br>(mm/日) | 降水の地盤浸透率<br>(%) |
|--------|---------------|-----------------|
| Case 1 | 3.7           | 20              |
| Case 2 |               | 100             |

(5) 解析結果

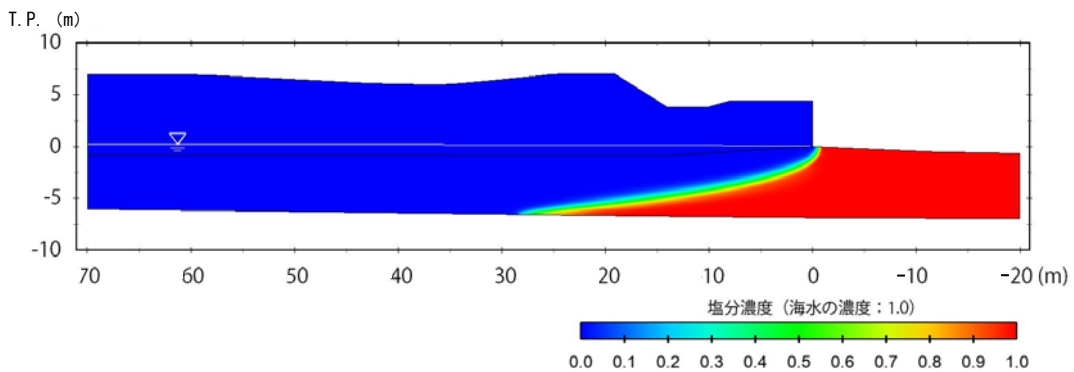
年間降水量に対して浸透率 20% (Case 1) 及び浸透率 100% (Case 2) の解析結果 (モデル全体及び護岸付近の拡大図) を第 4.3-5 図及び第 4.3-6 図に示す。解析結果での塩淡境界は、測定孔での測定結果及び理論式による塩淡境界と同様に評価するために、海水塩分濃度の 0.9 の濃度線とした。



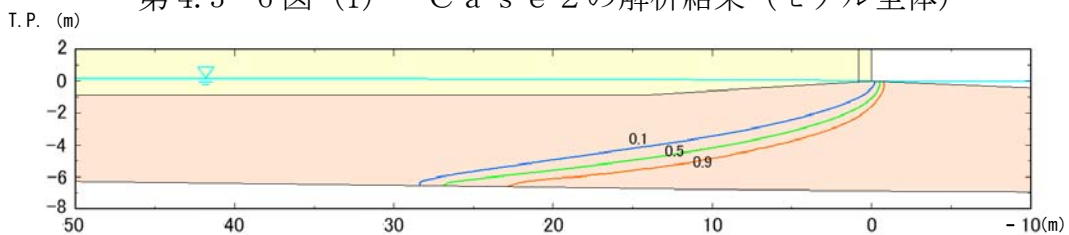
第 4.3-5 図 (1) Case 1 の解析結果 (モデル全体)



第 4.3-5 図 (2) Case 1 の解析結果 (護岸付近の拡大図)



第 4.3-6 図 (1) Case 2 の解析結果 (モデル全体)



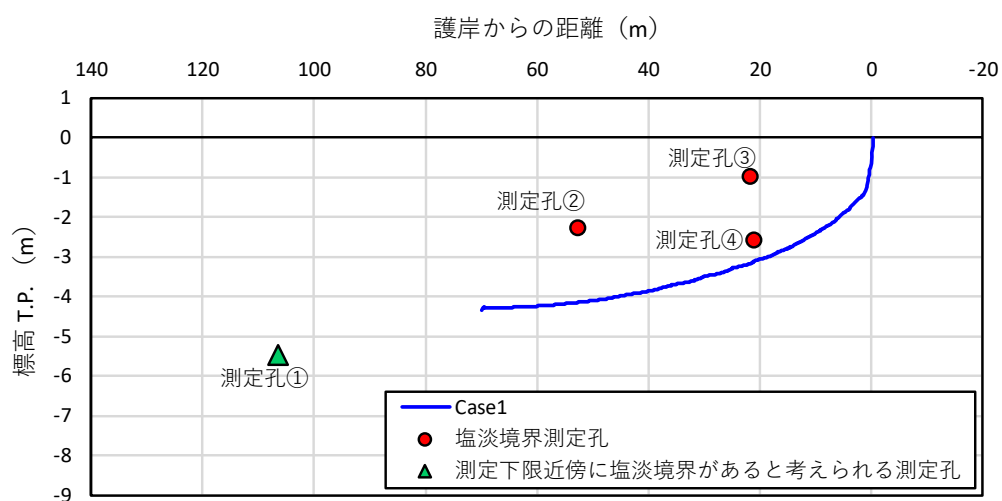
第 4.3-6 図 (2) Case 2 の解析結果 (護岸付近の拡大図)

海水塩分濃度の 0.9 の塩淡境界は護岸の直下で海水面下に位置し，地下水の流出は C a s e 1，C a s e 2 とともに海底部となっている。護岸直下付近での C a s e 1 の塩淡境界は C a s e 2 より浅く位置し，護岸からの距離が大きくなるに伴い塩淡境界の下降率は緩くなり，その先端は解析領域を超え，陸側に進むような結果となった。

C a s e 2 は地下水量の増大に伴い，海水の侵入が抑制され，塩淡境界は護岸付近から急激に深くなり，その先端は護岸から約 23m 付近で解析モデルの底面（A g 2 層の下端）に達し，それ以上の海水の侵入は認められない。

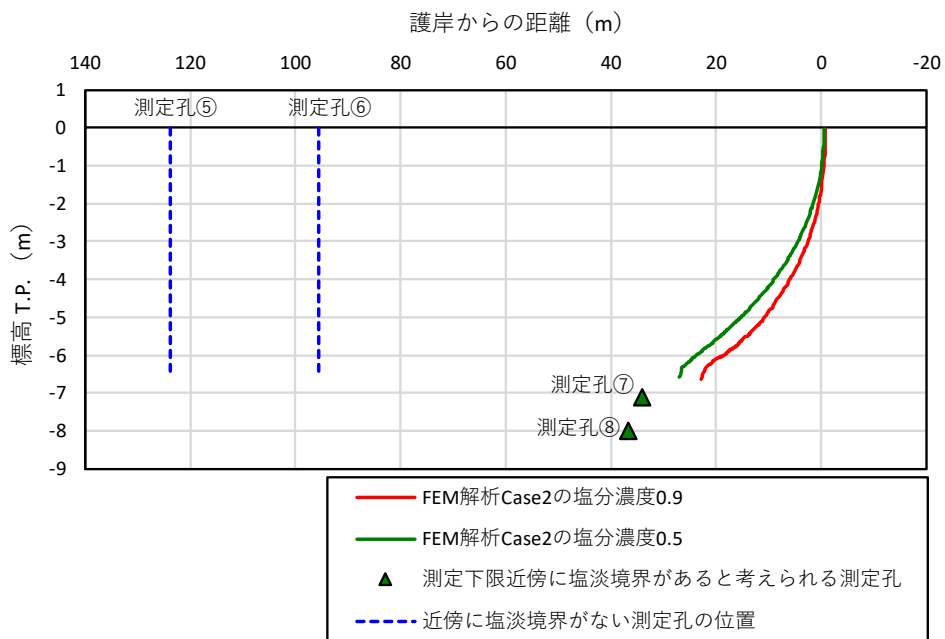
各ケースの塩淡境界（海水塩分濃度 0.9）と測定孔での塩淡境界を第 4.3-7 図に示す。測定孔①～測定孔④と C a s e 1 との比較を行った結果，塩淡境界が測定された測定孔のうち測定孔②及び測定孔③の塩淡境界は C a s e 1 の塩淡境界より浅い深度に位置している。一方，測定孔④の塩淡境界は解析結果との差は小さく，整合している。また，測定下限近傍に塩淡境界があると考えられる測定孔①は C a s e 1 の塩淡境界の延長付近に位置している。

測定孔⑤～測定孔⑧と C a s e 2 の結果との比較を行った。比較には，測定孔⑦及び測定孔⑧の伝導率測定結果は汽水の範囲の値を示すことから，解析による塩分濃度 0.9 及び 0.5 の同濃度分布線を用いた。その結果，測定下限近傍に塩淡境界があると考えられる測定孔⑦及び測定孔⑧は C a s e 2 の塩淡境界より上に位置し，塩分濃度 0.5 の濃度線上に位置すると考えられ，解析結果とよく一致している。また，塩淡境界が測定されていない測定孔⑤及び測定孔⑥と C a s e 2 の結果も整合している。



第 4.3-7 図 (1) 放水路及び放水口南側においての C a s e 1 での塩淡境界（海水塩分濃度 0.9）と測定孔の塩淡境界





第 4.3-7 図 (2) 放水路北側における Case 2 での塩淡境界 (海水塩分濃度 0.9 及び 0.5) と測定孔の塩淡境界

#### 4.4 塩淡境界の評価結果

伝導率の測定結果，理論式による検討及び鉛直二次元FEM移流分散密度流解析による検討により塩淡境界の評価を行った結果は下記のとおりである。

- ・測定孔①～測定孔④については，降水の地盤への浸透率は小さいこと，地下水が流れ難くなっていること等の影響を受けている（理論式よりも塩淡境界が浅いことや，鉛直二次元FEM移流分散密度流解析のCase 1よりも塩淡境界が浅いあるいは延長上であることと整合）。
- ・測定孔⑤及び測定孔⑥については，塩淡境界は認められない（理論式及び鉛直二次元FEM移流分散密度流解析と整合）。
- ・測定孔⑦及び測定孔⑧については，測定下限近傍に塩淡境界が分布する（理論式及び鉛直二次元FEM移流分散密度流解析と整合）。

廃棄物埋施設位置の地下水流動下流側の海岸付近は，道路や発電所施設はなく，また，放水口建設時の止水壁の影響もないことから，塩水は汀線付近（沖合側）の海底面から淡水の下部に潜り込んだくさび状を示し，Ac層上面における海水の侵入は陸側に50m程度（測定孔⑦及び測定孔⑧の測定下限近傍）と考えられる。

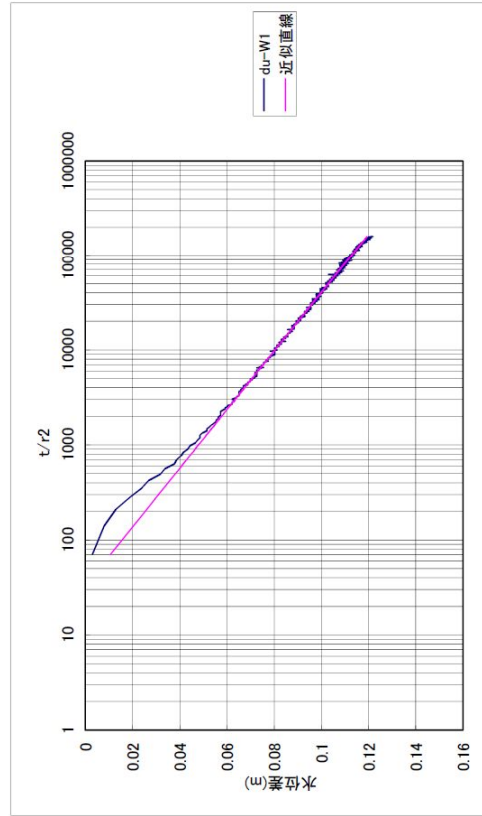
#### 4.5 参考文献

- (1) 佐藤邦明 渡辺邦夫 (1975) : 成層帯水層における地下塩水楔の挙動，水理講演会論文集，19巻，p.127～132

揚水試験結果

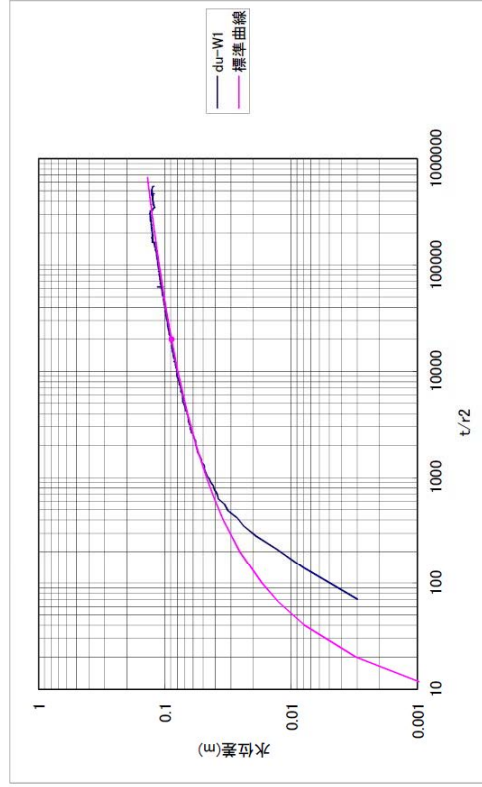
揚水試験解析結果( $s-\log(t/r^2)$ プロットによる直線勾配法)

|      |                                      |          |                                         |
|------|--------------------------------------|----------|-----------------------------------------|
| 観測孔  | du-W1                                | 揚水孔からの距離 | 0.924 m                                 |
| 地質条件 | du/Ac2境界                             | GL-      | 5.75 m                                  |
| 水理条件 | 自然水位                                 | 管頭-GL-   | 3.03 m                                  |
|      |                                      | 管頭-GL+   | 2.753 m                                 |
|      |                                      | 管頭-GL+   | 0.277 m                                 |
| 試験条件 | 揚水量                                  | Qp       | 10.6 l/min = 1.77E-04 m <sup>3</sup> /s |
|      | 直線部分の傾き                              | a        | 3.24E-02 m                              |
|      | 透水量係数                                | T        | 9.99E-04 m <sup>2</sup> /s              |
|      | 帯水層の厚さ                               | b        | 2.997 m                                 |
|      | 透水係数                                 | k        | 3.33E-04 m/s = 3.33E-02 cm/s            |
|      | 近似直線の横軸切片 ( $t/r^2$ ) <sub>s=0</sub> |          | 33.0                                    |
|      | 貯留係数                                 | S        | 7.40E-02                                |



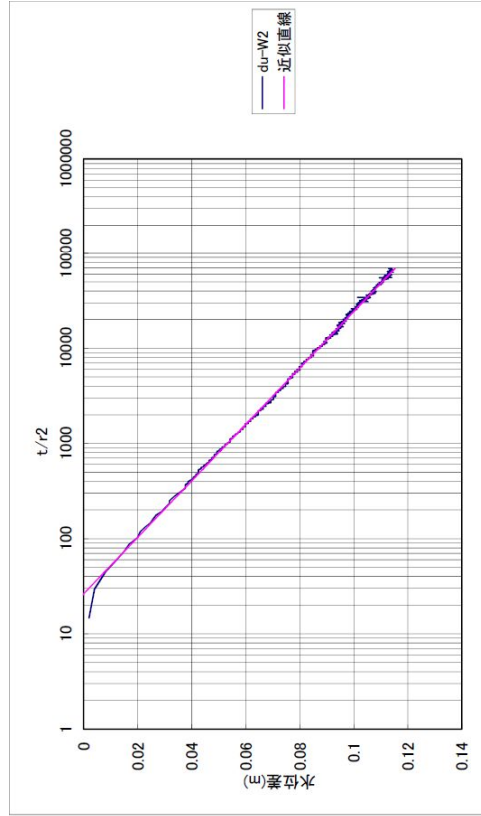
揚水試験解析結果(標準曲線法)

|      |                                      |          |                                         |
|------|--------------------------------------|----------|-----------------------------------------|
| 観測孔  | du-W1                                | 揚水孔からの距離 | 0.924 m                                 |
| 地質条件 | du/Ac2境界                             | GL-      | 5.75 m                                  |
| 水理条件 | 自然水位                                 | 管頭-GL-   | 3.03 m                                  |
|      |                                      | 管頭-GL+   | 2.753 m                                 |
|      |                                      | 管頭-GL+   | 0.277 m                                 |
| 試験条件 | 揚水量                                  | Qp       | 10.6 l/min = 1.77E-04 m <sup>3</sup> /s |
|      | マッチング点の比 $W(u)_m / s_m$              |          | 7.14E+01 1/m                            |
|      | 透水量係数                                | T        | 1.00E-03 m <sup>2</sup> /s              |
|      | 帯水層の厚さ                               | b        | 2.997 m                                 |
|      | 透水係数                                 | k        | 3.35E-04 m/s = 3.35E-02 cm/s            |
|      | マッチング点の比 $(t/r^2)_m / (1/\lambda)_m$ |          | 20.0 s/m <sup>2</sup>                   |
|      | 貯留係数                                 | S        | 8.03E-02                                |



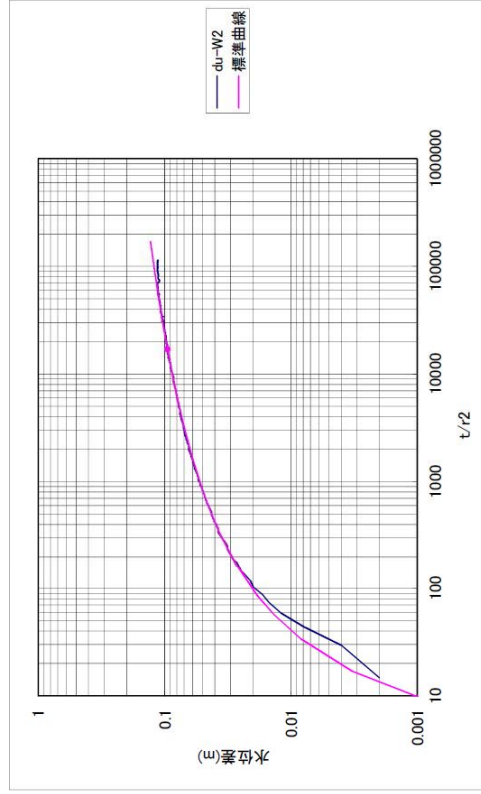
揚水試験解析結果( $s-\log(t/r^2)$ プロットによる直線勾配法)

|      |                               |          |                                         |
|------|-------------------------------|----------|-----------------------------------------|
| 観測孔  | du-W2                         | 揚水孔からの距離 | 2,020 m                                 |
| 地質条件 | du/Ac2境界                      | GL-      | 5.75 m                                  |
| 水理条件 | 自然水位                          | 管頭-GL-   | 3.03 m                                  |
|      |                               | 管頭-GL+   | 2,753 m                                 |
|      |                               | 管頭=GL+   | 0.277 m                                 |
| 試験条件 | 揚水量                           | Qp       | 10.6 l/min = 1.77E-04 m <sup>3</sup> /s |
|      | 直線部分の傾き                       | a        | 3.37E-02 m                              |
|      | 透水係数                          | T        | 9.58E-04 m <sup>2</sup> /s              |
|      | 帯水層の厚さ                        | b        | 2.997 m                                 |
|      | 透水係数                          | k        | 3.20E-04 m/s = 3.20E-02 cm/s            |
|      | 近似直線の横軸切片 ( $(t/r^2)_{t=0}$ ) |          | 26.3                                    |
|      | 貯留係数                          | S        | 5.68E-02                                |



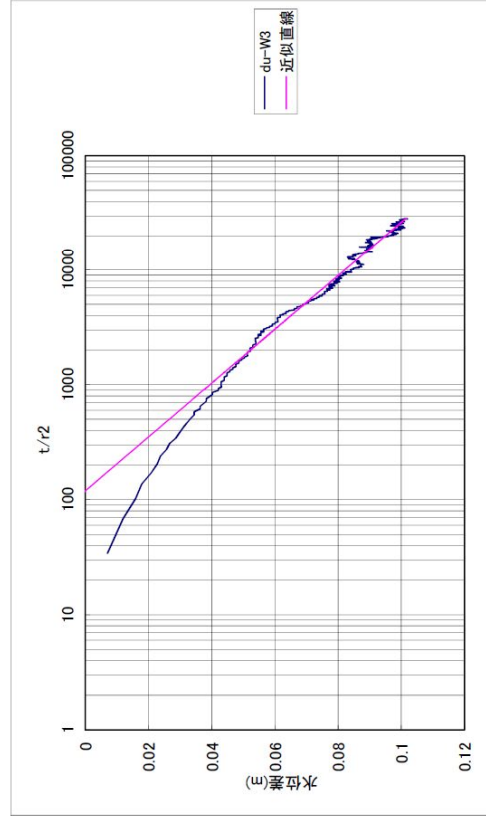
揚水試験解析結果(標準曲線法)

|      |                                          |          |                                         |
|------|------------------------------------------|----------|-----------------------------------------|
| 観測孔  | du-W2                                    | 揚水孔からの距離 | 2,020 m                                 |
| 地質条件 | du/Ac2境界                                 | GL-      | 5.75 m                                  |
| 水理条件 | 自然水位                                     | 管頭-GL-   | 3.03 m                                  |
|      |                                          | 管頭-GL+   | 2,753 m                                 |
|      |                                          | 管頭=GL+   | 0.277 m                                 |
| 試験条件 | 揚水量                                      | Qp       | 10.6 l/min = 1.77E-04 m <sup>3</sup> /s |
|      | マッチング点の比 $(W(\lambda)_{1m}/s_m)$         |          | 6.67E+01 1/m                            |
|      | 透水係数                                     | T        | 9.37E-04 m <sup>2</sup> /s              |
|      | 帯水層の厚さ                                   | b        | 2.997 m                                 |
|      | 透水係数                                     | k        | 3.13E-04 m/s = 3.13E-02 cm/s            |
|      | マッチング点の比 $(t/r^2)_{1m}/(1/\lambda)_{1m}$ |          | 17.0 s/m <sup>2</sup>                   |
|      | 貯留係数                                     | S        | 6.37E-02                                |



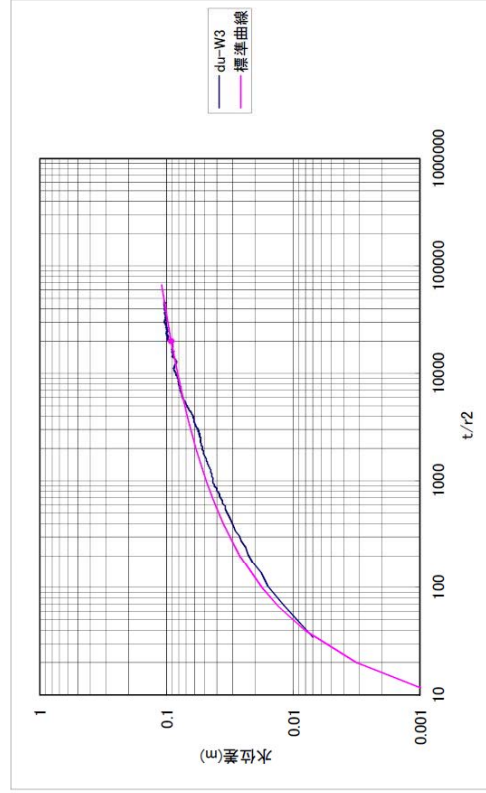
揚水試験解析結果( $s-\log(t/r^2)$ プロットによる直線勾配法)

|      |                              |          |                                         |
|------|------------------------------|----------|-----------------------------------------|
| 観測孔  | du-W3                        | 揚水孔からの距離 | 2.960 m                                 |
| 地質条件 | du/Ac2境界                     | GL-      | 5.75 m                                  |
| 水理条件 | 自然水位                         | 管頭-GL-   | 3.03 m                                  |
|      |                              |          | 2.753 m                                 |
| 試験条件 | 揚水量                          | Qp       | 10.6 l/min = 1.77E-04 m <sup>3</sup> /s |
|      | 直線部分の傾き                      | a        | 4.27E-02 m                              |
|      | 透水量係数                        | T        | 7.57E-04 m <sup>2</sup> /s              |
|      | 帯水層の厚さ                       | b        | 2.997 m                                 |
|      | 透水係数                         | k        | 2.53E-04 m/s = 2.53E-02 cm/s            |
|      | 近似直線の横軸切片 ( $t/r^2 _{s=0}$ ) |          | 119.9                                   |
|      | 貯留係数                         | S        | 2.04E-01                                |



揚水試験解析結果(標準曲線法)

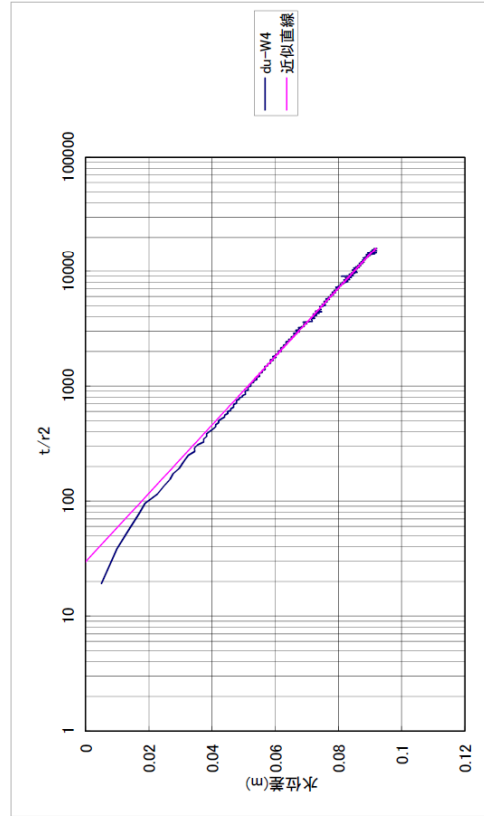
|      |                                    |          |                                         |
|------|------------------------------------|----------|-----------------------------------------|
| 観測孔  | du-W3                              | 揚水孔からの距離 | 2.960 m                                 |
| 地質条件 | du/Ac2境界                           | GL-      | 5.75 m                                  |
| 水理条件 | 自然水位                               | 管頭-GL-   | 3.03 m                                  |
|      |                                    |          | 2.753 m                                 |
| 試験条件 | 揚水量                                | Qp       | 10.6 l/min = 1.77E-04 m <sup>3</sup> /s |
|      | マッチング点の比 $W(\lambda)_m/s_m$        |          | 6.90E+01 1/m                            |
|      | 透水量係数                              | T        | 9.70E-04 m <sup>2</sup> /s              |
|      | 帯水層の厚さ                             | b        | 2.997 m                                 |
|      | 透水係数                               | k        | 3.24E-04 m/s = 3.24E-02 cm/s            |
|      | マッチング点の比 $(t/r^2)_m/(1/\lambda)_m$ |          | 20.0 s/m <sup>2</sup>                   |
|      | 貯留係数                               | S        | 7.76E-02                                |





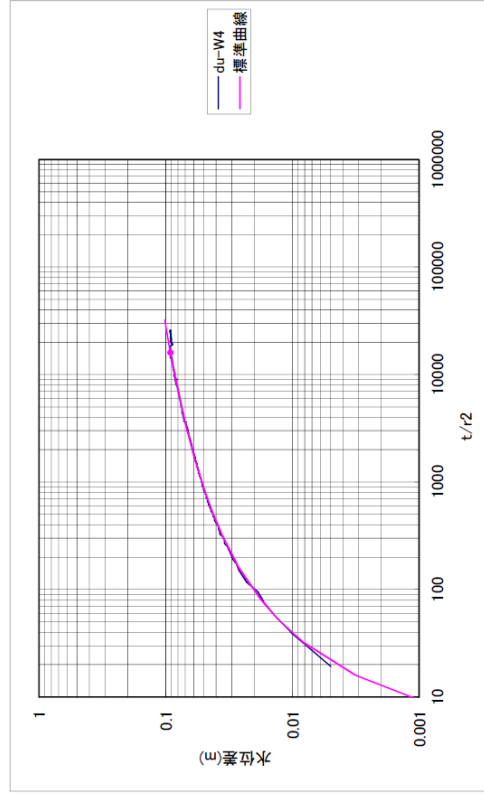
揚水試験解析結果( $s = \log(t/r^2)$ プロットによる直線勾配法)

|      |                               |          |                                         |
|------|-------------------------------|----------|-----------------------------------------|
| 観測孔  | du-W4                         | 揚水孔からの距離 | 3.949 m                                 |
| 地質条件 | du/Ac2境界                      | GL-      | 5.75 m                                  |
| 水理条件 | 自然水位                          | 管頭-GL-   | 3.03 m                                  |
|      |                               | 管頭-GL+   | 2.753 m                                 |
|      |                               | 管頭-GL+   | 0.277 m                                 |
| 試験条件 | 揚水量                           | Op       | 10.6 l/min = 1.77E-04 m <sup>3</sup> /s |
|      | 直線部分の傾き                       | a        | 3.36E-02 m                              |
|      | 透水量係数                         | T        | 9.62E-04 m <sup>2</sup> /s              |
|      | 帯水層の厚さ                        | b        | 2.997 m                                 |
|      | 透水係数                          | k        | 3.21E-04 m/s = 3.21E-02 cm/s            |
|      | 近似直線の横軸切片 ( $(t/r^2)_{s=0}$ ) |          | 29.7                                    |
|      | 貯留係数                          | S        | 6.42E-02                                |



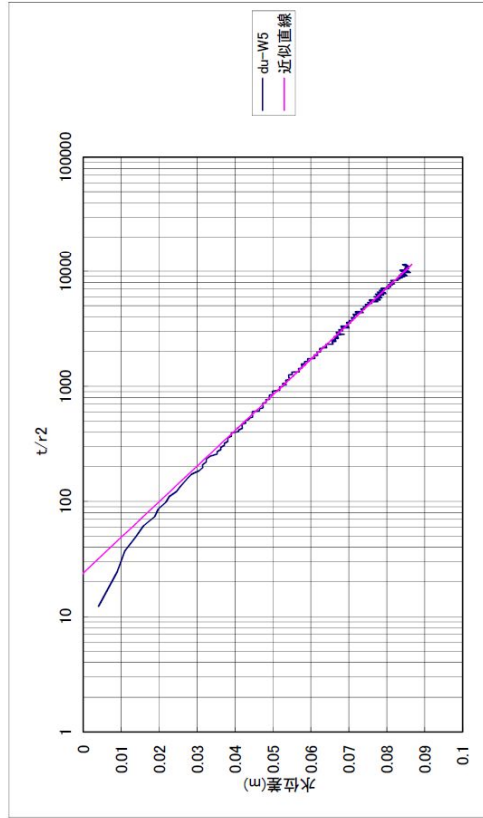
揚水試験解析結果(標準曲線法)

|      |                                    |          |                                         |
|------|------------------------------------|----------|-----------------------------------------|
| 観測孔  | du-W4                              | 揚水孔からの距離 | 3.949 m                                 |
| 地質条件 | du/Ac2境界                           | GL-      | 5.75 m                                  |
| 水理条件 | 自然水位                               | 管頭-GL-   | 3.03 m                                  |
|      |                                    | 管頭-GL+   | 2.753 m                                 |
|      |                                    | 管頭-GL+   | 0.277 m                                 |
| 試験条件 | 揚水量                                | Op       | 10.6 l/min = 1.77E-04 m <sup>3</sup> /s |
|      | マッチング点の比 $W(\lambda)_m/s_m$        |          | 6.90E+01 1/m                            |
|      | 透水量係数                              | T        | 9.70E-04 m <sup>2</sup> /s              |
|      | 帯水層の厚さ                             | b        | 2.997 m                                 |
|      | 透水係数                               | k        | 3.24E-04 m/s = 3.24E-02 cm/s            |
|      | マッチング点の比 $(t/r^2)_m/(1/\lambda)_m$ |          | 16.0 s/m <sup>2</sup>                   |
|      | 貯留係数                               | S        | 6.21E-02                                |



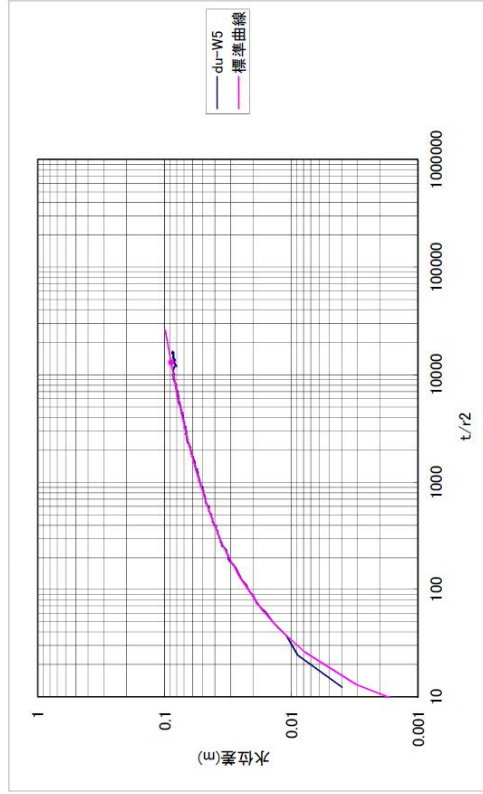
揚水試験解析結果( $s-\log(t/r^2)$ プロットによる直線勾配法)

|      |                               |          |                                         |
|------|-------------------------------|----------|-----------------------------------------|
| 観測孔  | du-W5                         | 揚水孔からの距離 | 4.939 m                                 |
| 地質条件 | du/Ac2境界                      | GL-      | 5.75 m                                  |
| 水理条件 | 自然水位                          | 管頭-GL-   | 3.03 m                                  |
|      |                               | 管頭=GL+   | 2.753 m                                 |
|      |                               |          | 0.277 m                                 |
| 試験条件 | 揚水量                           | Qp       | 10.6 l/min = 1.77E-04 m <sup>3</sup> /s |
|      | 直線部分の傾き                       | a        | 3.23E-02 m                              |
|      | 透水量係数                         | T        | 1.00E-03 m <sup>2</sup> /s              |
|      | 帯水層の厚さ                        | b        | 2.997 m                                 |
|      | 透水係数                          | k        | 3.34E-04 m/s = 3.34E-02 cm/s            |
|      | 近似直線の横軸切片 ( $(t/r^2)_{y=0}$ ) | 240      |                                         |
|      | 貯留係数                          | S        | 5.39E-02                                |



揚水試験解析結果(標準曲線法)

|      |                                    |                      |                                         |
|------|------------------------------------|----------------------|-----------------------------------------|
| 観測孔  | du-W5                              | 揚水孔からの距離             | 4.939 m                                 |
| 地質条件 | du/Ac2境界                           | GL-                  | 5.75 m                                  |
| 水理条件 | 自然水位                               | 管頭-GL-               | 3.03 m                                  |
|      |                                    | 管頭=GL+               | 2.753 m                                 |
|      |                                    |                      | 0.277 m                                 |
| 試験条件 | 揚水量                                | Qp                   | 10.6 l/min = 1.77E-04 m <sup>3</sup> /s |
|      | マッチング点の比 $W(\lambda)_m/s_m$        | 7.14E+01 1/m         |                                         |
|      | 透水量係数                              | T                    | 1.00E-03 m <sup>2</sup> /s              |
|      | 帯水層の厚さ                             | b                    | 2.997 m                                 |
|      | 透水係数                               | k                    | 3.35E-04 m/s = 3.35E-02 cm/s            |
|      | マッチング点の比 $(t/r^2)_m/(1/\lambda)_m$ | 130 s/m <sup>2</sup> |                                         |
|      | 貯留係数                               | S                    | 5.22E-02                                |

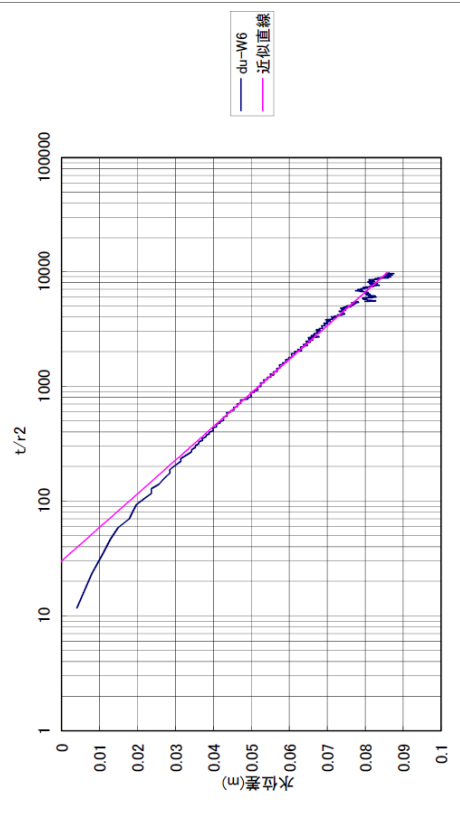


揚水試験解析結果( $s = \log(t/r^2)$ プロットによる直線勾配法)

|      |          |          |                                         |
|------|----------|----------|-----------------------------------------|
| 観測孔  | du-W6    | 揚水孔からの距離 | 5.064 m                                 |
| 地質条件 | du/Ac2境界 | GL-      | 5.75 m                                  |
| 水理条件 | 自然水位     | 管頭-GL-   | 3.03 m                                  |
|      |          | 管頭-GL+   | 2.753 m                                 |
|      |          | 管頭-GL+   | 0.277 m                                 |
| 試験条件 | 揚水量      | Qp       | 10.6 l/min = 1.77E-04 m <sup>3</sup> /s |
|      | 直線部分の傾き  | a        | 3.42E-02 m                              |
|      | 透水量係数    | T        | 9.46E-04 m <sup>2</sup> /s              |
|      | 帯水層の厚さ   | b        | 2.997 m                                 |
|      | 透水係数     | k        | 3.16E-04 m/s = 3.16E-02 cm/s            |

近似直線の横軸切片 ( $(t/r^2)_{s=0}$ ) 30.1

貯留係数 S 6.41E-02

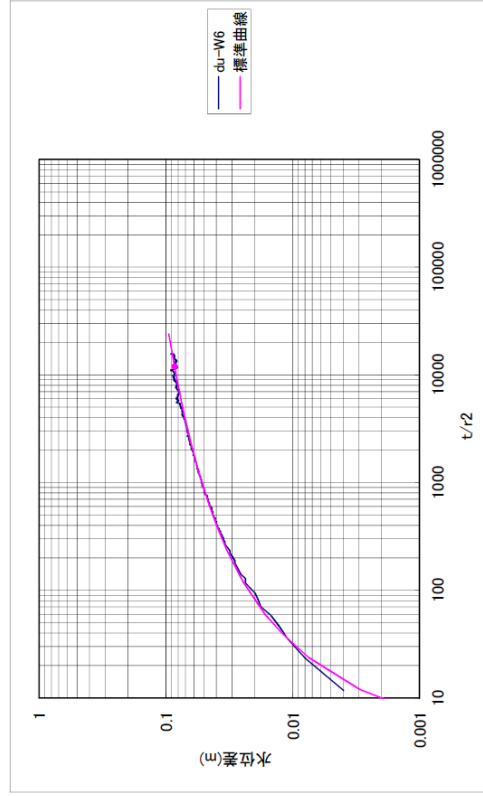


揚水試験解析結果(標準曲線法)

|      |                             |          |                                         |
|------|-----------------------------|----------|-----------------------------------------|
| 観測孔  | du-W6                       | 揚水孔からの距離 | 5.064 m                                 |
| 地質条件 | du/Ac2境界                    | GL-      | 5.75 m                                  |
| 水理条件 | 自然水位                        | 管頭-GL-   | 3.03 m                                  |
|      |                             | 管頭-GL+   | 2.753 m                                 |
|      |                             | 管頭-GL+   | 0.277 m                                 |
| 試験条件 | 揚水量                         | Qp       | 10.6 l/min = 1.77E-04 m <sup>3</sup> /s |
|      | マッチング点の比 $W(\lambda)_m/s_m$ |          | 7.41E+01 1/m                            |
|      | 透水量係数                       | T        | 1.04E-03 m <sup>2</sup> /s              |
|      | 帯水層の厚さ                      | b        | 2.997 m                                 |
|      | 透水係数                        | k        | 3.47E-04 m/s = 3.47E-02 cm/s            |

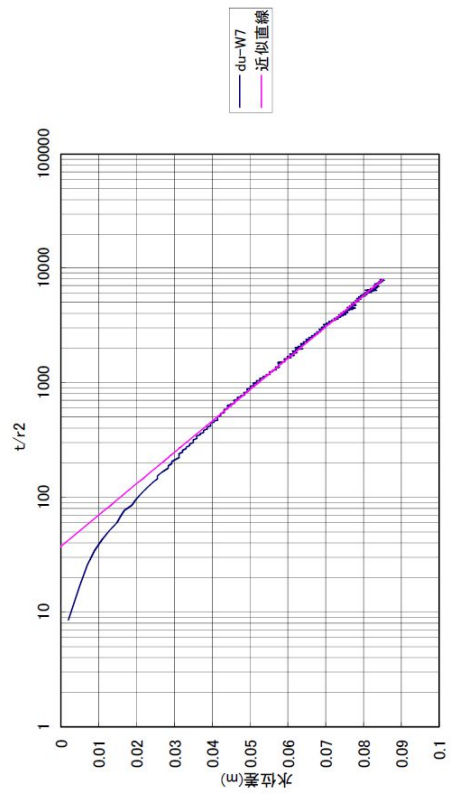
マッチング点の比  $(t/r^2)_m/(1/\lambda)_m$  12.0 s/m<sup>2</sup>

貯留係数 S 5.00E-02



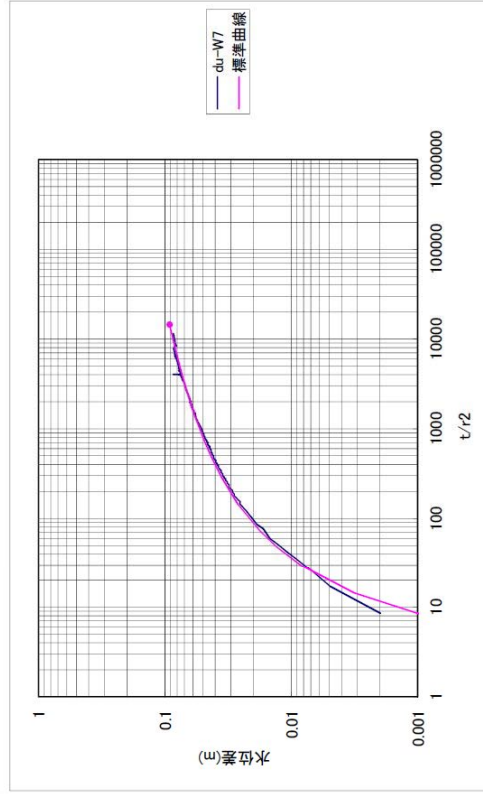
揚水試験解析結果( $s-\log(t/r^2)$ プロットによる直線勾配法)

|                               |          |                              |                                         |
|-------------------------------|----------|------------------------------|-----------------------------------------|
| 観測孔                           | du-W7    | 揚水孔からの距離                     | 5.923 m                                 |
| 地質条件                          | du/Ac2境界 | GL-                          | 5.75 m                                  |
| 水理条件                          | 自然水位     | 管頭=GL-<br>GL-                | 3.03 m<br>2.753 m                       |
| 管頭=GL+                        | 0.277 m  |                              |                                         |
| 試験条件                          | 揚水量      | Qp                           | 10.6 l/min = 1.77E-04 m <sup>3</sup> /s |
| 直線部分の傾き                       | a        | 3.66E-02 m                   |                                         |
| 透水量係数                         | T        | 8.83E-04 m <sup>2</sup> /s   |                                         |
| 帯水層の厚さ                        | b        | 2.997 m                      |                                         |
| 透水係数                          | k        | 2.95E-04 m/s = 2.95E-02 cm/s |                                         |
| 近似直線の横軸切片 ( $(t/r^2)_{s=0}$ ) | 37.4     |                              |                                         |
| 貯留係数                          | S        | 7.43E-02                     |                                         |



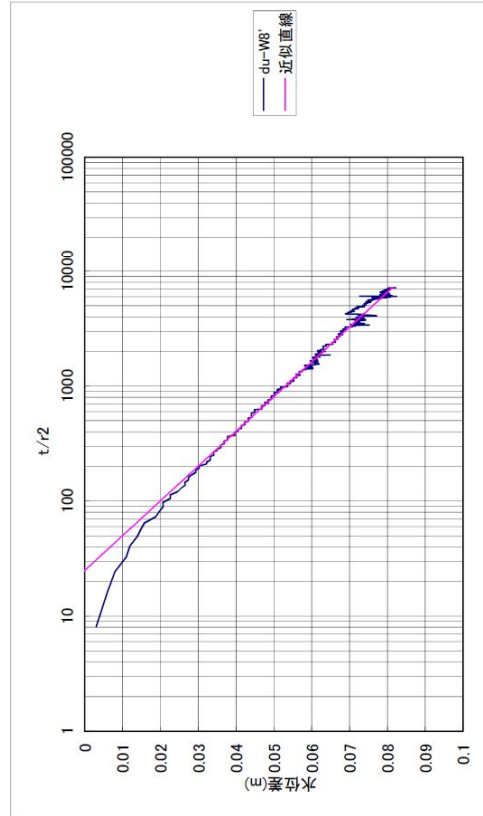
揚水試験解析結果(標準曲線法)

|                                          |          |                              |                                         |
|------------------------------------------|----------|------------------------------|-----------------------------------------|
| 観測孔                                      | du-W7    | 揚水孔からの距離                     | 5.923 m                                 |
| 地質条件                                     | du/Ac2境界 | GL-                          | 5.75 m                                  |
| 水理条件                                     | 自然水位     | 管頭=GL-<br>GL-                | 3.03 m<br>2.753 m                       |
| 管頭=GL+                                   | 0.277 m  |                              |                                         |
| 試験条件                                     | 揚水量      | Qp                           | 10.6 l/min = 1.77E-04 m <sup>3</sup> /s |
| マッチング点の比 $W(\lambda)_{10}/s_m$           | 6.90E+01 | 1/m                          |                                         |
| 透水量係数                                    | T        | 9.70E-04 m <sup>2</sup> /s   |                                         |
| 帯水層の厚さ                                   | b        | 2.997 m                      |                                         |
| 透水係数                                     | k        | 3.24E-04 m/s = 3.24E-02 cm/s |                                         |
| マッチング点の比 $(t/r^2)_{10}/(1/\lambda)_{10}$ | 14.5     | s/m <sup>2</sup>             |                                         |
| 貯留係数                                     | S        | 5.62E-02                     |                                         |



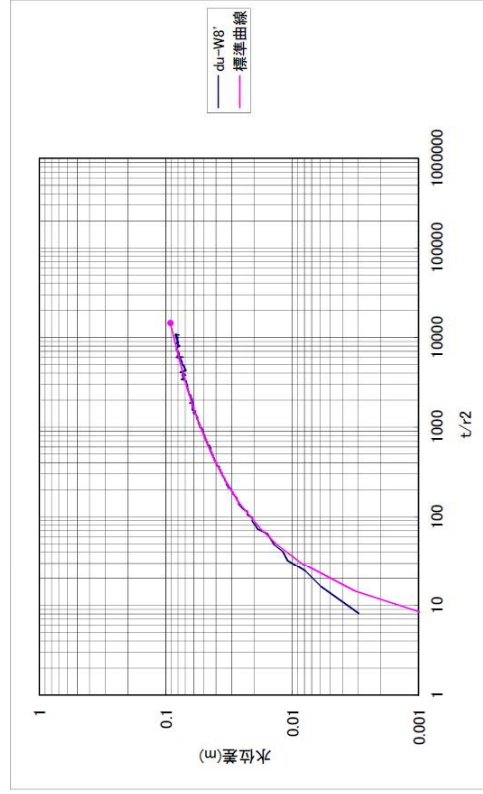
揚水試験解析結果( $s-\log(t/r^2)$ プロットによる直線勾配法)

|                               |          |                              |                                         |
|-------------------------------|----------|------------------------------|-----------------------------------------|
| 観測孔                           | du-W8'   | 揚水孔からの距離                     | 6.085 m                                 |
| 地質条件                          | du/Ac2境界 | GL-                          | 5.75 m                                  |
| 水理条件                          | 自然水位     | 管頭-GL-                       | 3.03 m<br>2.753 m                       |
| 管頭=GL+                        | 0.277 m  |                              |                                         |
| 試験条件                          | 揚水量      | Qp                           | 10.6 l/min = 1.77E-04 m <sup>3</sup> /s |
| 直線部分の傾き                       | a        | 3.31E-02 m                   |                                         |
| 透水係数                          | T        | 9.77E-04 m <sup>2</sup> /s   |                                         |
| 帯水層の厚さ                        | b        | 2.997 m                      |                                         |
| 透水係数                          | k        | 3.26E-04 m/s = 3.26E-02 cm/s |                                         |
| 近似直線の横軸切片 ( $(t/r^2)_{s=0}$ ) | 25.0     |                              |                                         |
| 貯留係数                          | S        | 5.50E-02                     |                                         |



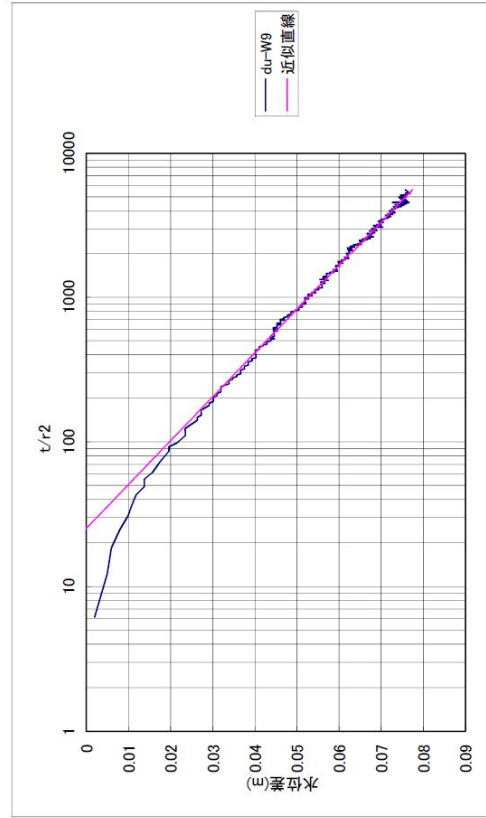
揚水試験解析結果(標準曲線法)

|                                    |                       |                              |                                         |
|------------------------------------|-----------------------|------------------------------|-----------------------------------------|
| 観測孔                                | du-W8'                | 揚水孔からの距離                     | 6.085 m                                 |
| 地質条件                               | du/Ac2境界              | GL-                          | 5.75 m                                  |
| 水理条件                               | 自然水位                  | 管頭-GL-                       | 3.03 m<br>2.753 m                       |
| 管頭=GL+                             | 0.277 m               |                              |                                         |
| 試験条件                               | 揚水量                   | Qp                           | 10.6 l/min = 1.77E-04 m <sup>3</sup> /s |
| マッチング点の比 $W(\lambda)_{m}/s_m$      | 6.90E+01 1/m          |                              |                                         |
| 透水係数                               | T                     | 9.70E-04 m <sup>2</sup> /s   |                                         |
| 帯水層の厚さ                             | b                     | 2.997 m                      |                                         |
| 透水係数                               | k                     | 3.24E-04 m/s = 3.24E-02 cm/s |                                         |
| マッチング点の比 $(t/r^2)_m/(1/\lambda)_m$ | 14.5 s/m <sup>2</sup> |                              |                                         |
| 貯留係数                               | S                     | 5.62E-02                     |                                         |



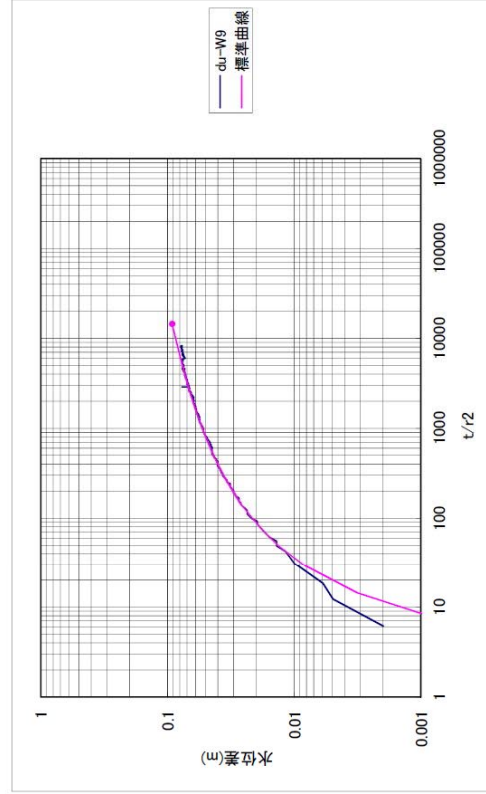
揚水試験解析結果( $s-\log(t/r^2)$ プロットによる直線勾配法)

|      |                         |          |                                         |
|------|-------------------------|----------|-----------------------------------------|
| 観測孔  | du-W9                   | 揚水孔からの距離 | 6.986 m                                 |
| 地質条件 | du/Ac2境界                | GL-      | 5.75 m                                  |
| 水理条件 | 自然水位                    | 管頭-GL-   | 3.03 m                                  |
|      |                         | 管頭-GL+   | 2.753 m                                 |
|      |                         | 管頭-GL+   | 0.277 m                                 |
| 試験条件 | 揚水量                     | Op       | 10.6 l/min = 1.77E-04 m <sup>3</sup> /s |
|      | 直線部分の傾き                 | a        | 3.30E-02 m                              |
|      | 透水量係数                   | T        | 9.80E-04 m <sup>2</sup> /s              |
|      | 帯水層の厚さ                  | b        | 2.997 m                                 |
|      | 透水係数                    | k        | 3.27E-04 m/s = 3.27E-02 cm/s            |
|      | 近似直線の横軸切片 ( $t/r^2=0$ ) |          | 25.2                                    |
|      | 貯留係数                    | S        | 5.56E-02                                |



揚水試験解析結果(標準曲線法)

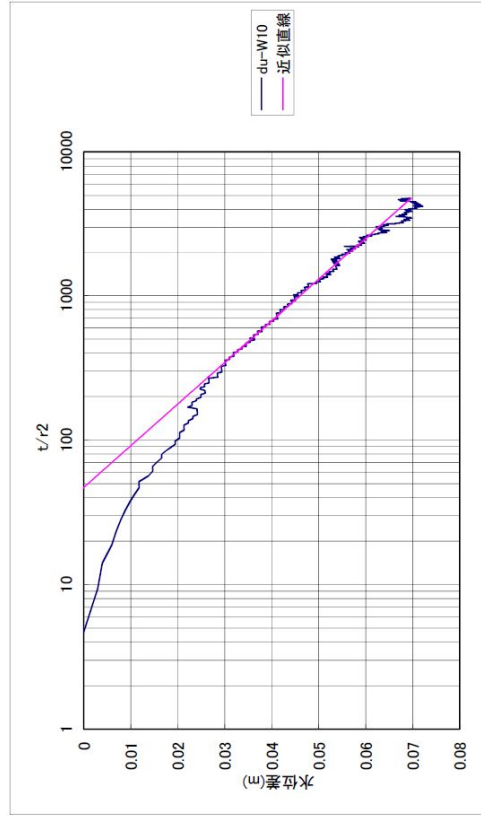
|      |                                    |          |                                         |
|------|------------------------------------|----------|-----------------------------------------|
| 観測孔  | du-W9                              | 揚水孔からの距離 | 6.986 m                                 |
| 地質条件 | du/Ac2境界                           | GL-      | 5.75 m                                  |
| 水理条件 | 自然水位                               | 管頭-GL-   | 3.03 m                                  |
|      |                                    | 管頭-GL+   | 2.753 m                                 |
|      |                                    | 管頭-GL+   | 0.277 m                                 |
| 試験条件 | 揚水量                                | Op       | 10.6 l/min = 1.77E-04 m <sup>3</sup> /s |
|      | マッチング点の比 $W(\lambda)_m/s_m$        |          | 6.90E+01 1/m                            |
|      | 透水量係数                              | T        | 9.70E-04 m <sup>2</sup> /s              |
|      | 帯水層の厚さ                             | b        | 2.997 m                                 |
|      | 透水係数                               | k        | 3.24E-04 m/s = 3.24E-02 cm/s            |
|      | マッチング点の比 $(t/r^2)_m/(1/\lambda)_m$ |          | 14.5 s/m <sup>2</sup>                   |
|      | 貯留係数                               | S        | 5.62E-02                                |





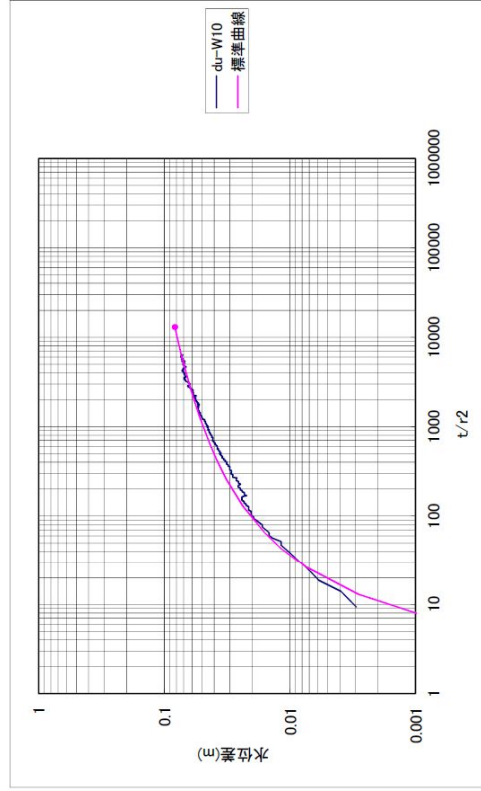
揚水試験解析結果( $s-\log(t/r^2)$ プロットによる直線勾配法)

|      |                                    |          |                                         |
|------|------------------------------------|----------|-----------------------------------------|
| 観測孔  | du-W10                             | 揚水孔からの距離 | 7.997 m                                 |
| 地質条件 | du/Ac2境界                           | GL-      | 5.75 m                                  |
| 水理条件 | 自然水位                               | 管頭-GL-   | 3.03 m                                  |
|      |                                    |          | 2.753 m                                 |
| 試験条件 | 揚水量                                | Qp       | 10.6 l/min = 1.77E-04 m <sup>3</sup> /s |
|      | 直線部分の傾き                            | a        | 3.47E-02 m                              |
|      | 透水量係数                              | T        | 9.31E-04 m <sup>2</sup> /s              |
|      | 帯水層の厚さ                             | b        | 2.997 m                                 |
|      | 透水係数                               | k        | 3.11E-04 m/s = 3.11E-02 cm/s            |
|      | 近似直線の横軸切片 ( $t/r^2$ ) <sub>0</sub> |          | 47.1                                    |
|      | 貯留係数                               | S        | 9.88E-02                                |



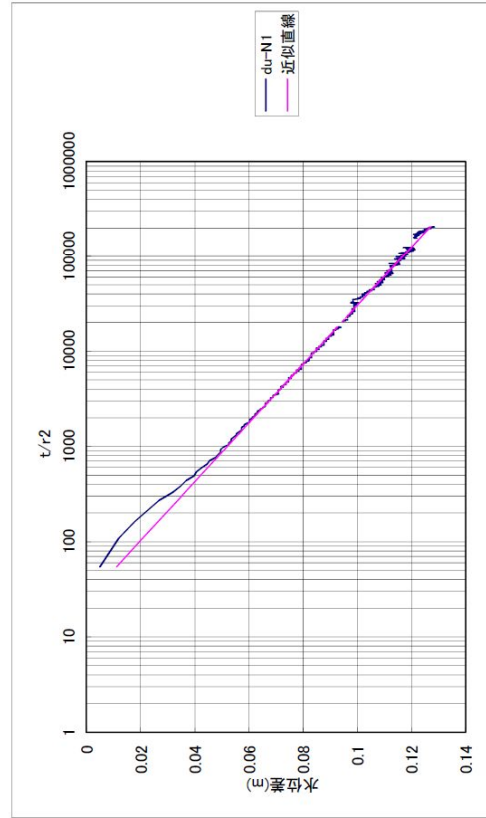
揚水試験解析結果(標準曲線法)

|      |                                      |          |                                         |
|------|--------------------------------------|----------|-----------------------------------------|
| 観測孔  | du-W10                               | 揚水孔からの距離 | 7.997 m                                 |
| 地質条件 | du/Ac2境界                             | GL-      | 5.75 m                                  |
| 水理条件 | 自然水位                                 | 管頭-GL-   | 3.03 m                                  |
|      |                                      |          | 2.753 m                                 |
| 試験条件 | 揚水量                                  | Qp       | 10.6 l/min = 1.77E-04 m <sup>3</sup> /s |
|      | マッチング点の比 $W(\lambda)_m / s_m$        |          | 7.69E+01 1/m                            |
|      | 透水量係数                                | T        | 1.08E-03 m <sup>2</sup> /s              |
|      | 帯水層の厚さ                               | b        | 2.997 m                                 |
|      | 透水係数                                 | k        | 3.61E-04 m/s = 3.61E-02 cm/s            |
|      | マッチング点の比 $(t/r^2)_m / (1/\lambda)_m$ |          | 13.0 s/m <sup>2</sup>                   |
|      | 貯留係数                                 | S        | 5.62E-02                                |



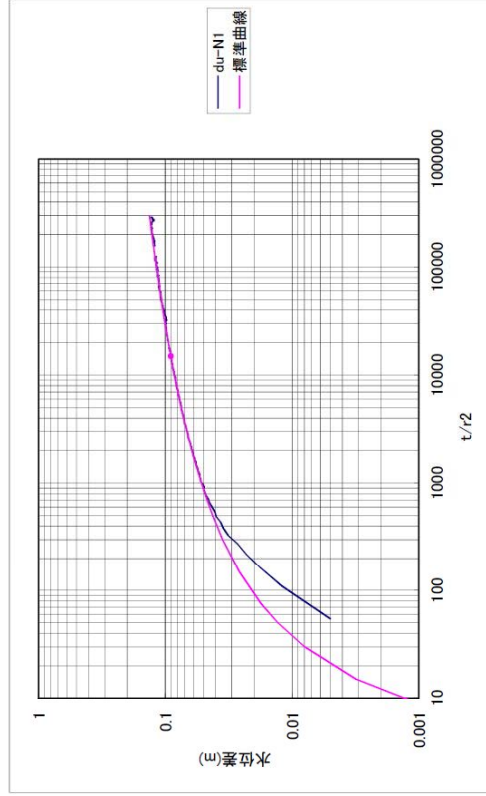
揚水試験解析結果( $s-\log(t/r^2)$ プロットによる直線勾配法)

|      |                               |          |                                         |
|------|-------------------------------|----------|-----------------------------------------|
| 観測孔  | du-N1                         | 揚水孔からの距離 | 1.048 m                                 |
| 地質条件 | du/Ac2境界                      | GL-      | 5.75 m                                  |
| 水理条件 | 自然水位                          | 管頭-GL-   | 3.03 m                                  |
|      |                               |          | 2.753 m                                 |
| 試験条件 | 揚水量                           | Qp       | 10.6 l/min = 1.77E-04 m <sup>3</sup> /s |
|      | 直線部分の傾き                       | a        | 3.24E-02 m                              |
|      | 透水量係数                         | T        | 9.98E-04 m <sup>2</sup> /s              |
|      | 帯水層の厚さ                        | b        | 2.997 m                                 |
|      | 透水係数                          | k        | 3.33E-04 m/s = 3.33E-02 cm/s            |
|      | 近似直線の横軸切片 ( $(t/r^2)_{s=0}$ ) |          | 24.8                                    |
|      | 貯留係数                          | S        | 5.57E-02                                |



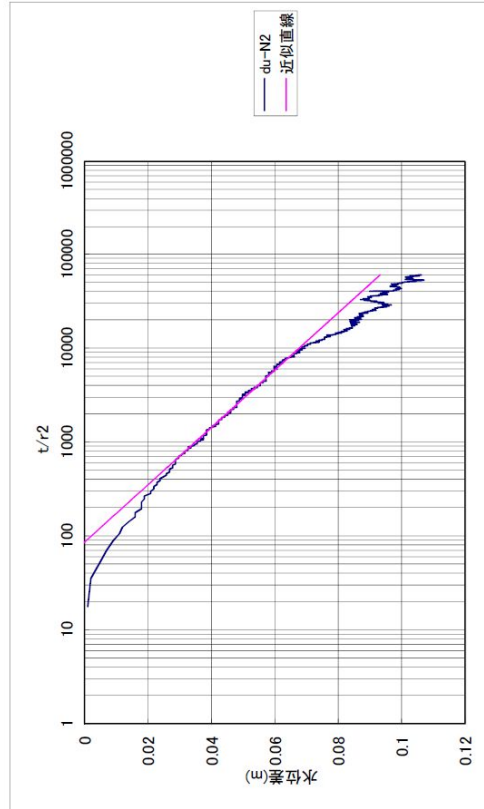
揚水試験解析結果(標準曲線法)

|      |                                    |          |                                         |
|------|------------------------------------|----------|-----------------------------------------|
| 観測孔  | du-N1                              | 揚水孔からの距離 | 1.048 m                                 |
| 地質条件 | du/Ac2境界                           | GL-      | 5.75 m                                  |
| 水理条件 | 自然水位                               | 管頭-GL-   | 3.03 m                                  |
|      |                                    |          | 2.753 m                                 |
| 試験条件 | 揚水量                                | Qp       | 10.6 l/min = 1.77E-04 m <sup>3</sup> /s |
|      | マッチング点の比 $W(\lambda)_m/s_m$        |          | 6.98E+01 1/m                            |
|      | 透水量係数                              | T        | 9.88E-04 m <sup>2</sup> /s              |
|      | 帯水層の厚さ                             | b        | 2.997 m                                 |
|      | 透水係数                               | k        | 3.28E-04 m/s = 3.28E-02 cm/s            |
|      | マッチング点の比 $(t/r^2)_m/(1/\lambda)_m$ |          | 15.0 s/m <sup>2</sup>                   |
|      | 貯留係数                               | S        | 5.90E-02                                |



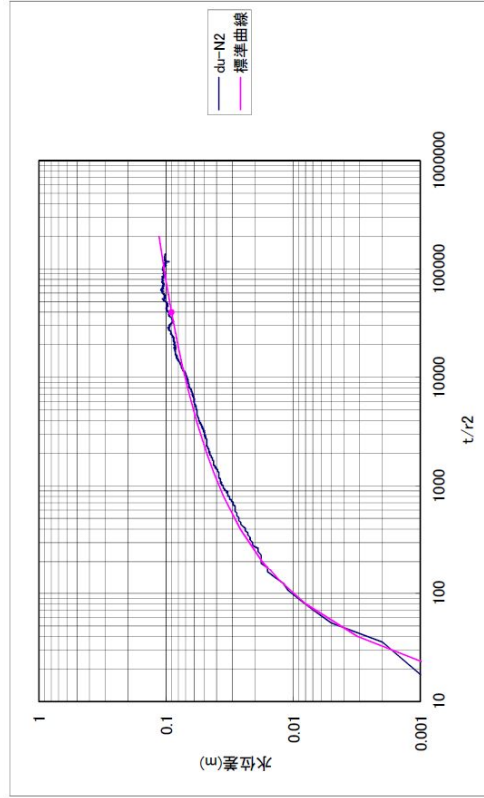
揚水試験解析結果( $s = \log(t/r^2)$ プロットによる直線勾配法)

|      |                               |          |                                         |
|------|-------------------------------|----------|-----------------------------------------|
| 観測孔  | du-N2                         | 揚水孔からの距離 | 1.844 m                                 |
| 地質条件 | du/Ac2境界                      | GL-      | 5.75 m                                  |
| 水理条件 | 自然水位                          | 管頭-GL-   | 3.03 m                                  |
|      |                               |          | 2.753 m                                 |
| 試験条件 | 揚水量                           | Qp       | 10.6 l/min = 1.77E-04 m <sup>3</sup> /s |
|      | 直線部分の傾き                       | a        | 3.28E-02 m                              |
|      | 透水量係数                         | T        | 9.87E-04 m <sup>2</sup> /s              |
|      | 帯水層の厚さ                        | b        | 2.997 m                                 |
|      | 透水係数                          | k        | 3.29E-04 m/s = 3.29E-02 cm/s            |
|      | 近似直線の横軸切片 ( $(t/r^2)_{s=0}$ ) |          | 85.8                                    |
|      | 貯留係数                          | S        | 1.90E-01                                |



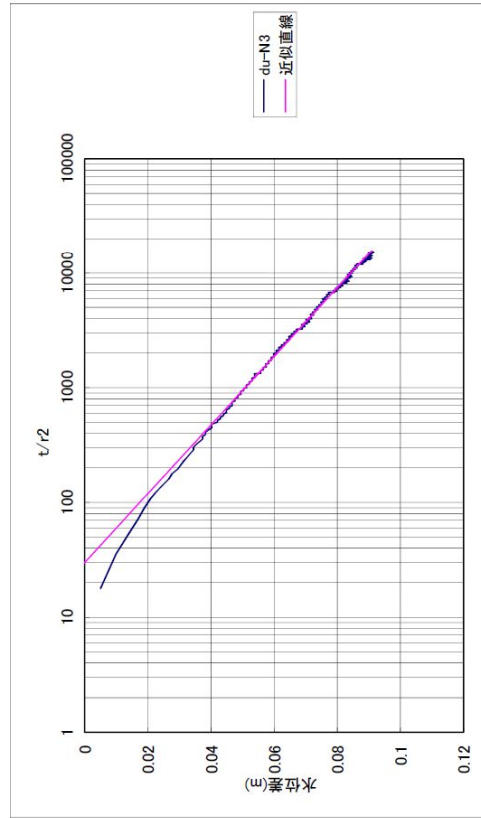
揚水試験解析結果(標準曲線法)

|      |                                      |          |                                         |
|------|--------------------------------------|----------|-----------------------------------------|
| 観測孔  | du-N2                                | 揚水孔からの距離 | 1.844 m                                 |
| 地質条件 | du/Ac2境界                             | GL-      | 5.75 m                                  |
| 水理条件 | 自然水位                                 | 管頭-GL-   | 3.03 m                                  |
|      |                                      |          | 2.753 m                                 |
| 試験条件 | 揚水量                                  | Qp       | 10.6 l/min = 1.77E-04 m <sup>3</sup> /s |
|      | マッチング点の比 $W(\lambda)_m / s_m$        |          | 6.99E+01 1/m                            |
|      | 透水量係数                                | T        | 9.83E-04 m <sup>2</sup> /s              |
|      | 帯水層の厚さ                               | b        | 2.997 m                                 |
|      | 透水係数                                 | k        | 3.28E-04 m/s = 3.28E-02 cm/s            |
|      | マッチング点の比 $(t/r^2)_m / (1/\lambda)_m$ |          | 40.0 s/m <sup>2</sup>                   |
|      | 貯留係数                                 | S        | 1.57E-01                                |



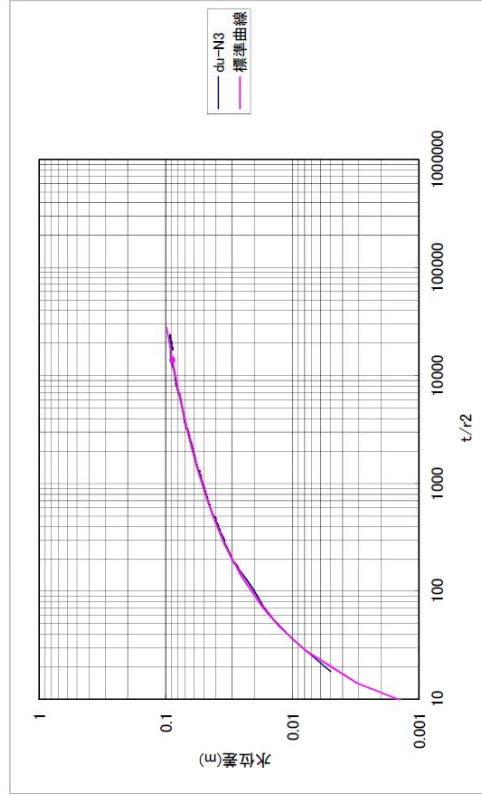
揚水試験解析結果( $s-\log(t/r^2)$ プロットによる直線勾配法)

|      |                                      |               |                                         |
|------|--------------------------------------|---------------|-----------------------------------------|
| 観測孔  | du-N3                                | 揚水孔からの距離      | 4.097 m                                 |
| 地質条件 | du/Ac2境界                             | GL-           | 5.75 m                                  |
| 水理条件 | 自然水位                                 | 管頭=GL-<br>GL- | 3.03 m<br>2.753 m                       |
| 試験条件 | 揚水量                                  | Qp            | 10.6 l/min = 1.77E-04 m <sup>3</sup> /s |
|      | 直線部分の傾き                              | a             | 3.34E-02 m                              |
|      | 透水量係数                                | T             | 9.67E-04 m <sup>2</sup> /s              |
|      | 帯水層の厚さ                               | b             | 2.997 m                                 |
|      | 透水係数                                 | k             | 3.23E-04 m/s = 3.23E-02 cm/s            |
|      | 近似直線の横軸切片 ( $t/r^2$ ) <sub>s=0</sub> | 30.1          |                                         |
|      | 貯留係数                                 | S             | 6.56E-02                                |



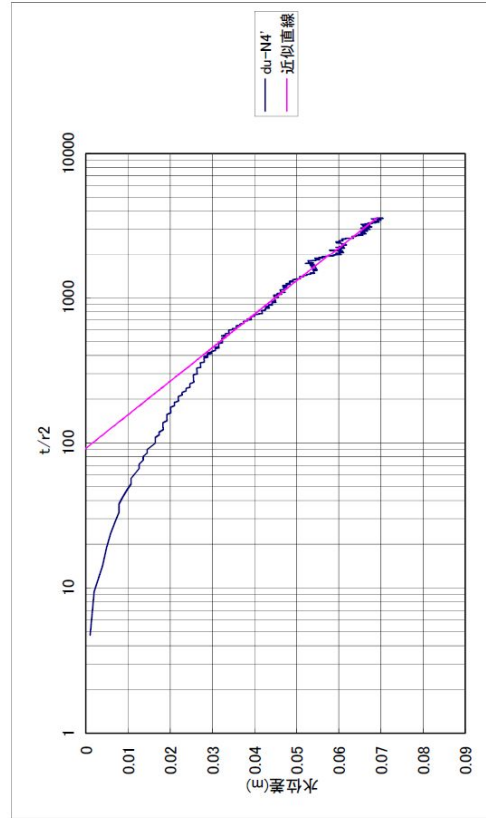
揚水試験解析結果(標準曲線法)

|      |                                    |               |                                         |
|------|------------------------------------|---------------|-----------------------------------------|
| 観測孔  | du-N3                              | 揚水孔からの距離      | 4.097 m                                 |
| 地質条件 | du/Ac2境界                           | GL-           | 5.75 m                                  |
| 水理条件 | 自然水位                               | 管頭=GL-<br>GL- | 3.03 m<br>2.753 m                       |
| 試験条件 | 揚水量                                | Qp            | 10.6 l/min = 1.77E-04 m <sup>3</sup> /s |
|      | マッチング点の比 $W(\lambda)_m/s_m$        | 7.14E+01      | 1/m                                     |
|      | 透水量係数                              | T             | 1.00E-03 m <sup>2</sup> /s              |
|      | 帯水層の厚さ                             | b             | 2.997 m                                 |
|      | 透水係数                               | k             | 3.35E-04 m/s = 3.35E-02 cm/s            |
|      | マッチング点の比 $(t/r^2)_m/(1/\lambda)_m$ | 14.0          | s/m <sup>2</sup>                        |
|      | 貯留係数                               | S             | 5.62E-02                                |



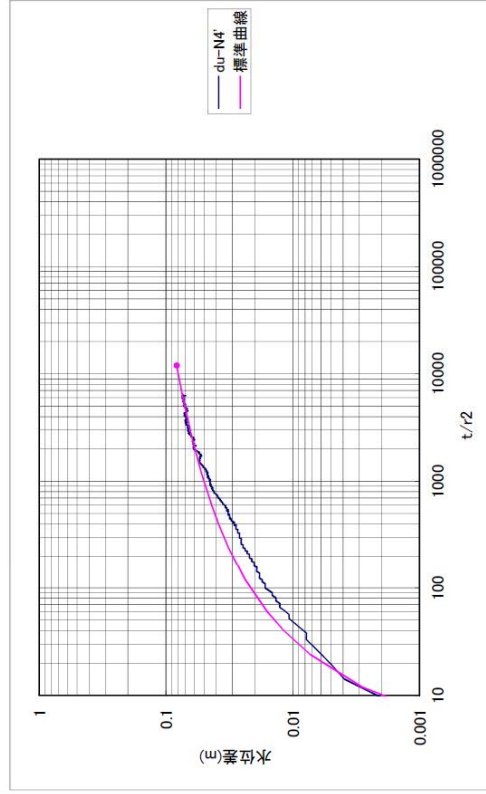
揚水試験解析結果( $s-\log(t/r^2)$ プロットによる直線勾配法)

|      |                               |          |                                         |
|------|-------------------------------|----------|-----------------------------------------|
| 観測孔  | du-N4'                        | 揚水孔からの距離 | 7.960 m                                 |
| 地質条件 | du/Ac2境界                      | GL-      | 5.75 m                                  |
| 水理条件 | 自然水位                          | 管頭-GL-   | 3.03 m                                  |
|      |                               | 管頭=GL+   | 2.753 m                                 |
|      |                               |          | 0.277 m                                 |
| 試験条件 | 揚水量                           | Qp       | 10.6 l/min = 1.77E-04 m <sup>3</sup> /s |
|      | 直線部分の傾き                       | a        | 4.33E-02 m                              |
|      | 透水量係数                         | T        | 7.46E-04 m <sup>2</sup> /s              |
|      | 帯水層の厚さ                        | b        | 2.997 m                                 |
|      | 透水係数                          | k        | 2.49E-04 m/s = 2.49E-02 cm/s            |
|      | 近似直線の横軸切片 ( $(t/r^2)_{s=0}$ ) |          | 91.8                                    |
|      | 貯留係数                          | S        | 1.54E-01                                |



揚水試験解析結果(標準曲線法)

|      |                                    |          |                                         |
|------|------------------------------------|----------|-----------------------------------------|
| 観測孔  | du-N4'                             | 揚水孔からの距離 | 7.960 m                                 |
| 地質条件 | du/Ac2境界                           | GL-      | 5.75 m                                  |
| 水理条件 | 自然水位                               | 管頭-GL-   | 3.03 m                                  |
|      |                                    | 管頭=GL+   | 2.753 m                                 |
|      |                                    |          | 0.277 m                                 |
| 試験条件 | 揚水量                                | Qp       | 10.6 l/min = 1.77E-04 m <sup>3</sup> /s |
|      | マッチング点の比 $W(\lambda)_m/s_m$        |          | 7.69E+01 1/m                            |
|      | 透水量係数                              | T        | 1.08E-03 m <sup>2</sup> /s              |
|      | 帯水層の厚さ                             | b        | 2.997 m                                 |
|      | 透水係数                               | k        | 3.61E-04 m/s = 3.61E-02 cm/s            |
|      | マッチング点の比 $(t/r^2)_m/(1/\lambda)_m$ |          | 12.0 s/m <sup>2</sup>                   |
|      | 貯留係数                               | S        | 5.19E-02                                |



揚水試験解析結果 (s-log r プロットによる直線勾配法)

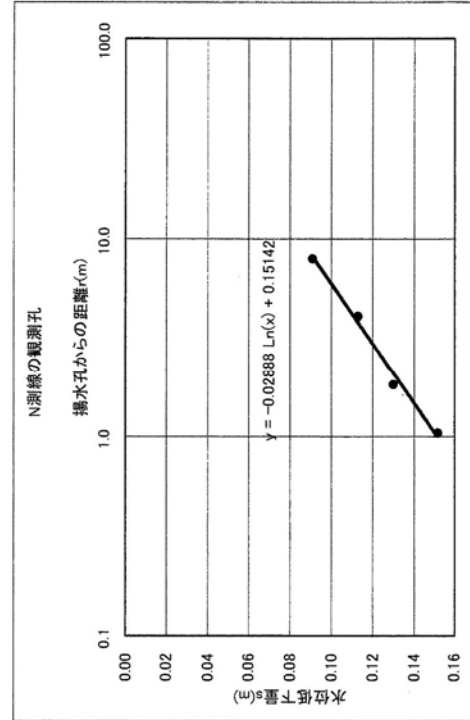
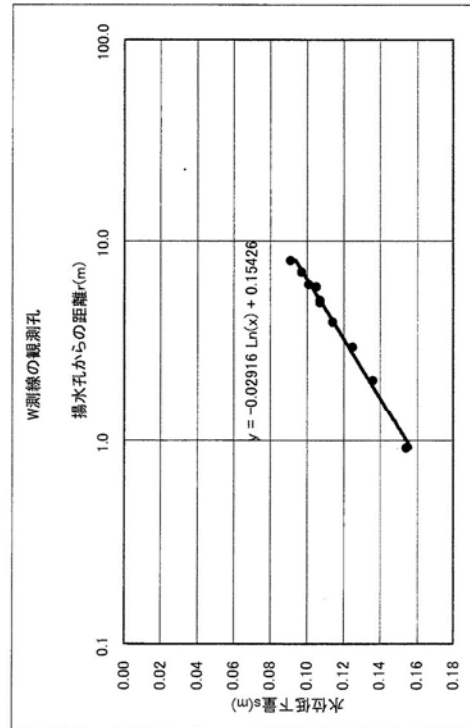
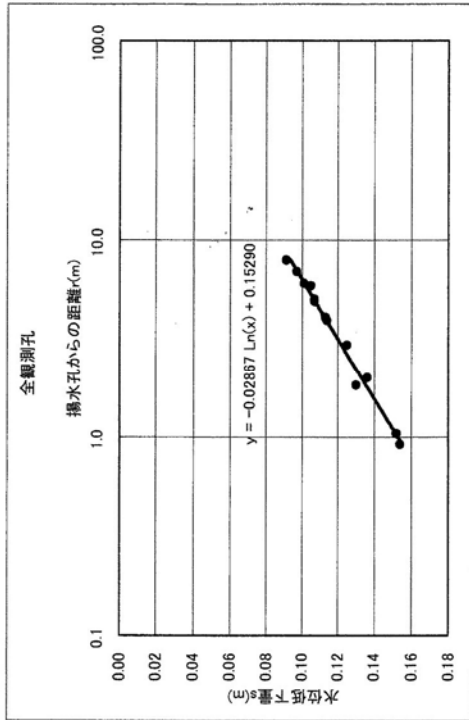
観測値(2006/6/6 19:00のデータ)

| 孔名     | 揚水孔からの距離(m) | 水位低下量(m) |
|--------|-------------|----------|
| du-W1  | 0.924       | 0.154    |
| du-W2  | 2.020       | 0.136    |
| du-W3  | 2.960       | 0.125    |
| du-W4  | 3.949       | 0.114    |
| du-W5  | 4.939       | 0.107    |
| du-W6  | 5.064       | 0.107    |
| du-W7  | 5.923       | 0.105    |
| du-W8  | 6.085       | 0.101    |
| du-W9  | 6.986       | 0.097    |
| du-W10 | 7.997       | 0.091    |
| du-N1  | 1.048       | 0.152    |
| du-N2  | 1.844       | 0.130    |
| du-N3  | 4.097       | 0.113    |
| du-N4' | 7.960       | 0.091    |

帯水層厚 2.987 m

揚水量 10.6 l/min = 1.77E-04 m<sup>3</sup>/s

| 観測点                      | 全孔       | W測線      | N測線      |
|--------------------------|----------|----------|----------|
| s-log r プットの勾配(m)        | 0.06602  | 0.06714  | 0.06650  |
| 透水量係数(m <sup>2</sup> /s) | 9.80E-04 | 9.69E-04 | 9.79E-04 |
| 透水係数 (m/s)               | 3.27E-04 | 3.21E-04 | 3.24E-04 |
| (cm/s)                   | 3.27E-02 | 3.21E-02 | 3.24E-02 |
| 影響半径R(m)                 | 207.1    | 198.4    | 189.3    |





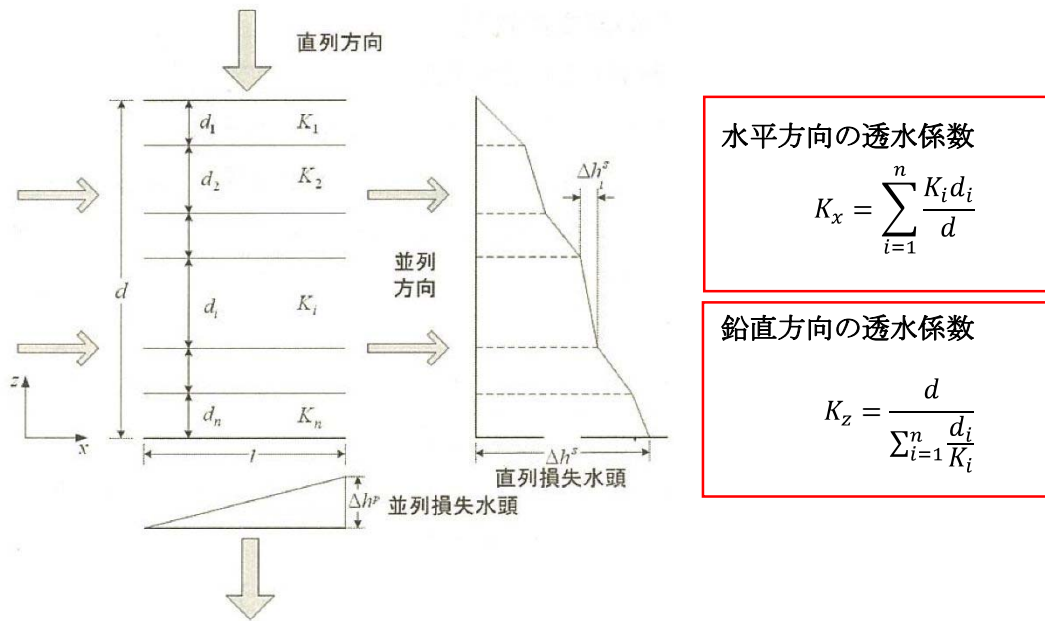
地下水流動解析における等価透水係数の設定について

1. D 2層及びD 1層の等価透水係数の設定方法

D 2層及びD 1層については、砂礫層とシルト層の互層からなる。

このことから、当該地層の透水係数の設定については水平方向と鉛直方向のそれぞれに対して等価透水係数を設定した。

水平方向及び鉛直方向の等価透水係数の設定方法を補足第 2-1-1 図に示す。



補足第 2-1-1 図 水平方向及び鉛直方向の等価透水係数の設定方法<sup>(1)</sup>

## 2. D2層の等価透水係数の設定

D2層の互層のイメージ図を補足第2-2-1図に、D2層を構成する砂礫層(D2g-3層)及びシルト層(D2c-3層)の単孔式透水試験結果を補足第2-2-1表に示す。



補足第2-2-1図 D2層の互層のイメージ図

補足第2-2-1表 単孔式透水試験結果 (D2層)

| 土質<br>区分 | 孔番    | 透水係数 (cm/s)           |                       | 算術平均値                 |
|----------|-------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|          |       | 回復法                   | 注入法                   |                       |
| D2g-3    | C-7-1 | $1.87 \times 10^{-2}$ | $2.48 \times 10^{-2}$ | $2.18 \times 10^{-2}$ |
| D2c-3    | b     | $8.8 \times 10^{-6}$  | —                     | $1.4 \times 10^{-4}$  |
|          | c     | $1.0 \times 10^{-4}$  | —                     |                       |
|          | d     | $6.5 \times 10^{-4}$  | —                     |                       |
|          | C-5   | $6.7 \times 10^{-4}$  | —                     |                       |
| 対数平均値    |       | $1.4 \times 10^{-4}$  | —                     |                       |

(1) 水平方向の等価透水係数

水平方向の等価透水係数は $K_x=1.09 \times 10^{-2}$  (cm/s) となる。

$$K_x = \sum_{i=1}^n \frac{K_i d_i}{d}$$
$$K_x = \frac{(2.18 \times 10^{-4}) \times 15 + (1.4 \times 10^{-6}) \times 15}{30} = 1.09 \times 10^{-4} \text{ (m/s)} = 1.09 \times 10^{-2} \text{ (cm/s)}$$

(2) 鉛直方向

鉛直方向の等価透水係数は $K_z=2.78 \times 10^{-4}$  (cm/s) となる。

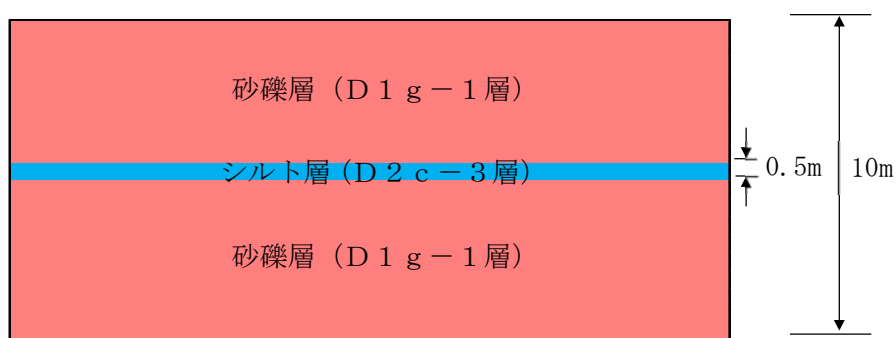
$$K_z = \frac{d}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{K_i}}$$
$$K_z = \frac{30}{\frac{15}{2.18 \times 10^{-4}} + \frac{15}{1.4 \times 10^{-6}}} = 2.78 \times 10^{-6} \text{ (m/s)} = 2.78 \times 10^{-4} \text{ (cm/s)}$$

### 3. D1層

D1層の互層のイメージ図を補足第2-3-1図に示す。

D1層に分布するシルト層については層厚が薄く、透水試験を実施することが困難なことから、同じシルト層であるD2c-3層の透水試験結果を用いることとした。

D1層を構成する砂礫層（D1g-1層）及びシルト層（D2c-3層）の単孔式透水試験結果を補足第2-3-1表に示す。



補足第2-3-1図 D1層の互層のイメージ図

補足第2-3-1表 単孔式透水試験結果（D1層）

| 土質<br>区分 | 孔番  | 透水係数 (cm/s)           |     | 算術平均値                 |
|----------|-----|-----------------------|-----|-----------------------|
|          |     | 回復法                   | 注入法 |                       |
| D1g-1    | A-3 | $1.6 \times 10^{-3}$  | —   | $1.18 \times 10^{-3}$ |
|          | B-3 | $8.7 \times 10^{-4}$  | —   |                       |
| 対数平均値    |     | $1.18 \times 10^{-3}$ | —   |                       |
| D2c-3    | b   | $8.8 \times 10^{-6}$  | —   | $1.4 \times 10^{-4}$  |
|          | c   | $1.0 \times 10^{-4}$  | —   |                       |
|          | d   | $6.5 \times 10^{-4}$  | —   |                       |
|          | C-5 | $6.7 \times 10^{-4}$  | —   |                       |
| 対数平均値    |     | $1.4 \times 10^{-4}$  | —   |                       |

(1) 水平方向

水平方向の等価透水係数は $K_x=1.13 \times 10^{-3}$  (cm/s) となる。

$$K_x = \sum_{i=1}^n \frac{K_i d_i}{d}$$
$$K_x = \frac{(1.18 \times 10^{-5}) \times 9.5 + (1.4 \times 10^{-6}) \times 0.5}{10} = 1.13 \times 10^{-5} \text{ (m/s)} = 1.13 \times 10^{-3} \text{ (cm/s)}$$

(2) 鉛直方向

鉛直方向の等価透水係数は $K_z=8.60 \times 10^{-4}$  (cm/s) となる。

$$K_z = \frac{d}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{K_i}}$$
$$K_z = \frac{10}{\frac{9.5}{1.18 \times 10^{-5}} + \frac{0.5}{1.4 \times 10^{-6}}} = 8.60 \times 10^{-6} \text{ (m/s)} = 8.60 \times 10^{-4} \text{ (cm/s)}$$

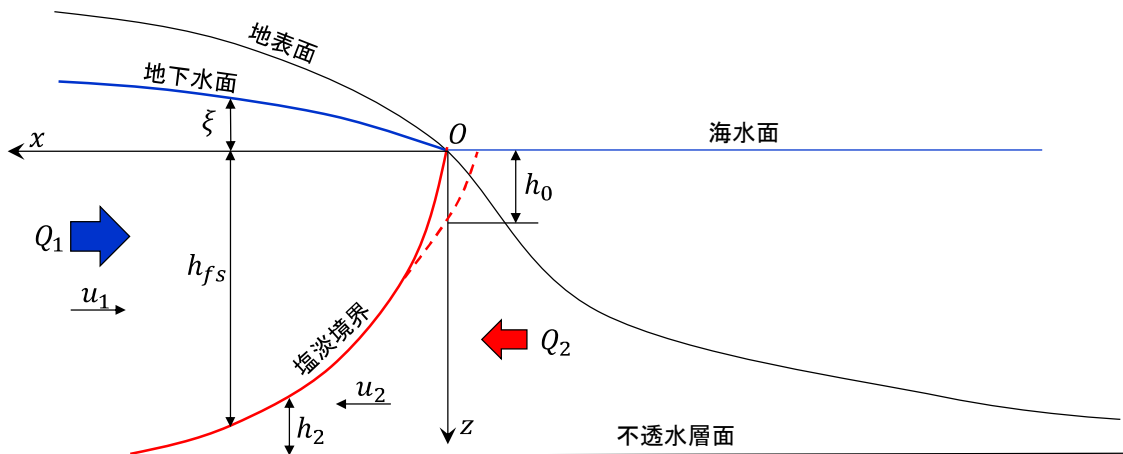
#### 4. 参考文献

(1) 藤縄克之：環境地下水学，共立出版

不圧地下水の定常状態におけるの塩淡水境界の密度流理論式<sup>(1)</sup>

1. 不圧地下水の定常状態におけるの塩淡水境界の密度流理論式

海岸部における塩淡水境界模式図を補足第3-1図に示す。当図での地下水流れの領域は水平、かつ均一であり、地下水の流れはダルシー則に従うとする。また、海岸線から離れたところでは地下水流れの鉛直成分は水平流速成分と比して小さいことよりデュピの準一様流れ仮定を適用する。以上より、地下水の基礎方程式は式(3.1)及び式(3.2)のように示される。



補足第3-1図 海岸部における塩淡水境界模式図

$$u_1 = \frac{Q_1}{(h_{fs} + \xi)} = -\kappa \frac{d\xi}{dx} \quad \text{式 (3.1)}$$

$$u_2 = \frac{Q_2}{h_2} = -\kappa \left\{ (1 - \varepsilon) \frac{d\xi}{dx} + \varepsilon \frac{dh_2}{dx} \right\} \quad \text{式 (3.2)}$$

ここで、 $\kappa$  は地盤の透水係数、 $\varepsilon (= \frac{\rho_s - \rho_f}{\rho_f})$  は無次元密度差である。

海岸付近では、上層を陸側からの淡水 ( $Q_1$ ) が流れ、下層では海水がくさび状に侵入し、定常状態では海水の侵入は停止している。定常状態での海水流入量  $Q_2 = 0$  とすると式(3.2)の微小項を省略すると式(3.3)のように書き換えることができる。



$$\xi = \varepsilon h_{fs} \quad \text{式 (3.3)}$$

式 (3.3) を式 (3.1) に代入し、境界条件  $x = 0$ ,  $\xi = 0$  ( $h_{fs} = 0$ ) で積分すると塩淡水境界面形状は以下のように示される。

$$h_{fs} = \sqrt{\frac{2Q_1 \cdot x}{\kappa \cdot \varepsilon (1 + \varepsilon)}} \quad \text{式 (3.4)}$$

しかし、式 (3.4) は陸側の地下水と海水面が交差する部分では  $x = 0$  で  $h_{fs} = 0$  となり、水平流速成分  $u_1$  が無限大となる矛盾が生じる。実際の流れでは補足第 3-1 図に示すように淡水の地下水の出口となる  $h_0$  が存在する。

この原因は、海岸線付近では鉛直流速成分が無視できないにも関わらず準一様流の仮定を適用したことに起因するものである。

ここで、淡水層の任意点の鉛直流速成分を  $v$  とすると連続の式より、

$$v = \int_{-\xi}^z \frac{\partial}{\partial x} \left\{ \frac{Q_1}{h_{fs}(1+\varepsilon)} \right\} dz = - \frac{Q_1^2(1+\varepsilon)}{\kappa \cdot \varepsilon} \frac{(z+\xi)}{(h_{fs}+\xi)^3} \quad \text{式 (3.5)}$$

で示される。式 (3.5) と鉛直方向のダルシー法則から鉛直流速成分  $v$  を除去し、淡水層内での圧力分布を求め、 $x = 0$ ,  $z = h_0$  で淡水層側から測った圧力と海側から測った圧力が等しいとすると  $h_0$  は以下のように求められる。

$$h_0 = \frac{Q_1}{\kappa \cdot \varepsilon} \sqrt{\frac{1+\varepsilon}{2}} \quad \text{式 (3.6)}$$

また、 $h_0$  の存在を考慮すれば塩淡水境界面形状は式 (3.7) のように示され、帯水層は層厚の変化はない水平成層とすれば、地下水の動水勾配、帯水層厚と透水係数により求められる。

$$h_{fs} = \sqrt{\frac{2Q_1 \cdot x}{\kappa \cdot \varepsilon (1 + \varepsilon)} + \frac{Q_1^2}{(\kappa \cdot \varepsilon)^2} \cdot \frac{(1 + \varepsilon)}{2}} \quad \text{式 (3.7)}$$

## 2. 参考文献

- (1) 佐藤邦明 渡辺邦夫 (1975) : 成層帯水層における地下塩水楔の挙動, 水理講演会論文集, 19 巻, p. 127~132