資料１－２

補足説明資料１

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の位置、構造及び

設備の基準に関する規則第十三条

（ピット処分又はトレンチ処分に係る廃棄

物埋設地）第1項第三号及び第四号

への適合性について

地質環境等の状態設定

2022 年 12 月

日本原子力発電株式会社

目　次

添付資料１　水理

添付資料２　想定される自然現象の選定について

添付資料３　事業所敷地周辺の地震の発生状況について

参考資料１　温暖期継続による仮想的な評価について

参考資料２　降水量と地下水位の相関について

1　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　第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則第十三条（ピット処分又はトレンチ処分に係る廃棄物埋設地）第 1 項第三号及び第四号への適合性について」のうち，地質環境等の状態設定に係る長期変動事象について補足説明するものである。

長期状態設定において考慮すべき自然現象を第 1 表に示す。

第 1 表　地質環境等の状態設定において考慮すべき自然現象※1

起因事象		自然現象
プレート運動に起因する事象	火山・火成活動	①火山の影響（降下火砕物）
	地震・断層活動	②地震，③地盤の変形，④液状化，⑤津波
	隆起・沈降運動	⑥隆起・沈降
気候変動に起因する事象		⑦気温，⑧降水量，⑨地下水位（地下水流動），⑩蒸発散量，⑪かん養量，⑫海水準変動
プレート運動と気候変動の両者に起因する事象		⑬侵食
その他の事象		⑭生物学的事象，⑮風（台風），⑯降雹，⑰積雪，⑱風化

※1：長期状態設定において考慮すべき自然現象の選定については，添付資料 2 に詳細を示す。

2　地質環境等に係る長期変動事象の考え方

廃棄物埋設地の地下の環境は，自然現象の影響を受け難いことから，地上に比べ安定である。しかし，長期的な観点でみると，プレート運動及び気候変動に関する自然現象によって，廃棄物埋設地を取り巻く地質環境等は有意に変化することが予測される。このため，地質環境等の状態設定として，自然現象による変化を考慮して，廃棄物埋設施設の敷地及びその周辺（以下「敷地周辺」という。）の将来の地質環境，気象環境及び水理環境（以下「地質環境等」という。）の状態を設定する。

地質環境等の状態設定に係る長期変動事象について，「プレート運動に起因する事象」，「気候変動に起因する事象」及び「プレート運動と気候変動の両者に起因する事象」に区分する[(1)]。区分した各事象については，プレート運動や気候変動が過去から現在までの変動傾向とその要因が今後も継続するとみなし，それらを外挿して状態設定を行う。状態設定は，最も可能性が高い設定及び最も厳しい設定を設定する。

- 最も可能性が高い設定：将来起こり得るなかで最も可能性が高いと考えられる状態とする。
- 最も厳しい設定：過去の変化傾向とその要因の不確かさを網羅的に考慮し，科学的に合理的と考えられる範囲で最も厳しい状態とする。

地質環境等の状態の設定を行う将来の期間は，廃止措置の開始後 1,000 年が経過するまでの期間とし，線量評価においては，最終覆土完了時点において敷地周辺の地質環境等は 1,000 年後の状態になるものとし，その状態が継続するものとする。

なお，最も可能性が高いと考えられる状態の設定が困難である場合又は様々な不確かさを考慮したとしても線量への影響が小さいと考えられる場合は，不確かさを考慮して保守的な状態を設定する。また，事象同士が密接に関係して

おり，両者で不確かさを考慮するのが適切でないと考えられる場合は，評価において保守的となる事象で不確かさを考慮して設定する。

3　状態設定

3．1　プレート運動に起因する事象

日本周辺には，大陸プレートであるユーラシアプレート及び北米プレート並びに海洋プレートであるフィリピン海プレート及び太平洋プレートがあり，大陸プレートの下に海洋プレートが沈み込んでいる。廃棄物埋設地は北米プレートに位置し，東側から太平洋プレートが沈み込むことで，おおむね東西方向の圧縮の力が生じている。

将来の日本列島周辺のプレート運動については，今後数十万年から数百万年程度継続すると考えられる(1)～(4)。したがって，状態設定においては，現在のプレート運動が継続するものとして設定する。

プレート運動に起因する事象には，「火山・火成活動」，「地震・断層活動」及び「隆起・沈降運動」があげられる。

（１）火山・火成活動

火山･火成活動によって，地下水の水質が変化する可能性があることから，火山・火成活動による状態設定を行う。廃止措置の開始までの間において，廃棄物埋設地に影響を及ぼす可能性のある火山･火成活動は降下火砕物であり，必要に応じて除灰を行い，安全機能を達成することとしている。廃止措置の開始後においては，降下火砕物について，除灰の対応ができない場合を想定する。

ａ．降下火砕物

廃止措置の開始後において，降下火砕物が堆積することにより，降下火砕物に含まれる成分によって地下水の水質変化が生じることが想定されるため，廃棄物埋設地の状態設定において化学的影響を考慮する。

（２）地震・断層活動

地震・断層活動については，現在のプレート運動が継続するとされていることから，将来も同様の場所で繰返し発生する可能性がある。

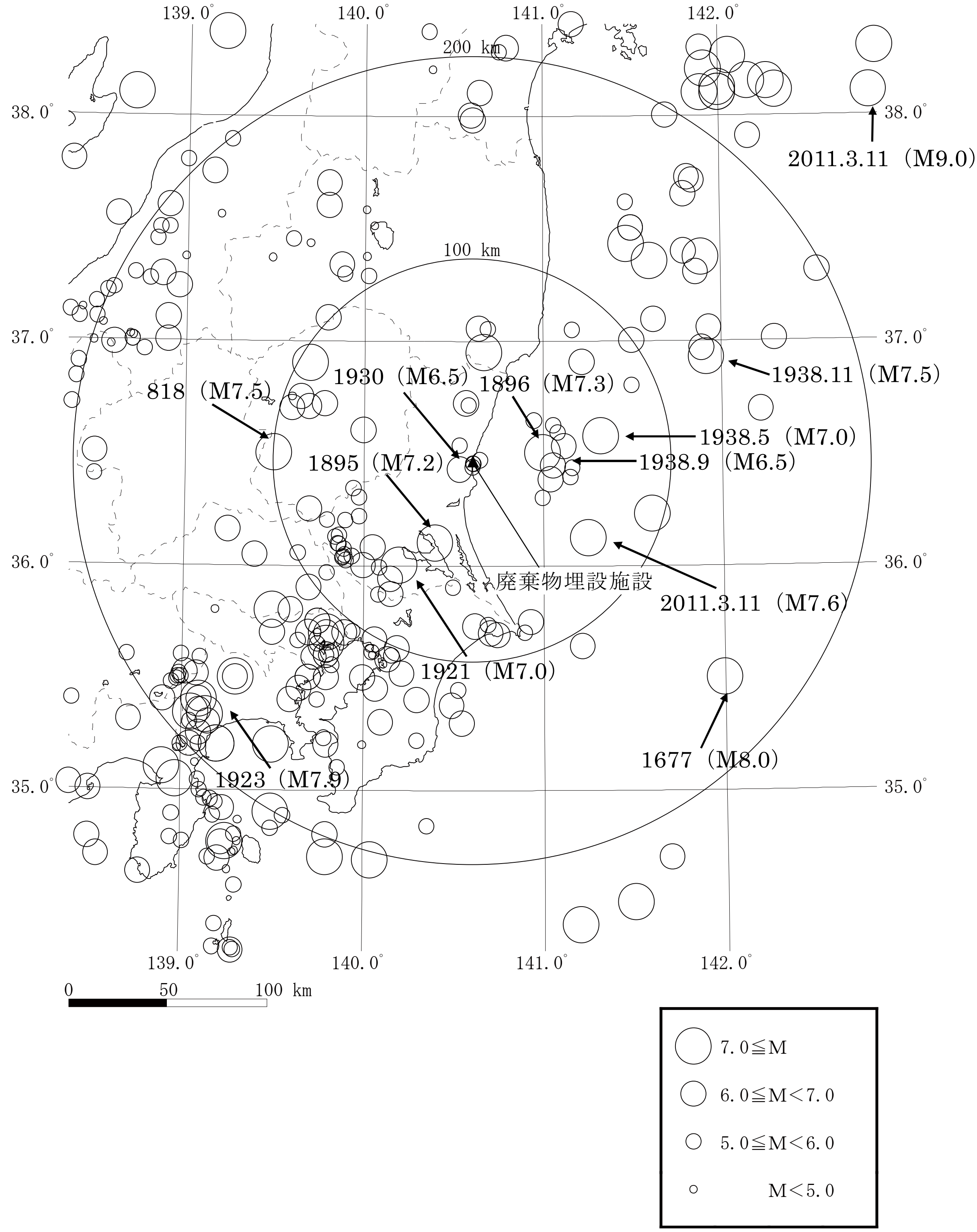
ａ．地震

敷地周辺の被害地震の震央分布(敷地からの震央距離200 km程度以内)を第1図に，敷地周辺の被害地震のマグニチュードと震央距離の関係を第2 図に示す。

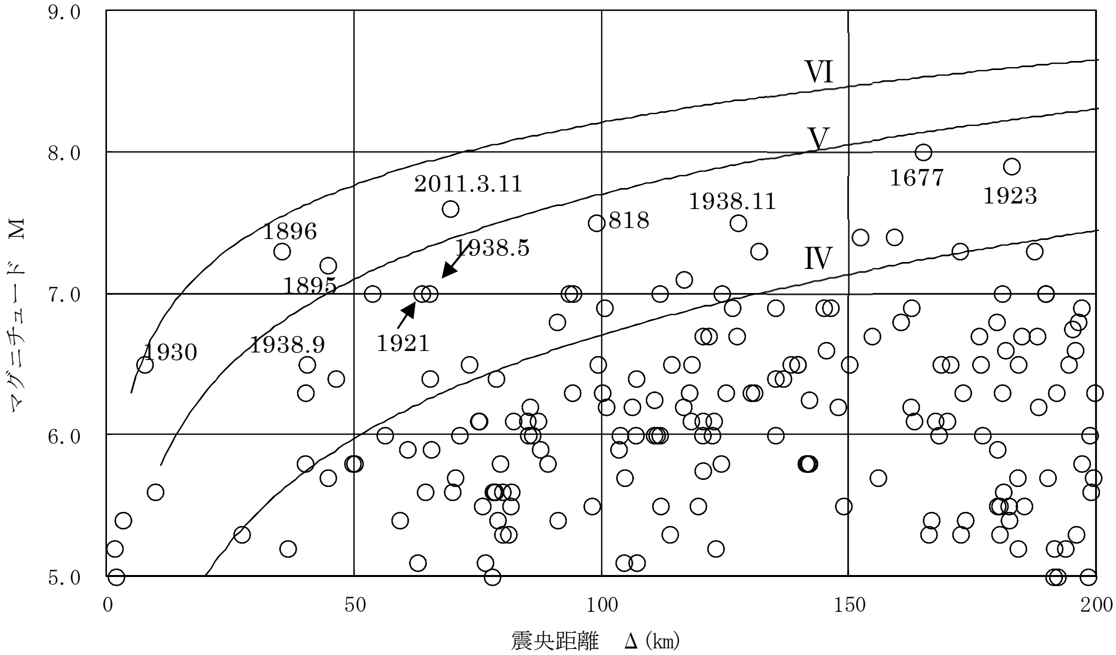
地震によって建物等に被害が発生するのは震度 5 弱（1996 年以前は震度Ｖ）程度以上であるとされている[(5)]。敷地周辺で震度 5 弱（震度Ｖ）程度以上であったと推定される地震は，1895年霞ヶ浦付近の地震，1923年関東大地震，1930 年那珂川下流域の地震，1938 年塩屋崎沖の地震，1938 年鹿島灘の地震，1938 年福島県東方沖地震，2011 年東北地方太平洋沖地震の本震及び同日 15 時 15 分に発生した余震，818 年関東諸国の地震，1677 年磐城・常陸・安房・上総・下総の地震，1896 年鹿島灘の地震及び1921年茨城県龍ヶ崎付近の地震である（添付資料3参照）。

廃棄物内に微小な空隙が残存する場合には，地震によって生じる応力及び振動により廃棄物層が沈下することで廃棄物埋設施設に陥没が生じ，側部低透水性覆土及び低透水性土層の低透水性に影響する可能性があるため，廃棄物埋設地の状態設定において力学的影響を考慮する。

震度５弱程度以上の地震時において，敷地内の観測孔で地下水位の変動が確認されている（第３図参照）。観測結果によると，2011年東北地方太平洋沖地震では地下水位の変動は小さく，季節変動に内包される程度であった。また，廃棄物埋設地の底面レベル（T.P.＋4.0 m）を上回る水位は観測されていない（第２表参照）。したがって，地震活動による水理的影響は小さく，一時的なものであることから，地震の水理的影響は長期変動事象として考慮しない。

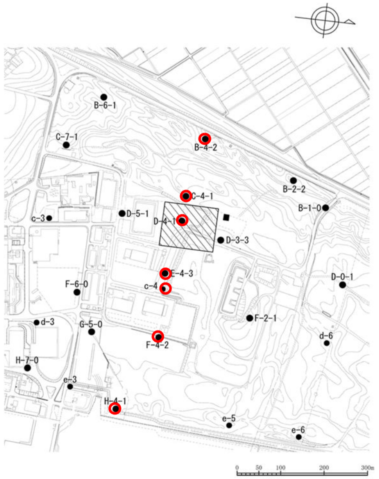


第１図　敷地周辺の過去の被害地震の震央分布図

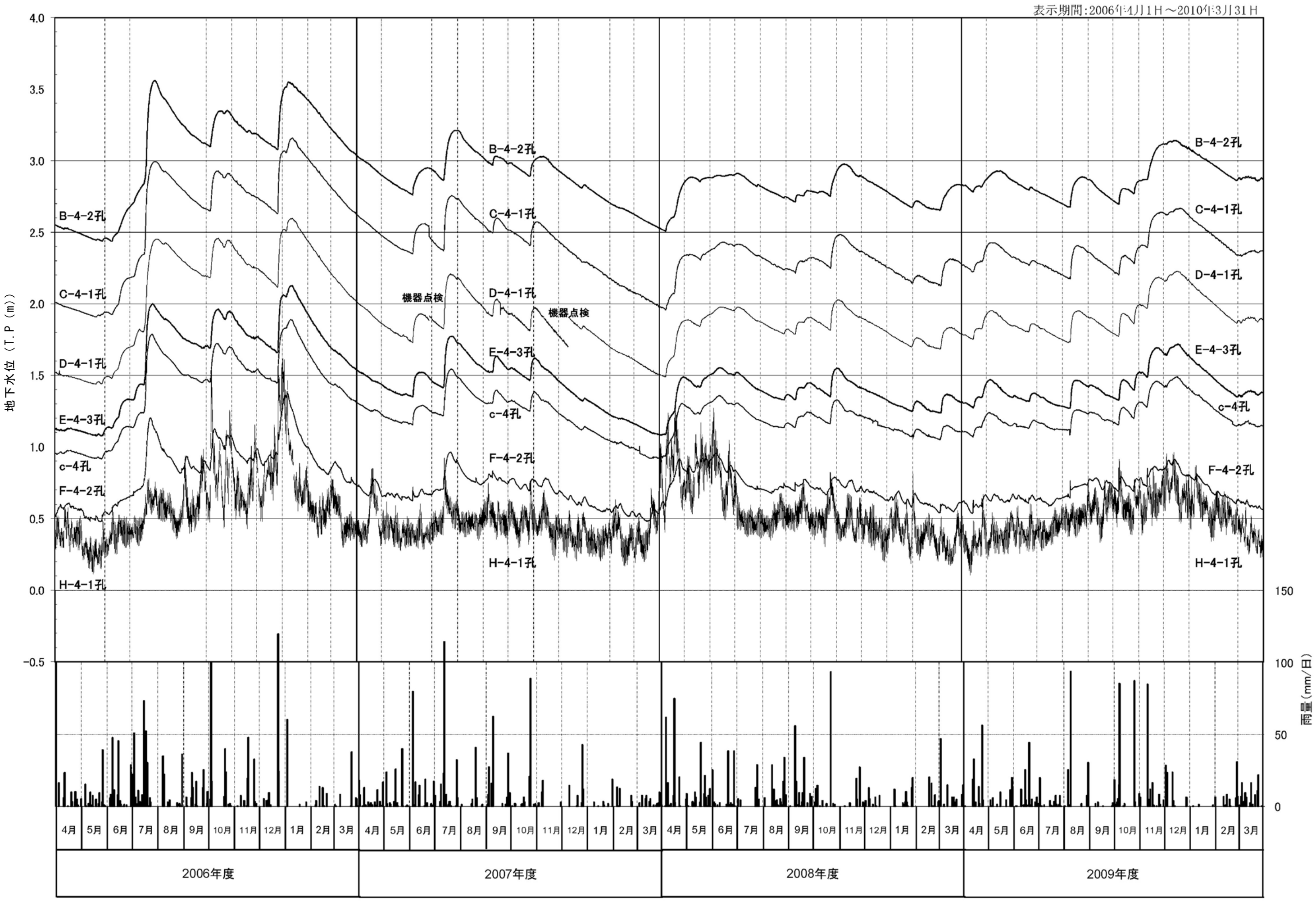


（数字は震度Ｖ程度以上の地震の年号を示す）

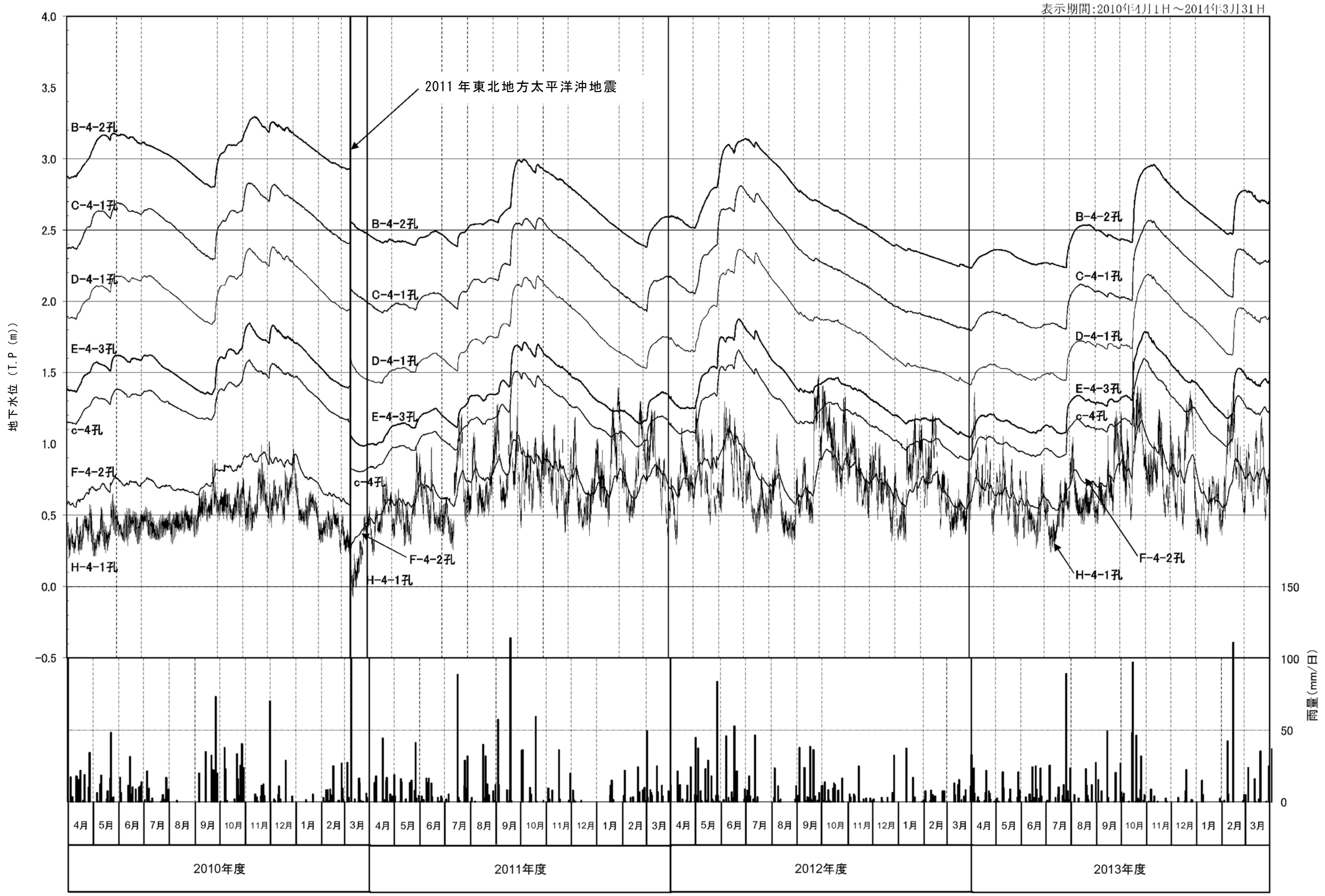
第２図　敷地周辺の被害地震のマグニチュードー震央距離



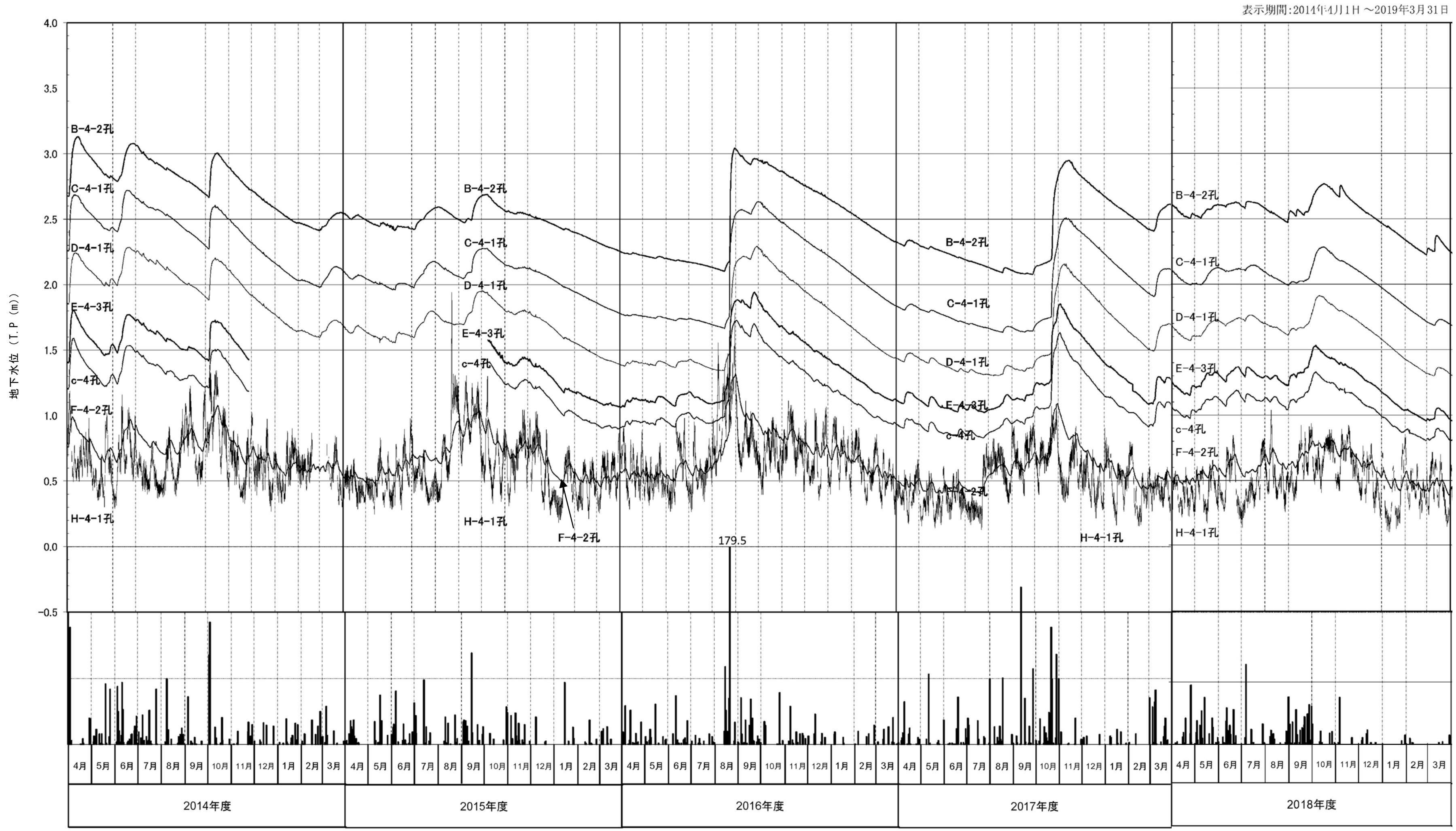
地下水観測孔のうち
経時変化を表示した孔



第３図　地下水位観測結果（1／3）



第3図　地下水位観測結果（2／3）



第３図　地下水位観測結果（3／3）

第２表　最高水位観測結果

孔名	最高水位（観測日時）
B-4-2	T.P.＋3.56 m（06／7／31 14:00）
C-4-1	T.P.＋3.16 m（07／1／13 4:00）
D-4-1	T.P.＋2.60 m（07／1／13 4:00）
E-4-3	T.P.＋2.13 m（07／1／12 22:00）
c-4	T.P.＋1.89 m（07／1／10 20:00）
F-4-2	T.P.＋1.38 m（07／1／6 18:00）
H-4-1	T.P.＋1.94 m（15／8／22 20:00）

ｂ．地盤の変形

地盤の変形としては，地震発生に伴う地殻変動によって生じる設置地盤の傾斜及び撓みの可能性がある。

敷地周辺の活断層及び日本海溝沿いのプレート境界は，敷地からの距離が十分に離れているため，それら活断層等の断層変位に伴う設置地盤の変形は，廃棄物埋設地の安全性に問題となるものではない。

また，敷地の基礎岩盤である久米層には断層を示唆する系統的な不連続や累積的な変位・変形は認められないことから，敷地には将来活動する可能性のある断層等の露頭は認められない。

以上のことから，廃棄物埋設地の設置地盤の傾斜及び撓みは生じないことから，安全機能が損なわれるおそれはない。

廃棄物埋設施設の地盤の状況の変化は緩慢であり，地質環境等の状態の設定を行う廃止措置の開始後の 1,000 年までの期間においてバリア機能が損なわれることは考えられないため，地盤の変形は長期変動事象として考慮しない。

ｃ．液状化

廃棄物埋設地の覆土については，廃棄物埋設地の底面レベル（T.P.＋4.0 m）が地下水位より上にあり，不飽和土層であることから，液状化は発生しない。一方で，廃棄物埋設地の地盤については，地震発生に伴い液状化の可能性がある。

廃棄物埋設地の地盤の液状化については，「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 第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則第三条（安全機能を有する施設の地盤）への適合性について」における「５．４　安全機能を有する施設の設

置地盤の変形に対する評価」（以下「第三条の評価」という。）に基づいて評価した。

道路橋示方書（Ｖ耐震設計編）・同解説」（日本道路協会，平成29年）に基づき，廃棄物埋設施設位置のD-4-0孔のＮ値（最小値）を用いて液状化判定を行った結果，対象層のＦＬ値は1.0以上であることから，液状化は発生しない結果となった。一方，地盤のばらつきを考慮した液状化を踏まえた検討として，廃棄物埋設施設近傍におけるＰＳ検層結果及び液状化試験結果の－１σ を用いた沈下量の検討を実施した。結果，過剰間隙水圧が 95％を上回る地層は認められず，廃棄物埋設施設下端の沈下量は西側トレンチで最大0.341 m，東側トレンチで最大0.283 mであった。なお，両者とも廃棄物埋設施設下端及び低透水性土層下端の沈下量は平面的に緩やかに変化している。

揺すり込み沈下については，廃棄物埋設施設底面の地盤高 T.P.＋4.00 m以深から地下水位T.P.＋2.00 m以浅のｄｕ層（層厚2.00 m）を検討対象とし，対象層の層厚に1％（新潟県中越沖地震時における東京電力ホールディングス株式会社柏崎刈羽原子力発電所の沈下実績を考慮した値）を乗じて算定して求めた結果，沈下量は0.020 mであった。

圧密沈下については，廃棄物埋設施設の自重及び操業時の荷重による難透水層（Ａｃ層）への有効上載圧が，室内試験の結果から求めた難透水層の圧密降伏応力を上回ったことから，圧密沈下量を算定した。結果，圧密沈下量は西側トレンチが0.120 m，東側トレンチが0.065 mとなった。

地盤のばらつきを考慮した液状化を踏まえた検討，揺すり込み沈下，圧密沈下による合計沈下量は，西側トレンチで最大0.481 m，東側トレンチで最大0.368 mである。平面的な沈下量の変化は緩やかであり，また，廃棄物埋設地の設置地盤に分布する砂層や砂礫層はほぼ水平成層に分布し

ているため，沈下も水平方向にほぼ一様に生じると考えられる。以上より，側部低透水性覆土及び低透水性土層の透水性に影響を与えるような変化が生じることはなく，また，沈下が生じた場合においても廃棄物の底面は地下水位以下とはならないため，安全機能が損なわれるおそれはない。

廃棄物埋設施設の地盤の状況の変化は緩慢であり，地質環境等の状態の設定を行う廃止措置の開始後の 1,000 年までの期間においても，第三条の評価と同様に，透水性への影響はなく，廃棄物の底面は地下水位以下とはならないため，バリア機能が損なわれることは考えられない。

以上より，液状化は長期変動事象として考慮しない。

d．津波

廃棄物埋設地は T.P.＋約 8 m にあり津波により冠水することはない。また，海洋及び河川から取水する設備もない。津波によって，海水が廃棄物埋設地周辺に流入することで，地下水の化学特性に一時的に影響する可能性があるため，廃棄物埋設地の状態設定において化学的影響を考慮する。

（３）隆起・沈降運動

a．隆起・沈降

隆起・沈降運動は廃棄物埋設地を直接損傷させることはないが，隆起・沈降運動により侵食基準面が変化することにより，敷地周辺の面的侵食，河川における表流水による侵食（以下「河食」という。）に影響する可能性があることから，隆起・沈降運動を長期変動事象として考慮し，隆起・沈降運動の速度を設定する。

敷地周辺には，過去約 30 万年間に形成された複数の海成段丘面が分布することから，少なくとも同期間において大局的には隆起域と考えられる。

したがって，敷地周辺では将来も隆起運動が継続すると想定し，状態設定として隆起速度を設定する。

(a)　隆起速度の設定に関する考え方

小池・町田（2001）[6]から，敷地周辺（日立地域～那珂湊南地域）の段丘面旧汀線高度のデータにもとづく過去約 30 万年間の敷地周辺の隆起量を第 4 図に示す。

隆起速度は，海成段丘面の旧汀線標高にもとづき，以下の考えを用いて過去の隆起速度を求め，その速度を将来に適用して算出する。

隆起速度＝（旧汀線標高－段丘面形成時の海水準－風成層層厚）

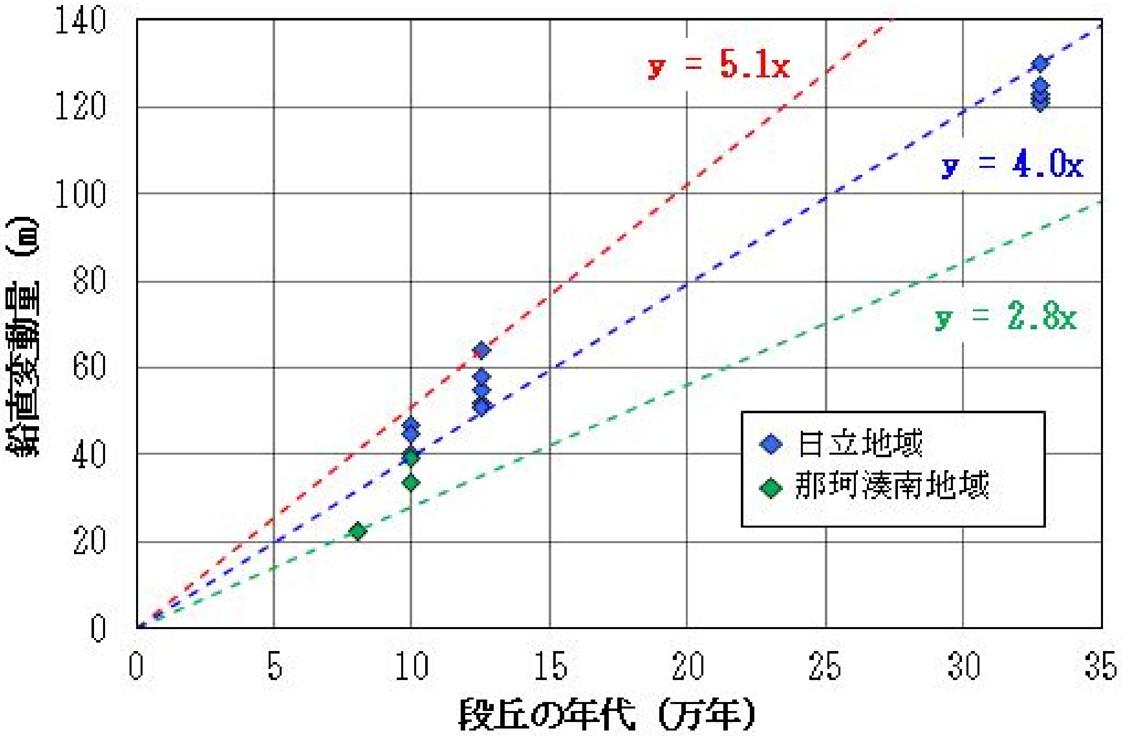
／段丘面形成年代

ⅰ．最も可能性が高い設定

敷地周辺の海成段丘面分布を第 5 図に，敷地周辺における段丘面の標高・年代・被覆層厚及び変動量を第 3 表に示す。最も可能性が高い設定における隆起速度は，敷地周辺における段丘面の標高と年代から推定される隆起速度の平均値から算出する。

ⅱ．最も厳しい設定

最も厳しい設定においては，隆起速度が速い方が相対的な海水準が低下し，侵食が進むため，廃棄物が地表に接近する時期が早くなることを考慮する。したがって，最も厳しい設定における隆起速度は，敷地周辺における段丘面の標高と年代から推定される隆起速度の最大値も考慮して保守的に設定する。



第４図　日本の海成段丘アトラスから算出した隆起速度

小池・町田（2001）[6]に加筆

第5図　敷地周辺の海成段丘面区分

第３表　敷地周辺の段丘面の標高，年代，被覆層厚，運動量

（1／2）（日立地域）

地域名	地点番号	地点		変動基準			変動基準の年代（万年）	海水準高度（m）	垂直変動量（m）	垂直変動速度（m/万年）	文献	
		標高（m）	精度	種類	被覆層の厚さ（m）	高度（m）						
日立地域	1	127	C	mT_9の旧汀線アングル	不明	127	32.8	5	122	3.7	鈴木	(1987MS)
	2	135	C	mT_9の旧汀線アングル	不明	135	32.8	5	130	4	鈴木	(1987MS)
	3	126	C	mT_9の旧汀線アングル	不明	126	32.8	5	121	3.7	鈴木	(1987MS)
	4	128	C	mT_9の旧汀線アングル	不明	128	32.8	5	123	3.8	鈴木	(1987MS)
	5	130	C	mT_9の旧汀線アングル	不明	130	32.8	5	125	3.8	鈴木	(1987MS)
	6	58	A	mT_{5e}の旧汀線アングル	1	57	12.5	5	52	4.2	鈴木	(1989)
	7	60	B	mT_{5e}の旧汀線アングル	不明	60	12.5	5	55	4.4	鈴木	(1987MS)
	8	69	B	mT_{5e}の旧汀線アングル	不明	69	12.5	5	64	5.1	鈴木	(1987MS)
	9	63	B	mT_{5e}の旧汀線アングル	不明	63	12.5	5	58	4.6	鈴木	(1987MS)
	10	59	A	mT_{5e}の旧汀線アングル	3	56	12.5	5	51	4.1	鈴木	(1989)
	11	27	A	mT_{5c}の旧汀線アングル	2	25	10	-15	40	4	Suzuki	(1989)
	12	32	B	mT_{5c}の旧汀線アングル	不明	32	10	-15	47	4.7	鈴木	未公表
	13	30	B	mT_{5c}の旧汀線アングル	不明	30	10	-15	45	4.5	鈴木	未公表

小池・町田（2001）[6]

第３表　敷地周辺の段丘面の標高，年代，被覆層厚，運動量

（2／2）（那珂湊南地域）

地域名	地点番号	地点	段丘区分	段丘区分	年代	海水水準現在比	被覆層の厚さ（m）	標高（m）	変動量（m）	隆起速度（m/万年）
那珂湊南地域	14	十三奉行	海成段丘	mT5c	10	-15	4	22.4	33.4	3.3
	15	総合運動公園南　（UM）	海成-河成段丘	mT5c-fT5c	10	-15	4	28.3	39.3	3.9
	16	ひたちなか市中根　（HN）	河成段丘	FT5a	8		3	22.5	22.5	2.8

段丘区分，年代及び海水準は小池・町田（2001）[6]を参照

(b)　隆起速度の状態設定

隆起速度の状態設定結果を第４表に示す。

ｉ．最も可能性が高い設定

敷地周辺における段丘面の標高と年代から推定される隆起速度の平均値から計算すると4.0 m／万年である。

ⅱ．最も厳しい設定

敷地周辺の隆起速度は，2.8 m／万年～5.1 m／万年の範囲となるため，敷地周辺の隆起速度のばらつきを考慮し，隆起速度が最も大きい5.1 m／万年を用いて保守的に5.5 m／万年を最も厳しい設定とする。

第４表　隆起速度の状態設定値

ケース	隆起速度（m／万年）
最も可能性が高い設定	4.0
最も厳しい設定	5.5

３．２　気候変動に起因する事象

気候変動は，数十万年前から現在まで約８万年周期から約12万年周期で氷期と間氷期を繰り返していることから(7)(8)，大局的には将来もこの周期の気候変動を繰り返すと考えられる。過去の気候変動の傾向から，今後氷期へ向かうと考えられることから(9)～(11)，将来は寒冷化すると予測される。

一方で，人間活動に伴う温室効果ガス排出により，温暖化が進行する可能性があるとする報告や，現在の温室効果ガス濃度を基準として，炭素循環のメカニズムを仮定した気候シミュレーションにより，将来５万年程度は温暖期が継続する可能性があるとする報告もある(7)(12)～(17)。

以上より気候変動に起因する事象に係る長期変動事象の状態設定については，過去の気候変動と同様に現在から寒冷化に向かう場合（以下「寒冷化ケース」という。）と温暖期が数万年程度継続する場合（以下「温暖期継続ケース」という。）の２ケースに大別し，これらの２ケースについて，それぞれ「気温」，「降水量」，「地下水位（地下水流動）」，「蒸発散量」，「かん養量」及び「海水準変動」を長期変動事象として考慮する。

気候変動に起因する事象の状態設定においては，廃止措置の開始後に公衆に及ぼす影響の評価を考慮して，寒冷化ケース又は温暖期継続ケースもしくは寒冷化ケースと温暖期継続ケースの両方について状態設定を行う。

具体的には，「気温」及び「降水量」の状態設定については，寒冷化ケースと温暖期継続ケースの両方を状態設定の対象とする。

「地下水位（地下水流動）」の状態設定については，地下水流速が低下して地下水での希釈水量が減り，地下水中の放射性物質の濃度が上がることで被ばく線量が大きくなることを考慮して，地下水流速が低下する寒冷化ケースを状態設定の対象とする。

「かん養量」の状態設定については，かん養量が多くなると廃棄物埋設地か

らの放射性物質の漏出量が増加することを考慮して，かん養量が多くなる温暖期継続ケースを状態設定の対象とする。また，「蒸発散量」は「かん養量」の状態設定に用いるため，かん養量と同様に温暖期継続ケースを状態設定の対象とする。

「海水準変動」の状態設定については，海水準の低下量が大きいほど侵食基準面が変化することによる河食への影響が大きいことを考慮して，寒冷化ケースを状態設定の対象とする。

なお，「蒸発散量」及び「かん養量」について，廃棄物埋設地以外の敷地周辺を状態設定の対象とし，廃棄物埋設地を対象とした状態設定については，埋設トレンチへの年間浸透水量の設定において，廃棄物埋設施設の設計を踏まえて別途設定する。

（１）気温

気温変化は，廃棄物埋設地を直接損傷させることはないが，気温の変化に伴い降水量，地下水位（地下水流動），蒸発散量及びかん養量に影響する可能性があることから，気温変化を長期変動事象として考慮し，将来の気温を設定する。

ａ．気温の設定に関する考え方

(a)　寒冷化ケース

将来の気温変化については，南極氷床コアの水素同位体比を用いた過去の気温の推定に関する知見(７)(１２)及び人間活動による温室効果ガス濃度を考慮した気温変動予測結果に基づいて設定する。

以下のとおり，地下水位（地下水流動）を考慮して，寒冷化ケースの状態設定を行う。

ＥＰＩＣＡ（2004）[7]に示される過去45万年間の氷床コアの同位体比に基づく気温変動曲線を第6図に示す。氷床コアの同位体比の変動を気温変動の指標とし，過去4回の気温変動（氷期及び間氷期の繰返し）の間氷期最盛期のピークを基準として重ね合わせ，亜氷期までの時間及び気温変動割合を設定する。気温変動割合は，第6図に示した変動曲線において，現在を0 とし，氷期最盛期を100 としたときの気温の変動割合を示す。

将来の気温は，気温変動割合及び氷期最盛期の気温から設定することとし，氷期最盛期の気温は，吉田他（2011）[18]の茨城県花室川における花粉分析結果及び松末他（2000）[19]の暖かさの指数を用いて推定された最終氷期最盛期の気温から設定する。

気温は降水量と正の相関関係がある[20]。また，「３．２（３）地下水位（地下水流動）」のとおり，降水量と地下水位及び地下水位と地下水流速は，それぞれ正の相関関係がある。地下水流速は，廃棄物埋設地から漏出した放射性物質の地下水での希釈水量に関係し，地下水流速が低下するほど希釈水量は少なくなる。希釈水量が少なくなると，地下水中の放射性物質の濃度が上がり，地下水中の放射性物質の濃度を用いて評価する被ばく経路の被ばく線量が大きくなる。なお，1,000年後の降水量の変化は少なく，地形は現状とほぼ同様と考えられるため，地下水の流向は変わらない。

以上より，気温及び降水量は低いほど保守的な設定となる。一方で，降水量の推定そのものにも不確かさがある。

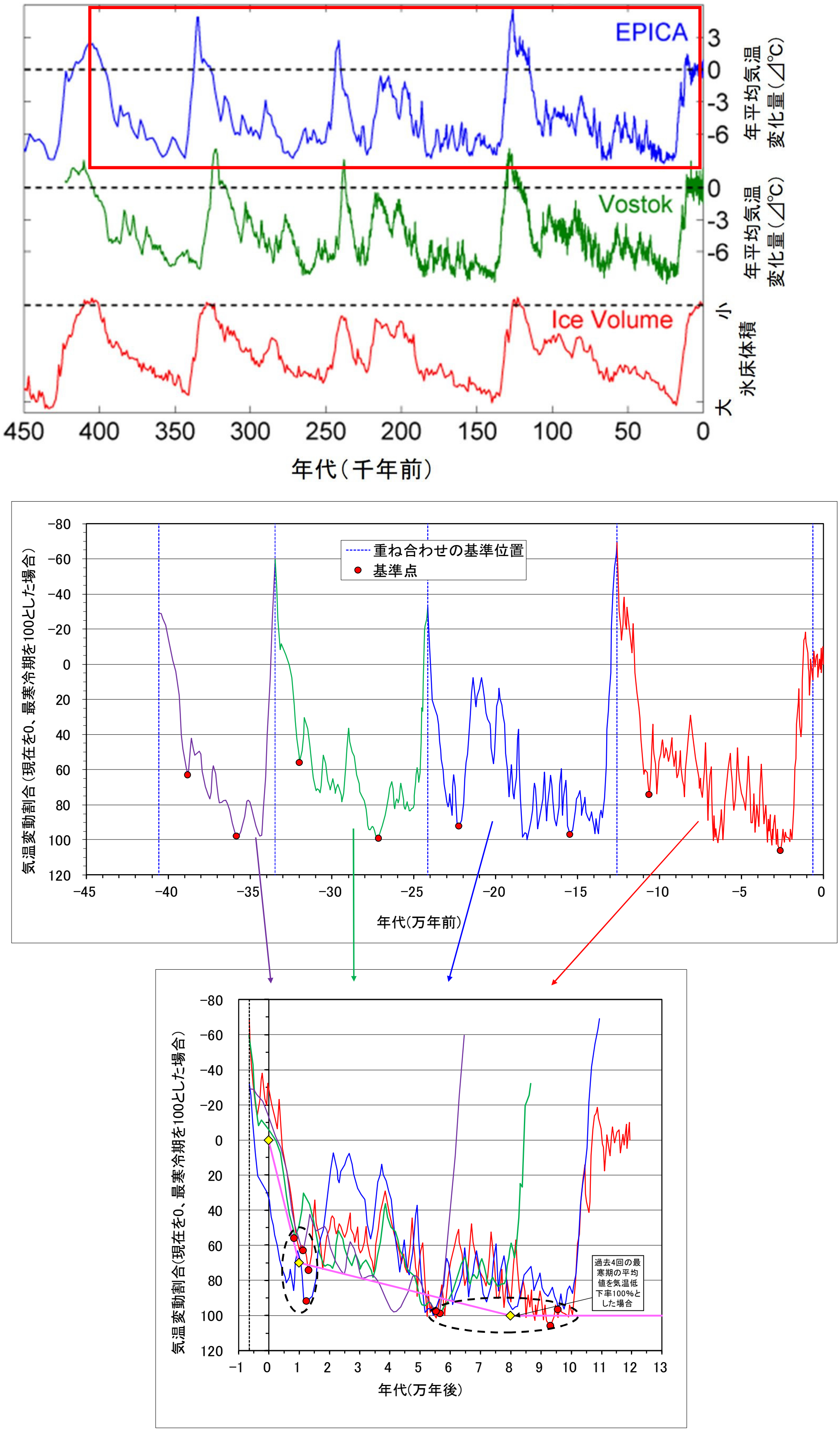
希釈水量の設定の観点で，気温変動の不確かさと，気温と降水量の相関性の不確かさを考慮するが，気温と降水量の相関性においては降水量の設定で後述するように一定程度の統計的な不確かさの情報が得られることから，将来の気温の設定は，最も可能性が高い設定と最も厳しい設定では

同一とする。

(b)　温暖期継続ケース

以下のとおり，かん養量を考慮して，温暖期継続ケースの状態設定を行う。

人間活動による影響を考慮したＩＰＣＣ（2021）(15)による温暖化の知見及び過去 30 年間の敷地周辺の年平均気温を考慮して設定する。気温変動の不確かさと，気温と降水量の相関性の不確かさを考慮するが，気温と降水量の相関性においては降水量の設定で後述するように一定程度の統計的な不確かさの情報が得られることから，将来の気温の設定は，最も可能性が高い設定と最も厳しい設定では同一とする。



ＥＰＩＣＡ（2004）[7]に基づく

第６図　過去の気候変動曲線と重ね合わせ

（ｃ） 最も可能性が高い設定

ｉ．寒冷化ケース

寒冷化ケースにおいては，氷期最盛期の年平均気温から求めた気温変動割合を用いて将来の気温を設定する。氷期最盛期に至るまでの気温変化については，過去約 45 万年間の連続的なデータが取得されている南極氷床コアの水素同位体比[7]に基づいて整理された年平均気温の変化量の変動グラフを用いて設定する。将来の気温の変動曲線を第 7 図に示す。同図から，最も可能性が高い設定では約 8 万年後に氷期最盛期になると想定する。

将来の亜氷期までの時間は，過去 4 回の間氷期最盛期から亜氷期及び氷期最盛期までの時間の平均値から 1 万年と設定する。

現在の年平均気温は，水戸地方気象台の観測値（1991 年～2020 年）の平均値とする。

将来の氷期最盛期の気温は，吉田他（2011）[18]における茨城県の花室川における花粉分析結果及び松末他（2000）[19]の暖かさの指数に基づくと，年平均気温は－0.6℃～3.6℃となるが，埋設地付近が亜寒帯針葉樹林群集と冷温帯～亜寒帯針葉樹林群集の境界付近であったとすると，亜寒帯針葉樹林群集と冷温帯～亜寒帯針葉樹林群集の閾値である暖かさの指数 46（月・℃）が妥当と判断される。このため，暖かさの指数の 46（月・℃）を用いて設定する。

また，将来の亜氷期の気温は，過去 4 回の亜氷期における気温変動割合の平均値から設定する。

1,000 年後の気温は，現在から亜氷期までの時間及び気温変動割合の平均値を結んだ直線を用いて求める。

ⅱ．温暖期継続ケース

温暖期継続ケースにおいては，初期に人間活動により温度が上昇し，その後一定となり，温暖期がその後継続すると想定する。

温暖期継続ケースの気温は，人間活動による影響を考慮したＩＰＣＣ（2021）[15]による温暖化の知見及び過去30年間の敷地周辺の年平均気温を考慮して設定する。

（ｄ） 最も厳しい設定

ⅰ．寒冷化ケース

将来の気温の変動曲線を第8図に示す。同図から，最も厳しい設定では約6万年後に氷期最盛期になると想定する。

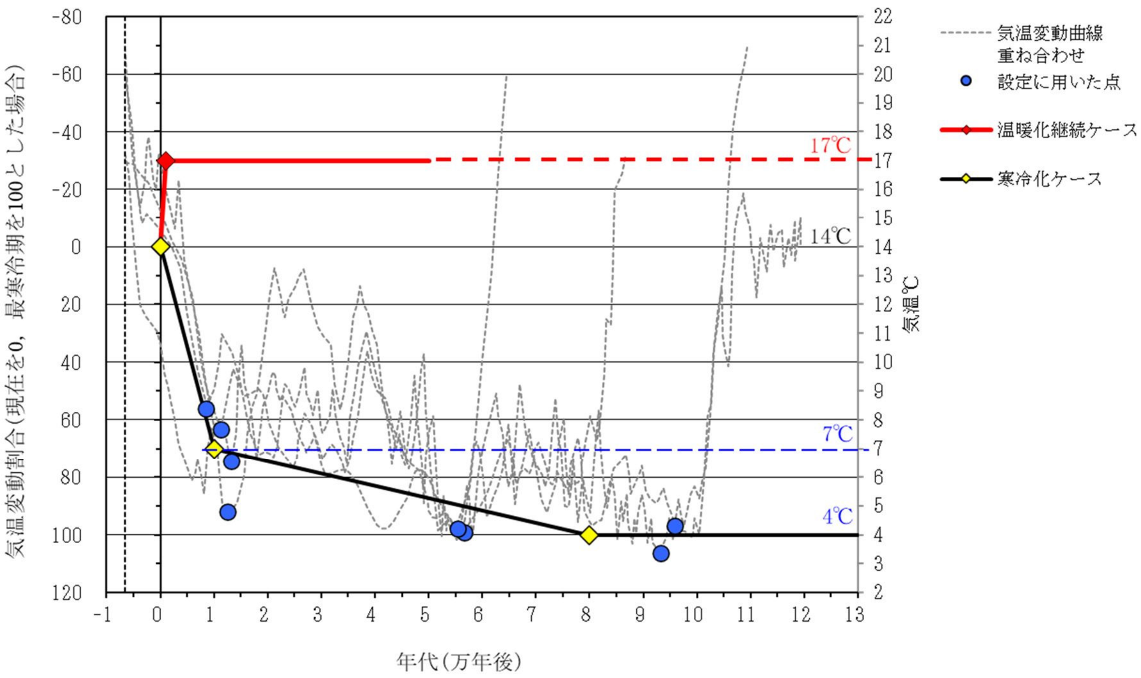
気温は低下量が大きく，低下時期が早いほど保守的な設定となるため，最も厳しい設定における将来の亜氷期までの時間は，過去4回の間氷期最盛期から亜氷期までの時間の最短値から設定する。

最も厳しい設定における現在の年平均気温及び将来の氷期最盛期の気温は，後述する気温と降水量の相関性の不確かさを考慮した方が希釈水量は少なくなるため，最も厳しい設定には最も可能性が高い設定の気温を用いる。また，将来の亜氷期の気温は，気温の低下量が大きいほど保守的となるため，過去4回の亜氷期における気温変動割合の最大値から設定する。

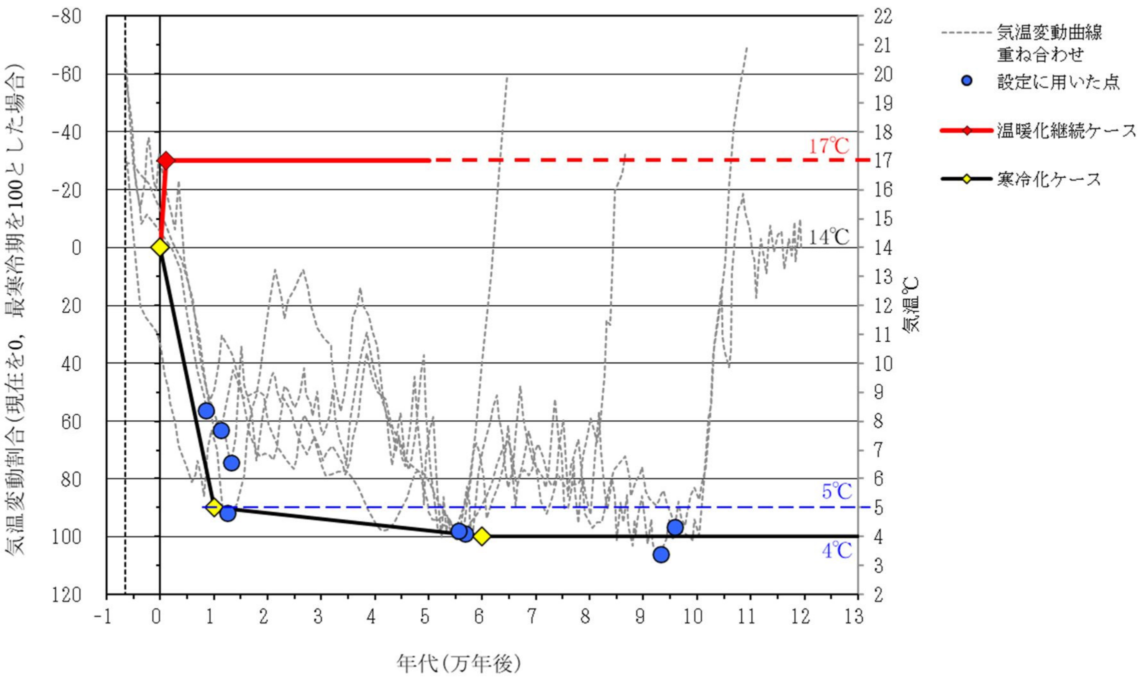
1,000年後の気温は，現在から亜氷期までの時間の最短値及び気温変動割合の最大値を結んだ直線を用いて求める。

ⅱ．温暖期継続ケース

後述する降水量の状態設定における気温と降水量の相関関係において，不確かさを考慮した方がかん養量は多くなることから，ここでは最も可能性が高い設定の気温を用いる。



第７図　将来の気温の変動曲線（最も可能性が高い設定）



第８図　将来の気温の変動曲線（最も厳しい設定）

b．気温変化

（a） 最も可能性が高い設定

ｉ．寒冷化ケース

最も可能性が高い設定における現在の年平均気温は，水戸地方気象台の観測値（1991年～2020年）の平均値である14℃とする。

吉田他（2011）[18]及び松末他（2000）[19]に基づき，廃棄物埋設地が亜寒帯針葉樹林群衆と冷温帯～亜寒帯針葉樹林群衆の境界付近であると想定し，亜寒帯針葉樹林群集と冷温帯～亜寒帯針葉樹林群集の閾値である暖かさ指数46（月・℃）を用いて最終氷期最盛期の年平均気温を推定すると，3.6℃であった（第9図参照）。このことから，将来の氷期最盛期の年平均気温は4℃とする。

現在から氷期最盛期への気温の変化率を100％とすると，最初の亜氷期における気温低下は氷期最盛期の約 70％にあたるため，亜氷期までの10,000年後までに70％の気温低下が起こると想定した。

10,000年後の亜氷期の気温は，現在の気温（14℃）及び氷期最盛期（4℃）から気温変動割合（70％）を考慮し，7℃となる。

1,000年後の気温は，現在の気温（14℃）から10,000年後の亜氷期における気温（7℃）の変化率を考慮して，13.3℃となることから13℃と設定する。

ⅱ．温暖期継続ケース

核燃料サイクル開発機構（1999）[21]では，日本海側及び中日本気候区の例で6,000年前頃（HT期に相当）には，＋2℃～＋3℃に達したとされている。また，ＩＰＣＣ（2021）[15]にて，「温室効果ガスの抑制のための気候政策を導入するが，2030 年までの各国の自国決定貢献（ＮＤＣ）の排出量の上限とするシナリオ（SSP2-4.5）」では，

最良推定値が 2.7℃である（第 5 表参照）。

よって，過去 30 年間の敷地周辺の年平均気温である 14℃に，気温の上昇値として保守的に 3℃を加えた 17℃を最も可能性が高い設定とする。

(b)　最も厳しい設定

ⅰ．寒冷化ケース

最も厳しい設定における現在の年平均気温は，水戸地方気象台の観測値(1991 年～2020 年)の年平均気温の最低値である 13℃となるが，降水量の不確かさを考慮した方が希釈水量は少なくなるため，最も可能性が高い設定の 14℃と設定する。

将来の氷期最盛期の年平均気温の最も厳しい設定は，松末他（2000）(19)における現在と過去の氷期の気温差の最大値が約 13℃であったことから，敷地周辺における 1991 年～2020 年の年平均気温の最低値である 13℃から現在と過去の氷期の気温差の最大値 13℃を低下させると 0℃となる。しかし，氷期最盛期は主な評価対象期間より 1 万年以上先であること，降水量の状態設定においては気温と降水量の相関関係の不確かさを考慮することから，ここでは最も可能性が高い設定の気温である 4℃と設定する。

現在から氷期最盛期への気温の変化率を 100%とすると，最初の亜氷期における気温低下は氷期最盛期の約 90%にあたるため，亜氷期までの 1 万年後までに 90%の気温低下が起こると想定した。

10,000 年後の亜氷期の気温は，現在の気温（14℃）及び氷期最盛期（4℃）からの気温変動割合（90%）を考慮し，5℃となる。

1,000 年後の気温は，現在の気温（14℃）から 10,000 年後の亜氷期における気温(5℃)の変化率を考慮して，13.1℃となることから 13℃

と設定する。

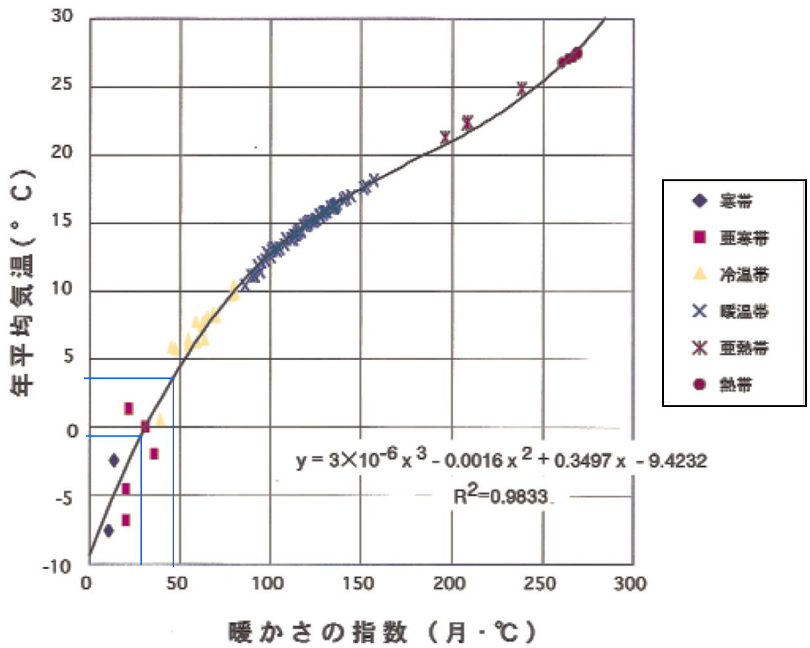
ⅱ．温暖期継続ケース

かん養量の観点から保守的となるよう，気温変動の不確かさと気温と降水量の相関性の不確かさを踏まえて設定する。

気温変動の不確かさを考慮する場合，「温室効果ガスの抑制のための気候政策を導入するが，2030年までの各国の自国決定貢献（ＮＤＣ）の排出量の上限とするシナリオ（SSP2-4.5）」（ＩＰＣＣ（2021）[15]）において最高値が3.5℃であるため（第5表参照），1,000年後の気温の上昇値を保守的に4℃とし，過去30年間の水戸地方気象台の年平均気温である14℃に気温上昇4℃を加えると18℃となる。

しかし，降水量の設定で後述するように，気温と降水量の相関性の不確かさを考慮した方がかん養量は多くなる。このため，気温の状態設定においては，気温変動の不確かさは考慮せず，最も可能性が高い設定と同様に17℃とする。

暖かさ指数 月・℃	氷期最盛期 年平均気温 ① ℃
29.0	−0.6
46.0	3.6



松末他（2000）[19]に加筆

第９図　暖かさの指数と平均気温の関係

第５表　2100 年までの世界平均気温の上昇

	短期、2021～2040 年		中期、2041～2060 年		長期、2081～2100 年	
シナリオ	最良推定値（℃）	*可能性が非常に高い範囲*（℃）	最良推定値（℃）	*可能性が非常に高い範囲*（℃）	最良推定値（℃）	*可能性が非常に高い範囲*（℃）
SSP1-1.9	1.5	1.2 – 1.7	1.6	1.2 – 2.0	1.4	1.0 – 1.8
SSP1-2.6	1.5	1.2 – 1.8	1.7	1.3 – 2.2	1.8	1.3 – 2.4
SSP2-4.5	1.5	1.2 – 1.8	2.0	1.6 – 2.5	2.7	2.1 – 3.5
SSP3-7.0	1.5	1.2 – 1.8	2.1	1.7 – 2.6	3.6	2.8 – 4.6
SSP5-8.5	1.6	1.3 – 1.9	2.4	1.9 – 3.0	4.4	3.3 – 5.7

※1850 年～1900 年の世界平均気温との対比

ＩＰＣＣ（2021）[（１５）]

ｃ．気温の状態設定

上記の現在及び氷期最盛期の気温並びに気温の変動曲線を踏まえ，最も可能性が高い設定及び最も厳しい設定において，寒冷化ケースにおける 1,000 年後の気温を 13℃と設定する。

また，最も可能性が高い設定及び最も厳しい設定において，温暖期継続ケースにおける 1,000 年後の気温を 17℃と設定する。

気温の状態設定結果を第６表に示す。

第６表　気温の状態設定値

ケース		モデル化時期	気温（℃）
寒冷化ケース	最も可能性が高い設定	1,000 年後	13
	最も厳しい設定	1,000 年後	13
温暖期継続ケース	最も可能性が高い設定	1,000 年後	17
	最も厳しい設定	1,000 年後	17

（２）降水量

降水量の変化は廃棄物埋設地を直接損傷させることはないが，降水量の変化により，かん養量及び地下水位（地下水流動）に影響する可能性があることから，降水量の変化を長期変動事象として考慮し，将来の降水量を設定する。

ａ．降水量の設定に関する考え方

気温と降水量との関係には，正の相関がある[20]。また，地形等の気候因子も降水量と相関がある。したがって，敷地周辺と地形等が類似した地点のデータを用いることで，その影響を除けば，気温と降水量との相関関係が求められる。そこで，将来の降水量の設定に当たっては，敷地周辺と気候因子が類似する地点の気温と降水量の関係に基づき，将来の気温に対応する降水量を設定する。将来の気温は，「（１）ｃ．気温の状態設定」で設定した値を用いる。

敷地周辺の水戸地方気象台と気候因子が類似する地点の現在の気温と降水量の関係を求める。

気象庁のホームページから過去 30 年間（1991 年～2020 年）における 63 地点（北海道：27 地点，青森県：6 地点，岩手県：8 地点，宮城県：7 地点，福島県：4 地点，茨城県：5 地点，千葉県：6 地点）のデータを収集し，水戸地方気象台の観測地点と地形的に大きく異なる地点を排除した。

気候因子が類似する地点の判断に使用した項目は以下のとおりである。

① 東日本の太平洋側からオホーツク海側に位置すること。

② アリソフの気候区分が寒帯～温帯であること。

③ 陸度（半径 50 km 円内の陸域の占める割合）が 1／10～9／10 であること。

④ 開放度（半径 15 km 円内で対象地点より標高が 200 m 以上高い範囲を

除く角度）が 240°～360°であること。

上記条件で抽出された 41 地点の年平均気温と年降水量を整理し（第 7 表参照），41 地点の年平均気温と年降水量の関係（第 10 図参照）を指数回帰式で表した。

気象データは，1991 年～2020 年の 30 年間の平年値データを使用する。平年値を用いた理由は，平年値がその時々の気象や天候を評価する基準として利用され，その地点の気候を表す値として用いられること，局地的な短期変動が除去できるなど平均値としての安定性・均質性が考慮されているためである。

なお，将来の降水量は，年平均気温と年降水量との関係から求めるため，寒冷化ケース及び温暖期継続ケースは同様の指数回帰式で設定する。

(a)　最も可能性が高い設定

41 地点の気温と年降水量の関係は指数回帰式（第 10 図の中央の近似曲線）で表されることから，最も可能性が高い設定においてはこの指数回帰式を用いて設定する。

(b)　最も厳しい設定

最も厳しい設定においては，気温と降水量の関係のばらつきを考慮し，寒冷化ケースにおいては希釈水量が少なくなるように，気温と降水量の下限値（第 10 図の下側の近似曲線）の指数回帰式を，また，温暖期継続ケースにおいてはかん養量が多くなるように気温と降水量の上限値の指数回帰式（第 10 図の上側の近似曲線）を，それぞれ用いて設定する。

b．降水量の変化

(a)　最も可能性が高い設定

ⅰ．寒冷化ケース

寒冷化ケースの将来の降水量は，第 10 図に示す指数回帰式（中央）及び最も可能性が高い設定における気温の状態設定値（13.3℃）から，1,000 年後に 1,410 mm／y と設定する。

ⅱ．温暖期継続ケース

温暖期継続ケースの将来の降水量は，第 10 図に示す指数回帰式（中央）及び最も可能性が高い設定における気温の状態設定値（17℃）から，1,000 年後に 1,660 mm／y と設定する。

(b)　最も厳しい設定

ⅰ．寒冷化ケース

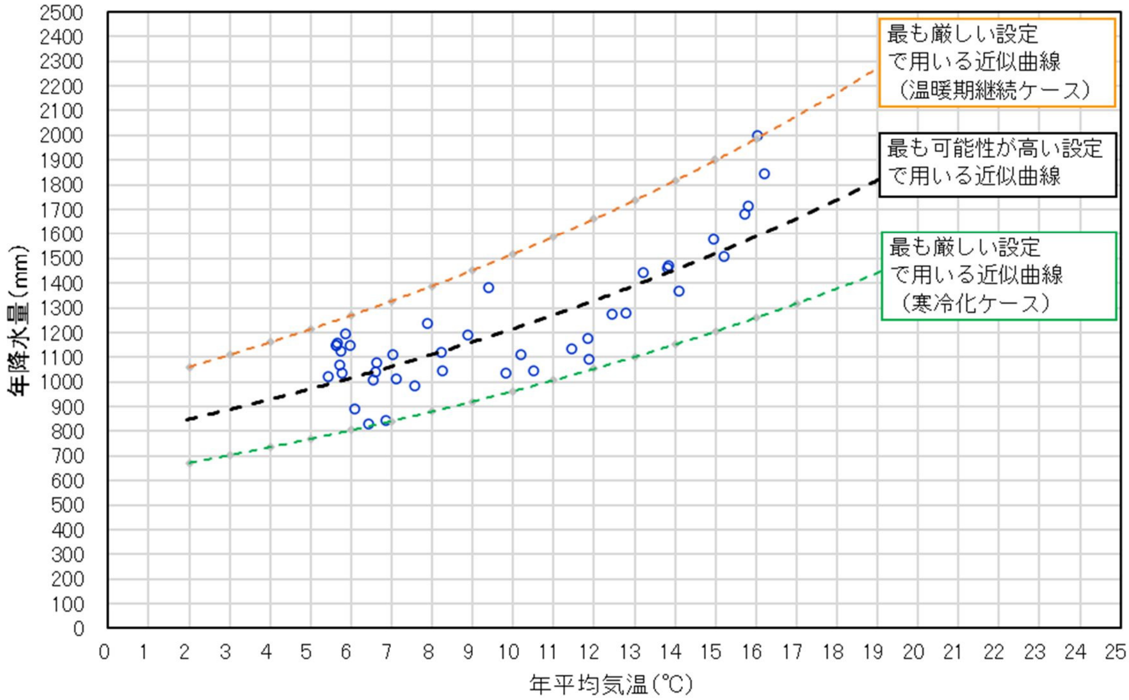
寒冷化ケースの将来の降水量は，第 10 図に示す指数回帰式（下側）及び最も厳しい設定における気温の状態設定値（13.1℃）から，1,000 年後に 1,110 mm／y と設定する。

ⅱ．温暖期継続ケース

温暖期継続ケースの将来の降水量は，第 10 図に示す指数回帰式（上側）及び最も厳しい設定における気温の状態設定値（17℃）から，1,000 年後に 2,080 mm／y と設定する。

第７表　敷地周辺と類似する気候因子を持つ地点の気温と降水量

	地点	年平均気温(℃)	年降水量(mm/y)
1	北海道　宗谷岬	6.4	827.8
2	北海道　稚内	7.0	1109.2
3	北海道　網走	6.9	844.2
4	北海道　標津	5.6	1148.0
5	北海道　別海	6.0	1148.4
6	北海道　根室	6.6	1040.4
7	北海道　厚床	5.7	1158.8
8	北海道　榊町	5.8	1035.2
9	北海道　太田	5.9	1195.2
10	北海道　白糠	5.8	1124.8
11	北海道　釧路	6.6	1080.1
12	北海道　池田	6.1	890.9
13	北海道　浦幌	6.5	1005.9
14	北海道　糠内	5.4	1022.9
15	北海道　大津	5.7	1066.2
16	北海道　大樹	5.6	1146.0
17	北海道　苫小牧	7.9	1239.2
18	北海道　鵡川	7.1	1010.6
19	北海道　室蘭	8.9	1188.9
20	北海道　日高門別	7.6	983.7
21	北海道　静内	8.3	1043.3
22	北海道　浦河	8.2	1118.3
23	青森県　六ヶ所	9.4	1383.3
24	青森県　三沢	10.2	1110.2
25	青森県　十和田	9.8	1038.0
26	青森県　八戸	10.5	1045.1
27	宮城県　鹿島台	11.4	1134.5
28	宮城県　石巻	11.9	1091.3
29	宮城県　塩釜	11.8	1175.0
30	宮城県　仙台	12.8	1276.7
31	宮城県　亘理	12.4	1272.2
32	福島県　小名浜	13.8	1461.2
33	茨城県　北茨城	13.2	1444.3
34	茨城県　水戸	14.1	1367.7
35	茨城県　鉾田	13.8	1468.5
36	茨城県　鹿嶋	14.9	1576.6
37	千葉県　銚子	15.8	1712.4
38	千葉県　横芝光	15.2	1509.4
39	千葉県　茂原	15.7	1682.4
40	千葉県　勝浦	16.0	1999.2
41	千葉県　館山	16.2	1845.9



第 10 図　敷地周辺と類似する気候因子を持つ地点の気温と年降水量の相関

ｃ．降水量の状態設定

降水量の状態設定結果を第 8 表に示す。

第 8 表　降水量の状態設定値

ケース		モデル化時期	気温（℃）	降水量（mm／y）
寒冷化ケース	最も可能性が高い設定	1,000 年後	13※	1,410
	最も厳しい設定	1,000 年後	13※	1,110
温暖期継続ケース	最も可能性が高い設定	1,000 年後	17	1,660
	最も厳しい設定	1,000 年後	17	2,080

※：寒冷化ケースにおける降水量の算出において，最も可能性が高い設定及び最も厳しい設定の気温は，それぞれ 13.3℃及び 13.1℃を用いる。

（３）地下水位（地下水流動）

地下水位（地下水流動）は廃棄物埋設地を直接損傷させることはないが，地下水位（地下水流動）の変化に伴い地下水流速に影響する可能性がある。地下水流速は,廃棄物埋設地から漏出した放射性物質の地下水での希釈水量に関係し，希釈水量は被ばく線量評価に影響する。このため，地下水位（地下水流動）を長期変動事象として考慮し，将来の地下水位，動水勾配及び地下水流速を設定する。

ａ．地下水位，動水勾配及び地下水流速の設定に関する考え方

廃棄物埋設地付近には砂丘砂層が分布しており, 廃棄物埋設地は砂丘砂層中に設置される。廃棄物埋設地の周辺を流動する地下水は，敷地の西側に分布する台地から流動してくる地下水と敷地内の降水のかん養が主な供給源となっている。廃棄物埋設地周辺の地下水は，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。廃棄物埋設地の地下水位は，いずれも廃棄物埋設地底面レベルを上回ったことはない。1,000 年後の将来の地形は現状とほぼ同様と考えられるため，将来においても廃棄物埋設地周辺の地下水は，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。

廃棄物埋設地周辺の地下水位観測の結果に基づき, 動水勾配及び地下水流速を評価する。

将来の地下水位，動水勾配及び地下水流速の設定においては，気候変化として寒冷化ケースと温暖期継続ケースが想定され，それぞれのケースにおける降水量に応じて地下水位が変動し，動水勾配及び地下水流速に影響を与えると考えられる。このため，将来の地下水位，動水勾配及び地下水流速は以下の方法により設定する。

① 過去の記録に基づき，12ヶ月間の降水量と廃棄物埋設地直下の平均地

下水位の相関を設定する。

② 廃棄物埋設地直下の平均地下水位と，廃棄物埋設地の上流と下流の地下水位から算出した年平均動水勾配の相関を設定する。

③ 将来の降水量の設定に基づき，①及び②で設定した相関を用いて，地下水位，動水勾配及び地下水流速を設定する。

なお，長期の状態設定においては，液状化及び隆起・沈降運動が地下水流動に影響する可能性がある。液状化については，敷地周辺の設置地盤に分布する砂層や砂礫層がほぼ水平成層に分布していることから，液状化に関わる沈下は水平方向にほぼ一様に生じると考えられる。隆起・沈降運動については，敷地周辺の隆起運動が大局的であることから，一様に生じると考えられる。このため，液状化及び隆起運動が地下水流速の設定に影響することはない。

b．地下水位，動水勾配及び地下水流速の変化

(a)　降水量と地下水位の関係

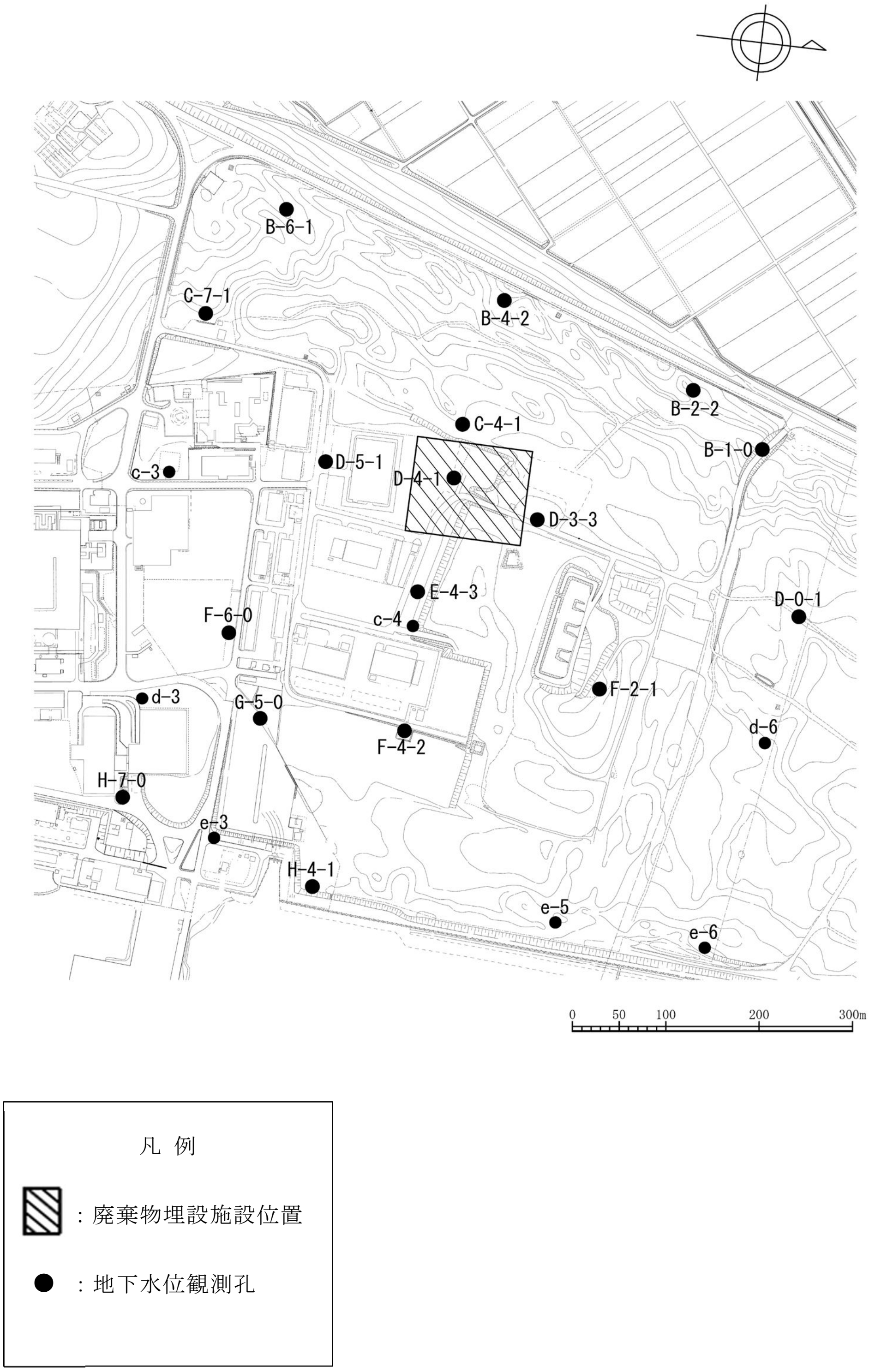
廃棄物埋設地の周辺を流動する地下水は，敷地の西側に分布する台地から流動してくる地下水と敷地内の降水のかん養が主な供給源となっているため，降水量と地下水位の変動については相関性があると考えられる。

12ヶ月間の降水量と廃棄物埋設地のほぼ中央に位置する地下水位観測孔（D-4-1孔（第11図参照））の12ヶ月間の平均地下水位との相関を設定した。相関の設定においては，12ヶ月間の期間の設定を1ヶ月ずつずらして相関関係を確認し，最も相関がよくなる10月から翌年9月の12ヶ月間の降水量と平均地下水位を用いた。

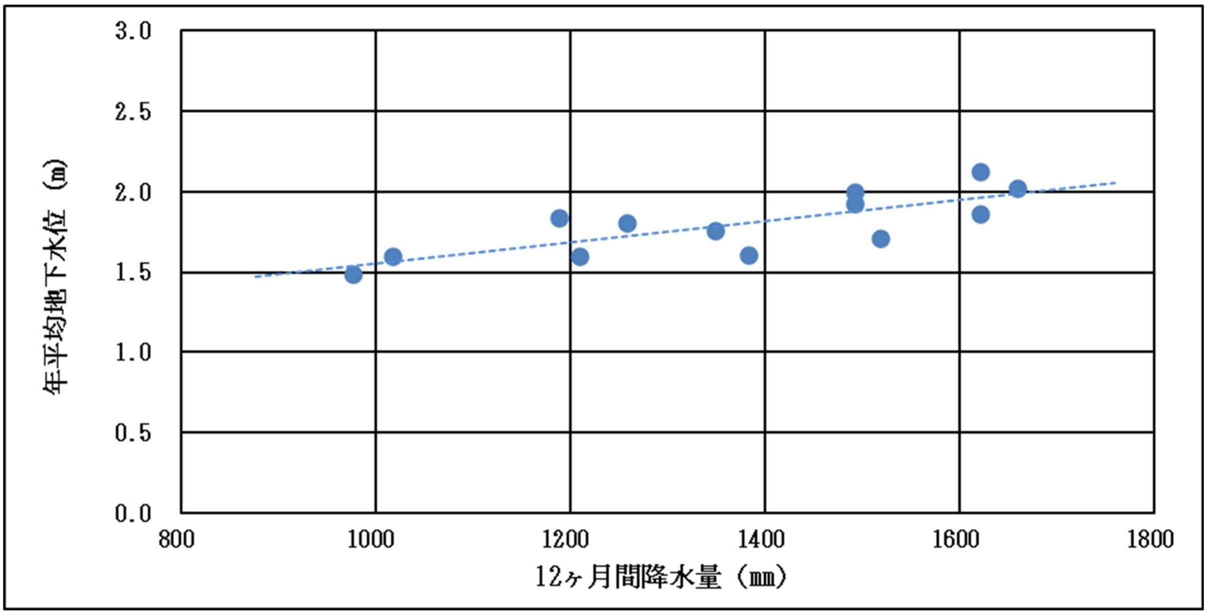
設定した相関を第12図に，相関の設定に用いた12ヶ月間の降水量と平

均地下水位を第9表に示す。

　将来の廃棄物埋設地の地下水位は，設定した相関に基づき，「（２）ｃ．降水量の状態設定」で設定した将来の降水量を用いて設定する。



第 11 図　地下水位観測孔位置図



第 12 図　12 ヶ月間降水量と平均地下水位との相関

第 9 表　相関の設定に用いた 12 ヶ月間降水量と平均地下水位

期間	12ヶ月間降水量 (mm)	D-4-1孔水位(平均) (T.P.m)
2006年10月～2007年9月	1620.0	2.13
2007年10月～2008年9月	1257.5	1.81
2008年10月～2009年9月	1188.0	1.84
2009年10月～2010年9月	1659.0	2.03
2010年10月～2011年9月	1621.0	1.87
2011年10月～2012年9月	1491.5	1.93
2012年10月～2013年9月	1209.0	1.60
2013年10月～2014年9月	1491.5	2.00
2014年10月～2015年9月	1349.0	1.76
2015年10月～2016年9月	1382.5	1.61
2016年10月～2017年9月	1017.0	1.60
2017年10月～2018年9月	1518.5	1.72
2018年10月～2019年9月	976.5	1.49

(b)　地下水位と動水勾配の関係

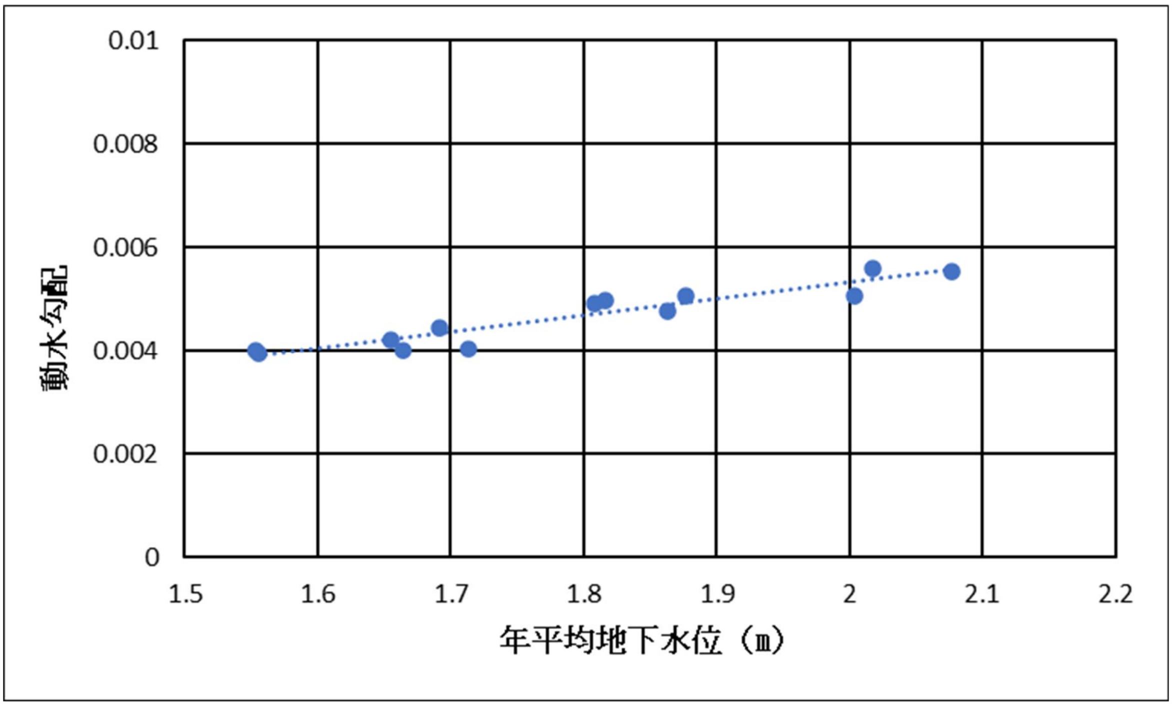
廃棄物埋設地の周辺を流動する地下水は，降水量が供給源となり，廃棄物埋設地の西側から東側の海域へ向かって流動しており，廃棄物埋設地周辺の水収支の状況は，降水量の多少により地下水位が上下すると共に，動水勾配も上下すると考えられる。このため，地下水位と動水勾配の変動については相関があると考えられる。

地下水位観測孔（D-4-1孔）の年平均地下水位と年間の動水勾配との相関を設定した。

年間の動水勾配は，廃棄物埋設地の上流側の地下水位観測孔（C-4-1孔（第11図参照））と下流側の地下水位観測孔（c-4孔（第11図参照））の日々の観測値の水位差を，C-4-1孔からc-4孔間の距離で除して算出し，それらを平均して設定した。

設定した相関を第13図に，相関の設定に用いた年平均地下水位と年間の動水勾配を第10表に示す。

将来の廃棄物埋設地の動水勾配は，設定した相関に基づき，「(a)　降水量と地下水位の関係」で設定した将来の降水量を用いて設定する。



第 13 図　年平均地下水位と年間の動水勾配の相関

第 10 表　相関の設定に用いた年平均地下水位と年間の動水勾配

年	D-4-1孔水位（平均）（T.P.m）	動水勾配（平均）
2007	2.02	0.00559
2008	1.82	0.00497
2009	1.88	0.00506
2010	2.08	0.00554
2011	1.81	0.00491
2012	1.86	0.00477
2013	1.65	0.00421
2014	2.00	0.00508
2015	1.71	0.00402
2016	1.66	0.00399
2017	1.56	0.00395
2018	1.69	0.00443
2019	1.55	0.00401

(c)　動水勾配と地下水流速の関係

将来の地下水流速は,「(b) 地下水位と動水勾配の関係」にて算出した動水勾配に，廃棄物埋設地近傍で行った揚水試験で得られた透水係数を用いて，ダルシー流速を算出することで設定する。透水係数は，揚水試験結果の算術平均値3.23×10^{-2}（cm／s）を用いた。

(d)　最も可能性が高い設定

ⅰ．寒冷化ケース

寒冷化ケースにおける将来の地下水位，動水勾配及び地下水流速は，最も可能性が高い設定における寒冷化ケースの 1,000 年後の降水量の状態設定値から第 11-1 表のとおり設定する。

第 11-1 表　最も可能性が高い設定（寒冷化ケース）の地下水位，動水勾配及び地下水流速

降水量 (mm)	地下水位 (T.P.　m)	動水勾配 (－)	地下水流速 (m／y)
1,410	＋1.83	4.77×10^{-3}	48.5

ⅱ．温暖期継続ケース

温暖期継続ケースにおける将来の地下水位，動水勾配及び地下水流速は，最も可能性が高い設定における温暖期継続ケースの 1,000 年後の降水量の状態設定値から第 11-2 表のとおり設定する。

第 11-2 表　最も可能性が高い設定（温暖期継続ケース）の地下水位，

動水勾配及び地下水流速

降水量 （mm）	地下水位 （T.P.　m）	動水勾配 （－）	地下水流速 （m／y）
1,660	＋1.99	5.30×10^{-3}	54.0

(e)　最も厳しい設定

ｉ．寒冷化ケース

寒冷化ケースにおける将来の地下水位，動水勾配及び地下水流速は，最も厳しい設定における寒冷化ケースの 1,000 年後の降水量の状態設定値から第 11-3 表のとおり設定する。

第 11-3 表　最も厳しい設定（寒冷化ケース）の地下水位，

動水勾配及び地下水流速

降水量 （mm）	地下水位 （T.P.　m）	動水勾配 （－）	地下水流速 （m／y）
1,110	＋1.63	4.12×10^{-3}	42.0

ⅱ．温暖期継続ケース

温暖期継続ケースにおける将来の地下水位，動水勾配及び地下水流速は，最も厳しい設定における温暖期継続ケースの 1,000 年後の降水量の状態設定値から第 11-4 表のとおり設定する。

第 11-4 表　最も厳しい設定（温暖期継続ケース）の地下水位，

動水勾配及び地下水流速

降水量 （mm）	地下水位 （T.P.　m）	動水勾配 （－）	地下水流速 （m／y）
1,320	＋1.77	4.57×10^{-3}	46.6

ｃ．地下水位，動水勾配及び地下水流速の状態設定

地下水位，動水勾配及び地下水流速の状態設定結果を第 12 表に示す。地下水位，動水勾配及び地下水流速は希釈水量に関連しており，降水量が少ない方が希釈水量も少なくなるため保守的となる。したがって，地下水位，動水勾配及び地下水流速の設定値は寒冷化ケースを状態設定の対象とする。

第 12 表　地下水位，動水勾配及び地下水流速の状態設定値

ケース		モデル化時期	気温（℃）	降水量（mm）	地下水位（T.P.　m）	動水勾配（－）	地下水流速（m／y）
寒冷化ケース	最も可能性が高い設定	1,000 年後	13	1,410	＋1.8	4.77×10^{-3}	49
	最も厳しい設定	1,000 年後	13	1,110	＋1.6	4.12×10^{-3}	42

（４）蒸発散量

蒸発散量は，かん養量の設定に必要となるため設定する。

ａ．蒸発散量の設定に関する考え方

蒸発散量は，「添付資料１　水理」に基づいて，ソーンスウェイト法[22]により求められる（第13表参照）。

ソーンスウェイト法で算出される可能蒸発散量は，一般的には水収支式で求めた発散量よりも大きいことから，一般的な補正係数を用いてソーンスウェイト法で算出される可能蒸発散量を補正して蒸発散量を設定する。

可能蒸発散量は植物で完全に覆われた地表面に十分に水分を供給した時の蒸発散量であり，実際の蒸発散量は地表面（土地利用や植生分布等）における経験的係数を可能蒸発散量に乗じて算出されることが多い。本検討における敷地周辺の蒸発散量は，後述するかん養量の設定において保守的に降雨浸透水量が多くなるように，日本において用いられることが多い係数 0.6～0.7[23]より係数 0.6 を用いて，ソーンスウェイト法で算出される可能蒸発散量に係数 0.6 を乗じて蒸発散量を設定する。

将来の蒸発散量は，「（２）降水量」に示す敷地周辺と気候因子が類似した 41 地点の年平均気温から可能蒸発散量を計算し，実蒸発散量と可能蒸発散量の比 0.6 を用いて, 41 地点の年平均気温と蒸発散量の関係を得た（第 14 図参照）。

ここで，蒸発散量の計算に使用する気温は，「（１）ｃ．気温の状態設定」で求めた現在及び 1,000 年後の気温の状態設定値から設定する。

ここで用いる 41 地点の年平均気温は，「（２）降水量」の状態設定と同様に，1991 年～2020 年の気象データの年平均気温である。

41 地点の年平均気温と蒸発散量の関係式は，ソーンスウェイト法を用いて可能蒸発散量を算出し，上記で求めた実蒸発散量と可能蒸発散量の比

0.6 を考慮した蒸発散量を用いて作成する（第 14 表及び第 14 図参照）。

将来の蒸発散量は，この関係式から，最も可能性が高い設定又は最も厳しい設定の気温を用いて設定する。

(a)　最も可能性が高い設定

敷地周辺と類似した気候因子を持つ 41 地点の蒸発散量と年平均気温の関係式から，最も可能性が高い設定における将来の気温の状態設定値を用いて設定する。

(b)　最も厳しい設定

敷地周辺と類似した気候因子を持つ 41 地点の蒸発散量と年平均気温の関係式から，最も厳しい設定における将来の気温の状態設定値を用いて設定する。

第 13 表　水戸地方気象台の気温データに基づきソーンスウェイト法により求めた可能蒸発散量と蒸発散量の設定

年	年平均気温(℃)	年降水量(mm/y)	可能蒸発散量(mm/y)	蒸発散量(mm/y)
1991	14.0	1954.5	769.2	461.5
1992	13.5	1327.5	741.6	445.0
1993	12.9	1393.5	714.9	428.9
1994	14.3	1236.5	799.5	479.7
1995	13.6	1254.0	752.9	451.8
1996	13.0	1162.5	728.8	437.3
1997	14.0	1073.5	769.3	461.6
1998	14.1	1663.5	772.3	463.4
1999	14.5	1272.0	806.8	484.1
2000	14.2	1400.0	788.4	473.1
2001	13.7	1243.5	771.5	462.9
2002	14.0	1180.0	775.1	465.0
2003	13.3	1439.0	736.2	441.7
2004	14.4	1406.5	787.7	472.6
2005	13.4	1147.0	757.0	454.2
2006	13.9	1671.5	767.7	460.6
2007	14.4	1367.0	786.4	471.8
2008	13.9	1181.0	762.7	457.6
2009	14.2	1461.0	773.3	464.0
2010	14.5	1530.5	805.6	483.4
2011	14.1	1498.5	788.2	472.9
2012	13.9	1485.5	783.2	469.9
2013	14.3	1338.0	788.4	473.0
2014	14.2	1471.0	785.2	471.1
2015	14.8	1226.5	805.8	483.5
2016	14.8	1426.0	809.4	485.6
2017	14.2	1126.5	787.5	472.5
2018	15.3	1282.5	843.2	505.9
2019	14.9	1391.0	812.6	487.6
2020	15.0	1422.0	813.4	488.1
30年平均	**14.1**	**1367.7**	**779.5**	**467.7**

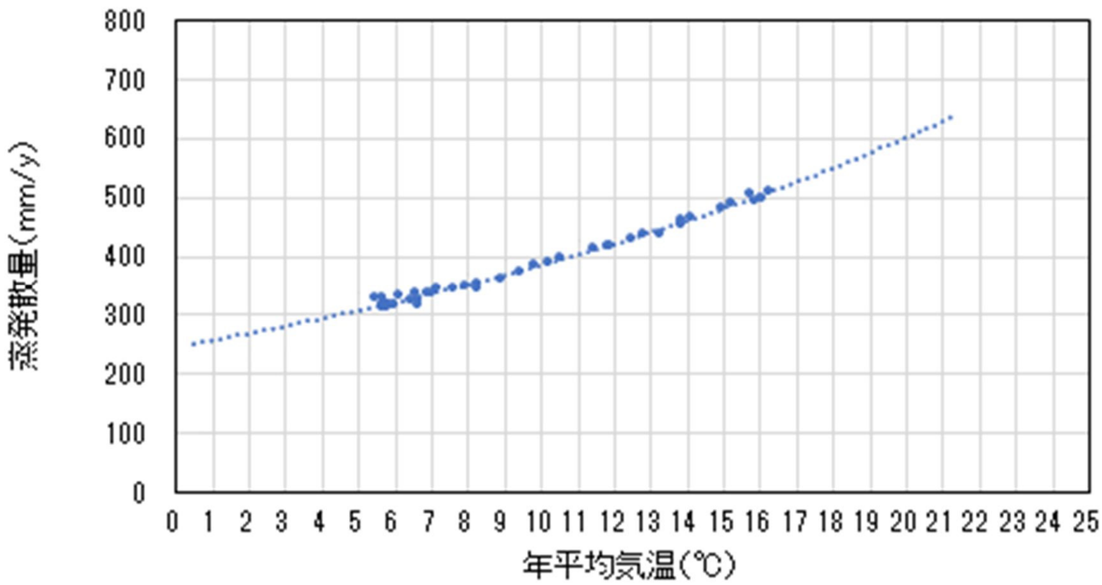
※蒸発散量＝可能蒸発散量×0.6

第 14 表　敷地周辺と類似する気候因子を持つ地点の

気象データに基づく年平均気温と蒸発散量の設定

	地点	年平均気温(℃)	年降水量(mm/y)	可能蒸発散量(mm/y)	蒸発散量(mm/y)
1	北海道　宗谷岬	6.4	827.8	543.1	325.9
2	北海道　稚内	7.0	1109.2	561.2	336.7
3	北海道　網走	6.9	844.2	564.2	338.5
4	北海道　標津	5.6	1148.0	530.3	318.2
5	北海道　別海	6.0	1148.4	529.4	317.7
6	北海道　根室	6.6	1040.4	529.9	318.0
7	北海道　厚床	5.7	1158.8	521.5	312.9
8	北海道　榊町	5.8	1035.2	520.0	312.0
9	北海道　太田	5.9	1195.2	528.0	316.8
10	北海道　白糠	5.8	1124.8	527.5	316.5
11	北海道　釧路	6.6	1080.1	543.2	325.9
12	北海道　池田	6.1	890.9	559.7	335.8
13	北海道　浦幌	6.5	1005.9	563.0	337.8
14	北海道　糠内	5.4	1022.9	552.6	331.6
15	北海道　大津	5.7	1066.2	534.1	320.5
16	北海道　大樹	5.6	1146.0	549.0	329.4
17	北海道　苫小牧	7.9	1239.2	582.2	349.3
18	北海道　鵡川	7.1	1010.6	577.3	346.4
19	北海道　室蘭	8.9	1188.9	601.5	360.9
20	北海道　日高門別	7.6	983.7	580.1	348.1
21	北海道　静内	8.3	1043.3	592.4	355.4
22	北海道　浦河	8.2	1118.3	579.7	347.8
23	青森県　六ヶ所	9.4	1383.3	621.3	372.8
24	青森県　三沢	10.2	1110.2	649.8	389.9
25	青森県　十和田	9.8	1038.0	642.9	385.7
26	青森県　八戸	10.5	1045.1	660.8	396.5
27	宮城県　鹿島台	11.4	1134.5	689.4	413.6
28	宮城県　石巻	11.9	1091.3	699.0	419.4
29	宮城県　塩釜	11.8	1175.0	698.1	418.9
30	宮城県　仙台	12.8	1276.7	733.1	439.9
31	宮城県　亘理	12.4	1272.2	717.6	430.6
32	福島県　小名浜	13.8	1461.2	756.1	453.6
33	茨城県　北茨城	13.2	1444.3	732.9	439.7
34	茨城県　水戸	14.1	1367.7	779.5	467.7
35	茨城県　鉾田	13.8	1468.5	768.9	461.3
36	茨城県　鹿嶋	14.9	1576.6	802.2	481.3
37	千葉県　銚子	15.8	1712.4	823.8	494.3
38	千葉県　横芝光	15.2	1509.4	821.6	493.0
39	千葉県　茂原	15.7	1682.4	842.9	505.8
40	千葉県　勝浦	16.0	1999.2	834.2	500.5
41	千葉県　館山	16.2	1845.9	853.7	512.2

※蒸発散量＝可能蒸発散量×0.6



第 14 図　敷地周辺と類似する気候因子を持つ地点の

気温と蒸発散量の関係

b．蒸発散量の変化

(a)　最も可能性が高い設定

ⅰ．寒冷化ケース

寒冷化ケースの将来の蒸発散量は，第 14 図に示す関係式及び最も可能性が高い設定における寒冷化ケースの気温の状態設定値（13.3℃）から，1,000 年後に 450 mm／y と設定する。

ⅱ．温暖期継続ケース

温暖期継続ケースの将来の蒸発散量は，第 14 図に示す関係式及び最も可能性が高い設定における温暖期継続ケースの気温の状態設定値（17℃）から，1,000 年後に 530 mm／y と設定する。

(b)　最も厳しい設定

ⅰ．寒冷化ケース

寒冷化ケースの将来の蒸発散量は，第 14 図に示す関係式及び最も

厳しい設定における寒冷化ケースの気温の状態設定値(13.1℃)から，1,000 年後に 440 mm／y と設定する。

ⅱ. 温暖期継続ケース

後述するかん養量の状態設定において保守的にかん養量が多くなるように，気温と降水量の相関関係の不確かさ（第 10 図参照）を考慮して，降水量が多くなる設定とする。このため，気温の設定は不確かさを見込まず，最も可能性が高い設定における温暖期継続ケースの気温の状態設定値（17℃）を用いる。温暖期継続ケースの将来の蒸発散量は，最も可能性が高い設定と同様に 1,000 年後に 530 mm／y と設定する。

c. 蒸発散量の状態設定

蒸発散量の状態設定結果を第 15 表に示す。

かん養量が多くなると廃棄物埋設地からの放射性物質の漏出量が増加するため，かん養量が多くなるように降水量が多くなる温暖期継続ケースの状態設定を行う。

第 15 表　蒸発散量の状態設定値

ケース		モデル化時期	気温(℃)	降水量(mm／y)	蒸発散量(mm／y)
温暖期継続ケース	最も可能性が高い設定	1,000 年後	17	1,660	530
	最も厳しい設定	1,000 年後	17	2,080	530

（５）かん養量

かん養量の変化は廃棄物埋設地を直接損傷させることはないが，かん養量が変化すると廃棄物埋設地への浸透水量の変化に伴い廃棄物埋設地からの放射性物質の漏出量に影響する可能性があることから，廃棄物埋設地以外の敷地周辺のかん養量の変化を長期変動事象として考慮し，将来のかん養量を設定する。

ａ．かん養量の設定に関する考え方

将来のかん養量を予測するためには，かん養量変化を推定できる指標が必要である。かん養量は，降水量，蒸発散量及び表面流出量が把握できれば一般的な水収支式より算出することができる。廃棄物埋設地以外の敷地周辺においては概ね水収支式（式（1））が成立していると想定される。

降水量（mm）＝蒸発散量（mm）＋表面流出量（mm）＋かん養量（mm）
＋貯留変化量（mm）…式（1）

ここで，貯留変化量を０ と設定する。

降水量は，「（２）ｃ．降水量の状態設定」で設定した値を用いる。

蒸発散量は，「（４）ｃ．蒸発散量の状態設定」で設定した値を用いる。

表面流出量は，「添付資料１　水理」で設定した値を用いる。表面流出量は，降水量に流出係数を乗じて算出することができる。流出係数については土地利用形態により設定することが一般的であり，文献においてその値が示されている。本検討における廃棄物埋設地以外の敷地周辺の流出係数は，物部（1933）[24]における平らな耕地の流出係数 0.45～0.60 及び日本下水道協会（2009）[25]における住宅公団団地等の中層住宅団地及び一戸建て住宅の多い地域の流出係数 0.50 より 0.50 と設定する。

表面流出量は主に降水量，地形，地盤の水理特性の影響を受けると考えられるが，1,000 年程度までの期間であれば，地形や地盤の水理特性は大きく変化ないことから，表面流出係数は将来も同様とする。

以上より，かん養量は式（2）にて設定する。

かん養量（mm）＝降水量（mm）－蒸発散量（mm）

－表面流出量（mm）…式（2）

「第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則第十三条（ピット処分及びトレンチ処分に係る廃棄物埋設地）第１項第三号及び第四号への適合性について　線量評価パラメータ」で設定する年間浸透水量については，かん養量が多くなると廃棄物埋設地からの放射性物質の漏出量が増加する。このため，かん養量が多くなるように降水量が多くなることを考慮した温暖期継続ケースの状態設定を行う。

ｂ．かん養量の変化

(a)　最も可能性が高い設定

ⅰ．寒冷化ケース

寒冷化ケースにおける将来のかん養量は，最も可能性が高い設定における寒冷化ケースの降水量の状態設定値から，1,000 年後に 260 mm／y と設定する。

ⅱ．温暖期継続ケース

温暖期継続ケースにおける将来のかん養量は，最も可能性が高い設定における温暖期継続ケースの降水量の状態設定値から，1,000 年後に 300 mm／y と設定する。

(b)　最も厳しい設定

ｉ．寒冷化ケース

寒冷化ケースにおける将来のかん養量は，最も厳しい設定における寒冷化ケースの降水量の状態設定値から，1,000 年後に 120 mm／y と設定する。

ⅱ．温暖期継続ケース

温暖期継続ケースにおける将来のかん養量は，最も厳しい設定における温暖期継続ケースの降水量の状態設定値から，1,000 年後に　510 mm／y と設定する。

ｃ．かん養量の状態設定

廃棄物埋設地以外の敷地周辺のかん養量の状態設定結果を第 16 表に示す。

なお，廃棄物埋設地を対象とした蒸発散量及びかん養量の状態設定については，埋設トレンチへの年間浸透水量の設定において，廃棄物埋設施設の設計を踏まえて別途設定する。

第 16 表　かん養量の状態設定値

ケース		モデル化時期	気温(℃)	降水量(mm／y)	蒸発散量(mm／y)	かん養量(mm／y)
温暖期継続ケース	最も可能性が高い設定	1,000 年後	17	1,660	530	300
	最も厳しい設定	1,000 年後	17	2,080	530	510

（６）海水準変動

海水準変動は，廃棄物埋設地を直接損傷させることはないが，海水準変動が生じると，敷地周辺における河川及び海の分布域が変化し，将来の人の生活環境及び生活様式に影響を及ぼすことが想定される。また，海水準変動により侵食基準面が変化することにより,河食に影響する可能性があることから，海水準変動を長期変動事象として考慮し，寒冷化ケース及び温暖期継続ケースにおける海水準の変動時期及び変動量を設定する。

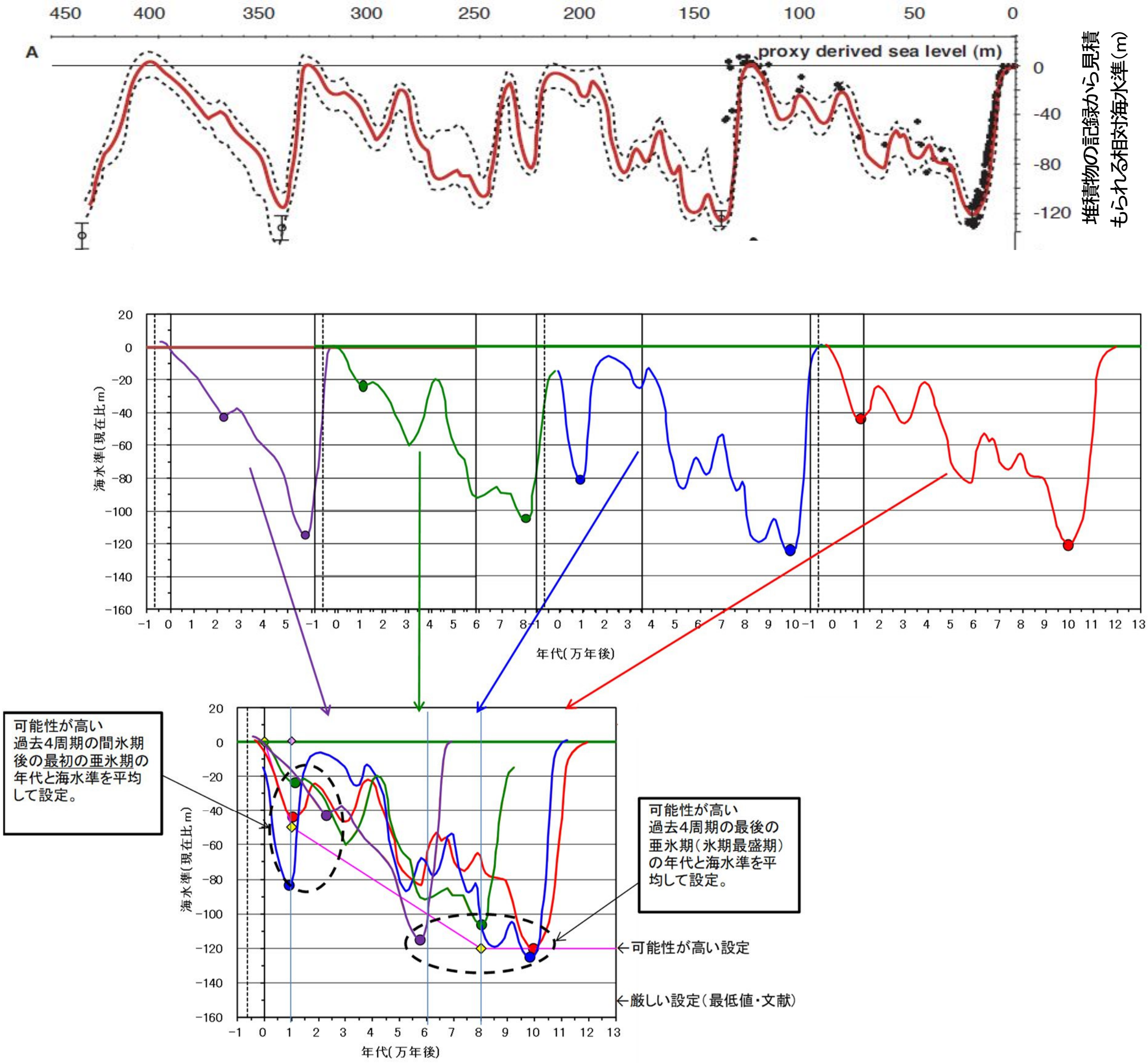
ａ．海水準変動の設定に関する考え方

世界的な海水準変動は，気候変動に伴う大陸氷床の拡大・縮小に伴って生じる現象と考えられており，過去の海水準変動は気候変動と同様に，約8 万年周期から約 12 万年周期で低海水準期と高海水準期を繰り返している[２６]。

したがって，海水準変動の長期変動状態の設定のうち，寒冷化ケースにおける将来の氷期最盛期に至るまでの海水準変動は，気温変動と同様に，過去約45万年間の低海水準期と高海水準期の平均値及び変動幅を考慮し，汎世界的な海水準変動を酸素同位体比から推定しているLabeyrie et al.（2003）[２６]を用いて設定する。過去45万年間の海水準変動曲線を第15図に示す。

なお，日本の海成段丘面等の形成年代と汎世界的な海水準変動は調和的[２７]であることから，汎世界的な海水準変動は敷地においても同様とする。

温暖期継続ケースにおける海水準変動は，人間活動による温暖化の影響が今後継続した場合の上昇温度と海水準上昇の予測（ＩＰＣＣ（2013）[１４]及びＩＰＣＣ（2021）[１５]）に基づき設定する。



Labeyrie et al. (2003) [26] に基づく

第 15 図　過去の海水準変動曲線と重ね合わせ

(a)　最も可能性が高い設定

ｉ．寒冷化ケース

第 16 図に将来の海水準の変動曲線（最も可能性が高い設定）を示す。Labeyrie et al. (2003) [26] を基に，過去 4 回の海水準変動曲線の間氷期最盛期のピークを基準として重ね合わせ，亜氷期までの時

間及び海水準を設定する。設定した時間及び海水準を結んだ直線を将来の海水準とする。

将来の亜氷期までの時間については，過去4回の間氷期最盛期から亜氷期までの時間の平均値を用いる。

将来の亜氷期の海水準については，過去4回の亜氷期における海水準の平均値を用いる。

また，1,000年後の海水準は，現在から亜氷期までの時間及び海水準の平均値を結んだ直線を用いて求める。

ⅱ．温暖期継続ケース

温暖期継続ケースにおける海水準変動については，過去の海水準変動の傾向から現在は間氷期最盛期になると考えられるため，将来の海水準変動の設定には不確かさが大きく状態設定が困難である。

しかし，過去300万年間の温暖期における海面水位は，世界平均で現在より5ｍ上回っており，最終間氷期（約12.9万年前～約11.6万年前）のうち数千年にわたっては，現在より海面水位が5ｍより高く，10ｍ以上は高くなかったという報告(14)がある。

この結果を参考に，温暖期継続ケースにおける海水準変動は，不確かさを考慮して1,000年後には現在の海水準より10ｍ海水準が上昇し，継続すると設定する。海水準が上昇する期間は，ＡＮＤＲＡ（2005）(16)より，将来5万年程度は温暖期が継続するとされることから，評価期間中継続すると設定する。

(b)　最も厳しい設定

ⅰ．寒冷化ケース

第17図に将来の海水準の変動曲線（最も厳しい設定）を示す。最も可能性が高い設定と同様に，過去4回の海水準変動曲線の間氷期最

盛期のピークを基準として重ね合わせ，亜氷期までの時間及び海水準から設定する。

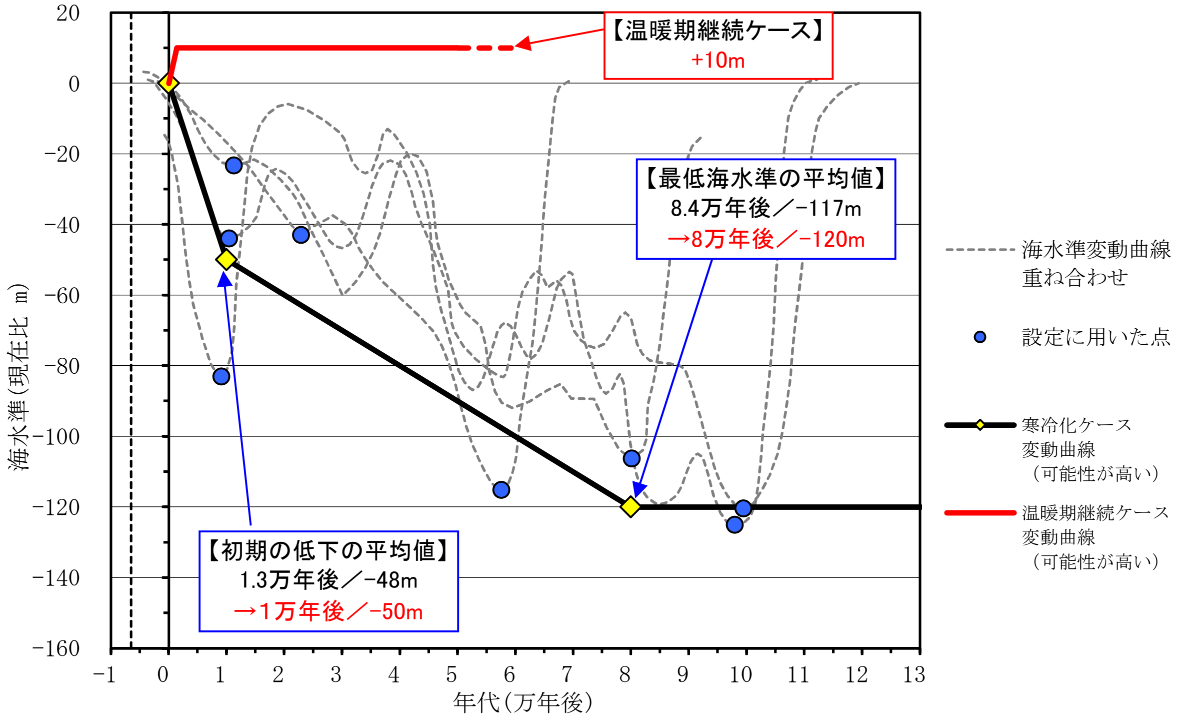
海水準は低下量が大きく，低下時期が早いほど，廃棄物の地表接近及び希釈水量の観点から保守的な設定となるため，最も厳しい設定における将来の亜氷期までの時間については，過去4回の間氷期最盛期から亜氷期までの時間の最短値を用いる。

将来の亜氷期までの海水準については，亜氷期は海水準低下量の最大値から設定する。

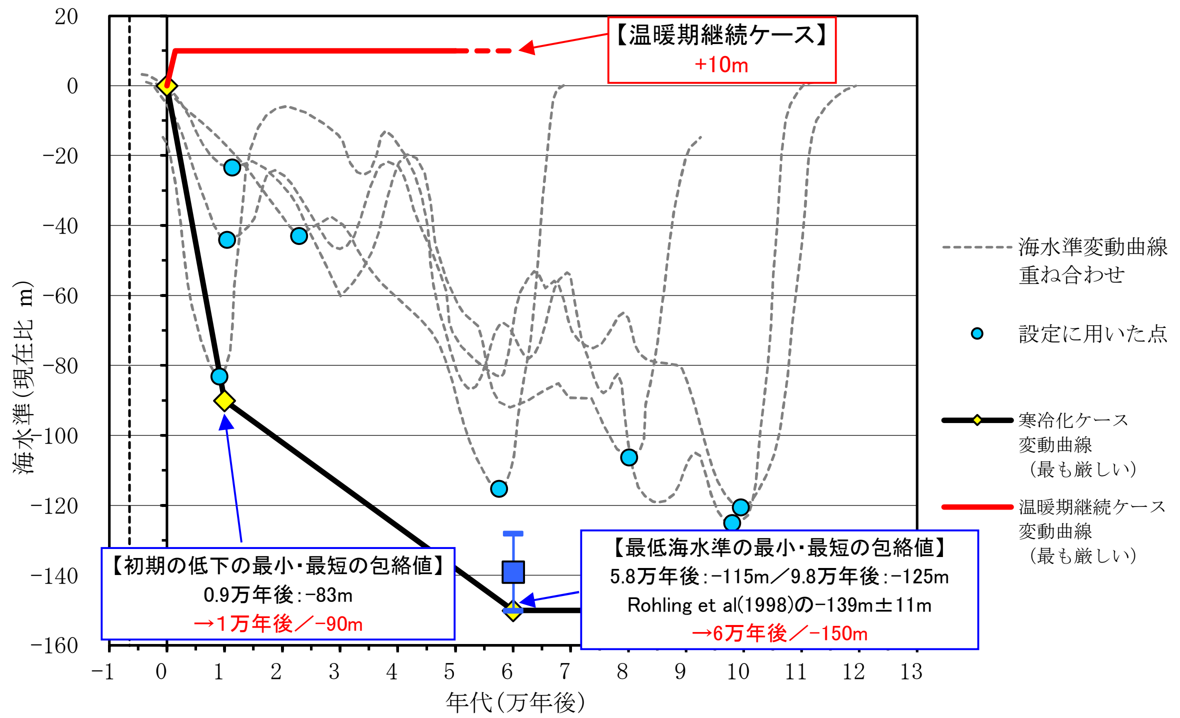
また，1,000年後の海水準は，現在から亜氷期までの時間の最短値及び海水準低下量の最大値を結んだ直線を用いて求める。

ⅱ．温暖期継続ケース

温暖期継続ケースにおける海水準の設定に当たっては，最も可能性が高い設定において不確かさを考慮していることから，最も可能性が高い設定と最も厳しい設定は同様に，1,000年後には現在の海水準より10 m海水準が上昇し，継続すると設定する。



第 16 図　将来の海水準変動曲線（最も可能性が高い設定）



第 17 図　将来の海水準変動曲線（最も厳しい設定）

ｂ．海水準変動の変化

（a） 最も可能性が高い設定

ⅰ．寒冷化ケース

過去４回の亜氷期までの時間及び海水準の平均値から，亜氷期の海水準は 10,000 年後に現在比－50 ｍとし，1,000 年後の海水準は，現在から亜氷期までの直線を将来の海水準とすることから，現在比－5.0 ｍとする。

ⅱ．温暖期継続ケース

最終間氷期の数千年は，海面水位が現在より５ ｍ高く，10 ｍ以上は高くなかったとされていることから，不確かさを考慮して 1,000 年後には現在の海水準より 10 ｍ上昇すると設定する。

（b） 最も厳しい設定

ⅰ．寒冷化ケース

過去４回の亜氷期までの時間及び海水準の最大値から，亜氷期の海水準は 10,000 年後に現在比－90 ｍとし，1,000 年後の海水準は，現在から亜氷期までの直線を将来の海水準とすることから，現在比－9.0 ｍとする。

ⅱ．温暖期継続ケース

温暖期継続ケースにおける海水準変動の設定値の推定には不確かさが大きく状態設定が困難であり，最も可能性が高い設定において不確かさを考慮していることから，最も厳しい設定は最も可能性が高い設定と同様に 1,000 年後には現在の海水準より 10 ｍ上昇すると設定する。

ｃ．海水準変動の状態設定

海水準変動の状態設定結果を第 17 表に示す。

海水準は低下量が大きく，低下時期が早いほど，侵食基準面が変化することによる河食への影響の観点から保守的な設定となるため，海水準が低下する寒冷化ケースを状態設定の対象とする。

第 17 表　海水準変動の状態設定値

<table>
<tr><th colspan="2">ケース</th><th>モデル化時期</th><th>海水準
(現在比：m)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">寒冷化ケース</td><td>最も可能性が高い設定</td><td>1,000 年後</td><td>－5.0</td></tr>
<tr><td>最も厳しい設定</td><td>1,000 年後</td><td>－9.0</td></tr>
</table>

３．３　プレート運動と気候変動の両者に起因する事象

プレート運動と気候変動の両者に起因する事象は，「侵食」を対象とし，長期変動事象として考慮する。

（１）侵食

侵食作用が継続することによる廃棄物埋設地の侵食に伴う廃棄物の地表接近並びに海水及び河川水による影響の可能性があることから,侵食を長期変動事象として考慮する。

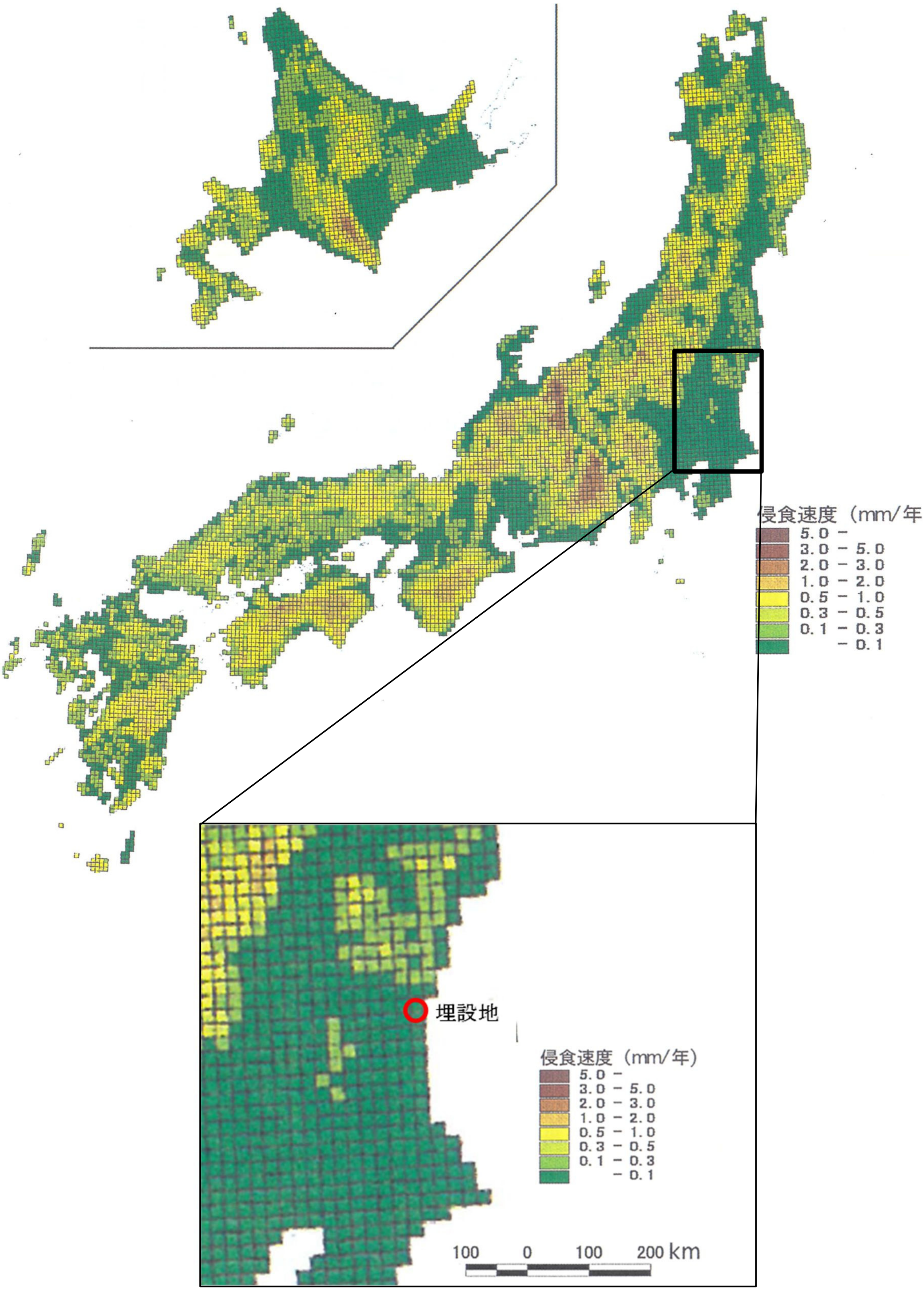
核燃料サイクル開発機構（1999）[21]によれば，侵食は雨食，河食，氷食,風食,沿岸部における沿岸流と波浪等による侵食(以下｢海食｣という。)に区分される。また，流出土砂量から推定される河川流域の侵食速度のように,ある広がりをもつ地域全体の平均的な削剥量(以下｢面的侵食｣という。)としてとらえられる場合と,河川の下刻のように流路が選択的に掘り下げられる場合（以下「線的侵食」という。）がある。これらを踏まえて，廃棄物埋設地に影響を及ぼす可能性のある侵食作用について整理する。

廃棄物埋設地に影響を及ぼす可能性のある侵食は，河食，海食及び廃棄物埋設地の線的侵食が想定される。

ａ．敷地周辺の面的侵食

藤原他(1999)[28]によれば,敷地周辺の面的侵食による侵食速度は0.1㎜／年以下とされており（第18図参照），1,000年後の状態設定において廃棄物の地表接近への影響は小さく，廃棄物埋設地に大きな影響を及ぼさないと想定される。

以上より，敷地周辺の面的侵食は長期変動事象として考慮しない。



核燃料サイクル開発機構（1999）[21]にて引用されている

藤原他（1999）[28]に加筆

第18図　基準高度分散量から計算した全国の侵食速度の分布

ｂ．河食

廃棄物埋設地の北側約1.2 kmには久慈川が西から東へ流れており，この久慈川の河食による影響を検討する。

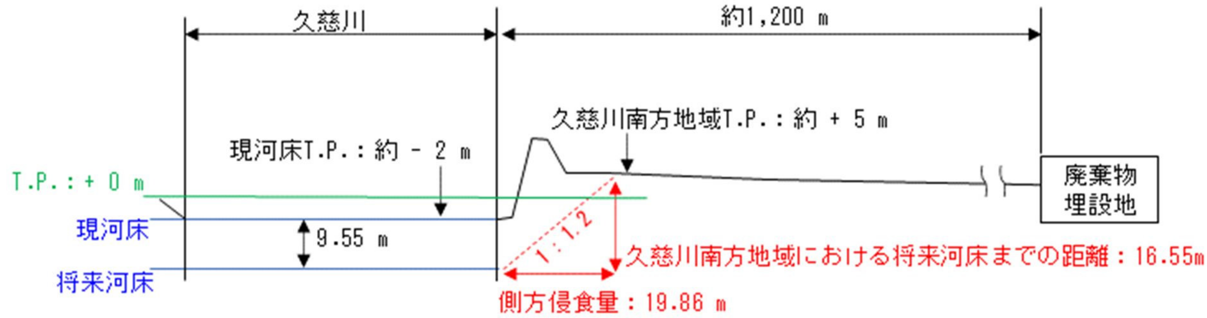
将来，寒冷化により海水準が低下した場合，それに伴い現在の久慈川の位置において，河川の下方侵食（下刻）及び側方侵食が想定される。

下方侵食は相対海水準低下に伴い侵食基準面が低下するため，海水準の低下量分だけ下方侵食が進行すると想定される。

側方侵食については，久慈川の下方侵食に伴い，河川端から切土に対するのり面勾配で側方浸食が進行すると想定される。久慈川の下流付近の地層は粘性土，砂質シルト，シルト質細砂，細砂が互層となっている。久慈川の下流付近の地層に相当する土質である粘性土，砂質土，砂について，切土に対する標準のり面勾配は，日本道路協会（2009）[29]より 1：0.8 ～ 1：1.5程度であることから，平均的なのり面勾配として1：1.2で側方侵食による斜面が形成されると設定する。

1,000 年後の状態設定において，海水準低下量の最も厳しい設定は－9.0 m（第17表参照）であり，また，隆起速度を考慮した侵食基準面の低下は5.5 m／万年（第4表参照）から，1,000年後では0.55 m程度であるため，久慈川の下方浸食量は9.55 mとなる。側方侵食の範囲は，下方浸食9.55 mにおけるのり面勾配1 ： 1.2の斜面が地形面と交差する地点まででであり，側方侵食量は20 m程度となる（第19図参照）。久慈川から廃棄物埋設地までは約1,200 mあるため，20 m程度の側方侵食を考慮しても廃棄物埋設地まで河食は到達せず，埋設した放射性廃棄物への河川水の影響はない。

以上より，河食は長期変動事象として考慮しない。



第19図　1,000年後の状態設定における久慈川の河食（イメージ図）

ｃ．海食

廃棄物埋設地の東側約0.4 kmに海岸があるため，海食による影響を検討する。

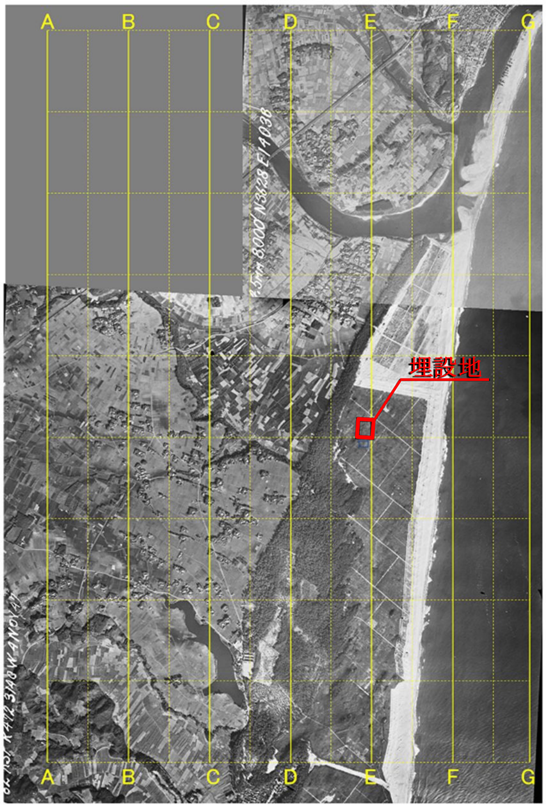
廃棄物埋設地の東方の汀線付近においては，消波ブロックが設置され，さらに消波ブロックより陸側は護岸になっており，侵食防止が施されている。

空中写真より，1947年（昭和22年）から2021年（令和3年）までの74年間において，廃棄物埋設地の東方の海岸線は大きく変化していない（第20図参照）。また，地形図より，1960年（昭和35年）から2021年（令和3年）までの約60年間において，廃棄物埋設地の東方の海岸線は大きく変化していない（第21図参照）。久慈川河口の南側付近には砂浜の堆積が見られるものの，地形図及び航空写真より廃棄物埋設地の東方の海岸線への影響はない。

茨城県（2016）[(30)]によれば，茨城沿岸では河川からの土砂供給の減少や沿岸開発に伴う大規模構造物の設置による沿岸漂砂の不均衡などの要因で侵食傾向にあるとされている。また，茨城沿岸で発生している侵食は，ダムなどによる河川からの土砂供給の減少，過去の砂利採取，大規模構造物の遮蔽域への砂の移動，沿岸漂砂の遮断，港内浚渫等のメカニズムが原因と考えられている。東海村の海岸は，長期的な汀線の後退傾向（1 m／年程度以上）を示す区間外であり（第22図参照），また，一般公共海岸区域（海岸保全区域外）となっており，海岸保全施設の整備計画はされていない。

以上より，過去（60年～70年前）から現在において廃棄物埋設地東方の海岸線は海食による影響がなく，将来の埋設した放射性廃棄物への将来の海水の影響は想定されないことから，海食は長期変動事象として考慮し

ない。



1947（S22）年 3 月 25 日撮影
（USA-R472-29,USA-R472-57 を編集）

2021（R3）年 1 月 14 日撮影
（CKT20206-C2-8,CKT20206-C3-8 を編集）

第 20 図　空中写真による廃棄物埋設地の東方の海岸線の比較

第 21 図　国土地理院地形図による廃棄物埋設地の東方の海岸線の比較

茨城県（2016）[30]に加筆

第 22 図　長期的に汀線後退する海岸

ｄ．廃棄物埋設地の線的侵食

廃棄物埋設地においては雨水等による線的侵食の影響を検討する。

線的侵食は主に面状侵食，リル侵食，ガリ侵食に分類される(31)(32)。

面状侵食は，雨滴が地表面に直接落下する際に地表の土粒子が剥離し，地表層を薄く一様に流れる表面流水により，地表面全体が均一に侵食されるものである。面状侵食により低透水性土層の低透水性に影響する可能性があるため，廃棄物埋設地の状態設定において力学的影響を考慮する。なお，廃棄物埋設地の覆土の上部には厚さ0.3ｍの保護工を設置し，覆土に雨滴が直接落下して土粒子が剥離するのを防止する。

リル侵食は，降水量が地表面の浸透能力を上回った場合に流水が発生し，水が流れる部分が集中して斜面を洗堀するものである。また，ガリ侵食は，リル侵食によって形成された洗堀部分の流量が増え，複数のリルが集約されて大きなガリに発展するものである。リル侵食及びガリ侵食により低透水性土層の低透水性に影響する可能性があるため，廃棄物埋設地の状態設定において力学的影響を考慮する。なお，覆土表面（保護土層と保護工の境界部分）への吸出し防止材の設置及び覆土の締固め施工並びに保護工の設置により，土粒子の流出を防止する。

３．４　その他の事象

（１）生物学的事象

樹木の植生及びモグラ類による覆土の攪乱の可能性がある。

樹木の植生により低透水性土層の低透水性に影響する可能性があるため，廃棄物埋設地の状態設定において力学的影響を考慮する。なお，廃棄物埋設地の最終覆土には栗石等を使用した掘削抵抗性層及び締固めた保護土層を，また，最終覆土の上部には栗石等を使用した保護工を設置することにより，樹木の植生によって最終覆土が損壊するのを防止する。

廃棄物埋設地及びその周辺地盤には腐葉土がないため，モグラ類の餌となる昆虫類及びミミズ類が生息しにくい環境である。餌を求めて地中を移動するモグラの生態を考慮すると，このような環境においてモグラ類が廃棄物埋設地及びその周辺地盤を掘り進み，バリア機能に影響を及ぼすことは考えられない。

（２）風（台風）

風（台風）により低透水性土層の低透水性に影響する可能性があるため，廃棄物埋設地の状態設定において力学的影響を考慮する。なお，廃棄物埋設地の最終覆土の上部には栗石等を使用した保護工を設置することにより，風（台風）によって最終覆土が損壊するのを防止する。

（３）降雹

降雹により低透水性土層の低透水性に影響する可能性があるため，廃棄物埋設地の状態設定において力学的影響を考慮する。なお，廃棄物埋設地の最終覆土の上部には栗石等を使用した保護工を設置することにより，降雹によって最終覆土が損壊するのを防止する。

（4）積雪

積雪により低透水性土層の低透水性に影響する可能性があるため，廃棄物埋設地の状態設定において力学的影響を考慮する。なお，廃棄物埋設施設は，積雪による上載荷重に対して十分に余裕をもった設計荷重を設定する。

（5）風化

風化により低透水性土層の低透水性に影響する可能性があるため，廃棄物埋設地の状態設定において力学的影響及び化学的影響を考慮する。なお，廃棄物埋設地の最終覆土の上部には栗石等を使用した保護工を設置することにより，風化によって，最終覆土が損壊するのを防止する。

4　まとめ

廃止措置の開始後の評価における線量評価シナリオの設定に当たって，人工バリア及び天然バリアの機能並びに被ばく経路等に影響を与える自然現象を考慮した地質環境に係る長期変動事象の状態設定結果を第 18 表に示す。

第18表　長期変動事象の状態設定結果（1／3）

起因事象		自然現象	最も可能性が高い設定	最も厳しい設定	記載箇所
プレート運動に起因する事象	火山・火成活動	火山の影響（降下火砕物）	降下火砕物に含まれる成分によって地下水の水質変化が生じる可能性があることから，廃棄物埋設地の状態設定において化学的影響を考慮する。		３．１（１） ａ．降下火砕物
	地震・断層活動	地震	廃棄物内に微小な空隙が残存する場合には，地震によって生じる応力及び振動により廃棄物層が沈下することで廃棄物埋設施設に陥没が生じる可能性があるため，廃棄物埋設地の状態設定において力学的影響を考慮する。		３．１（２） ａ．地震
		地盤の変形	活断層等の断層変位に伴う設置地盤の変形は廃棄物埋設地の安全性に問題となるものではなく，また，敷地には将来活動する可能性のある断層等の露頭は認められないことから,バリア機能が損なわれるおそれはないため,長期変動事象として考慮しない。		３．１（２） ｂ．地盤の変形
		液状化	廃棄物埋設地の覆土については，廃棄物埋設地の底面レベルが地下水位より上にあり，不飽和土層であることから，液状化は発生しない。 廃棄物埋設地の地盤の液状化については，液状化判定を行った結果，対象層のＦＬ値は1.0以上であることから,液状化は発生しない結果となった。一方，液状化を踏まえた検討，揺すり込み沈下及び圧密沈下による合計沈下量は，西側トレンチで最大0.481 m，東側トレンチで最大0.368 mである。平面的な沈下量の変化は緩やかであり，廃棄物埋設地の設置地盤に分布する砂層や砂礫層はほぼ水平成層に分布しており，また，液状化に伴う沈下も水平方向にほぼ一様に生じると考えられる。以上より，バリア機能が損なわれるおそれはないため，長期変動事象として考慮しない。		３．１（２） ｃ．液状化
		津波	海水が廃棄物埋設地周辺に流入することで，地下水の化学特性に一時的に影響する可能性があるため，廃棄物埋設地の状態設定において化学的影響を考慮する。		３．１（２） ｄ．津波
	隆起・沈降運動	隆起・沈降	隆起速度：4.0（m／万年）	隆起速度：5.5（m／万年）	３．１（３） ａ．隆起・沈降

第18表　長期変動事象の状態設定結果（2／3）

起因事象	自然現象	最も可能性が高い設定	最も厳しい設定	記載箇所
気候変動に起因する事象	気温	寒冷化ケース ・1,000年後：13（℃）	寒冷化ケース ・1,000年後：13（℃）	３．２（１） 気温
		温暖期継続ケース ・1,000年後：17（℃）	温暖期継続ケース ・1,000年後：17（℃）	
	降水量	寒冷化ケース ・1,000年後：1,410（mm／y）	寒冷化ケース ・1,000年後：1,110（mm／y）	３．２（２） 降水量
		温暖期継続ケース ・1,000年後：1,660（mm／y）	温暖期継続ケース ・1,000年後：2,080（mm／y）	
	地下水位（地下水流動）	地下水位		３．２（３） 地下水位（地下水流動）
		寒冷化ケース　1,000年後：＋1.8（T.P. m）	寒冷化ケース　1,000年後：＋1.6（T.P. m）	
		動水勾配		
		寒冷化ケース　1,000年後：4.77×10^{-3}	寒冷化ケース　1,000年後：4.12×10^{-3}	
		地下水流速		
		寒冷化ケース　1,000年後：49（m／y）	寒冷化ケース　1,000年後：42（m／y）	
	蒸発散量	温暖期継続ケース 1,000年後：530（mm／y）	温暖期継続ケース 1,000年後：530（mm／y）	３．２（４） 蒸発散量
	かん養量	温暖期継続ケース 1,000年後：300（mm/y）	温暖期継続ケース 1,000年後：510（mm/y）	３．２（５） かん養量
	海水準変動	寒冷化ケース ・1,000年後：－5.0（現在比：m）	寒冷化ケース ・1,000年後：－9.0（現在比：m）	３．２（６） 海水準変動

第 18 表　長期変動事象の状態設定結果（3／3）

起因事象	自然現象	最も可能性が高い設定	最も厳しい設定	記載箇所
プレート運動と気候変動の両者に起因する事象	侵食	廃棄物埋設地の線的侵食である面状侵食，リル侵食，ガリ侵食により，低透水性土層の低透水性に影響する可能性があるため，廃棄物埋設地の状態設定において力学的影響を考慮する。		３．３（１）侵食
その他の事象	生物学的事象	樹木の植生により低透水性土層の低透水性に影響する可能性があるため，廃棄物埋設地の状態設定において力学的影響を考慮する。		３．４（１）生物学的事象
	風（台風）	風（台風）により低透水性土層の低透水性に影響する可能性があるため，廃棄物埋設地の状態設定において力学的影響を考慮する。		３．４（２）風（台風）
	降雹	降雹により低透水性土層の低透水性に影響する可能性があるため，廃棄物埋設地の状態設定において力学的影響を考慮する。		３．４（３）降雹
	積雪	積雪により低透水性土層の低透水性に影響する可能性があるため，廃棄物埋設地の状態設定において力学的影響を考慮する。		３．４（４）積雪
	風化	風化により低透水性土層の低透水性に影響する可能性があるため，廃棄物埋設地の状態設定において力学的影響及び化学的影響を考慮する。		３．４（５）風化

５　参考文献

（１）社団法人 土木学会 エネルギー委員会 低レベル放射性廃棄物の余裕深度処分に関する研究小委員会（2008）：余裕深度処分の安全評価における地下水シナリオに用いる核種移行評価パラメータ設定の考え方

（２）高橋雅紀（2004）：日本列島のE-W 短縮テクトニクスの原因とその開始時期，日本地震学会2004 年秋季大会講演予稿集，B048

（３）吉田武義，中島淳一，長谷川昭，佐藤比呂志，長橋良隆，木村純一，田中明子，Prima， O.D.A.， 大口健志（2005）：後期新生代，東北本州弧における火成活動史と地殻・マントル構造，第四紀研究

（４）産業技術総合研究所（2012）：地質・気候関連事象の時間スケールに対する不確実性の検討，独立行政法人産業技術総合研究所 深部地質環境研究コア

（５）気象庁・消防庁（2009）：震度に関する検討会報告書，平成21年3月

（６）小池一之，町田洋編（2001）：日本の海成段丘アトラス，東京大学出版会

（７）ＥＰＩＣＡ community members（2004）：Eight glacial cycles from an Antarctic ice core，NATURE，429，No.6992

（８）Rohde（2005）：Global Warming Art Project.

（９）増田耕一（1993）：氷期，間氷期サイクルと地球の軌道要素；安成哲三編：大気，雪氷相互作用，気象研究ノート177，日本気象学会

（１０）丸山茂徳，生駒大洋，玄田英典（2007）：地球寒冷化がやってくる．日本地質学会学術大会講演要旨114

（１１）Abe-Ouchi,A.,Saito,F.,Kawamura,K.,Blatter,H.(2013)：Insolation-driven 100000-year glacial cycles and hysteresis of ice-sheet volume，Nature，Vol.500，No.7461

（１２）ラディマン，W.F.（2005）：農耕文明が温暖化を招いた？ 日経サイエ

ンス，2005 年6 月号

（１３）ＩＰＣＣ（2007）：Climate Change 2007:The Physical Science Basis, AR4, WGⅠ, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.（気象庁訳，2008）

（１４）ＩＰＣＣ（2013）：Climate Change 2013:The Physical Science Basis （Technical Summary）,AR5, WGⅠ, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA（気象庁訳，2015）.

（１５）ＩＰＣＣ（2021）：Climate Change 2021:The Physical Science Basis SPM_Summary for Policymakers）, AR6, WGⅠ, Cambridge University Press（気象庁訳，2021）.

（１６）ＡＮＤＲＡ（2005）：Dossier 2005 Argile, Tome Phenomenological evolution of a geological repository, Report Series, Chatenay Malabry, France

（１７）Ganopolski, A., Winkelmann, R., Schellnhuder, H.J.（2016）:Critical insolation-CO2 relation for diagnosing past and future glacial inception, Nature, Vol.529, No.7585

（１８）吉田明弘，鈴木三男，金 憲奭，大井信三，中島 礼，工藤雄一郎，安藤寿男，西本豊弘（2011）：茨城県花室川堆積物の花粉，木材化石からみた最終氷期の環境変遷と絶滅種ヒメハリゲヤキの古生態，植生史研究，Vol.20, No.1

（１９）松末和之，藤原治，末吉哲雄（2000）：日本列島における最終氷期最寒冷期の気候．サイクル機構技報 No.6

（２０）登坂博行（2006）：地圏の水環境科学，東京大学出版会

（２１）核燃料サイクル開発機構（1999）：わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性－地層処分研究開発第2 次取りまとめ－ 分

冊1 わが国の地質環境，JNC TN1400 99-21.
（２２）Thornthwaite, C.W. (1948) :An approach toward a rational classification of climate, Geographical Review. Vol.38, No.1
（２３）地域分析のための熱・水収支水文学，新井正，古今書店
（２４）物部（1933）：物部による日本河川の流出係数
（２５）日本下水道協会（2009）：下水道施設計画・設計指針と解説，日本下水道協会
（２６）Labeyrie,L.,Cole,J.,Alverson,K.,Stocker,T.(2003):The History of Climate Dynamics in the Late Quaternary.Alverson,K.D.,Bradley, R.S.,Pedersen,T.F.編:Paleoclimate,Global Change and the Future, Global Change－ＩＧＢＰ Series ３, Springer-Verlag Berlin Heidelberg
（２７）日本第四紀学会（1987）：百年千年万年後の日本の自然と人類―第四紀研究にもとづく将来予測
（２８）藤原治，三箇智二，大森博雄（1999）：日本列島における侵食速度の分布，サイクル機構技報　No.5
（２９）日本道路協会（2009）：道路土工　切土工・斜面安定工指針（平成21年度版）
（３０）茨城県（2016）：茨城沿岸海岸保全基本計画（平成28年3月）
（３１）国立研究開発法人 国際農林水産業研究センター（2001）：サヘル地域砂漠化防止対策技術集 ５．農地保全技術マニュアル
（３２）独立行政法人 緑資源機構（2004）：農地・土壌侵食防止対策技術マニュアル（平成16年3月）

以上

添付資料 1

水理

目　　次

別紙１　揚水試験結果

別紙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

別紙３　不圧地下水の定常状態においての塩淡境界の密度流理論式

別紙４　東海第二発電所原子炉建屋周りの地下水位コンターについて

別紙５　地下水流動解析における降雨浸透率の設定について

別紙６　廃棄物埋設施設西側の地形について

別紙７　国道４車線化工事に伴う地下水位影響

別紙８　地下水位観測孔の仕様について

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。

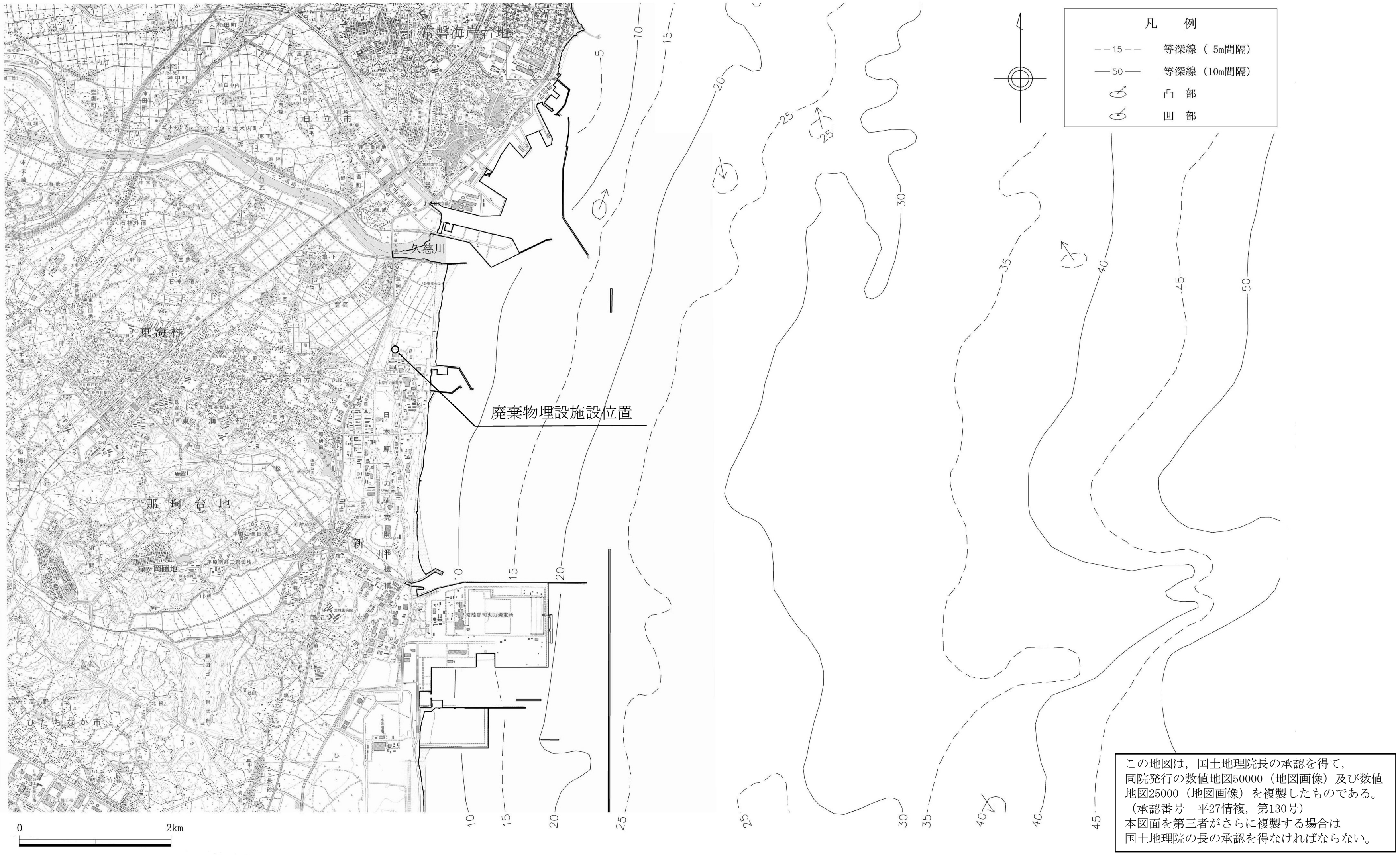
海岸砂丘は，敷地を含む海岸部に分布している。

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。

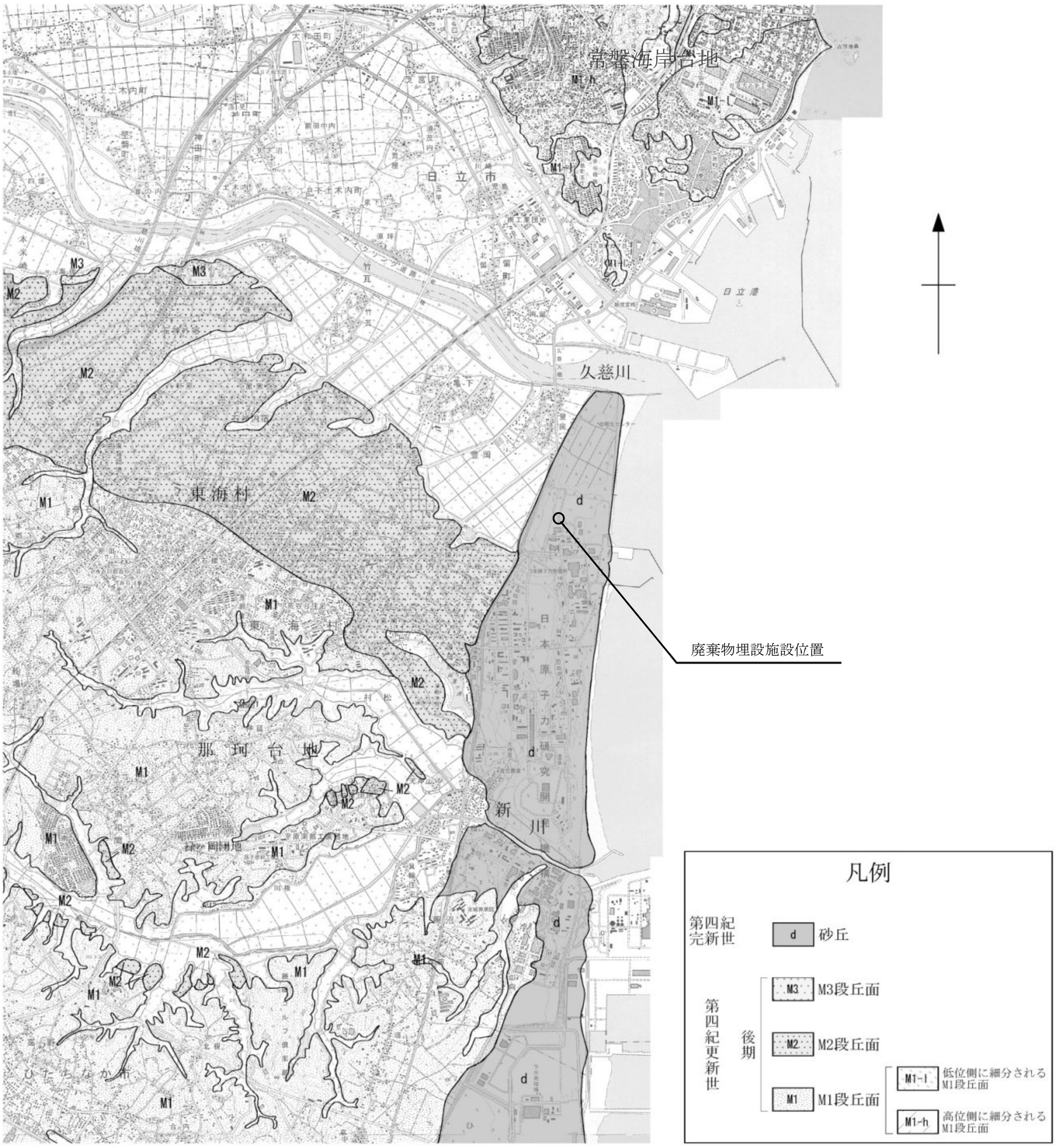
Ｍ１面は，敷地西方の那珂台地に広く分布する。久慈川より北側の常磐海岸台地では海岸沿いに細長く分布し，Ｍ１－ｈ面及びＭ１－ｌ面に細分される。

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）[(1)] 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）[(2)] 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

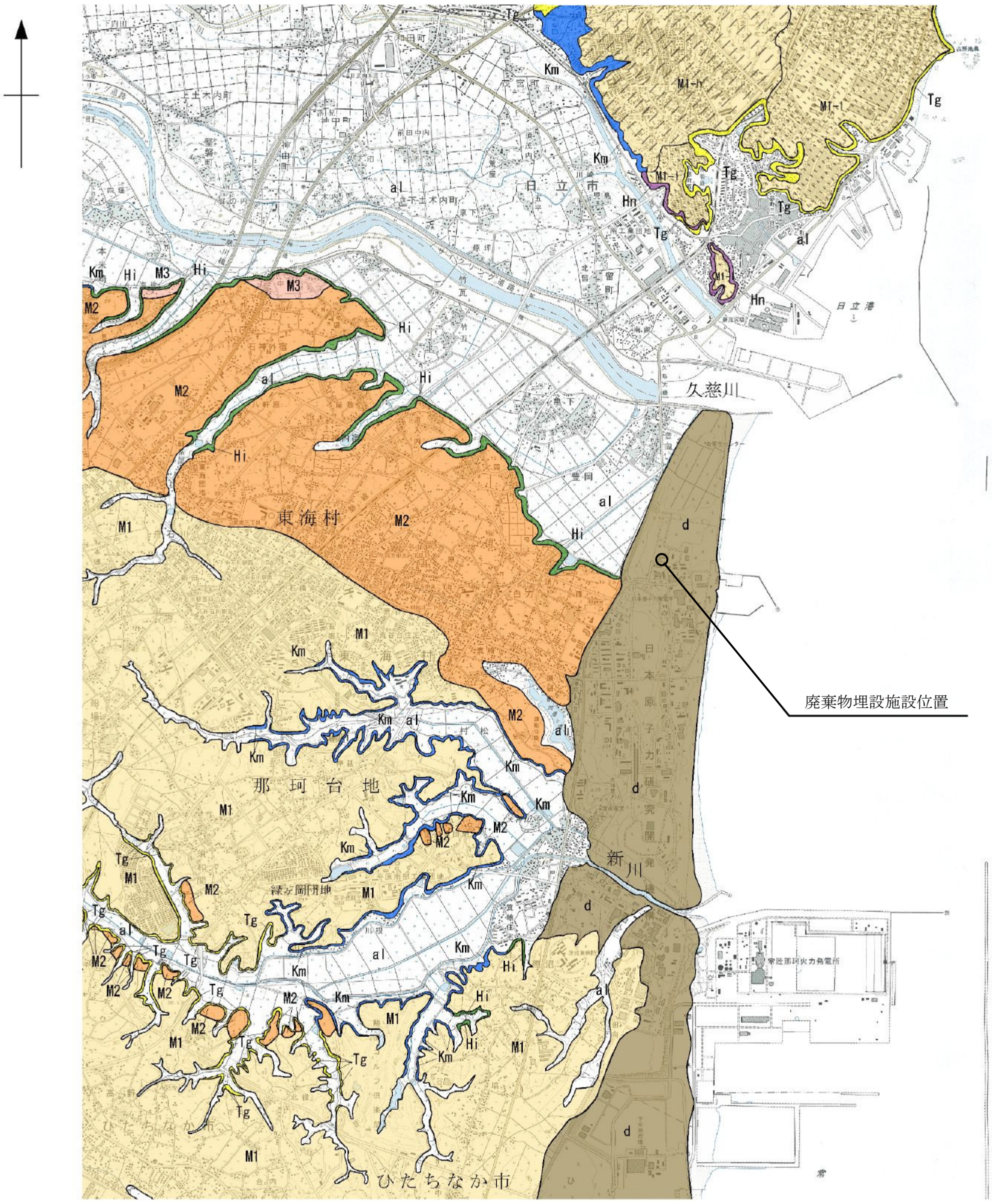
砂丘砂層は，未固結の淘汰の良い細粒砂～中粒砂からなり，敷地を含む海岸部に分布する。

第 1.2－1 表　敷地及び敷地近傍の地質層序表

<table>
<tr><th colspan="4" rowspan="2">年代層序区分</th><th colspan="3">敷地及び敷地近傍</th></tr>
<tr><th colspan="2">地層区分（地質記号）</th><th>主な層相</th></tr>
<tr><td rowspan="12">新生界</td><td rowspan="9">第四系</td><td colspan="2" rowspan="2">完新統</td><td colspan="2">砂丘砂層（du）</td><td>砂</td></tr>
<tr><td colspan="2">沖積層（al）</td><td>礫・砂・シルト</td></tr>
<tr><td rowspan="7">更新統</td><td rowspan="5">上部</td><td rowspan="5">段丘堆積物</td><td>L2段丘堆積層（L2）</td><td>礫・砂・シルト</td></tr>
<tr><td>L1段丘堆積層（L1）</td><td>礫・砂・シルト</td></tr>
<tr><td>M3段丘堆積層（M3）</td><td>礫・砂</td></tr>
<tr><td>M2段丘堆積層（M2）</td><td>礫・砂</td></tr>
<tr><td>M1段丘堆積層（M1）</td><td>礫・砂・シルト</td></tr>
<tr><td>中部</td><td colspan="2">東茨城層群（Hi）</td><td>礫・砂・シルト</td></tr>
<tr><td>下部</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td rowspan="3">新第三系</td><td colspan="2" rowspan="2">鮮新統</td><td colspan="2">久米層（Km）</td><td>砂質泥岩</td></tr>
<tr><td colspan="2">離山層（Hn）</td><td>凝灰岩</td></tr>
<tr><td colspan="2">中新統</td><td colspan="2">多賀層群（Tg）</td><td>砂質泥岩</td></tr>
</table>

不整合

空白は地層欠如



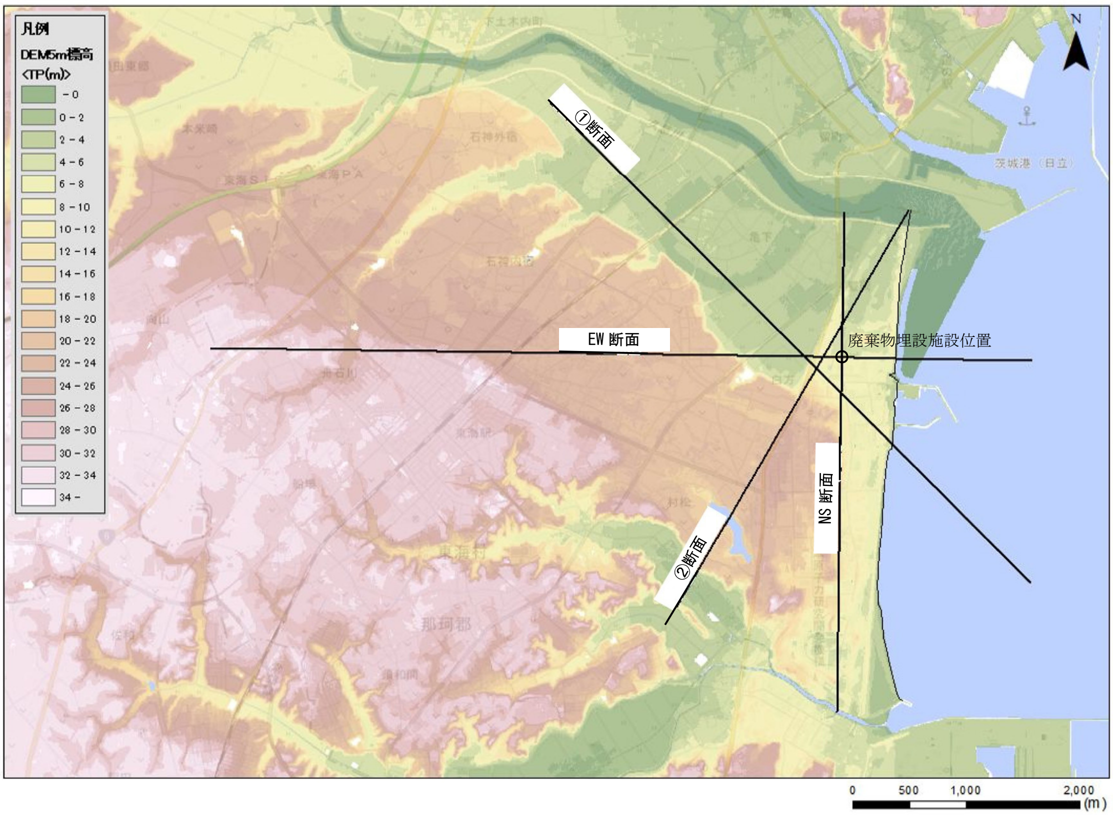
0　　2km

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。

凡例

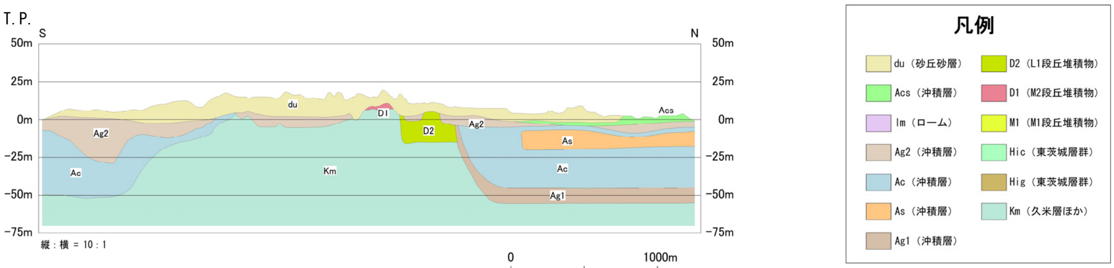
年代層序区分			区分・地質					
新生界	第四系	完新統	沖積層	al	礫，砂，シルト			
			砂丘砂層	d	砂			
		更新統	M3段丘堆積層	M3	礫，砂			
			M2段丘堆積層	M2	礫，砂			
			M1段丘堆積層	M1	礫，砂，シルト	M1-l段丘堆積層	M1-l	礫，砂
						M1-h段丘堆積層	M1-h	礫，砂，シルト
			東茨城層群	Hi	礫，砂，シルト			
	新第三系	鮮新統	久米層	Km	砂質泥岩			
			離山層	Hn	軽石凝灰岩，凝灰質泥岩			
		中新統	多賀層群	Tg	砂質泥岩			

第 1.2－1 図　敷地及び敷地近傍の地質図

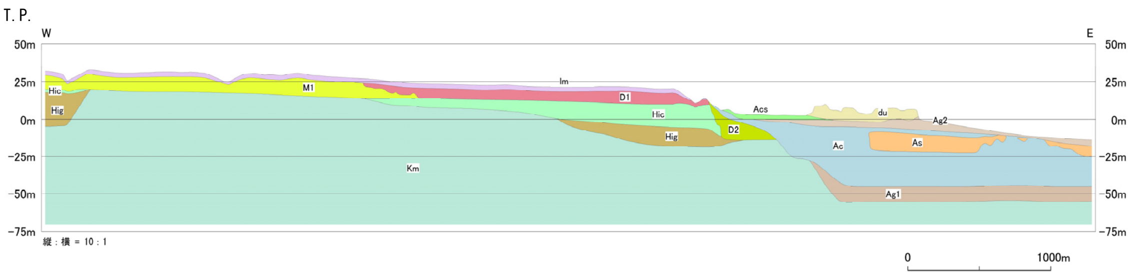


（背景：地理院タイル）

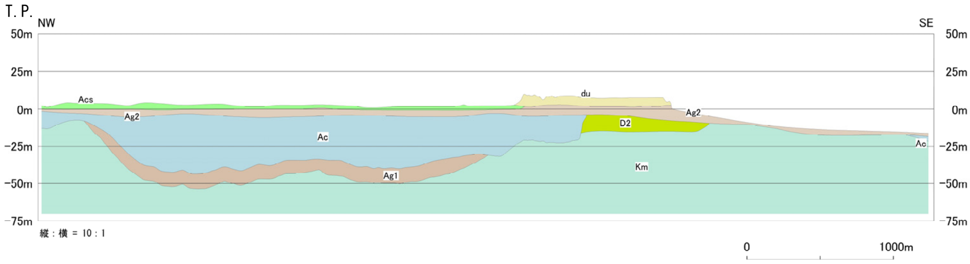
第 1.2－2 図（1）　敷地及び敷地近傍の地質断面図（地質断面位置図）



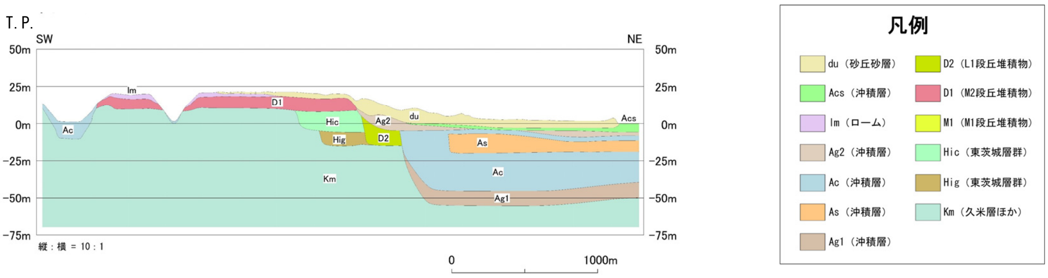
第 1.2－2 図（2）　敷地及び敷地近傍の地質断面図（ＮＳ断面）



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。

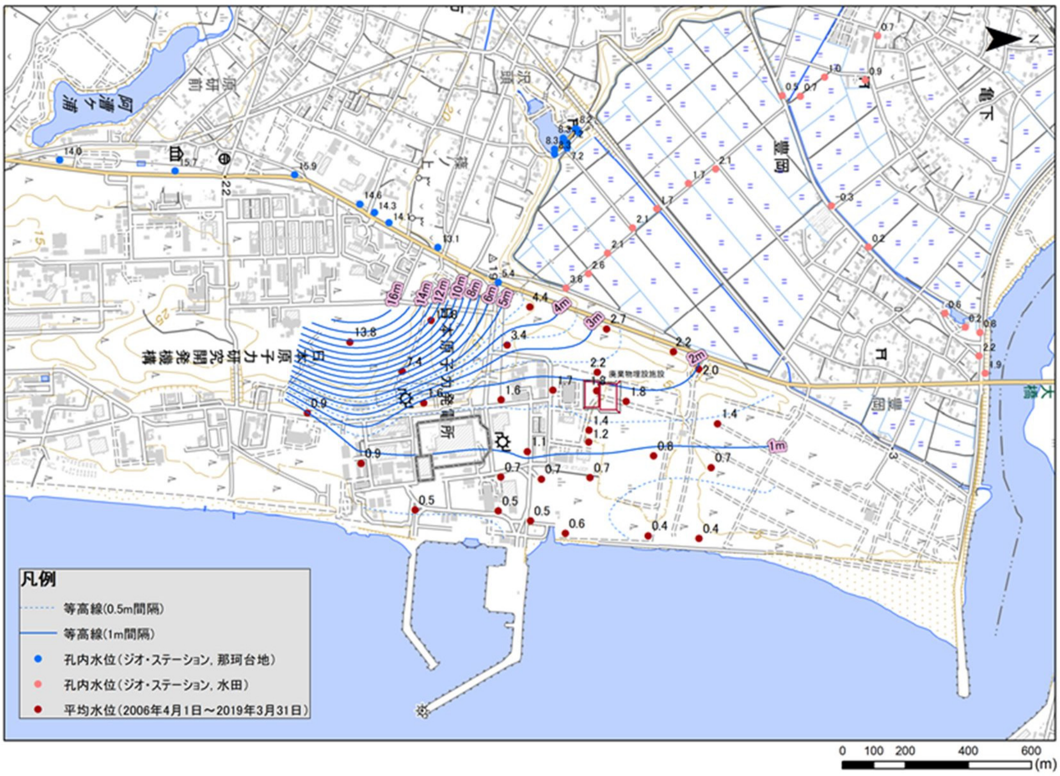
敷地の地下水位については，2006 年 4 月 1 日から 2019 年 3 月 31 日までの申請者による観測結果の平均水位を示すとともに，本水位に基づく地下水位の等高線を示している。

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）

※１：東海第二発電所原子炉建屋周りの止水壁内の地下水位については，止水壁及び止水壁内の排水を考慮せず記載

第 1.3－1 図　敷地及び敷地近傍の地下水位※２

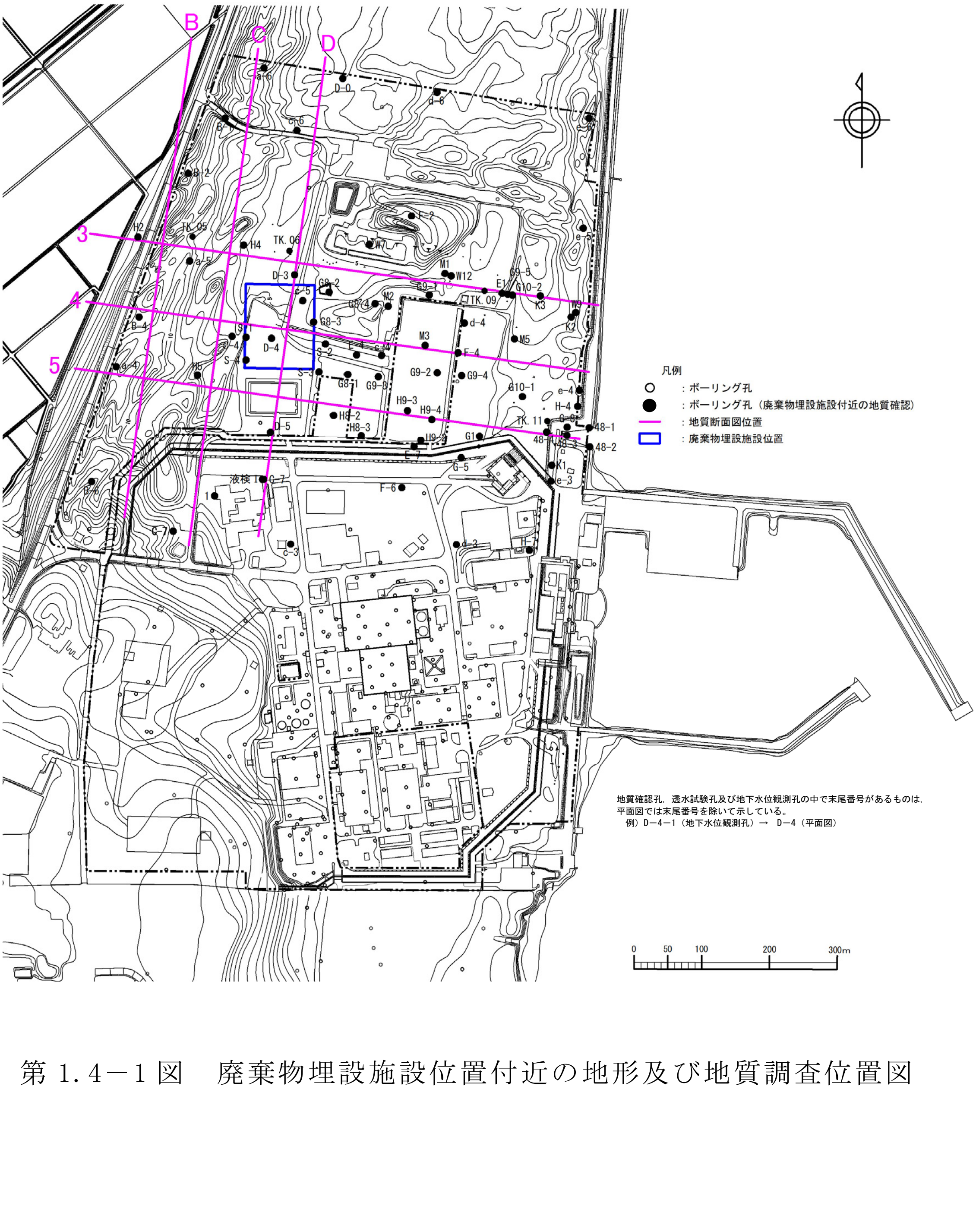
※２：別紙 4 に東海第二発電所原子炉建屋周りの地下水位コンターについて示す。

１．４　廃棄物埋設施設位置付近の地形

廃棄物埋設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設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。

廃棄物埋設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　廃棄物埋設施設位置付近の地形及び地質調査位置図

１．５　廃棄物埋設施設位置付近の地質

廃棄物埋設施設位置付近の地質断面図を第 1.5－1 図に示す。

廃棄物埋設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。

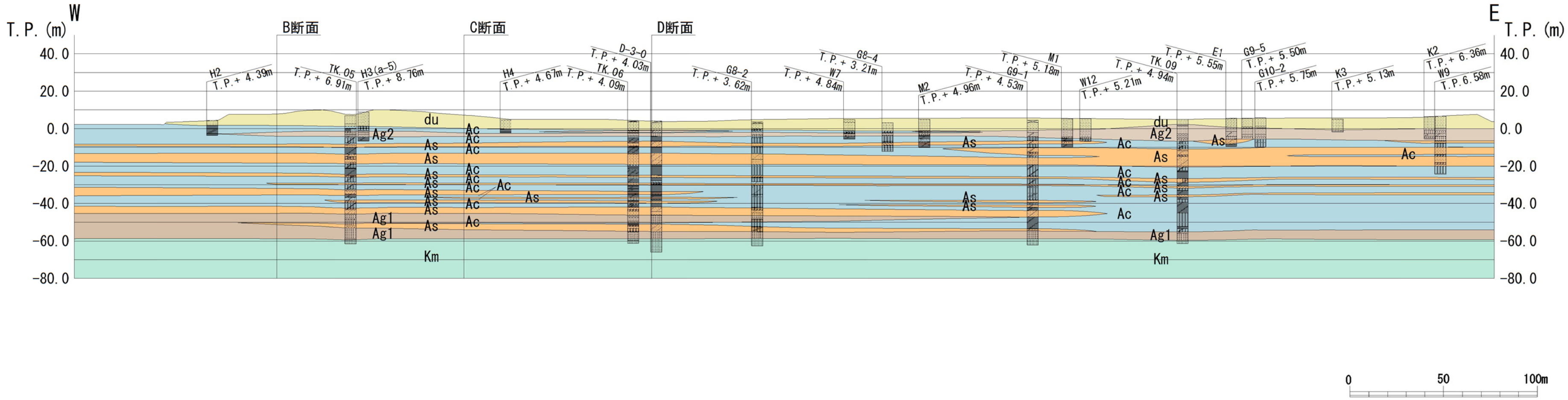
久米層は，主として暗オリーブ灰色を呈する塊状の砂質泥岩からなり，T.P.約－60m 以深に分布している。

第四系については，基底部付近に主として砂礫層（Ａｇ１層）が分布し，その上位には粘土層（Ａｃ層），砂層（Ａｓ層）及び礫混じり砂層（Ａｇ２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（ｄｕ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
第四紀	完新世	砂丘砂層		du	砂
		沖積層	al	Ag2	砂礫
				Ac	粘土
				As	砂
				Ag1	砂礫
	更新世	段丘堆積物	D2	D2c-3	シルト
				D2s-3	砂
				D2g-3	砂礫
				D2c-2	シルト
				D2g-2	砂礫
			D1	lm	ローム
				D1c-1	シルト
				D1g-1	砂礫
新第三紀	鮮新世	久米層		Km	砂質泥岩

〜〜〜 不整合

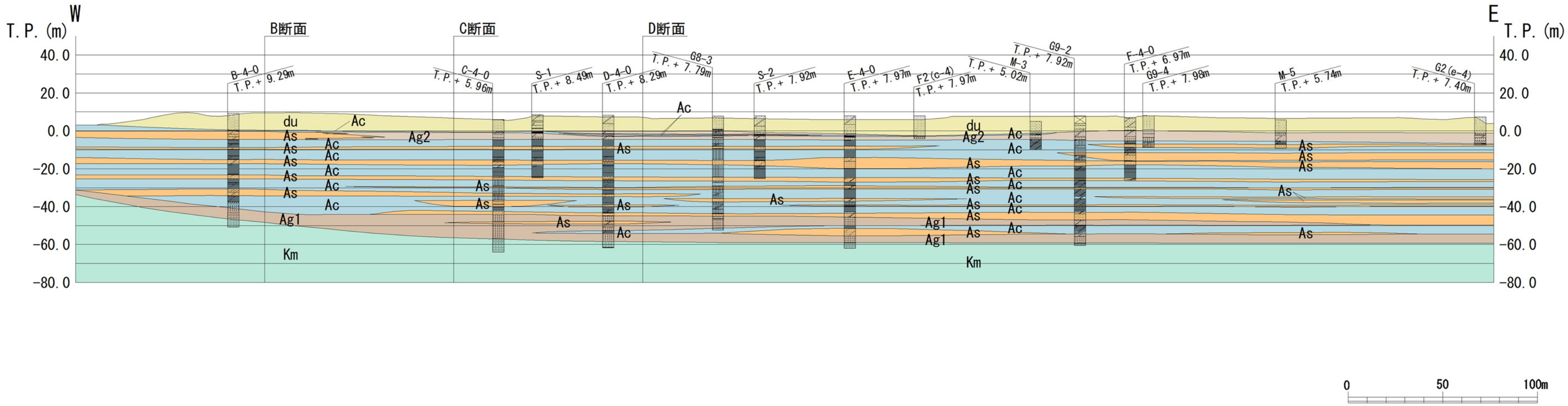


第 1.5－1 図 (1)　廃棄物埋設施設位置付近の地質断面図（３断面）

地 質 構 成 表

地質時代		地質区分		記号	岩相
第四紀	完新世	砂丘砂層		du	砂
		沖積層	al	Ag2	砂礫
				Ac	粘土
				As	砂
				Ag1	砂礫
	更新世	段丘堆積物	D2	D2c-3	シルト
				D2s-3	砂
				D2g-3	砂礫
				D2c-2	シルト
				D2g-2	砂礫
			D1	lm	ローム
				D1c-1	シルト
				D1g-1	砂礫
新第三紀	鮮新世	久米層		Km	砂質泥岩

不整合

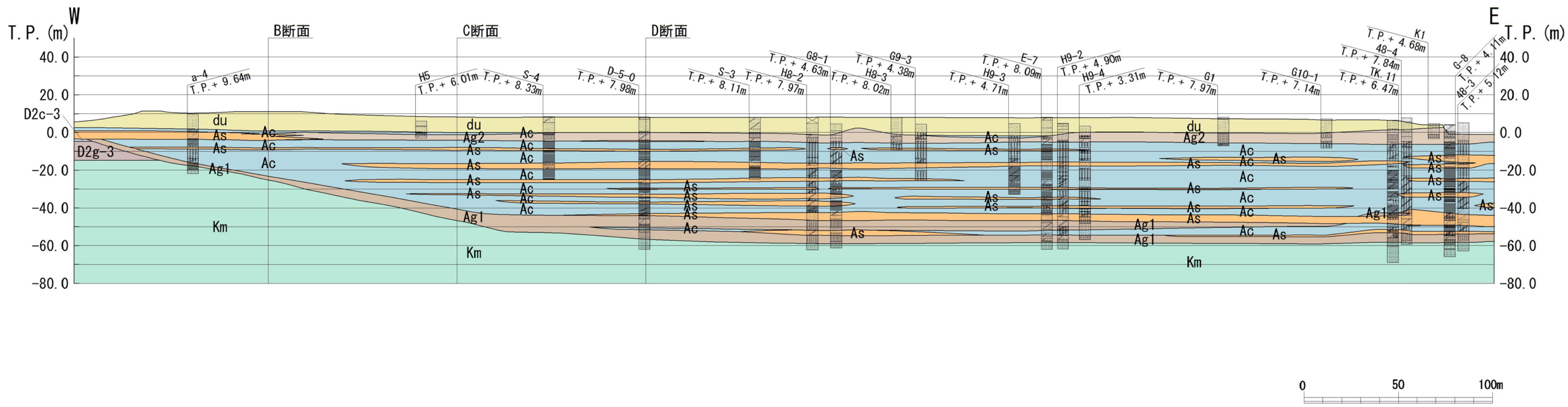


第 1.5－1 図 (2)　廃棄物埋設施設位置付近の地質断面図（４断面）

地質構成表

地質時代		地質区分		記号	岩相
第四紀	完新世	砂丘砂層		du	砂
		沖積層	al	Ag2	砂礫
				Ac	粘土
				As	砂
				Ag1	砂礫
	更新世	段丘堆積物	D2	D2c-3	シルト
				D2s-3	砂
				D2g-3	砂礫
				D2c-2	シルト
				D2g-2	砂礫
			D1	lm	ローム
				D1c-1	シルト
				D1g-1	砂礫
新第三紀	鮮新世	久米層		Km	砂質泥岩

〰〰 不整合

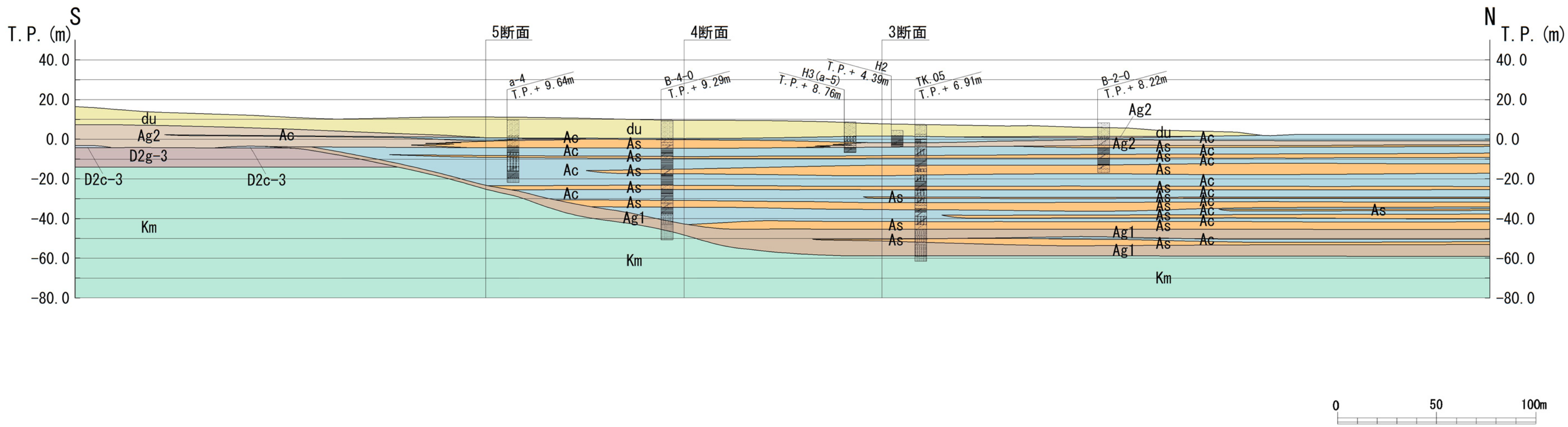


第1.5－1図（3）　廃棄物埋設施設位置付近の地質断面図（５断面）

地 質 構 成 表

地質時代		地質区分		記号	岩相
第四紀	完新世	砂丘砂層		du	砂
		沖積層	al	Ag2	砂礫
				Ac	粘土
				As	砂
				Ag1	砂礫
	更新世	段丘堆積物	D2	D2c-3	シルト
				D2s-3	砂
				D2g-3	砂礫
				D2c-2	シルト
				D2g-2	砂礫
			D1	lm	ローム
				D1c-1	シルト
				D1g-1	砂礫
新第三紀	鮮新世	久米層		Km	砂質泥岩

〜〜〜 不整合

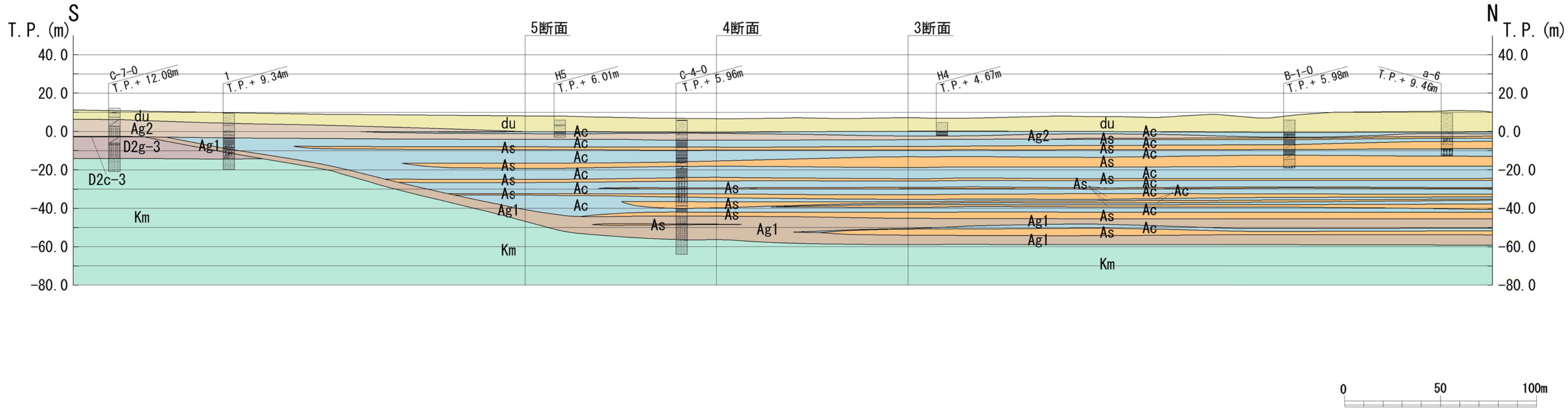


第 1.5－1 図 （4） 廃棄物埋設施設位置付近の地質断面図（Ｂ断面）

地 質 構 成 表

地質時代		地質区分		記号	岩相
第四紀	完新世	砂丘砂層		du	砂
		沖積層	al	Ag2	砂礫
				Ac	粘土
				As	砂
				Ag1	砂礫
	更新世	段丘堆積物	D2	D2c-3	シルト
				D2s-3	砂
				D2g-3	砂礫
				D2c-2	シルト
				D2g-2	砂礫
			D1	lm	ローム
				D1c-1	シルト
				D1g-1	砂礫
新第三紀	鮮新世	久米層		Km	砂質泥岩

〜〜 不整合

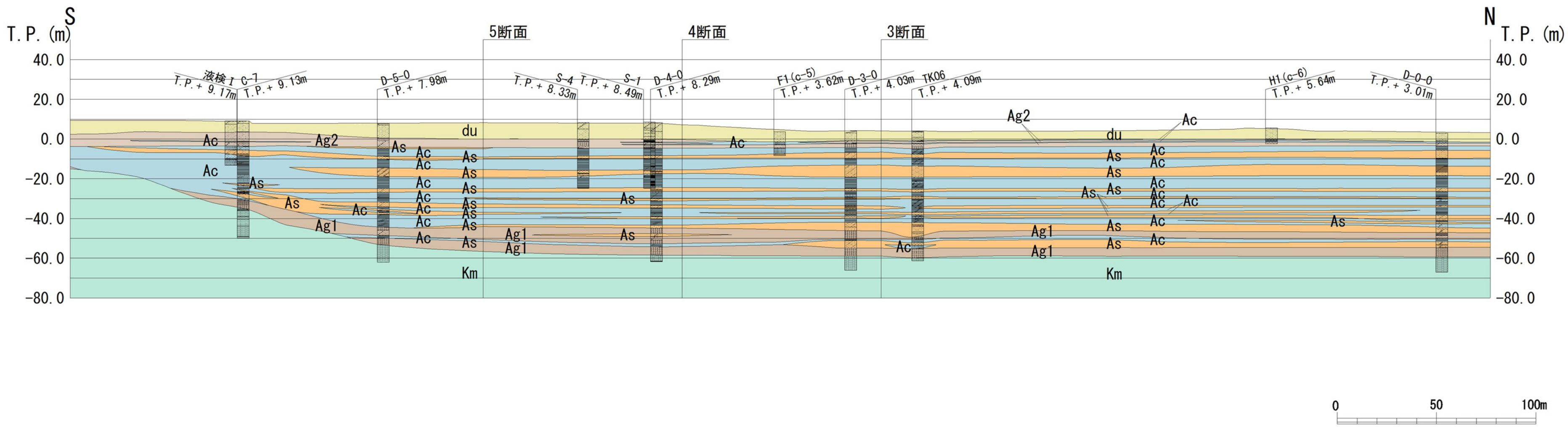


第 1.5－1 図 (5)　 廃棄物埋設施設位置付近の地質断面図（C断面）

地 質 構 成 表

地質時代		地質区分		記号	岩相
第四紀	完新世	砂丘砂層		du	砂
		沖積層	al	Ag2	砂礫
				Ac	粘土
				As	砂
				Ag1	砂礫
	更新世	段丘堆積物	D2	D2c-3	シルト
				D2s-3	砂
				D2g-3	砂礫
				D2c-2	シルト
				D2g-2	砂礫
			D1	lm	ローム
				D1c-1	シルト
				D1g-1	砂礫
新第三紀	鮮新世	久米層		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　廃棄物埋設施設位置付近の地下水

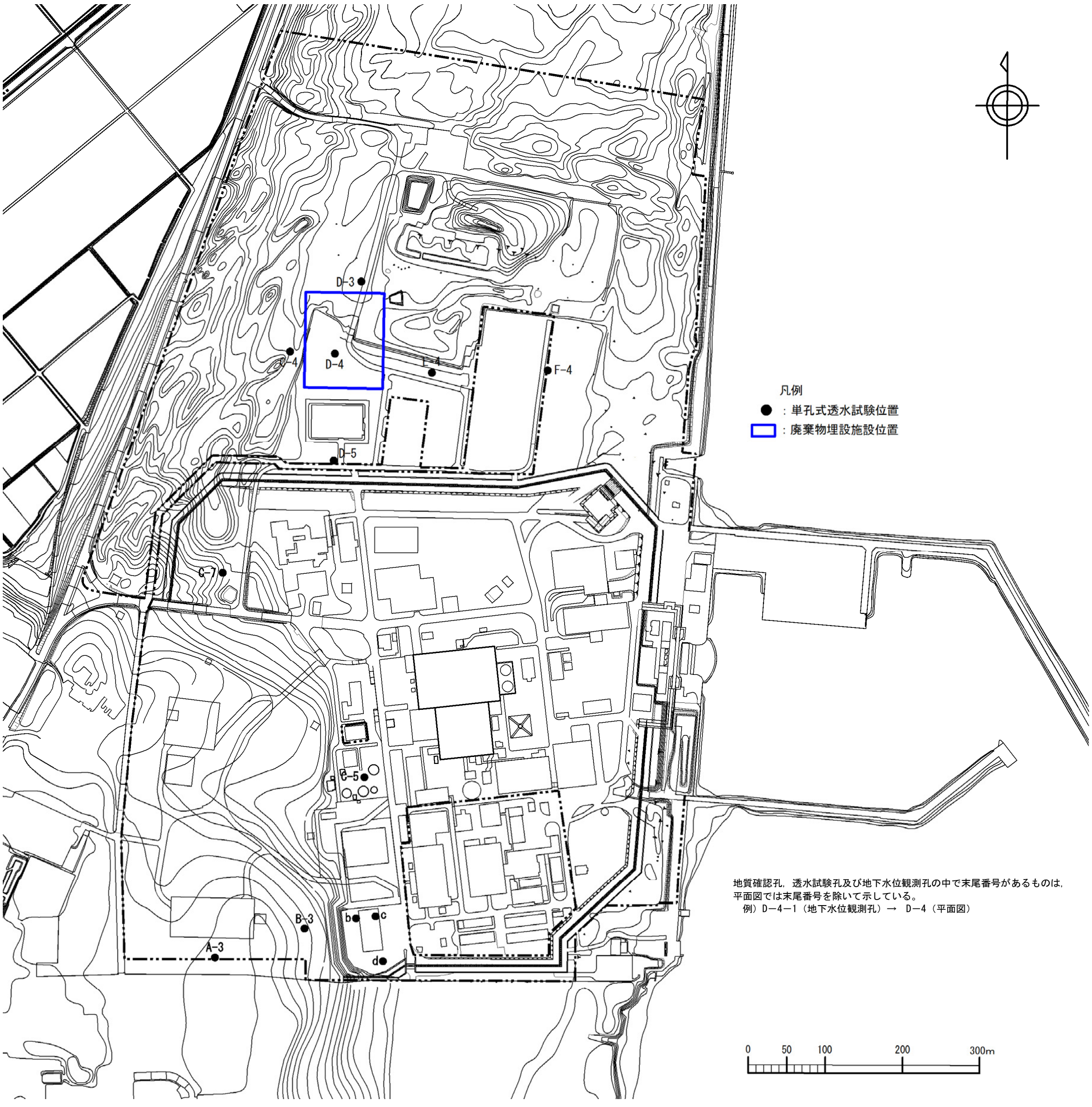
１．６．１　透水特性

（１）単孔式透水試験

廃棄物埋設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。

ａ．試験位置

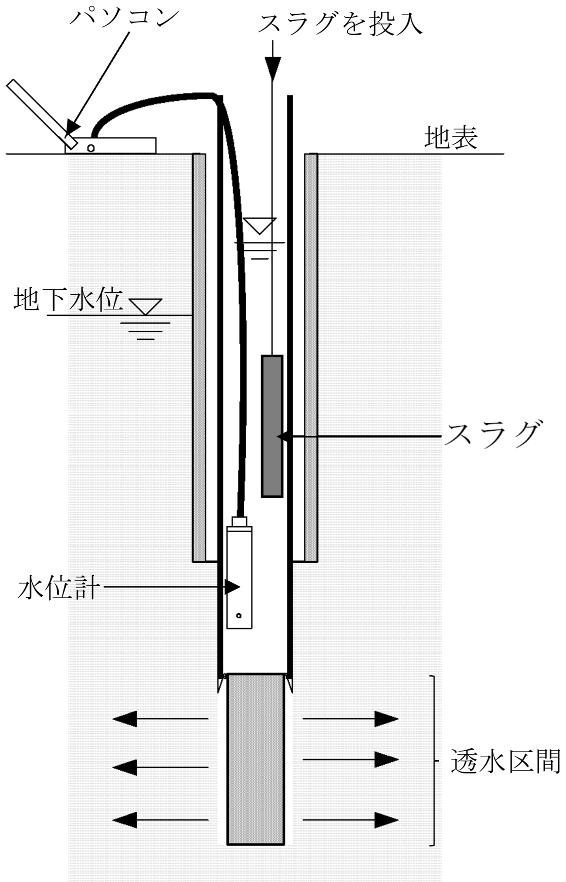
単孔式透水試験位置図を第 1.6.1－1 図に示す。



第 1.6.1－1 図　単孔式透水試験位置図

b．試験方法

試験は，ＪＧＳ 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

c．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，以下の考え方に基づき選定した。

(a)　ｄｕ層

自由地下水面はｄｕ層に位置しており，自由地下水面とｄｕ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ｄｕ層下端に近い深度とした。

(b)　Ａｇ２層

ｄｕ層とＡｇ２層の間に薄いＡｃ層が存在する地点があり，このＡｃ層を避けるため，透水区間はＡｇ２層下端に近い深度とした。

(c)　Ａｃ層

Ａｇ２層の下位の難透水層と考えられる厚いＡｃ層を対象とし，透水区間は層内の任意の位置とした。

(d)　Ａｓ層，ｌｍ層，Ｄ１ｇ－１層，Ｄ２ｃ－３層及びＤ２ｇ－３層

Ａｓ層，ｌｍ層，Ｄ１ｇ－１層，Ｄ２ｃ－３層及びＤ２ｇ－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。

ｄ．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	
ｄｕ層	C－4－2	5.00～5.50	2.55×10^{-2}	2.42×10^{-2}	1.54×10^{-2}
	C－4－3	6.00～6.50	1.43×10^{-2}	2.01×10^{-2}	
	D－3－1	3.45～3.95	1.07×10^{-2}	1.12×10^{-2}	
	D－4－2	7.90～8.40	1.61×10^{-2}	1.20×10^{-2}	
	D－5－2	6.90～7.40	1.50×10^{-2}	1.85×10^{-2}	
	E－4－2	9.00～9.50	1.21×10^{-2}	1.29×10^{-2}	
対数平均値		－	1.50×10^{-2}	1.58×10^{-2}	
Ａｇ２層	C－4－2	9.60～10.10	1.11×10^{-2}	7.87×10^{-3}	1.21×10^{-2}
	C－4－3	9.25～9.75	5.10×10^{-3}	2.24×10^{-3}	
	C－7－1	13.40～13.90	2.69×10^{-2}	3.73×10^{-2}	
	D－3－1	7.60～8.10	2.01×10^{-2}	1.96×10^{-2}	
	D－5－2	11.30～11.80	5.49×10^{-3}	4.28×10^{-3}	
	E－4－1	11.90～12.40	1.62×10^{-2}	9.61×10^{-3}	
	F－4－2	10.10～10.60	2.44×10^{-2}	3.62×10^{-2}	
対数平均値		－	1.31×10^{-2}	1.10×10^{-2}	
Ａｓ層	C－4－2	14.60～15.10	7.54×10^{-4}	2.48×10^{-3}	1.64×10^{-3}
	D－3－2	12.00～12.50	1.13×10^{-3}	9.74×10^{-4}	
	D－4－3	16.70～17.20	2.77×10^{-3}	2.40×10^{-3}	
	D－5－2	17.50～18.00	6.33×10^{-3}	4.35×10^{-3}	
	E－4－2	16.00～16.50	1.18×10^{-3}	6.90×10^{-4}	
	F－4－1	24.30～24.80	5.48×10^{-4}	2.10×10^{-3}	
対数平均値		－	1.46×10^{-3}	1.82×10^{-3}	
Ａｃ層	C－4－2	13.00～13.60	4.65×10^{-7}	－	4.65×10^{-7}
ｌｍ層	A－3	10.30～10.70	－	3.1×10^{-4}	3.10×10^{-4}
Ｄ１ｇ－１層	A－3	22.80～23.20	1.6×10^{-3}	－	1.18×10^{-3}
	B－3	14.10～14.50	8.7×10^{-4}	－	
対数平均値		－	1.18×10^{-3}	－	
Ｄ２ｃ－３層	b	18.10～18.50	8.8×10^{-6}	－	1.4×10^{-4}
	c	18.20～18.40	1.0×10^{-4}	－	
	d	13.50～13.90	6.5×10^{-4}	－	
	C－5	17.33～17.73	6.7×10^{-4}	－	
対数平均値		－	1.4×10^{-4}	－	
Ｄ２ｇ－３層	C－7－1	19.50～20.00	1.87×10^{-2}	2.48×10^{-2}	2.18×10^{-2}

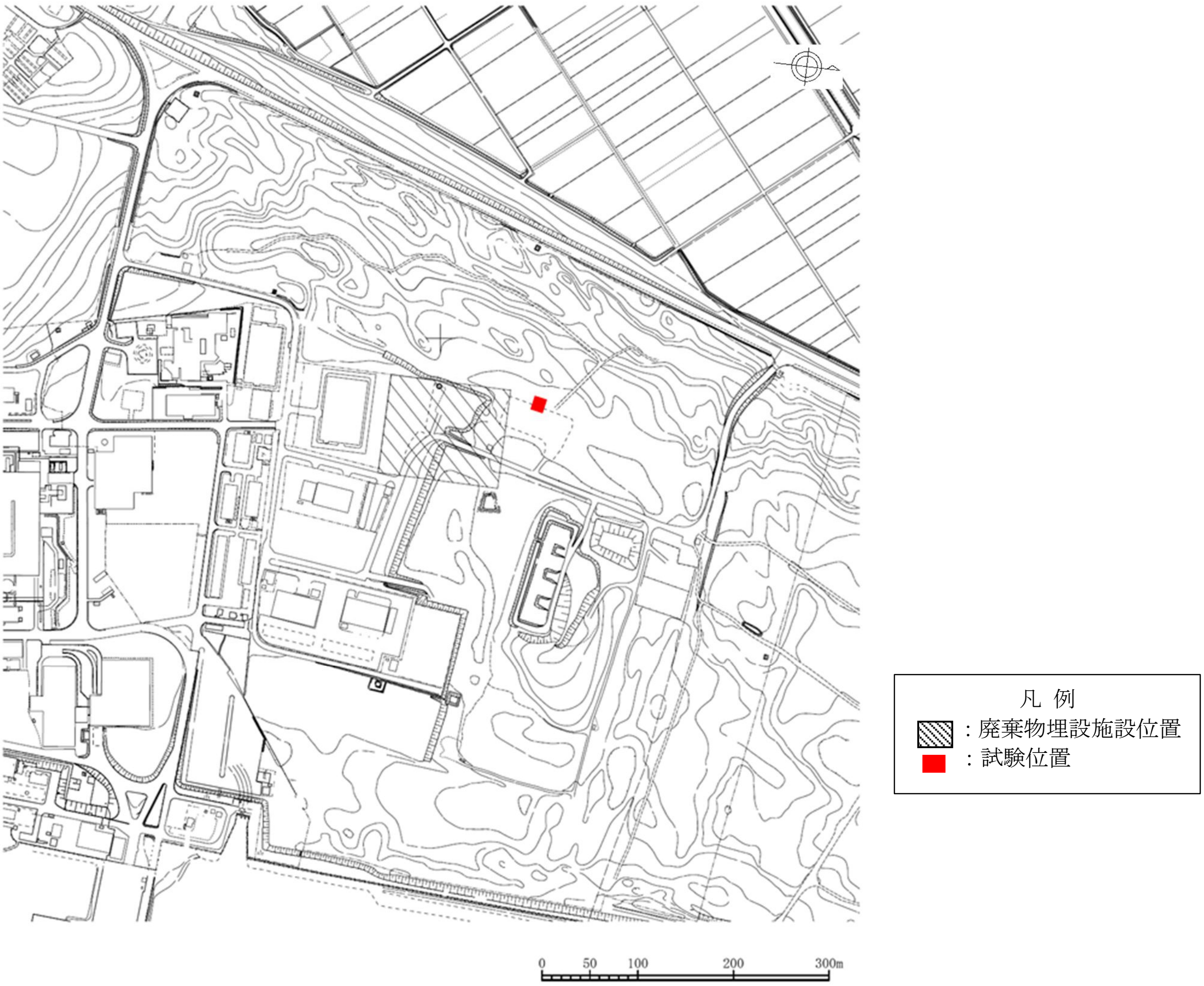
（２）揚水試験

施設を通過する地下水の流路にはｄｕ層及びＡｇ２層があるが，単孔式透水試験の結果においてｄｕ層の透水係数が最も大きく，また，Ａｇ２層とｄｕ層が連続して分布し揚水試験でＡｇ２層のみの透水係数を求めるのは困難であることから，ｄｕ層を対象に揚水試験を行った。

ａ．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，ｄｕ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

b．試験方法

試験は，ＪＧＳ 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，揚水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

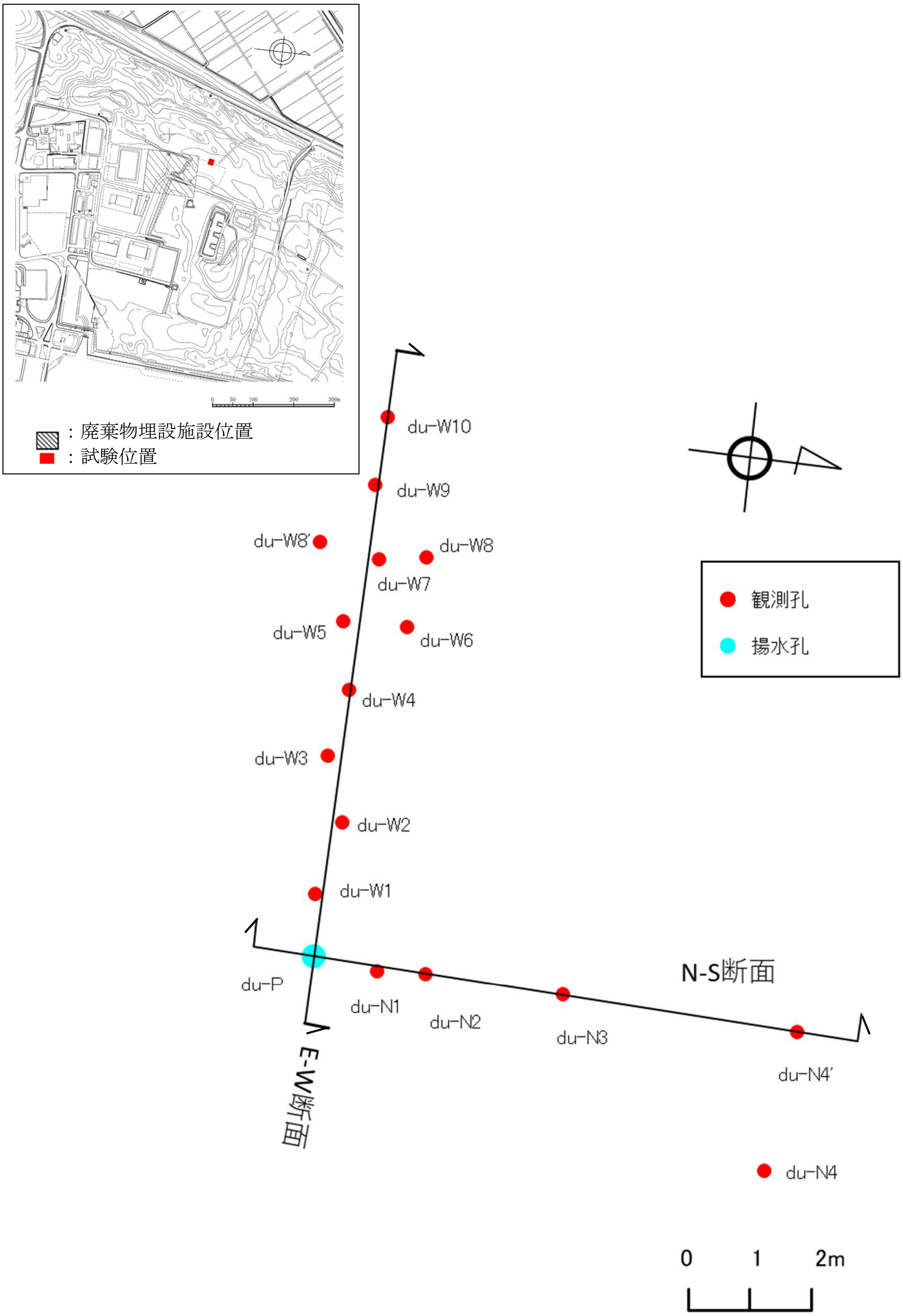
3 孔のボーリング掘削を先行して実施し，地下水面の傾斜方向を把握した上で，揚水試験の水位観測孔の配置を検討した。

(b) 観測孔の設置

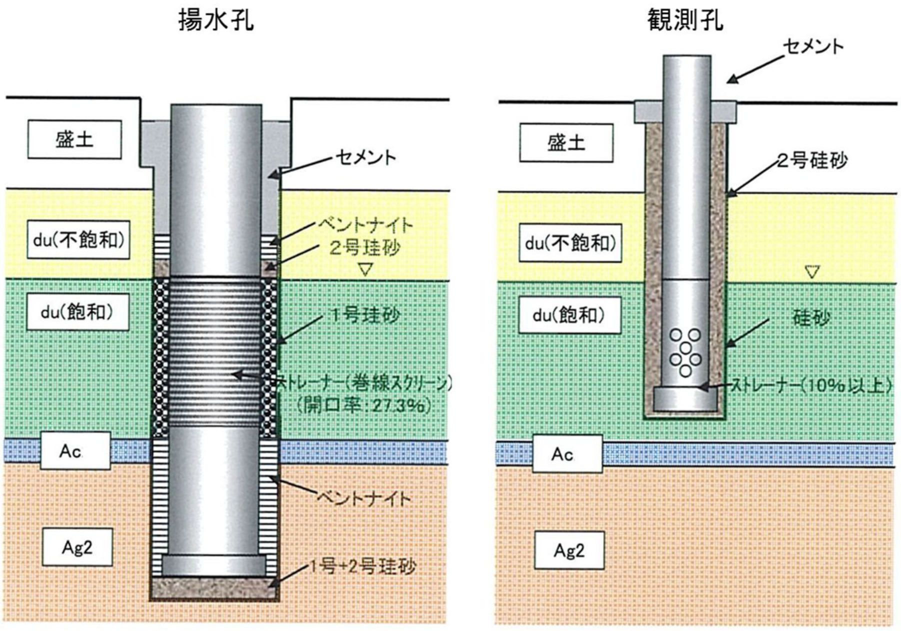
ボーリング掘削を行い，地質状況を確認した後，水位観測孔を設置し，観測孔の位置及び標高の測量を行った。

(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。



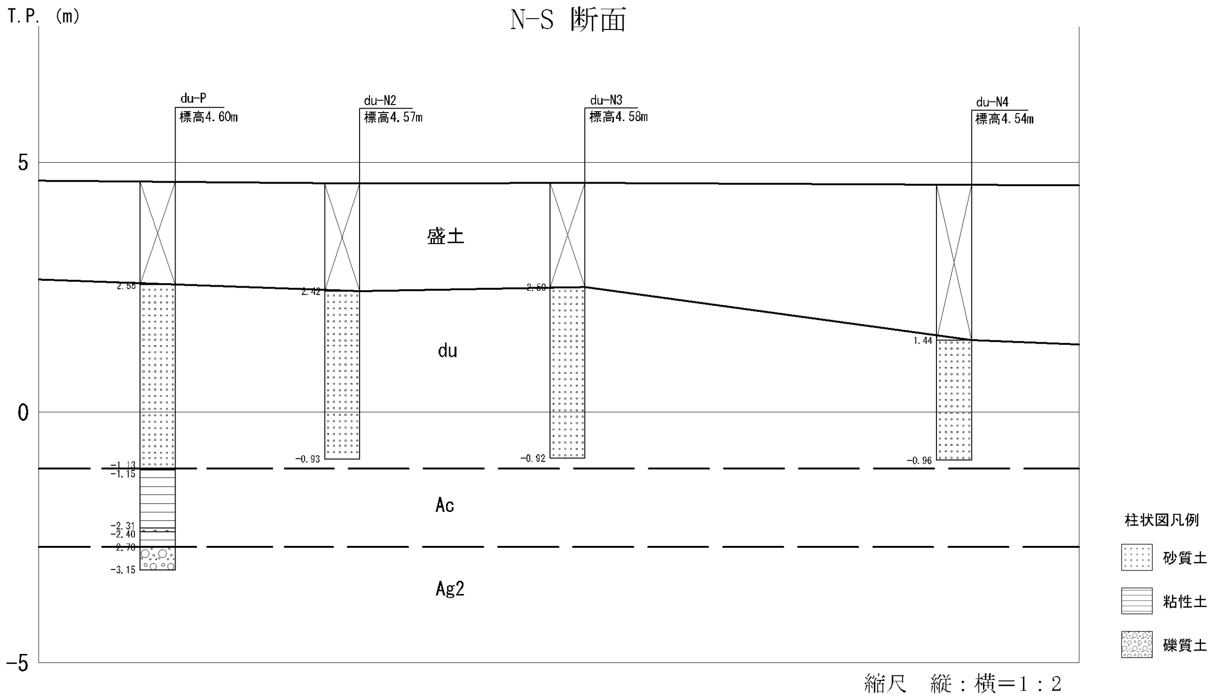
第 1.6.1－4 図　揚水孔・観測孔の平面配置図

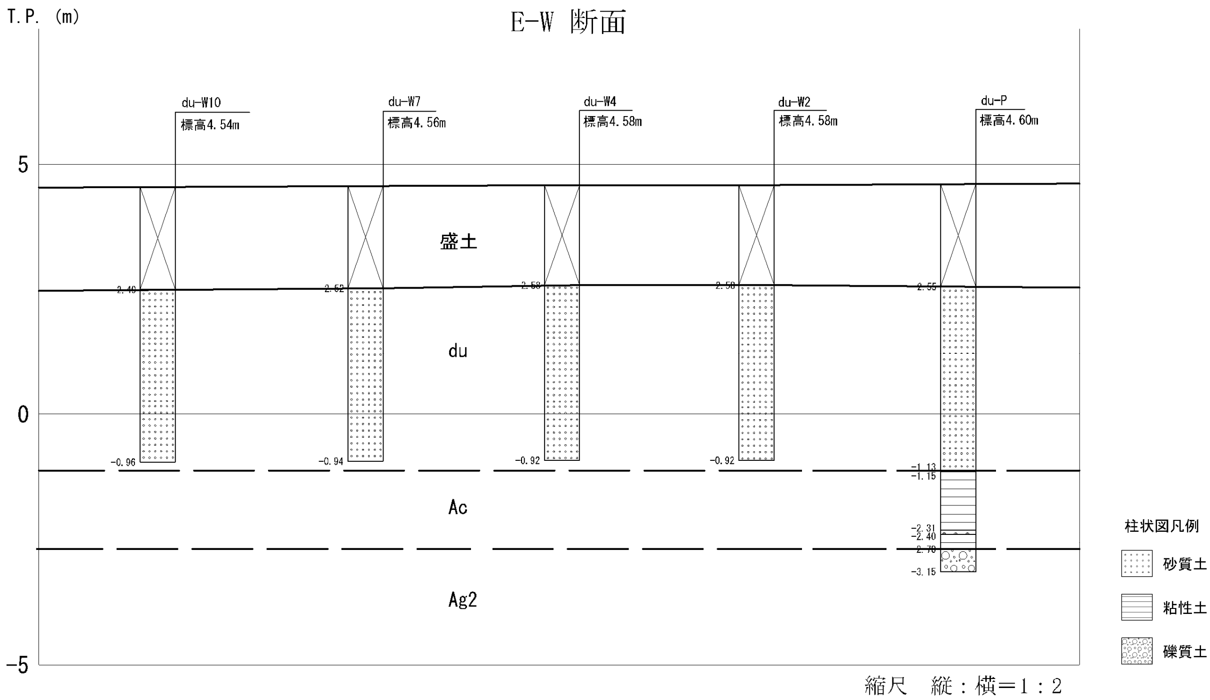


第 1.6.1－5 図　揚水孔・観測孔構造図

第 1.6.1－2 表　ストレーナ深度一覧

孔名	掘削深度 (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

ｃ．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

ｄ．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

<table>
<tr><td rowspan="3">孔名</td><td colspan="2">s－log（t／r²）プロットによる
直線勾配法</td><td colspan="2">標準曲線法</td><td colspan="2">s－log（r）プロットによる
直線勾配法</td></tr>
<tr><td rowspan="2">透水係数
（cm／s）</td><td>方向ごとの算術平均値</td><td rowspan="2">透水係数
（cm／s）</td><td>方向ごとの算術平均値</td><td colspan="2" rowspan="2">透水係数
（cm／s）</td></tr>
<tr><td>透水係数
（cm／s）</td><td>透水係数
（cm／s）</td></tr>
<tr><td>du－W1</td><td>3.33×10⁻²</td><td rowspan="10">東西方向
3.14×10⁻²</td><td>3.35×10⁻²</td><td rowspan="10">東西方向
3.31×10⁻²</td><td rowspan="10">東西方向
3.21×10⁻²</td><td rowspan="14">3.27×10⁻²-④</td></tr>
<tr><td>du－W2</td><td>3.20×10⁻²</td><td>3.13×10⁻²</td></tr>
<tr><td>du－W3</td><td>2.53×10⁻²</td><td>3.24×10⁻²</td></tr>
<tr><td>du－W4</td><td>3.21×10⁻²</td><td>3.24×10⁻²</td></tr>
<tr><td>du－W5</td><td>3.34×10⁻²</td><td>3.35×10⁻²</td></tr>
<tr><td>du－W6</td><td>3.16×10⁻²</td><td>3.47×10⁻²</td></tr>
<tr><td>du－W7</td><td>2.95×10⁻²</td><td>3.24×10⁻²</td></tr>
<tr><td>du－W8’</td><td>3.26×10⁻²</td><td>3.24×10⁻²</td></tr>
<tr><td>du－W9</td><td>3.27×10⁻²</td><td>3.24×10⁻²</td></tr>
<tr><td>du－W10</td><td>3.11×10⁻²</td><td>3.61×10⁻²</td></tr>
<tr><td>du－N1</td><td>3.33×10⁻²</td><td rowspan="4">南北方向
3.09×10⁻²</td><td>3.28×10⁻²</td><td rowspan="4">南北方向
3.38×10⁻²</td><td rowspan="4">南北方向
3.24×10⁻²</td></tr>
<tr><td>du－N2</td><td>3.29×10⁻²</td><td>3.28×10⁻²</td></tr>
<tr><td>du－N3</td><td>3.23×10⁻²</td><td>3.35×10⁻²</td></tr>
<tr><td>du－N4’</td><td>2.49×10⁻²</td><td>3.61×10⁻²</td></tr>
<tr><td>対数平均値</td><td>3.11×10⁻²-①</td><td></td><td>3.33×10⁻²-②</td><td></td><td>3.22×10⁻²-③</td><td></td></tr>
<tr><td>①～④の
算術平均値
（cm／s）</td><td colspan="6">3.23×10⁻²</td></tr>
</table>

（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。

ａ．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。

ｂ．試験方法

試験は，ＪＩＳ 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，0.25N／mm^2，0.49N／mm^2，0.98N／mm^2，1.96N／mm^2，3.92N／mm^2，5.88N／mm^2，7.85N／mm^2，9.81N／mm^2，11.77N／mm^2及び 13.73N／mm^2の 10 段階とした。

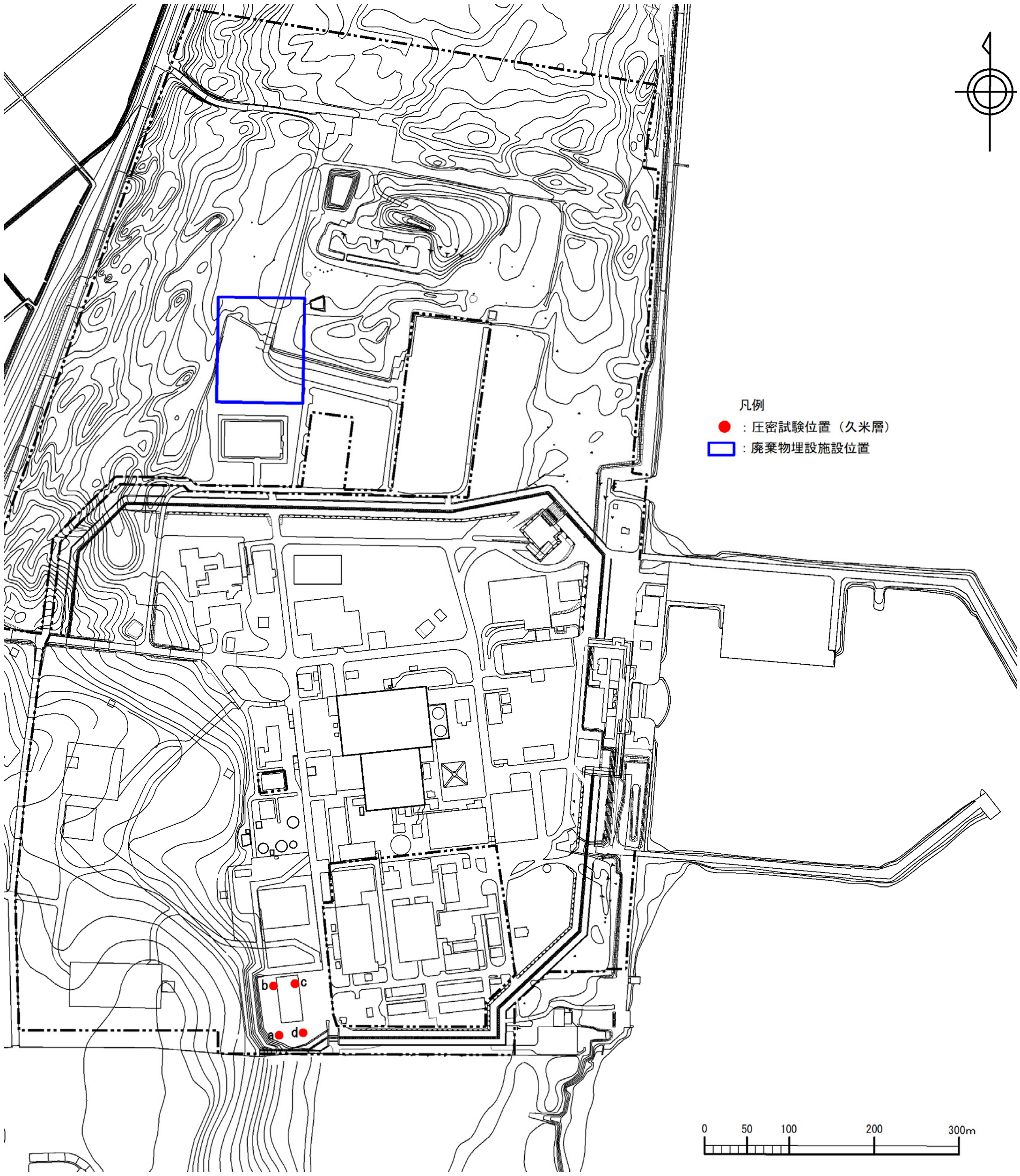
ｃ．試験結果

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 4.19×10^{-7}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 Ｐｃ （N／mm^2）	圧密係数 Ｃｖ （cm^2／min）	透水係数 k （$\times10^{-7}$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

（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，ｄｕ層，Ａｇ２層及びＤ２ｇ－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。Ａｓ層，Ｄ１ｇ－１層及びｌｍ層はｄｕ層，Ａｇ２層に比べ，透水性はやや劣り，Ａｃ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ｄｕ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		ｄｕ層	Ａｇ２層	Ａｓ層	Ａｃ層
透水係数（cm／s）	単孔式透水試験	1.54×10^{-2}	1.21×10^{-2}	1.64×10^{-3}	4.65×10^{-7}
	揚水試験	3.23×10^{-2}	－	－	－

項目＼地層区分		ｌｍ層	Ｄ１ｇ－１層	Ｄ２ｃ－３層	Ｄ２ｇ－３層
透水係数（cm／s）	単孔式透水試験	3.10×10^{-4}	1.18×10^{-3}	1.4×10^{-4}	2.18×10^{-2}
	揚水試験	－	－	－	－

項目＼地層区分		久米層
透水係数（cm／s）	圧密試験	4.19×10^{-7}

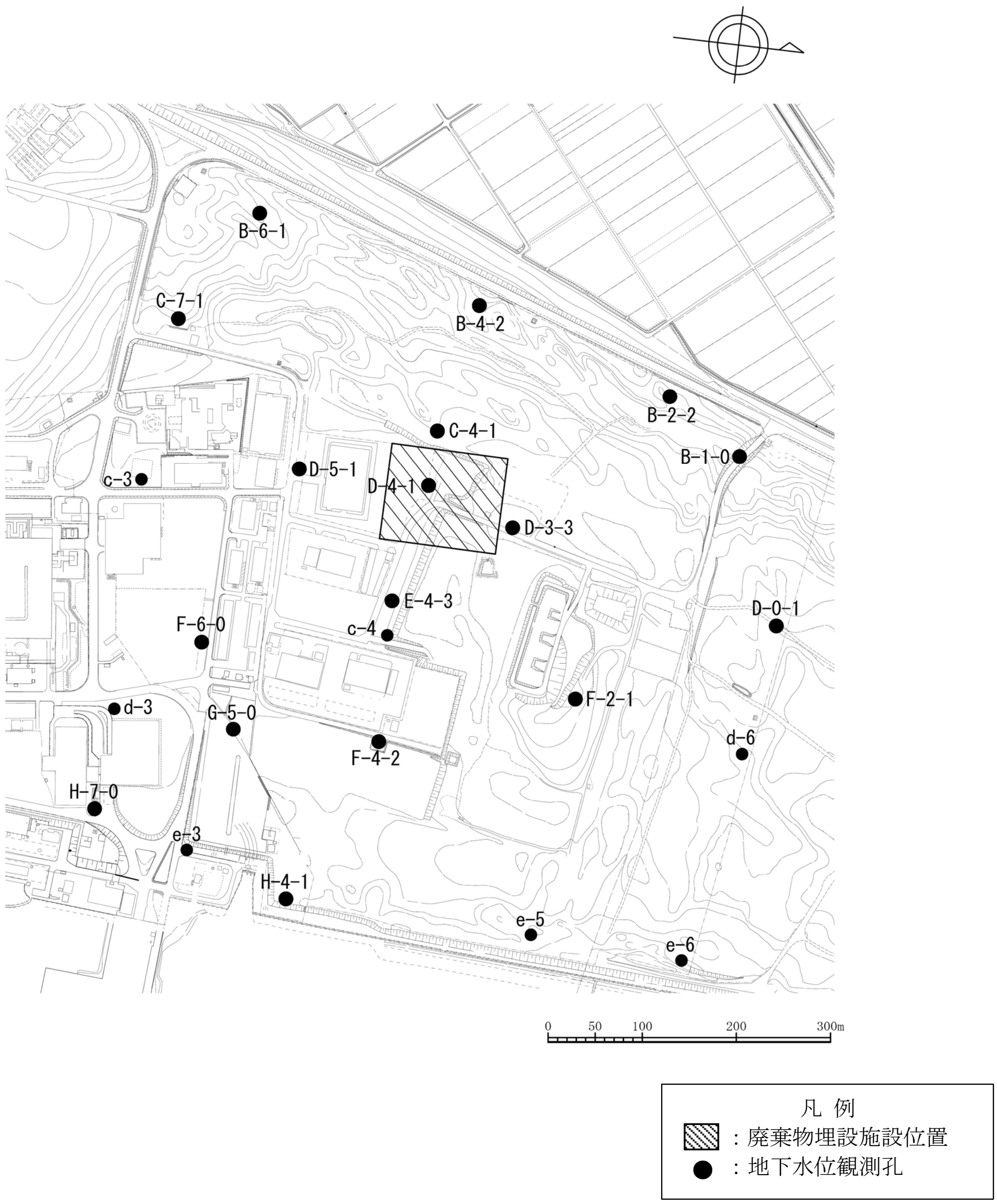
１．６．２　地下水位

　廃棄物埋設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 ヵ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。

　廃棄物埋設施設位置付近の地質は，「１．５　廃棄物埋設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，廃棄物埋設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。



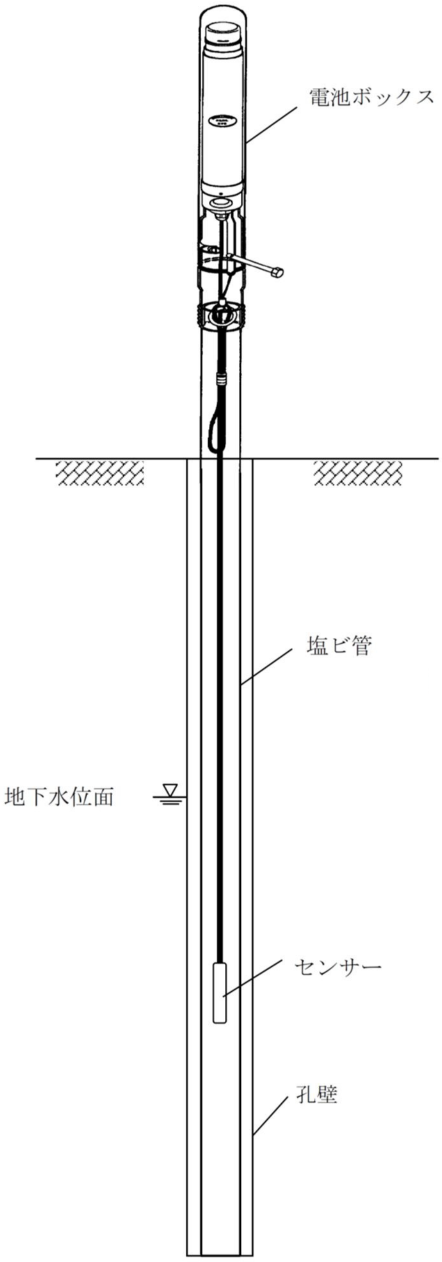
第 1.6.2－1 図　地下水位観測孔位置図

（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。

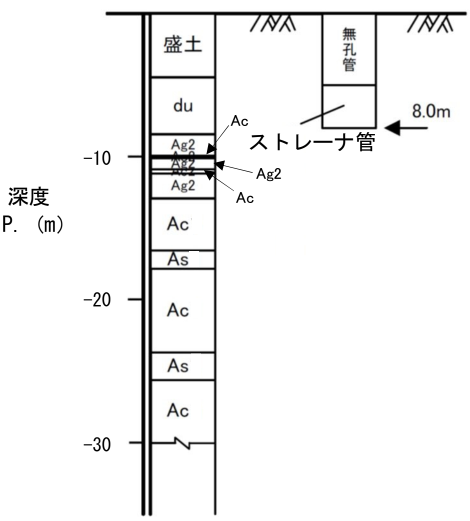
地下水位観測設備概略図を第 1.6.2－2 図に，地下水位計測データ採取装置を第 1.6.2－3 図に示す。

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（廃棄物埋設施設位置）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。各観測孔の仕様について別紙８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
B－1－0	ｄｕ
B－2－2	ｄｕ
B－4－2	ｄｕ
B－6－1	Ａｇ２
C－4－1	ｄｕ
C－7－1	Ａｇ２
D－0－1	ｄｕ
D－3－3	ｄｕ
D－4－1	ｄｕ
D－5－1	Ａｇ２
c－3	Ａｇ２
E－4－3	ｄｕ

孔名	観測対象層
d－6	ｄｕ，Ａｇ２，Ａｓ
F－2－1	ｄｕ，Ａｇ２
c－4	ｄｕ，Ａｇ２
F－6－0	ｄｕ，Ａｇ２
F－4－2	ｄｕ，Ａｇ２
G－5－0	Ａｇ２
d－3	Ａｇ２
e－6	ｄｕ，Ａｇ２
e－5	ｄｕ，Ａｇ２
H－4－1	Ａｇ２
e－3	ｄｕ，Ａｇ２
H－7－0	ｄｕ，Ａｇ２，Ａｓ

（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。

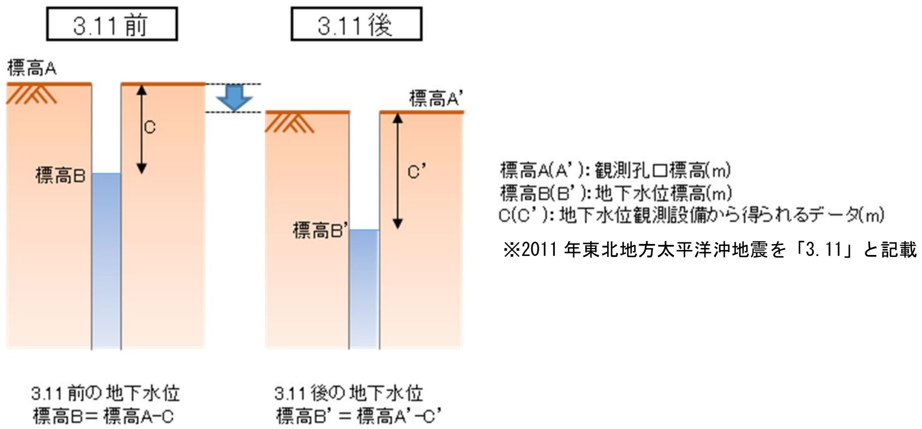
この結果によれば，地下水位は西側から東側につれて低くなり，降雨に対応して変動している。

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。

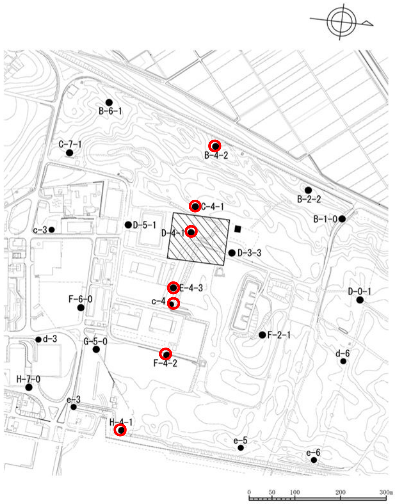
なお，2011 年東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動により，施設周辺の地表面が約 0.4m 沈降した（第 1.6.2－2 表）ことから，第 1.6.2－6 図に示す地下水位観測結果における同地震以降の地下水位は，その地殻変動の影響を取り除き，補正したものである（第 1.6.2－5 図）。

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

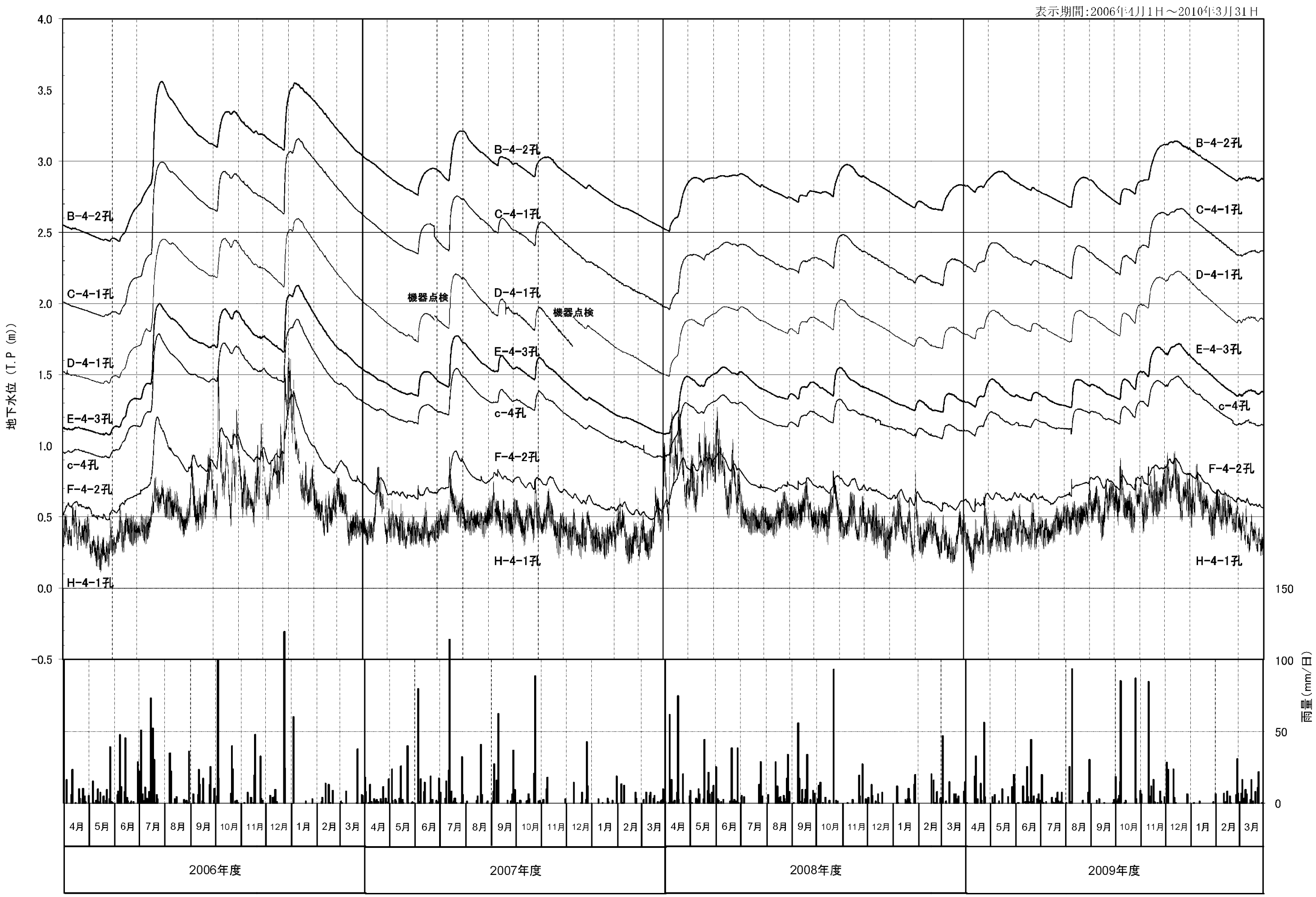
孔名	沈降量（m）	孔名	沈降量（m）
B－1－0	0.38	d－6	0.37
B－2－2	0.40	F－2－1	0.43
B－4－2	0.41	c－4	0.35
B－6－1	0.40	F－6－0	0.32
C－4－1	0.36	F－4－2	0.38
C－7－1	0.37	G－5－0	0.36
D－0－1	0.36	d－3	0.33
D－3－3	0.36	e－6	0.35
D－4－1	0.39	e－5	0.45
D－5－1	0.37	H－4－1	0.42
c－3	0.43	e－3	0.32
E－4－3	0.38	H－7－0	0.45



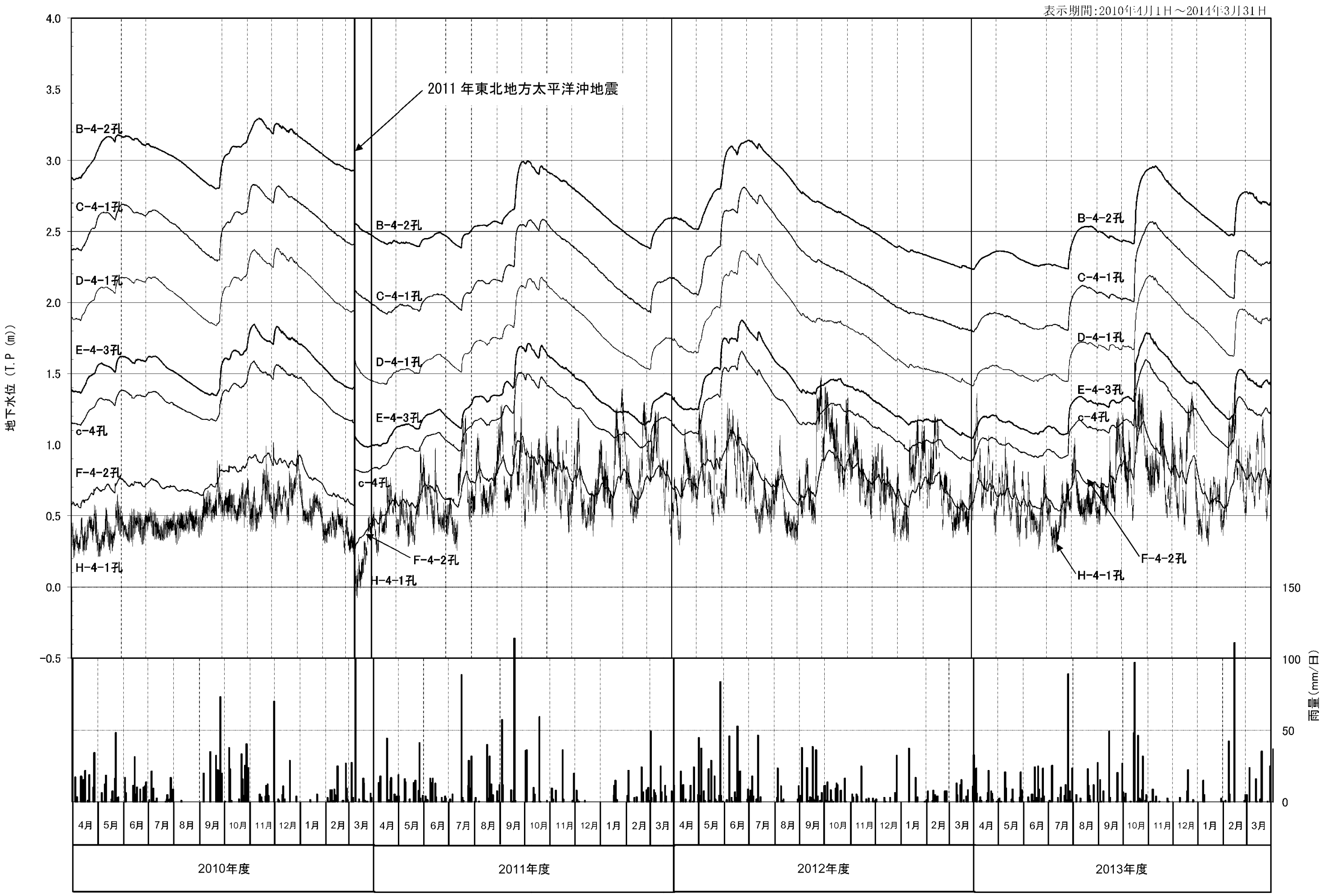
第 1.6.2－5 図　2011 年東北地方太平洋沖地震による地殻変動の補正概要



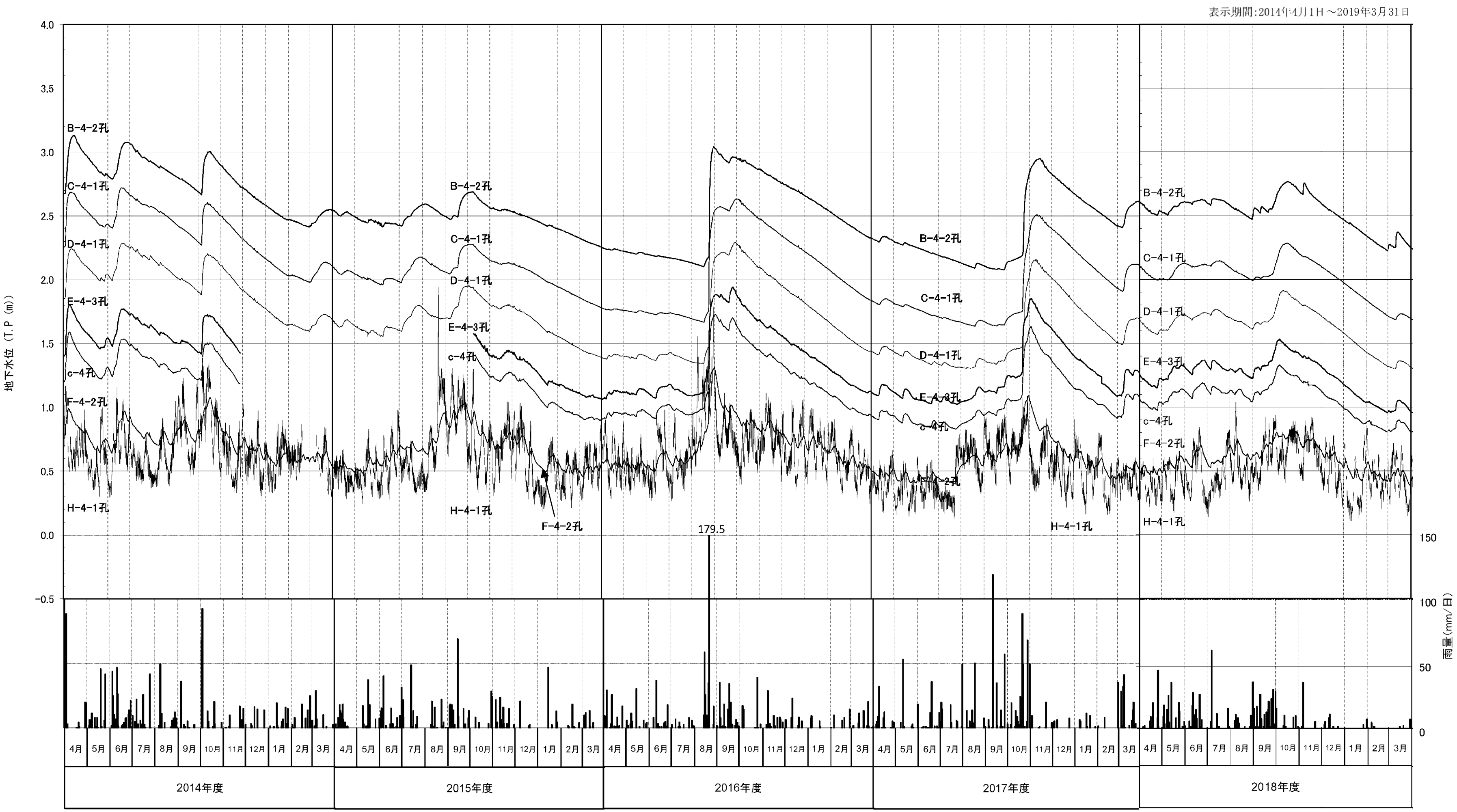
地下水観測孔のうち
経時変化を表示した孔



第 1.6.2－6 図（1）　地下水位観測結果



第1.6.2−6図（2）　地下水位観測結果



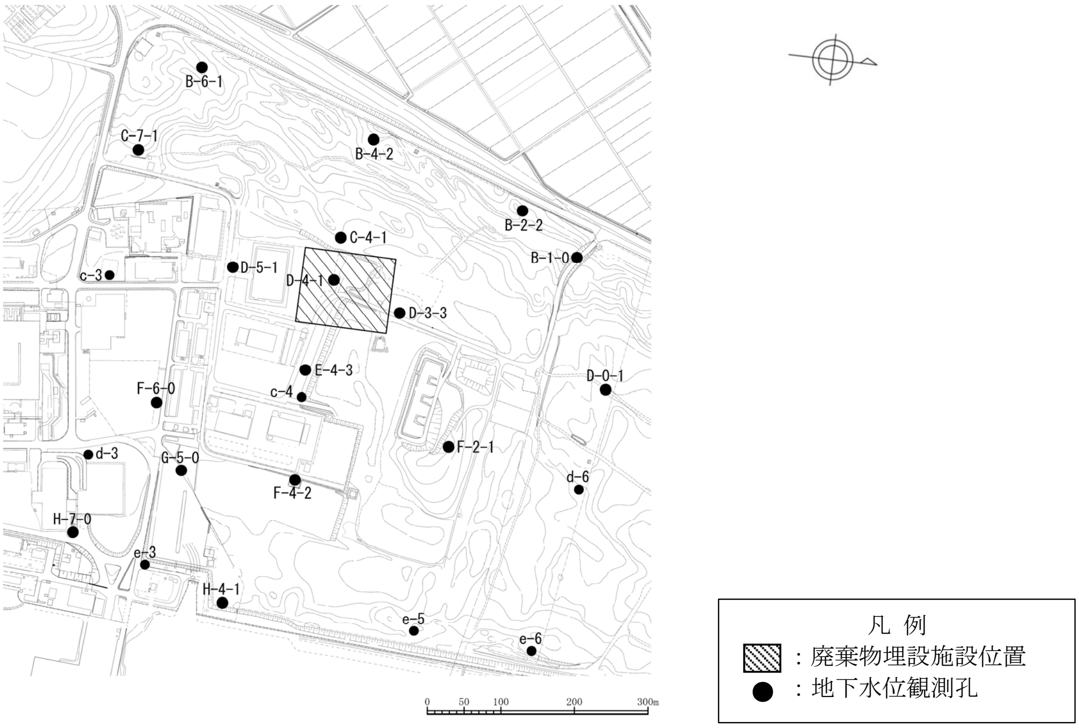
第1.6.2－6図（3）　地下水位観測結果

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。

廃棄物埋設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，いずれも廃棄物埋設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

廃棄物埋設施設を通る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。

なお，上記地質分布の評価においては，第 1.6.3－3 図に示す，全ての鉛直ボーリングのコア及び柱状図を踏まえて評価している。

B-4-0

地層	層厚(m)	区分
du	8.86	不圧帯水層(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(10.56m)
Ac	0.16	
Ag2	3.79	
Ac	3.64	難透水層

D-4-0

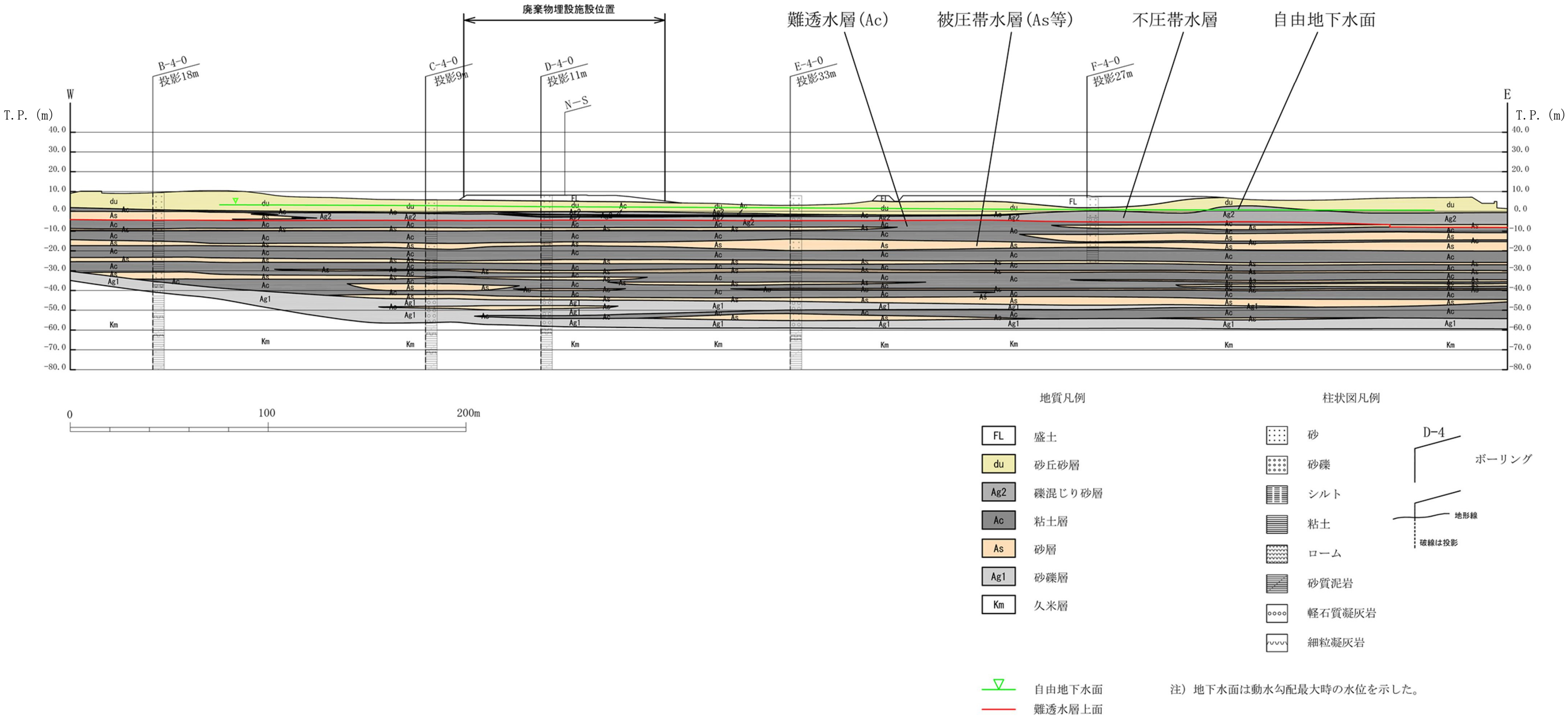
地層	層厚(m)	区分
du	8.42	不圧帯水層(12.91m)
Ag2	1.52	
Ac	0.17	
Ag2	0.76	
Ac	0.30	
Ag2	1.74	
Ac	3.64	難透水層

E-4-0

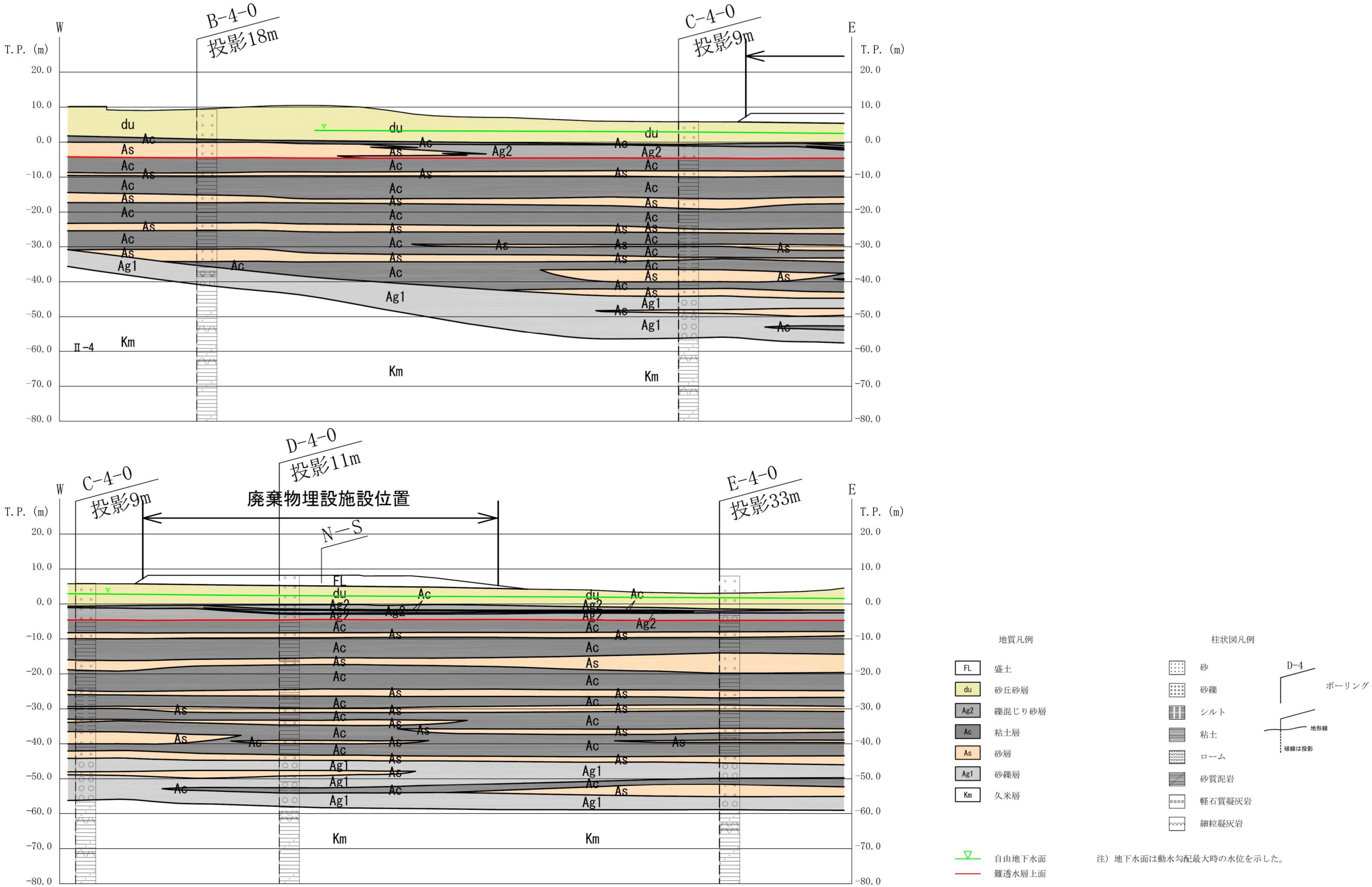
地層	層厚(m)	区分
du	4.86	不圧帯水層(8.46m)
Ag2	1.15	
Ac	0.14	
Ag2	0.24	
Ac	0.04	
Ag2	0.18	
Ac	0.10	
Ag2	1.75	
Ac	3.00	難透水層

F-4-0

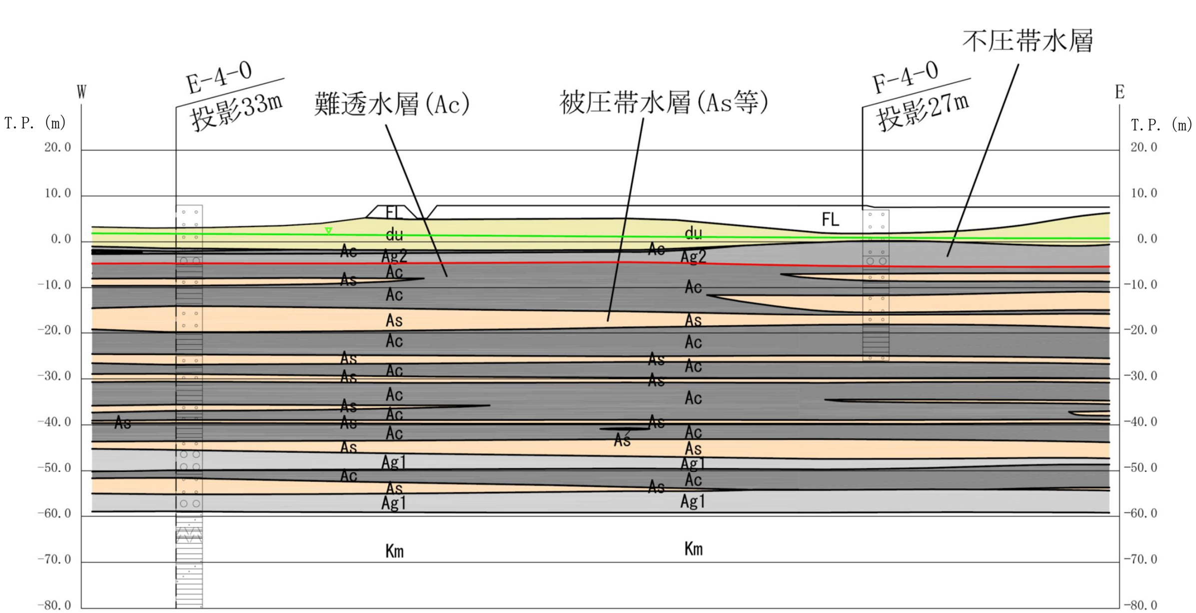
地層	層厚(m)	区分
FL	4.97	不圧帯水層(12.34m)
du	1.67	
Ag2	5.70	
Ac	1.47	難透水層

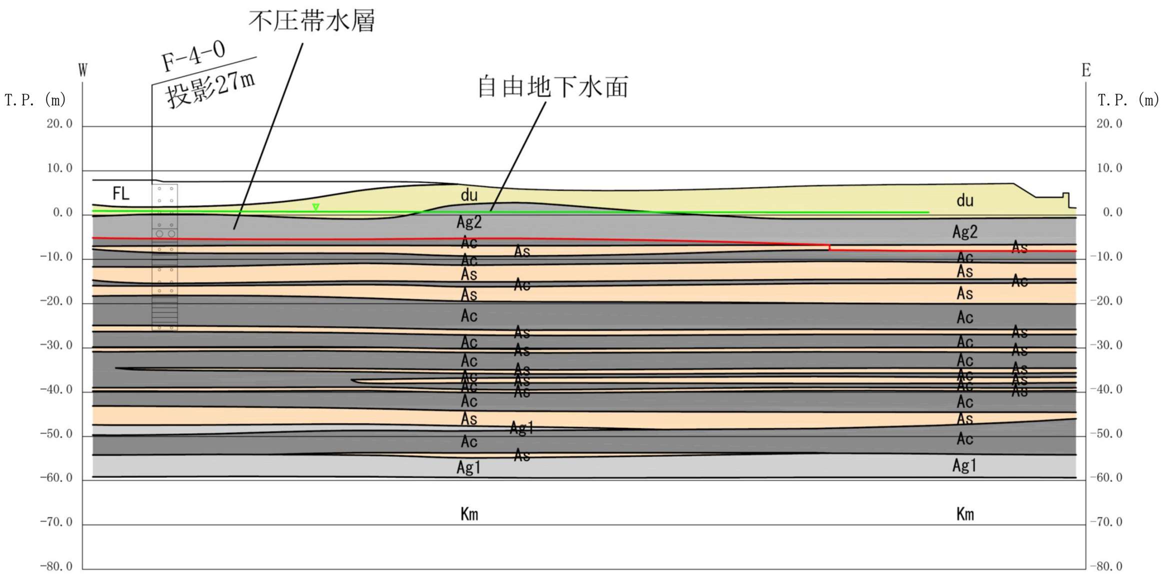


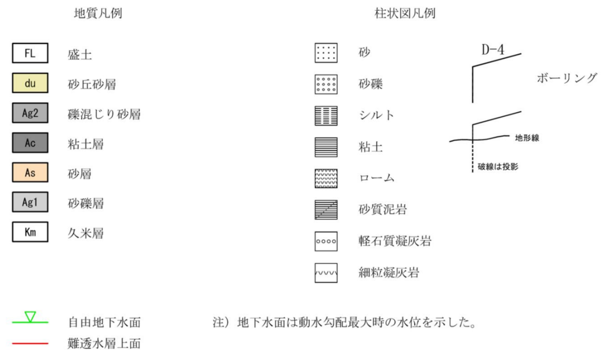
第1.6.3−1図　水理地質構造図（E－W断面）



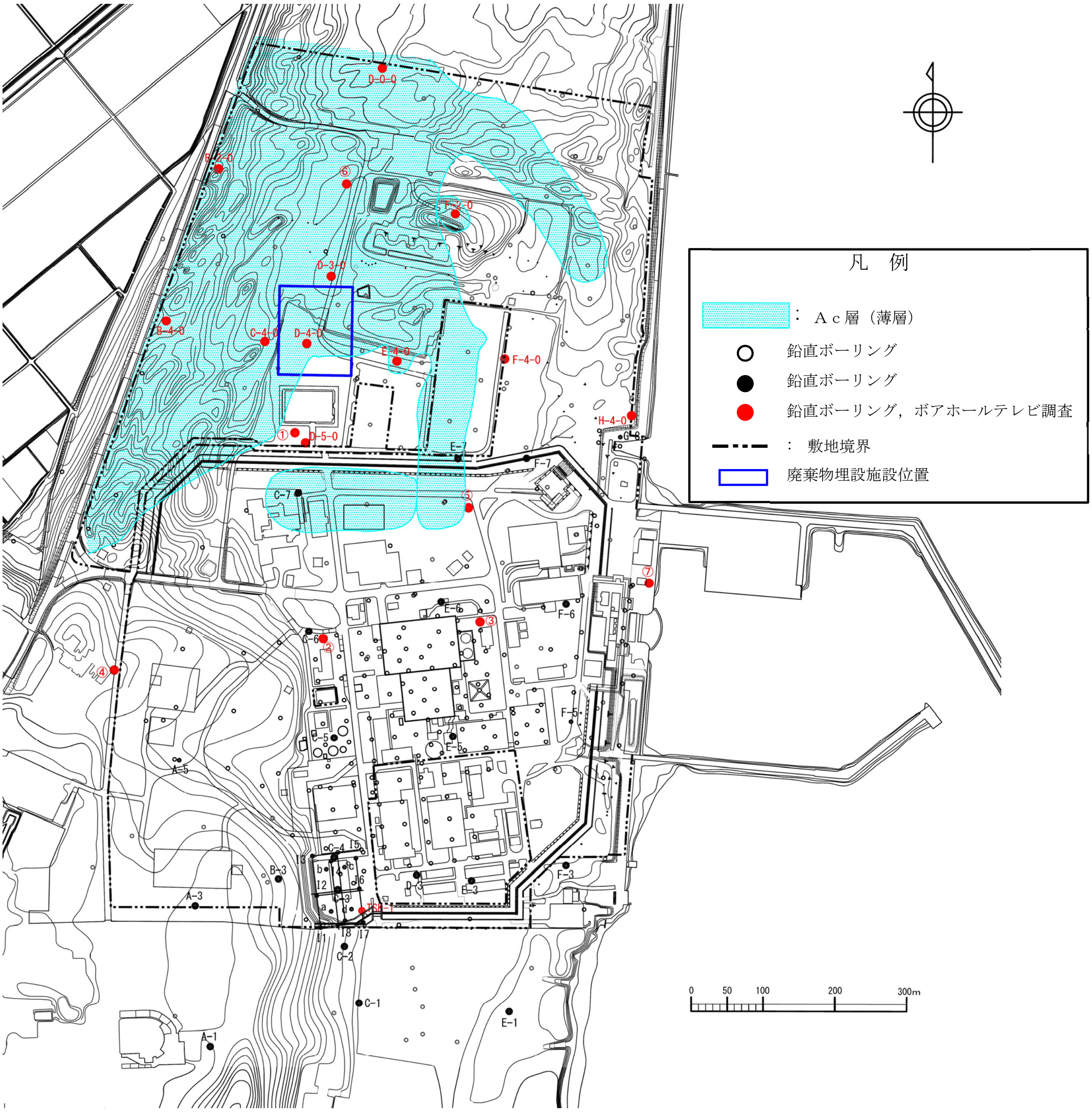
第1.6.3－2図（1） 水理地質構造図（拡大図1／2；西側）







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

廃棄物埋設施設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。

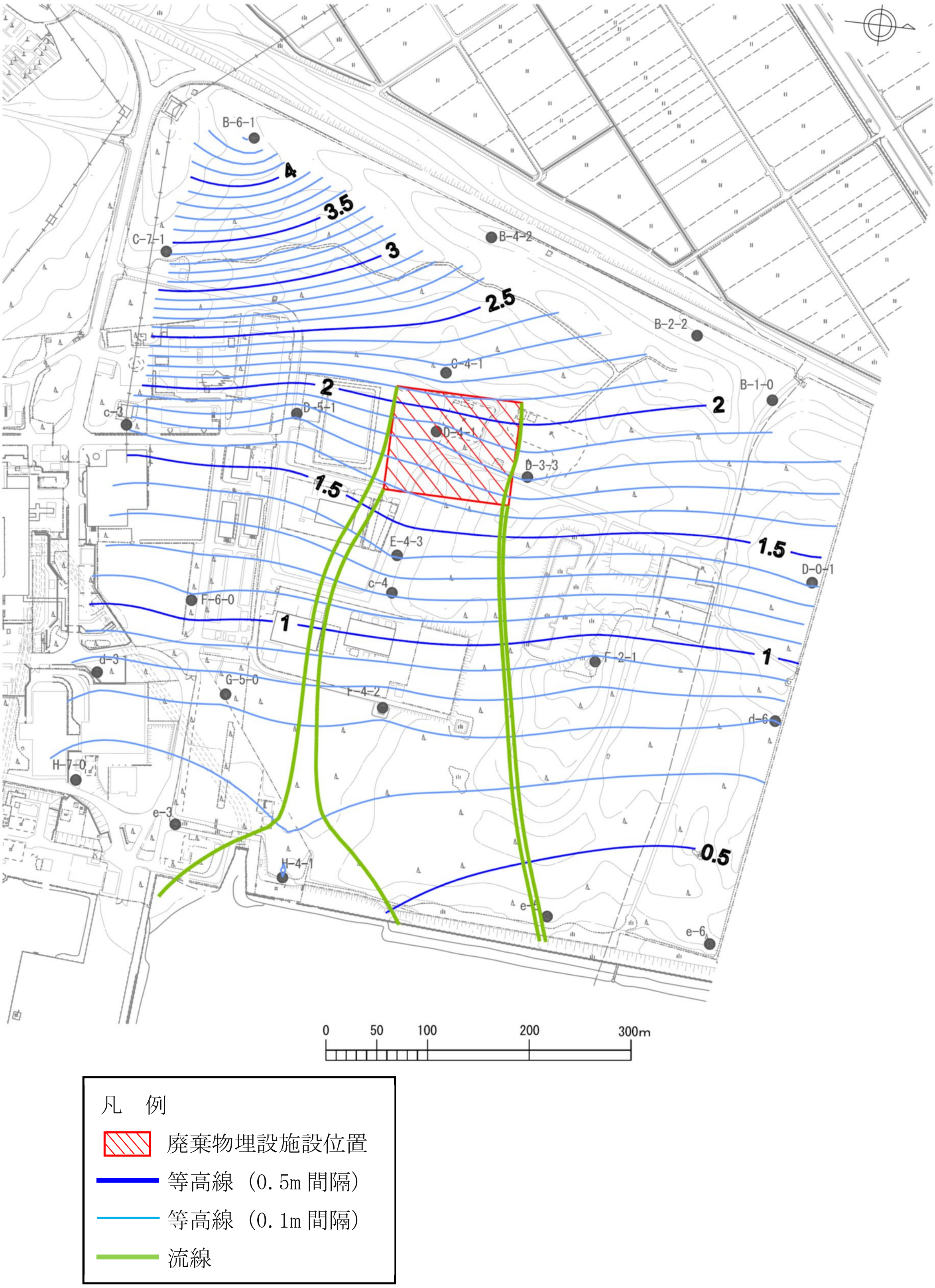
廃棄物埋設施設位置付近における定常的な地下水の流動は，西から東に向かっており，廃棄物埋設施設下を通過した地下水はそれに伴い東の海域に達すると考えられる。

定常的な流動とは異なる流動状況を抽出し，廃棄物埋設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，廃棄物埋設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。

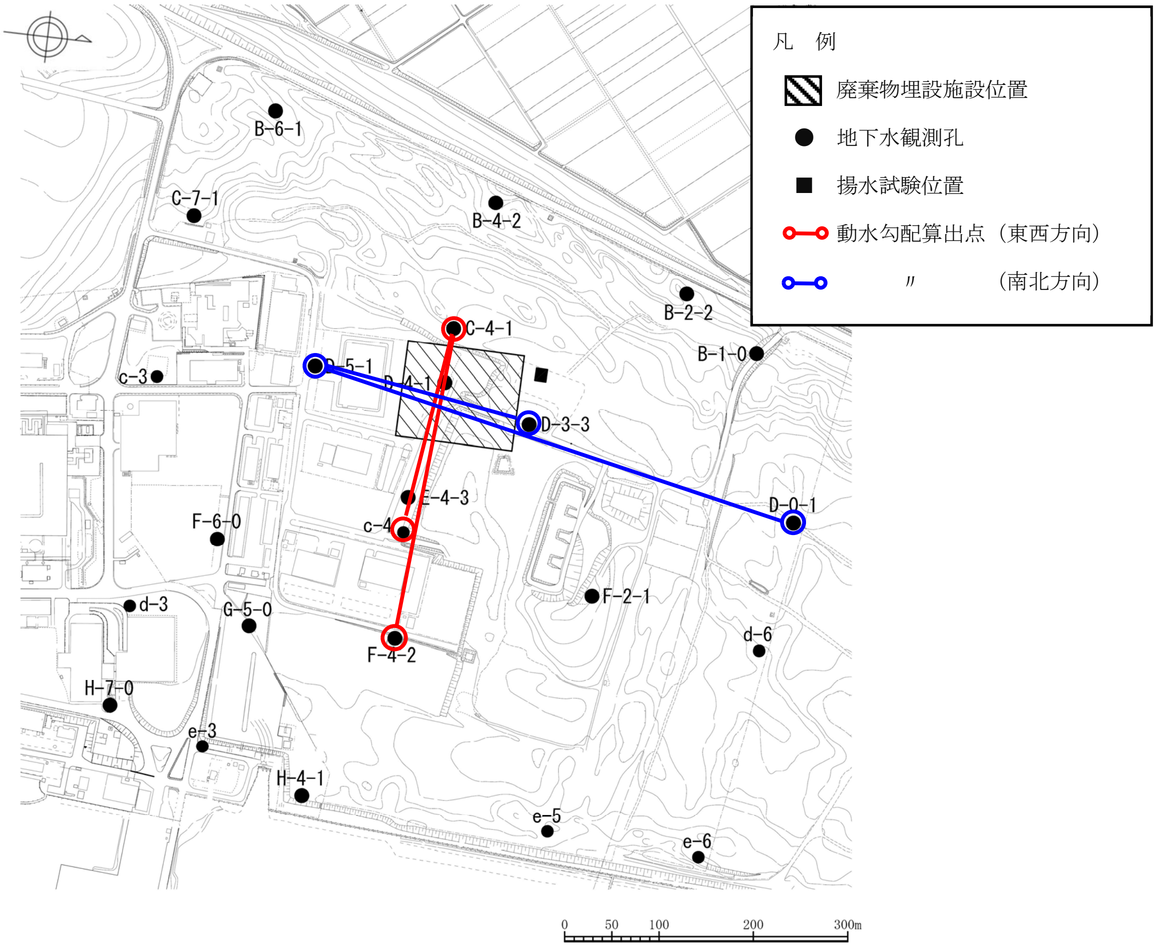
この結果によれば，いずれの流動状況においても，西から東に向かって流動していると考えられる。

このうち，動水勾配が最小となるケースにおいては，廃棄物埋設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。



第 1.6.4－1 図　平均水位に基づく地下水位等高線図

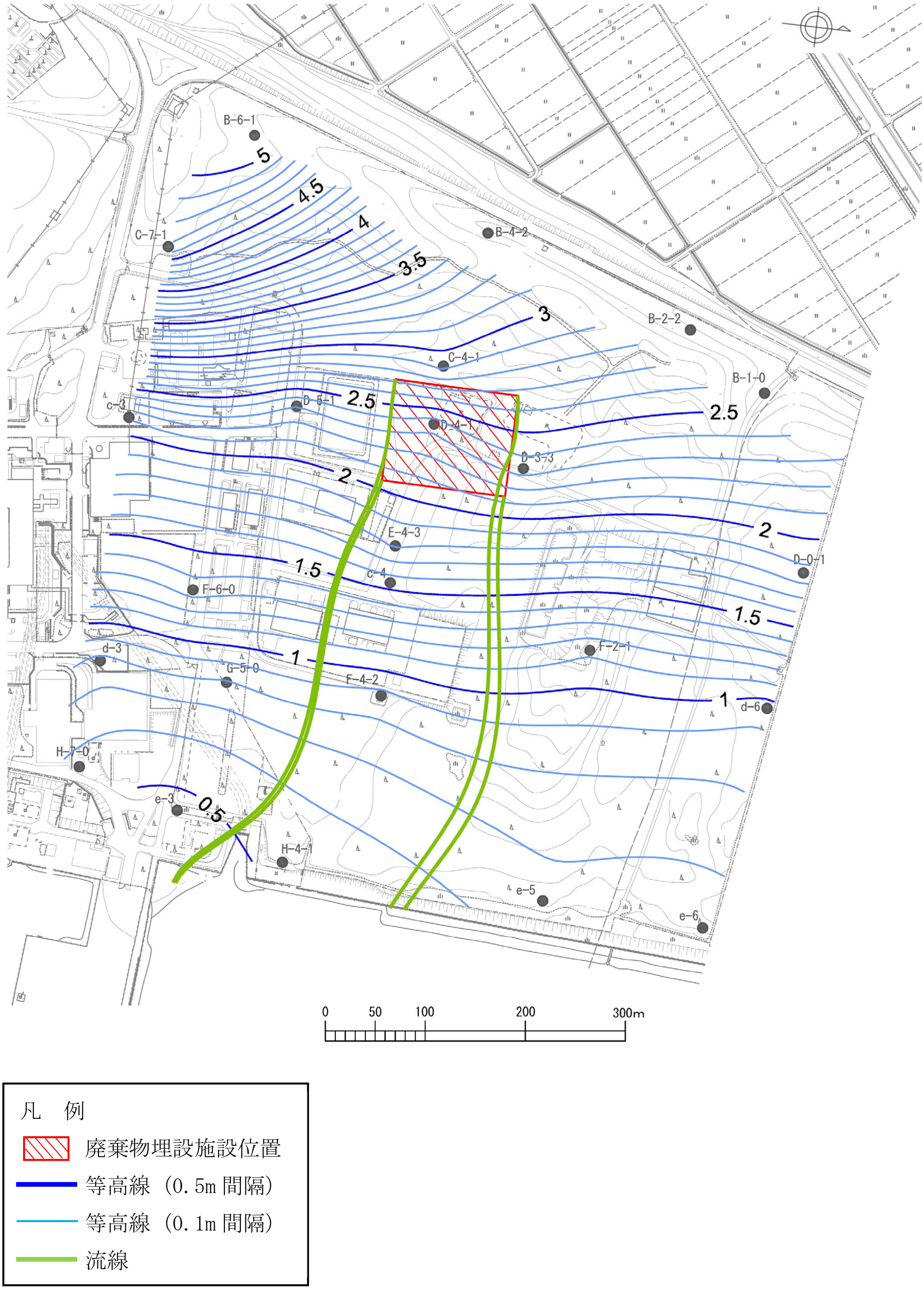


第 1.6.4－2 図　動水勾配算出点位置図

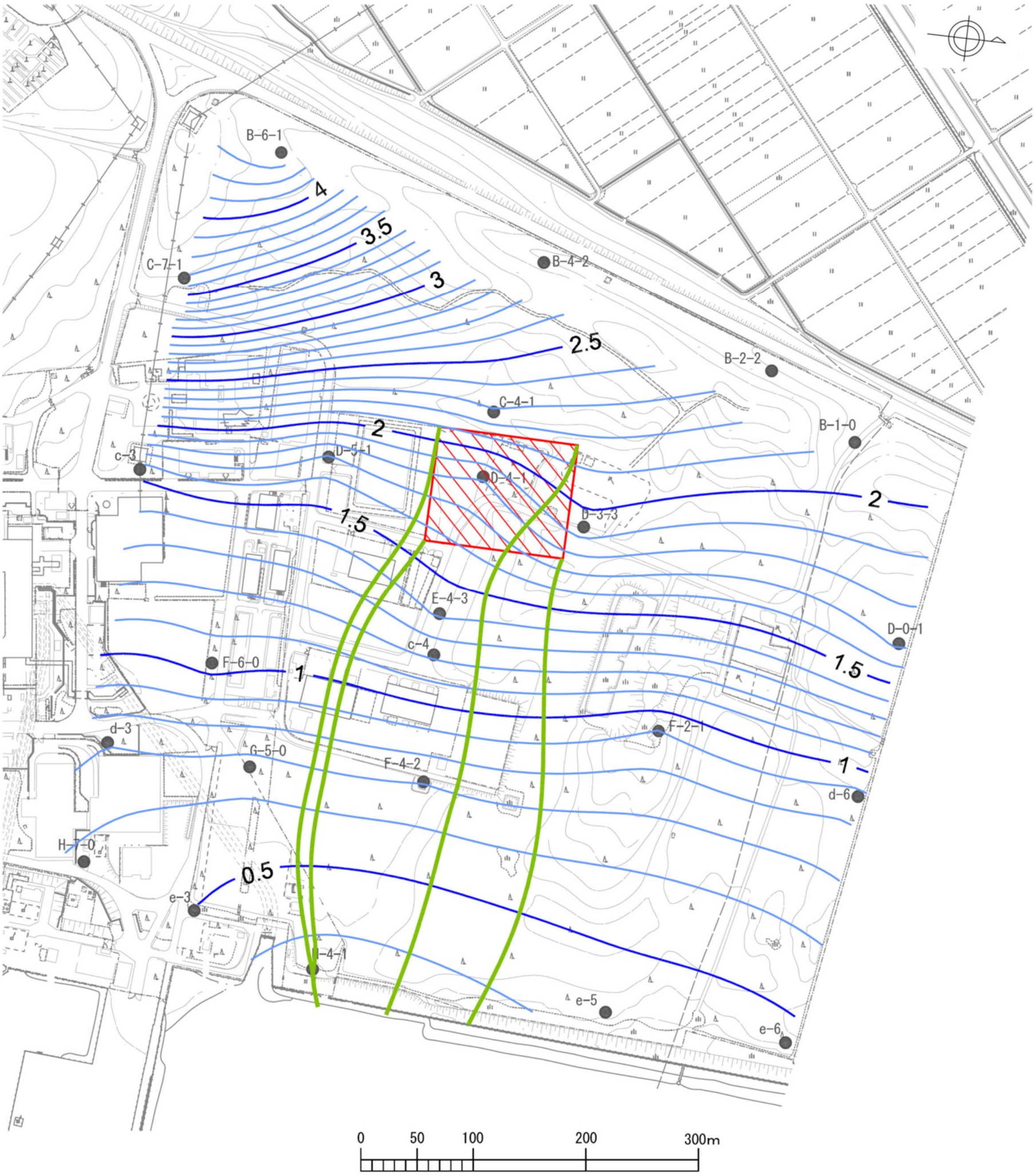
第 1.6.4－1 表　動水勾配一覧表

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



凡　例

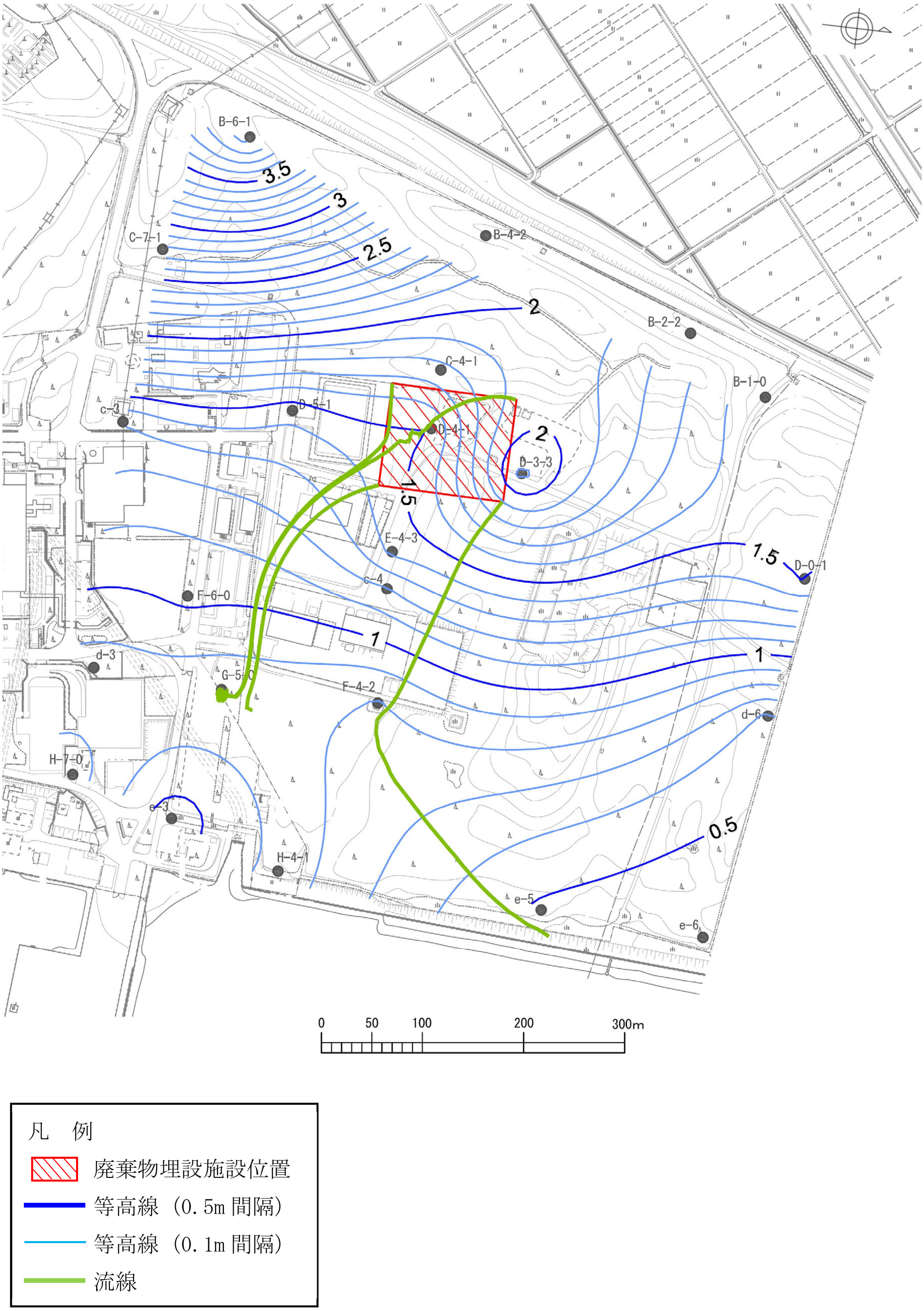
廃棄物埋設施設位置

等高線（0.5m 間隔）

等高線（0.1m 間隔）

流線

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

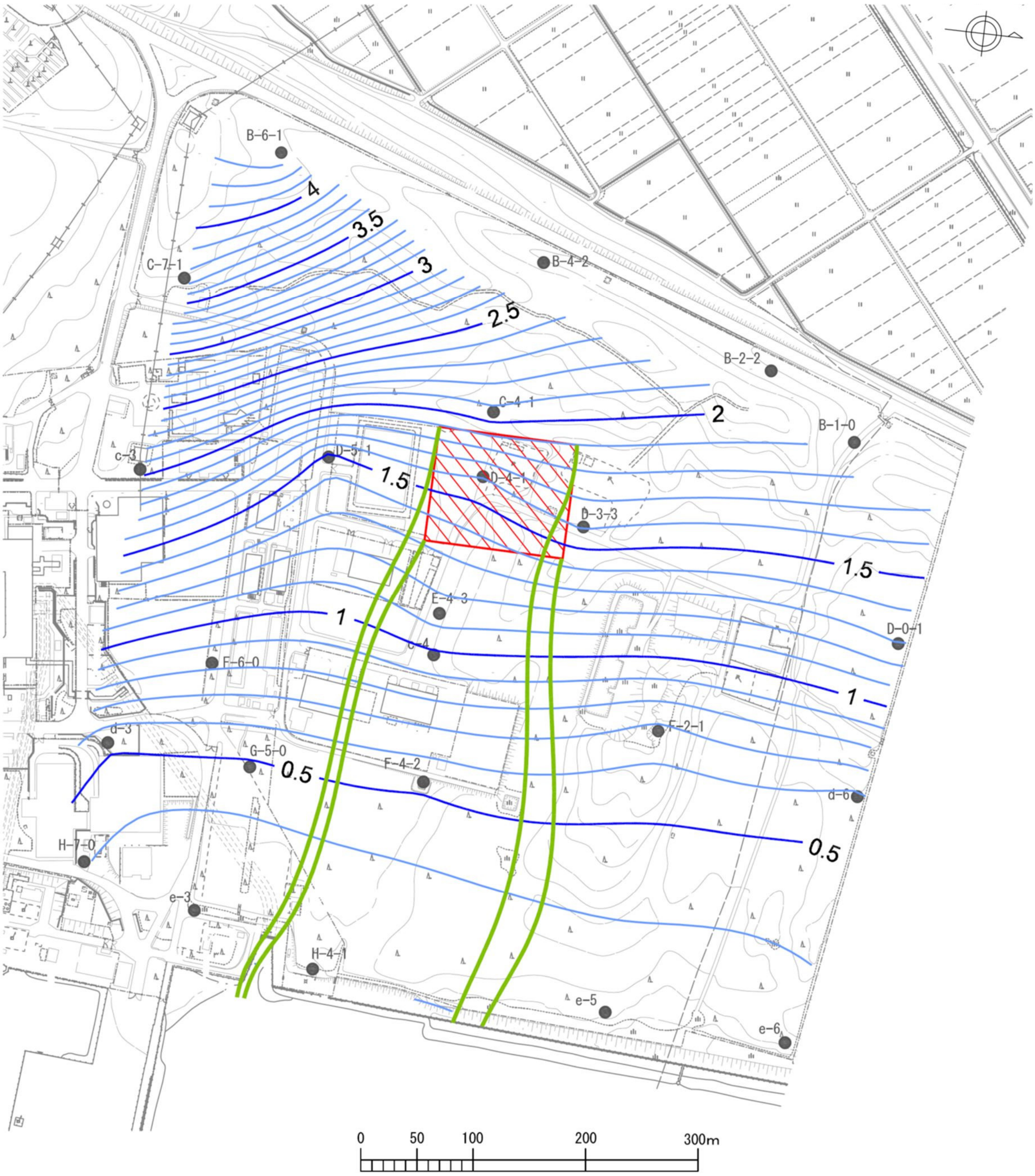


第 1.6.4－3 図（3）　地下水位等高線図（C－4－1～c－4；動水勾配最小時）

凡　例

(赤斜線)	廃棄物埋設施設位置
(青太線)	等高線（0.5m 間隔）
(青細線)	等高線（0.1m 間隔）
(緑線)	流線

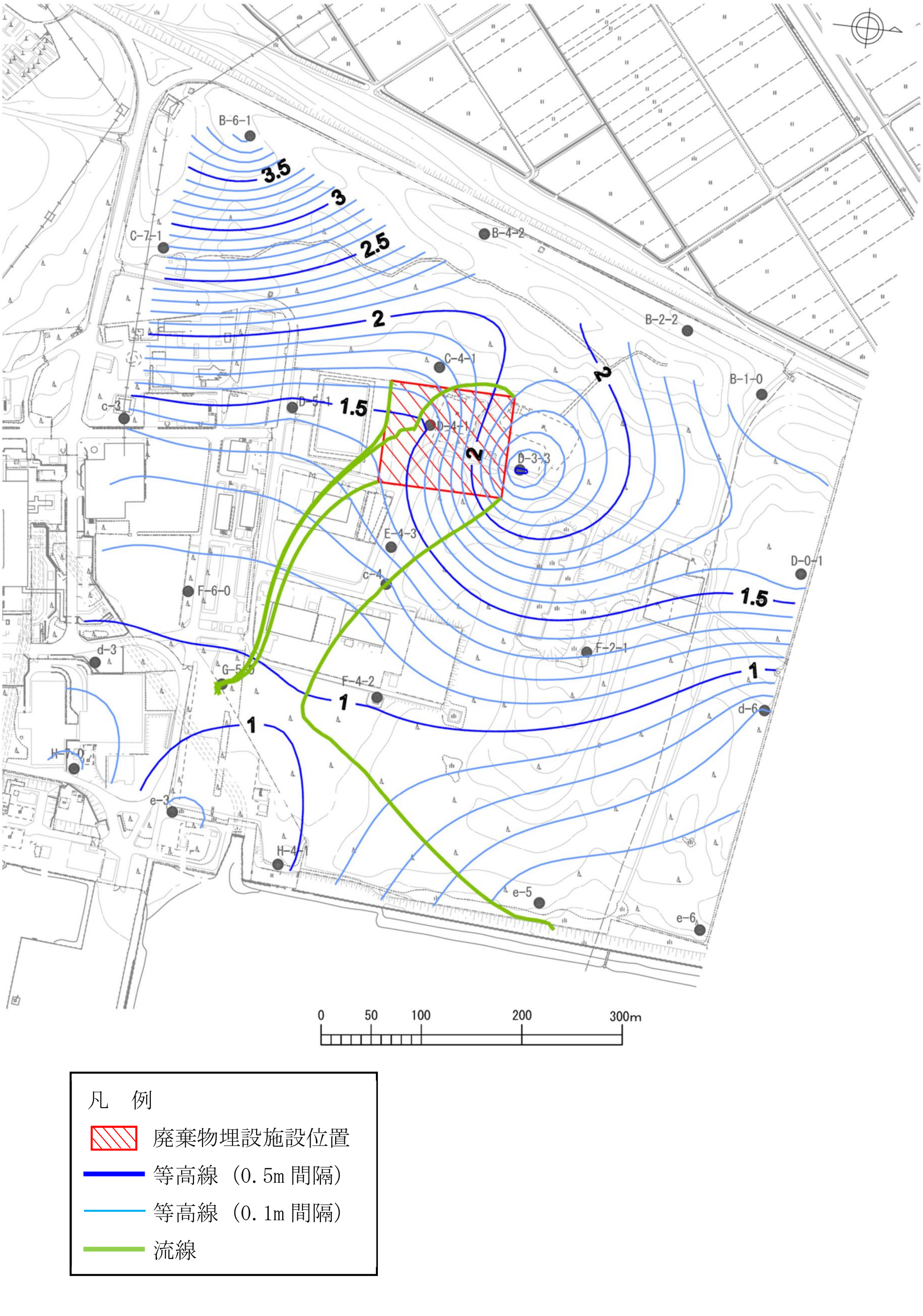
第 1.6.4－4 図（1）　地下水位等高線図（C－4－1～F－4－2；動水勾配最大時）



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（2）　地下水位等高線図（C－4－1～F－4－2；動水勾配平均時）



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）

凡　例

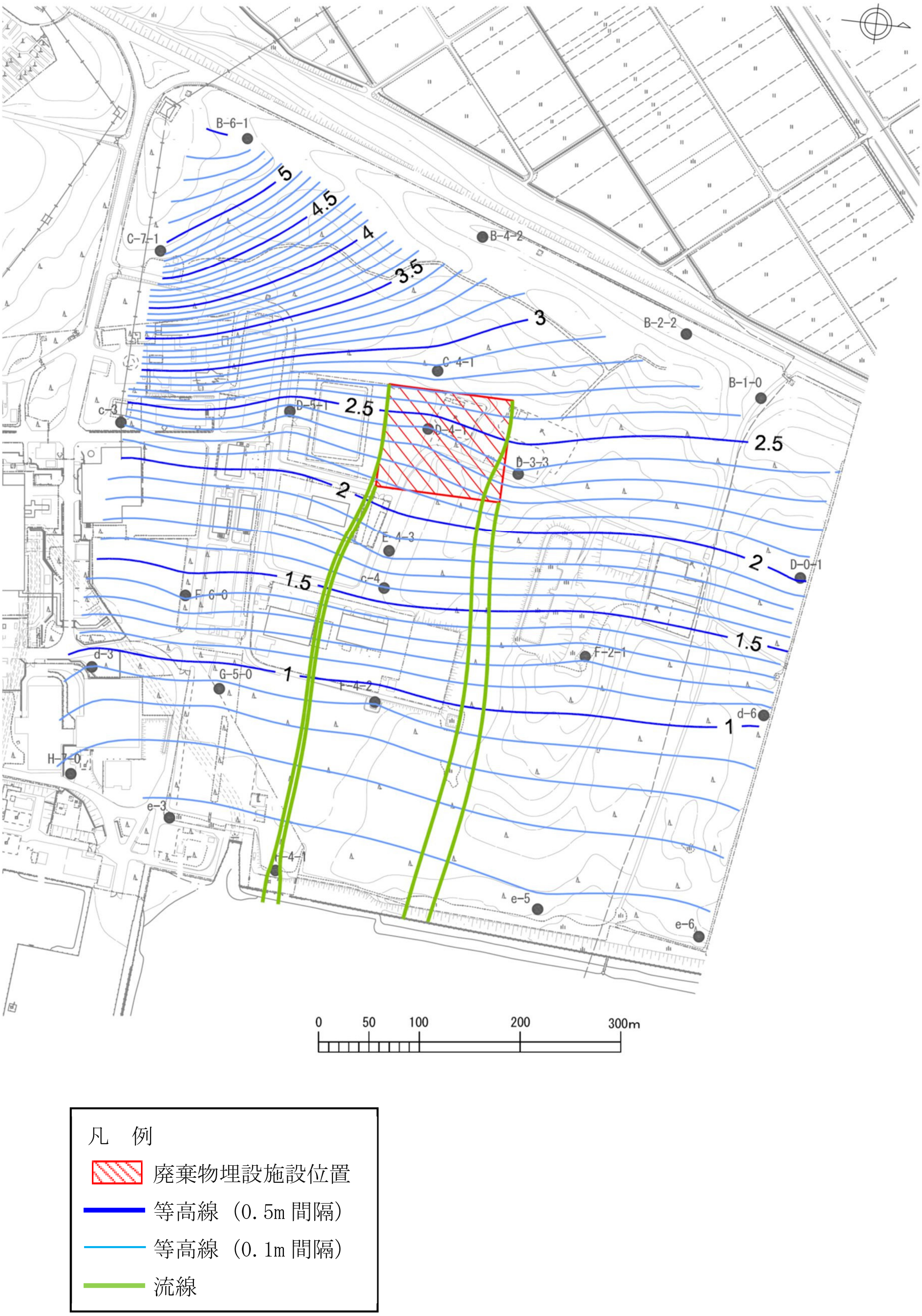
廃棄物埋設施設位置

等高線（0.5m 間隔）

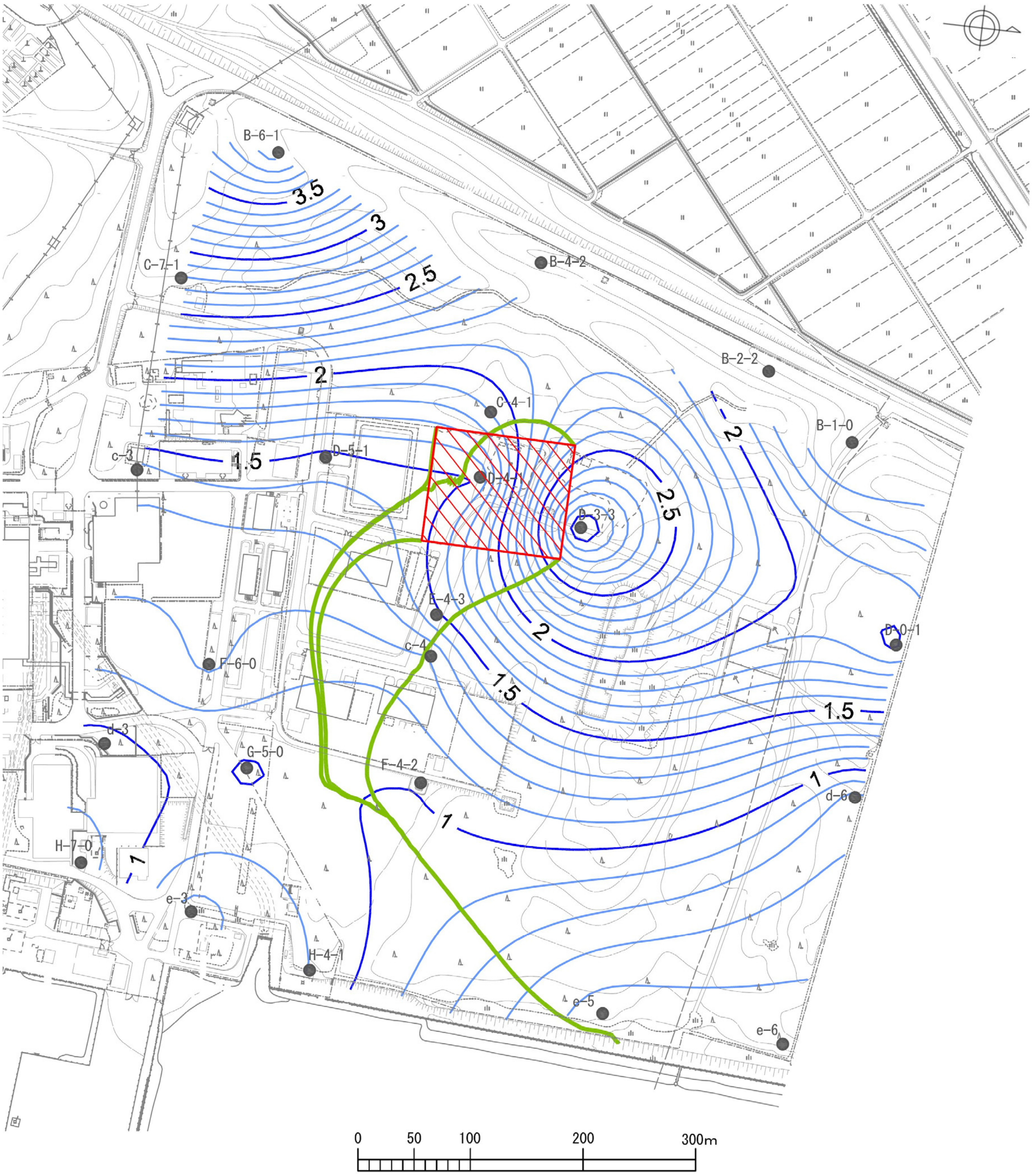
等高線（0.1m 間隔）

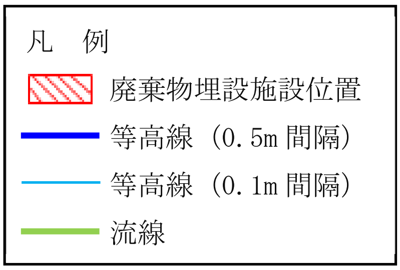
流線

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

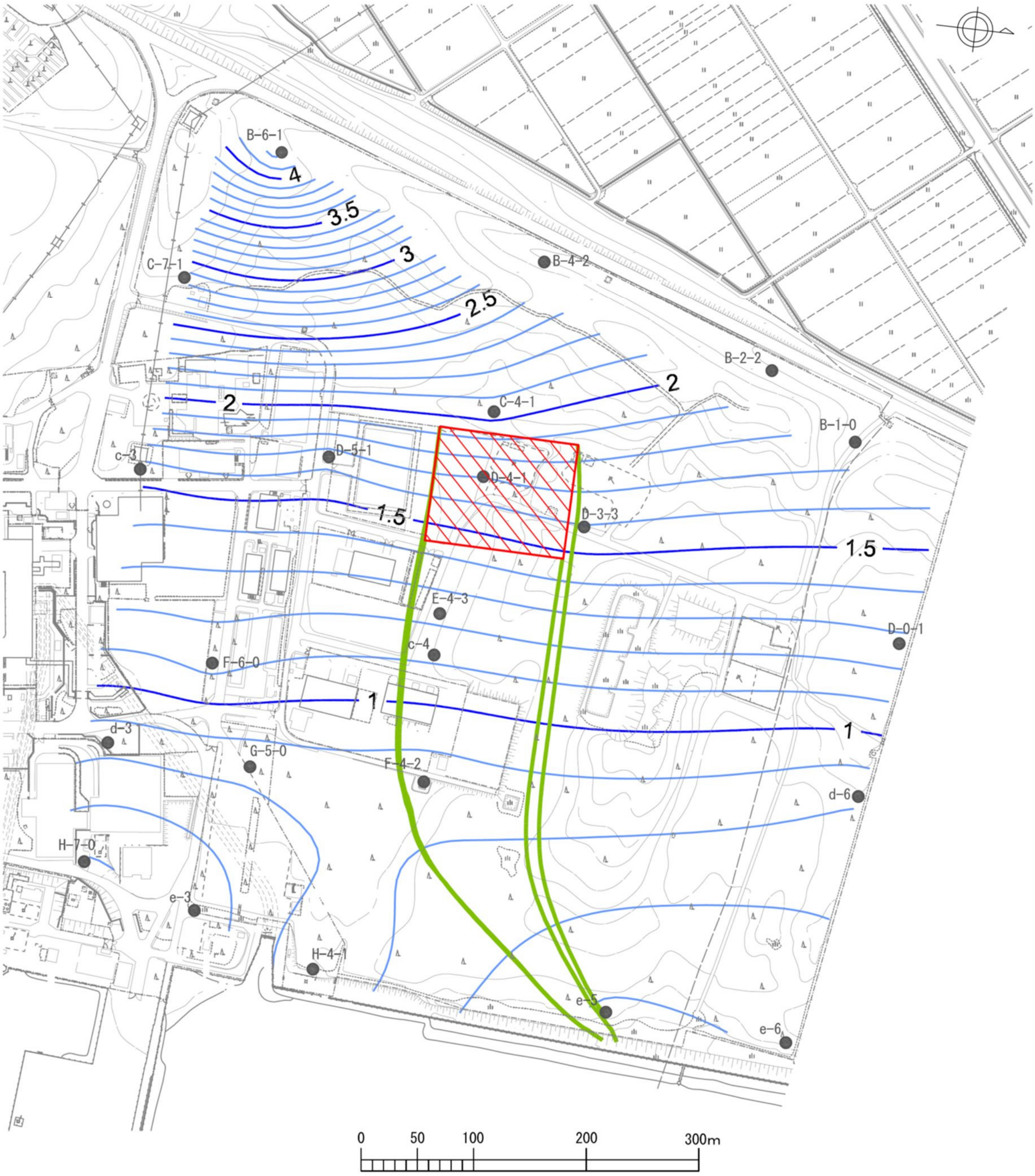


第 1.6.4－5 図（2）　地下水位等高線図（D－5－1～D－0－1；動水勾配平均時）





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）



凡　例

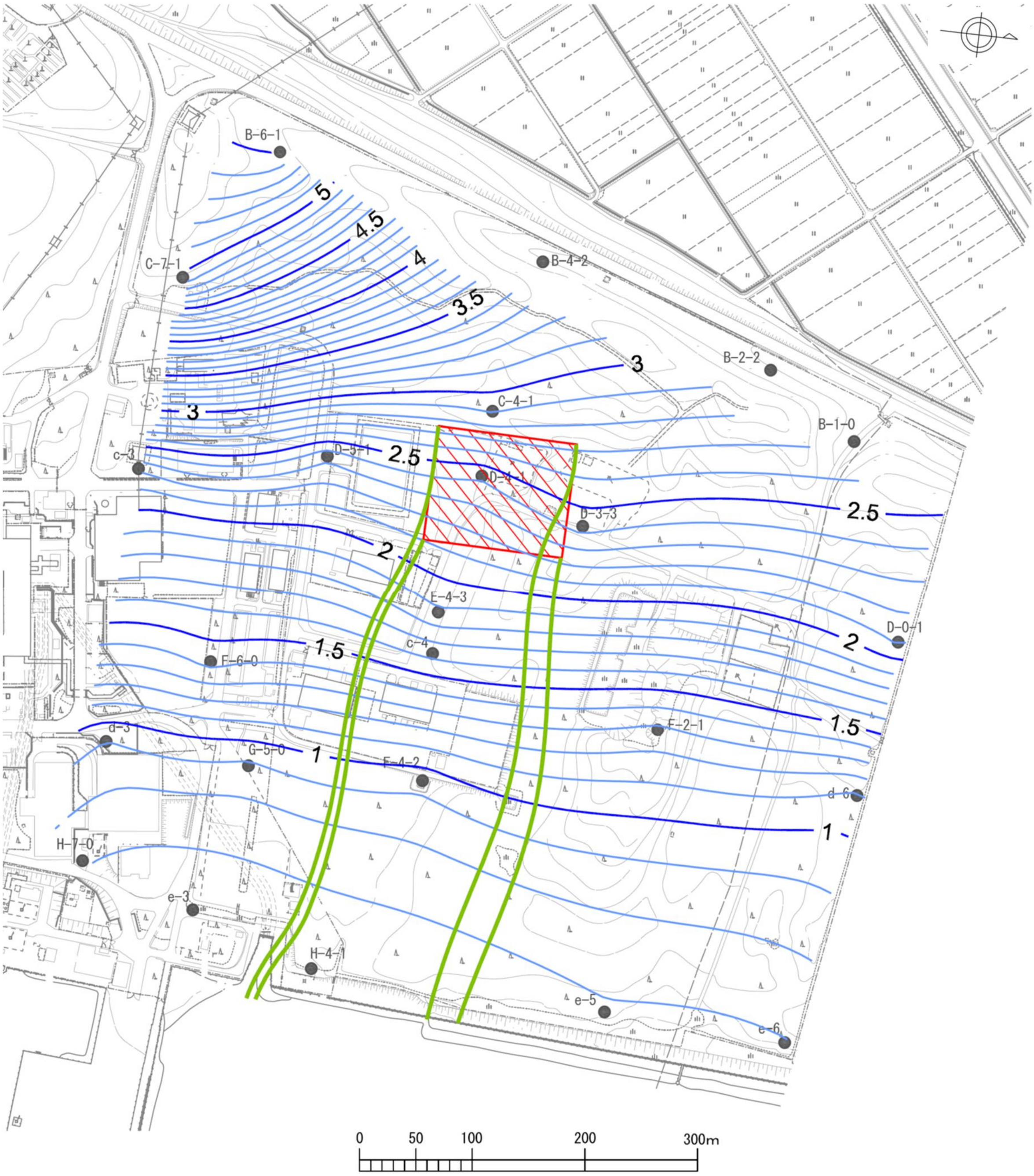
廃棄物埋設施設位置

等高線（0.5m 間隔）

等高線（0.1m 間隔）

流線

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



凡　例

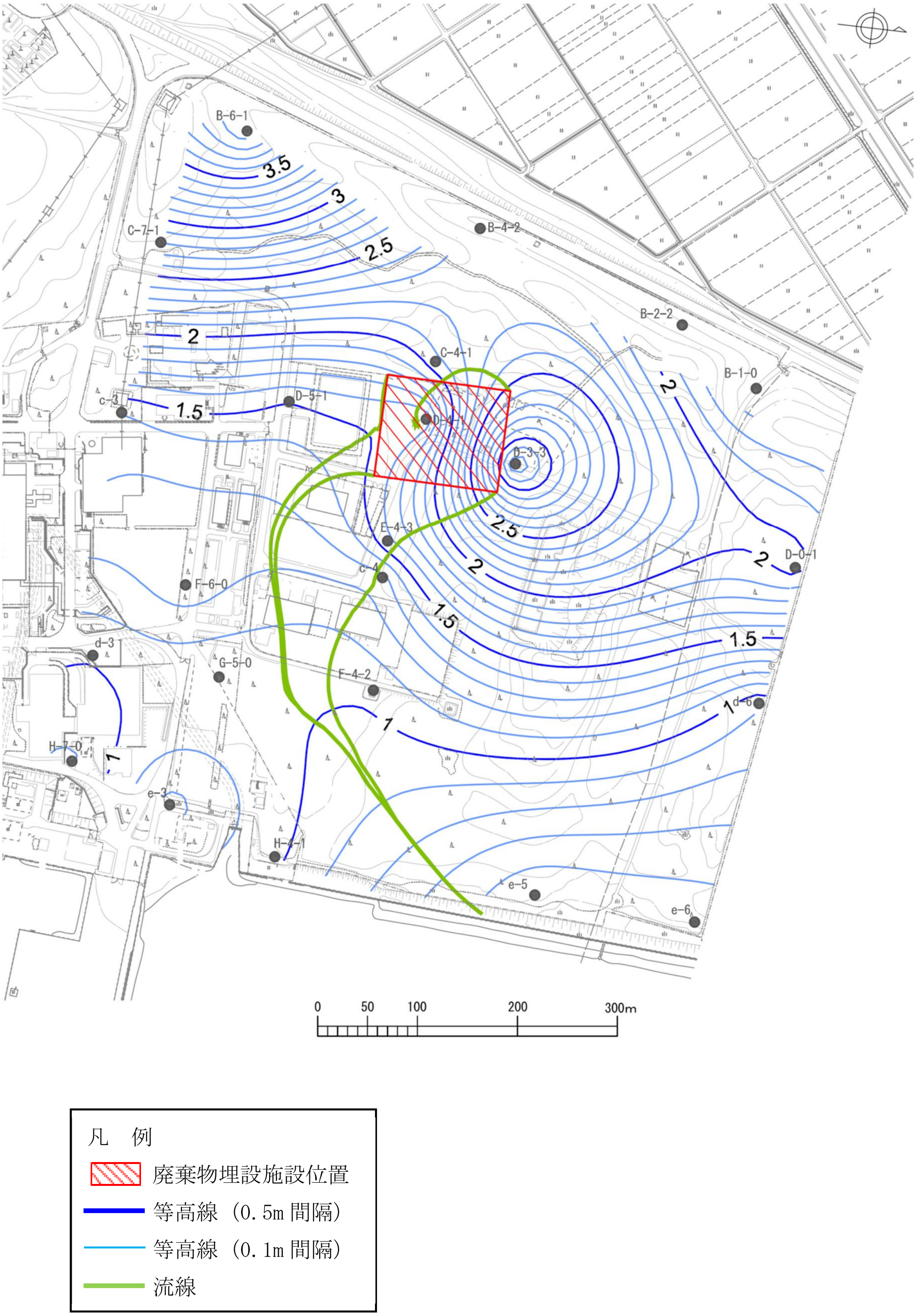
廃棄物埋設施設位置

等高線（0.5m 間隔）

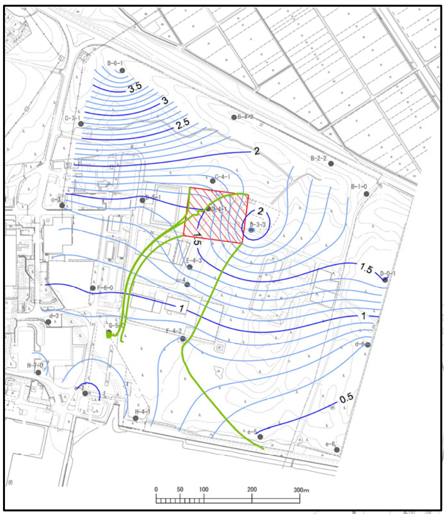
等高線（0.1m 間隔）

流線

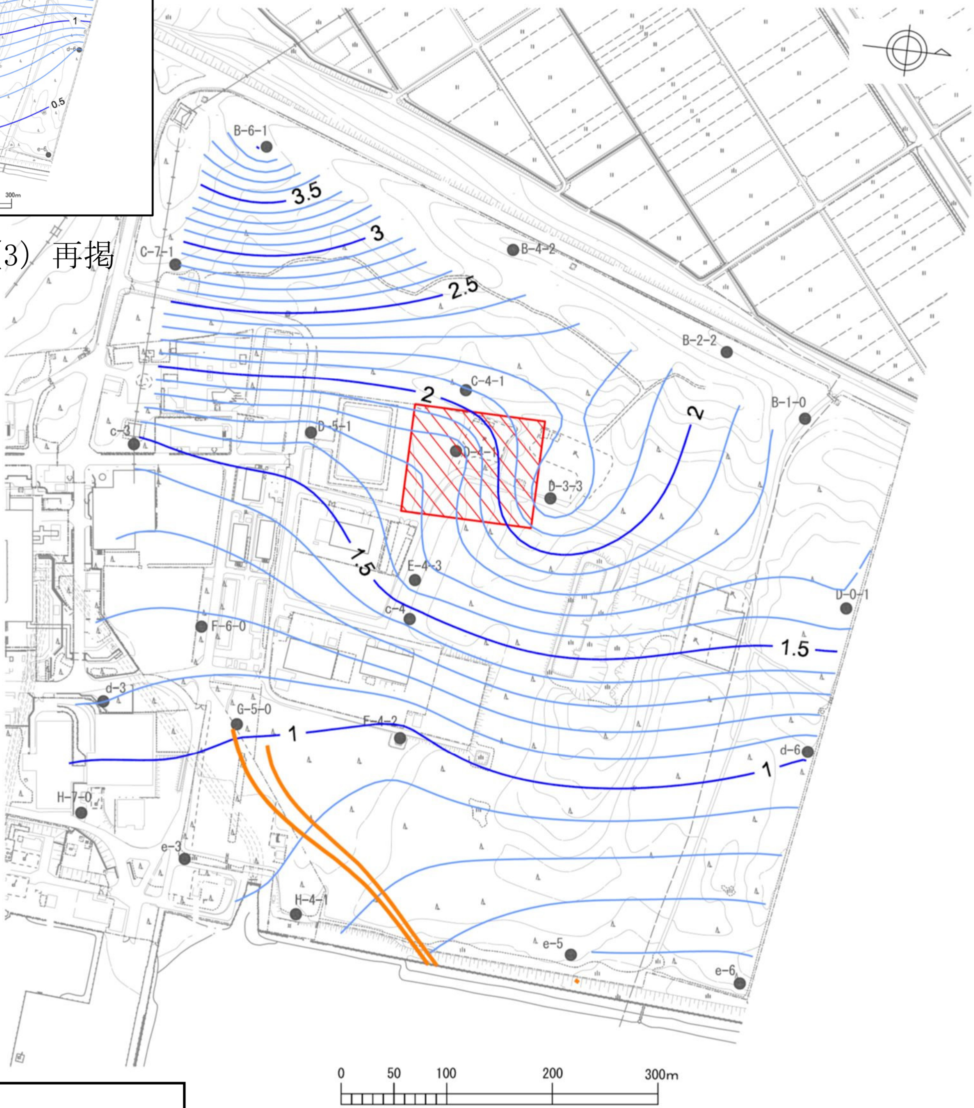
第 1.6.4－6 図（2）　地下水位等高線図（D－5－1～D－3－3；動水勾配平均時）



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

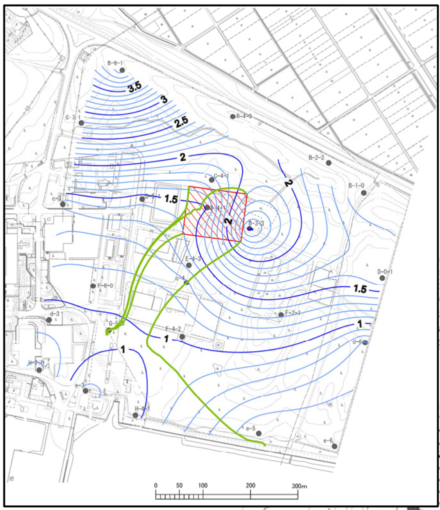


凡　例

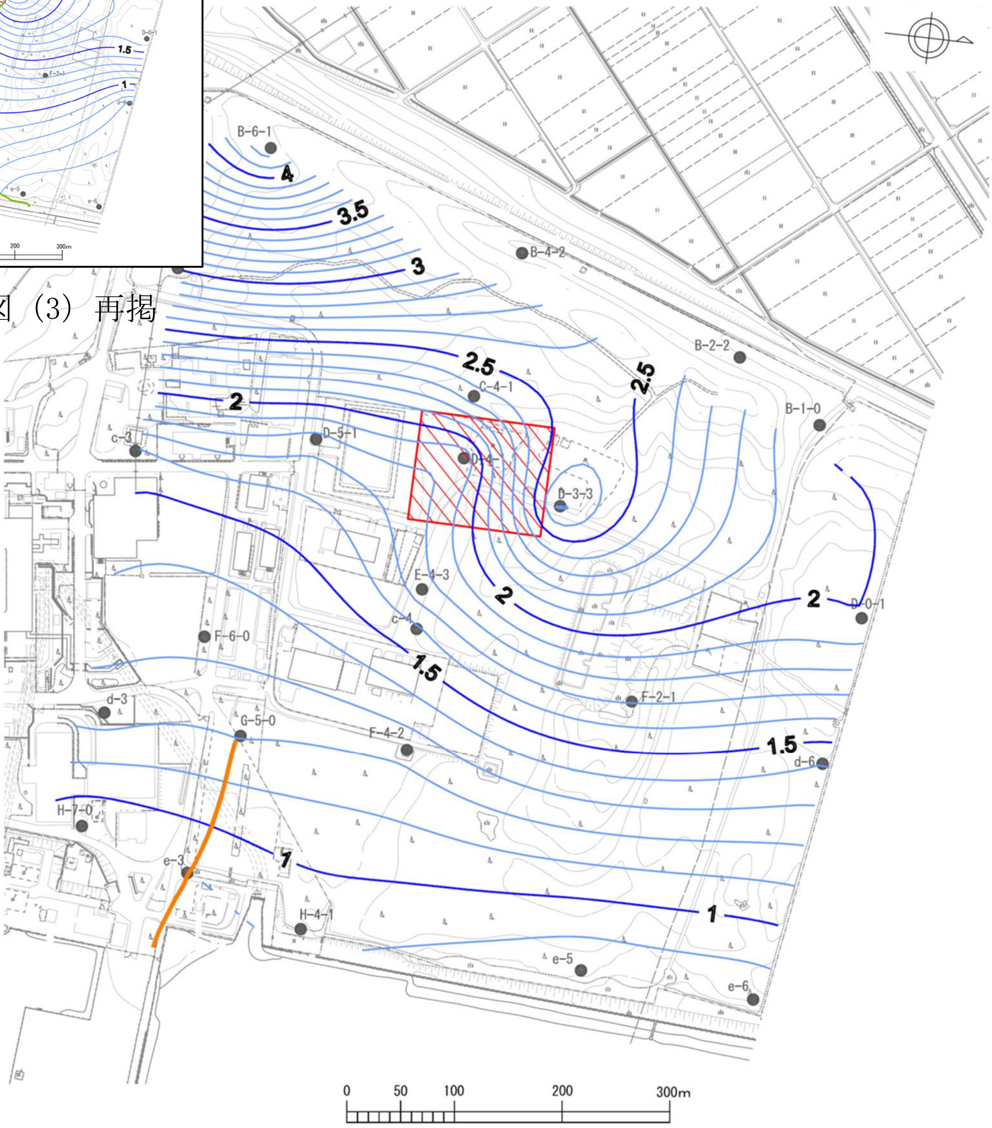
- 廃棄物埋設施設位置
- 等高線（0.5m 間隔）
- 等高線（0.1m 間隔）
- 流線（停滞後）

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

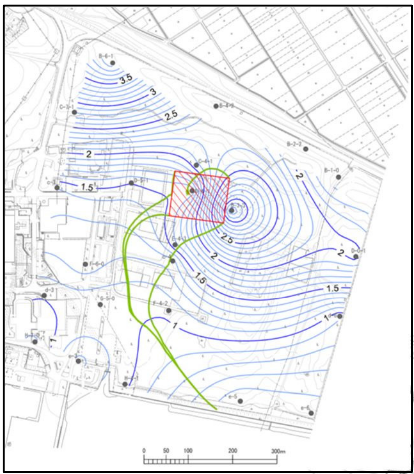


凡　例

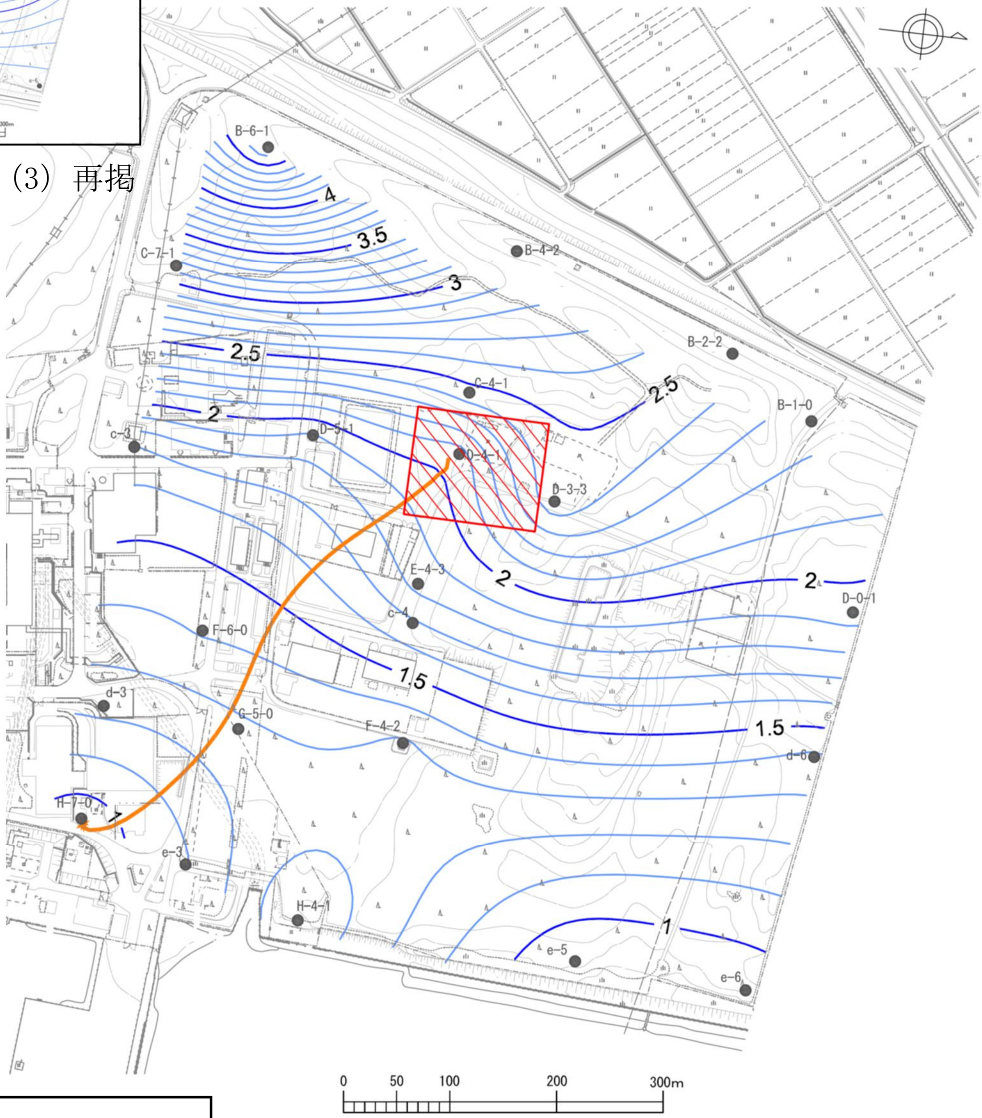
- 廃棄物埋設施設位置
- 等高線（0.5m 間隔）
- 等高線（0.1m 間隔）
- 流線（停滞後）

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



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（停滞後）

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・曽屋龍典・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

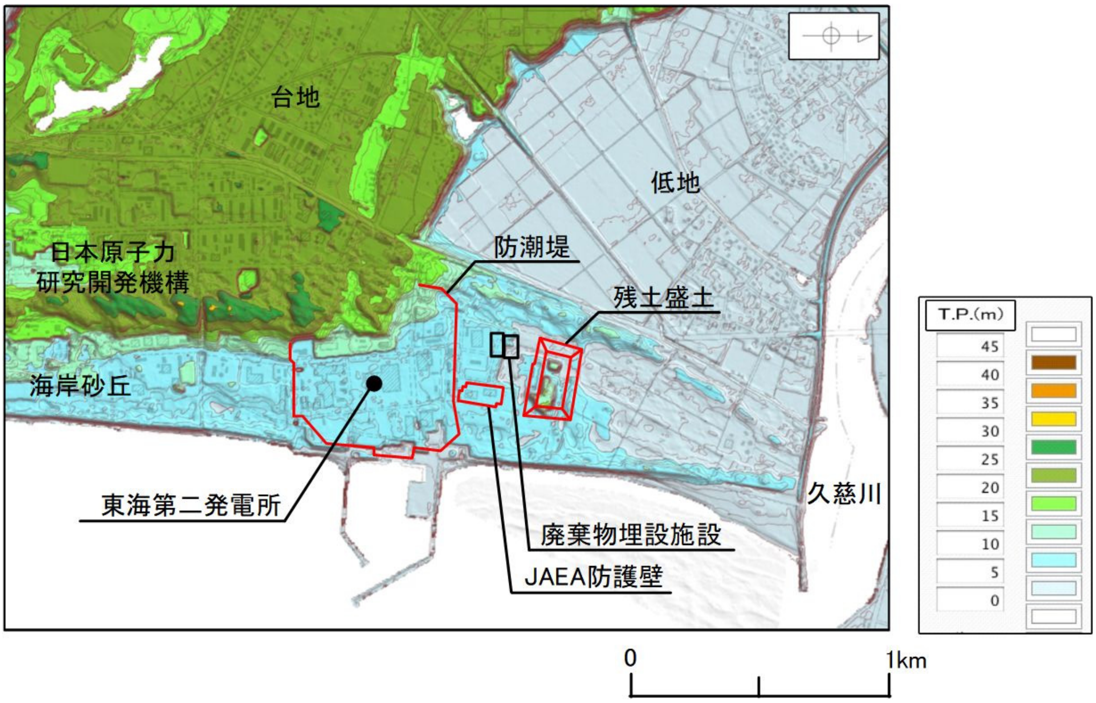
２　防潮堤等の設置による地下水流動への影響

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設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，廃棄物埋設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設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

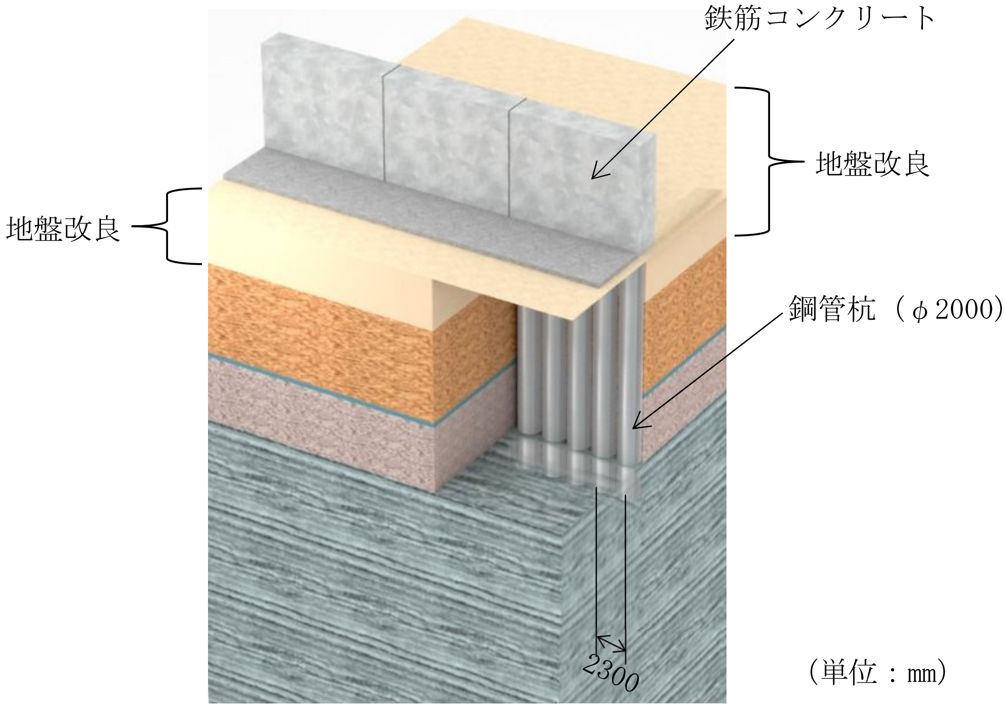
２．１　防潮堤等の構造

（１）東海第二発電所防潮堤

防潮堤概念図を第 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，洗掘防止やボイリング対策として，堤内及び堤外の表層部（ｄｕ層，Ａｇ２層）の地盤改良を実施する。

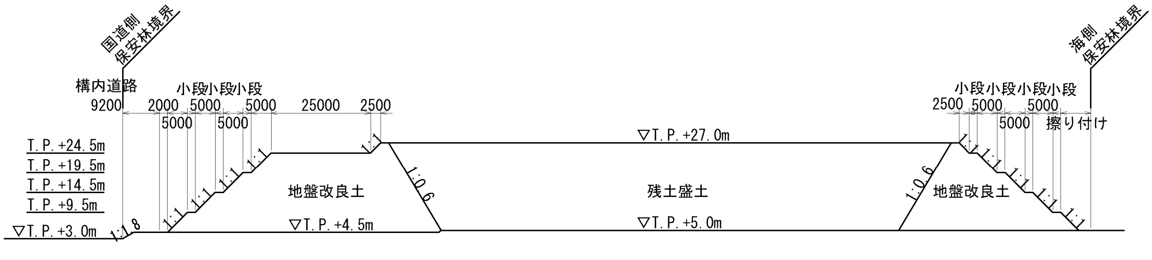


第 2.1－1 図　防潮堤概念図

（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設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。



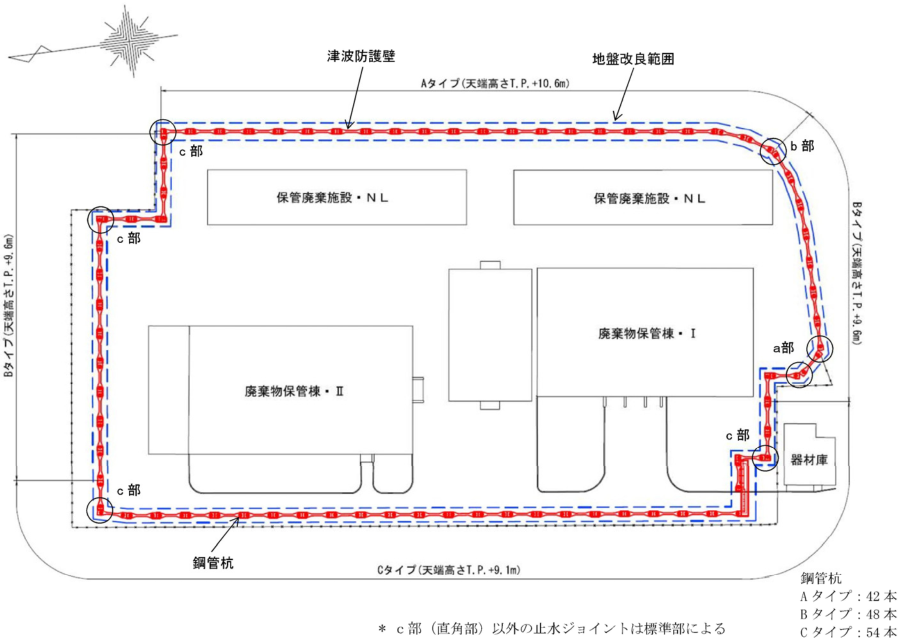
（単位：mm）

第 2.1－2 図　残土盛土の断面図

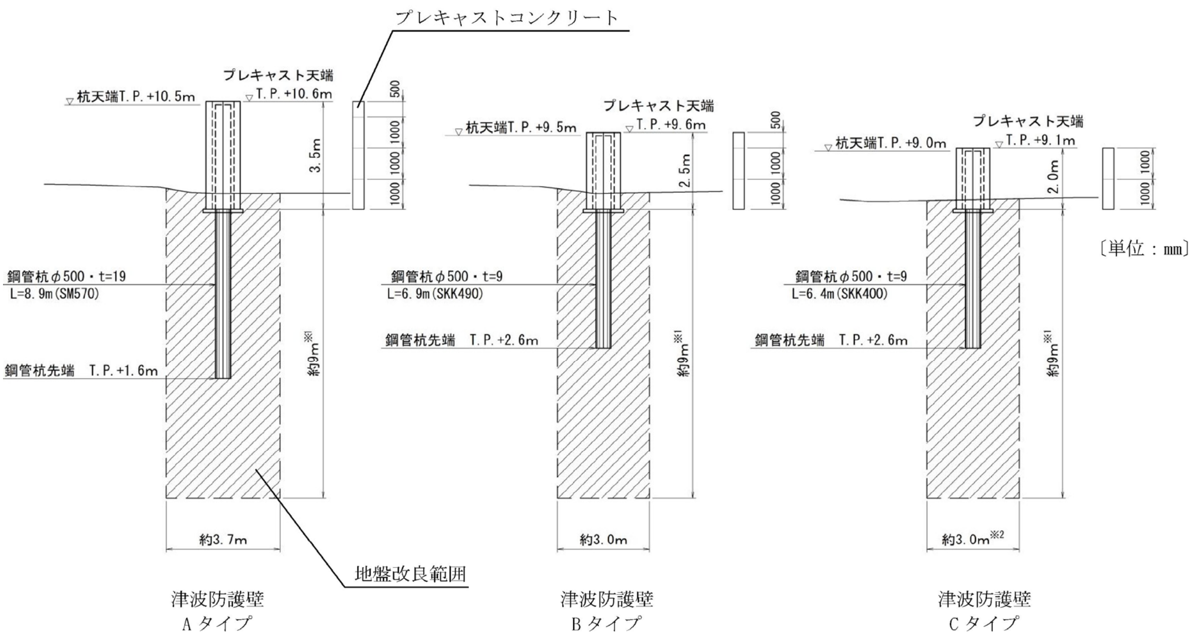
（３）ＪＡＥＡ防護壁

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）



※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

※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。

（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設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。

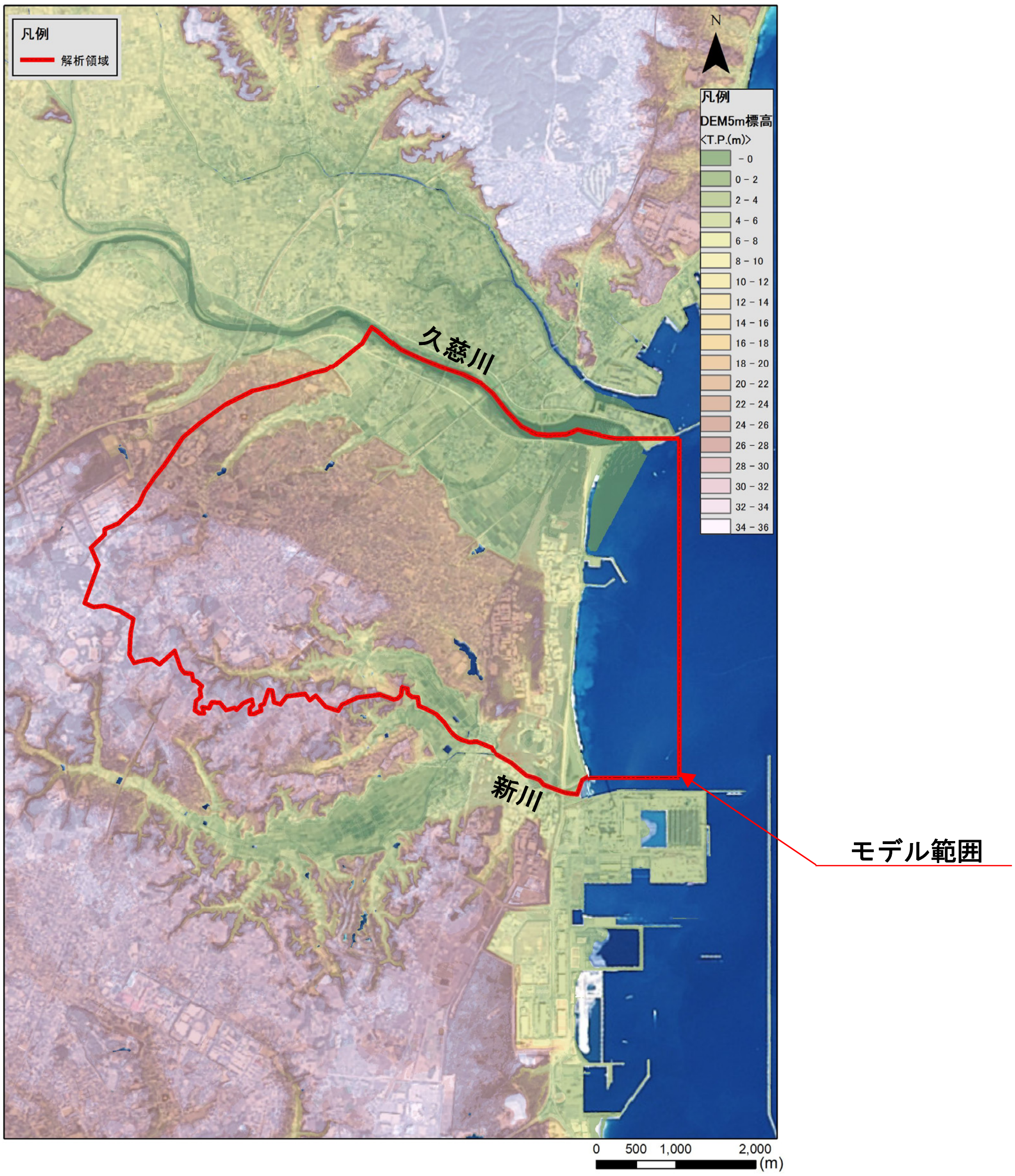
解析には，三次元浸透流・移流分散解析コード「Ｄｔｒａｎｓｕ－３Ｄ・ＥＬ　Ｖｅｒ．2.0ｂ_ｓ　ＣＭ－ＲＣＭ（Ｆ90）ＯｐｅｎＭＰ」を使用した。本コードは，定常・非定常の三次元飽和・不飽和浸透流及び移流分散解析が可能な，有限要素法に基づく解析コードである。

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。



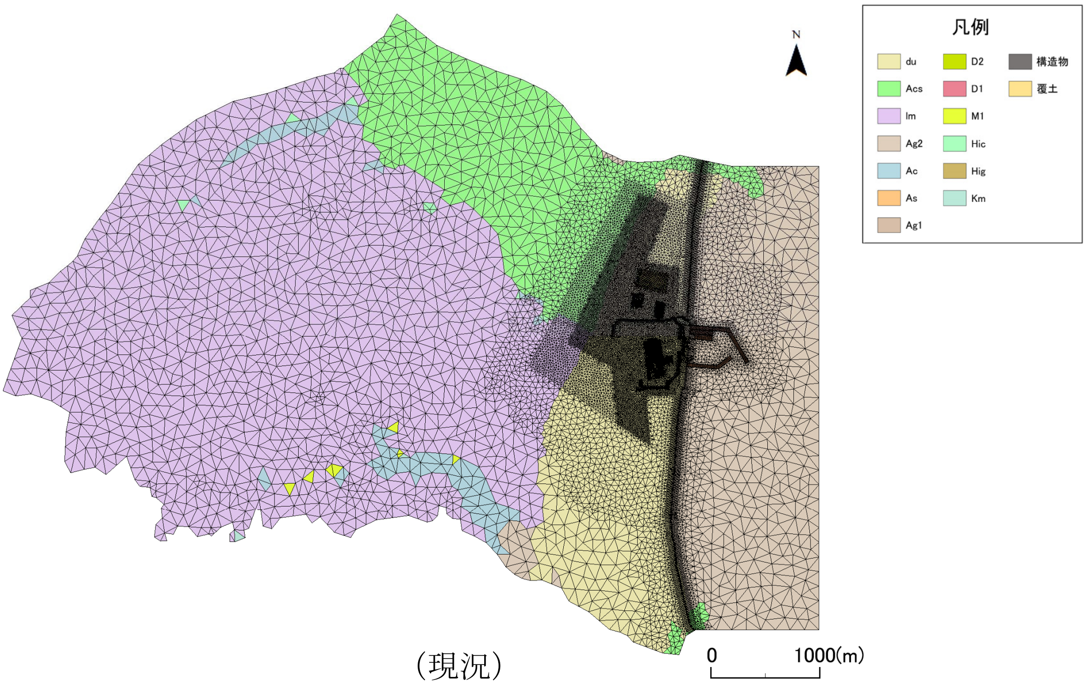
（背景：地理院タイル）

第 2.2.1－1 図　地下水流動解析モデル範囲

（２）解析モデル

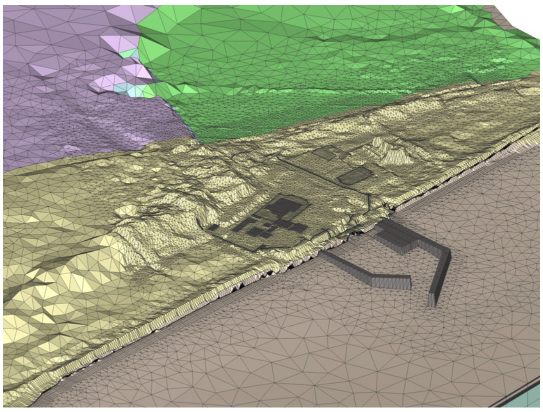
解析モデル図（平面図及び鳥瞰図）を第 2.2.1－2 図に示す。

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　廃棄物埋設施設位置付近の地質」に基づき設定した。



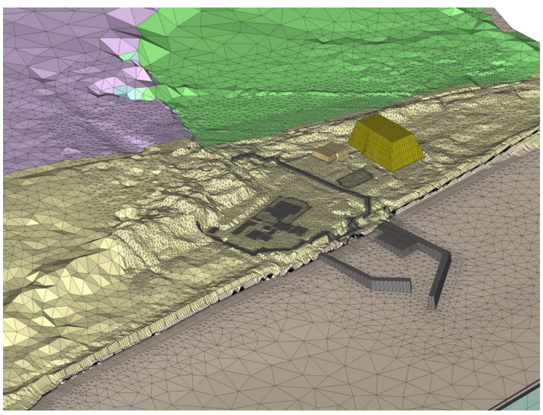
（現況）

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 （cm／s）	備考
ｄｕ層 （砂丘砂層）	細粒砂～中粒砂	3.23×10^{-2}	試験値（揚水試験）
Ａｃｓ層 （沖積層）	シルト	3.10×10^{-4}	同じシルト層であるｌｍ層の試験値を流用
Ａｇ２層 （沖積層）	礫混じり砂	1.21×10^{-2}	試験値（単孔式透水試験）
Ａｃ層 （沖積層）	粘土	4.65×10^{-7}	試験値（単孔式透水試験）
Ａｓ層 （沖積層）	砂	1.64×10^{-3}	試験値（単孔式透水試験）
Ａｇ１層 （沖積層）	礫混じり砂	1.21×10^{-2}	同じ礫混じり砂層であるＡｇ２層の試験値を流用
Ｄ２層 （Ｌ１段丘堆積物）	砂礫，シルトの互層	水平：1.09×10^{-2} 鉛直：2.78×10^{-4}	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※
ｌｍ層 （ローム）	シルト	3.10×10^{-4}	試験値（単孔式透水試験）
Ｄ１層 （Ｍ２段丘堆積物）	砂礫，シルトの互層	水平：1.13×10^{-3} 鉛直：8.60×10^{-4}	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※
Ｍ１層 （Ｍ１段丘堆積物）	砂	1.64×10^{-3}	同じ砂層であるＡｓ層の試験値を流用
Ｈｉｃ層 （東茨城層群）	シルト及び砂	4.65×10^{-7}	シルトが卓越しているため，Ａｃ層相当を設定
Ｈｉｇ層 （東茨城層群）	砂礫	1.64×10^{-3}	礫径が小さいことから，Ａｓ層相当を設定
Ｋｍ層 （久米層ほか）	砂質泥岩	4.19×10^{-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別紙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 （cm／s）	備考
既設矢板	1.00×10^{-2}	矢板の根入れ深度及びＡｇ２層厚を考慮して，等価透水係数相当を設定
MMR	4.19×10^{-7}	難透水性を考慮して，Ｋｍ層相当を設定
建屋	4.19×10^{-7}	難透水性を考慮して，Ｋｍ層相当を設定
建屋　止水壁	4.19×10^{-7}	難透水性を考慮して，Ｋｍ層相当を設定
廃棄物埋設施設　覆土	1.00×10^{-3}	最終覆土相当（周辺土壌）
廃棄物埋設施設　低透水層	1.00×10^{-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	6.46×10^{-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	8.70×10^{-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	1.00×10^{-5}	セメント協会（2012）[(1)] より設定
残土盛土　盛土	1.64×10^{-3}	Ａｓ層相当（周辺土壌）
残土盛土　地盤改良土	1.00×10^{-5}	セメント協会（2012）[(1)] より設定
ＪＡＥＡ施設　鋼管杭	1.00×10^{-5}	地盤改良土相当
ＪＡＥＡ施設　地盤改良土	1.00×10^{-5}	セメント協会（2012）[(1)] 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（別紙 5 に降雨浸透率の設定について示す。），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。

なお，降雨量については，地下水位の平均水位を求めた期間と同様の期間での平均値を用いた。

第 2.2.1－3 表　境界条件

<table>
<tr><td colspan="3">上面</td><td>側面</td><td>底面</td></tr>
<tr><td colspan="2">陸域</td><td>海域</td><td>尾根筋・谷筋</td><td>T.P.－70m</td></tr>
<tr><td colspan="2">降雨浸透境界</td><td rowspan="3">潮位 T.P.0m の水位固定</td><td rowspan="3">不透水境界</td><td rowspan="3">不透水境界</td></tr>
<tr><td>降雨量</td><td>降雨浸透率</td></tr>
<tr><td>1,386mm／年
（水戸地方気象台の13年間平均値
2006／4～2019／3）</td><td>森林　：45%
廃棄物埋設施設　：0%
残土盛土　：0%
その他　：15%</td></tr>
</table>

（背景：地理院タイル）

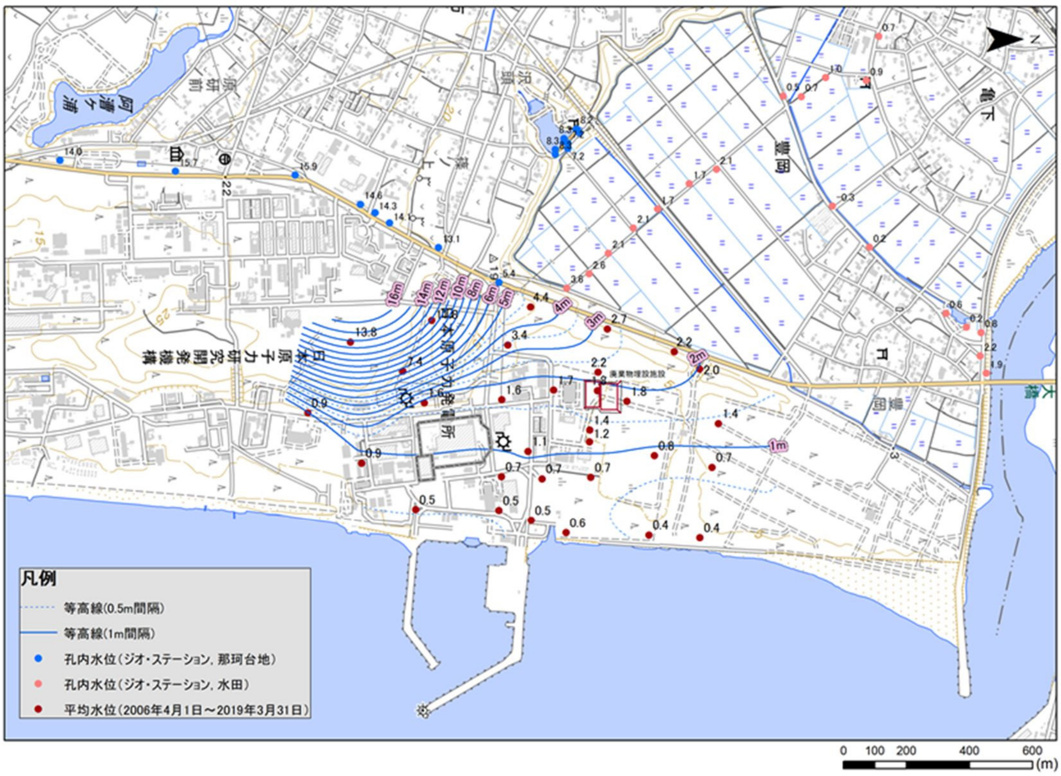
第 2.2.1－4 図　降雨浸透率の範囲設定図

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。

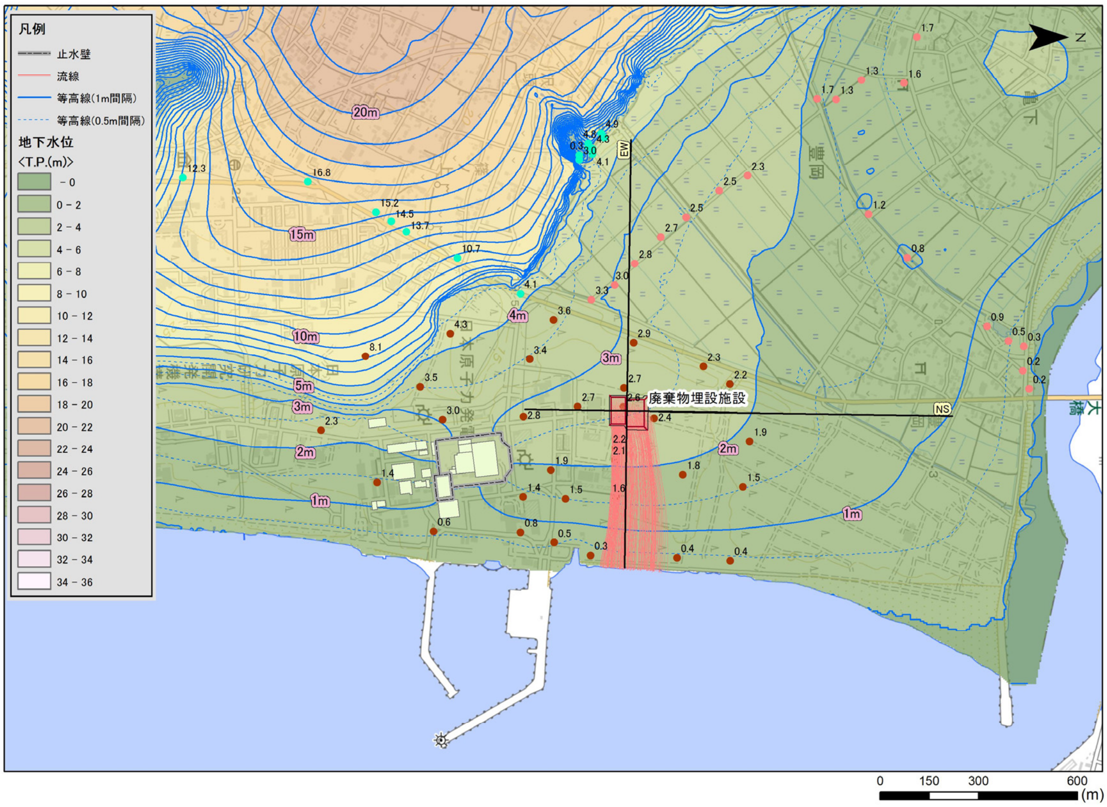
現況再現解析の結果，廃棄物埋設施設周辺の一部において再現しきれていない範囲が認められるが，廃棄物埋設施設位置付近では西から東へ向かう流れは再現されており，廃棄物埋設施設底面に配置した粒子発生点からの流線は海へ向かう結果となった。



（背景：地理院タイル）

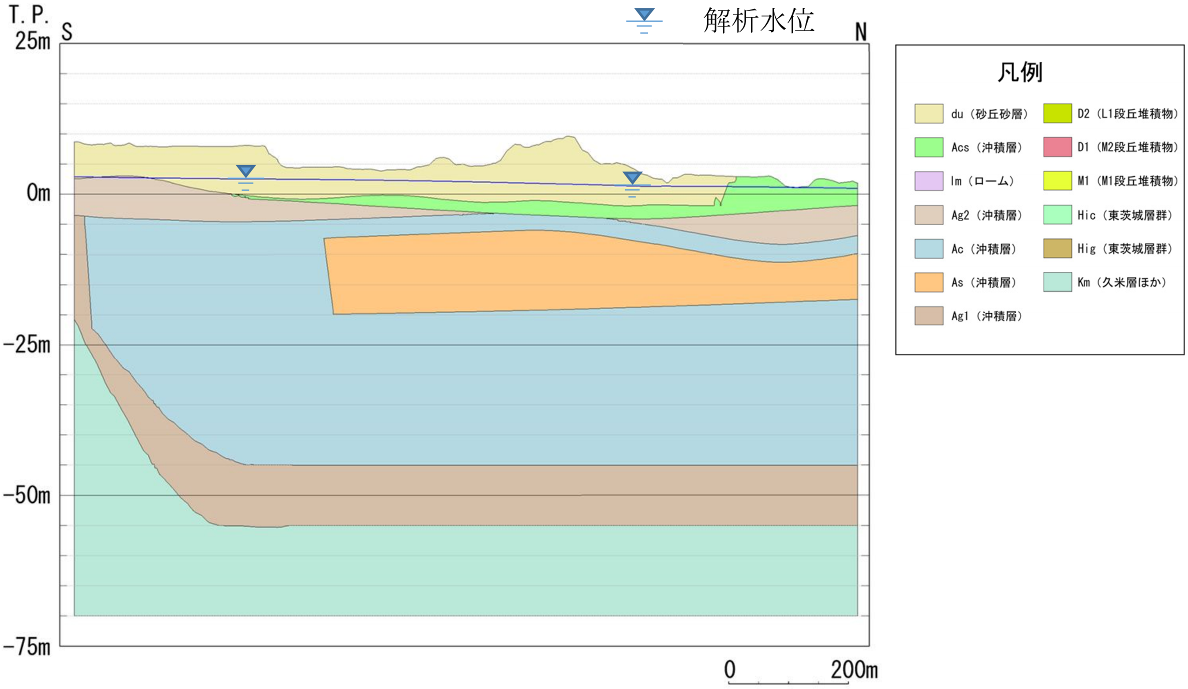
※東海第二発電所原子炉建屋周りの止水壁内の地下水位については，止水壁及び止水壁内の排水を考慮せず記載

第 1.3－1 図　敷地及び敷地近傍の地下水位（再掲）

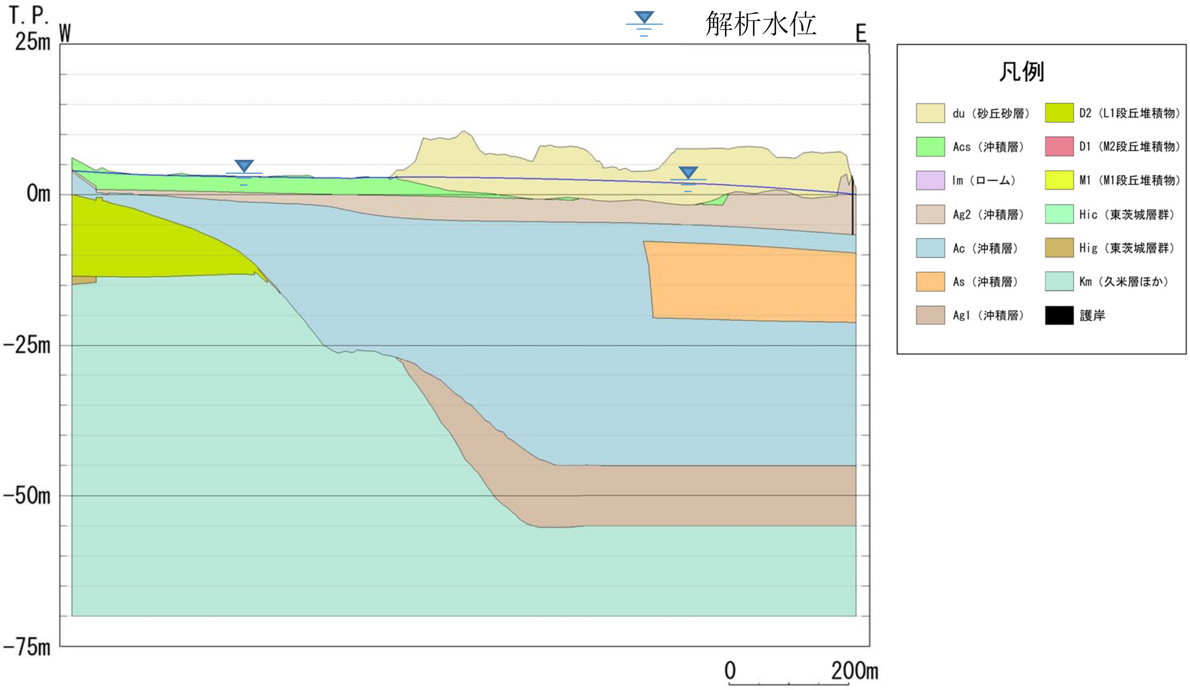


（背景：地理院タイル）

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）

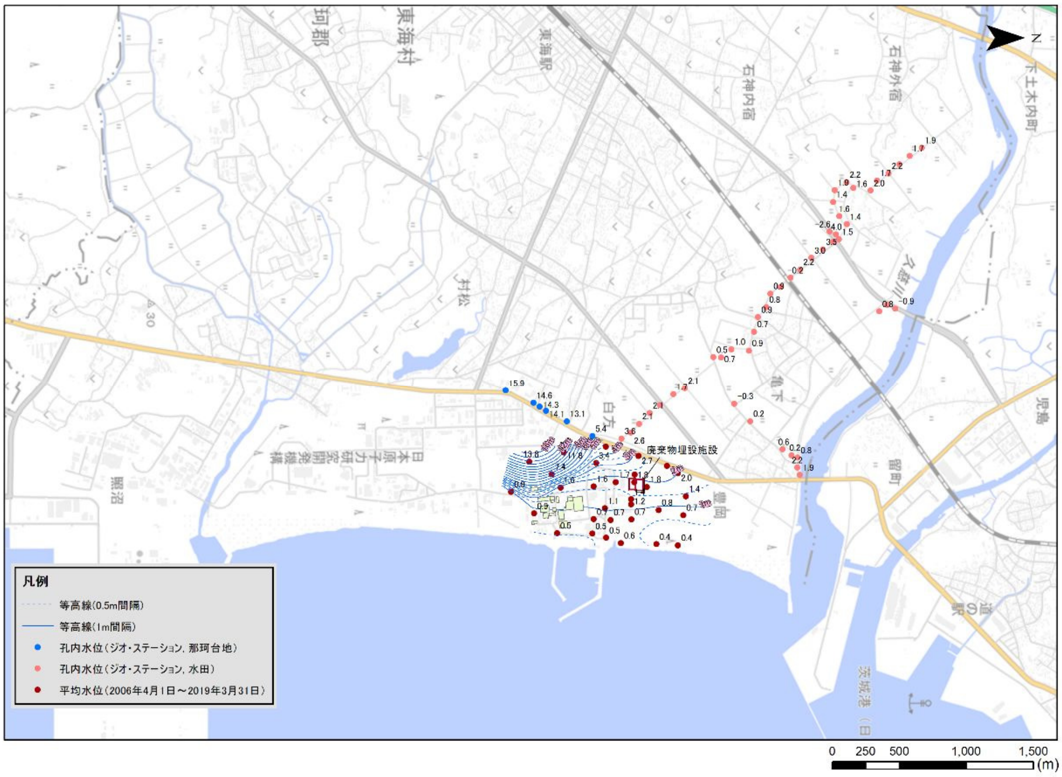
ａ．観測水位と解析水位の比較

観測水位と現況再現解析結果水位の比較により，現況再現解析の再現性を確認した。敷地及び敷地近傍の観測水位及び現況再現解析結果水位を第2.2.2－3図及び第2.2.2－4図に，観測水位と現況再現解析結果水位の比較を第2.2.2－5図に示す。

第2.2.2－5図によると，観測水位と現況再現解析結果水位はおおむね45°の線に沿って分布しており，このうち廃棄物埋設施設近傍の観測孔については，すべての観測孔が±1σ範囲内に入っている。

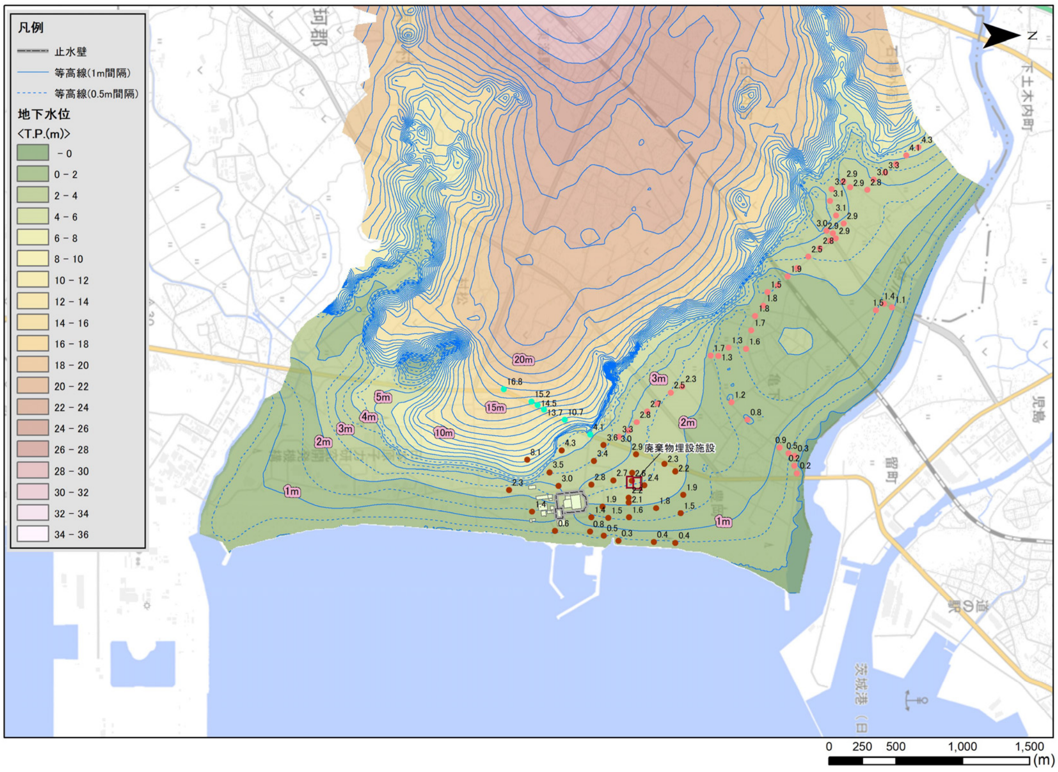
敷地北部及び北西部において±1σから外れる箇所があるが，これは解析の境界付近であること等が理由であると考えられる。また，敷地内において廃棄物埋設施設の南方に数箇所±1σから外れる箇所があるが，当該箇所は台地から敷地への急激な傾斜部であるために微小な水位のずれで観測値と解析値の乖離が大きくなっているものと考えられる。

以上のことから，現況再現解析における地下水位は，廃棄物埋設施設周辺の一部において再現しきれていない範囲が認められるが，廃棄物埋設施設近傍の観測水位はおおむね再現できているものと考えられる。



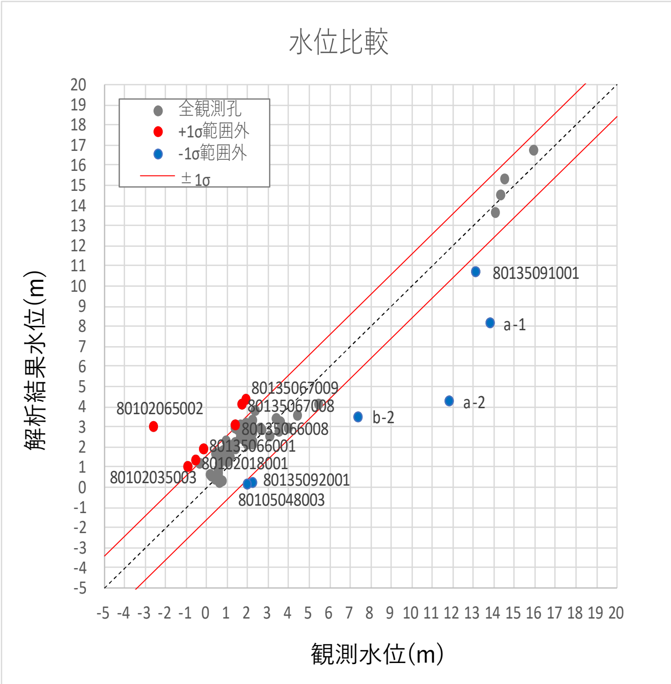
（背景：地理院タイル）

第 2.2.2－3 図　敷地及び敷地近傍の観測水位

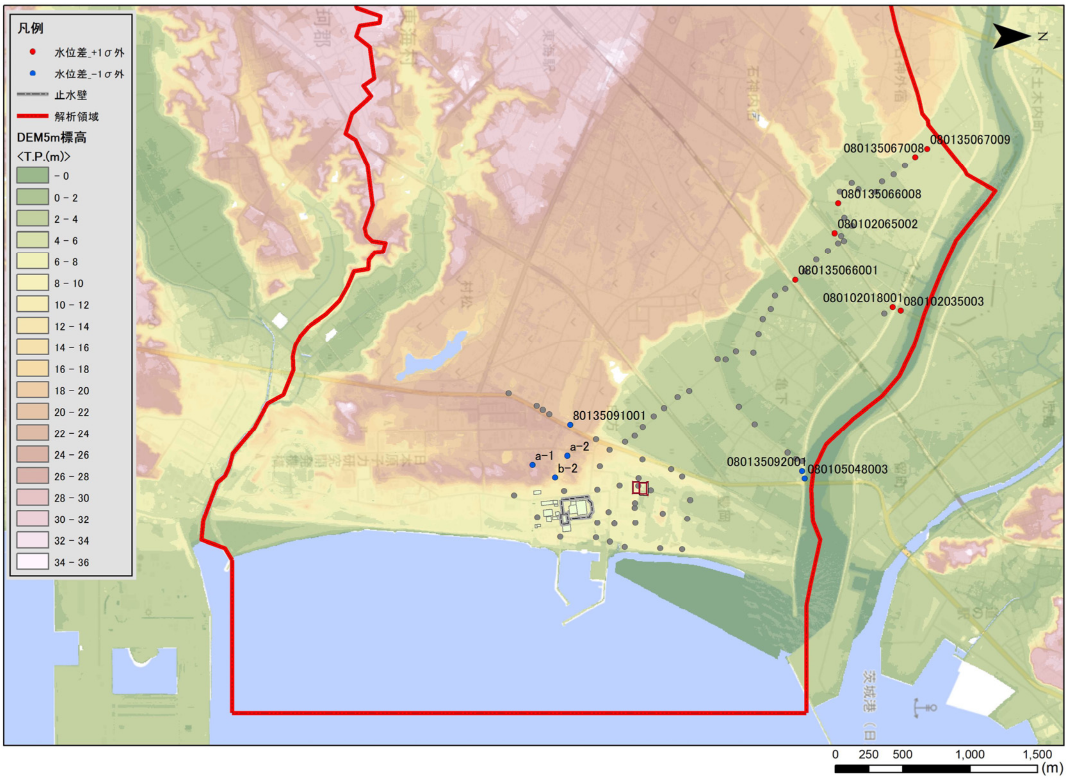


（背景：地理院タイル）

第 2.2.2－4 図　解析結果水位（現況再現時）



第 2.2.2－5 図（1） 現況再現解析結果水位と観測水位の比較



（背景：地理院タイル）

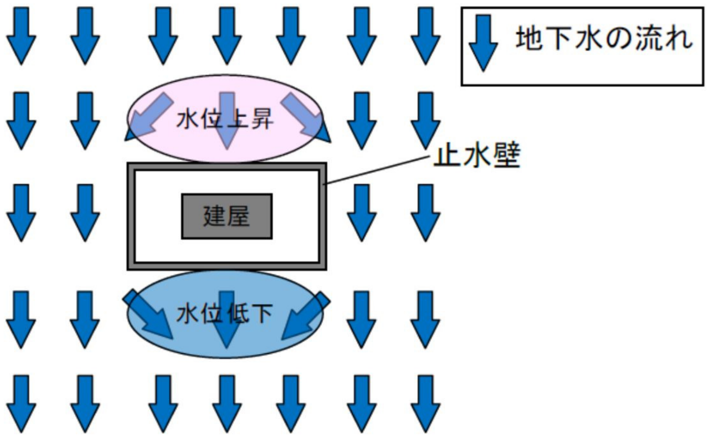
第 2.2.2－5 図（2） 現況再現解析結果水位と実測水位の比較
（水位差±1σ範囲外の観測孔位置図）

b．原子炉周りの地下水位コンター

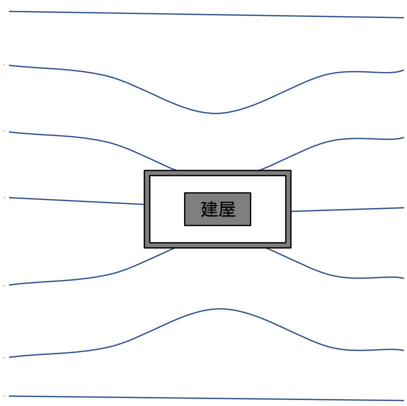
原子炉建屋周りには止水壁が設置されていることから，その近傍の地下水位は第2.2.2−6図に示すように止水壁の上流側（西側）では水位が上昇し，下流側（東側）では水位が低下していると考えられる。

なお，止水壁内の地下水位は排水設備によりおおむねT.P.−15mに維持されているが（別紙4参照），止水壁が岩盤まで根入れされており止水壁内の地下水位は止水壁外の地下水位に影響しないことから，本解析においては止水壁内の地下水位をT.P.−15mに固定していない。

地下水位観測結果については，第2.2.2−3図に示すとおり原子炉建屋周りの観測点数が少ないことから上記のような止水壁が設置されていることによる地下水位への影響が表現されていないが，現況再現解析の結果は，第2.2.2−1図に示すとおり止水壁が設置されていることによる地下水位への影響が表現できている。



（地下水の流れ）



（地下水位コンターのイメージ図）

第2.2.2−6図　止水壁設置による原子炉建屋周辺の地下水の流れ概念図

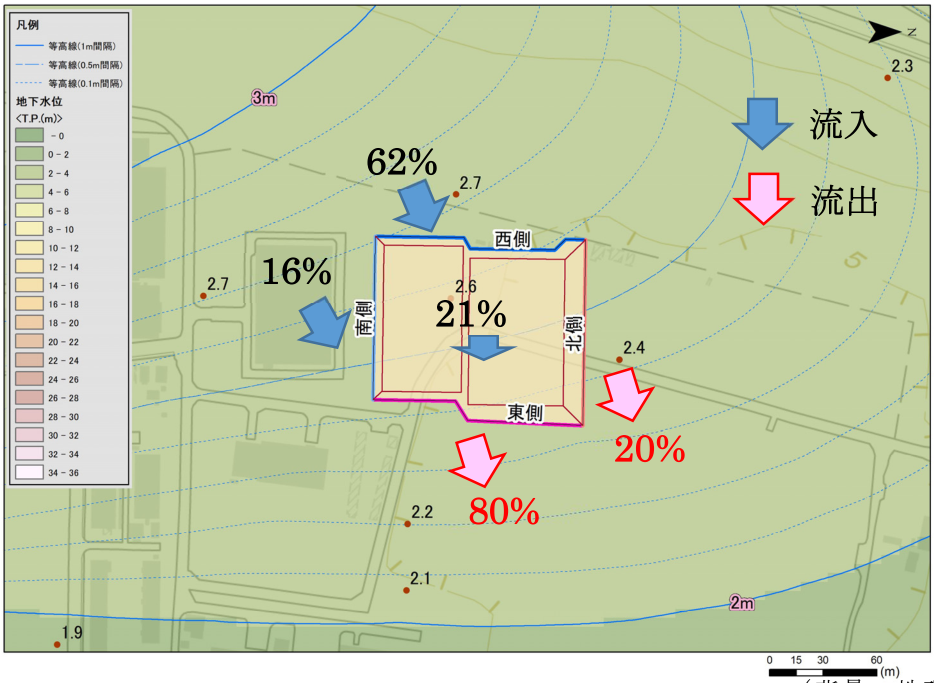
ｃ．水量のマスバランス

三次元地下水流動解析における現況再現解析結果及び流線逆走解析結果を用いて，廃棄物埋設施設位置における上流側からの流入量，浸透される降雨量及び下流側への流出量を確認した。

なお，検討は廃棄物埋設施設位置直下の帯水層（ｄｕ層及びＡｇ２層）を対象とした。

(a)　現況再現解析による流量

現況再現解析結果による廃棄物埋設施設位置の流量を確認する。廃棄物埋設施設位置の流量を第 2.2.2−7 図に示す。廃棄物埋設施設位置の流量は，上流側からの流入量が約 48m^3／日，浸透される降雨量が約 13m^3／日，下流側への流出量が約 61m^3／日となった。



（背景：地理院タイル）

	流入量 (m^3／日)	流出量 (m^3／日)	流入割合 (%)	流出割合 (%)
上面	13	0	21.3	0
西側	38	0	62.3	0
南側	10	0	16.4	0
東側	0	-49	0	80.3
北側	0	-12	0	19.7
合計	61	-61	100.0	100.0

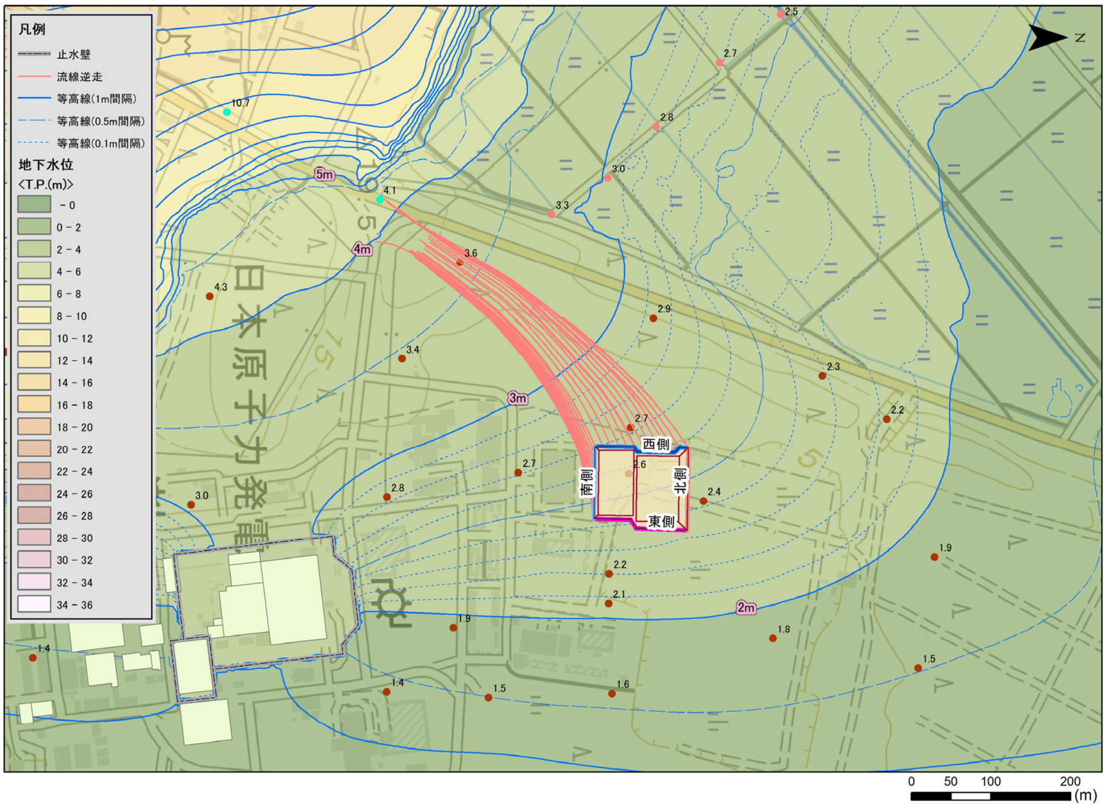
第 2.2.2−7 図　現況再現解析結果による廃棄物埋設施設位置の流量

(b)　流線逆走解析による上流側からの流入域の検討

上流側からの流入域を確認するため，廃棄物埋設施設位置の西側及び南側の側面を通過する地下水の流線逆走解析を行った。

流線逆走解析は，廃棄物埋設施設直下の帯水層における解析モデルの各要素の流速ベクトルを用いて，粒子の流れを遡りその軌跡を流跡線として求めた。

流線逆走解析結果を第 2.2.2−8 図に示す。流入域の起源は施設南西側となった。



（背景：地理院タイル）

第 2.2.2−8 図　流線逆走解析結果（廃棄物埋設施設への流入域）

以上のように，廃棄物埋設施設位置を通過する流量のマスバランスは，約 79%が上流側から，約 21%が施設位置で浸透される降雨であることが確認でき，流線の確認結果から上流側の地下水は施設南西の台地側から流れてくることが確認できた。

（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。

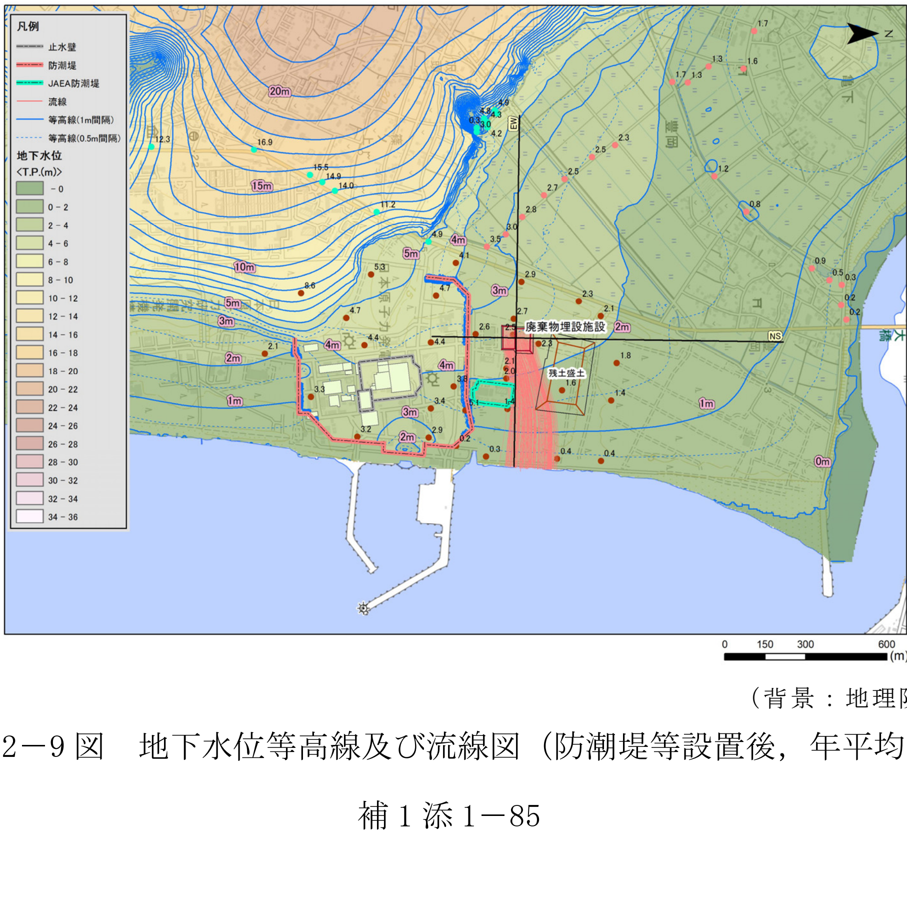
予測解析は，過去 13 年間の年平均雨量を入力とした解析を行うとともに，豪雨時に地下水が上昇した場合の影響を把握するため，年平均雨量の 2 倍を与条件とした解析を行った。

年平均雨量を入力とした解析結果を第 2.2.2－9 図及び第 2.2.2－10 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 2.2.2－11 図及び第 2.2.2－12 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。

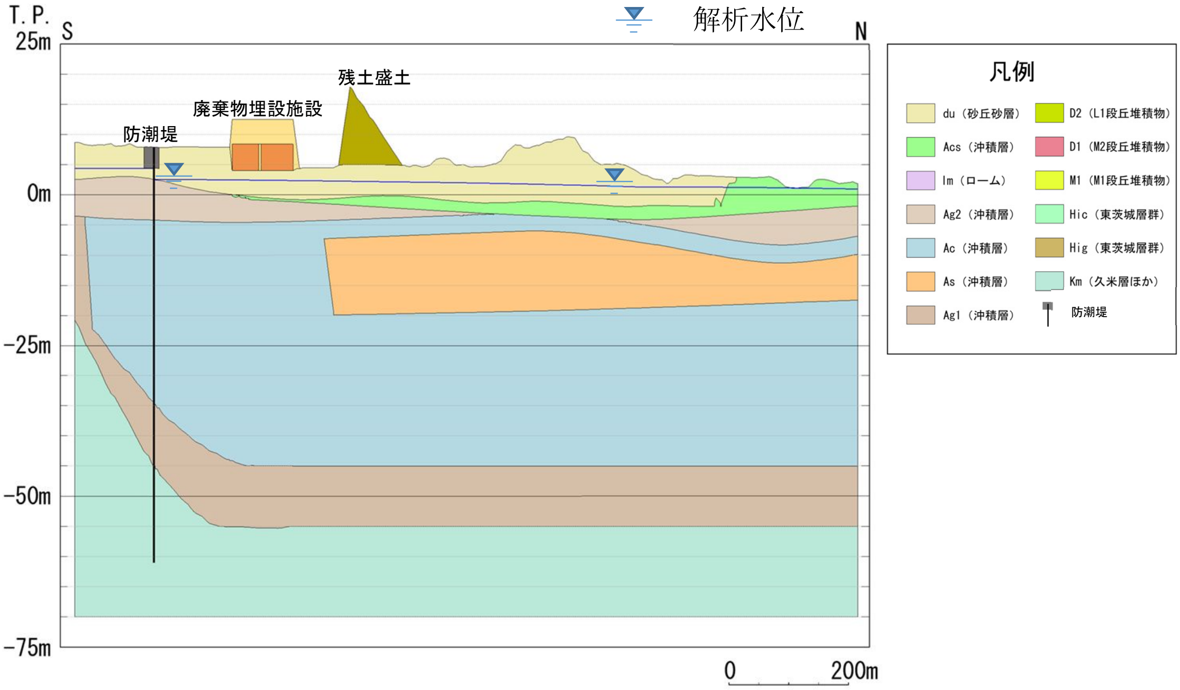
豪雨時の解析の結果，廃棄物埋設施設位置も含めて地下水位が上昇する傾向が認められるが，その上昇量は廃棄物埋設施設位置及び近傍において 1m 未満であり，廃棄物埋設施設底面レベルを上回ることはない。また，いずれの解析においても廃棄物埋設施設に配置した粒子発生点からの流線は海へ流出する結果となっている。

ただし，再現解析で部分的に再現しきれていない範囲があり，予測解析についても限られた条件での検討であることから，廃棄物埋設施設の西側に地下水が流入した場合の念のための線量評価を実施する。また，地下水の流向を確認できるようにモニタリングを継続する。

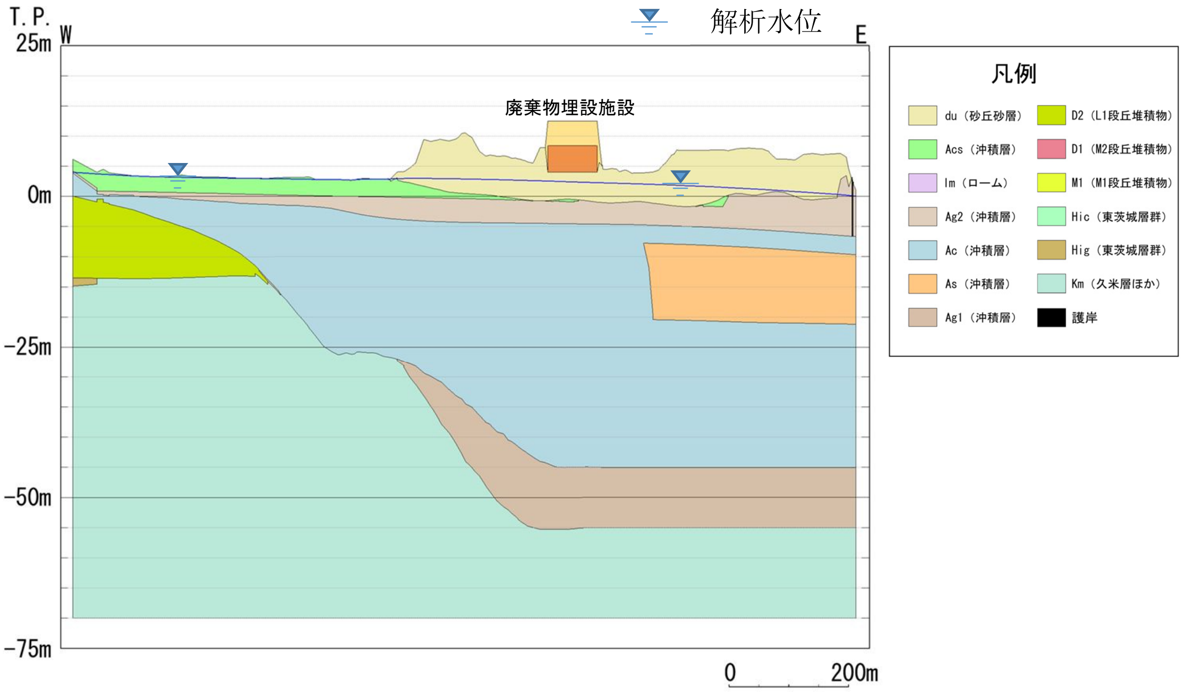


（背景：地理院タイル）

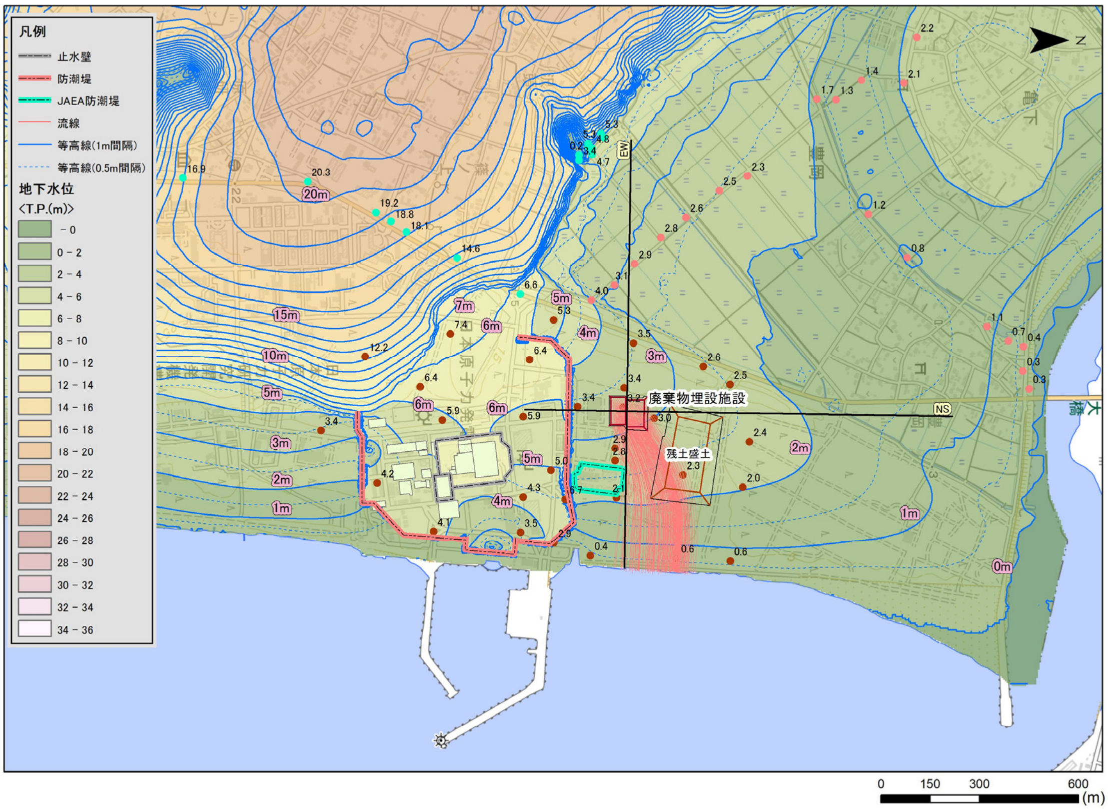
第 2.2.2－9 図　地下水位等高線及び流線図（防潮堤等設置後，年平均雨量）



第 2.2.2－10 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）

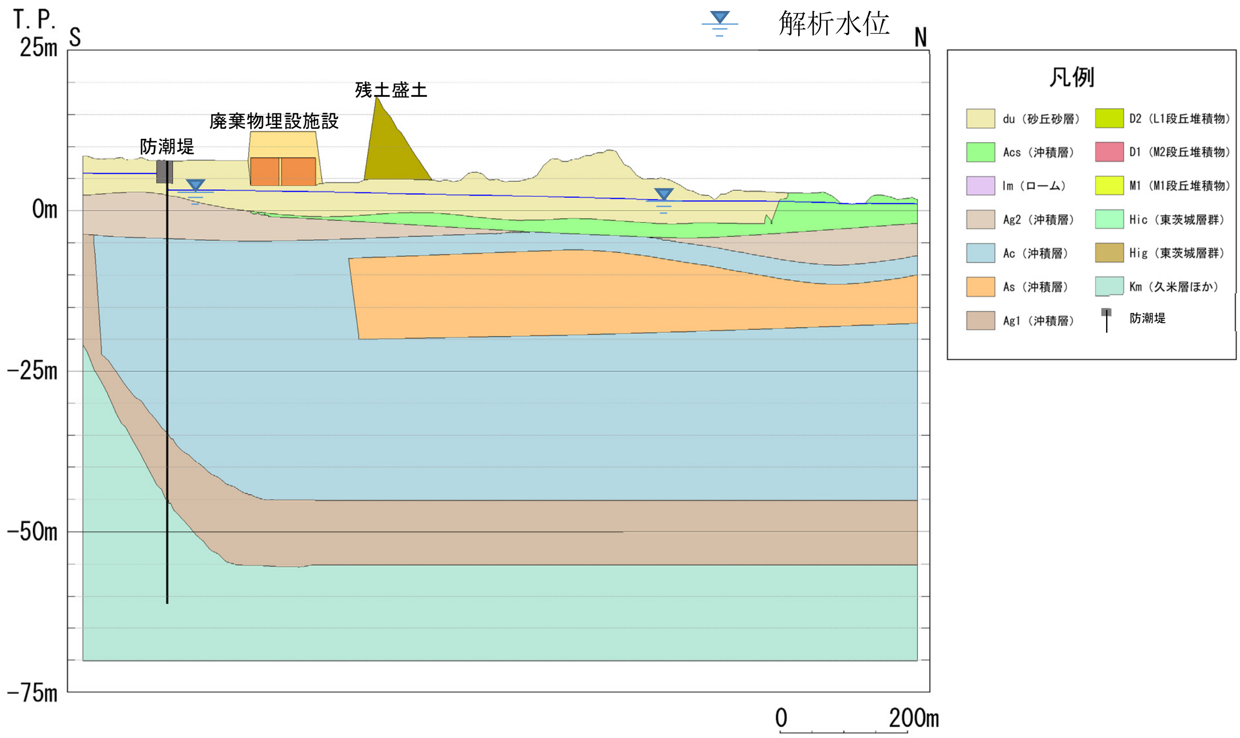


第 2.2.2－10 図（2）　地下水位断面図（防潮堤等設置後，年平均雨量）
（Ｅ－Ｗ断面）

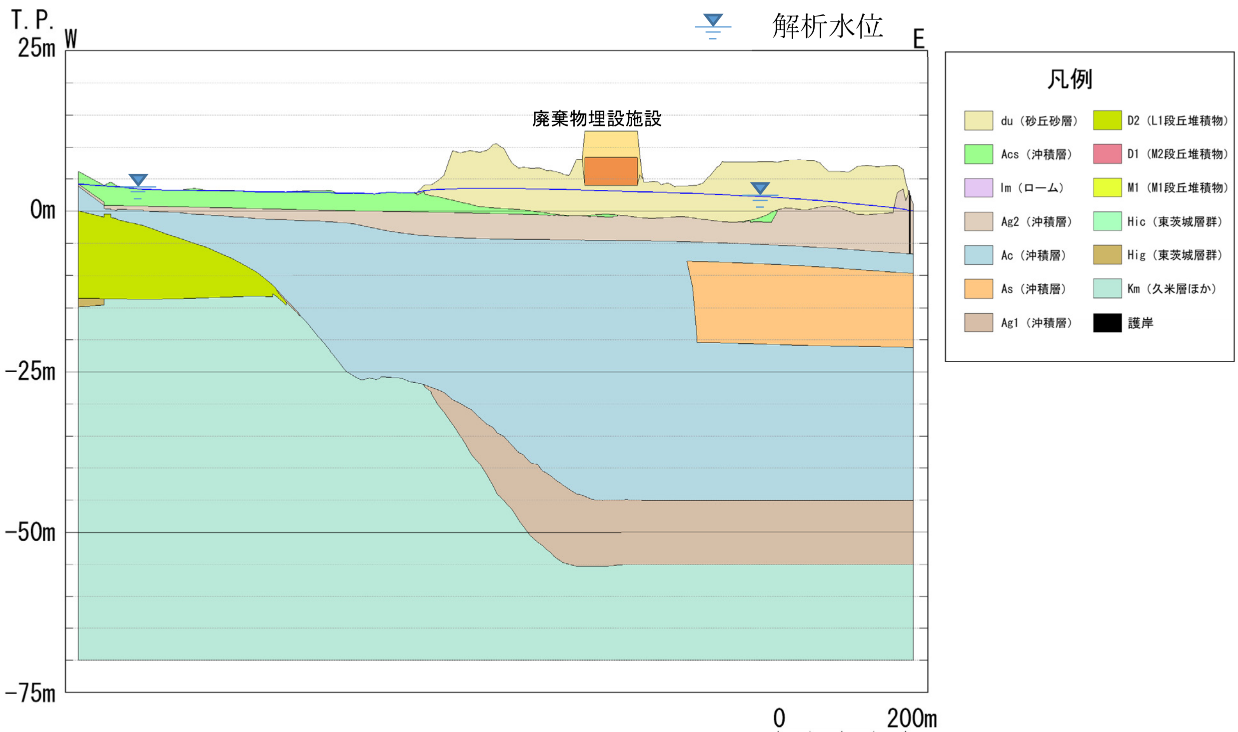


（背景：地理院タイル）

第 2.2.2－11 図　地下水位等高線及び流線図（防潮堤等設置後，豪雨時）



第 2.2.2－12 図（1）　地下水位断面図（防潮堤等設置後，豪雨時）
（N－S 断面）



第 2.2.2－12 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

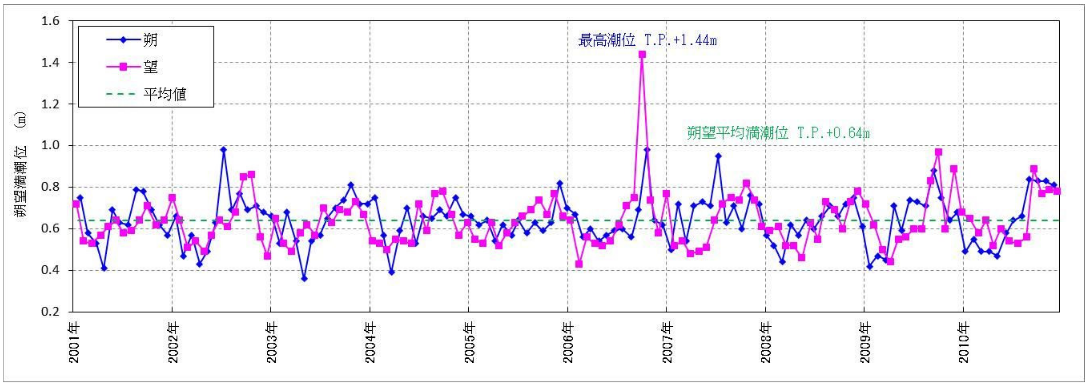
（１）に示した潮位は，日立港区における 2004 年～2009 年の潮位データである。観測期間の妥当性を確認するため，10 ヵ年の朔望潮位データについて分析を行い，影響の有無を確認した。

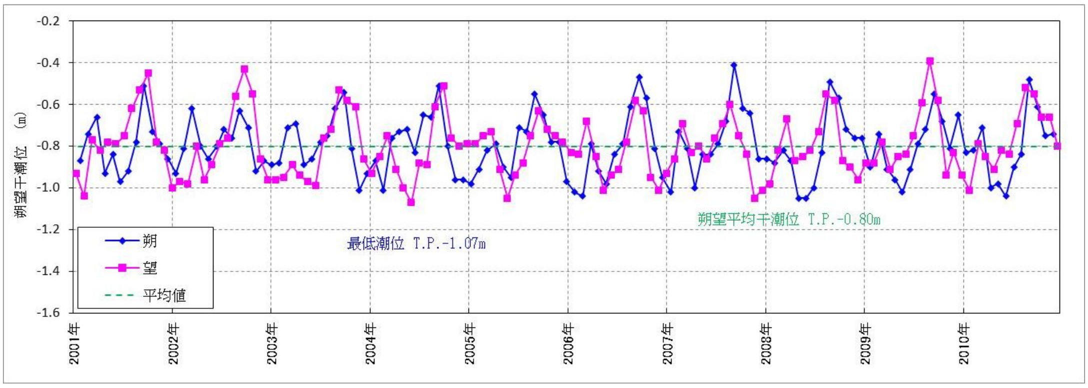
日立港区における 2006 年 1 月～2010 年 12 月の 5 ヵ年の朔望潮位データに対して，2001 年 1 月～2010 年 12 月の 10 ヵ年の朔望潮位データの分析を行った。朔望潮位に関する分析結果を第 3－1 表に示す。

第 3－1 表から 5 ヵ年及び 10 ヵ年の朔望満潮位，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 ヵ年（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	
	５ヵ年	10 ヵ年	５ヵ年	10 ヵ年
平均値 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 ヵ年（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）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，廃棄物埋設施設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。

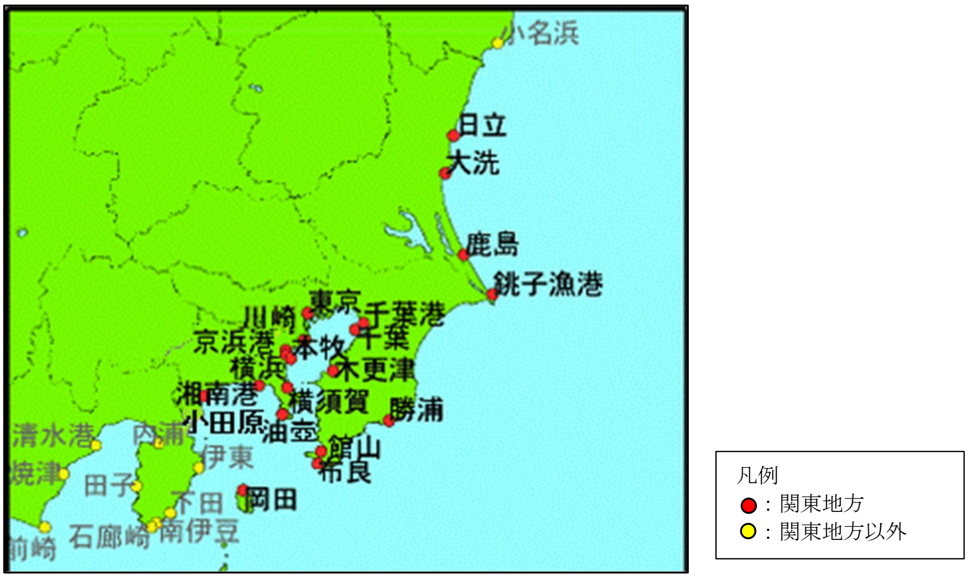
以上より，2011 年以降の日立港区の潮位は，2010 年以前の潮位と同様の傾向で推移し，また顕著な高潮は生じていないことが推測される。

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，廃棄物埋設施設について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。

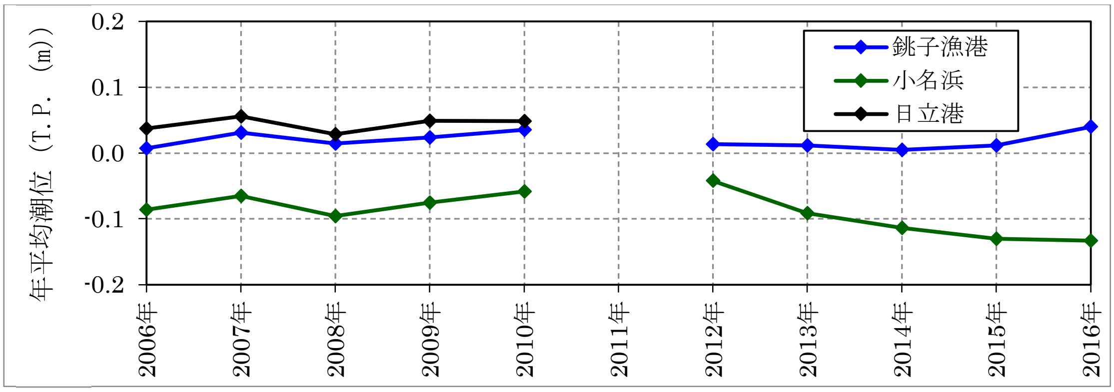
※：気象庁（2017）に加筆

第３−２図　観測地点位置図

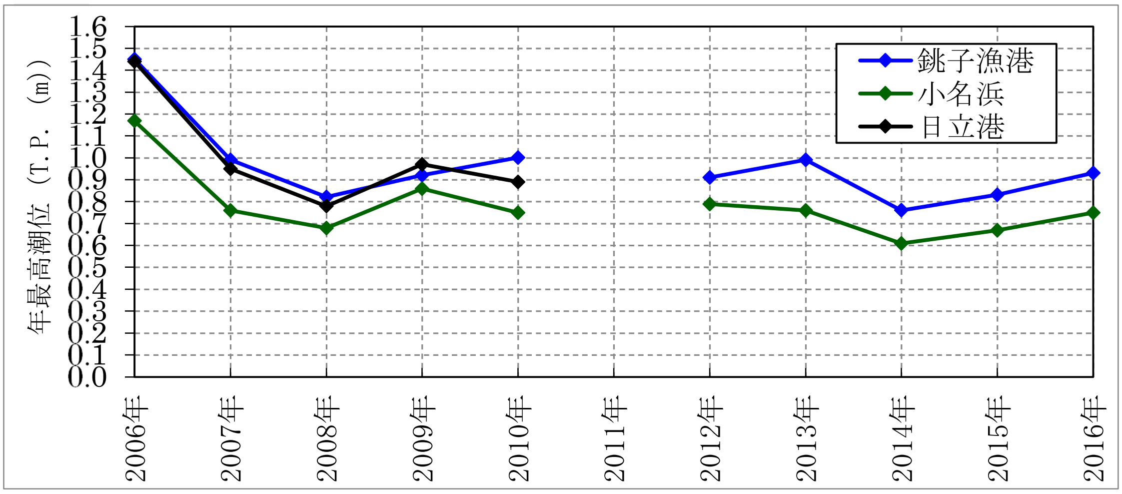
第３−２表　各地点の朔望平均満干潮位

		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

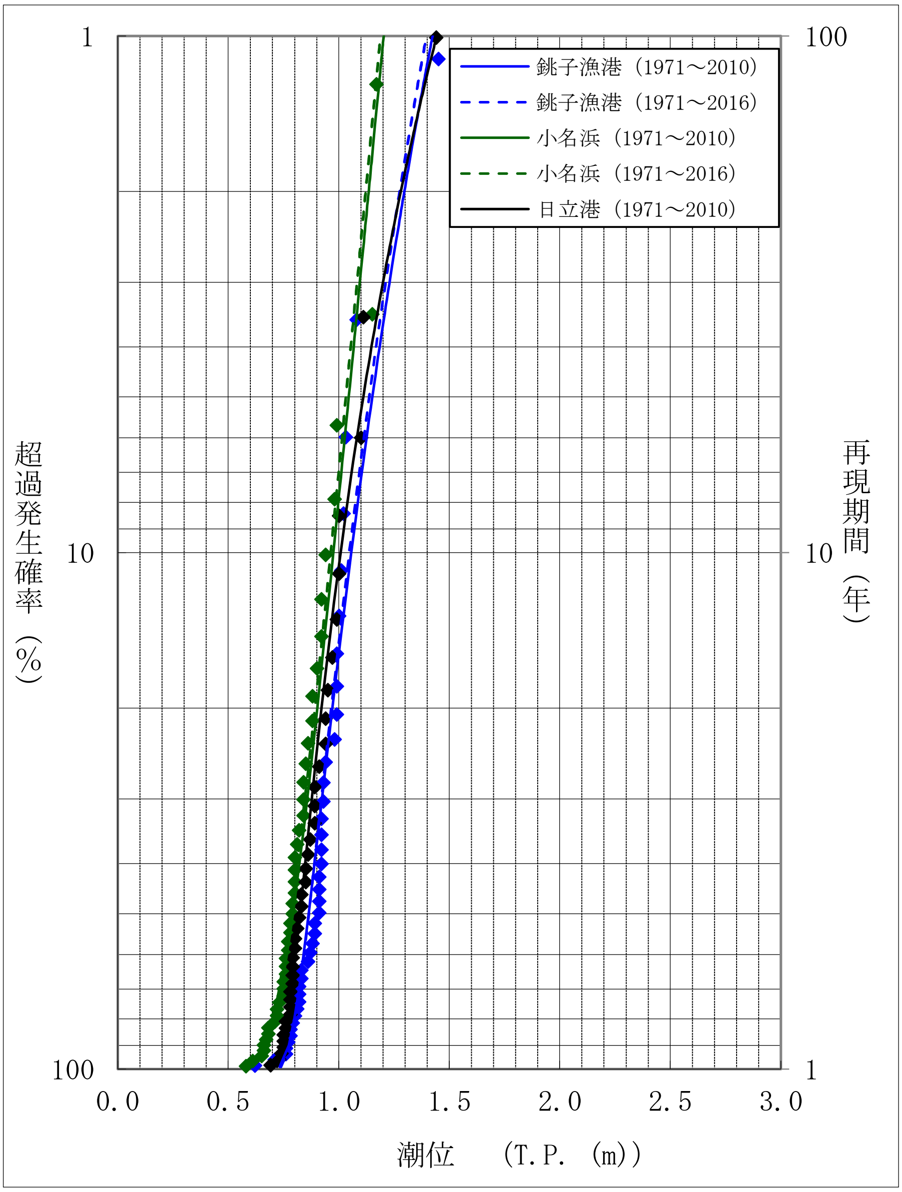
（単位　平均：T.P.（m），標準偏差：(m)）



第3－3図　各地点の年平均潮位の推移

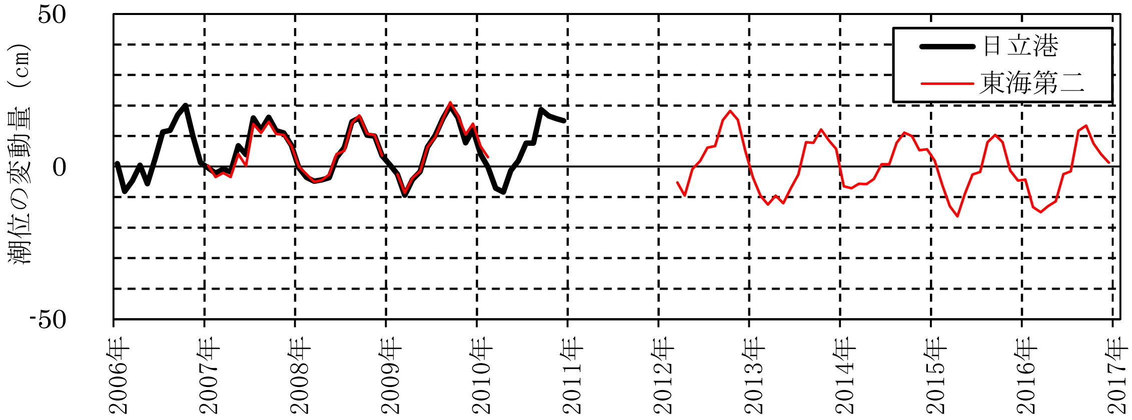


第3－4図　各地点の年最高潮位の推移



※：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

廃棄物埋設施設は，東側460m付近で海に面している。廃棄物埋設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（ｄｕ層）及び礫混じり砂層（Ａｇ２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（ｄｕ層，Ａｇ２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ＪＩＳ　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 $1m^2$ の 2 個の平面電極が距離1m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S／m であり，伝導率の数値によりmS／m（$=10^{-3}$S／m），μS／m（$=10^{-6}$S／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℃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Ａｇ２層下部のＡｃ層の上端，又はＡｃ層の中に設置されており，主にｄｕ層とＡｇ２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の伝導率測定孔の概要を第 4.1－2 表に示す。

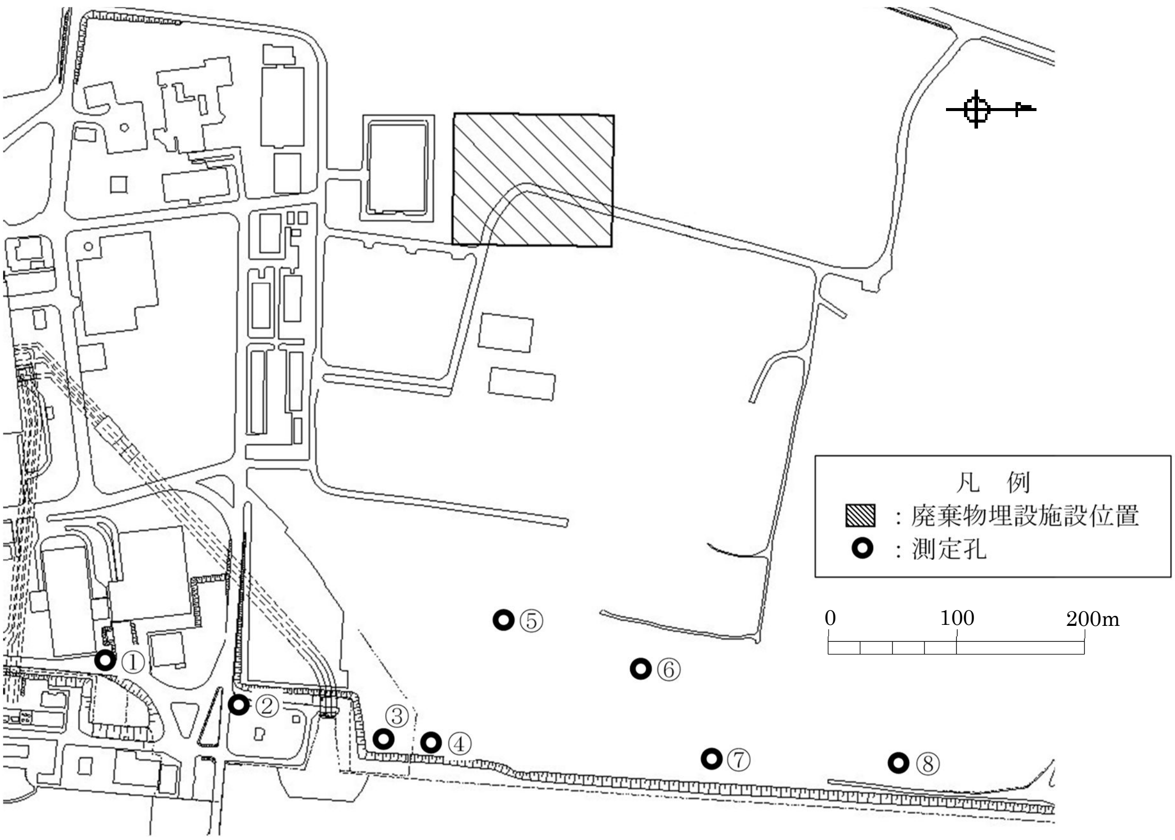
地下水の伝導率測定は，ＪＩＳ　K　0130 に準拠し，下記のとおり実施した。

・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（℃）
温度補償	自動温度補償 (25℃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 (m)	孔口標高 T.P. (m)
①※1	106.4	8.23
②※1	52.7	4.66
③※1	21.7	7.27
④※2	21.1	7.40
⑤※2	123.7	5.74
⑥※2	95.5	5.02
⑦※1	34.0	8.01
⑧※1	36.7	6.34

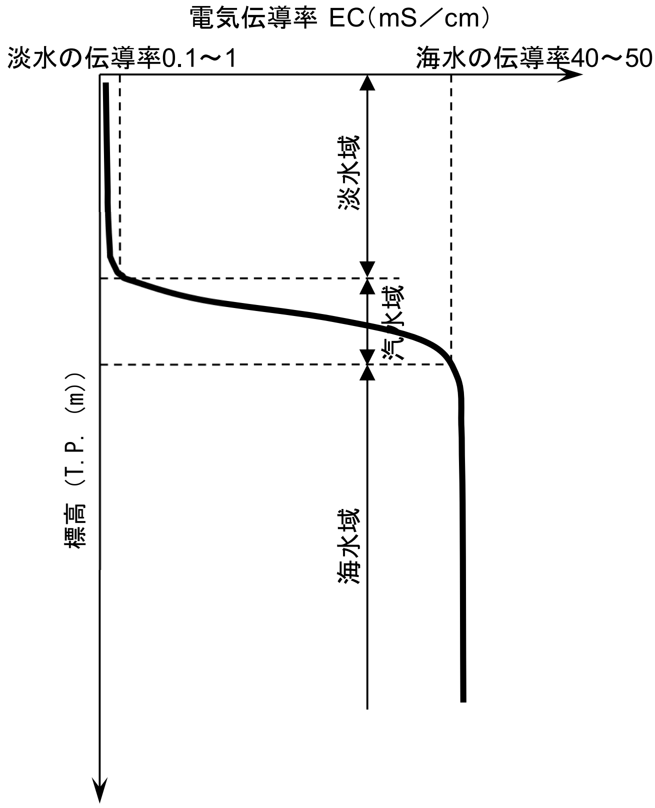
※1 ：測定期間：2006 年 7 月 23 日～7 月 27 日

※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 40mS／cm～50mS／cm であり，淡水の地下水で 0.03mS／cm～1mS／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，海水と淡水の中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面付近の淡水域，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

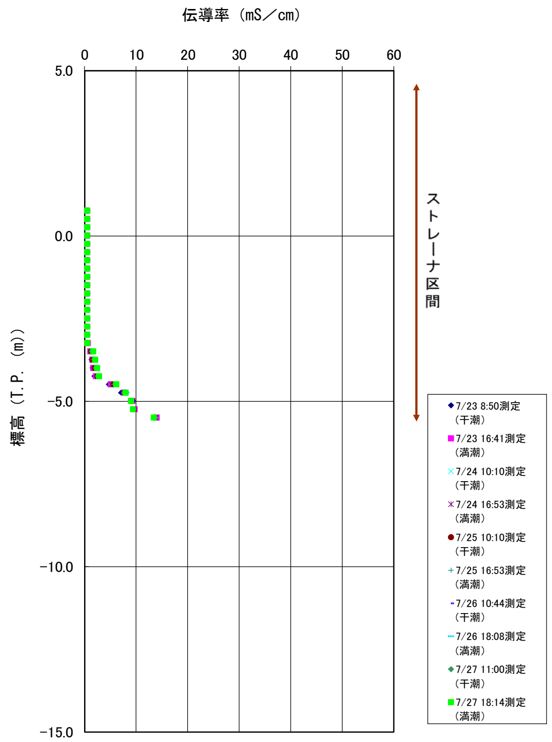
地下水伝導率測定による各測定孔の地下水伝導率測定結果の深度分布を第 4.1－4 図に，地下水伝導率の測定結果として最大値及び最小値並びに塩淡境界の測定標高を第 4.1－3 表に示す。

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。

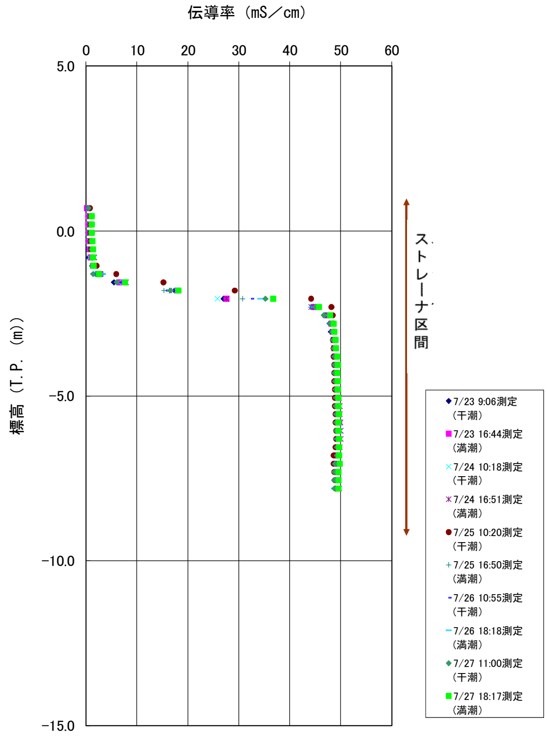
護岸付近に位置する測定孔⑦及び測定孔⑧では明確な海水域は測定されていないものの，T.P.－5m 付近で伝導率が急激に増加する汽水域が確認でき，測定下限近傍に存在する塩淡境界の影響を受けていると考えられる。最大伝導率は海水の 60％以上を示す。

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。

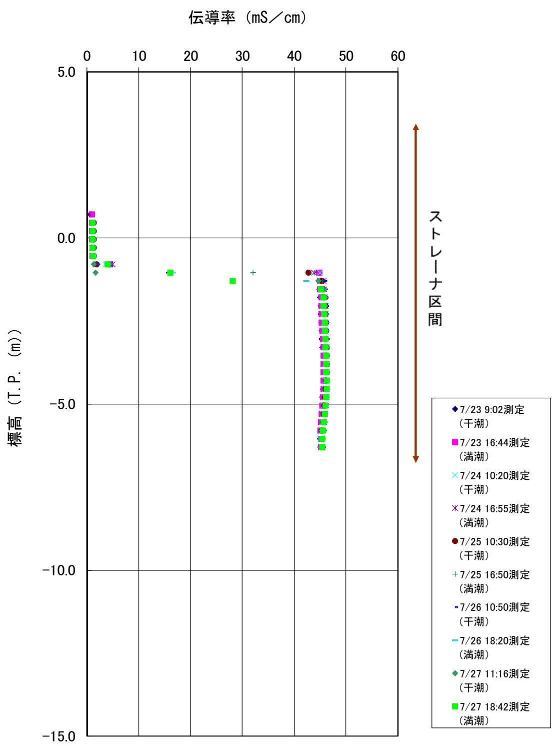
護岸から 120m 以上離れている測定孔⑤の地下水の伝導率は，深度による変化は小さく，淡水の地下水の値を示すことから周辺には海水の侵入はないと判断される。



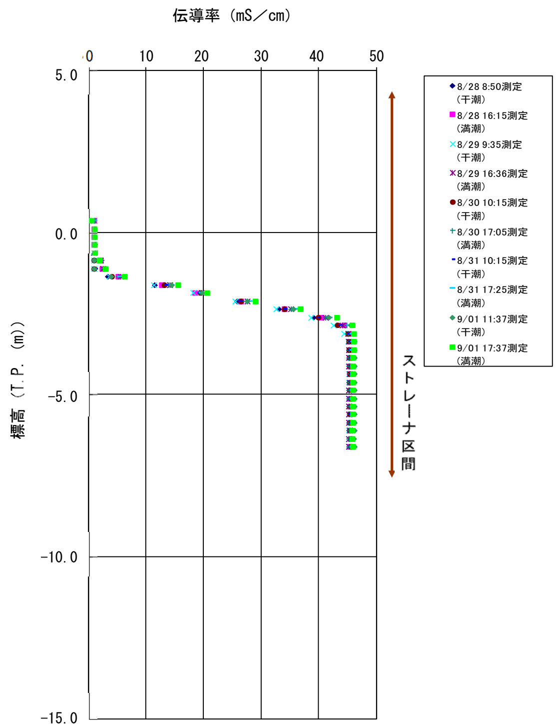
（a）①孔



（b）②孔

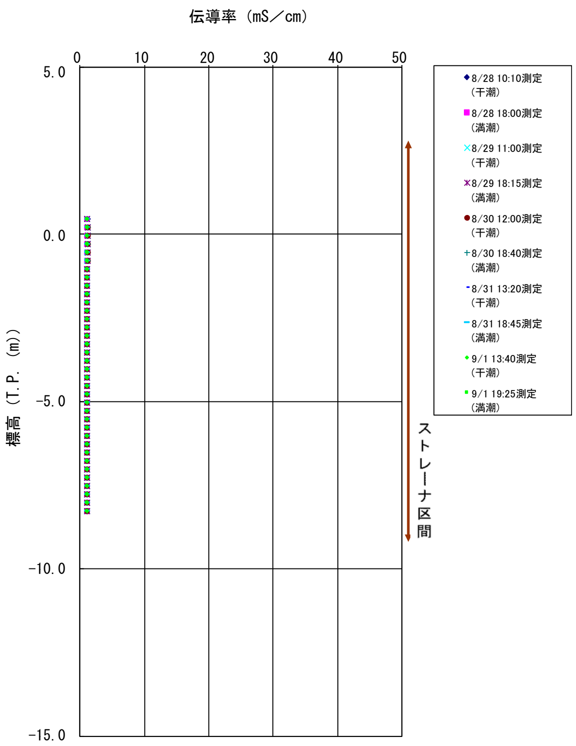


（c）③孔

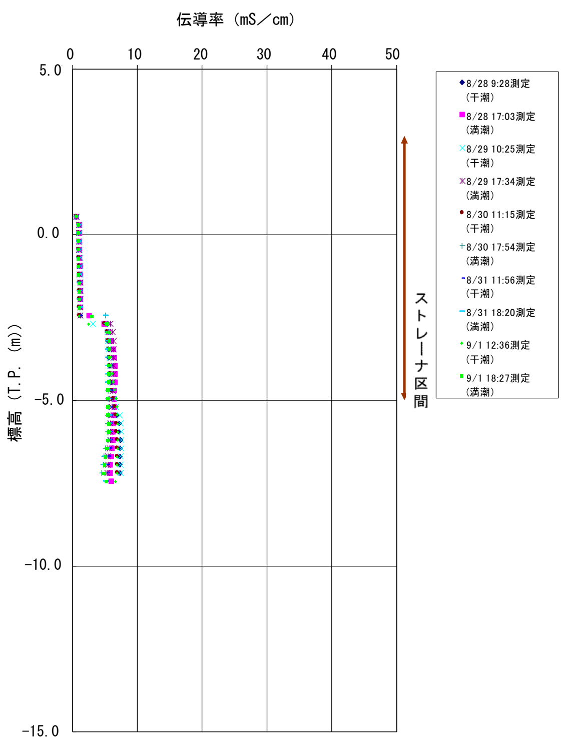


（d）④孔

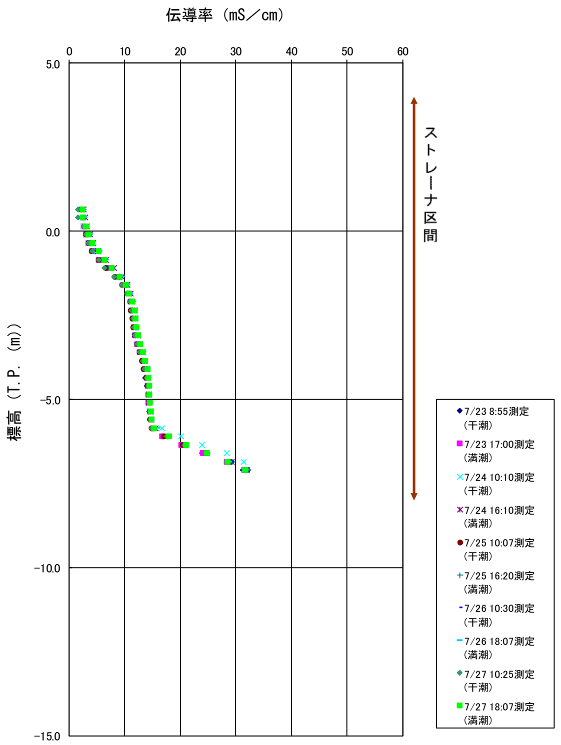
第 4.1－4 図（1）　地下水伝導率測定結果



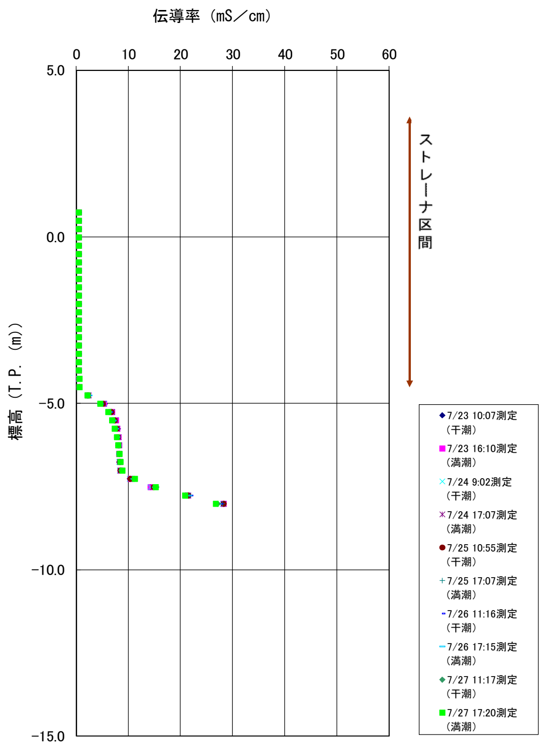
（e）⑤孔



（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	護岸からの距離（m）	地下水伝導率（mS／cm）		塩淡境界の測定標高※ 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]

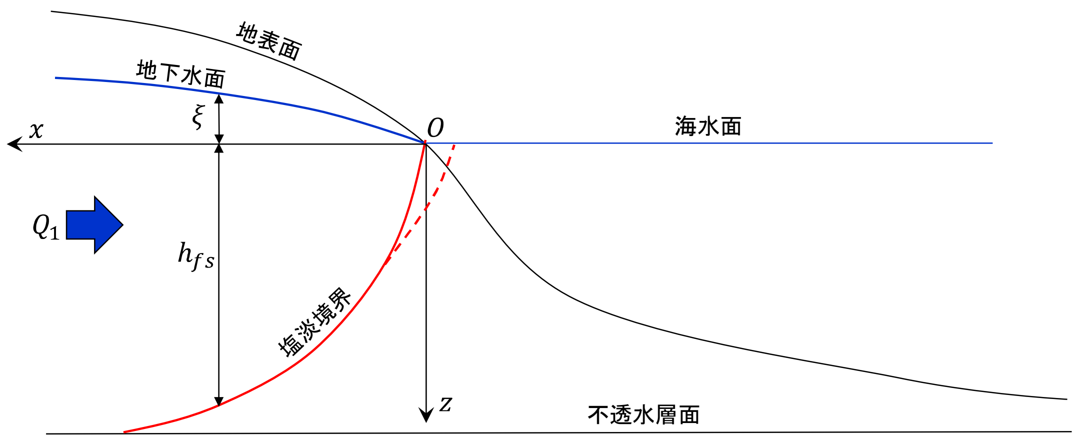
※：[　]は地下水伝導率測定下限近傍に塩淡境界があると判断し，測定下限の標高を記載

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いての塩淡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ｄｕ層及びＡｇ２層とし，Ａｇ２層下部の沖積粘性土層（Ａｃ層）を不透水層と設定した。

（１）不圧地下水の定常状態においての塩淡境界の理論式[1]

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とともに，海岸付近での鉛直流速成分を考慮すると塩淡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

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

ここで，κ 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，ρ_sは海水の密度，ρ_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※1	帯水層の透水係数（cm／s）※2
地下水伝導率測定時（2006 年７月）	2.49×10^{-3}	1.21×10^{-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

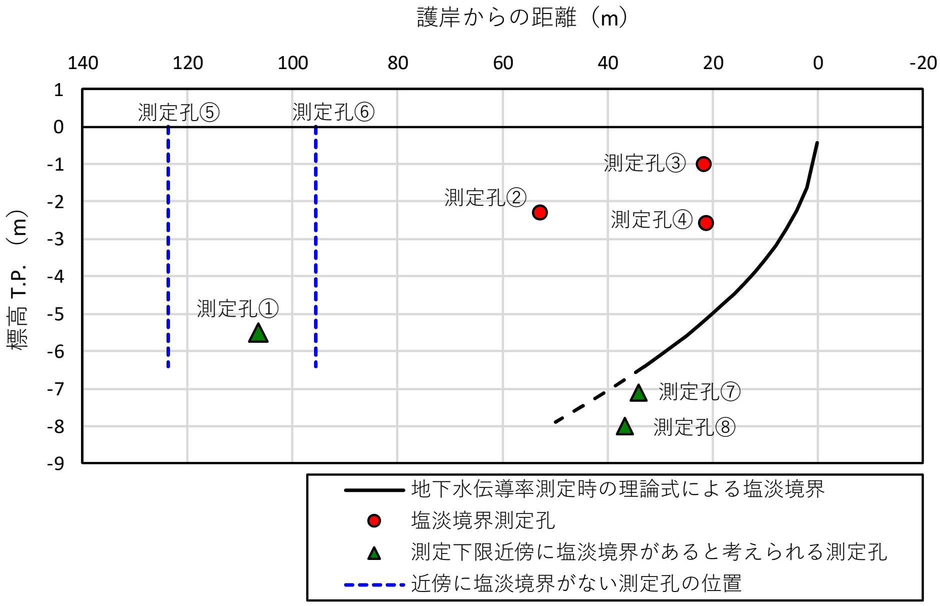
※２：Ａｇ２層の透水係数を設定

（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

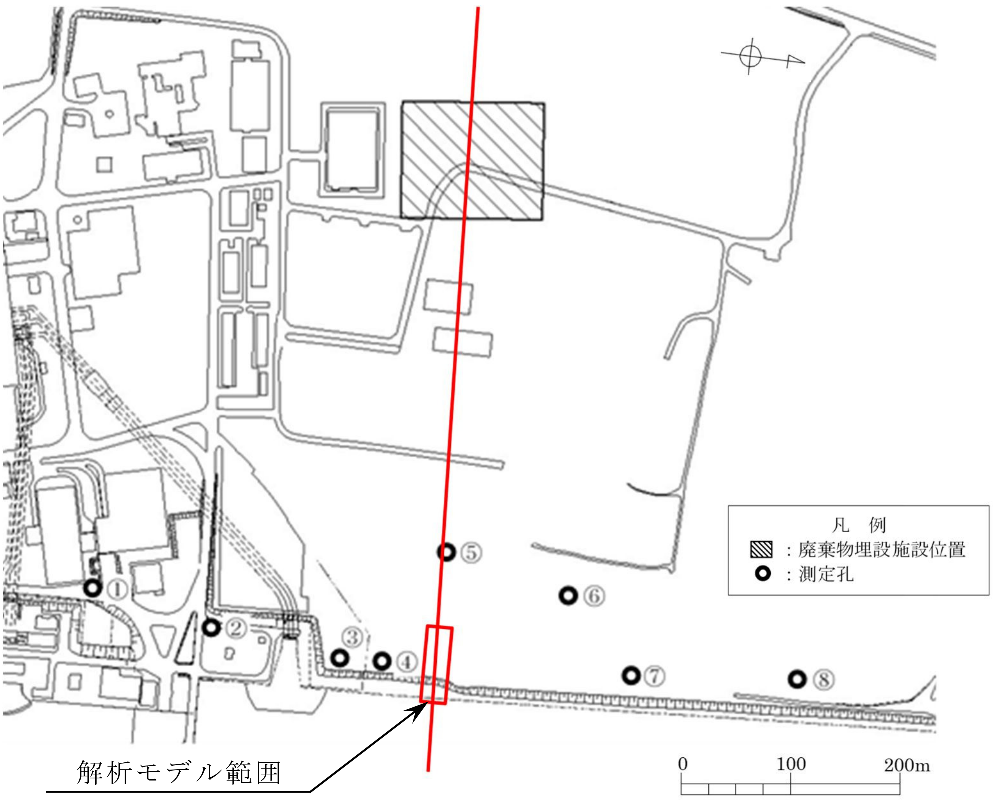
４．３　鉛直二次元ＦＥＭ移流分散密度流解析による検討

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「Ｄｔｒａｎｓｕ－２Ｄ･ＥＬ Ｖｅｒ.2.30 ｓＣＭ－ＲＣＭ（ｆ９０ ＯｐｅｎＭＰ）」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。

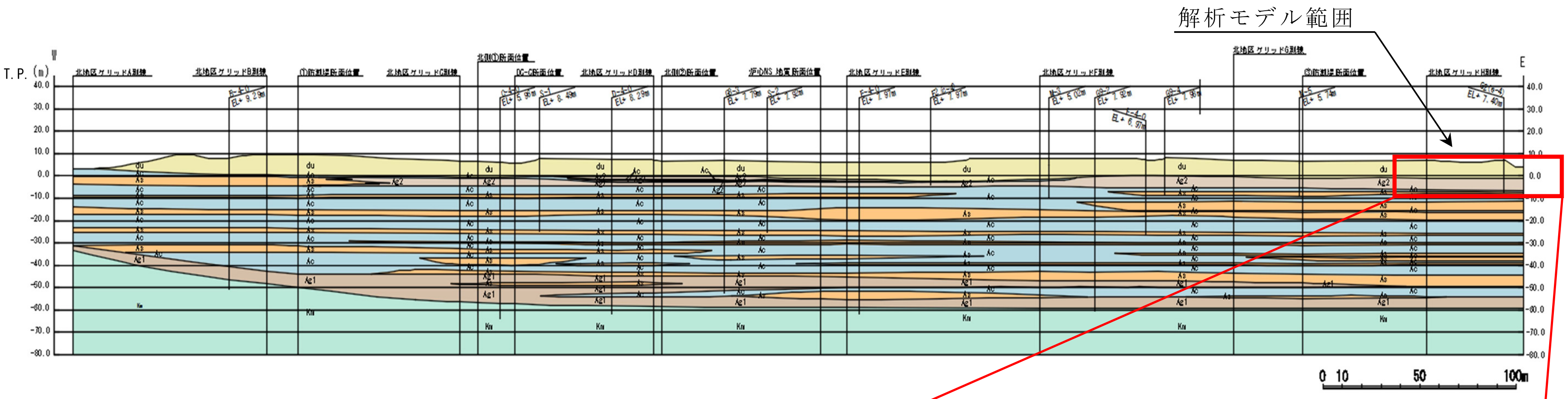
（１）解析モデル

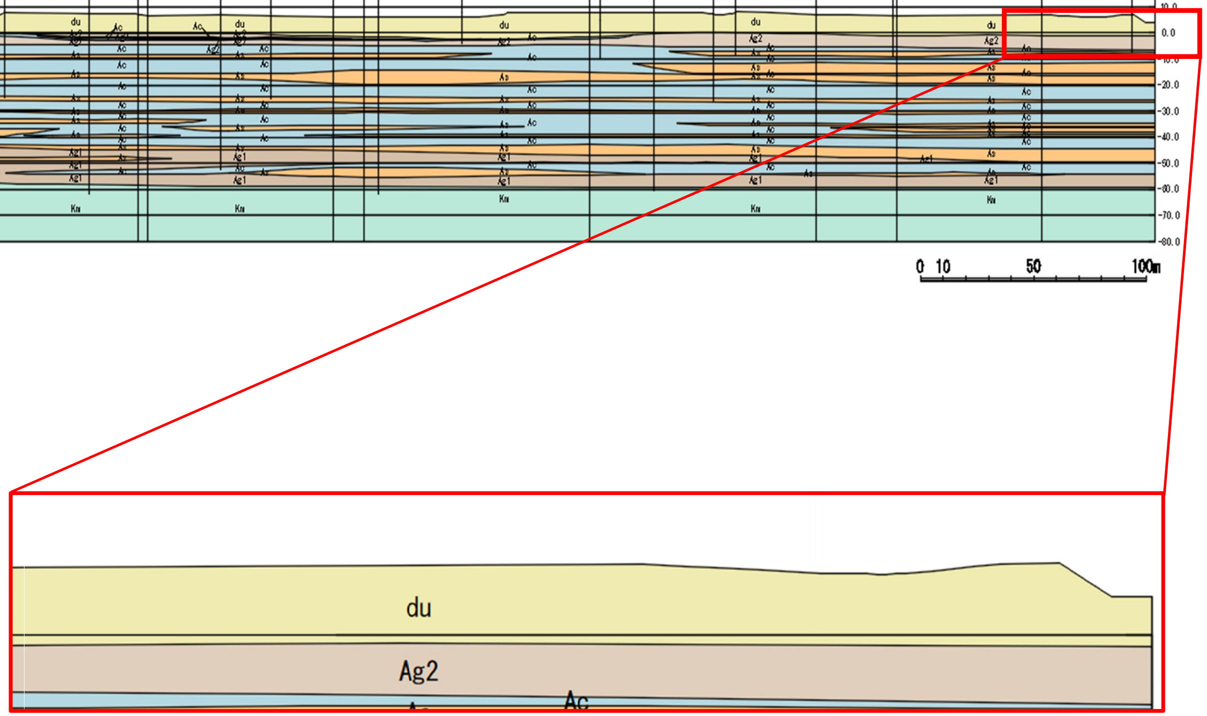
解析モデルの範囲は，廃棄物埋設施設位置を通る主要な地下水流動方向を考慮して，第 4.3－1 図に示す鉛直断面内とした。解析領域の西限と東限は，護岸位置から陸側（上流側）へ 70m，海側（下流側）へ 20m とした。また，領域の下端は，Ａｇ２層の下部には不透水層のＡｃ層が連続的に分布していることより，Ａｇ２層の下端と設定した。

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Ａｇ２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Ａｇ２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）



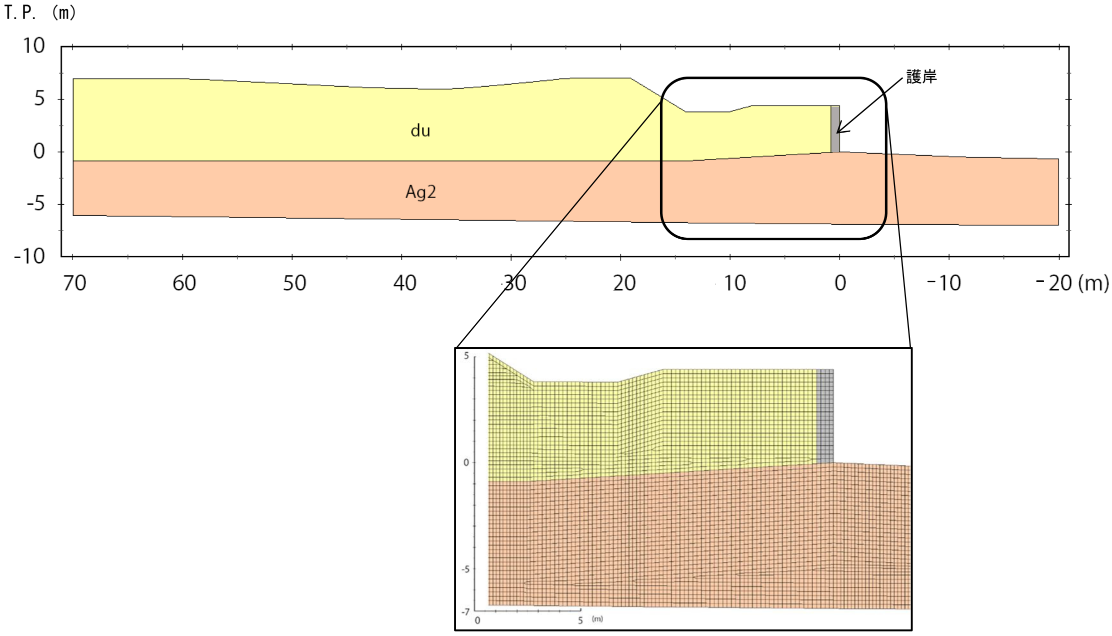


地 質 構 成 表

地質時代		地質区分		記号	岩相
第四紀	完新世	砂丘砂層		du	砂
		沖積層	al	Ag2	砂礫
				Ac	粘土
				As	砂
				Ag1	砂礫
	更新世	段丘堆積物	D2	D2c-3	シルト
				D2s-3	砂
				D2g-3	砂礫
				D2c-2	シルト
				D2g-2	砂礫
			D1	lm	ローム
				D1c-1	シルト
				D1g-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

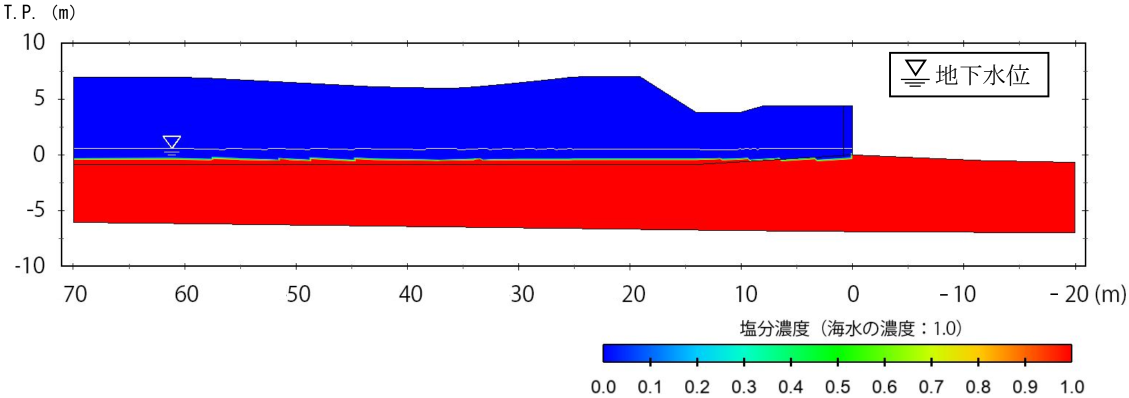
鉛直二次元ＦＥＭ移流分散密度流解析用物性値を第 4.3－1 表に示す。解析には，地下水流動解析用と物質移行解析用の 2 種類のパラメータが必要である。前者には透水係数，比貯留係数等が，後者には拡散係数，分散長等が含まれる。地下水流動解析用のパラメータには，三次元地下水流動解析と同一の値を用いた。一方，物質移行用解析のパラメータには，検討範囲を対象とした試験により物性値が得られているものについてはその値を，得られていないものについては文献による一般的な値を用いた。

第 4.3－1 表　鉛直二次元ＦＥＭ移流分散密度流解析用物性値

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

（３）初期条件及び境界条件

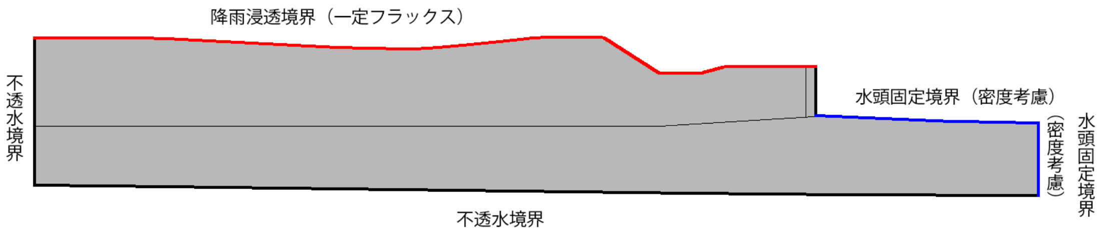
本解析では，Ａｇ２層の間隙は全て海水で満たされている初期状態から陸域に一定の降水（塩淡境界測定年の年間降水量／365 日）と降水の地盤への浸透率を与え，地盤中の塩分濃度分布を作成する解析手法（洗い出し解析）により，現在の陸域の塩水侵入状況を検討した。解析モデルの地盤中の初期塩分濃度及び地下水位面分布を第 4.3－3 図に示す。



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 （海水準より高い表面）	一定浸透 （年平均降水量に 基づく値）	不透過
海底面 （海水準下の表面）	一定圧力 （海水位，海水の密度及び海 底面の深度を考慮した水頭）	モデルからの流出： 濃度勾配 0 モデルへの流入： 定濃度（比濃度 1）
海側側面	一定圧力 （海水位，海水の密度及び海 底面の深度を考慮した水頭）	モデルからの流出： 濃度勾配 0 モデルへの流入： 定濃度（比濃度 1）
上記以外 （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（Ｃａｓｅ１）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（Ｃａｓｅ２）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。

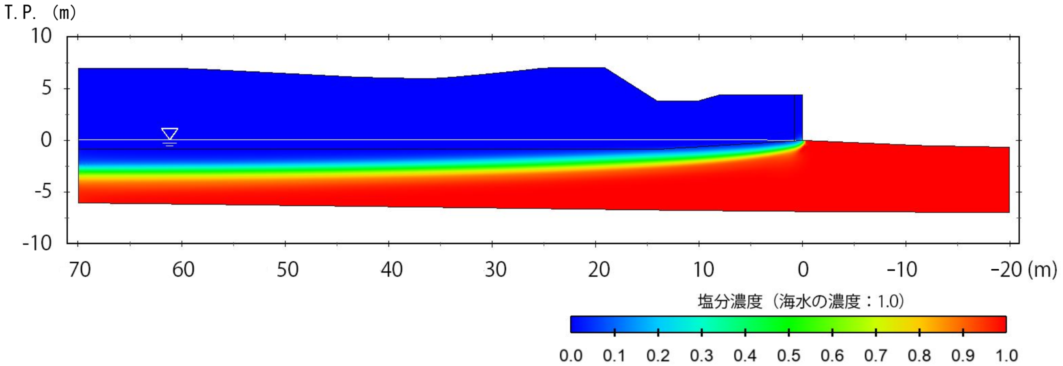
解析ケースを第 4.3－3 表に示す。

第 4.3－3 表　解析ケース

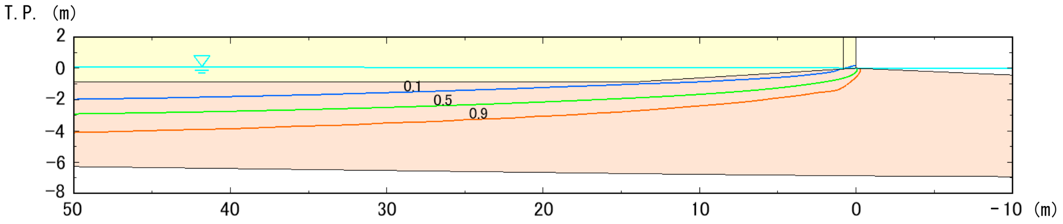
ケース名	降水量 （mm／日）	降水の地盤浸透率 （％）
Ｃａｓｅ１	3.7	20
Ｃａｓｅ２		100

（５） 解析結果

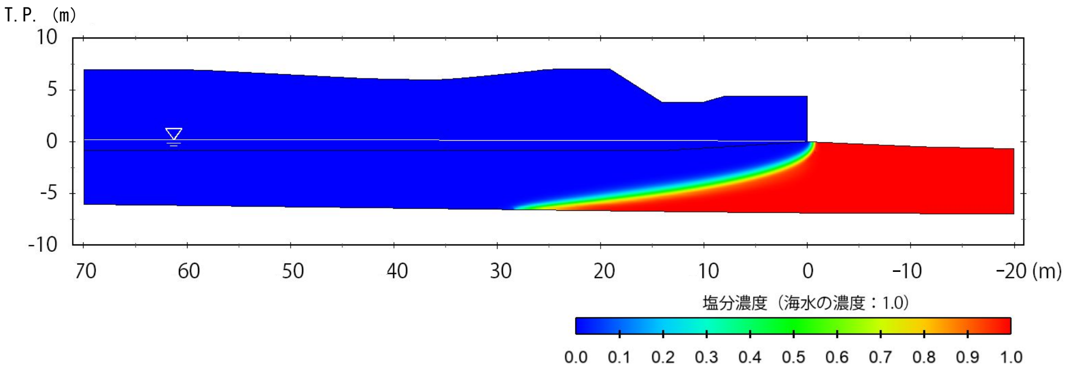
年間降水量に対して浸透率 20%（Ｃａｓｅ１）及び浸透率 100%（Ｃａｓｅ２）の解析結果（モデル全体及び護岸付近の拡大図）を第 4.3－5 図及び第 4.3－6 図に示す。解析結果での塩淡境界は，測定孔での測定結果及び理論式による塩淡境界と同様に評価するために，海水塩分濃度の 0.9 の濃度線とした。



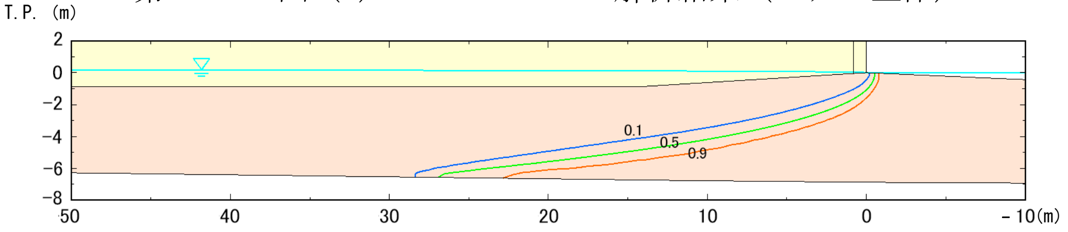
第 4.3－5 図（1）　Ｃａｓｅ１の解析結果（モデル全体）



第 4.3－5 図（2）　Ｃａｓｅ１の解析結果（護岸付近の拡大図）



第 4.3－6 図（1）　Ｃａｓｅ２の解析結果（モデル全体）



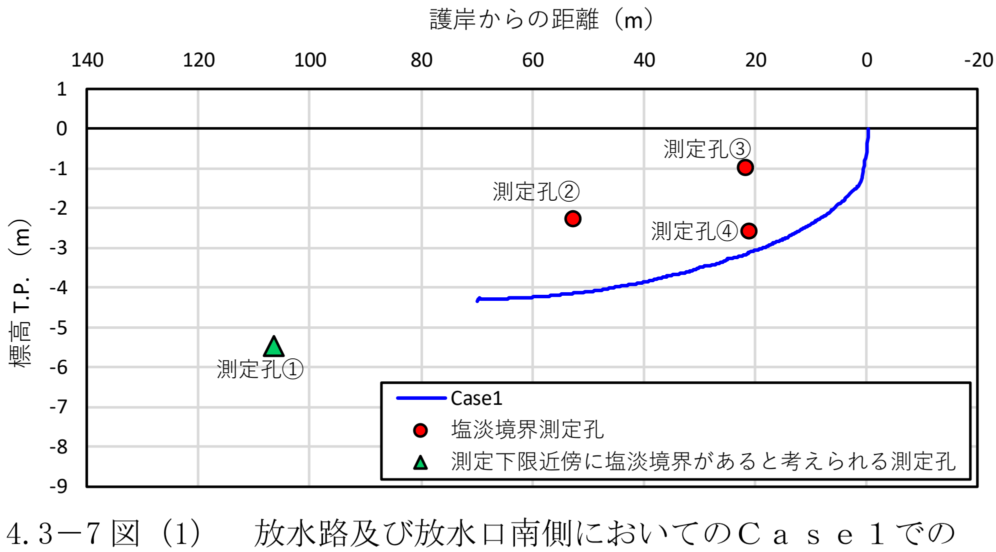
第 4.3－6 図（2）　Ｃａｓｅ２の解析結果（護岸付近の拡大図）

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Ｃａｓｅ１，Ｃａｓｅ２ともに海底部となっている。護岸直下付近でのＣａｓｅ１の塩淡境界はＣａｓｅ２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。

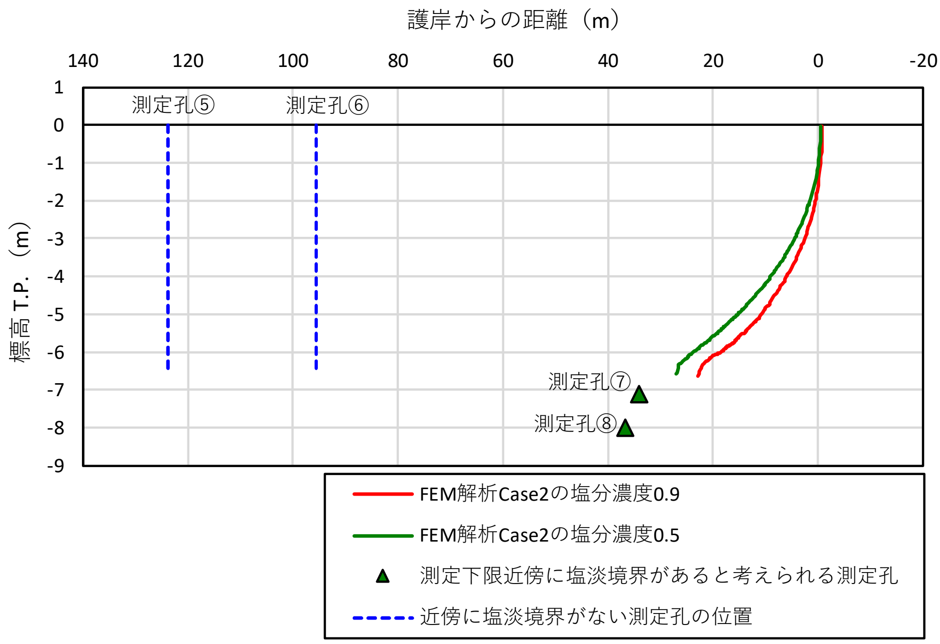
Ｃａｓｅ２は地下水量の増大に伴い，海水の侵入が抑制され，塩淡境界は護岸付近から急激に深くなり，その先端は護岸から約 23m 付近で解析モデルの底面（Ａｇ２層の下端）に達し，それ以上の海水の侵入は認められない。

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Ｃａｓｅ１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Ｃａｓｅ１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Ｃａｓｅ１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Ｃａｓｅ２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Ｃａｓｅ２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Ｃａｓｅ２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Ｃａｓｅ１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）　放水路北側においてのＣａｓｅ２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Ｃａｓｅ１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）。

廃棄物埋設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

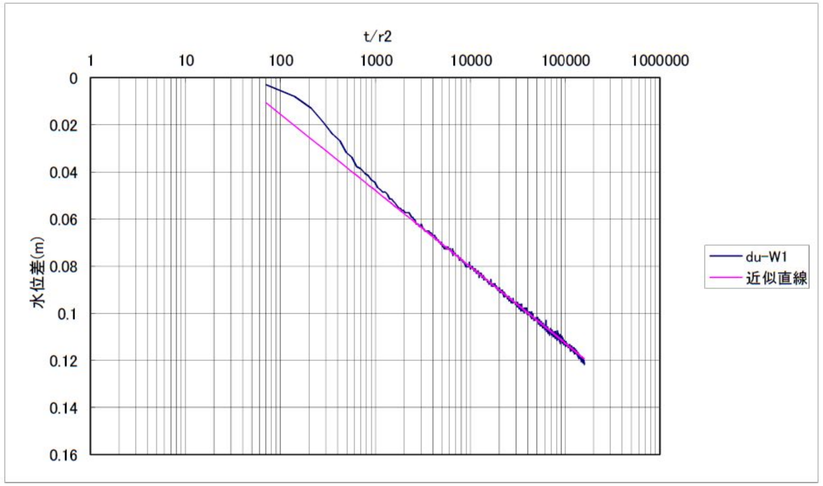
(1) 佐藤邦明・渡辺邦夫（1975）：成層帯水層における地下塩水楔の挙動，水理講演会論文集，19 巻，p.127～132

以上

揚水試験結果

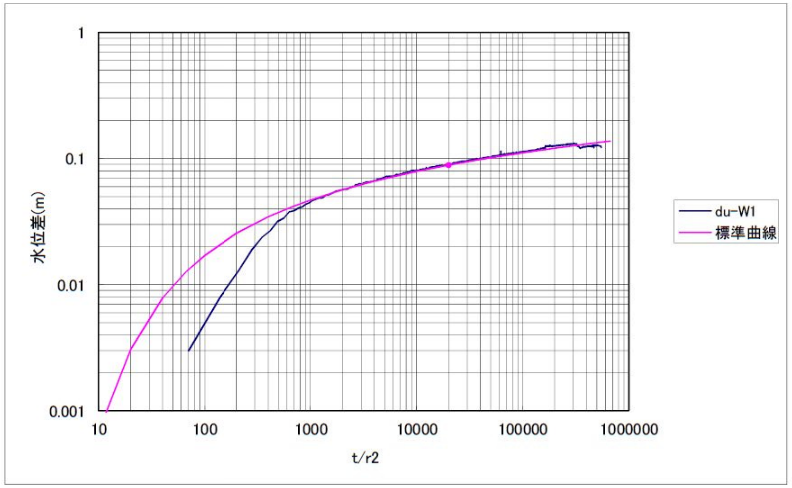
揚水試験解析結果(s-log(t/r²)プロットによる直線勾配法)

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 2.753 m	管頭=GL+	0.277 m
試験条件	揚水量	Qp	10.6 l/min =	$1.77E-04\ m^3/s$	
	直線部分の傾き	a	3.24E-02 m		
	透水量係数	T	$9.99E-04\ m^2/s$		
	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	$(t/r^2)_{s=0}$	33.0		
	貯留係数	S	7.40E-02		



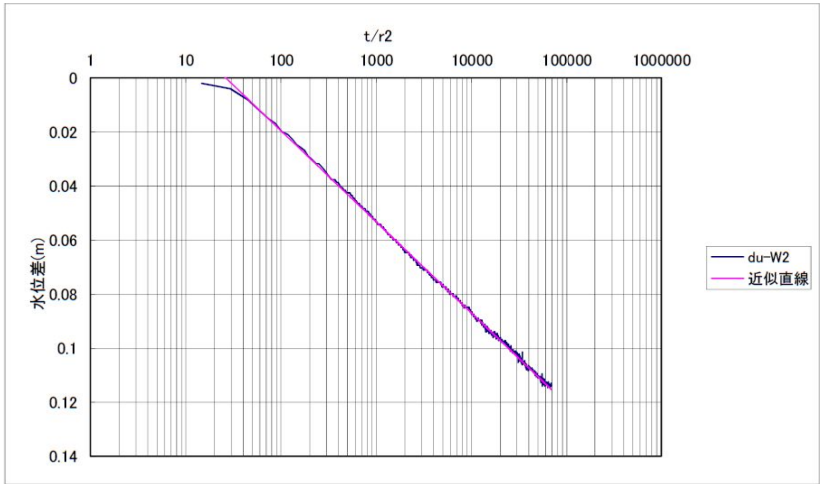
揚水試験解析結果(標準曲線法)

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 2.753 m	管頭=GL+	0.277 m
試験条件	揚水量	Qp	10.6 l/min =	$1.77E-04\ m^3/s$	
	マッチング点の比	$W(\lambda)_m/s_m$	7.14E+01 1/m		
	透水量係数	T	$1.00E-03\ m^2/s$		
	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	$(t/r^2)_m/(1/\lambda)_m$	$20.0\ s/m^2$		
	貯留係数	S	8.03E-02		



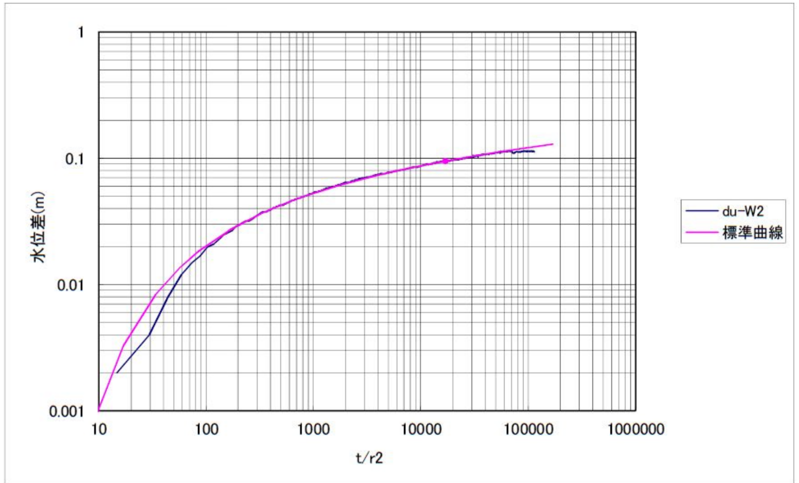
揚水試験解析結果(s−log(t/r²)プロットによる直線勾配法)

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 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^3/s
	直線部分の傾き	a	3.37E−02 m	
	透水量係数	T	9.58E−04 m^2/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	$(t/r^2)_{s=0}$	26.3	
	貯留係数	S	5.68E−02	



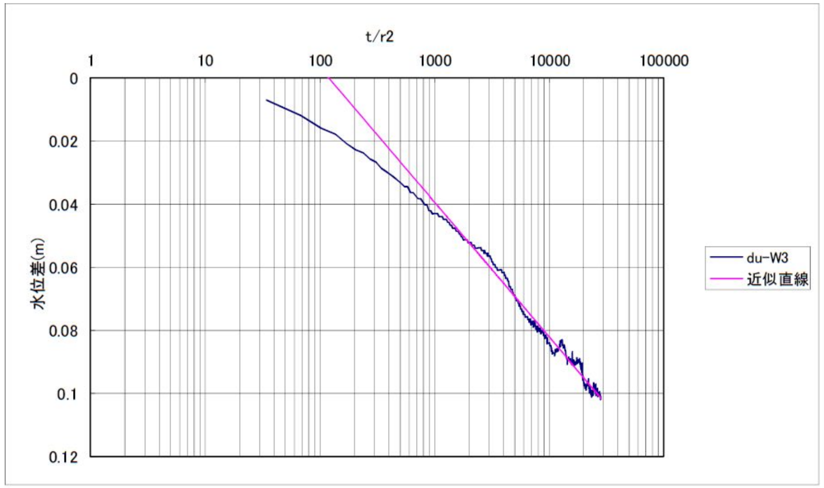
揚水試験解析結果(標準曲線法)

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 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^3/s
	マッチング点の比	$W(\lambda)_m/s_m$	6.67E+01 1/m	
	透水量係数	T	9.37E−04 m^2/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	$(t/r^2)_m/(1/\lambda)_m$	17.0 s/m^2	
	貯留係数	S	6.37E−02	



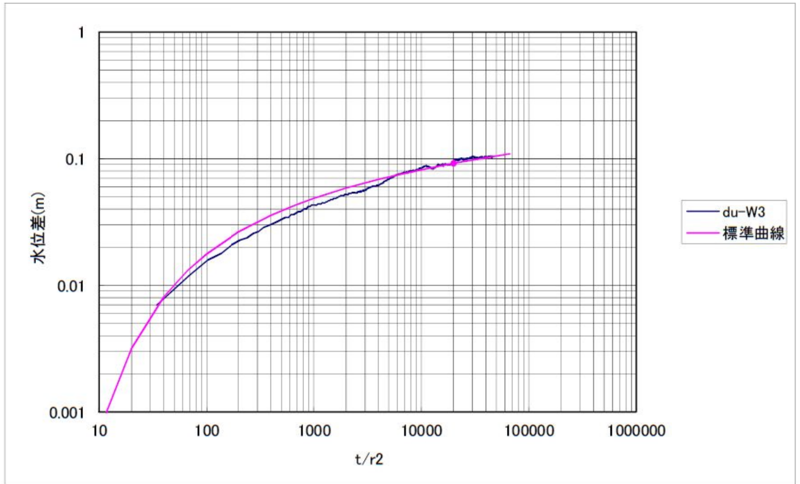
揚水試験解析結果(s-log(t/r²)プロットによる直線勾配法)

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	管頭=GL+ 0.277 m
試験条件				
	揚水量	Qp	10.6 l/min =	1.77E-04 m^3/s
	直線部分の傾き	a	4.27E-02 m	
	透水量係数	T	7.57E-04 m^2/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	



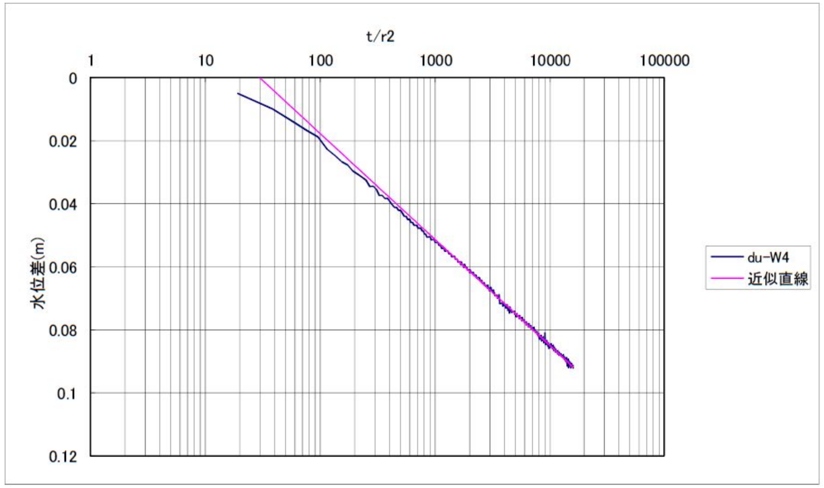
揚水試験解析結果(標準曲線法)

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	管頭=GL+ 0.277 m
試験条件				
	揚水量	Qp	10.6 l/min =	1.77E-04 m^3/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^2/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^2	
	貯留係数	S	7.76E-02	



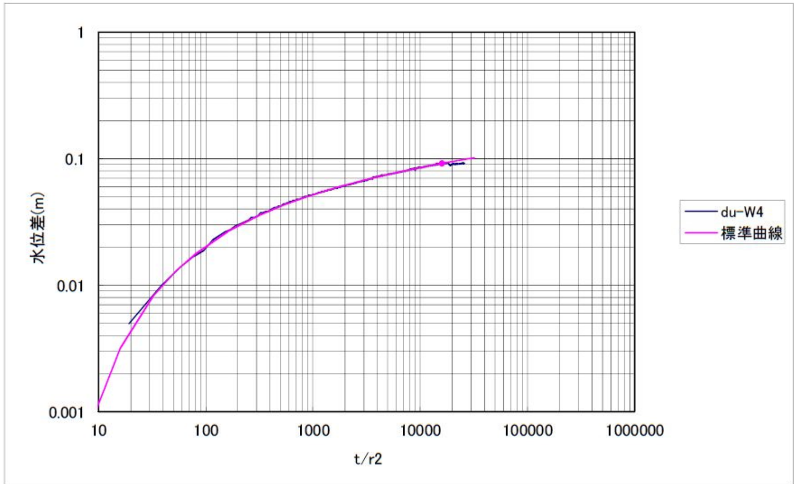
揚水試験解析結果(s-log(t/r²)プロットによる直線勾配法)

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 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^3/s
	直線部分の傾き	a	3.36E-02 m	
	透水量係数	T	9.62E-04 m^2/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	



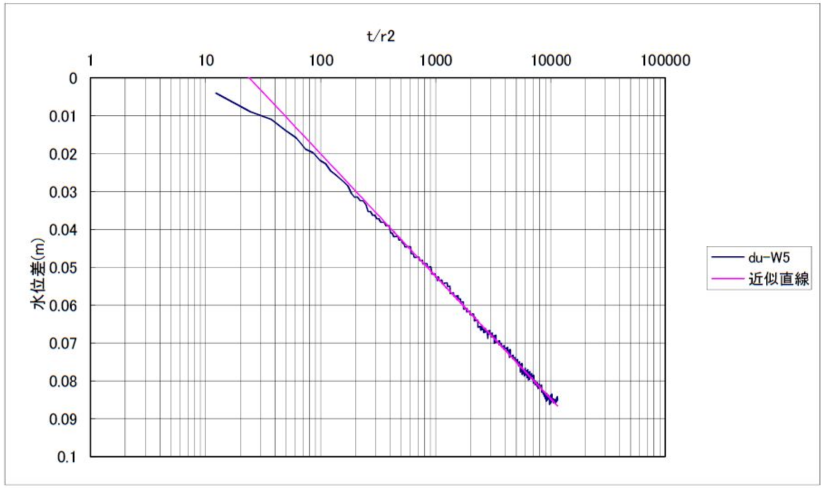
揚水試験解析結果(標準曲線法)

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 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^3/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^2/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^2	
	貯留係数	S	6.21E-02	



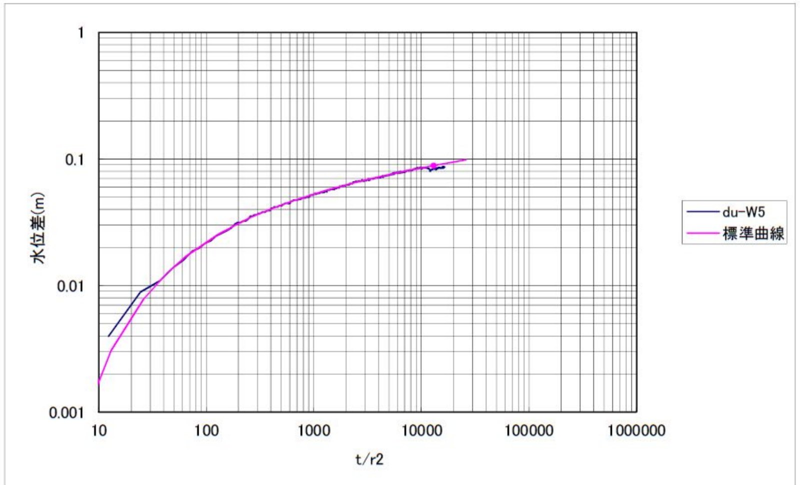
揚水試験解析結果(s−log(t/r²)プロットによる直線勾配法)

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 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^3/s
	直線部分の傾き	a	3.23E−02 m	
	透水量係数	T	1.00E−03 m^2/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	$(t/r^2)_{s=0}$	24.0	
	貯留係数	S	5.39E−02	



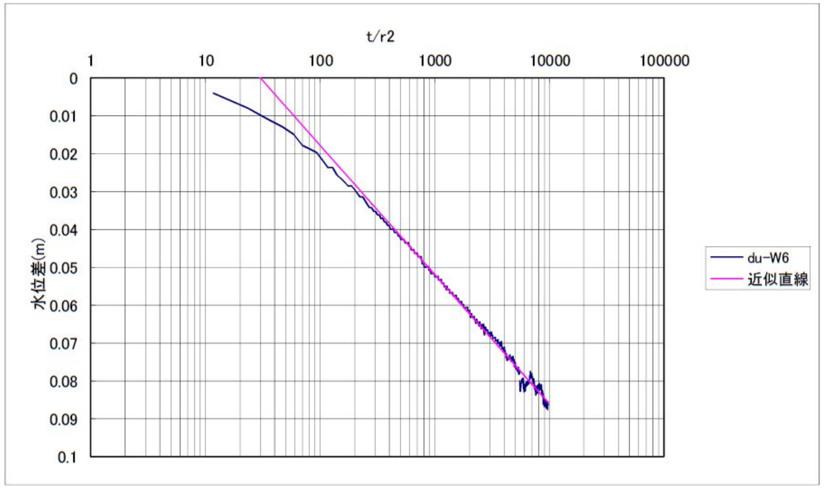
揚水試験解析結果(標準曲線法)

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 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^3/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^2/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	$(t/r^2)_m/(1/\lambda)_m$	13.0 s/m^2	
	貯留係数	S	5.22E−02	



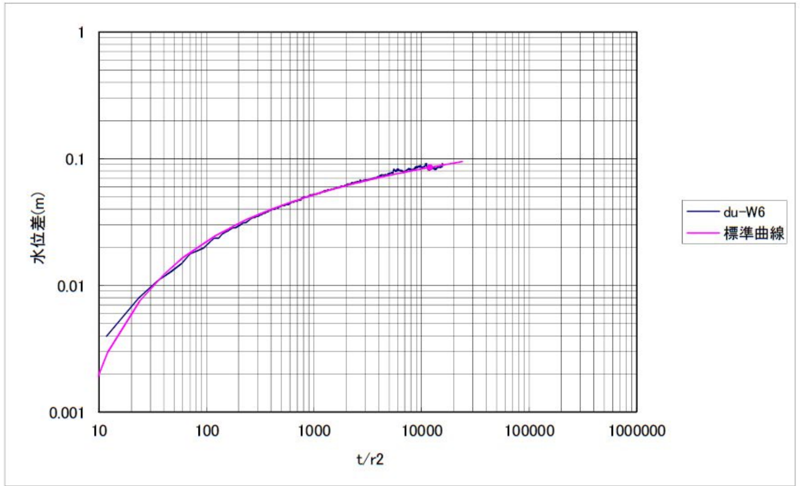
揚水試験解析結果(s−log(t/r²)プロットによる直線勾配法)

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 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^3/s	
	直線部分の傾き	a	3.42E−02 m		
	透水量係数	T	9.46E−04 m^2/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		



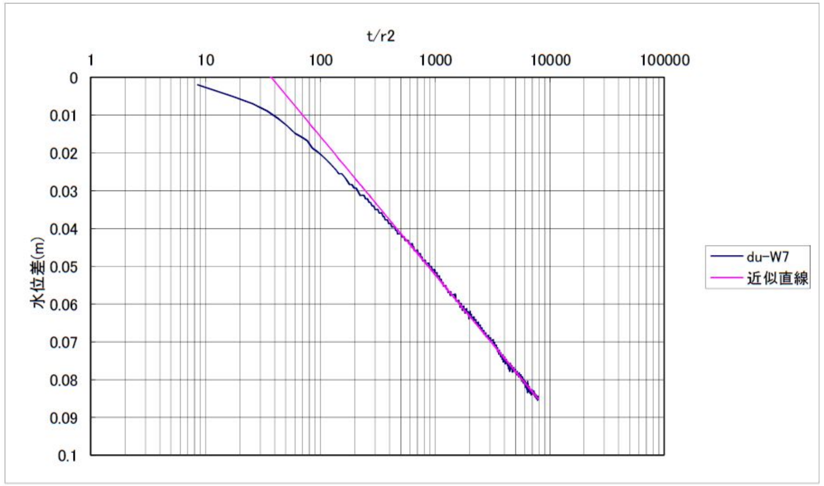
揚水試験解析結果(標準曲線法)

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 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^3/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^2/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^2		
	貯留係数	S	5.00E−02		



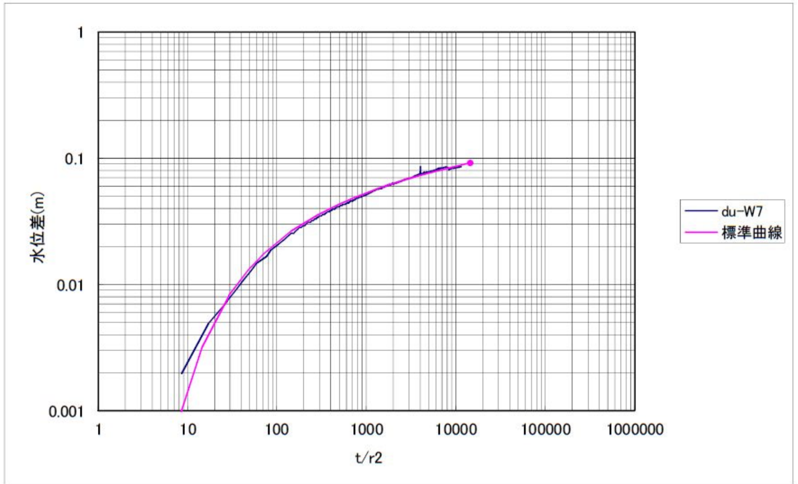
揚水試験解析結果(s−log(t/r^2)プロットによる直線勾配法)

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−	3.03 m 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^3/s	
	直線部分の傾き	a	3.66E−02 m		
	透水量係数	T	8.83E−04 m^2/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		



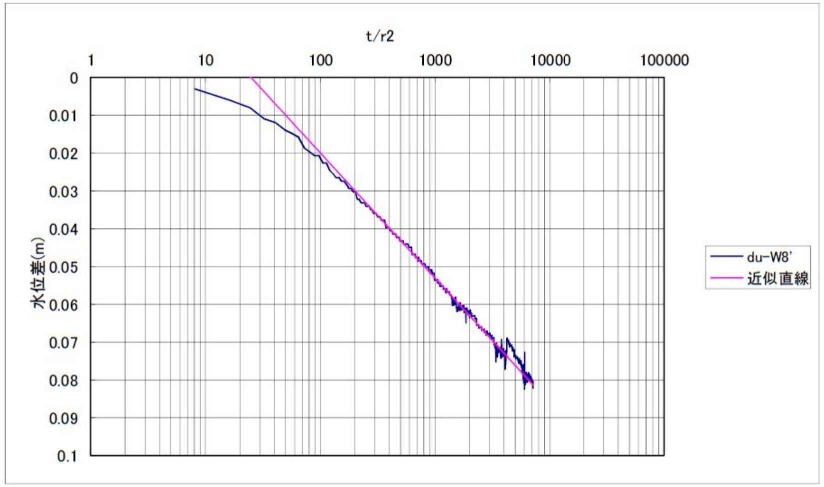
揚水試験解析結果(標準曲線法)

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−	3.03 m 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^3/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^2/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^2		
	貯留係数	S	5.62E−02		



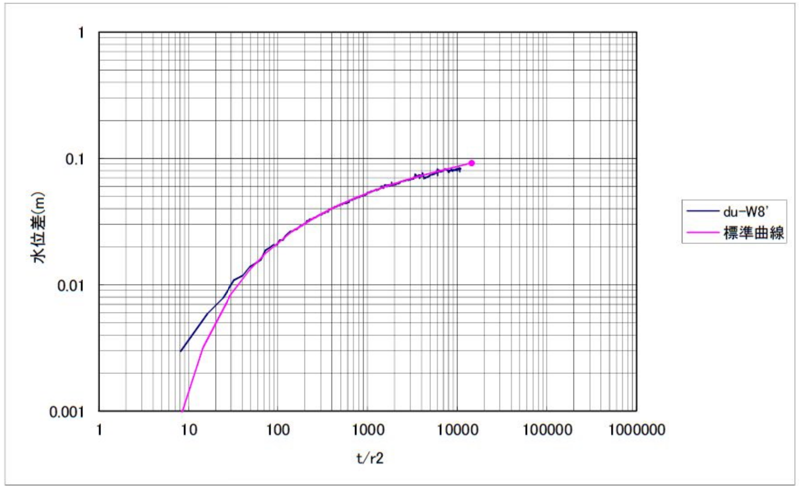
揚水試験解析結果(s−log(t/r²)プロットによる直線勾配法)

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 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^3/s
	直線部分の傾き	a	3.31E−02 m	
	透水量係数	T	9.77E−04 m^2/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	



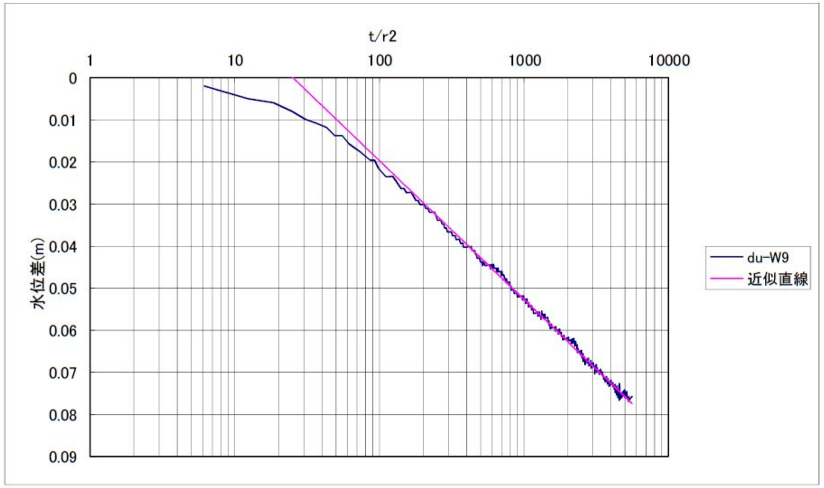
揚水試験解析結果(標準曲線法)

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 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^3/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^2/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^2	
	貯留係数	S	5.62E−02	



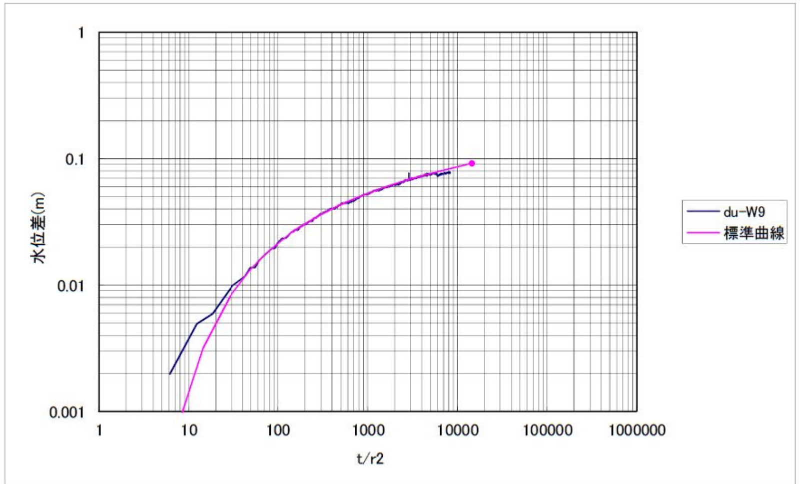
揚水試験解析結果(s−log(t/r²)プロットによる直線勾配法)

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 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^3/s
	直線部分の傾き	a	3.30E−02 m	
	透水量係数	T	9.80E−04 m^2/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	$(t/r^2)_{s=0}$	25.2	
	貯留係数	S	5.56E−02	



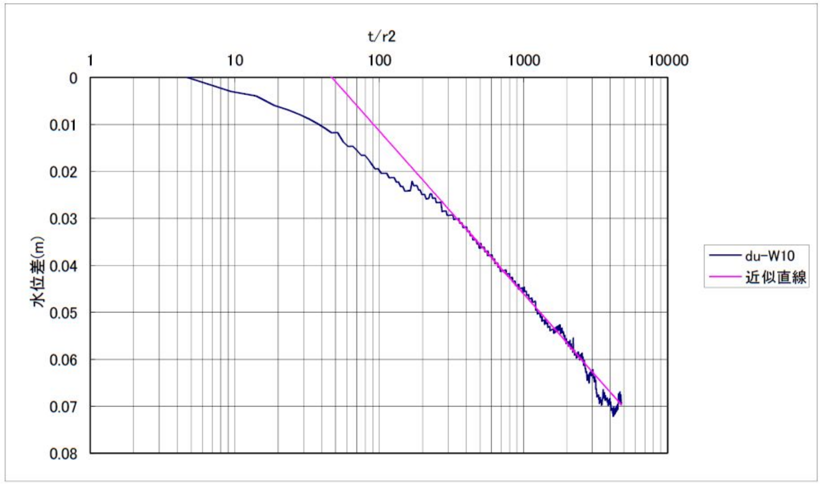
揚水試験解析結果(標準曲線法)

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 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^3/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^2/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^2	
	貯留係数	S	5.62E−02	



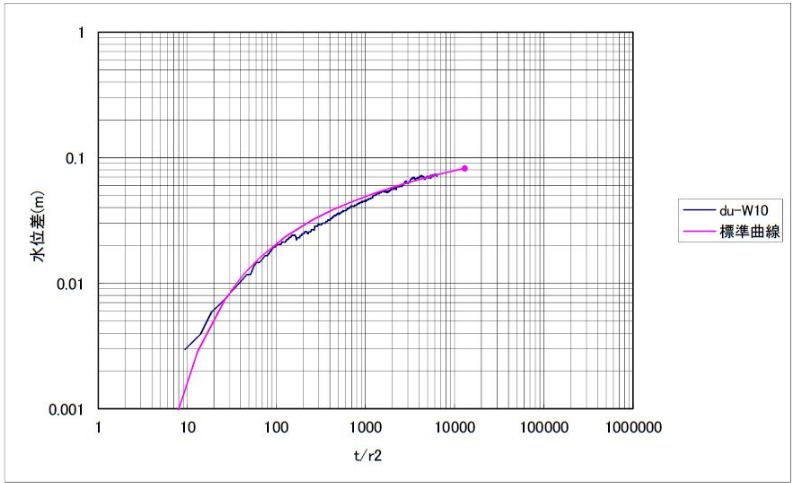
揚水試験解析結果(s−log(t/r²)プロットによる直線勾配法)

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	管頭=GL+ 0.277 m
試験条件				
	揚水量	Qp	10.6 l/min =	1.77E−04 m^3/s
	直線部分の傾き	a	3.47E−02 m	
	透水量係数	T	9.31E−04 m^2/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	$(t/r^2)_{s=0}$	47.1	
	貯留係数	S	9.88E−02	



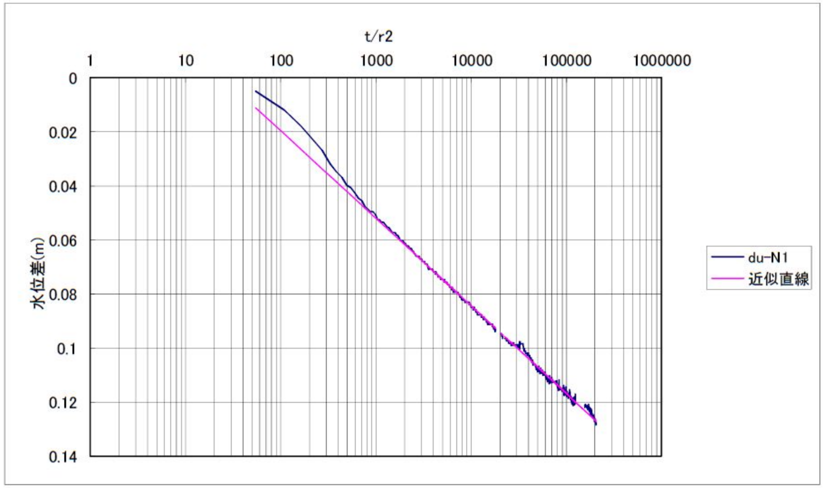
揚水試験解析結果(標準曲線法)

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	管頭=GL+ 0.277 m
試験条件				
	揚水量	Qp	10.6 l/min =	1.77E−04 m^3/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^2/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^2	
	貯留係数	S	5.62E−02	



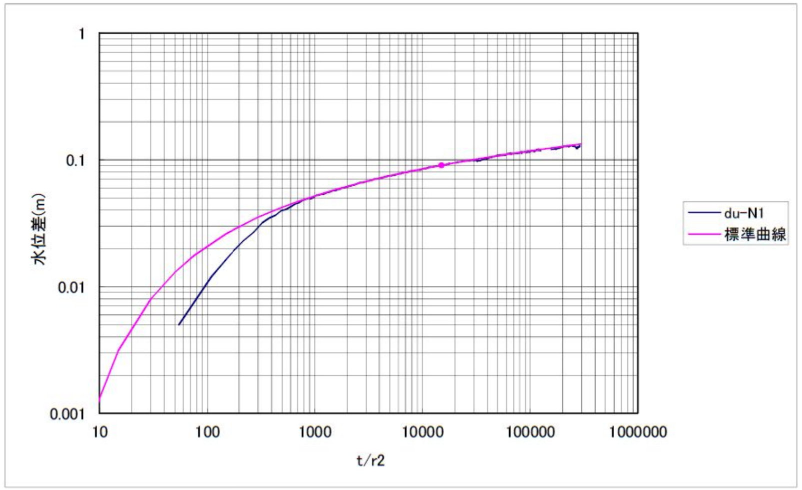
揚水試験解析結果(s−log(t/r^2)プロットによる直線勾配法)

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	管頭=GL+	0.277 m
試験条件					
	揚水量	Qp	10.6 l/min =	1.77E−04 m^3/s	
	直線部分の傾き	a	3.24E−02 m		
	透水量係数	T	9.98E−04 m^2/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		



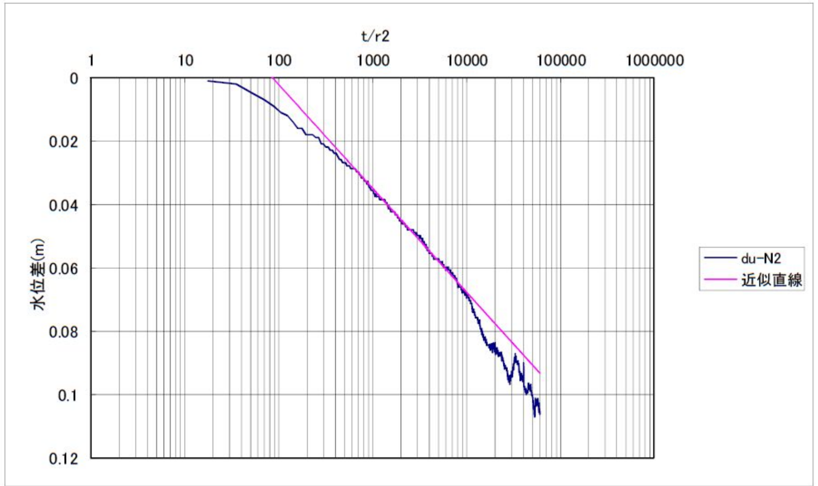
揚水試験解析結果(標準曲線法)

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	管頭=GL+	0.277 m
試験条件					
	揚水量	Qp	10.6 l/min =	1.77E−04 m^3/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^2/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^2		
	貯留係数	S	5.90E−02		



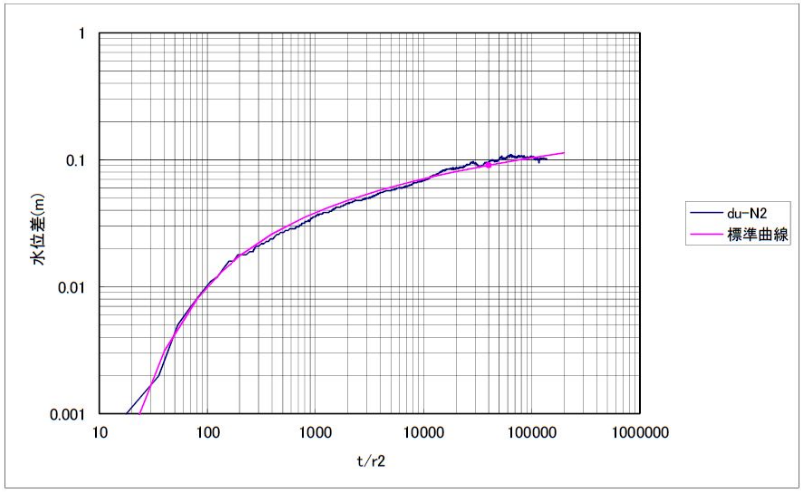
揚水試験解析結果(s-log(t/r²)プロットによる直線勾配法)

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	管頭=GL+ 0.277 m
試験条件				
	揚水量	Qp	10.6 l/min =	1.77E-04 m^3/s
	直線部分の傾き	a	3.28E-02 m	
	透水量係数	T	9.87E-04 m^2/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	



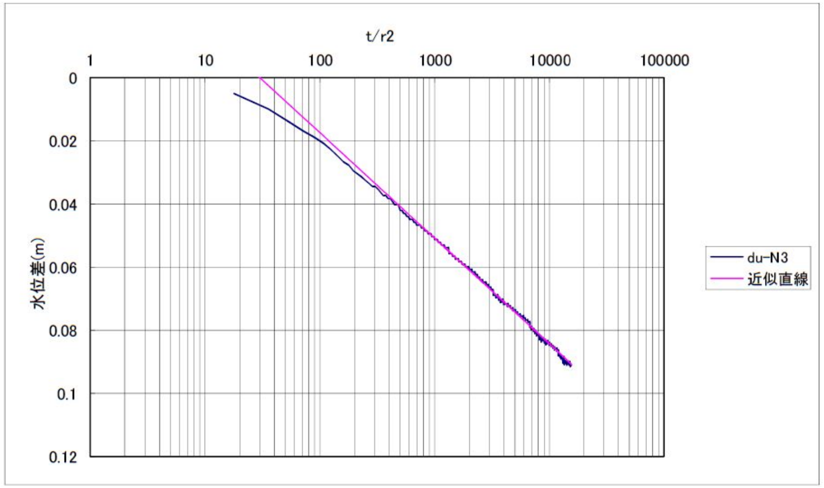
揚水試験解析結果(標準曲線法)

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	管頭=GL+ 0.277 m
試験条件				
	揚水量	Qp	10.6 l/min =	1.77E-04 m^3/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^2/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^2	
	貯留係数	S	1.57E-01	



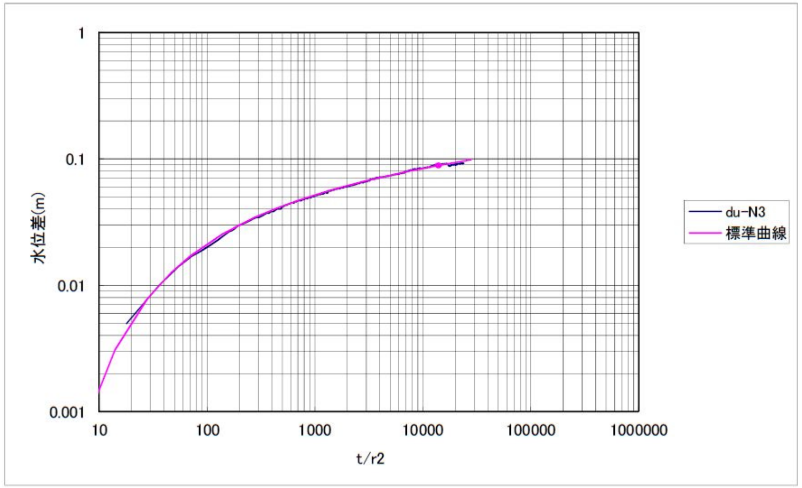
揚水試験解析結果(s-log(t/r^2)プロットによる直線勾配法)

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-	3.03 m 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^3/s	
	直線部分の傾き	a	3.34E-02 m		
	透水量係数	T	9.67E-04 m^2/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	$(t/r^2)_{s=0}$	30.1		
	貯留係数	S	6.56E-02		



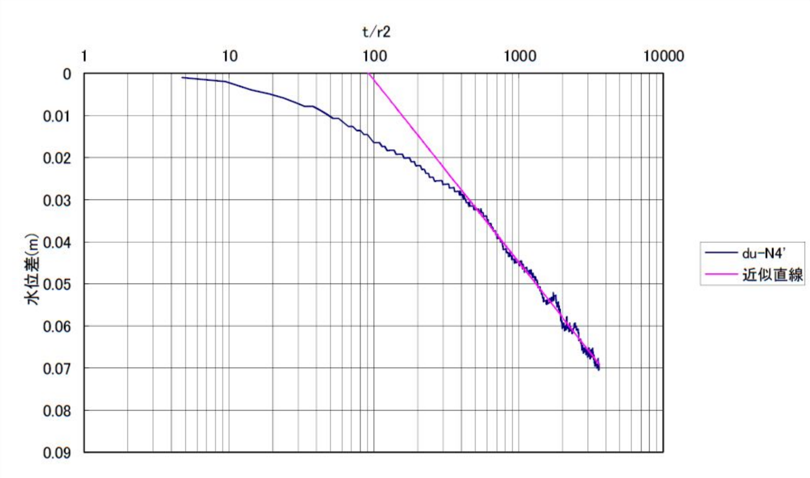
揚水試験解析結果(標準曲線法)

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-	3.03 m 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^3/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^2/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^2		
	貯留係数	S	5.62E-02		



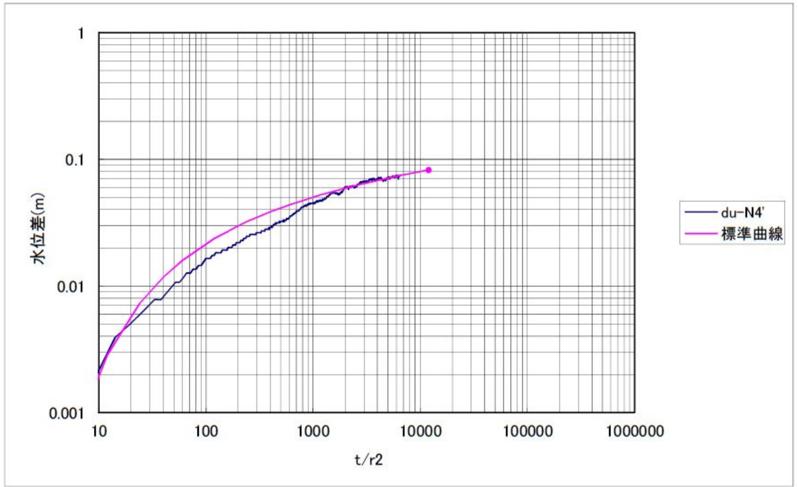
揚水試験解析結果(s−log(t/r^2)プロットによる直線勾配法)

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 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^3/s	
	直線部分の傾き	a	4.33E−02 m		
	透水量係数	T	7.46E−04 m^2/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 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^3/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^2/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^2		
	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）

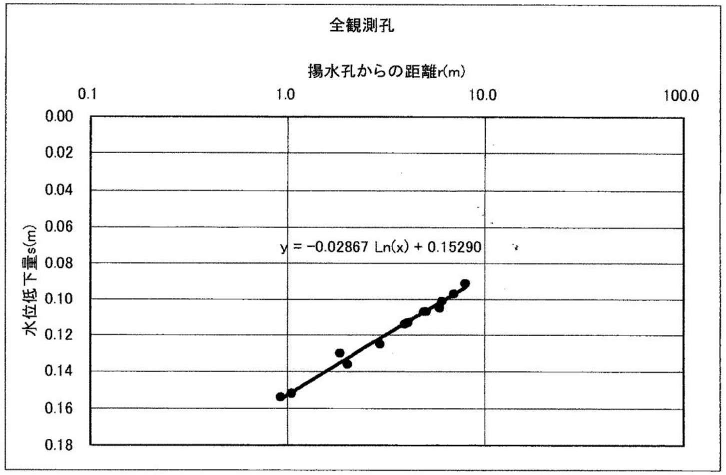
帯水層厚　2.997 m

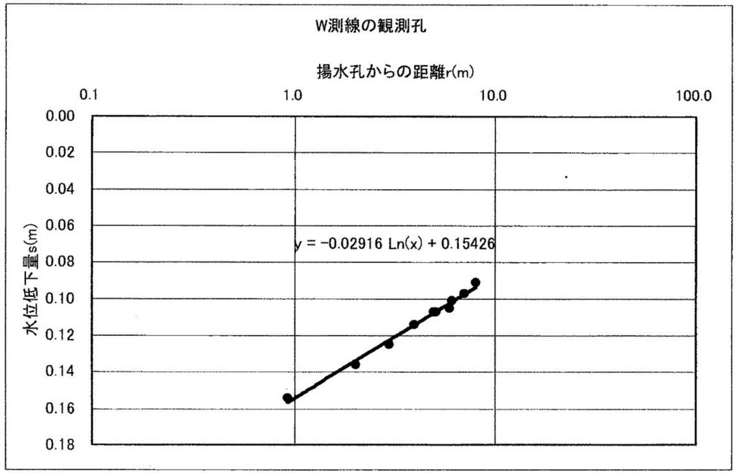
揚水量　10.6 l/min =　1.77E−04 m^3/s

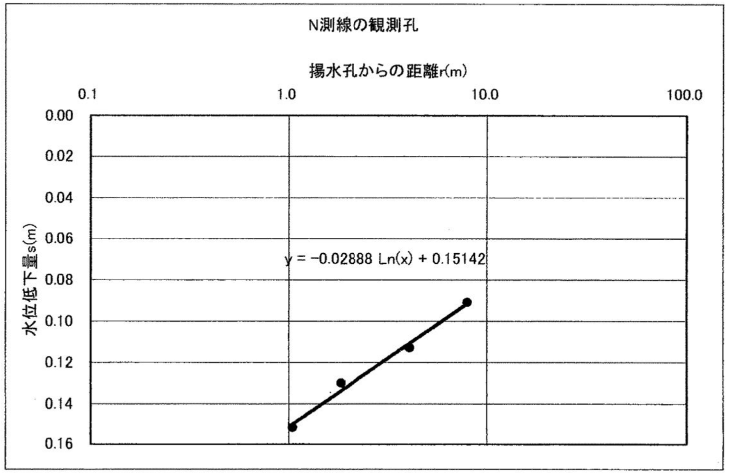
観測点		全孔	W測線	N測線
s−logrグラフの勾配(m)		0.06602	0.06714	0.06650
透水量係数(m^2/s)		9.80E−04	9.63E−04	9.73E−04
透水係数	(m/s)	3.27E−04	3.21E−04	3.24E−04
	(cm/s)	3.27E−02	3.21E−02	3.24E−02
影響半径R(m)		207.1	198.4	189.3

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







以上

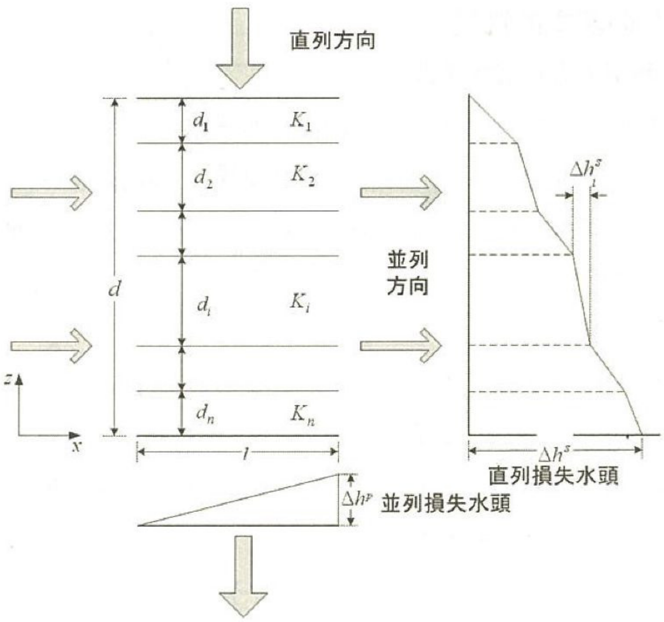
地下水流動解析における等価透水係数の設定について

1　Ｄ２層及びＤ１層の等価透水係数の設定方法

Ｄ２層及びＤ１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第１−１図に示す。



水平方向の透水係数

$$K_x = \sum_{i=1}^{n} \frac{K_i d_i}{d}$$

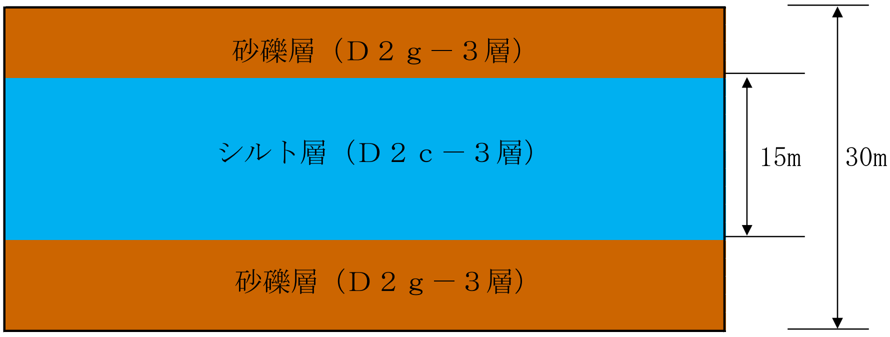
鉛直方向の透水係数

$$K_z = \frac{d}{\sum_{i=1}^{n} \frac{d_i}{K_i}}$$

第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 (1)

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第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第2−1表に示す。



第2−1図　Ｄ２層の互層のイメージ図

第2−1表　単孔式透水試験結果（Ｄ２層）

土質区分	孔番	透水係数（cm/s）		算術平均値
		回復法	注入法	
Ｄ２ｇ－３	C−7−1	1.87×10^{-2}	2.48×10^{-2}	2.18×10^{-2}
Ｄ２ｃ－３	b	8.8×10^{-6}	−	1.4×10^{-4}
	c	1.0×10^{-4}	−	
	d	6.5×10^{-4}	−	
	C−5	6.7×10^{-4}	−	
対数平均値		1.4×10^{-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＝1.09×10^{-2}（cm/s）となる。

$$K_x=\sum_{i=1}^{n}\frac{K_i d_i}{d}$$

$$K_x=\frac{\left(2.18\times10^{-4}\right)\times15+\left(1.4\times10^{-6}\right)\times15}{30}$$

$$=1.09\times10^{-4}\ (\mathrm{m/s})$$

$$=1.09\times10^{-2}\ (\mathrm{cm/s})$$

（２）鉛直方向

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

$$K_Z=\frac{d}{\sum_{i=1}^{n}\frac{d_i}{K_i}}$$

$$K_Z=\frac{30}{\frac{15}{2.18\times10^{-4}}+\frac{15}{1.4\times10^{-6}}}$$

$$=2.78\times10^{-6}\ (\mathrm{m/s})$$

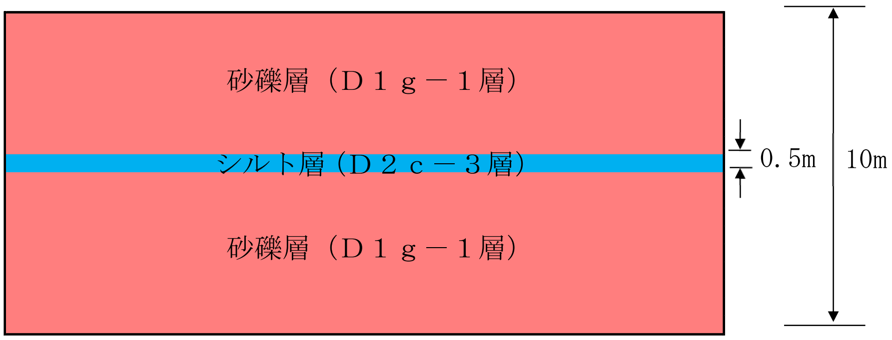
$$=2.78\times10^{-4}\ (\mathrm{cm/s})$$

3　Ｄ１層

Ｄ１層の互層のイメージ図を第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第3－1表に示す。



第3－1図　Ｄ１層の互層のイメージ図

第3－1表　単孔式透水試験結果（Ｄ１層）

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

（１）水平方向

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

$$K_x=\sum_{i=1}^{n}\frac{K_i d_i}{d}$$

$$K_x=\frac{\left(1.18\times10^{-5}\right)\times9.5+\left(1.4\times10^{-6}\right)\times0.5}{10}$$

$$=1.13\times10^{-5}\ (\mathrm{m/s})$$

$$=1.13\times10^{-3}\ (\mathrm{cm/s})$$

（２）鉛直方向

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

$$K_Z=\frac{d}{\sum_{i=1}^{n}\frac{d_i}{K_i}}$$

$$K_Z=\frac{10}{\frac{9.5}{1.18\times10^{-5}}+\frac{0.5}{1.4\times10^{-6}}}$$

$$=8.60\times10^{-6}\ (\mathrm{m/s})$$

$$=8.60\times10^{-4}\ (\mathrm{cm/s})$$

４　参考文献

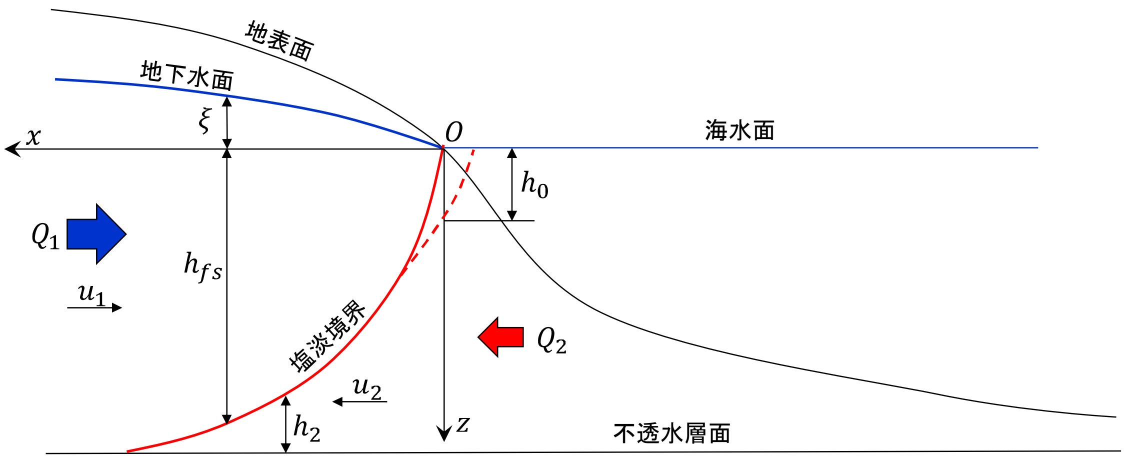
(1)　藤縄克之：環境地下水学，共立出版

以上

不圧地下水の定常状態においての塩淡境界の密度流理論式[1]

1　不圧地下水の定常状態においての塩淡境界の密度流理論式

海岸部における塩淡境界模式図を第1－1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（1.1）及び式（1.2）のように示される。



第1－1図　海岸部における塩淡境界模式図

$$u_1 = \frac{Q_1}{(h_{fs}+\xi)} = -\kappa\frac{d\xi}{dx} \qquad \text{式（1.1）}$$

$$u_2 = \frac{Q_2}{h_2} = -\kappa\left\{(1-\varepsilon)\frac{d\xi}{dx} + \varepsilon\frac{dh_2}{dx}\right\} \qquad \text{式（1.2）}$$

ここで，κ 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(1.2)の微小項を省略すると式(1.3)のように書き換えることができる。

$$\xi = \varepsilon h_{fs} \qquad \text{式（1.3）}$$

式（1.3）を式（1.1）に代入し，境界条件$x=0$，$\xi=0$（$h_{fs}=0$）で積分すると塩淡境界面形状は以下のように示される。

$$h_{fs} = \sqrt{\frac{2Q_1 \cdot x}{\kappa \cdot \varepsilon(1+\varepsilon)}} \qquad \text{式（1.4）}$$

しかし，式（1.4）は陸側の地下水と海水面が交差する部分では$x=0$で$h_{fs}=0$なり，水平流速成分u_1が無限大となる矛盾が生じる。実際の流れでは第１－１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υとすると連続の式より，

$$\upsilon = \int_{-\xi}^{z} \frac{\partial}{\partial x}\left\{\frac{Q_1}{h_{fs}(1+\varepsilon)}\right\} dz = -\frac{Q_1^2(1+\varepsilon)}{\kappa \cdot \varepsilon}\frac{(z+\xi)}{\left(h_{fs}+\xi\right)^3} \qquad \text{式（1.5）}$$

で示される。式（1.5）と鉛直方向のダルシー法則から鉛直流速成分υ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。

$$h_0 = \frac{Q_1}{\kappa \cdot \varepsilon}\sqrt{\frac{1+\varepsilon}{2}} \qquad \text{式（1.6）}$$

また，h_0の存在を考慮すれば塩淡境界面形状は式（1.7）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。

$$h_{fs} = \sqrt{\frac{2Q_1 \cdot x}{\kappa \cdot \varepsilon(1+\varepsilon)} + \frac{Q_1^2}{(\kappa \cdot \varepsilon)^2} \cdot \frac{(1+\varepsilon)}{2}} \qquad \text{式（1.7）}$$

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

以上

東海第二発電所原子炉建屋周りの地下水位コンターについて

1　はじめに

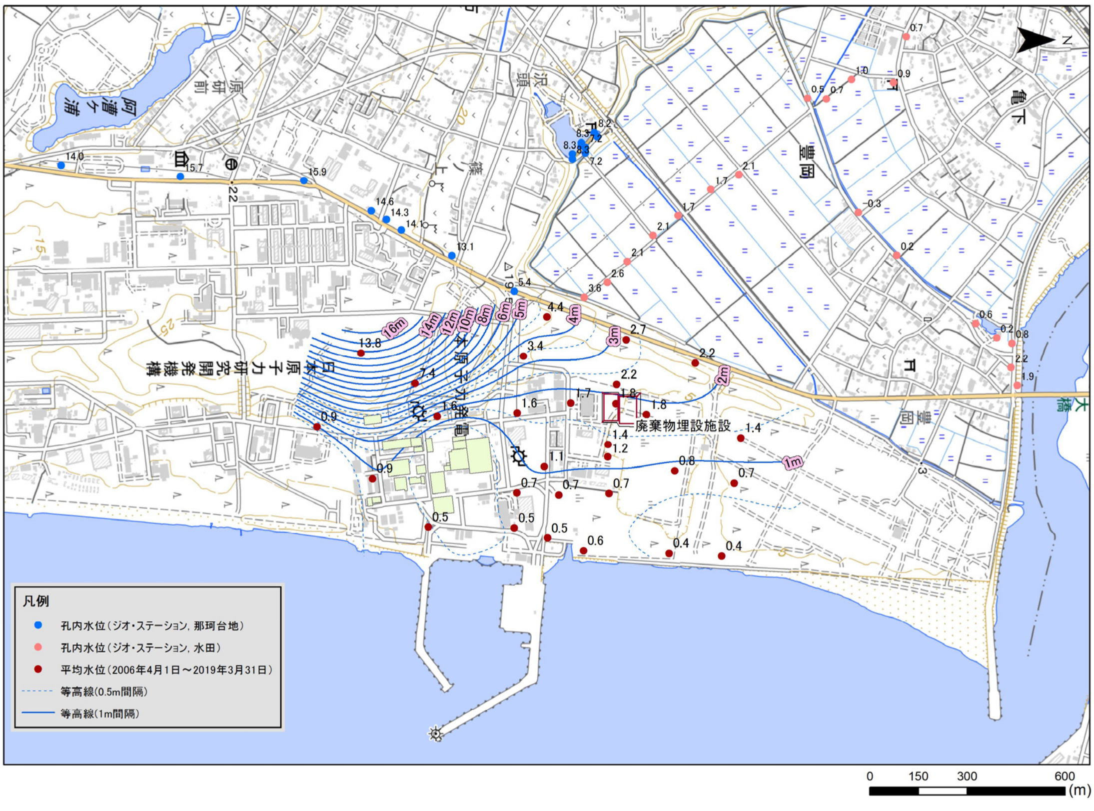
敷地及び敷地近傍の地下水位図における東海第二発電所原子炉建屋周りの地下水位コンターの形状について考察する。

2　原子炉周りの地下水位コンターに関する考察

（１）前回ヒアリングで示した敷地及び敷地近傍の地下水位コンターについて

前回のヒアリング（2020 年 11 月 27 日）で示した敷地及び敷地近傍の地下水位コンターを第 2－1 図に示す。

本コンターは，地下水観測データが少ない範囲について当該位置周辺の地下水の勾配を参考にしてコンターを作成するソフトを使用している。



（背景：地理院タイル）

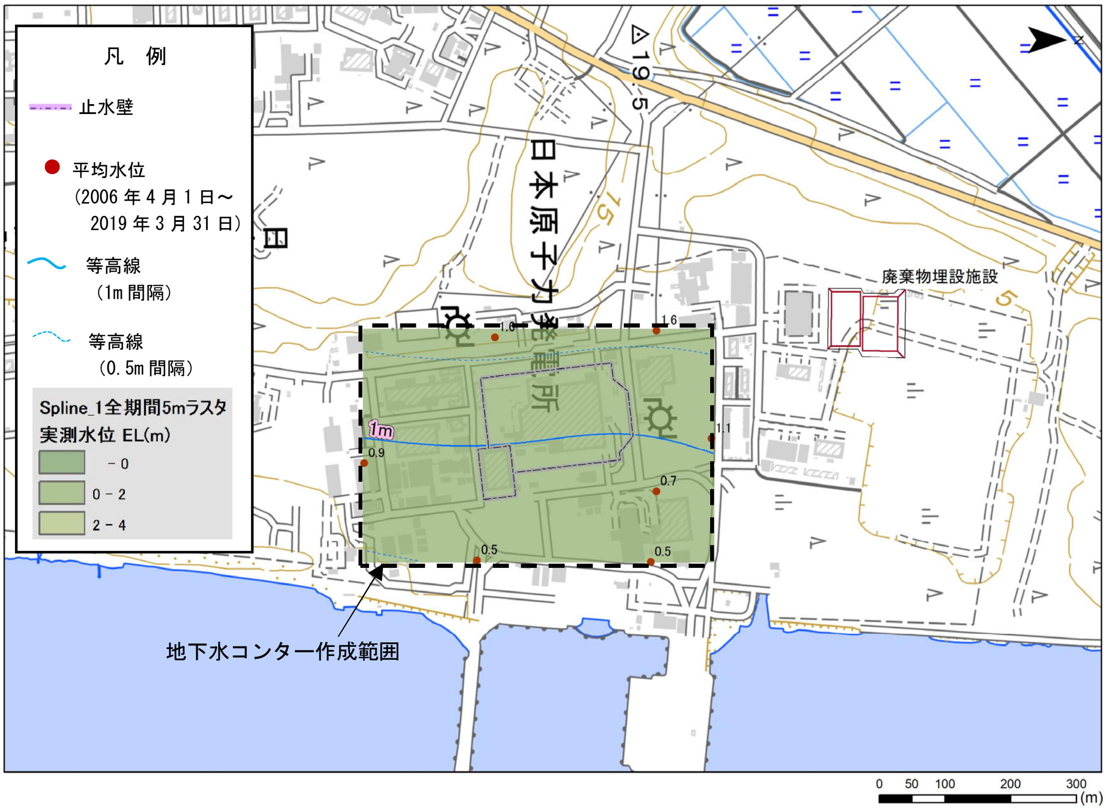
第 2－1 図　前回ヒアリングで示した敷地及び敷地近傍の地下水位コンター

（２）原子炉建屋周りの地下水位コンターに関する考察

第2－1図の敷地及び敷地近傍の地下水位コンターについては，（1）で記載したように地下水観測データが少ない範囲について当該位置周辺の地下水の勾配を参考にしてコンターを作成するソフトを使用していることから，地下水位観測孔が比較的少ない原子炉建屋付近のコンターはその西側の地下水位の急勾配を参考にして作成されている。

そこで，原子炉建屋西側の地下水位の急勾配の影響を確認するため，原子炉建屋周りの数箇所のみの地下水位観測結果を用いて地下水位コンターを作成したところ，第2－2図に示すとおり水位1ｍの地下水位コンターはおおむね海岸線と平行な形状となった。

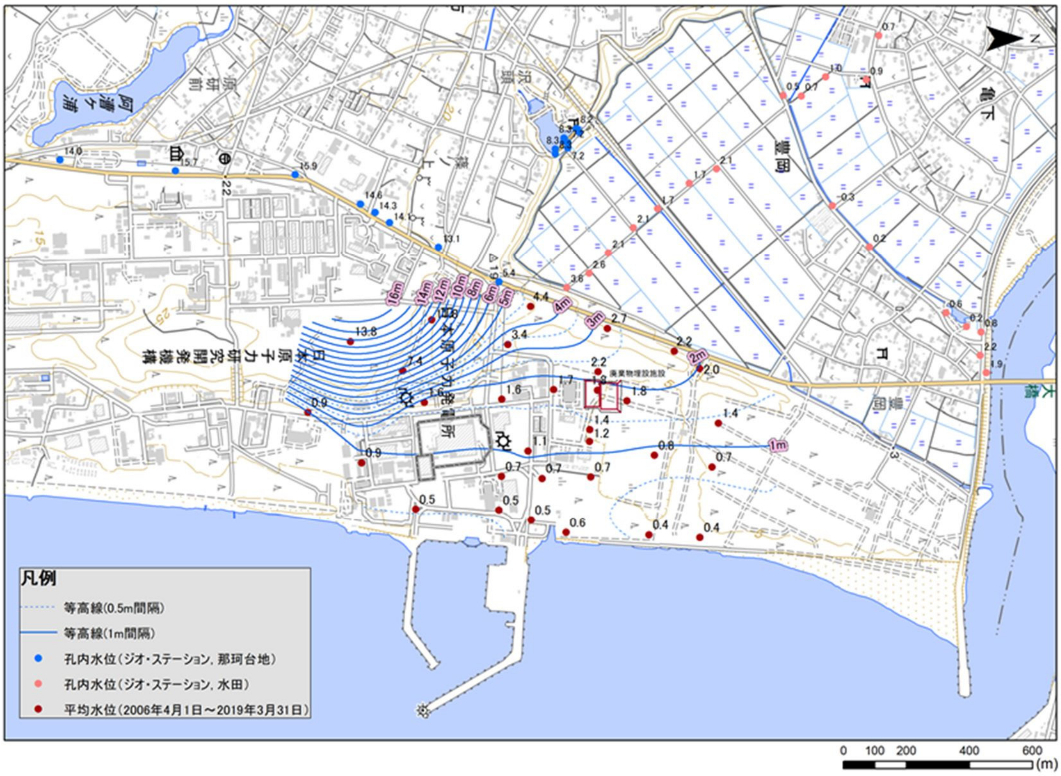
以上を踏まえ，敷地及び敷地近傍の地下水位の観測結果に基づくコンターについては，第2－3図に示す地下水位コンターが適切であると考えられる。



（背景：地理院タイル）

※東海第二発電所原子炉建屋周りの止水壁内の地下水位については，
止水壁及び止水壁内の排水を考慮せず記載

第2－2図　原子炉建屋周りの地下水位観測結果による地下水位コンター



（背景：地理院タイル）

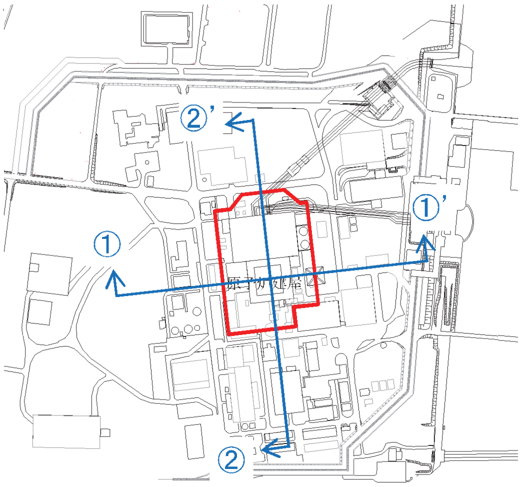
※東海第二発電所原子炉建屋周りの止水壁内の地下水位については，
止水壁及び止水壁内の排水を考慮せず記載

第2－3図　敷地及び敷地近傍の地下水位コンター

（3）原子炉建屋周りの止水壁内の排水の影響について

原子炉建屋周りには第2－4図に示す止水壁（岩盤に根入れした鉄筋コンクリートの連壁）を設置しており，止水壁内については排水設備により地下水位はおおむねT.P.－15mを維持している。

一方，本検討においては，敷地内の全体の地下水位や地下水流動の傾向を評価することが目的であり，また，止水壁内の排水については，止水壁が岩盤まで根入れされており，止水壁外の地下水位への影響はないと考えられることから，敷地及び敷地近傍の地下水位コンターの作成にあたっては，止水壁及び止水壁内の排水を考慮せず記載している。

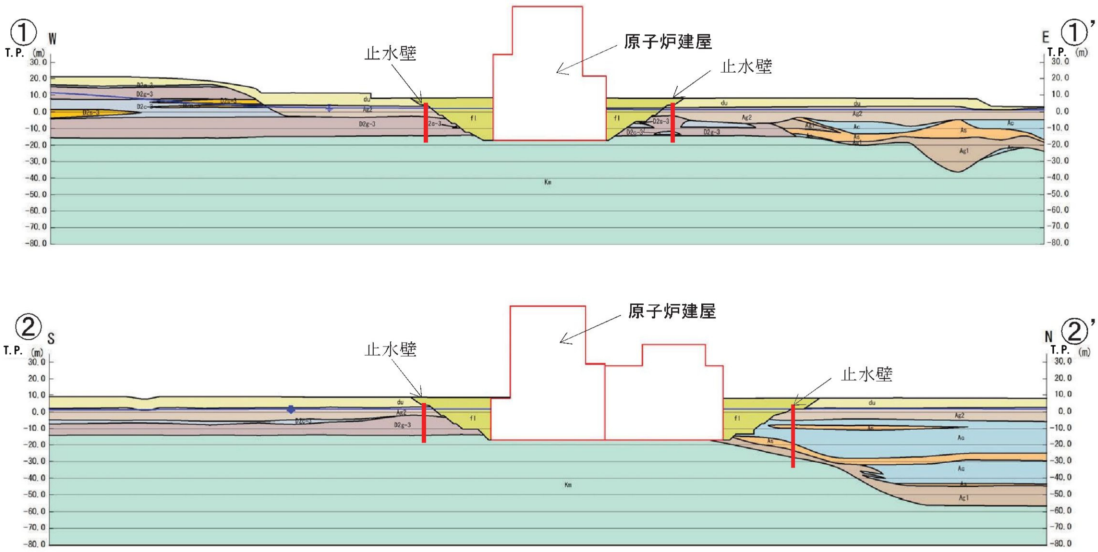


地質構成表

地質時代		地質区分		記号	岩相
第四紀	完新世	砂丘砂層		du	砂
		沖積層	al	Ag2	砂礫
				Ac	粘土
				As	砂
				Ag1	砂礫
	更新世	段丘堆積物	D2	D2c-3	シルト
				D2s-3	砂
				D2g-3	砂礫
				D2c-2	シルト
				D2g-2	砂礫
			D1	lm	ローム
				D1c-1	シルト
				D1g-1	砂礫
新第三紀	鮮新世	久米層		Km	砂質泥岩

〰〰〰 不整合

※flは埋戻土



第２－４図　原子炉建屋周りの止水壁の設置位置図

以上

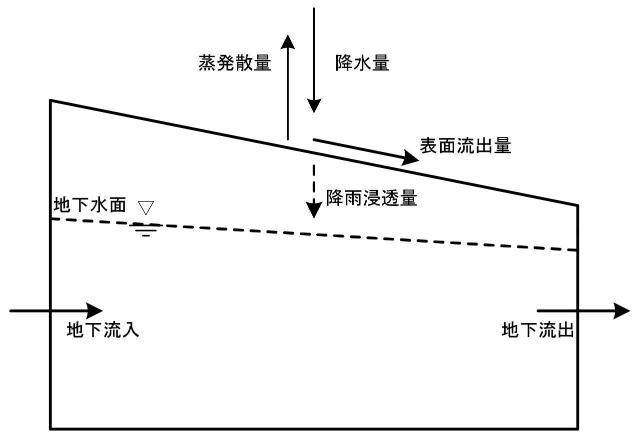
地下水流動解析における降雨浸透率の設定について

1　はじめに

降雨浸透率とは，降雨量のうち地盤に浸透する量（降雨浸透量）の割合を言い，下記の式で求められる。

降雨浸透率＝降雨浸透量／降雨量

降雨量は第1－1図に示す水収支概念図のとおり，蒸発散量，表面流出量及び降雨浸透量に区分される。



第1－1図　水収支概念図

以上より，敷地近傍における降水量，蒸発散量及び表面流出量について検討し，それらを基に降雨浸透率を求めた。

2　降雨浸透率の設定

2．1　降雨浸透量の計算

（1）降水量

現況再現解析において再現する観測水位は，2006 年 4 月 1 日～2019 年 3 月 31 日の 13 年間の平均値であることから，降水量は第 2－1 表に示す水戸地方気象台 2006 年 4 月～2019 年 3 月の平均降水量から 1,386mm とした。

第 2－1 表　平均降水量（水戸地方気象台）

期間	合計降水量 (mm)
2006年4月　～　2007年3月	1,629.5
2007年4月　～　2008年3月	1,343.5
2008年4月　～　2009年3月	1,311.0
2009年4月　～　2010年3月	1,414.5
2010年4月　～　2011年3月	1,490.0
2011年4月　～　2012年3月	1,584.5
2012年4月　～　2013年3月	1,370.5
2013年4月　～　2014年3月	1,492.5
2014年4月　～　2015年3月	1,393.0
2015年4月　～　2016年3月	1,148.0
2016年4月　～　2017年3月	1,395.0
2017年4月　～　2018年3月	1,254.5
2018年4月　～　2019年3月	1,188.0
平均	1,385.7

（2）蒸発散量

蒸発散量の推定は，代表的な蒸発散量の推定法であるソーンスウェイト法を用いた。本方法は，ソーンスウェイト式に，観測所における月平均気温及び日照時間と日照率から算出した可照時間を代入して可能蒸発散量を算出するものである。

可能蒸発散量は植物で完全に覆われた地表面に十分に水を供給した時の蒸発散量であり，実際の蒸発散量は実際の地表面（土地利用や植生分布等）における経験的係数を可能蒸発散量に乗じて算出されることが多く，日本における係数は 0.6～0.7 を用いることが多い。

本検討では，ソーンスウェイト式で算出された平均の可能蒸発散量に，経験的係数の 0.6 を乗じた蒸発散量より蒸発散率を 35%に設定した。

蒸発散量の算出を第 2－2 表に示す。

・ソーンスウェイト式[1]

$$E_p = 0.533D_0\left(10t_j/J\right)^a$$

$$a = 6.75 \times 10^{-7}J^3 - 7.71 \times 10^{-5}J^2 + 0.01792J + 0.49239$$

$$J = \sum_{J=1}^{12}\left(t_j/5\right)^{1.514}$$

ここに，E_p：j 月の日平均蒸発散量（mm／日）

D_o：可照時間（12 時間／日を 1 とする）

t_j：j 月の月平均気温（℃）

a，J：気温に関する関数

第 2－2 表　蒸発散量の算出

期間	合計降水量（mm）	可能蒸発散量（mm）	蒸発散量（mm）
2006年4月　～　2007年3月	1，629.5	771.8	463.1
2007年4月　～　2008年3月	1，343.5	773.5	464.1
2008年4月　～　2009年3月	1，311.0	762.5	457.5
2009年4月　～　2010年3月	1，414.5	767.4	460.5
2010年4月　～　2011年3月	1，490.0	801.7	481.0
2011年4月　～　2012年3月	1，584.5	784.7	470.8
2012年4月　～　2013年3月	1，370.5	790.0	474.0
2013年4月　～　2014年3月	1，492.5	779.4	467.6
2014年4月　～　2015年3月	1，393.0	784.7	470.8
2015年4月　～　2016年3月	1，148.0	806.3	483.8
2016年4月　～　2017年3月	1，395.0	800.5	480.3
2017年4月　～　2018年3月	1，254.5	792.4	475.5
2018年4月　～　2019年3月	1，188.0	839.9	504.0
平均	1，385.7	788.8	473.3

（３）表面流出量

表面流出量は，降水量に流出係数を乗じて算出することができる。流出係数については土地利用形態により設定することが一般的であり，文献においてその値が示されている。

本検討における流出係数は，文献を踏まえて，森林については土木学会（2004）[2]より 0.20，その他の土地については，物部（1933）[3]及び日本下水道協会（2009）[4]より 0.50 と設定した。

流出係数の設定を第 2－3 表に示す。また，この流出係数を用いて算出した表面流出量を第 2－4 表に示す。

第 2－3 表　流出係数の設定

<table>
<tr><th>土地の分類</th><th>土地の利用形態</th><th>流出係数（文献値）</th><th>流出係数（設定値）</th></tr>
<tr><td>森林</td><td>林地，耕地，原野その他ローラーその他これに類する建設機械を用いて締め固められていない土地</td><td>0.20</td><td>0.20</td></tr>
<tr><td rowspan="2">その他</td><td>平らな耕地</td><td>0.45～0.60</td><td rowspan="2">0.50</td></tr>
<tr><td>住宅公団団地等の中層住宅団地および一戸建て住宅の多い地域</td><td>0.50</td></tr>
</table>

第 2－4 表　表面流出量

土地の分類	降水量（㎜）	流出係数	表面流出量（㎜）
森林	1,385.7	0.20	277.1
その他	1,385.7	0.50	692.9

（４）降雨浸透量

（１）～（３）の結果より降雨浸透量は森林で 635.3㎜，その他の土地で 219.5㎜となる。降雨浸透量を第 2－5 表に示す。

第 2－5 表　降雨浸透量

土地の分類	降水量（㎜）	蒸発散量（㎜）	表面流出量（㎜）	降雨浸透量（㎜）
森林	1,385.7	473.3	277.1	635.3
その他	1,385.7	473.3	692.9	219.5

２．２　降雨浸透率

降雨浸透率は，降雨浸透量及び降雨量から第２−６表のように算出した。降雨浸透率の範囲設定図を第２−１図に示す。

第２−６表　降雨浸透率

土地の分類	降雨浸透量（mm）	降水量（mm）	降雨浸透率（%）	降雨浸透率（設定値）（%）
森林	635.3	1,385.7	45.8	45
その他	219.5	1,385.7	15.8	15

（背景：地理院タイル）

第２−１図　降雨浸透率の範囲設定図

3　参考文献

（1）東京大学出版（2006）：地圏水循環の数理　流域水環境の解析法，東京大学出版
（2）土木学会：流出雨水量の最大値を算定する際に用いる土地利用形態ごとの流出係数を定める告示（平成16年国土交通省告示第521号），土木学会
（3）物部（1933）：物部による日本河川の流出係数
（4）日本下水道協会（2009）：下水道施設計画・設計指針と解説，日本下水道協会

以上

廃棄物埋設施設西側の地形について

1　はじめに

廃棄物埋設施設西側の地形について，より詳細な測量結果による地形図との比較を行う。

2　廃棄物埋設施設西側の地形について

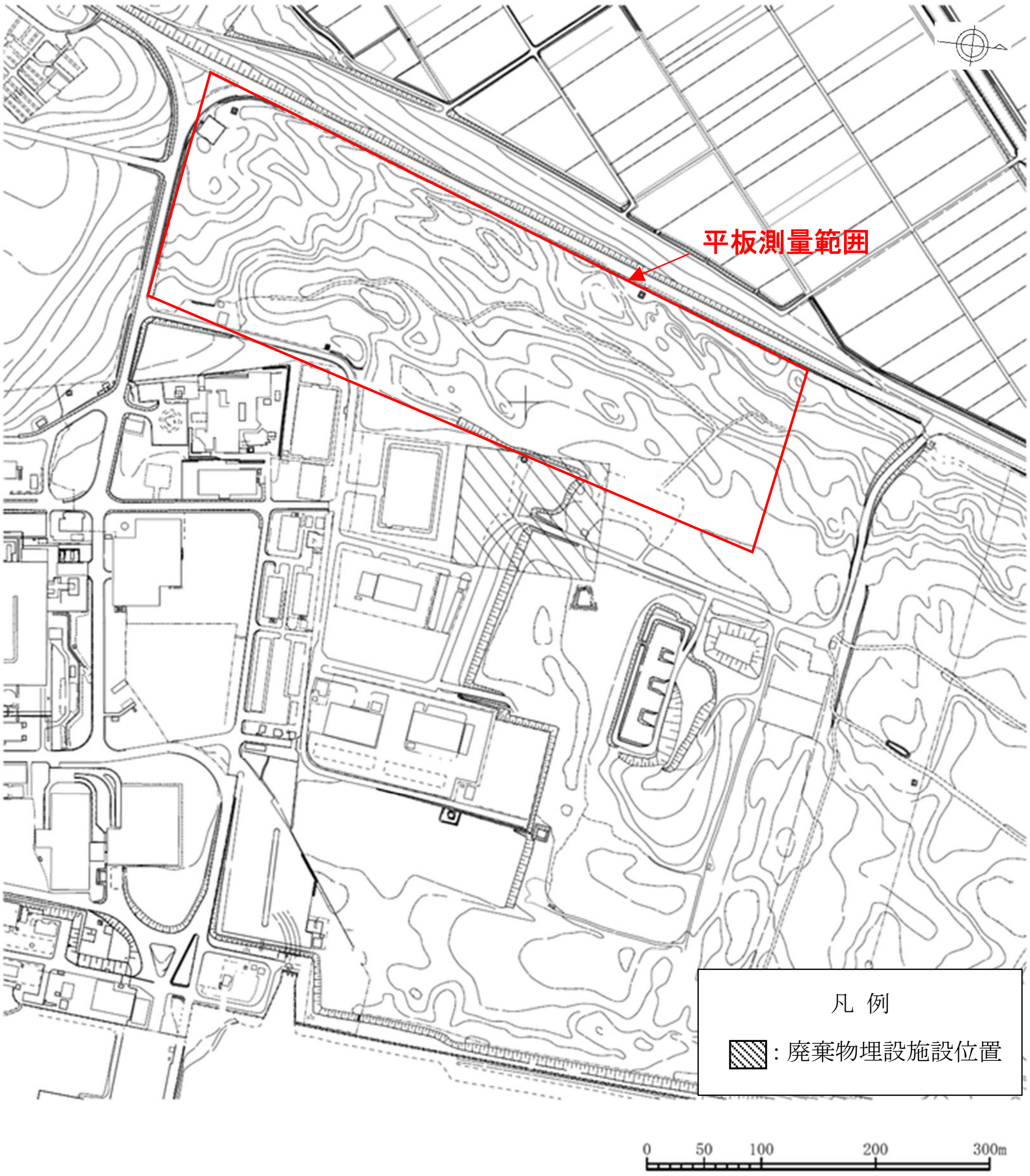
前回のヒアリング（2020 年 11 月 27 日）で示した地形図を第 2－1 図に示す。本地形図は航空測量により得られた地形図である。

本地形図のうち，廃棄物埋設施設の西側の地形について，より詳細な地形を把握するため，平板測量による地形調査を実施した。

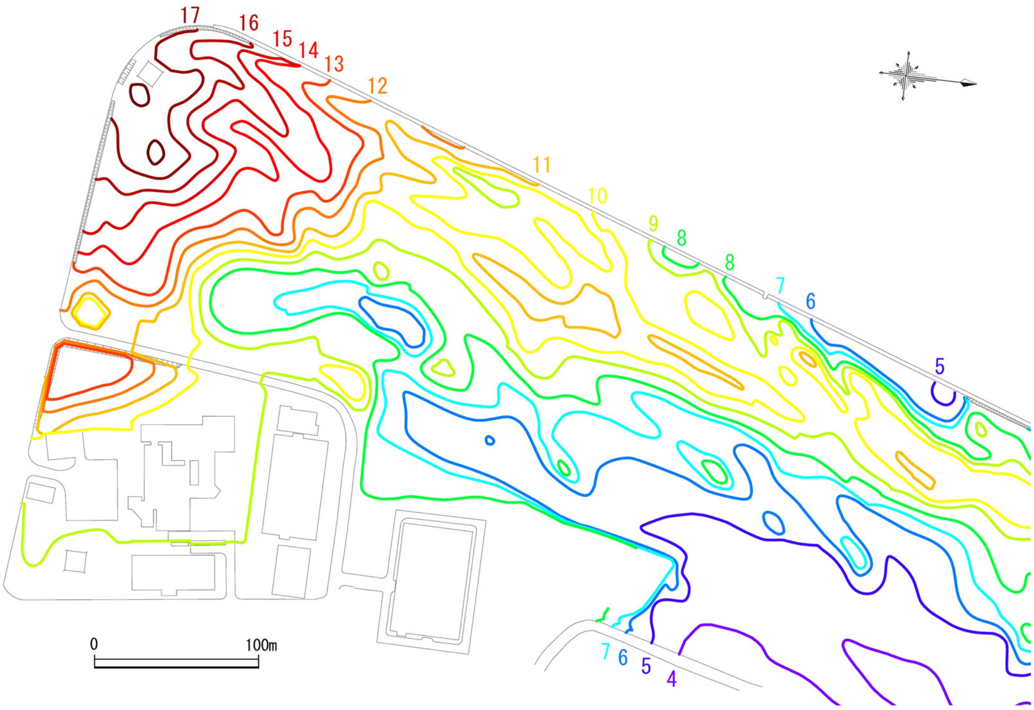
平板測量範囲について，前回ヒアリングで示した地形の等高線を色分けした地形図を第 2－2 図（1）に，平板測量により得られた地形図を第 2－2 図（2）に示す。

両地形図の比較の結果，平板測量の結果と前回ヒアリングで示した地形図に大きな差異は認められず，両地形図ともに T.P. ＋9m を超える高まりが南北方向に連続して分布している。

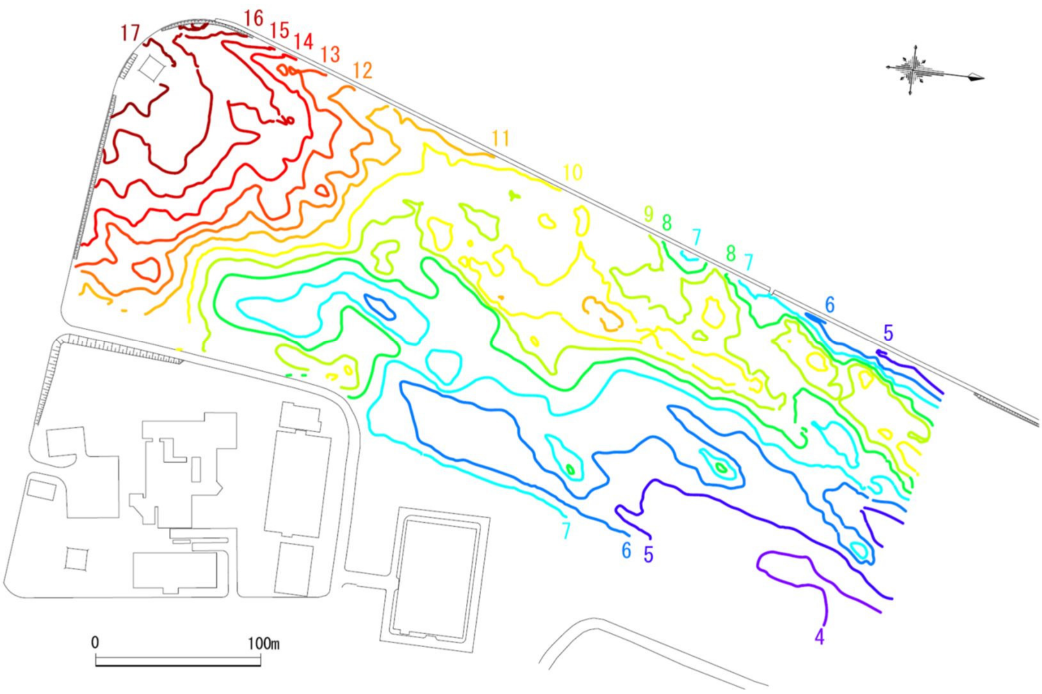
以上のことから，廃棄物埋設施設付近の地下水流動の評価において，前回ヒアリングで示した地形図を用いた検討を行うことに問題はないと判断される。



第２－１図　前回ヒアリングで示した地形図



第2－2図（1）　前回ヒアリングで示した地形の等高線を色分けした地形図
（廃棄物埋設施設西側を拡大）



第2－2図（2）　平板測量結果により得られた地形図

以上

国道4車線化工事に伴う地下水位影響

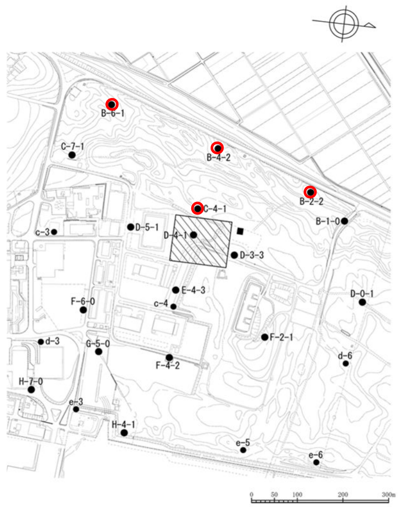
1　はじめに

廃棄物埋設施設西側の国道の4車線化工事（2017年2月9日から2020年2月26日）に伴う地下水位への影響を把握するため，工事期間を含む最新の地下水位データを確認した。

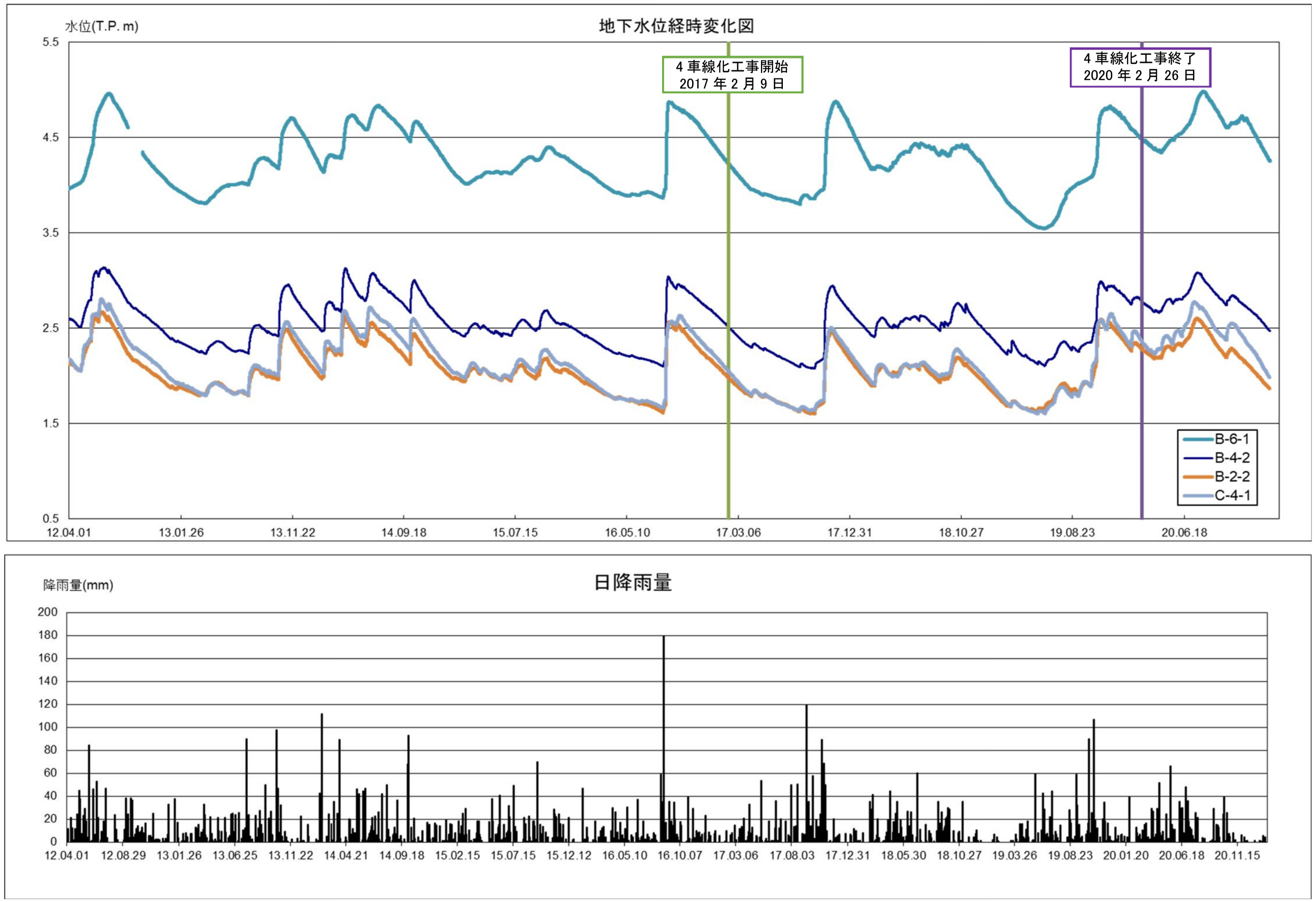
2　国道4車線化工事に伴う地下水位影響について

廃棄物埋設施設西側の国道近傍で実施した観測孔（B－6－1孔，B－4－2孔及びB－2－2孔）及び廃棄物埋設施設設置位置近傍の観測孔（C－4－1孔）の地下水位観測結果を第2－1図に示す。

工事が実施された期間の変動は，それまでの期間の変動と同様の傾向を示しており，また，国道近傍の孔の水位変動が国道から離れたC－4－1孔と同様の水位変動であることから，国道の4車線化工事が国道より東側の地下水位に影響を与えていることはないと考えられる。



地下水観測孔のうち
経時変化を表示した孔



第２－１図　地下水位観測結果

以上

地下水位観測孔の仕様について

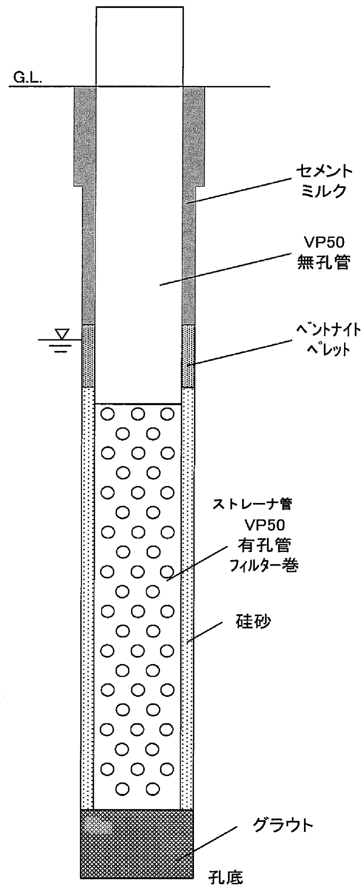
1　はじめに

廃棄物埋設施設位置付近における地下水位の状態を把握するために，敷地内で実施した地下水位観測における，観測孔の仕様について示す。

2　調査方法

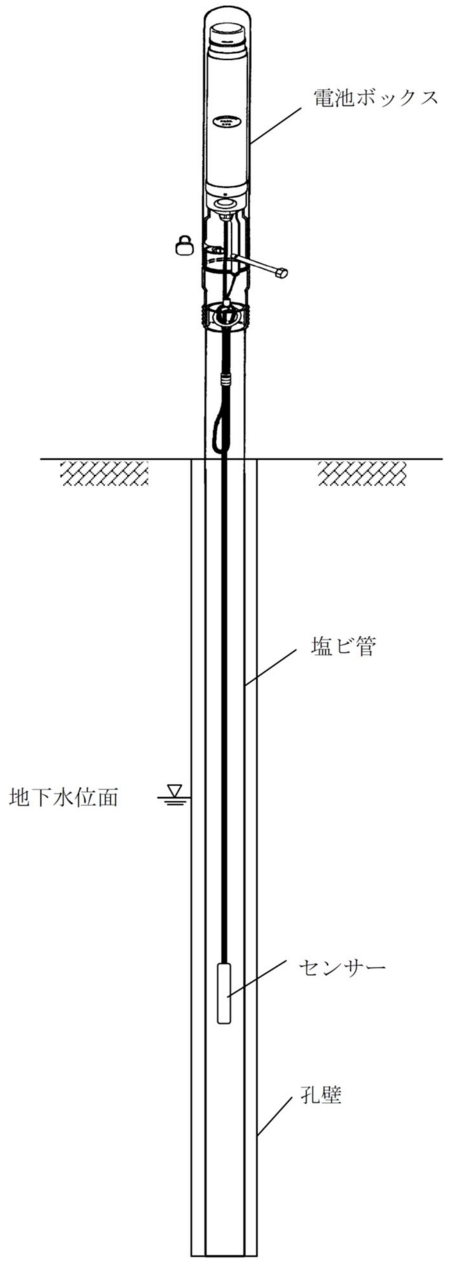
地下水位観測を実施するために，観測孔を設置した。ボーリング孔内に VP50 の塩ビ管（ストレーナ管と無孔管）を設置し，そこに地下水位観測装置を設置した。観測井戸構造図を第 2－1 図に示す。また，観測井戸の設置方法を以下に示す。

① 孔底から不透水層（Ｋｍ層またはＡｃ層）上面まで，または地下水位観測孔設置対象層の下面までグラウトする。
② VP50 の塩ビ管（ストレーナ管と無孔管）を，地質状況に応じて組み合わせて挿入する。
③ ケーシングを抜きながら孔壁と塩ビ管の隙間に，ストレーナ管と無孔管の境目から 50cm 程度上にくるまで珪砂を投入する。
④ 珪砂から上は 2m 程度ベントナイトペレットを投入し，その上は口元までセメントミルクを流し込む。雨水・表流水等が孔内に浸透しないように，口元処理を行う。



第２−１図　観測井戸構造図

地下水位観測設備概略図を第2－2図に示す。また，地下水位観測装置を第2－3図に，仕様を第2－1表に示す。なお，設置する地下水位観測装置は，地下水位観測精度±1cm，サンプリング間隔2時間，データ収録可能期間3ヶ月以上のものとした。



第2－2図　地下水位観測設備概略図

第２−３図　地下水位観測装置

第２−１表　地下水位観測装置の仕様

名称	Ｓ＆ＤＬ水位計	
型式	ＭＯＤＥＬ−4677	ＭＯＤＥＬ−4640A
圧力センサの材質	ＳＵＳ−316	チタン
プローブの材質	ＳＵＳ−316	チタン
プローブの外径（mm）	φ25×290	
測定項目	水位・電池電圧	
水位測定範囲	5m 用，10m 用，20m 用，35m 用，50m 用，100m 用	
水位測定精度	±0.1%FS	
圧力センサゼロ点温度ドリフト	±0.04%FS／℃	±0.015%FS／℃
水位分解能	1mm	
メモリ容量（512KB）	40,960 データ	
測定間隔	1 分～10 日	
インターフェイス	RS−232C	
プローブ動作温度	−10℃～50℃（ただし，凍結しないこと）	
電池部動作温度	−30℃～60℃（ただし，凍結しないこと）	

3　観測位置

地下水位観測孔位置図を第3－1図に示す。

廃棄物埋設施設位置付近の地質は，「1．5　廃棄物埋設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，廃棄物埋設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3－1図　地下水位観測孔位置図

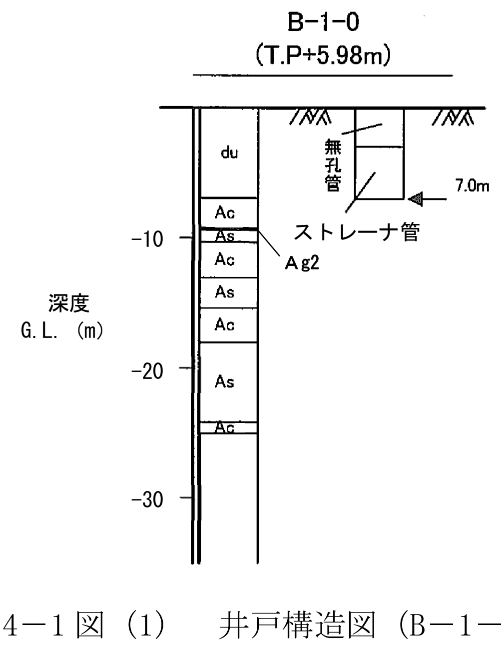
4　地下水位観測対象層

地下水位観測においては，各孔における地下水位が分布する深度を踏まえて観測する地層を選定した。

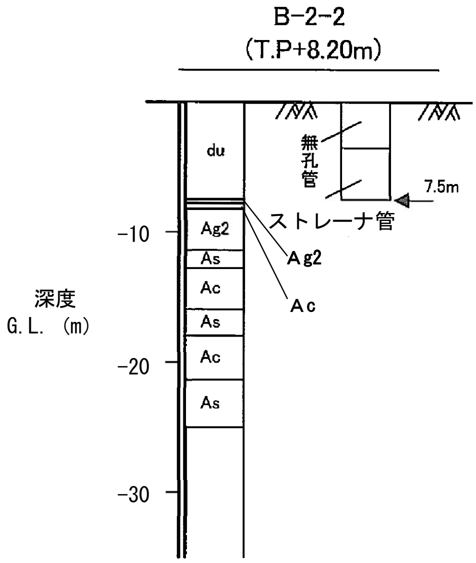
地下水位の観測対象層一覧を第４－１表に，各観測孔の井戸構造図を第４－１図に示す。

第４－１表　地下水位観測対象層一覧

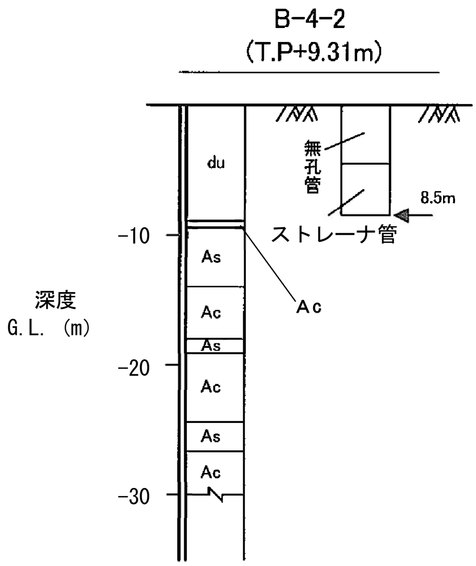
孔名	観測対象層	孔名	観測対象層
B－1－0	ｄｕ	d－6	ｄｕ，Ａｇ２，Ａｓ
B－2－2	ｄｕ	F－2－1	ｄｕ，Ａｇ２
B－4－2	ｄｕ	c－4	ｄｕ，Ａｇ２
B－6－1	Ａｇ２	F－6－0	ｄｕ，Ａｇ２
C－4－1	ｄｕ	F－4－2	ｄｕ，Ａｇ２
C－7－1	Ａｇ２	G－5－0	Ａｇ２
D－0－1	ｄｕ	d－3	Ａｇ２
D－3－3	ｄｕ	e－6	ｄｕ，Ａｇ２
D－4－1	ｄｕ	e－5	ｄｕ，Ａｇ２
D－5－1	Ａｇ２	H－4－1	Ａｇ２
c－3	Ａｇ２	e－3	ｄｕ，Ａｇ２
E－4－3	ｄｕ	H－7－0	ｄｕ，Ａｇ２，Ａｓ



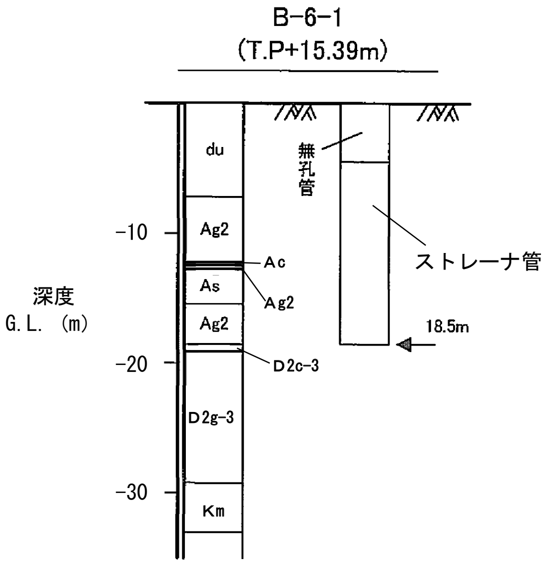
第４－１図（1）　井戸構造図（B－1－0孔）



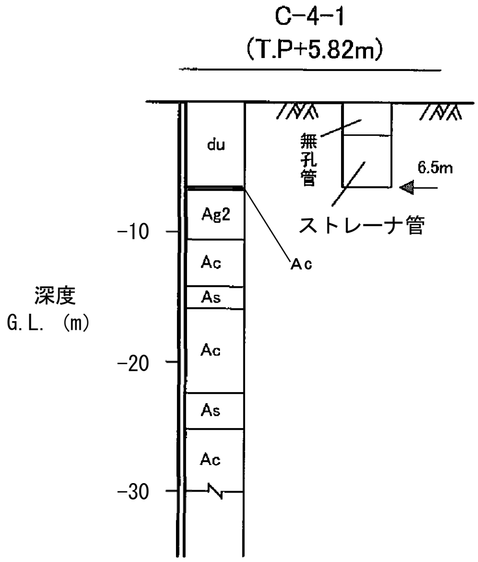
第4－1図（2）　井戸構造図（B－2－2孔）



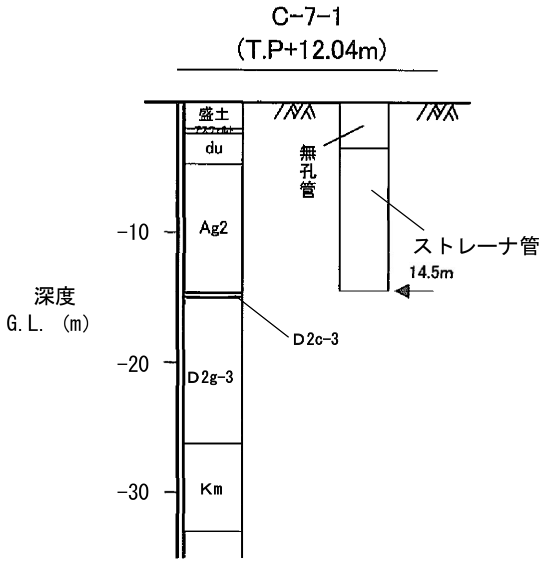
第4－1図（3）　井戸構造図（B－4－2孔）



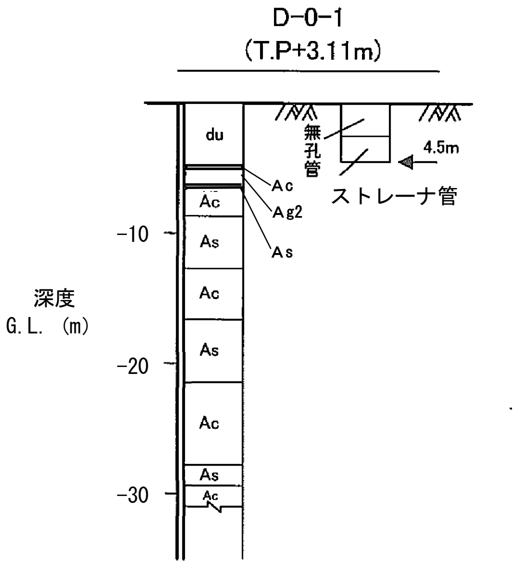
第４－１図（4）　井戸構造図（B－6－1孔）



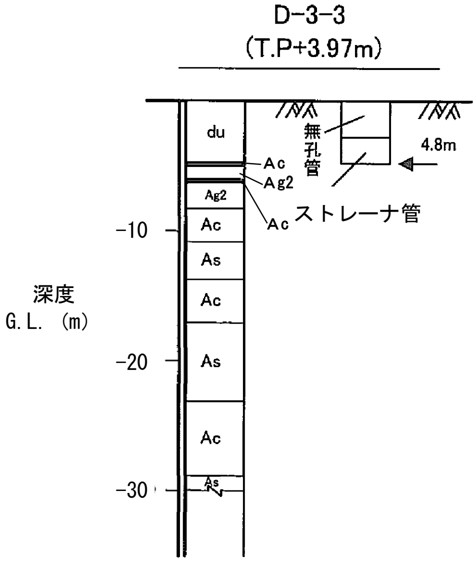
第４－１図（5）　井戸構造図（C－4－1孔）



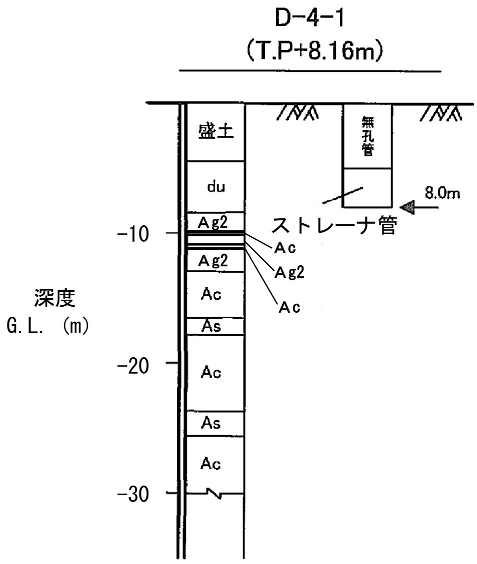
第4－1図（6）　井戸構造図（C－7－1孔）



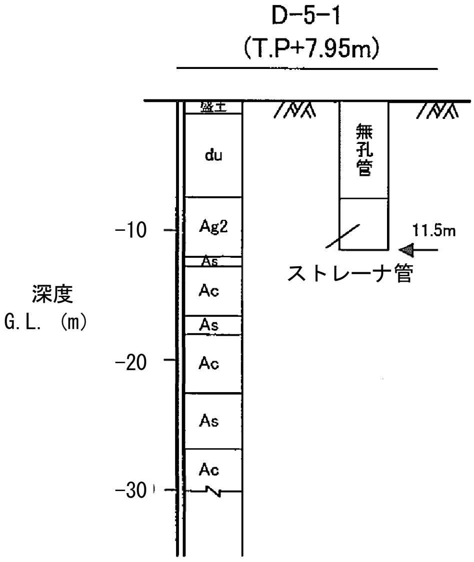
第4－1図（7）　井戸構造図（D－0－1孔）



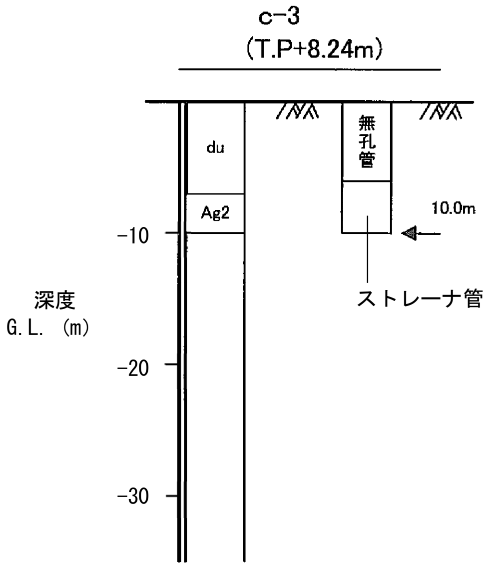
第4－1図（8）　井戸構造図（D－3－3孔）



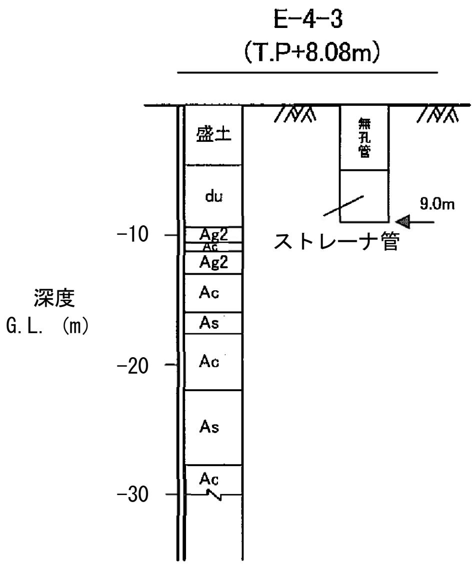
第4－1図（9）　井戸構造図（D－4－1孔）



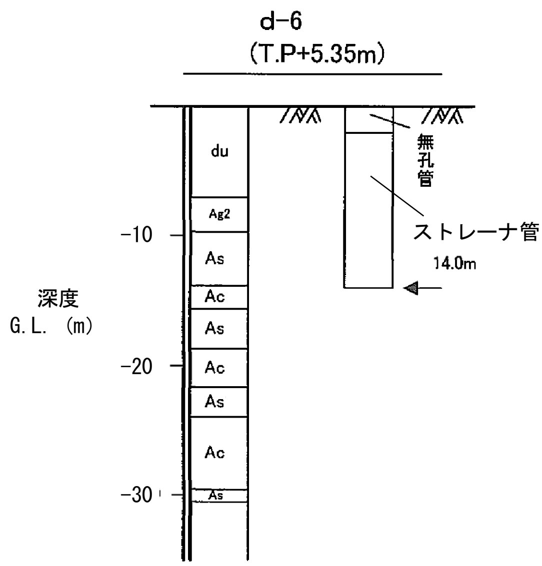
第4－1図（10）　井戸構造図（D－5－1孔）



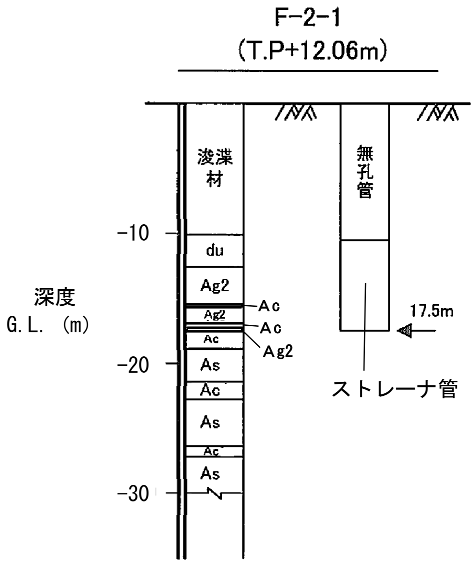
第4－1図（11）　井戸構造図（c－3孔）



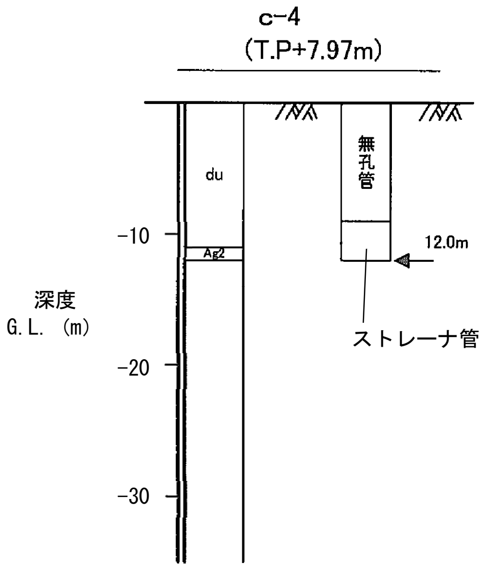
第4−1図（12）　井戸構造図（E−4−3孔）



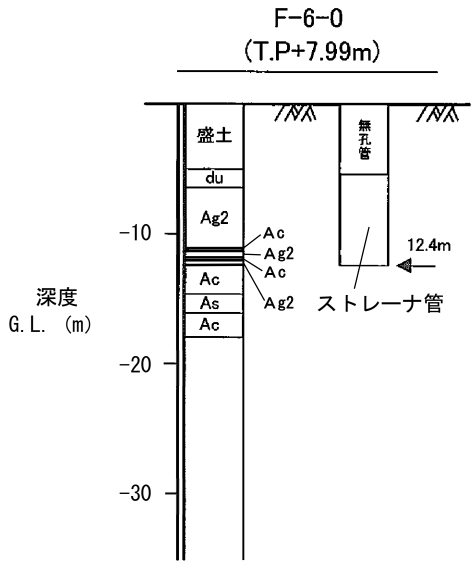
第4−1図（13）　井戸構造図（d−6孔）



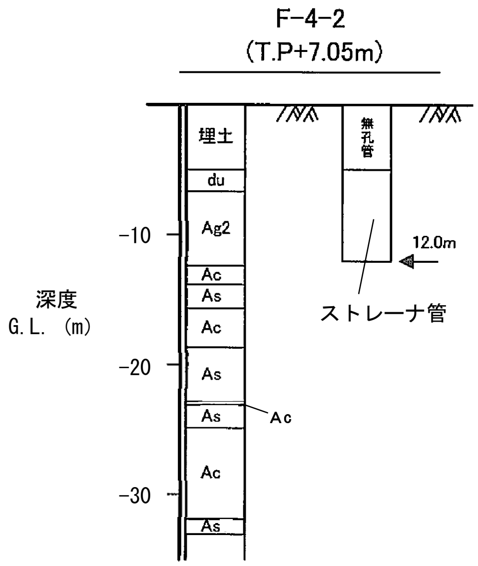
第4－1図（14） 井戸構造図（F－2－1孔）



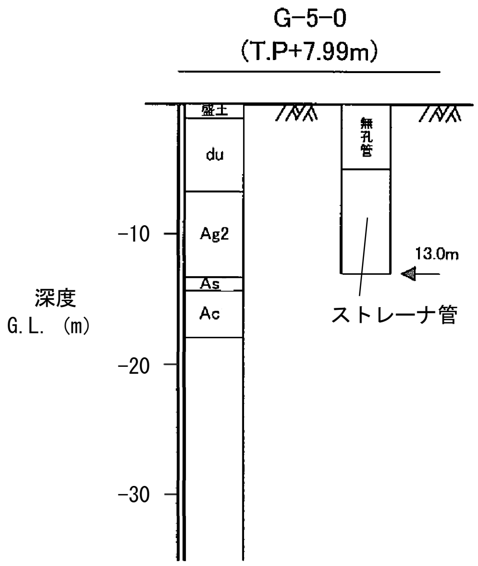
第4－1図（15） 井戸構造図（c－4孔）



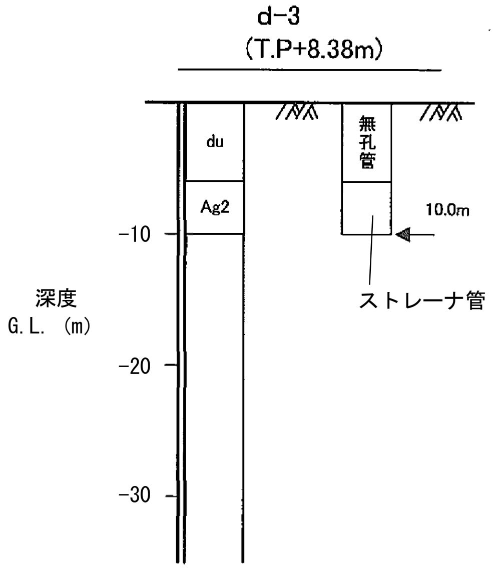
第4－1図（16） 井戸構造図（F－6－0孔）



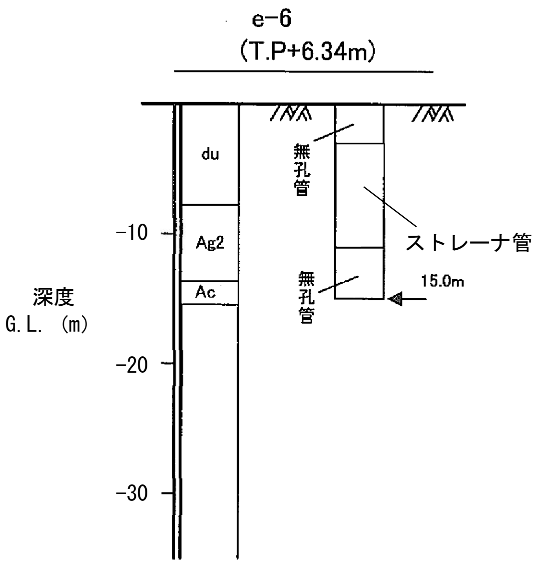
第4－1図（17） 井戸構造図（F－4－2孔）



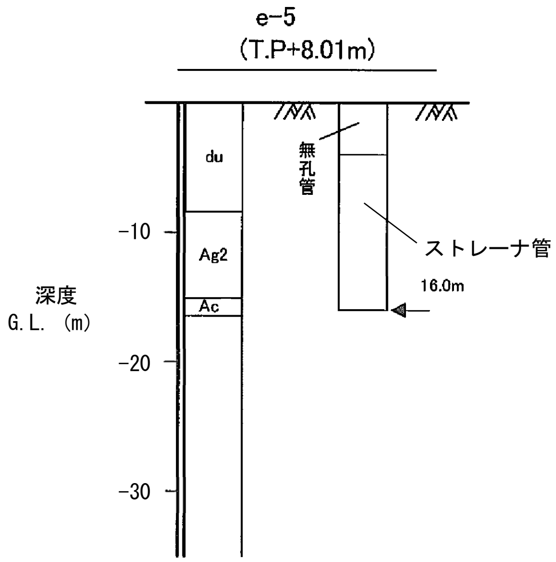
第4－1図（18）　井戸構造図（G－5－0孔）



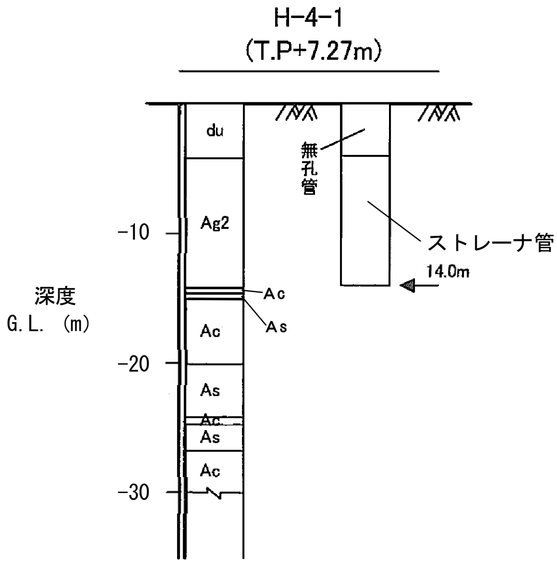
第4－1図（19）　井戸構造図（d－3孔）



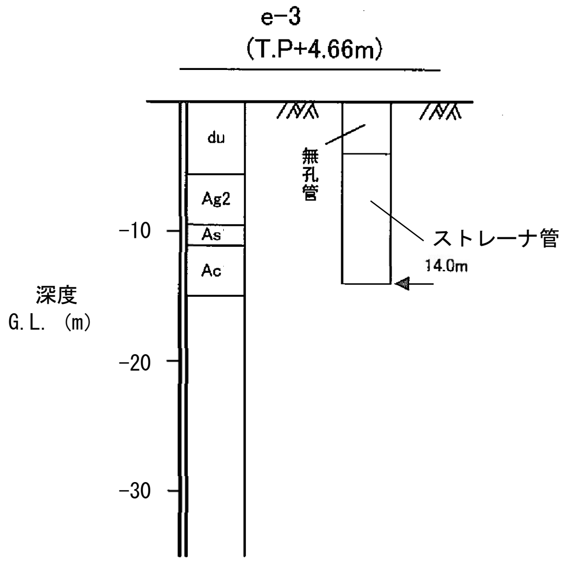
第4−1図（20） 井戸構造図（e−6孔）



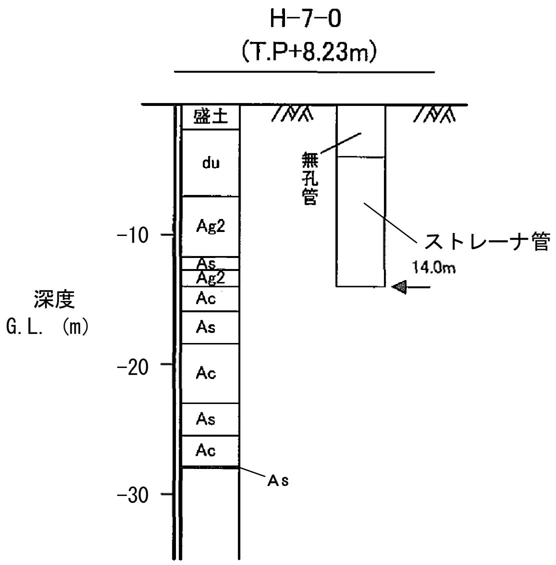
第4−1図（21） 井戸構造図（e−5孔）



第4－1図（22）　井戸構造図（H－4－1孔）



第4－1図（23）　井戸構造図（e－3孔）



第4－1図 (24)　井戸構造図 (H－7－0孔)

以上

添付資料 2

想定される自然現象の選定について

目　次

1　自然現象の選定の位置づけ

本資料は，第二種埋設許可基準規則第十三条第１項第四号に関する適合性を示す上で考慮する自然現象について，その基本的考え方及び選定結果を説明する。

2　選定の基本方針

第二種埋設許可基準規則第十三条第１項第四号を考慮した自然現象の選定の基本方針としては，廃止措置の開始後の期間に対して，バリア機能に大きな影響を及ぼすおそれがある自然現象を選定する。

3　自然現象の抽出

3．1　自然現象の選定の考え方及びフロー

自然現象の選定の考え方としては，自然現象を国内外の基準及び文献から網羅的に抽出し，立地特性，地質調査結果，廃棄物埋設地の状態及び自然現象の特徴等を考慮して,バリア機能に大きな影響を及ぼさない事象は除外し，詳細評価をすべき自然現象を選定する。

自然現象の選定の流れとしては，国内外の基準及び文献調査により自然現象を網羅的に抽出し，立地特性，地質調査結果，廃棄物埋設地の状態及び自然現象の特徴を考慮し，Addenda to ASME/ANS RA-S-2008, Standard for Level 1/Large Early Release Frequency Probabilistic Risk Assessment for Nuclear Power Plant Applications, ASME/ANS RA-Sa-2009での評価手法を参考とした除外基準のいずれかに該当するものは除外する。自然現象の除外基準を第１表に示す。

除外基準に該当しない自然現象は，廃止措置の開始後において，バリア機能に大きな影響を及ぼし得る自然現象として選定する。

第１表　自然現象の除外基準

基準	除外理由
基準A	廃棄物埋設施設に影響を与えるほど近接した場所に発生しない。
基準B	ハザードの進展・襲来が遅く，事前にそのリスクを予知・検知し，ハザードを排除できる。
基準C	廃棄物埋設施設のバリア機能が損なわれることがない。
基準D	影響が他の事象に包含される。
基準E	発生頻度が他の事象と比較して非常に低い。

３．２　自然現象を抽出した国内外の文献

国内外の基準及び文献を参考にし，自然現象の抽出を行った。国内外の基準及び文献は自然災害，産業事故，原子力発電所の安全性に影響を与える可能性のある外部ハザード，放射性廃棄物処分施設の地質環境及び安全評価に係る情報が網羅的に示されているものを参考にした。自然現象を抽出した国内外の文献の一覧を第2表に示す。

４　自然現象の選定

第2表に示す国内外の基準及び文献調査により網羅的に抽出された現象を第3表に示す。

なお，国内外の文献から抽出した事象をプレート運動，気候変動，プレート運動及び気候変動に起因する事象及びその他の事象に区分した。

抽出された現象のうち，検討対象とした事象の選定結果を第4表に示す。

５　バリア機能に大きな影響を及ぼすおそれがある自然現象

第二種埋設許可基準規則第十三条第1項第三号及び第四号を考慮した廃止措置の開始後にバリア機能に大きな影響を及ぼし得る自然現象として，①火山の影響（降下火砕物），②地震，③地盤の変形，④液状化，⑤津波，⑥隆起・沈降，⑦気温，⑧降水量，⑨地下水位（地下水流動），⑩蒸発散量，⑪かん養量，⑫海水準変動，⑬侵食，⑭生物学的事象，⑮風（台風），⑯降雹，⑰積雪，⑱風化の18事象を選定した。

第２表　自然現象を抽出した国内外の文献一覧

No.	文献名
1	日本原子力学会（2014）：外部ハザードに対するリスク評価方法の選定に関する実施基準：2014（AESJ-SC-RK008:2014）
2	国会資料編纂会（1998）：日本の自然災害
3	日外アソシエーツ（2010）：日本の災害史事典 1868-2009
4	日外アソシエーツ（2010）：産業災害全史〈シリーズ災害・事故史 4〉
5	ＩＡＥＡ(2016)：Site Evaluation for Nuclear Installations, Safety Requirements No.NS-R-3 (Rev.1)
6	ＩＡＥＡ（2010）：Development and Application of Level 1 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants, Specific Safety Guide No.SSG-3
7	ＮＲＣ（1983）：PRA PROCEDURES GUIDE（Vol.1, Vo１.2）, NUREG/CR-2300
8	ＮＲＣ（1991）：Procedural and Submittal Guidance for the Individual Plant Examination of External Events（ＩＰＥＥＥ） for Severe Accident Vulnerabilities, NUREG-1407
9	ＮＲＣ（1987）：Evaluation of External Hazards to Nuclear Power Plants in the United States, NUREG/CR-5042
10	ＮＥＩ（2012）：DIVERSE AND FLEXIBLE COPING STRATEGIES （ＦＬＥＸ） IMPLEMENTATION GUIDE, NEI 12-06
11	ＩＡＥＡ（2015）：Site Survey and Site Selection for Nuclear Installations, Specific Safety Guide No.SSG-35
12	ＡＳＭＥ(2009)：Addenda to ASME/ANS RA-S-2008, Standard for Level 1/Large Early Release Frequency Probabilistic Risk Assessment for Nuclear Power Plant Applications, ASME/ANS RA-Sa-2009
13	ＯＥＣＤ／ＮＥＡ（2019）：International Features, Events and Processes （ＩＦＥＰ） List for the Deep Geological Disposal of Radioactive Waste Version 3.0
14	ＩＡＥＡ（2014）：Near Surface Disposal Facilities for Radioactive Waste, Specific Safety Guide No. SSG-29

第３表　自然現象の抽出（1／4）

安全機能を有する施設に大きな影響を及ぼすおそれがある自然現象の抽出		国内外の基準及び文献による自然現象の抽出（番号は国内外の文献番号）														第二種埋設許可基準解釈に例示のある外部事象	火山影響評価ガイドに記載のある外部事象
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
1	地震	○	○	○	－	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	－	－
2	地盤の変形	○	○	○	－	－	－	－	－	－	○	○	－	○	○	－	－
3	地盤の変位	○	－	○	－	○	－	－	－	－	－	○	－	○	－	－	－
4	地滑り	○	○	○	－	○	○	○	－	○	○	○	○	○	○	○	－
5	液状化現象	○	○	－	－	○	－	－	－	－	－	○	－	○	○	－	－
6	泥湧出	－	○	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	○	－	－	－
7	斜面の不安定	－	○	○	－	－	－	－	－	－	－	○	－	－	－	－	－
8	津波	○	－	○	－	○	－	－	－	○	－	○	－	○	－	－	－
9	静振	○	－	－	－	○	－	○	－	○	○	○	○	－	－	－	－
10	高潮	○	○	○	－	○	－	－	－	○	○	○	○	○	－	－	－
11	波浪，高波	○	○	○	－	○	－	○	－	○	○	○	○	○	－	－	－
12	高潮位，高湖水位	○	○	○	－	○	○	○	－	○	－	○	○	－	－	－	－
13	低潮位，低水位	○	－	－	－	－	○	－	－	－	－	○	○	－	－	－	－
14	海流異変	○	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－
15	風（台風）	○	○	○	－	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	－	－
16	竜巻	○	○	○	－	○	○	○	○	○	○	○	○	－	○	－	－
17	砂嵐	○	－	－	－	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	－	－
18	極端な気圧	○	○	－	－	○	○	－	－	－	－	○	－	○	－	－	－
19	降水	○	○	○	－	○	○	○	－	－	○	○	○	○	○	－	－
20	洪水，高河水位，防壁・堤防の崩壊	○	○	○	－	○	－	○	○	○	○	○	○	○	○	○	－
21	土石流	○	○	○	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－
22	降雹	○	○	○	－	○	○	○	○	○	○	○	○	－	－	－	－
23	落雷（電流）	○	○	○	－	○	○	○	○	○	○	○	○	－	－	－	－
24	森林火災	○	○	－	－	－	○	○	○	○	○	○	○	○	－	－	－
25	草原火災	－	－	○	－	－	－	－	○	○	○	○	－	－	－	－	－
26	高温	○	○	－	－	○	○	○	○	○	○	○	○	○	－	－	－
27	低温，凍結	○	○	○	－	○	○	○	○	○	○	○	○	－	－	－	－
28	氷結	○	－	○	－	○	○	○	－	○	○	○	○	○	－	－	－
29	氷晶	○	－	○	－	○	○	－	－	○	－	○	－	－	－	－	－
30	氷壁	○	－	○	－	○	○	－	－	○	－	－	－	－	－	－	－

第３表　自然現象の抽出（2／4）

安全機能を有する施設に大きな影響を及ぼすおそれがある自然現象の抽出			国内外の基準及び文献による自然現象の抽出（番号は国内外の文献番号）														第二種埋設許可基準解釈に例示のある外部事象	火山影響評価ガイドに記載のある外部事象
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
31	高水温		○	−	−	−	−	○	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−
32	低水温		○	−	−	−	−	○	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−
33	干ばつ		○	○	○	−	−	○	○	−	−	○	○	○	○	−	−	−
34	霜		○	○	○	−	−	○	○	−	−	○	○	○	−	−	−	−
35	霧		○	−	○	−	−	○	○	−	−	○	−	○	−	−	−	−
36	火山の影響	火山から発生する飛来物（噴石），火山弾，火山礫	○	○	○	−	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		火砕物密度流，火砕流	○	○	○	−												○
		溶岩流	○	○	○	−												○
		火砕サージ	○	○	−	−												−
		爆風	○	−	−	−												−
		土石流，火山泥流，洪水	○	−	○	−												○
		降下火砕物，降灰	○	○	○	−												○
		火災（山林火災）	○	−	−	−												−
		火山ガス	○	○	○	−												○
		熱水系及び地下水の異常，熱湯	○	−	−	−												○
		岩屑なだれ，地滑り，斜面崩壊，山体崩壊	○	−	○	−												○
		新しい火口の開口	−	−	−	−												○
		津波，静振	○	○	−	−												○
		大気現象	−	−	−	−												○
		地殻変動	−	−	−	−												○
		火山性地震とこれに関連する事象	−	−	−	−												○
37	積雪		○	○	○	−	○	○	○	−	−	○	○	○	−	−	−	−
38	雪崩		○	○	○	−	○	○	○	−	○	○	○	○	−	−	−	−
39	生物学・生化学的現象，微生物		○	−	○	−	○	○	−	−	−	○	○	○	○	−	−	−
40	塩害		○	−	−	−	−	○	−	−	−	−	○	−	○	−	−	−
41	隕石		○	−	−	−	−	○	○	○	○	○	−	○	○	−	−	−
42	陥没		○	○	○	−	○	−	−	−	−	○	○	−	−	−	−	−
43	土壌の収縮・膨張		−	−	−	−	−	−	○	−	−	○	○	○	○	−	−	−
44	隆起，沈降		○	−	−	−	○	−	−	−	−	−	○	−	○	−	−	−
45	地形及び陸水の変化		○	○	−	−	−	○	−	−	−	−	○	−	○	−	−	−
46	地盤の侵食		−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	○	−	○	−	−	−
47	海岸侵食		○	−	−	−	○	−	○	−	−	○	○	○	○	−	−	−
48	海面下の侵食		○	−	−	−	−	−	−	−	−	−	○	−	○	○	−	−
49	地下水による侵食		○	−	−	−	−	○	−	−	−	−	○	−	○	−	−	−
50	カルスト		○	−	−	−	○	○	−	−	−	−	○	−	−	−	−	−

第３表　自然現象の抽出（3／4）

安全機能を有する施設に大きな影響を及ぼすおそれがある自然現象の抽出		国内外の基準及び文献による自然現象の抽出（番号は国内外の文献番号）														第二種埋設許可基準解釈に例示のある外部事象	火山影響評価ガイドに記載のある外部事象
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
51	海氷による川の閉塞	○	−	−	−	○	−	−	−	−	−	○	−	−	−	−	−
52	湖若しくは川の水位降下	○	−	−	−	−	−	○	−	−	○	○	○	−	−	−	−
53	河川の流路変更	○	−	−	−	○	−	○	−	−	○	○	○	○	−	−	−
54	有毒ガス	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	○	−	−	−	−	−
55	太陽フレアによる磁気	○	−	−	−	−	−	−	−	−	○	−	−	−	−	−	−
56	気候変動サイクル	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	○	−	○	−	−	−
57	氷期－間氷期サイクル	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	○	−	−	−
58	温暖化	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	○	−	−	−
59	海水準変動	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	○	○	−	−
60	構造運動	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	○	−	−	−
61	変成作用	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	○	−	−	−
62	塑性変形作用	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	○	−	−	−
63	続成作用	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	○	−	−	−
64	岩塩ダイアピル	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	○	−	−	−
65	地殻変動	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	○	○	−	−
−	海象（高潮、潮位、津波で検討）	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	○	−	−	−
−	地質・地質構造の性状・特性（地盤の特性であり，外部影響事象として抽出しない）	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	○	○	−	−
−	天然資源・鉱物資源（地盤の特性であり，外部影響事象として抽出しない）	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	○	−	−	−
66	風化	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	○	○	−	−
67	変質	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	○	○	−	−
−	力学・変形特性（掘削影響範囲・力学的安定性を含む）（地盤の特性であり，外部影響事象として抽出しない））	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	○	−	○	○	−	−
−	熱特性（地盤の特性であり，外部影響事象として抽出しない）	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	○	−	−	−
68	蒸発散量	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	○	○	−	−
69	かん養量，水収支	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	○	−	−	−
70	季節的な氷の量	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	○	−	−	−

第３表　自然現象の抽出（4／4）

安全機能を有する施設に大きな影響を及ぼすおそれがある自然現象の抽出		国内外の基準及び文献による自然現象の抽出(番号は国内外の文献番号)														第二種埋設許可基準解釈に例示のある外部事象	火山影響評価ガイドに記載のある外部事象
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
－	風速・風向（気象の特性であり，外部影響事象として抽出しない）	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	○	－	○	－	－	－
－	極端な気象パターン（台風、竜巻、極端な気圧で検討）	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	○	－	○	－	－	－
71	永久凍土	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	○	－	○	－	－	－
72	河川流量	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	○	－	○	－	－	－
73	流出地点の状態(河川，沼)	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	○	－	○	○	－	－
74	透水性の変化	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	○	○	－	－
75	地下水位(地下水流動)	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	○	－	○	○	－	－
－	深部流体（余裕深度処分に関する事象であり，外部影響事象として抽出しない）	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－
76	満潮	○	○	○	－	－	－	○	－	－	○	－	○	－	－	－	－
77	水蒸気	－	○	－	－	－	－	－	－	－	－	○	－	－	－	－	－
78	天水の水質	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	○	－	－	－
79	表流水・地下水の水質	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	○	○	－	－
－	岩盤の鉱物・化学組成（地盤の特性であり，外部影響事象として抽出しない）	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	○	○	－	－
－	コロイド（地盤の特性であり，外部影響事象として抽出しない）	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	○	○	－	－
－	有機物（地盤の特性であり，外部影響事象として抽出しない）	－	－	－	－	－	○	－	－	－	－	－	－	○	○	－	－

第４表　自然現象の選定（1／8）

国内外の文献から抽出した事象				除外の基準	評価	事象に対する考え方
プレート運動に起因する事象	火山・火成活動	火山の影響	火山から発生する飛来物（噴石），火山弾，火山礫	A	不要	廃棄物埋設地に最も近い火山でも廃棄物埋設地から約 90 km と十分離れていることから，バリア機能への影響はない。
			火砕物密度流，火砕流	A	不要	廃棄物埋設地に影響を及ぼし得る火山の過去最大規模の火砕物密度流の分布から到達可能性範囲を検討した結果，廃棄物埋設地までの到達は認められないことから，バリア機能への影響はない。
			溶岩流	A	不要	廃棄物埋設地に最も近い火山でも廃棄物埋設地から約 90 km と十分離れていることから，廃棄物埋設地に到達する可能性は十分に小さいと判断されるため，バリア機能への影響はない。
			火砕サージ	A	不要	廃棄物埋設地に影響を及ぼし得る火山の過去最大規模の火砕物密度流の分布から到達可能性範囲を検討した結果，廃棄物埋設地までの到達は認められないことから，バリア機能への影響はない。
			爆風	A	不要	廃棄物埋設地に影響を及ぼし得る火山の過去最大規模の火砕物密度流の分布から到達可能性範囲を検討した結果，廃棄物埋設地までの到達は認められないことから，バリア機能への影響はない。
			土石流，火山泥流，洪水	A	不要	廃棄物埋設地から西方約 20 km の那珂川に沿う瓜連（うりづら）丘陵に火山性土石流堆積物である粟河軽石が分布するが，これ以外の火山性土石流堆積物は廃棄物埋設地周辺に認められないことから，廃棄物埋設地に影響を及ぼす可能性は十分に小さく，バリア機能への影響はない。
			降下火砕物，降灰	－	要	廃止措置の開始後は，地下水の水質が変化する可能性があることから，第二種埋設許可基準規則第十三条第１項第四号にて「火山の影響（降下火砕物）」として考慮する。
			火災（山林火災）	D	不要	本事象は森林火災に包含される。

第4表　自然現象の選定（2／8）

国内外の文献から抽出した事象				除外の基準	評価	事象に対する考え方
プレート運動に起因する事象	火山・火成活動	火山の影響	火山ガス	A	不要	廃棄物埋設地に最も近い火山でも廃棄物埋設地から約90 kmと十分離れていること，廃棄物埋設地は太平洋に面しており火山ガスが滞留するような地形条件ではないことから，廃棄物埋設地に影響を及ぼす可能性は十分に小さく，バリア機能への影響はない。
			熱水系及び地下水の異常，熱湯	A	不要	廃棄物埋設地に最も近い火山でも廃棄物埋設地から約90 kmと十分離れていることから，廃棄物埋設地に影響を及ぼす可能性は十分に小さく，バリア機能への影響はない。
			岩屑なだれ，地滑り，斜面崩壊，山体崩壊	A	不要	廃棄物埋設地に最も近い火山でも廃棄物埋設地から約90 kmと十分離れていることから，廃棄物埋設地に到達する可能性は十分に小さいと判断されるため，バリア機能への影響はない。
			新しい火口の開口	A	不要	廃棄物埋設地は火山フロントより前弧側（東方）に位置し廃棄物埋設地周辺では火成活動は確認されていないことから，廃棄物埋設地において発生する可能性は十分に小さいと判断されるため,バリア機能への影響はない。
			津波，静振	D	不要	本事象は津波に包含される。
			大気現象	A	不要	廃棄物埋設地に最も近い火山でも廃棄物埋設地から約90 kmと十分離れていることから，廃棄物埋設地に影響を及ぼす可能性は十分に小さく，バリア機能への影響はない。
			地殻変動	A	不要	廃棄物埋設地は火山フロントより前弧側（東方）に位置し廃棄物埋設地周辺では火成活動は確認されていないことから，廃棄物埋設地において発生する可能性は十分に小さいと判断されるため,バリア機能への影響はない。
			火山性地震とこれに関連する事象	D	不要	本事象は地震に包含される。

第４表　自然現象の選定（3／8）

国内外の文献から抽出した事象			除外の基準	評価	事象に対する考え方
プレート運動に起因する事象	地震・断層活動	地震	－	要	廃止措置の開始後は，将来も同様の場所で繰返し発生する可能性があることから，第二種埋設許可基準規則第十三条第１項第四号にて「地震」として考慮する。
		地盤の変形	－	要	廃止措置の開始後は，地殻変動によって生じる地盤の傾斜及び撓みの可能性があることから，第二種埋設許可基準規則第十三条第１項第四号にて「地盤の変形」として考慮する。
		地盤の変位	C	不要	廃棄物埋設地周辺に将来活動する可能性のある断層がないことから，地盤の変位は発生しないため，考慮しない。第二種埋設許可基準規則第三条（安全機能を有する施設の地盤）にて別途詳細な説明をする。
		液状化	－	要	廃止措置の開始後は，廃棄物埋設地の地盤の液状化の可能性があることから，第二種埋設許可基準規則第十三条第１項第四号にて「液状化」として考慮する。
		津波	－	要	廃止措置の開始後は，海水が廃棄物埋設地周辺に流入する可能性があることから，第二種埋設許可基準規則第十三条第１項第四号にて「津波」として考慮する。
	隆起・沈降運動	隆起・沈降	－	要	廃止措置の開始後は，侵食基準面の変化により河食に影響する可能性があることから，第二種埋設許可基準規則第十三条第１項第四号にて「隆起・沈降」として考慮する。
	その他	変成作用	A	不要	廃棄物埋設地周辺は，新規の火山活動が生じる可能性はないため，マグマ活動による接触変成作用は生じない。また，太平洋プレート沈み込み帯（海溝）よりも背弧側に位置し，地下深部のような高圧条件環境となることはないため，広域変成作用は生じない。加えて，中位段丘が分布しており，隆起場と考えられるため，埋没変成作用は生じない。
		塑性変形作用	A	不要	廃棄物埋設地周辺は，断層帯や褶曲帯ではないため，断層面の先端部で発生する塑性変形や褶曲による塑性変形は生じない。
		続成作用	A	不要	廃棄物埋設地周辺は，中位段丘が分布しており隆起場と考えられるため，地層が地下に埋没して地表よりも高い温度・圧力（荷重）の環境下で進展する続成作用は生じない。
		構造運動	C	不要	構造運動の進行速度は緩慢であり，地質環境等の状態の設定を行う廃止措置の開始後の1,000年までの期間において，バリア機能が損なわれることは考えられない。
		地殻変動	C	不要	地殻変動の進行速度は緩慢であり，地質環境等の状態の設定を行う廃止措置の開始後の1,000年までの期間において，バリア機能が損なわれることは考えられない。
		水蒸気	A	不要	廃棄物埋設地に最も近い火山でも廃棄物埋設地から約90kmと十分離れていることから，火山事象に伴い水蒸気が発生することはない。

第４表　自然現象の選定（4／8）

国内外の文献から抽出した事象		除外の基準	評価	事象に対する考え方
気候変動に起因する事象	静振	D	不要	本事象は津波に包含される。
	高潮	D	不要	本事象は津波に包含される。
	波浪，高波	D	不要	本事象は津波に包含される。
	高潮位， 高湖水位	D	不要	本事象は津波に包含される。
	低潮位， 低水位	C	不要	廃棄物埋設施設には海洋及び河川から取水する設備がないため，バリア機能への影響はない。
	海流異変	C	不要	廃棄物埋設施設には海洋及び河川から取水する設備がないため，バリア機能への影響はない。
	風（台風）	－	要	廃止措置の開始後は，風（台風）による廃棄物埋設地への力学的影響の可能性があることから，第二種埋設許可基準規則第十三条第１項第四号にて「風（台風）」として考慮する。
	竜巻	D	不要	事象の発生頻度は極稀であり，かつ，周辺で発生したとしても直接バリア機能に影響する可能性はさらに低くなる。発生頻度を考慮して，同じく廃棄物埋設地への力学的影響の可能性である風（台風）の影響に包含される。
	砂嵐	A	不要	廃棄物埋設地周辺に砂塵が舞い上がるような砂漠や大規模な砂丘は分布しない。
	極端な気圧	C	不要	バリア機能が損なわれるような事象ではない。
	降水（量）	－	要	廃止措置の開始後は，降水量の変化に伴いかん養量及び地下水位（地下水流動）に影響する可能性があることから，第二種埋設許可基準規則第十三条第１項第四号にて「降水量」として考慮する。
	洪水，高河水位，防壁・堤防の崩壊	C	不要	廃棄物埋設地及びその周辺はT.P.＋約８ｍに造成するため，廃棄物埋設地全域で浸水は発生しないと考えられることから，バリア機能が損なわれることは考えられない。
	降雹	－	要	廃止措置の開始後は，降雹による廃棄物埋設地への力学的影響の可能性があることから，第二種埋設許可基準規則第十三条第１項第四号にて「降雹」として考慮する。

第４表　自然現象の選定（5／8）

国内外の文献から抽出した事象		除外の基準	評価	事象に対する考え方
気候変動に起因する事象	落雷（電流）	C	不要	廃止措置の開始後は，電源を必要とする設備がないため，バリア機能への影響はない。
	高温	－	要	廃止措置の開始後は，気温の変化に伴い降水量及び蒸発散量に影響する可能性があることから，第二種埋設許可基準規則第十三条第1項第四号にて高温及び低温，凍結をまとめて「気温」として考慮する。
	低温・凍結	－	要	廃止措置の開始後は，気温の変化に伴い降水量及び蒸発散量に影響する可能性があることから，第二種埋設許可基準規則第十三条第1項第四号にて高温及び低温，凍結をまとめて「気温」として考慮する。
	氷結	D	不要	本事象は低温・凍結に包含される。
	氷晶	D	不要	本事象は低温・凍結に包含される。
	氷壁	A	不要	氷壁（氷河の末端や氷山等の絶壁）は，廃棄物埋設地に影響を与えるほど近接した場所には発生しない。
	高水温	C	不要	廃棄物埋設施設には海洋及び河川から取水する設備がないため，バリア機能への影響はない。
	低水温	C	不要	廃棄物埋設施設には海洋及び河川から取水する設備がないため，バリア機能への影響はない。
	干ばつ	C	不要	バリア機能が損なわれるような事象ではない。
	霜	C	不要	バリア機能が損なわれるような事象ではない。
	霧	C	不要	バリア機能が損なわれるような事象ではない。
	積雪	－	要	廃止措置の開始後は，積雪による廃棄物埋設地への力学的影響の可能性があることから，第二種埋設許可基準規則第十三条第1項第四号にて「積雪」として考慮する。
	雪崩	A	不要	雪崩は，廃棄物埋設地に影響を与えるほど近接した場所には発生しない。
	土壌の収縮・膨張	A	不要	廃棄物埋設地の土壌は砂丘砂層であり，廃棄物埋設施設のバリア機能は土壌の収縮・膨張による影響は受けないため，バリア機能への影響はない。

第４表　自然現象の選定（6／8）

国内外の文献から抽出した事象		除外の基準	評価	事象に対する考え方
気候変動に起因する事象	海氷による川の閉塞	C	不要	廃棄物埋設施設には海洋及び河川から取水する設備がないため，バリア機能への影響はない。
	湖若しくは川の水位降下	C	不要	廃棄物埋設施設には海洋及び河川から取水する設備がないため，バリア機能への影響はない。
	海水準変動	―	要	廃止措置の開始後は，海水準変動によって侵食基準面が変化することにより，河食に影響する可能性があることから，第二種埋設許可基準規則第十三条第１項第四号にて「海水準変動」として考慮する。
	風化	―	要	廃止措置の開始後は，風化による廃棄物埋設地への力学的影響及び化学的影響の可能性があることから，第二種埋設許可基準規則第十三条第１項第四号にて「風化」として考慮する。
	蒸発散（量）	―	要	廃止措置の開始後は，かん養量の設定に必要となるため，第二種埋設許可基準規則第十三条第１項第四号にて「蒸発散量」として考慮する。
	かん養（量）	―	要	廃止措置の開始後は，廃棄物埋設地への浸透水量の変化に伴い廃棄物埋設地からの放射性物質の漏出量に影響する可能性があることから，第二種埋設許可基準規則第十三条第１項第四号にて「かん養量」として考慮する。
	永久凍土	A	不要	廃棄物埋設地周辺は，永久凍土が生じるような環境にない。
	気候変動サイクル	D	不要	本事象は高温，低温・凍結，降水量，海水準変動に包含される。
	氷期－間氷期サイクル	C	不要	氷期－間氷期サイクルの進行速度は緩慢であり，地質環境等の状態の設定を行う廃止措置の開始後の1,000年までの期間において，バリア機能が損なわれることは考えられない。
	温暖化	D	不要	本事象は高温，低温・凍結，降水量，海水準変動に包含される。
	季節的な氷の量	A	不要	廃棄物埋設地周辺は，季節的氷が発生するような環境にない。
	地下水位（地下水流動）	―	要	廃止措置の開始後は，地下水位（地下水流動）の変化に伴い地下水流速に影響する可能性があることから，第二種埋設許可基準規則第十三条第１項第四号にて「地下水位（地下水流動）」として考慮する。

第４表　自然現象の選定（7／8）

国内外の文献から抽出した事象		除外の基準	評価	事象に対する考え方
プレート運動と気候変動の両者に起因する事象	河川流量	A	不要	廃棄物埋設地周辺の地下水は，地表に流出することなく海域に達するため，バリア機能への影響はない。
	土石流	A	不要	廃棄物埋設地周辺に土石流を発生させるような地形は存在しない。
	陥没	A	不要	廃棄物埋設地周辺の地層は，地層の構成物が物理的に流出するあるいは化学的に溶脱するような地質状況ではないため，陥没は発生しない。
	地形及び陸水の変化	D	不要	廃止措置の開始後は，「隆起・沈降」，「侵食」，「海水準変動」に包含される。
	地盤の侵食	－	要	廃止措置の開始後は，侵食作用が継続することにより廃棄物埋設地に影響する可能性があることから，第二種埋設許可基準規則第十三条第１項第四号にて「侵食」として考慮する。
	海岸侵食	D	不要	廃止措置の開始後は，「地盤の侵食」に包含される。
	海面下の侵食	A	不要	海面下の侵食は，廃棄物埋設地に影響を与えるほど近接した場所に発生しない。
	地下水による侵食	A	不要	廃棄物埋設地周辺は，陥没やカルストが発生する地質状況ではないため，地下水による侵食は発生しない。
	河川の流路変更	D	不要	廃止措置の開始後は，河川の変化は，「地盤の侵食」に包含される。
	変質	A	不要	廃棄物埋設地周辺は，新規の火山活動が生じる可能性はないため，マグマ活動による熱水が発生することはなく，変質は生じない。
	流出地点の状態（河川，沼）	A	不要	廃棄物埋設地周辺の地下水は，地表に流出することなく海域に達するため，流出地点（河川，沼）はないため，バリア機能への影響はない。
	泥湧出	A	不要	廃棄物埋設地周辺は，泥湧出が発生するような地質構造（歪集中帯，背斜構造，高圧の間隙水及びガス地層）ではない。
	地滑り	A	不要	廃棄物埋設地周辺に地滑りが発生するような地形は存在しない。

第４表　自然現象の選定（8／8）

国内外の文献から抽出した事象		除外の基準	評価	事象に対する考え方
その他の事象	透水性の変化	C	不要	廃棄物埋設地は不飽和土層であり，廃棄物埋設地周辺の地盤の透水性の変化が廃棄物埋設地の浸透水量に影響することはないため，バリア機能への影響はない。
	斜面の不安定	A	不要	廃棄物埋設地周辺に不安定な斜面は存在しない。
	森林火災	C	不要	廃棄物埋設地は不燃性であるため，バリア機能が損なわれることは考えられない。
	草原火災	C	不要	廃棄物埋設地は不燃性であるため，バリア機能が損なわれることは考えられない。
	生物学・生化学的現象・微生物	－	要	廃止措置の開始後は，第二種埋設許可基準規則第十三条第１項第四号にて「生物的事象」として考慮する。
	塩害	C	不要	廃棄物埋設施設には塩分に影響を受ける設備がないため，バリア機能への影響はない。
	隕石	E	不要	隕石が衝突する可能性は極めて低い。
	カルスト	A	不要	廃棄物埋設地周辺は，石灰岩などの炭酸塩岩の地層は分布しないため，カルストは発生しない。
	岩塩ダイアピル	A	不要	廃棄物埋設地周辺は，岩塩層が分布しないため，岩塩ダイアピルは生じない。
	有毒ガス	C	不要	廃棄物埋設施設には人間により操作される設備がないため，バリア機能への影響はない。
	太陽フレアによる磁気	C	不要	廃止措置の開始後は，電源を必要とする設備がないため，バリア機能への影響はない。
	満潮	D	不要	本事象は津波に包含される。
	天水の水質	C	不要	現状の天水は，廃棄物埋設施設のバリア機能に影響を及ぼす水質ではないため，バリア機能が損なわれることは考えられない。また，長期的にも、水質が急激に変化することは想定しづらい。
	表流水・地下水の水質	C	不要	現状の地下水は，廃棄物埋設施設のバリア機能に影響を及ぼす水質ではないため，バリア機能が損なわれることは考えられない。また，長期的にも、水質が急激に変化することは想定しづらい。なお，廃棄物埋設地周辺の地下水は，地表に流出することなく海域に達するため，表流水の水質による影響はない。

以上

添付資料 3

事業所敷地周辺の地震の発生状況

について

目　次

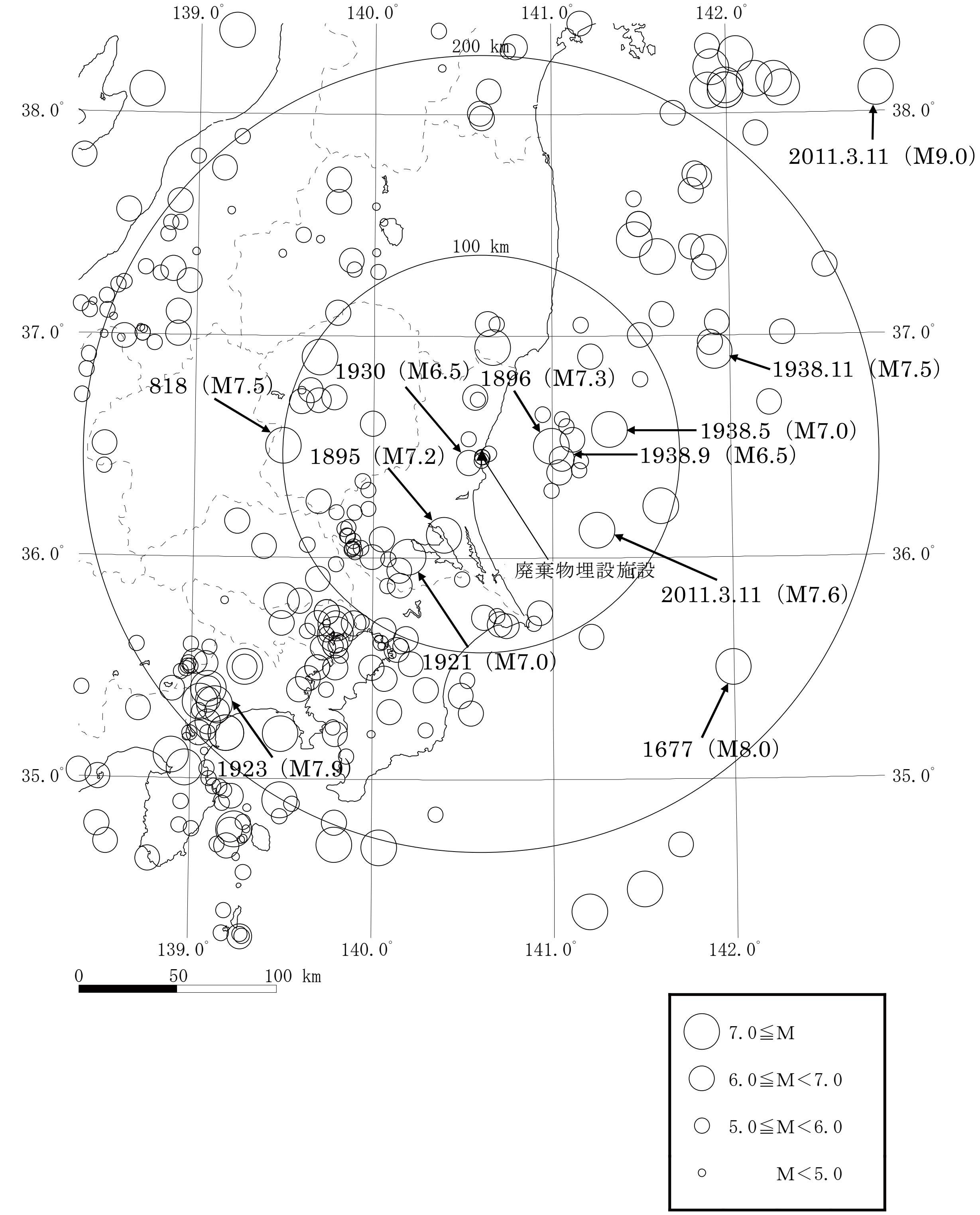
1　事業所敷地周辺の地震発生状況

敷地が位置する茨城県周辺は，陸のプレート，太平洋プレート，フィリピン海プレートの３つのプレートが接触する場所である。事業所敷地周辺で発生する地震は，内陸地殻内地震，各プレート間で発生する地震，太平洋プレートやフィリピン海プレートの海洋プレート内で発生する地震に分類される。

2　過去の被害地震

第１図は，「日本被害地震総覧」[1]及び「気象庁地震カタログ」[2]に記載されている被害地震のうち，事業所敷地からの震央距離が 200km 程度以内の被害地震の震央分布を示したものである。また，第１図に示した主な被害地震の諸元を第１表に示す。

ここで，地震の規模及び震央位置は，1884 年以前の地震については「日本被害地震総覧」[1]を，1885 年以降 1922 年までの地震については「宇津カタログ（1982）」[3]を，1923 年以降の地震については「気象庁地震カタログ」[2]を用いる。



第１図　事業所敷地周辺の過去の被害地震の震央分布図

第１表　事業所敷地周辺の主な被害地震（1／8）

年	月	日	震央位置		深さ (km)	マグニチュード	震央距離 (km)	地　名
			北緯	東経				
818	—	—	36.0～37.0°	139.0～140.0°	—	≧7.5	99	関東諸国
878	11	1	35.5°	139.3°	—	7.4	159	関東諸国
1257	10	9	35.2°	139.5°	—	7.0～7.5	172	関東南部
1360	—	—	35.2°	140.0°	—	—	151	上総
1433	11	6	37.7°	139.8°	—	6.7	155	会津
1611	9	27	37.6°	139.8°	—	6.9	145	会津
1615	6	26	35.7°	139.7°	—	6 1/4 ～6 3/4	118	江戸
1630	8	2	35 3/4°	139 3/4°	—	6 1/4	111	江戸
1633	3	1	35.2°	139.2°	—	7.0 ±1/4	190	相模・駿河・伊豆
1635	3	12	35 3/4°	139 3/4°	—	6.0	111	江戸
1636	12	3	37.0°	138.7°	—	5.0～5.5	180	越後中魚沼郡
1646	6	9	38.1°	140.65°	—	6.5～6.7	182	陸前
1648	6	13	35.2°	139.2°	—	7.0	190	相模
1649	7	30	35.8°	139.5°	—	7.0 ±1/4	124	武蔵・下野
1649	9	1	35.5°	139.7°	—	6.4	135	江戸・川崎
1659	4	21	37.1°	139.8°	—	6 3/4 ～7.0	101	岩代・下野
1670	6	22	37.85°	139.25°	—	6 3/4	195	越後中・南蒲原郡
1677	11	4	35.5°	142.0°	—	8.0	165	磐城・常陸・安房・上総・下総
1683	6	17	36.7°	139.6°	—	6.0～6.5	94	日光
1683	6	18	36.75°	139.65°	—	6.5～7.0	91	日光
1683	10	20	36.9°	139.7°	—	7.0 ±1/4	94	日光
1697	11	25	35.4°	139.6°	—	6.5	150	相模・武蔵
1706	10	21	35.6°	139.8°	—	5 3/4	120	江戸
1710	9	15	37.0°	141.5°	—	6.5 ±1/2	99	磐城
1725	5	29	36.25°	139.7°	—	6.0	85	日光
1731	10	7	38.0°	140.6°	—	6.5	170	岩代

第１表　事業所敷地周辺の主な被害地震（2／8）

年	月	日	震央位置		深さ(km)	マグニチュード	震央距離(km)	地　名
			北緯	東経				
1738	1	3	37.0°	138.7°	－	5 1/2	180	中魚沼郡
1755	4	21	36.75°	139.6°	－	－	96	日光
1756	2	20	35.7°	140.9°	－	5.5～6.0	89	銚子
1767	10	22	35.7°	139.8°	－	6.0	112	江戸
1768	7	19	35. 3°	139.05°	－	5.0	191	箱根
1782	8	23	35.4°	139.1°	－	7.0	181	相模・武蔵・甲斐
1786	3	23	35.2°	139.1°	－	5.0～5.5	196	箱根
1791	1	1	35.8°	139.6°	－	6.0～6.5	118	川越・蕨
1801	5	27	35.3°	140.1°	－	6.5	138	上総
1812	12	7	35.45°	139.65°	－	6 1/4 ±1/4	142	武蔵・相模東部
1817	12	12	35.20°	139.05°	－	6.0	199	箱根
1821	12	13	37.45°	139.6°	－	5.5～6.0	142	岩代
1828	12	18	37.6°	138.9°	－	6.9	197	越後
1831	3	26	35.65°	139 1/4°	－	5.5	119	江戸
1843	3	9	35.35°	139.1°	－	6.5 ±1/4	184	御殿場・足柄
1853	3	11	35.3°	139.15°	－	6.7 ±0.1	185	小田原付近
1855	11	11	35.65°	139.8°	－	7.0～7.1	117	江戸および付近 （江戸地震）
1856	11	4	35.7°	139.5°	－	6.0～6.5	131	江戸・立川・所沢
1859	1	11	35.9°	139.7°	－	6.0	104	岩槻
1870	5	13	35.25°	139.1°	－	6.0～6.5	192	小田原
1880	2	22	35.4°	139.75°	－	5.5～6.0	142	横浜
1884	10	15	35.7°	139.75°	－	－	115	東京付近
1887	1	15	35.5°	139.3°	－	6.2	162	相模・武蔵南東部
1887	7	22	37.5°	138.9°	－	5.7	190	新潟県古志郡
1888	4	29	36.6°	140.0°	－	6.0	56	栃木県
1889	2	18	35.5°	139.7°	－	6.0	135	東京湾周辺

第１表　事業所敷地周辺の主な被害地震（3／8）

年	月	日	震央位置		深さ(km)	マグニチュード	震央距離(km)	地　名
			北緯	東経				
1891	12	24	35.4°	138.9°	―	6.5	194	山中湖付近
1892	6	3	35.7°	139.9°	―	6.2	106	東京湾北部
1894	6	20	35.7°	139.8°	―	7.0	112	東京湾北部
1894	10	7	35.6°	139.8°	―	6.7	120	東京湾北部
1895	1	18	36.1°	140.4°	―	7.2	45	霞ヶ浦付近
1896	1	9	36 1/2°	141°	―	7.3	35	鹿島灘
1896	8	1	37 1/2°	141 1/2°	―	6.5	140	福島県沖
1897	1	17	36.2°	139.9°	―	5.6	70	利根川中流域
1897	10	2	38.0°	141.7°	―	6.6	196	仙台沖
1898	2	13	36.2°	139.8°	―	5.6	78	茨城県南西部
1898	5	26	37.0°	138.9°	―	6.1	163	新潟県六日町付近
1899	4	15	36.3°	141.0°	―	5.8	40	茨城県沖
1902	3	25	35.9°	140.5°	―	5.6	64	千葉県佐原町付近
1902	5	25	35.6°	139.0°	―	5.4	173	甲斐東部
1904	5	8	37.1°	138.9°	―	6.1	167	新潟県六日町付近
1906	2	23	34.8°	139.8°	―	6.3	200	安房沖
1906	2	24	35.5°	139.8°	―	6.4	137	東京湾
1908	12	28	35.6°	138.65°	―	5.8	197	山梨県中部
1909	7	3	35.6°	139.8°	―	6.1	120	東京湾西部
1910	9	26	36.8°	141.5°	―	5.9	88	常陸沖
1912	7	16	36.4°	138.5°	―	5.7	184	浅間山
1913	12	15	35.5°	140.0°	―	6.0	120	東京湾
1915	6	20	35.5°	139.0°	―	5.9	180	山梨県南東部
1915	11	16	35.4°	140.3°	―	6.0	122	房総南部
1916	2	22	36.5°	138.5°	―	6.2	188	浅間山麓
1918	6	26	35.4°	139.1°	―	6.3	181	山梨県上野原付近

第1表　事業所敷地周辺の主な被害地震（4／8）

年	月	日	震央位置		深さ(km)	マグニチュード	震央距離(km)	地　名
			北緯	東経				
1921	12	8	36.0°	140.2°	―	7.0	64	茨城県龍ヶ崎付近
1922	1	23	37.5°	141.5°	―	6.5	140	磐城沖
1922	4	26	35.2°	139.8°	―	6.8	160	浦賀水道
1922	5	9	36.0°	140.0°	―	6.1	75	茨城県谷田部付近
1923	1	14	36° 06′	139° 54′	60	6.1	75	水海道付近
1923	9	1	35° 19.87′	139° 08.14′	23	7.9	183	関東南部（関東大地震）
1924	1	15	35° 20.44′	139° 03.30′	20	7.3	187	丹沢山塊
1926	8	3	35° 35.41′	139° 43.89′	57	6.3	125	東京市南東部
1927	10	27	37° 30.00′	138° 50.97′	0	5.2	194	新潟県中部（関原地震）
1928	5	21	35° 40.16′	140° 03.98′	75	6.2	101	千葉付近
1929	7	27	35° 30.87′	139° 05.01′	37	6.3	173	丹沢山付近
1930	6	1	36° 25.57′	140° 32.22′	54	6.5	8	那珂川下流域
1931	9	21	36° 09.50′	139° 14.85′	3	6.9	126	埼玉県中部（西埼玉地震）
1933	10	4	37° 14.35′	138° 57.55′	0	6.1	170	新潟県小千谷
1936	11	2	37° 22.35′	140° 00.92′	1	4.1	114	会津若松市付近
1938	5	23	36° 34.43′	141° 19.44′	35	7.0	65	塩屋崎沖
1938	9	22	36° 26.61′	141° 03.49′	48	6.5	40	鹿島灘
1938	11	5	36° 55.54′	141° 55.12′	43	7.5	128	福島県東方沖（福島県東方沖地震）
1942	2	21	37° 42.63′	141° 50.75′	42	6.5	177	福島県沖
1943	8	12	37° 20.16′	139° 52.48′	26	6.2	117	福島県田島付近（田島地震）
1949	12	26	36° 43.11′	139° 46.99′	8	6.4	79	今市地方（今市地震）
1950	9	10	35° 17.71′	140° 32.98′	56	6.3	130	九十九里浜
1951	1	9	35° 27.04′	140° 4.24′	64	6.1	123	千葉県中部
1956	2	14	35° 42.24′	139° 56.68′	54	5.9	103	東京湾北岸
1956	9	30	37° 58.74′	140° 36.62′	11	6.0	168	宮城県南部
1956	9	30	35° 37.80′	140° 11.40′	81	6.3	100	千葉県中部

第１表　事業所敷地周辺の主な被害地震（5／8）

年	月	日	震央位置		深さ（km）	マグニチュード	震央距離（km）	地　名
			北緯	東経				
1961	2	2	37° 26.9′	138° 50.1′	0	5.2	191	長岡付近
1968	7	1	35° 59′	139° 26′	50	6.1	118	埼玉県中部
1974	8	4	36° 01′	139° 55′	50	5.8	79	茨城県南西部
1975	8	15	37° 04′	141° 08′	50	5.5	82	福島県沿岸
1976	6	16	35° 30′	139° 00′	20	5.5	180	山梨県東部
1977	10	5	36° 08′	139° 52′	60	5.5	76	茨城県南西部
1979	4	25	37° 22′	139° 29′	0	4.4	141	福島県西部
1979	5	5	35° 48′	139° 11′	20	4.7	148	秩父市付近
1980	9	24	35° 58′	139° 48′	80	5.4	91	埼玉県東部
1980	9	25	35° 31′	140° 13′	80	6.0	111	千葉県中部
1982	8	12	34° 53′	139° 34′	30	5.7	199	伊豆大島近海
1983	2	27	35° 56.4′	140° 09.1′	72	6.0	71	茨城県南部
1983	8	8	35° 31.3′	139° 01.3′	22	6.0	177	神奈川・山梨県境
1984	2	14	35° 35.3′	139° 06.2′	25	5.4	167	神奈川・山梨県境
1984	12	17	35° 36.0′	140° 03.3′	78	4.9	108	東京湾
1987	2	6	36° 57.9′	141° 53.6′	35	6.7	127	福島県沖
1987	4	7	37° 18.2′	141° 51.8′	44	6.6	145	福島県沖
1987	4	23	37° 05.5′	141° 37.4′	46.8	6.5	114	福島県沖
1987	6	16	37° 30.5′	140° 03.4′	7.1	4.5	126	会津若松付近
1987	9	14	36° 59.5′	138° 29.0′	7.1	4.8	198	長野県北部
1987	12	17	35° 22.5′	140° 29.6′	57.9	6.7	122	千葉県東方沖
1988	3	18	35° 39.9′	139° 38.6′	96.1	5.8	124	東京都東部
1988	8	12	35° 05.9′	139° 51.8′	69.4	5.3	166	千葉県南部
1988	9	5	35° 30.0′	138° 59.0′	29.6	5.6	181	山梨県東部
1989	2	19	36° 01.3′	139° 54.3′	55.3	5.6	80	茨城県南西部
1989	3	6	35° 41.8′	140° 42.6′	55.7	6.0	86	千葉県北部

第１表　事業所敷地周辺の主な被害地震（6／8）

年	月	日	震央位置		深さ (km)	マグニチュード	震央距離 (km)	地　名
			北緯	東経				
1990	5	3	36°26.2′	140°36.6′	58.0	5.4	3	鹿島灘
1992	2	2	35°13.8′	139°47.3′	92.3	5.7	156	東京湾南部
1992	5	11	36°32.0′	140°32.2′	56.2	5.6	10	茨城県中部
1992	12	27	36°58.6′	138°34.8′	10.0	4.5	189	新潟県南部
1993	5	21	36°02.7′	139°53.8′	60.8	5.4	79	茨城県南西部
1994	12	18	37°17.7′	139°53.5′	6.3	5.5	112	福島県西部
1995	1	7	36°18.10′	139°58.63′	71.5	5.4	59	茨城県南西部
1995	4	1	37°53.47′	139°14.88′	16.2	5.6	199	新潟県北東部
1995	12	22	38°12.21′	140°23.05′	11.1	4.6	194	蔵王付近
1996	2	17	37°18.57′	142°32.86′	58.0	6.8	196	福島県沖
1996	3	6	35°28.55′	138°56.86′	19.6	5.5	185	山梨県東部
1996	9	11	35°38.33′	141°13.01′	52.0	6.4	107	銚子沖
1996	12	21	36°05.77′	139°51.65′	53.1	5.6	78	茨城県南部
1998	2	21	37°16.22′	138°47.74′	19.1	5.2	184	中越地方
1999	3	26	36°27.04′	140°36.93′	59.0	5.0	2	水戸付近
1999	9	13	35°35.86′	140°09.59′	75.8	5.1	104	千葉市付近
2000	4	26	37°34.80′	140°00.73′	12.6	4.5	135	会津若松・喜多方付近
2000	6	3	35°41.39′	140°44.79′	48.1	6.1	87	千葉県北東部
2000	7	21	36°31.76′	141°07.12′	49.4	6.4	46	茨城県沖
2001	1	4	36°57.39′	138°46.12′	11.2	5.3	173	中越地方
2002	2	12	36°35.38′	141°04.96′	47.8	5.7	45	茨城県沖
2002	6	14	36°12.98′	139°58.63′	57.0	5.1	63	茨城県南部
2003	5	12	35°52.13′	140°05.14′	46.9	5.3	81	茨城県南部
2003	9	20	35°13.13′	140°18.02′	70.0	5.8	141	千葉県南部
2003	10	15	35°36.82′	140°02.99′	73.9	5.1	107	千葉県北西部
2003	11	15	36°25.95′	141°09.91′	48.4	5.8	50	茨城県沖

第１表　事業所敷地周辺の主な被害地震（7／8）

年	月	日	震央位置		深さ (km)	マグニチュード	震央距離 (km)	地　名
			北緯	東経				
2004	4	4	36° 23.41′	141° 09.24′	49.0	5.8	50	茨城県沖
2004	7	17	34° 50.29′	140° 21.36′	68.7	5.5	182	房総半島南東沖
2004	10	6	35° 59.33′	140° 05.39′	66.0	5.7	70	茨城県南部
2004	10	23	37° 17.55′	138° 52.03′	13.1	6.8	180	中越地方（新潟県中越地震）
2005	1	18	37° 22.24′	138° 59.81′	7.6	4.7	175	中越地方
2005	2	16	36° 02.31′	139° 53.33′	46.2	5.3	80	茨城県南部
2005	4	11	35° 43.61′	140° 37.27′	51.5	6.1	82	千葉県北東部
2005	6	20	37° 13.76′	138° 35.44′	14.5	5.0	198	中越地方
2005	6	20	35° 44.03′	140° 41.68′	50.7	5.6	82	千葉県北東部
2005	7	23	35° 34.90′	140° 08.31′	73.1	6.0	107	千葉県北西部
2005	7	28	36° 07.57′	139° 50.78′	51.1	5.0	78	茨城県南部
2005	8	7	35° 33.57′	140° 06.89′	73.3	4.7	110	千葉県北西部
2005	8	21	37° 17.90′	138° 42.71′	16.7	5.0	192	中越地方
2005	10	16	36° 02.36′	139° 56.25′	47.1	5.1	76	茨城県南部
2005	10	19	36° 22.90′	141° 02.59′	48.3	6.3	40	茨城県沖
2007	8	16	35° 26.6′	140° 31.8′	30.8	5.3	114	九十九里浜付近
2007	8	18	35° 20.9′	140° 21.6′	23.5	4.8	126	九十九里浜付近
2007	10	1	35° 13.5′	139° 07.1′	14.2	4.9	192	神奈川県西部
2008	3	8	36° 27.2′	140° 36.7′	57.0	5.2	2	茨城県北部
2008	5	8	36° 13.7′	141° 36.5′	50.6	7.0	93	茨城県沖
2008	7	5	36° 38.6′	140° 57.1′	49.7	5.2	37	茨城県沖
2009	5	12	37° 04.3′	138° 32.0′	12.1	4.8	196	上越地方
2009	10	12	37° 25.9′	139° 41.8′	3.9	4.9	134	会津地方
2010	3	14	37° 43.5′	141° 49.1′	39.8	6.7	176	福島県沖
2010	5	1	37° 33.6′	139° 11.5′	9.3	4.9	175	中越地方
2010	6	13	37° 23.8′	141° 47.7′	40.3	6.2	148	福島県沖

第１表　事業所敷地周辺の主な被害地震（8／8）

年	月	日	震央位置		深さ（km）	マグニチュード	震央距離（km）	地　名
			北緯	東経				
2010	9	29	37°　17.1′	140°　01.5′	7.6	5.7	105	福島県中通り
2011	3	11	38°　06.2′	142°　51.7′	23.7	9.0	270	東北沖（2011年東北地方太平洋沖地震の本震）
2011	3	11	36°　07.2′	141°　15.1′	42.7	7.6	69	茨城県沖
2011	3	12	36°　59.2′	138°　35.9′	8.4	6.7	188	長野県北部
2011	4	11	36°　56.7′	140°　40.4′	6.4	7.0	54	福島県浜通り
2011	4	16	36°　20.5′	139°　56.7′	78.8	5.9	61	茨城県南部
2011	4	17	37°　01.4′	138°　41.3′	8.0	4.9	182	中越地方
2011	6	2	37°　01.1′	138°　42.3′	5.7	4.7	180	中越地方
2011	7	31	36°　54.2′	141°　13.3′	57.3	6.5	73	福島県沖
2011	8	19	37°　38.9′	141°　47.8′	51.2	6.5	169	福島県沖
2011	11	20	36°　42.6′	140°　35.3′	9.0	5.3	27	茨城県北部
2012	1	28	35°　29.4′	138°　58.6′	18.2	5.4	182	富士五湖地方
2012	3	14	35°　44.9′	140°　55.9′	15.1	6.1	85	千葉県東方沖
2013	9	20	37°　03.1′	140°　41.7′	16.7	5.9	65	福島県浜通り
2014	9	16	36°　05.6′	139°　51.8′	46.5	5.6	78	茨城県南部
2015	5	25	36°　03.3′	139°　38.3′	55.7	5.5	98	埼玉県北部
2015	9	12	35°　33.3′	139°　49.8′	56.6	5.2	123	東京湾
2016	5	16	36°　02.0′	139°　53.2′	53.2	5.5	81	茨城県南部
2016	11	22	37°　21.2′	141°　36.2′	36.2	7.4	133	福島県沖
2016	12	28	36°　43.2′	140°　34.4′	34.4	6.3	28	茨城県北部

３　地震の分類

地震によって建物等に被害が発生するのは震度 5 弱（1996 年以前は震度Ｖ）程度以上であることから[4]，「1.　事業所敷地周辺の地震発生状況」による地震の規模，位置等に関する最新の知見をもとに，事業所敷地に大きな影響を与える地震として，震度 5 弱程度以上のものを地震発生様式別に選定する。

「日本被害地震総覧」[1]に記載されている震度分布図及び気象庁から公表されている震度分布図によれば，第 1 図の地震のうち，事業所敷地周辺で震度 5 弱（震度Ｖ）程度以上であったと推定される地震は，1895 年霞ヶ浦付近の地震，1923 年関東大地震，1930 年那珂川下流域の地震，1938 年塩屋崎沖の地震，1938 年鹿島灘の地震，1938 年福島県東方沖地震，2011 年東北地方太平洋沖地震の本震及び同日 15 時 15 分に発生した余震である。

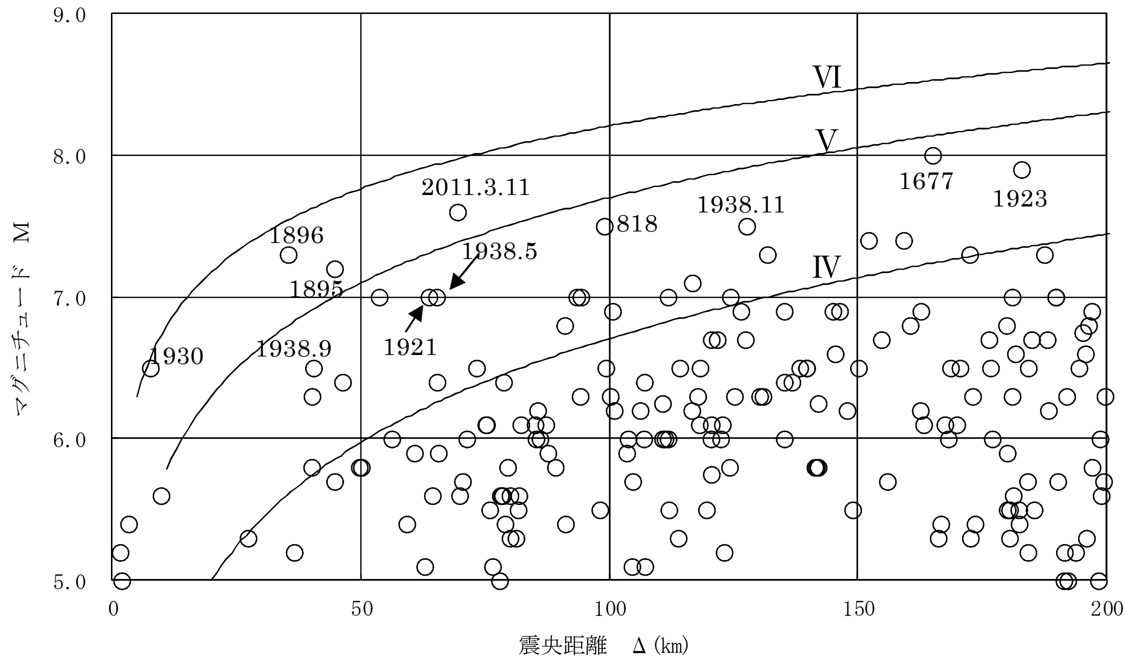
また，第 1 図の地震のうち，事業所敷地及びその周辺での震度等が明らかでない地震については，第 2 図に示すように，地震の規模及び震央距離と震度との関係[5][6]から事業所敷地での震度を推定した。これによれば，事業所敷地周辺で震度 5 弱（震度Ｖ）程度以上であったと推定される地震は，818 年関東諸国の地震，1677 年磐城・常陸・安房・上総・下総の地震，1896 年鹿島灘の地震及び 1921 年茨城県龍ヶ崎付近の地震である。

第 1 図に示す過去の被害地震のうち，事業所敷地周辺で震度 5 弱(震度Ｖ)程度以上であったと推定される内陸地殻内地震は，818 年関東諸国の地震である。

第 1 図に示す過去の被害地震のうち，事業所敷地周辺で震度 5 弱(震度Ｖ)程度以上であったと推定されるプレート間地震は，1677 年磐城・常陸・安房・上総・下総の地震，1896 年鹿島灘の地震，1923 年関東大地震，1930 年那珂川下流域の地震，1938 年塩屋崎沖の地震，1938 年鹿島灘の地震，1938 年福

島県東方沖地震，2011 年東北地方太平洋沖地震の本震及び同日 15 時 15 分に発生した余震である。これらのうち，1923 年関東大地震はフィリピン海プレートと陸側のプレートの境界で発生したプレート間地震であるが，それ以外の地震は太平洋プレートと陸側のプレートの境界で発生したプレート間地震である。

第 1 図に示す過去の被害地震のうち,事業所敷地周辺で震度 5 弱(震度Ｖ)程度以上であったと推定される海洋プレート内の地震は，1895 年霞ヶ浦付近の地震及び 1921 年茨城県龍ヶ崎付近の地震である。首都直下地震防災・減災特別プロジェクト（2012）[(7)]では，1895 年霞ヶ浦付近の地震は太平洋プレート内で発生した地震であり，1921 年茨城県龍ヶ崎付近の地震はフィリピン海プレート内で発生した地震であることが指摘されている。



（数字は震度Ｖ程度以上の地震の年号を示す）

第２図　事業所敷地周辺の被害地震のマグニチュードー震央距離

４　参考文献

（１）宇佐美龍夫・石井寿・今村隆正・武村雅之・松浦律子（2013）：日本被害地震総覧599－2012，東京大学出版会

（２）気象庁：地震年報2016年版他（「気象庁地震カタログ」）

（３）宇津徳治（1982）：日本付近のM6.0以上の地震および被害地震の表：1885年～1980年，東京大学地震研究所彙報，Vol.57（「宇津カタログ（1982）」）

（４）気象庁・消防庁（2009）：震度に関する検討会報告書，平成21年3月

（５）村松郁栄（1969）：震度分布と地震のマグニチュードとの関係，岐阜大学教育学部研究報告，自然科学，第4巻，第3号

（６）勝又譲・徳永規一（1971）：震度Ⅳの範囲と地震の規模および震度と加速度の対応，験震時報，第36巻，第3，4号

（７）東京大学地震研究所・防災科学技術研究所・京都大学防災研究所（2012）：文部科学省委託研究　首都直下地震防災・減災特別プロジェクト　総括成果報告書，平成24年3月

以上

参考資料 1

温暖期継続による仮想的な評価について

目　次

1　はじめに

本資料は，廃止措置の開始後の評価の地質環境等の状態設定の温暖期継続ケースにおいて，海水準が上昇し，東海 L3 埋設施設が徐々に海に浸漬するような仮想的なケースを想定した場合の影響を示すものである。

2　想定する仮想的な状況

地質環境等の状態設定として，温暖期が継続するようなケースでは，1,000 年後の海水準が現在の海水準に比べて 10 m程度上昇すると設定した。

廃棄物埋設地を設置する地表面高さは，T.P.約＋8 m であり，1,000 年後の海水準が現在に比べて 10 m 上昇した場合は，廃棄物埋設地が海に水没することとなる。

しかし，設定した海水準の上昇量は保守的な設定であると考えられること，海水準の上昇は緩慢な事象であること及び現在においても海岸侵食が顕著な地域では海岸浸食の対策が施されることを踏まえれば，1,000 年後の海水準以下の地域が水没するような事象は，科学的に合理的な想定としては考えられない。

そのため，1,000 年後の海水準以下となる廃棄物埋設地が水没する状況を仮想的な状況として整理し，その際に廃棄物埋設地に埋設した放射性廃棄物から漏出した放射性物質により公衆が受ける影響を評価し，被ばく線量が十分に小さいことを確認する。

３　仮想的な状況を想定した評価

仮想的な状況を想定した評価として，海水準の上昇は緩やかであるため，廃棄物埋設地が徐々に水没する場合を想定する。

1,000 年後の海水準が現在に比べて 10 m 上昇すると設定していることから,廃棄物埋設地直下の地下水が最終覆土の完了後から 1,000 年後まで一定の速度で上昇し（10 m／1,000 年）,廃棄物埋設地が徐々に水没すると仮定する。

廃棄物埋設地に埋設した放射性廃棄物に含まれる放射性物質が漏出し，生活環境へ移動する状況を想定した廃止措置の開始後の評価では，廃棄物埋設地上部から浸透した降雨等の浸透水によって地下水に放射性物質が移動し，地下水により生活環境へ移動することを想定して評価を実施している。

地下水の上昇により，通気層，廃棄物層の順で徐々に地下水に水没することを想定し，地下水が上昇した位置の通気層又は廃棄物層の年間浸透水量を地下水流量と同程度の年間浸透水量に変化させることで，水没により放射性物質が生活環境へ移動することを模擬した評価を行う。

公衆が受ける影響の程度を確認するための被ばく経路としては，廃棄物埋設地が水没する仮定であることから,「海産物の摂取に伴う内部被ばく」を対象とする。

（１）評価モデルの設定

地下水の上昇により徐々に廃棄物埋設地が水没すると仮定した評価の評価モデルを以下に示す。

ａ．廃棄物埋設地内の移行

廃棄物埋設地内に浸透した雨水等の浸透水が埋設した放射性廃棄物に接触することにより，放射性廃棄物中の放射性物質が浸透水中に溶出する。浸透水と埋設地内の土砂との間に分配平衡が成立すると仮定し，鉛直の1次元方向（以下「z 方向」という。）に一定速度で流れていると仮定し，z 方向の分散係数においては，分散を考慮せず分子拡散係数のみで設定する。

地下水の上昇により徐々に水没することを想定するため，年間浸透水量を位置と時間により変動する関数として設定する。

廃棄物埋設地内の放射性核種 i の濃度を（1）式から（5）式を用いて計算する。

なお，z＝0 は廃棄物層上面を表す。

$$A_D(t,i) = S_D * V_D(H_D,t) * C_D(z,t,i)\big|_{z=H_D} - S_D * \varepsilon_D * \theta_D * D_Z \frac{\partial C_D(z,t,i)}{\partial z}\bigg|_{z=H_D}$$

・・・（1）

$$R_D(i) * \frac{\partial C_D(z,t,i)}{\partial t} = P_D * \varepsilon_D * \theta_D * D_Z * \frac{\partial^2 C_D(z,t,i)}{\partial z^2}$$

$$- \frac{\partial\big(C_D(z,t,i) * V_D(z,t)\big)}{\partial z} - R_D(i) * \lambda(i) * C_D(z,t,i)$$

・・・（2）

$$R_D(i) = P_D * (\varepsilon_D * \theta_D + (1 - \varepsilon_D) * \rho_D * Kd_D(i))$$

・・・（3）

$$C_D(z,0,i) = \frac{A_W(i)}{S_D * H_D * R_D(i)}$$

・・・（4）

$$D_Z = D$$

・・・(5)

$A_D(t,i)$ ：時間 t における放射性核種 i の年間漏出量（Bq／y）

S_D ：廃棄物埋設地平面積（m^2）

$V_D(z,t)$ ：時間 t における位置 z での年間浸透水量（m^3／（m^2・y））

$C_D(z,t,i)$ ：時間 t における放射性核種 i の廃棄物埋設地内間隙水中濃度（Bq／m^3）

H_D ：廃棄物層深さ（m）

ε_D ：廃棄物埋設地内の充填砂／中間覆土の間隙率（－）

θ_D ：廃棄物埋設地内の飽和度（－）

D_Z ：z 方向の分散係数（m^2／y）

$R_D(i)$ ：廃棄物埋設地内の放射性核種 i の平均収着係数（－）

$\lambda(i)$ ：放射性核種 i の崩壊定数（1／y）；$=\ln 2/T_{1/2}(i)$

$T_{1/2}(i)$ ：放射性核種 i の半減期（y）

$A_W(i)$ ：廃棄物受入れ時の放射性核種 i の総放射能量（Bq）

P_D ：廃棄物埋設地内の充填砂／中間覆土の体積割合（－）

ρ_D ：廃棄物埋設地内の充填砂／中間覆土の粒子密度（kg／m^3）

$Kd_D(i)$ ：廃棄物埋設地内の充填砂／中間覆土の放射性核種 i の収着分配係数（m^3／kg）

D ：分子拡散係数（m^2／y）

ｂ．通気層中の移行

通気層中の放射性物質の移行は，廃棄物埋設地内の移行と同様に鉛直の１次元方向（以下「z 方向」という。）に一定速度で流れていると仮定する。

通気層中の放射性核種 i の濃度は（6）式から（10）式を用いて計算する。

$$S_D * V_D(H_D,t) * C_U(z,t,i)\big|_{z=H_D} - S_D * \varepsilon_U * \theta_U * D_Z \left.\frac{\partial C_U(z,t,i)}{\partial z}\right|_{z=H_D} = A_D(t,i)$$

・・・(6)

$$A_U(t,i) = S_D * V_D(H_D+H_U,t) * C_U(z,t,i)\big|_{z=H_D+H_U}$$

$$-S_D * \varepsilon_U * \theta_U * D_Z \left.\frac{\partial C_U(z,t,i)}{\partial z}\right|_{z=H_D+H_U}$$

・・・(7)

$$R_U(i) * \frac{\partial C_U(z,t,i)}{\partial t} = \varepsilon_U * \theta_U * D_Z * \frac{\partial^2 C_U(z,t,i)}{\partial z^2} - \frac{\partial\left(C_U(z,t,i) * V_D(z,t)\right)}{\partial z}$$

$$-R_U(i) * \lambda(i) * C_U(z,t,i) \quad (H_D \le z \le H_D + H_U)$$

・・・(8)

$$R_U(i) = \varepsilon_U * \theta_U + (1-\varepsilon_U) * \rho_U * Kd_U(i)$$

・・・(9)

$$C_U(z,H_D,i) = C_D(z,H_D,i)$$

・・・(10)

$C_U(z,t,i)$　：時間 t における放射性核種 i の通気層内間隙水中濃度（Bq／m^3）

ε_U　：通気層土壌の間隙率（－）

θ_U　　：通気層飽和度（－）

$A_U(t,i)$　　：時間 t における放射性核種 i の通気層から帯水層への年間移行量（Bq／y）

H_U　　：通気層高さ（m）

$R_U(i)$　　：通気層内の放射性核種 i の平均収着係数（－）

ρ_U　　：通気層土壌の粒子密度（kg／m^3）

$Kd_U(i)$　　：通気層土壌における放射性核種 i の収着分配係数（m^3／kg） ｃ．帯水層中の移行

廃棄物埋設地から漏出した放射性物質は，通気層を移行し，本施設直下の帯水層に流入する。放射性物質は，帯水層内の土壌に収着及び脱着されながら地下水中を下流側へ移行していく。

帯水層に流れ込む面積は廃棄物埋設地の平面積と同一とし，帯水層の厚さは一定，土壌の間隙率及び密度は一様と仮定する。また，地下水の流向は東西方向に一様であり，東西方向の１次元（以下「x 方向」とする。）の方向にのみ一定速度で流れていると仮定する。x 方向の分散係数においては，分散を考慮せず分子拡散係数のみで設定する。

帯水層中の放射性物質の移行を（11）式から（14）式を用いて計算する。

$$R_{GW}(i) * \frac{\partial C_{GW}(x,t,i)}{\partial t} = \varepsilon_{GW} * D_x * \frac{\partial^2 C_{GW}(x,t,i)}{\partial x^2} - V_{GW} * \frac{\partial C_{GW}(x,t,i)}{\partial x}$$

$$-R_{GW}(i) * \lambda(i) * C_{GW}(x,t,i) + \frac{A_{GW}(x,t,i)}{L_D * W_D * H_{GW}}$$

・・・（11）

$$R_{GW}(i) = \varepsilon_{GW} + (1 - \varepsilon_{GW}) * \rho_{GW} * Kd_{GW}(i)$$

・・・（12）

$$A_{GW}(x,t,i) = \begin{cases} A_U(t,i) & (-L_D \leq x \leq 0) \\ 0 & (x < -L_D,, 0 < x) \end{cases}$$

・・・（13）

$$D_x = D$$

・・・（14）

$C_{GW}(x,t,i)$　：時間 t における地下水中の放射性核種 i の濃度（Bq／m^3）

$R_{GW}(i)$　：帯水層内の放射性核種 i の平均収着係数（－）

ε_{GW}　：帯水層土壌の間隙率（－）

D_x　：x 方向の分散係数（m^2／y）

V_{GW}　：地下水流速（m／y）

$A_{GW}(x,t,i)$　：時間 t における帯水層への放射性核種 i の年間流入量（Bq／y）

L_D　：廃棄物埋設地の長さ（m）

W_D　：廃棄物埋設地の幅（m）

H_{GW}　：帯水層の厚さ（m）

ρ_{GW}　：帯水層土壌の粒子密度（kg／m^3）

$Kd_{GW}(i)$　：帯水層土壌における放射性核種 i の収着分配係数（m^3／kg） ｄ．海水中の放射性物質の濃度

放射性物質は，帯水層から地下水を経由して海に移行する。

海水中の放射性核種 i の濃度は，（15）式及び（16）式を用いて計算する。

$$A_{SW}(t,i) = W_D * H_{GW} * V_{GW} * C_{GW}(x,t,i)\big|_{x=X_{SW}}$$

$$-W_D * H_{GW} * \varepsilon_{GW} * D_x * \left.\frac{\partial C_{GW}(x,t,i)}{\partial x}\right|_{x=X_{SW}}$$

・・・（15）

$$C_{SW}(t,i) = \frac{A_{SW}(t,i)}{V_{SW}}$$

・・・（16）

$A_{SW}(t,i)$	：時間 t における放射性核種 i の海への年間移行量（Bq／y）
X_{SW}	：廃棄物埋設地下流端から海までの距離（m）
$C_{SW}(t,i)$	：時間 t における海水中の放射性核種 i の濃度（Bq／m^3）
V_{SW}	：評価海域の海水交換水量（m^3／y）

ｅ． 海 産 物 の 摂 取 に 伴 う 内 部 被 ば く

海産物の摂取により内部被ばくする場合の線量は，（17）式を用いて計算する。

$$D_{SWING}(t,i) = \sum_{m} C_{SW}(t,i) * R_{SW}(m,i) * Q_{SW}(m) * G_{SW}(m) * D_{CFING}(i)$$

・・・（17）

$D_{SWING}(t,i)$ ：時間 t における海産物摂取に伴う放射性核種 i による内部被ばく線量（Sv／y）

$R_{SW}(m,i)$ ：放射性核種 i の海産物 m への濃縮係数（m^3／kg）

$Q_{SW}(m)$ ：海産物 m の年間摂取量（kg／y）

$G_{SW}(m)$ ：評価海域における海産物 m の市場係数（－）

$D_{CFING}(i)$ ：放射性核種 i の経口摂取内部被ばく線量換算係数（Sv／Bq）

（２）線量評価パラメータの設定

本評価は仮想的な状況を想定した評価であることから,「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の位置、構造及び設備の基準に関する規則第十三条（ピット処分又はトレンチ処分に係る廃棄物埋設地）第1項第三号及び第四号への適合性について　線量評価パラメータ」で設定した廃止措置の開始後の評価に用いる線量評価パラメータのうち，最も可能性が高い自然事象シナリオの設定値を使用する。

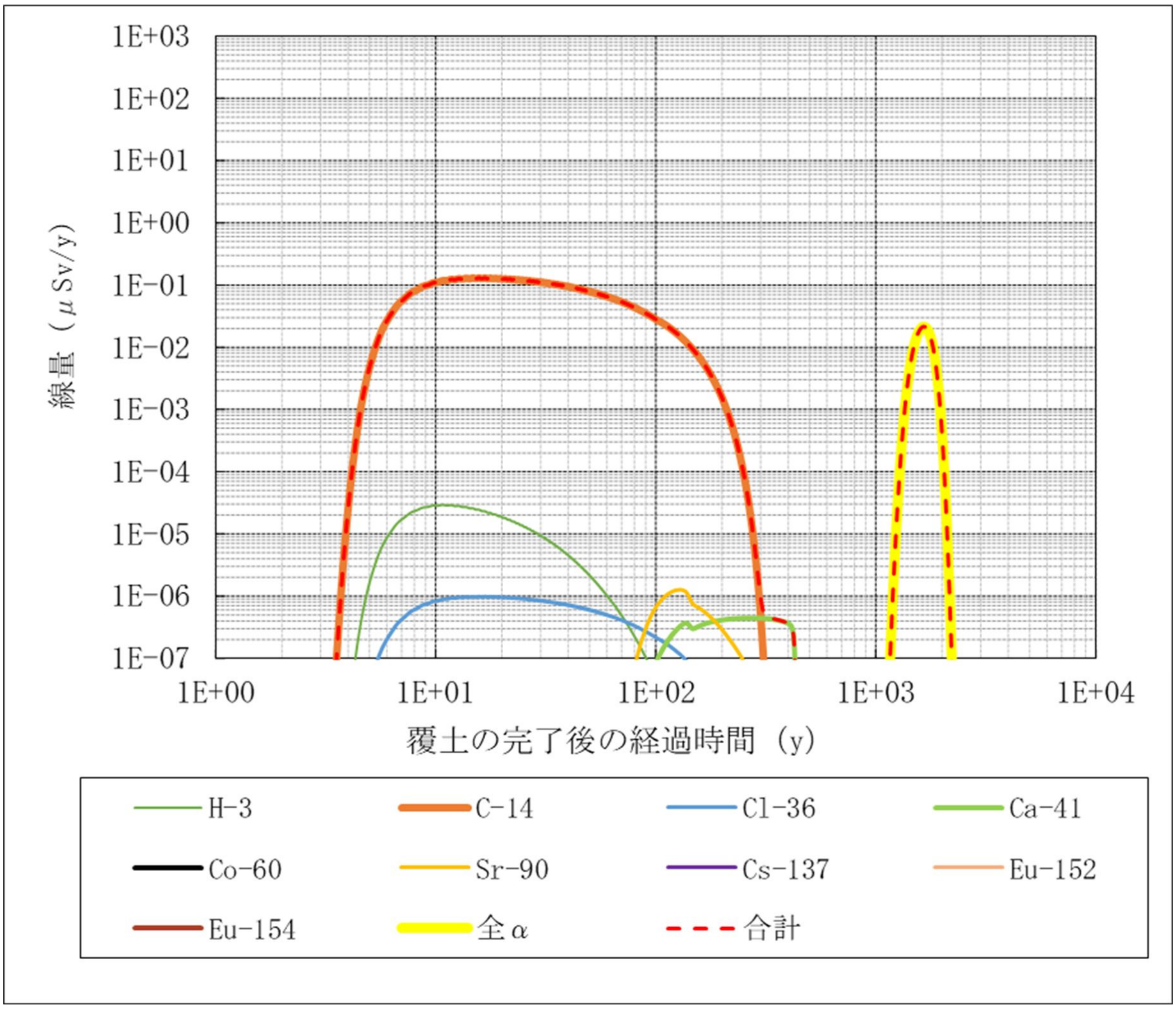
このうち，年間浸透水量については，地下水の上昇により水没した時点で地下水流量と同等となる100 m^3／（m^2・y）に変更する。

また，最も可能性が高い自然事象シナリオの評価対象個人は居住者を想定しているため，市場係数として「0.2」を用いているが，漁業従事者と同様の設定となる「1」に変更する。

（３）線量評価結果

地下水の上昇により徐々に廃棄物埋設地が水没する仮想的な状況を想定した際の「海産物の摂取に伴う内部被ばく」の評価結果を第１図に示す。

被ばく線量の最大値は 1.3×10^{-1} μSv／y となり，最も厳しい自然事象シナリオの基準値である 300μSv／y と比較しても十分に低い被ばく線量となる。



第１図　「海産物摂取」の評価結果の経年変化図

4　まとめ

1,000年後の地質環境等の状態設定として，温暖期が継続し，海水準が上昇した際の仮想的な状況を想定した評価を実施した結果，仮に廃棄物埋設地が徐々に水没する状況においても公衆が受ける影響は十分に小さい結果となった。

以上

参考資料 2

降水量と地下水位の相関について

目　次

1　はじめに

本資料は，廃止措置の開始後の評価の地質環境等の状態設定のうち降水量と地下水位の相関関係を用いた将来の地下水位，動水勾配及び地下水流速の設定について補足するものである。

2　設定値の設定の考え方

地質環境等の状態設定のうち，気候変動に起因する事象として，地下水位（地下水流動）で設定する将来の地下水位，動水勾配及び地下水流速の設定に関する考え方は以下のとおりである。

廃棄物埋設地付近には砂丘砂層が分布しており，廃棄物埋設地は砂丘砂層中に設置される。廃棄物埋設地の周辺を流動する地下水は，敷地の西側に分布する台地から流動してくる地下水と敷地内の降水のかん養が主な供給源となっている。廃棄物埋設地周辺の地下水は，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。廃棄物埋設地の地下水位は，いずれも廃棄物埋設地底面レベルを上回ったことはない。1,000 年後の将来の地形は現状とほぼ同様と考えられるため，将来においても廃棄物埋設地周辺の地下水は，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。

廃棄物埋設地周辺の地下水位観測の結果に基づき，動水勾配及び地下水流速を評価する。

将来の地下水位，動水勾配及び地下水流速の設定においては，気候変化として寒冷化ケースと温暖期継続ケースが想定され，それぞれのケースにおける降水量に応じて地下水位が変動し，動水勾配及び地下水流速に影響を与えると考えられる。このため，将来の地下

水位，動水勾配及び地下水流速は以下の方法により設定する。

① 過去の記録に基づき，12ヶ月間の降水量と廃棄物埋設地直下の平均地下水位の相関式を設定する。

② 廃棄物埋設地直下の平均地下水位と，廃棄物埋設地の上流と下流の地下水位から算出した年平均動水勾配の相関式を設定する。

③ 将来の降水量の設定に基づき，①及び②で設定した相関式を用いて，地下水位，動水勾配及び地下水流速を設定する。

以上の考え方を基に設定した寒冷化ケースにおける地下水位，動水勾配及び地下水流速の設定値は第1表のとおりとなる。

第1表　寒冷化ケースにおける設定値

	降水量（mm）	地下水位（T.P. m）	動水勾配（－）	地下水流速（m／y）
最も可能性が高い設定	1,410	＋1.83	4.77×10^{-3}	48.5
最も厳しい設定	1,110	＋1.63	4.12×10^{-3}	42.0

3　期間を変更した際の各設定値

「2　設定値の設定の考え方」で示した①の12ヶ月間の降水量と廃棄物埋設地直下の平均地下水位の相関式の設定において，12ヶ月間の期間の設定を1ヶ月ずつずらして相関関係を確認し，最も相関がよくなる期間を用いて設定している。そのため，他の期間で地下水位，動水勾配及び地下水流速を設定した際の変動の程度及び設定値の考え方を以下で示す。

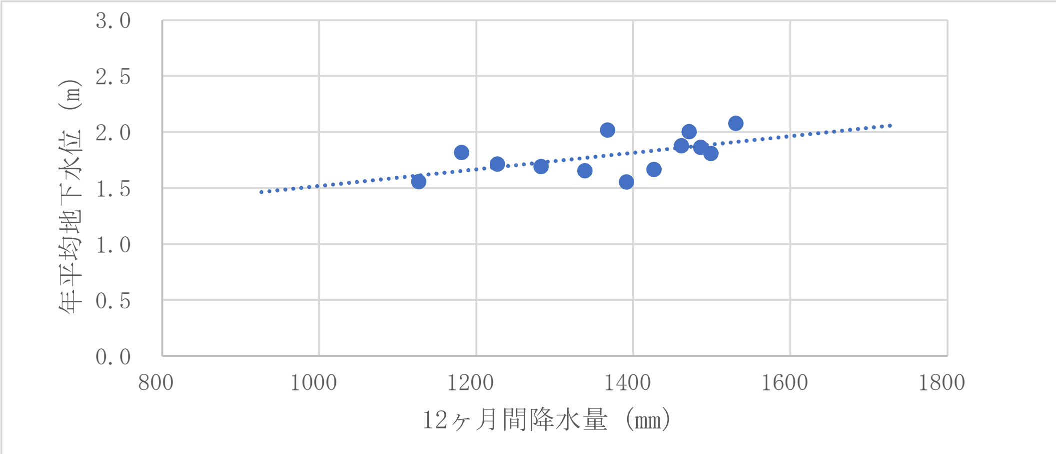
12ヶ月の期間の設定を1ヶ月ずつずらして12ヶ月間の降水量と平均地下水位の関係を整理した結果を第1図～第12図に示す。

12ヶ月間の降水量と平均地下水位の関係より求めた相関式を用いて地下水位を求め，地下水位と動水勾配の相関式より動水勾配を算出した結果を第2表及び第3表に示す。第2表及び第3表には，動水勾配の算出値より地下水流速を算出した結果を合わせて示す。なお，最も可能性が高い設定の降水量は1,410 ㎜を，最も厳しい設定の降水量は1,110 ㎜を用いた。

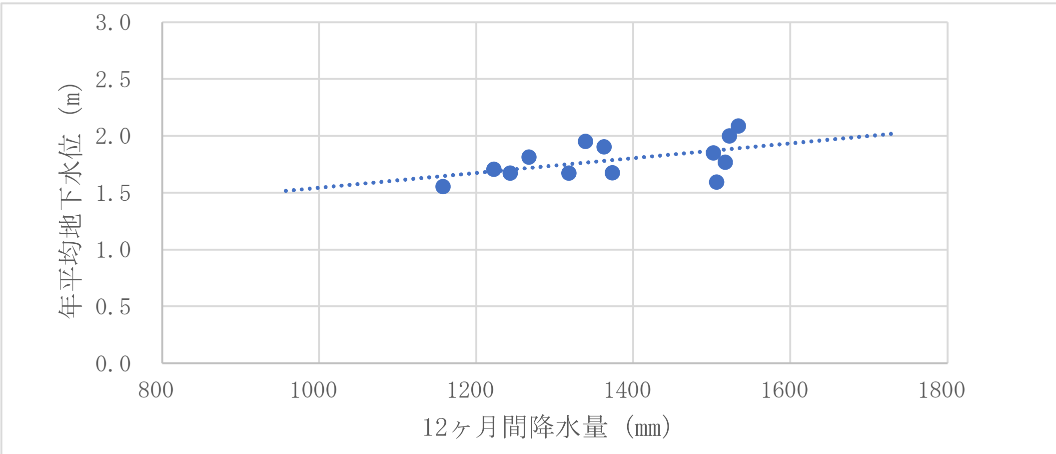
第2表及び第3表より，現在設定に用いている10月から翌年9月の12ヶ月間の降水量と平均地下水位を用いて地下水位，動水勾配及び地下水流速を算出した結果は，他の期間で算出した結果の平均的な値となっていることが分かる。そのため，最も可能性が高い設定及び最も厳しい設定においてデータのばらつきを考慮した設定が行えていると判断できる。

なお，最も厳しい設定においては，地下水位，動水勾配及び地下水流速の設定値算出の基となる降水量の設定において，希釈水量が少なくなる設定を採用していることから，データのばらつきの平均的な値を採用することで問題ないと考える。

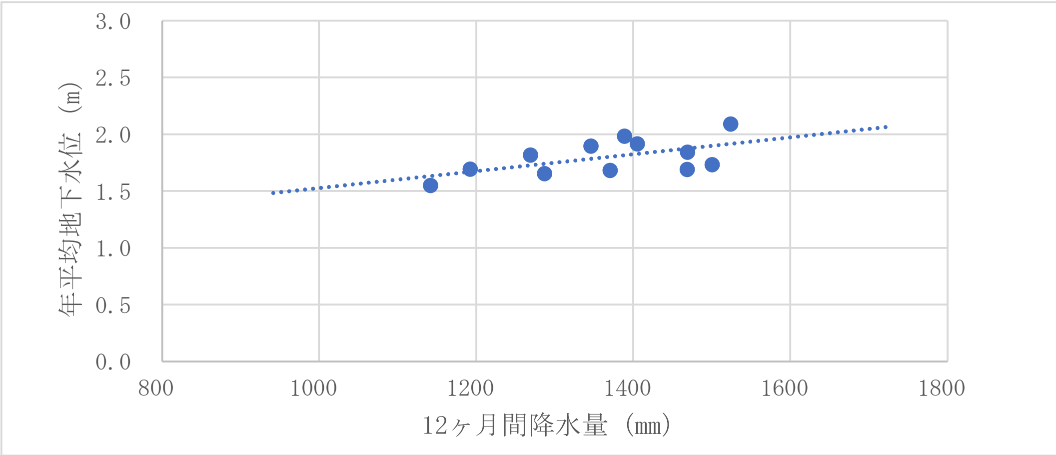
以上より，10月から翌年9月の12ヶ月間の降水量と平均地下水位の相関を用いて，地下水位，動水勾配及び地下水流速の設定を行うことは妥当であると考える。



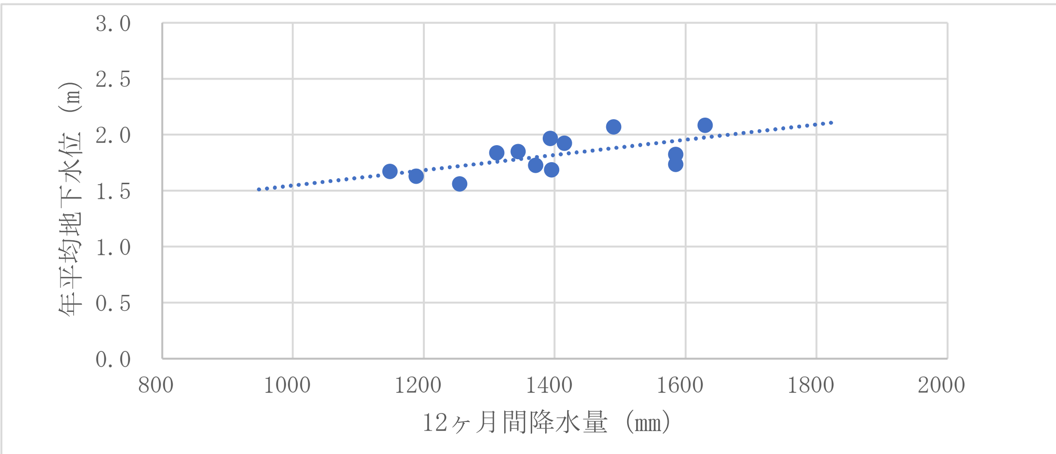
第１図　１月から同年 12 月の降水量と平均地下水位の関係



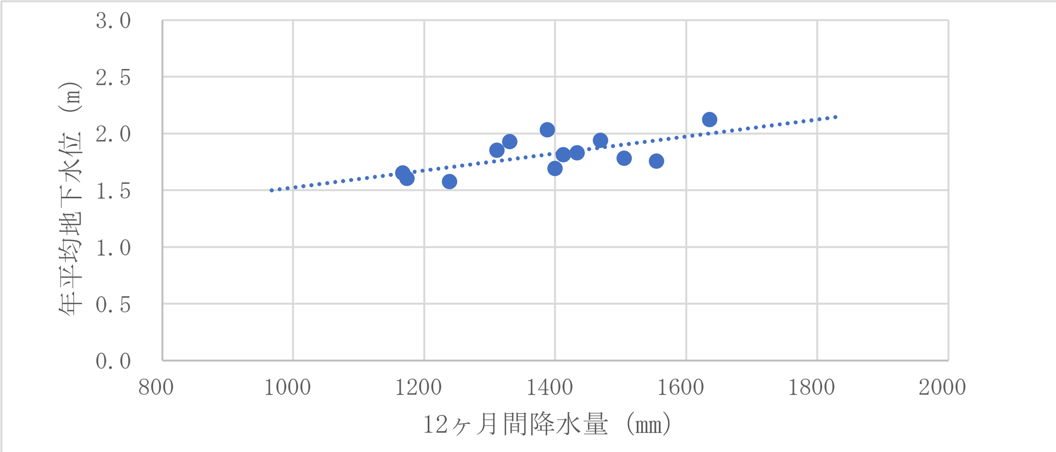
第２図　２月から翌年１月の降水量と平均地下水位の関係



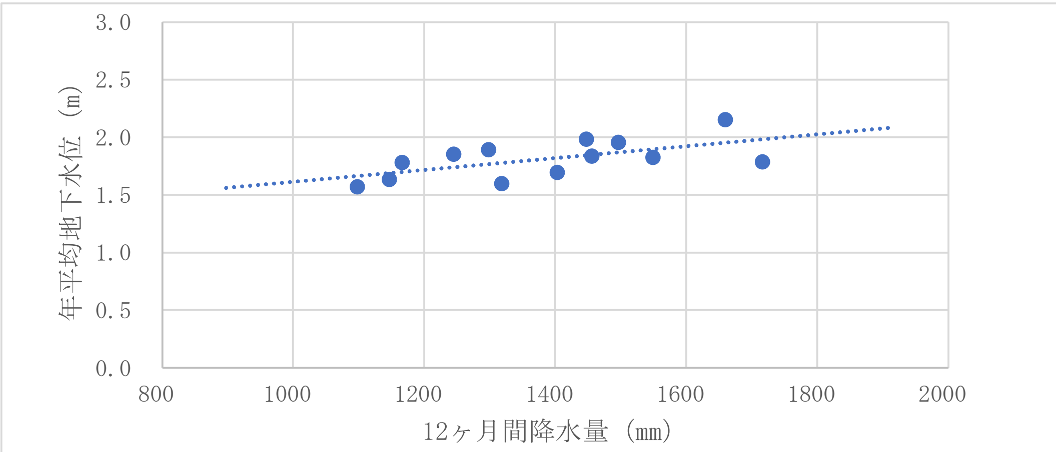
第３図　３月から翌年２月の降水量と平均地下水位の関係



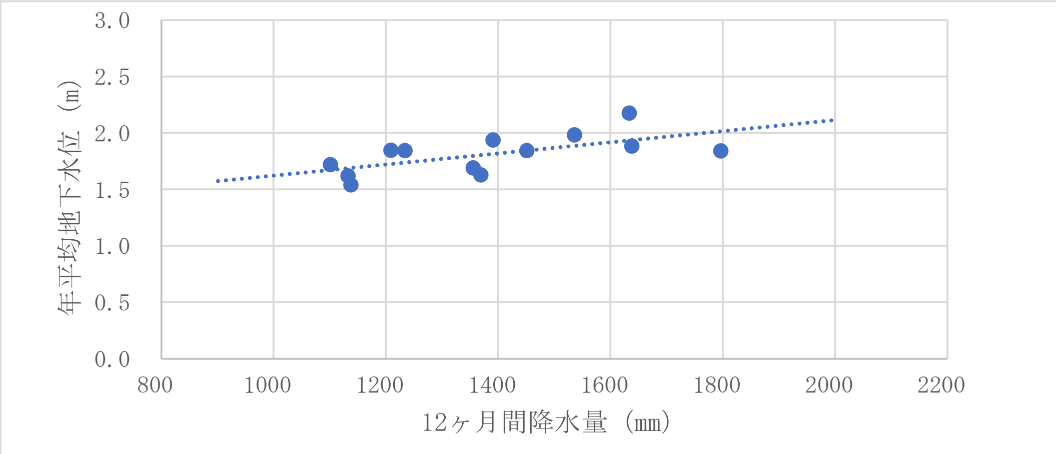
第４図　４月から翌年３月の降水量と平均地下水位の関係



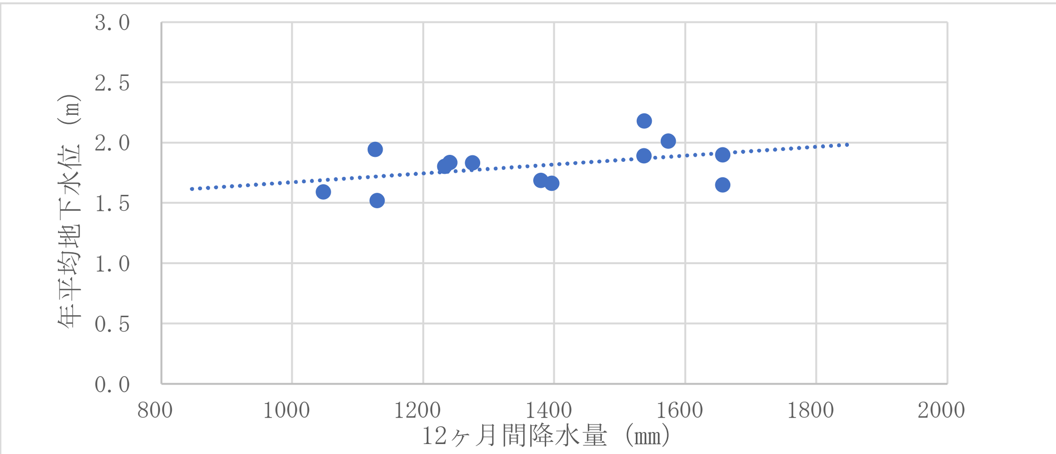
第５図　５月から翌年４月の降水量と平均地下水位の関係



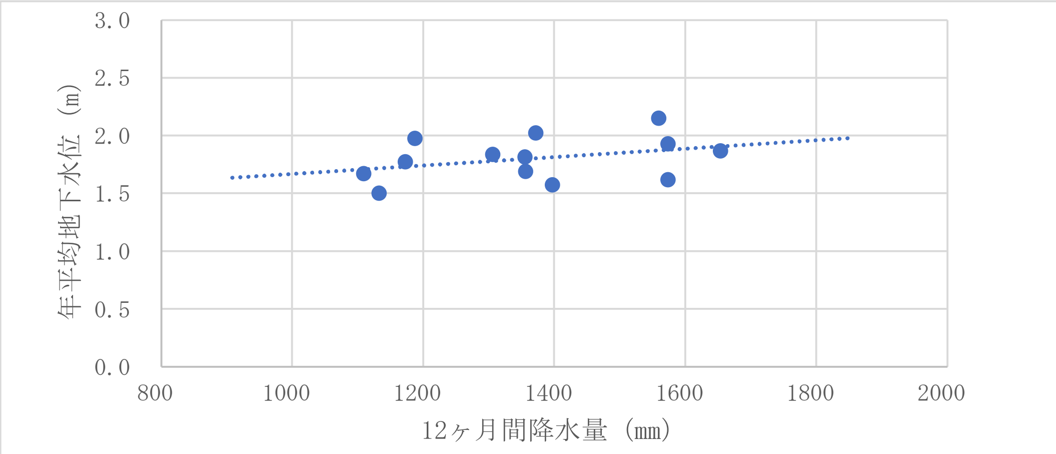
第６図　６月から翌年５月の降水量と平均地下水位の関係



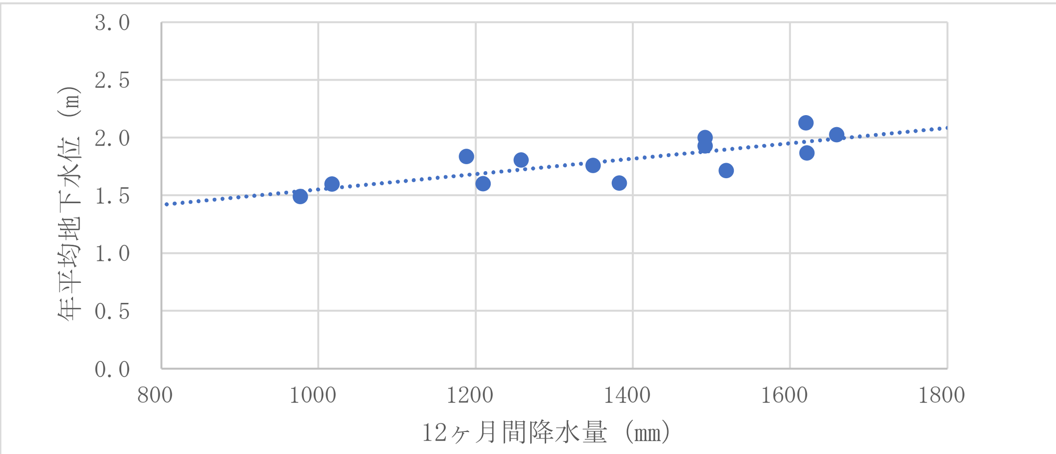
第７図　７月から翌年６月の降水量と平均地下水位の関係



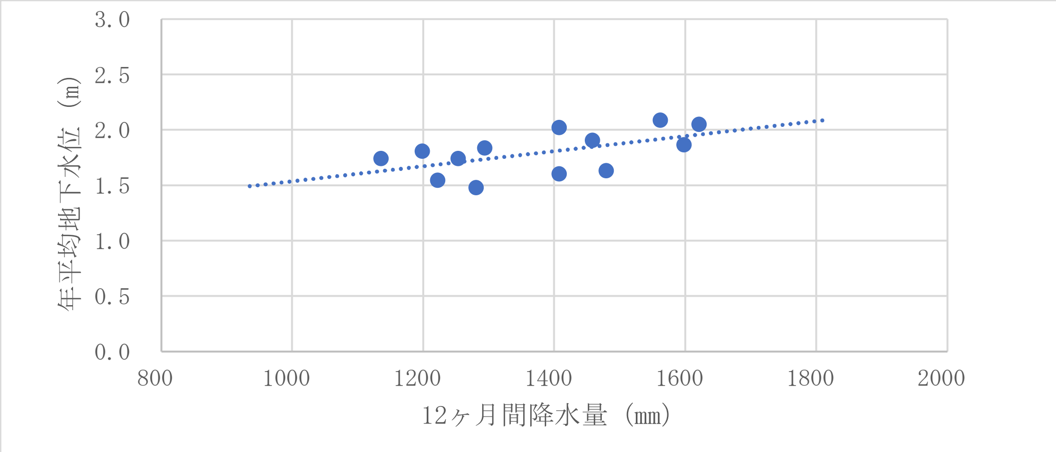
第８図　８月から翌年７月の降水量と平均地下水位の関係



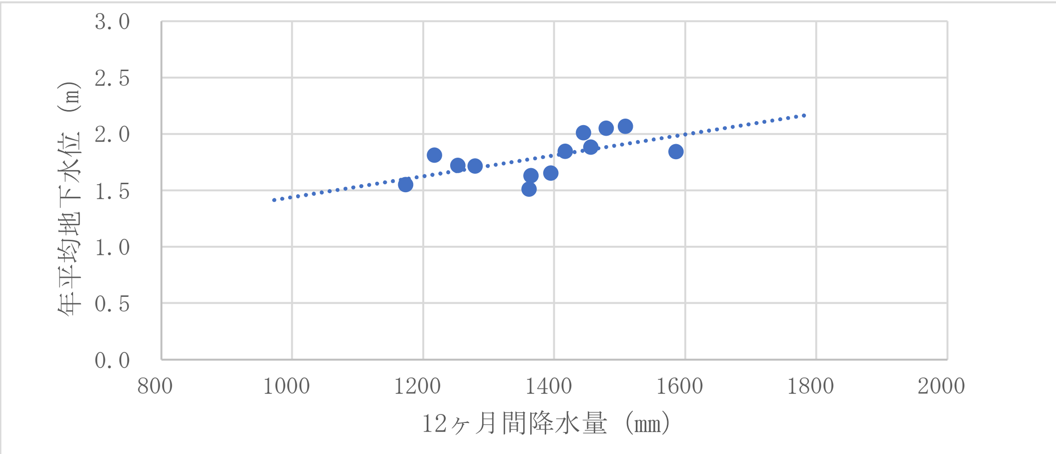
第 9 図　9 月から翌年 8 月の降水量と平均地下水位の関係



第 10 図　10 月から翌年 9 月の降水量と平均地下水位の関係



第 11 図　11 月から翌年 10 月の降水量と平均地下水位の関係



第 12 図　12 月から翌年 11 月の降水量と平均地下水位の関係

第２表　寒冷化ケースの最も可能性が高い設定の計算結果

期間	地下水位 (T.P.　m)	動水勾配 (－)	地下水流速 (m／y)
1月～同年12月	＋1.8	4.76×10^{-3}	48.5
2月～翌年1月	＋1.8	4.72×10^{-3}	48.1
3月～翌年2月	＋1.8	4.79×10^{-3}	48.8
4月～翌年3月	＋1.8	4.77×10^{-3}	48.6
5月～翌年4月	＋1.8	4.79×10^{-3}	48.8
6月～翌年5月	＋1.8	4.77×10^{-3}	48.6
7月～翌年6月	＋1.8	4.77×10^{-3}	48.5
8月～翌年7月	＋1.8	4.76×10^{-3}	48.5
9月～翌年8月	＋1.8	4.74×10^{-3}	48.3
10月～翌年9月	＋1.8	4.77×10^{-3}	48.6
11月～翌年10月	＋1.8	4.73×10^{-3}	48.2
12月～翌年11月	＋1.8	4.75×10^{-3}	48.4
平均	＋1.8	4.76×10^{-3}	48.5

第３表　寒冷化ケースの最も厳しい設定の計算結果

期間	地下水位 （T.P.　m）	動水勾配 （－）	地下水流速 （m／y）
１月～同年 12 月	＋1.6	4.04×10^{-3}	41.2
２月～翌年１月	＋1.6	4.09×10^{-3}	41.7
３月～翌年２月	＋1.6	4.07×10^{-3}	41.5
４月～翌年３月	＋1.6	4.11×10^{-3}	41.9
５月～翌年４月	＋1.6	4.06×10^{-3}	41.4
６月～翌年５月	＋1.6	4.27×10^{-3}	43.5
７月～翌年６月	＋1.6	4.29×10^{-3}	43.7
８月～翌年７月	＋1.7	4.40×10^{-3}	44.9
９月～翌年８月	＋1.7	4.39×10^{-3}	44.7
10 月～翌年９月	＋1.6	4.12×10^{-3}	42.0
11 月～翌年 10 月	＋1.6	4.07×10^{-3}	41.5
12 月～翌年 11 月	＋1.5	3.85×10^{-3}	39.2
平均	＋1.6	4.15×10^{-3}	42.3

以　上