

B

土質地質・地下水調査

報告書

平成25年3月

(2) 土質地質・地下水調査報告書

1. 業務概要	1
2. 調査方法	1
2-1 調査ボーリング	1
2-2 標準貫入試験	2
2-3 現場透水試験	3
2-4 室内土質試験	5
2-5 地下水観測	6
2-6 水質分析	7
3. 調査結果	8
3-1 地形地質概要	8
3-2 地表踏査	10
3-3 調査ボーリング	20
3-4 計画地周辺の地下水状況	24
3-5 第Ⅲ期増設計画地における地下水の状況	27
3-6 現場透水試験	39
3-7 室内土質試験	40
4. 考察	44
4-1 計画造成地の地質	44
4-2 計画堰堤の支持地盤について	52
4-3 切土の安定について	53
4-4 盛土の安定について	55
4-5 地下水モニタリング計画	56

【巻末資料】

・ ボーリング柱状図	1式
・ コア写真	1式
・ 現場透水試験データ	1式
・ 室内土質試験データ	1式
・ 現場記録写真	1式
・ 水文調査票	1式
・ 踏査写真	1式
・ 地下水位・水質観測結果	1式

1. 業務概要

若津環境整備センターで計画されている第Ⅲ期増設工事に際して、設計・施工上に必要な地盤特性を把握し、地下水モニタリング井戸の設置等維持管理に資する地下水情報を把握する目的で調査ボーリング・各種試験を実施した。

2. 調査方法

2-1 調査ボーリング

機械ボーリングは、地層構成の確認及び水位計設置用の観測孔とすることを目的として実施した。作業は、図 2.1-1 に示すようなロータリー式オイルフィード型試錐機を用いて実施した。なお、掘削孔径はφ66mmとした。

掘削に際しては、コアチューブ、ビット、送水の種類を地質条件により適宜選択し、試料の採取率を向上するように努めた。また、孔壁の保護については、ケーシングパイプの挿入等によって抑留事故を未然に防ぐように心がけた。

ボーリングの検尺深度は、監督員と協議の上、計画目的を達成した後に行うこととし、原則として監督員の立会により行った。採取したコア試料はコア箱に収納し、カラー写真を撮影するとともにコア観察を行い、柱状図を作成した。

柱状図は、「ボーリング柱状図作成要領（案）」；JASTC に従って作成した。

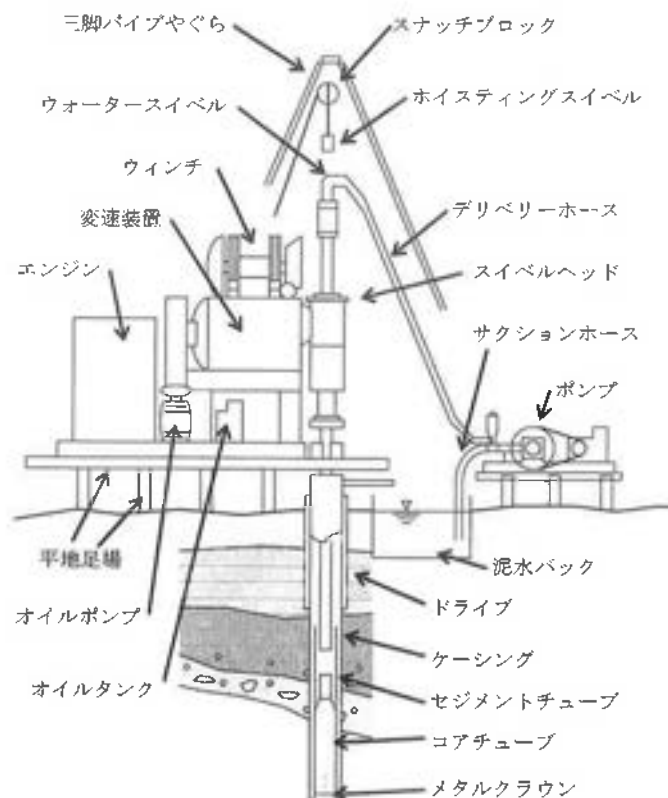


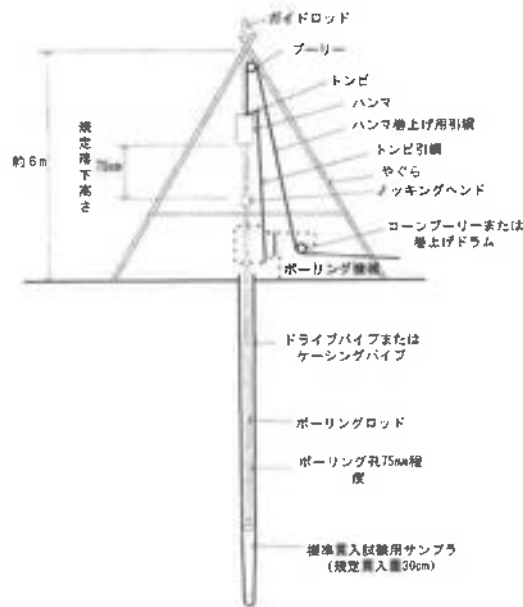
図2.1-1 機械ボーリング概要図（地盤調査法、地盤工学会）

2-2 標準貫入試験

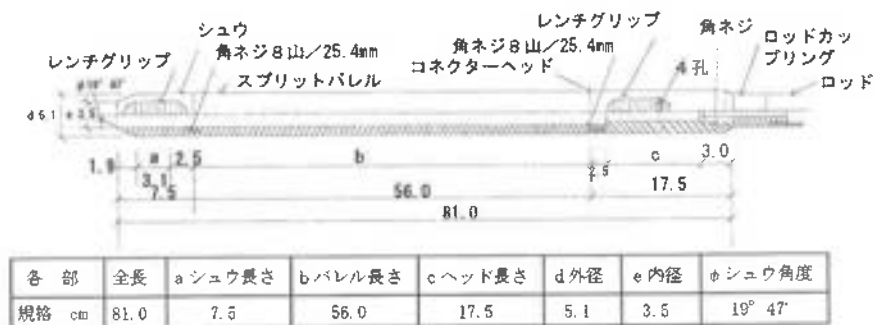
標準貫入試験は、土の締め具合の指標となる N 値を測定するとともに、構成土質の判定を得ることを目的として実施した。試験は、ボーリング孔を利用し、JIS A 1219 に準じて、深度 1m ピッチで実施した。試験は半自動落下装置を用いて行った。

記録は、貫入量 10cm 毎の打撃回数とした。

試験装置は、図 2.2-1 に示すように、全長 81.0cm、外径 5.1cm の円筒型のサンプラーを測定位置に設置し、 63.5 ± 0.5 kg の鋼製ハンマー（モンケン）を 76 ± 1 cm の高さから自由落下させ、先端のサンプラーを地中に打ち込むものである。打ち込む深さは、予備打ち 15cm、本打ち 30cm、後打ち 5cm の計 50cm で、 N 値とは、このうち本打ち 30cm の貫入に費やすハンマーの打撃回数である。



(地盤調査法、地盤工学会、平成 7 年 9 月 を加工)



(地質土質調査要領、日本道路公団、平成 4 年 4 月を加工)

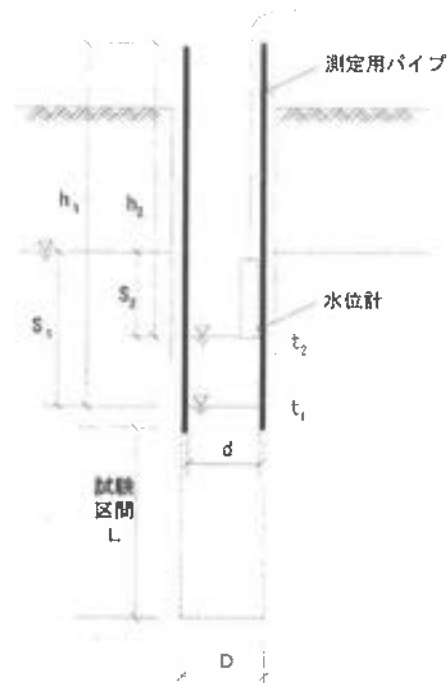
図 2.2-1 標準貫入試験概要図 (地盤調査法、地盤工学会)

2-3 現場透水試験

現場透水試験は、主に砂岩層（帯水層）を対象とし、試験位置における透水係数および平衡水位を求めることを目的に実施した。

試験は、地盤工学会基準「ボーリング孔を利用した透水試験」(JGS-1314-1995)に準拠し、注水法により実施した。試験の概略を図 2.3-1 に示す。

注水法による試験は、まずケーシングチューブを外周に間隙が生じないように設置し、次に測定管を試験深度まで打設して、試験区間をロッドクラウンにより削孔する。その後、孔内を清水により洗浄したのち測定を開始する。測定は、管内に水を注入し水位低下の経時変化を測定し記録する方法とした。



非定常法

図 2.3-1 現場透水試験（遮水方法の例）

非定常法の計算式

$$k = \frac{(2.3de)^2}{8L} \log\left(\frac{2L}{D}\right) a$$

ここに、

d e : 等価内径 (m)

D : 試験区間 (孔) の直径 (m)

L : 測定区間の長さ (m)

t : 経過時間 (s)

a : $\log_s - \log_t$ 曲線の直線部の勾配 (s^{-1})

2-4 室内土質試験

室内土質試験は、土の基本的性質を知り土質分類の資料とすると共に、土の一般的な物性、土の強度特性を知ることを目的として実施した。試験に供する試料は、コア試料採取によって得られる試料である。試験の項目・方法ならびに規格は表 2.4-1 に示すとおりである。

表 2.4-1 室内土質試験の項目と方法・規格

試験項目		試験方法	試料の採取方法	備考	目的	
土質	物理	土粒子の密度試験	JIS A 1202-1999		土の基本物性の把握 粒度試験に使用	
		含水比試験	JIS A 1203-1999		土の基本物性の把握	
		粒度試験	JIS A 1204-2000		フルイ+沈降	土の基本物性の把握 (粘土、砂の定量的判別)
		液性限界試験	JIS A 1205-1999			粘性土の基本物性把握 (シルト、粘土の判別)
		塑性限界試験	JIS A 1205-1999			粘性土の基本物性把握 (シルト、粘土の判別)
		土の湿潤密度試験	JIS A 1225-2000	コア試料	ノギス法	単位体積重量の設定に使用
	力学せん断	土の締め固め試験	JIS A 1210-1999	乱した試料		締め固め特性
		土の一軸圧縮試験	JIS A 1216-1998	コア試料		せん断強度、変形係数設定、支持力、安定検討
		土の三軸圧縮試験	地盤工学会基準 JGS 0521	乱さない試料	UU条件	せん断強度、変形係数設定、支持力、安定検討
		土の三軸圧縮試験	地盤工学会基準 JGS 0524	乱さない試料	CD条件	せん断強度、変形係数設定、支持力、安定検討
土の三軸圧縮試験		地盤工学会基準 JGS 0523	コア試料	CUB条件	せん断強度、変形係数設定、支持力、安定検討	

2-5 地下水観測

調査ボーリング (No. 1~No. 6) の各地点に塩ビ・ストレーナを挿入し、自然地下水位を観測した。各地点での地下水位測定のための目的は、地域全体の地下水位を把握することで、地下水の流向 (動水勾配) を判定するためである。なお、山間部のボーリング孔では水位の確認されなかった孔もあったが、季節変動を考慮して、全孔に観測孔を設置した。No. 7 孔は、河川の影響を受ける位置のため観測孔としては利用しない。

また、地下水観測時には、1回/月の頻度で、地下水位、簡易水質 (水温、pH、伝導度、濁り) を測定した。

2-6 水質分析

水質分析は、地下水の観測された孔（沢部におけるボーリング孔；No. 2, No. 5, No. 6 の3孔）の水質を把握するために実施した。分析項目は、「千葉県廃棄物処理施設の設置及び維持管理に関する指導要綱集、千葉県環境成果粒廃棄物指導課、平成23年」における地下水の水質監視用検査項目の33項目とした。

表 2.6-1 水質分析項目一覧表

項	目	頻度
1	水素イオン濃度指数	月1回以上
2	生物化学的酸素要求量	
3	化学的酸素要求量	
4	塩化物イオン	
5	電気伝導度	
6	全シアン	
7	鉛	年1回以上
8	六価クロム	
9	砒素	
10	ふっ素	
11	総水銀	
12	硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素	
13	カドミウム	
14	ほう素	
15	PCB	
16	トリクロロエチレン	
17	テトラクロロエチレン	
18	ジクロロメタン	
19	四塩化炭素	
20	1,2-ジクロロエタン	
21	1,1-ジクロロエチレン	
22	シス1,2-ジクロロエチレン	
23	1,1,1-トリクロロエタン	
24	1,1,2-トリクロロエタン	
25	1,3-ジクロロプロペン	
26	チウラム	
27	シマジン	
28	チオベンカルブ	
29	ベンゼン	
30	セレン	
31	アルキル水銀	
32	塩化ビニルモノマー	
33	1,4-ジオキサン	

3. 調査結果

3-1 地形地質概要

1) 地形

千葉県は、大きく北部の下総台地、東部の九十九里低地、西部の東京湾岸低地、中央部の上総丘陵、南部の安房丘陵に分類される（図 3.1-1）。

調査地は、小櫃川水系の上流部、上総丘陵の中央部に位置し、周辺には、鹿野山（379m）を最高峰とする標高 200m～300m の尾根が連なっている。丘陵は、樹枝状に密に発達する谷によって深く開析され、梅ヶ瀬溪谷に代表されるような急峻な V 字谷が至る所に形成されている。

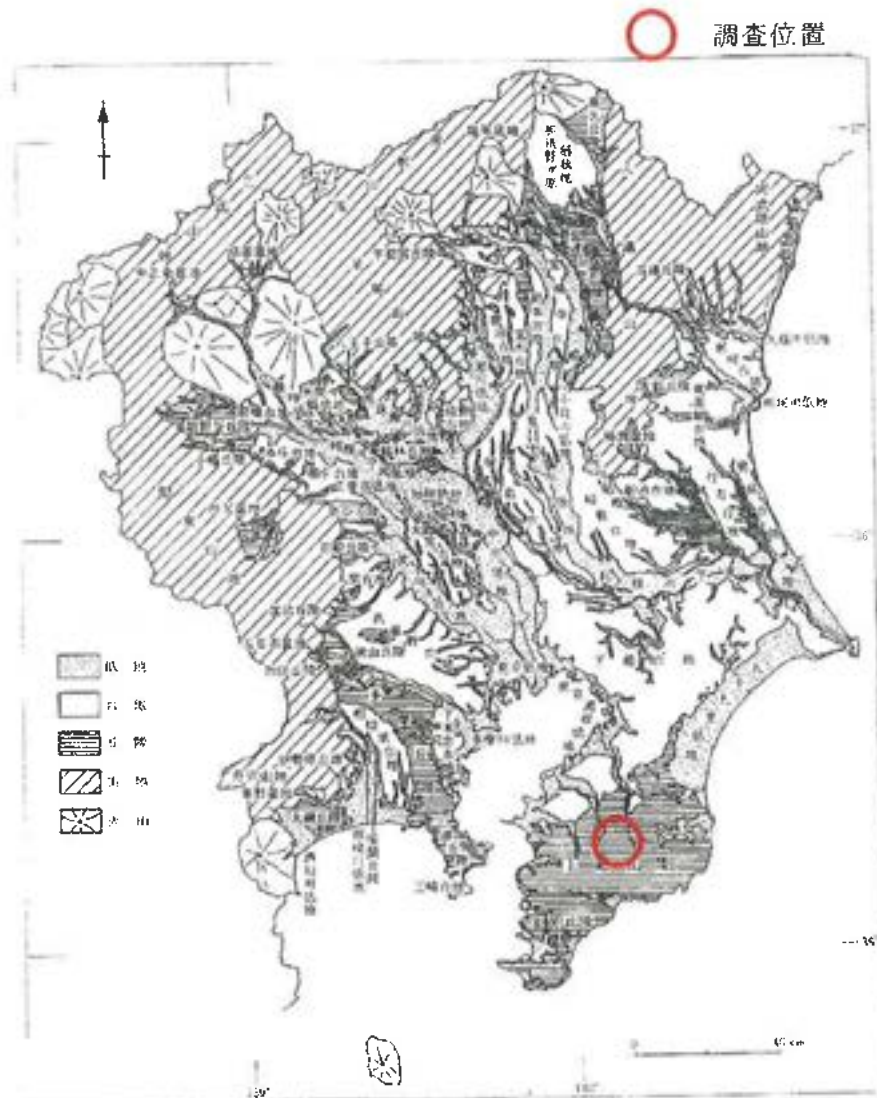


図 3.1-1 調査地周辺の広域地形区分図
（日本の地質 3「関東地方」（1986）より引用）

2) 地質

上総丘陵を構成する地層は、新生代第三紀鮮新世から第四紀更新世中期に形成された地層で、上総層群と呼ばれている。上総層群は、下位より黒滝層、勝浦層、浪花層、大原層、黄和田層、大田代層、梅ヶ瀬層、国本層、柿ノ木台層、長南層、万田野層、笠森層の12層に細分されており(図3.1-2)、調査地点には、これらのうち、梅ヶ瀬層が分布している。

梅ヶ瀬層は、千葉県市原市朝生原西方の梅ヶ瀬を模式地とする地層で、主として砂岩優勢の砂岩・泥岩互層からなるとされている。層厚は約520~530mと推定され、地質構造は、東北東-西南西の走向で北に10~20°傾く単斜構造とされている。

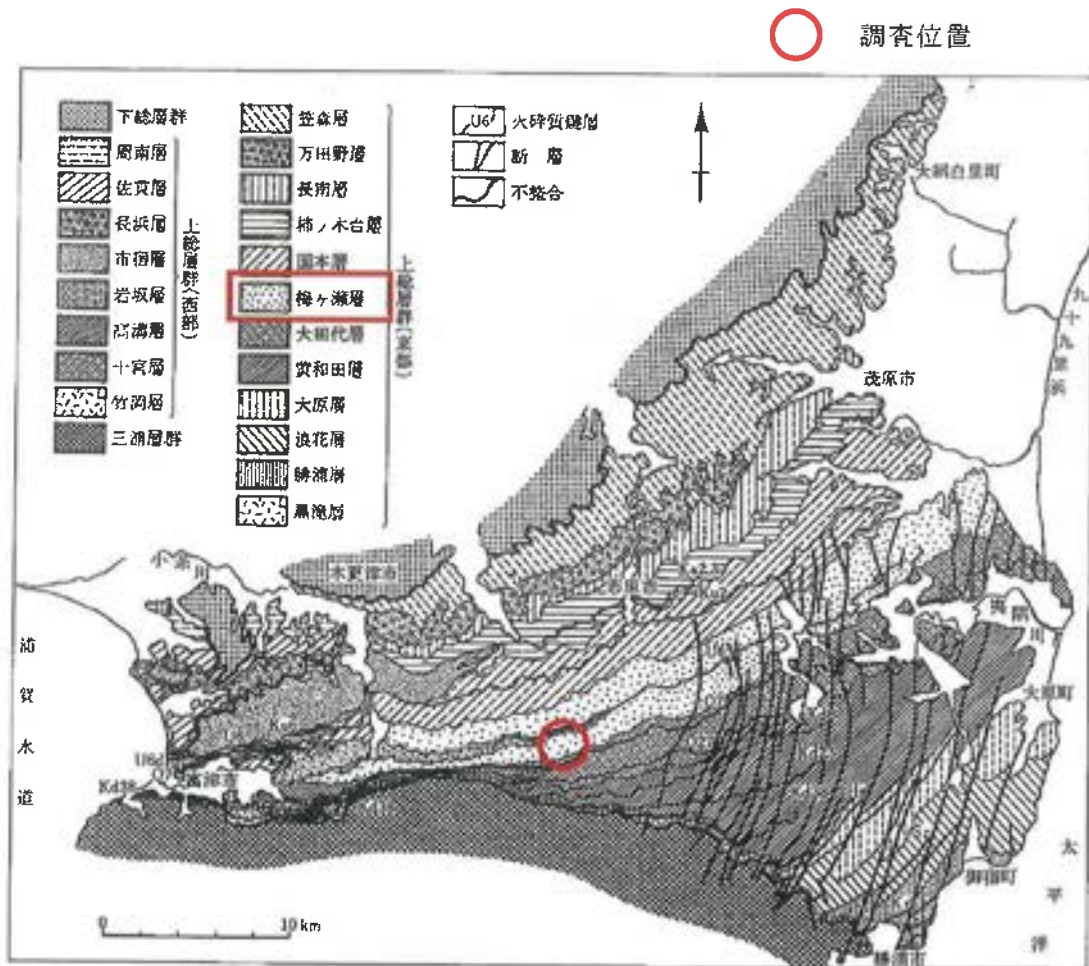


図 3.1-2 調査地周辺の広域地質
(日本の地質3「関東地方」(1986)より引用)

3-2 地表踏査

地形、地質及び地質構造について、地表踏査の結果を述べる。

1) 地形

調査地は小櫃川の支流の最上流部に位置し、周辺に大福山(296.3m)を最高点とする標高200m~300mの山並みが連なる。小櫃川支流の水系が樹枝状に発達し、著しい浸食作用のため、山並みの高さに比較して非常に急峻なV字谷を形成している。また、斜面は多くのところで高さ数10m以上の直立した崖を形成している。



図 3.2-1 調査地周辺の地形(大福山より南を望む)



図 3.2-2 沢の兩岸に連続する切立った崖

2) 地質

調査地に分布する地層は、上総層群構成層のひとつである梅ヶ瀬層である。梅ヶ瀬層は、大まかに上部層、中部層及び下部層に分けられ、調査地には下部の砂岩・泥岩互層が分布している。

砂岩は、露頭では帯茶灰色を示し、単層の厚さは、数 cm~数 10m 以上と変化に富んでいる。主に中粒砂岩からなり、稀に細粒砂岩を挟む。全体に淘汰良好で塊状だが、不明瞭な平行葉理やフレーム構造のような乱堆積構造が認められる場合もある。固結度は低く、露頭表面はハンマーのピックで容易に削ることができる。



図 3.2-3 砂岩露頭

泥岩は、風化した状態では灰白色を示すが、谷底の未風化な部分では暗灰色を示す。単層の厚さは数 cm~数 m である。塊状均質であるが、稀に極細粒砂を混入する部分がある。固結度はやや高く（いわゆる軟岩程度）、新鮮な部分ではハンマーの打撃に対して鈍い金属音を発し、ハンマーのピックで傷が付く程度の硬さを有す。



図 3.2-4 泥岩露頭

砂岩と泥岩が交互に繰り返す砂岩・泥岩互層は、どこでも似たような岩相で露頭間での地層対比が難しい。よって、互層構成（単層の厚さ、繰り返しの頻度）に着目して便宜的に岩相による区分を行った。

判断基準は、大まかであるが、厚さ数 10m 以上の砂岩層や、泥岩をはさむがほとんどが砂岩からなる層準を砂岩優勢層（図 3.2-5）、砂岩をはさむが泥岩の優勢な層準を泥岩優勢層（図 3.2-6、それ以外の中間的な比率で砂岩と泥岩が繰り返す層準を砂岩・泥岩互層（図 3.2-7）とした。そして区分された層準を、上位から順に砂岩優勢層 1（Ss0）、泥岩優勢層 1（Ms0）、砂岩優勢層 1（Ss1）、泥岩優勢層 1（Ms1）、砂岩優勢層 2（Ss2）、泥岩優勢層 2（Ms2）、互層 1（Alt1）、泥岩優勢層 3（Ms3）、互層 2（Alt2）とした（表 3.2-1）。調査ボーリング位置図を図 3.2-8 に、調査地周辺の岩相区分による地質平面図を図 3.2-9 に示す。

表 3.2-1 調査地域の岩相区分と地表における分布

記号	区分名	地表付近での分布
Dt	崖錐堆積物	崩壊地下部。分布僅か。
Ss0	砂岩優勢層 0	調査地北部No.1 地点から大福山にかけて分布。
Ms0	泥岩優勢層 0	調査地北部に分布。火山灰 U2 含む。
Ss1	砂岩優勢層 1	調査地北部No.1 地点から大福山にかけて分布。
Ms1	泥岩優勢層 1	調査地北部に分布。
Ss2	砂岩優勢層 2	調査地北部に分布。
Ms2	泥岩優勢層 2	調査地東部～西部にかけて分布。
Alt1	砂岩泥岩互層1	調査地東部～中央部にかけて分布。火山灰 U3 含む。
Ms3	泥岩優勢層 3	調査地中央部～南部にかけて分布。
Alt2	砂岩泥岩互層2	調査地中央部～南部にかけて分布。



図 3.2-5 砂岩優勢層の例



図 3.2-6 泥岩優勢層の例



図 3.2-7 砂岩・泥岩互層の例

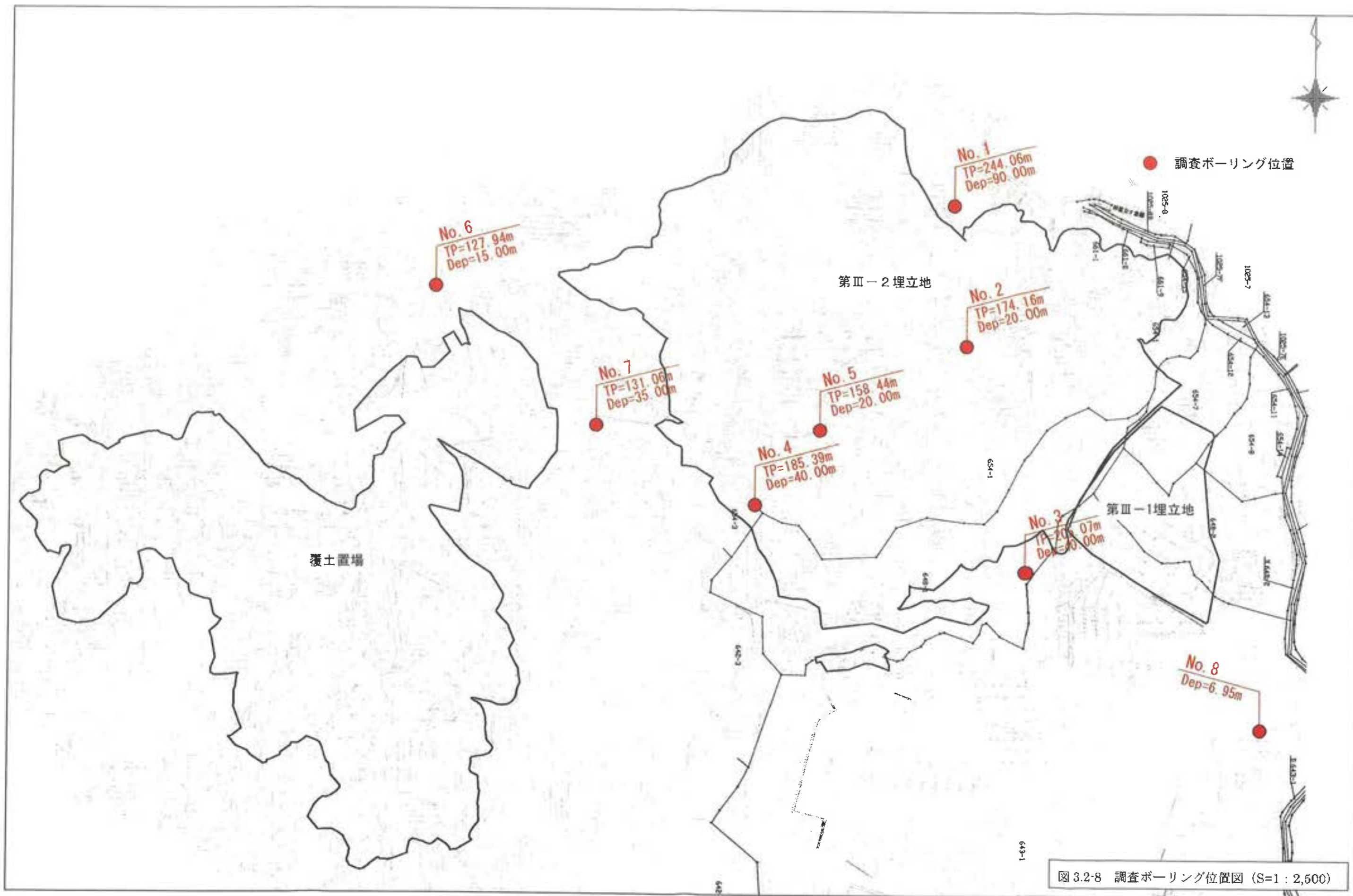
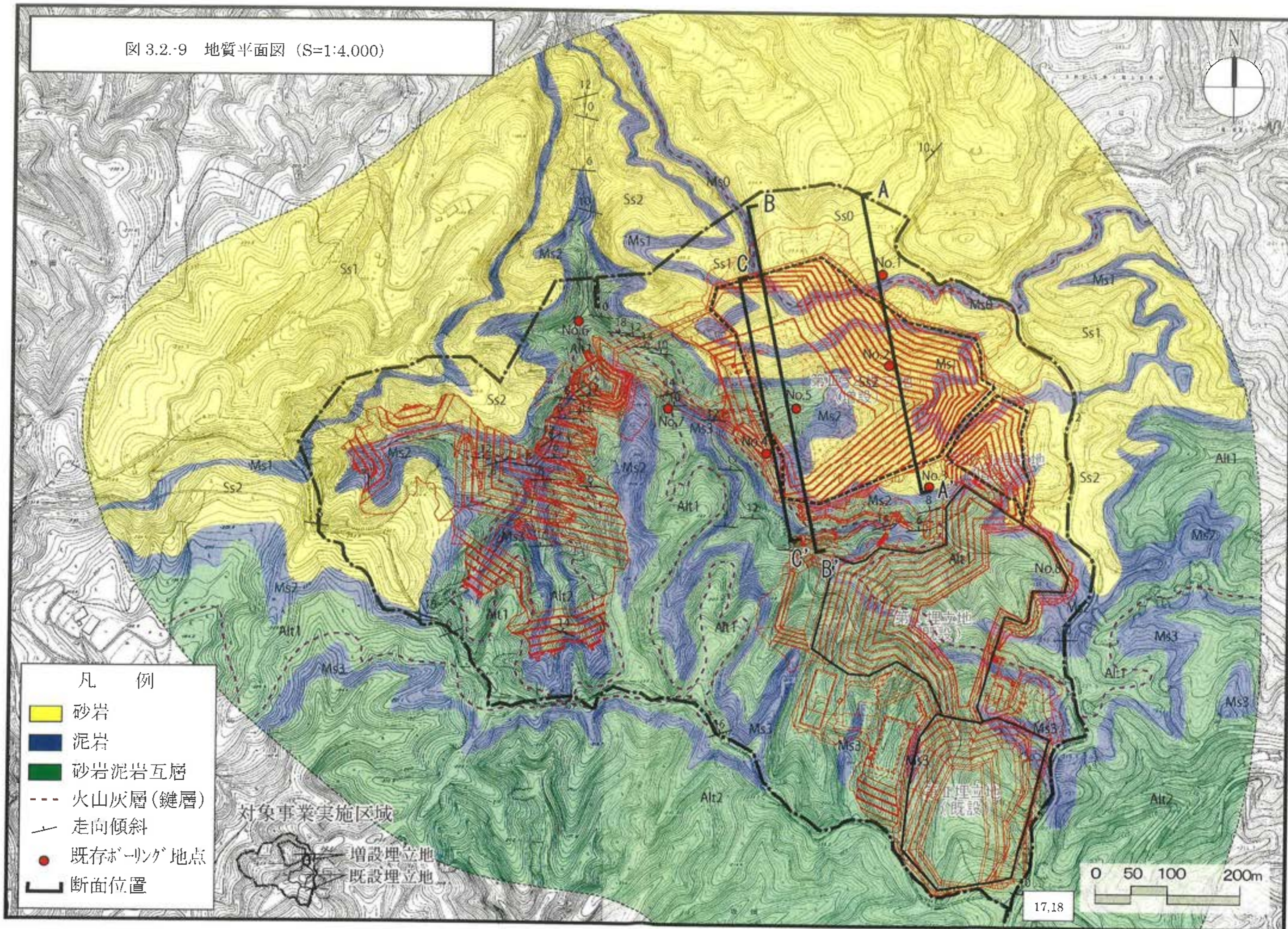


図 3.2-9 地質平面図 (S=1:4,000)



- 凡 例
- 砂岩
 - 泥岩
 - 砂岩泥岩互層
 - 火山灰層(鍵層)
 - 走向傾斜
 - 既存ボーリング地点
 - 断面位置

対象事業実施区域

増設埋立地

既設埋立地

0 50 100 200m

3) 地質構造

調査地に分布する梅ヶ瀬層の地質構造は、既存文献によると、東北東-西南西の走向で北北西に傾斜する単斜構造である。地表踏査で得られた層理面の走向傾斜は、走向が N45E ~EW、傾斜は 10° ~25° N とばらつきがあるが、データをシュミットネット上に投影して解析すると、走向・傾斜の極大値は N72E13N となり、既存文献による一般傾向とほぼ一致する。調査地の地質構造は、梅ヶ瀬層全体の一般構造と同様な単斜構造と判断される。しかし露頭単位の走向・傾斜にはばらつきがあることは、細部では単純一様な構造ではなく、緩やかな波曲など構造の乱れがあることを示すものと考えられる。その他、極まれに縦方向に連続する節理が認められることがあるが、大規模な断層や破砕帯は確認されない。

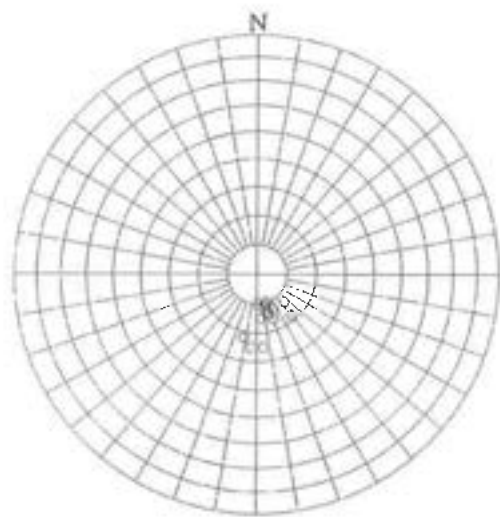


図 3.2-10 シュミットネット（下半球投影）

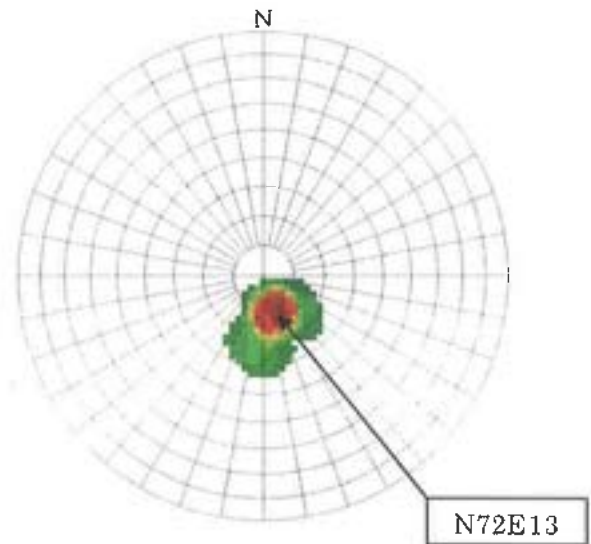


図 3.2-11 シュミットネット
(頻度分布・極大値)

表 3.2-2 走向傾斜データ一覧

走向		傾斜	
角度	方位	角度	方位
75	E	14	N
75	E	10	N
75	E	13	N
70	E	12	N
85	E	25	N
65	E	13	N
70	E	10	N
78	W	22	N
85	W	25	N
85	E	15	N
70	E	16	N
75	E	14	N
77	E	11	N
90	E	10	N
50	E	18	N
45	E	13	N
極大値: N72E, 13N			

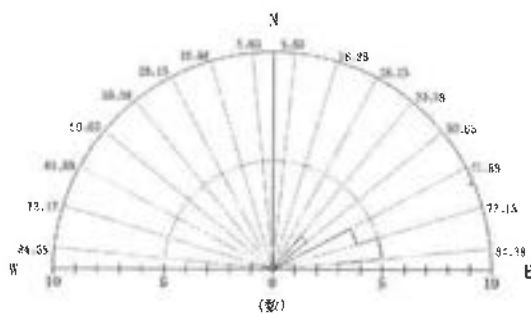


図 3.2-12 地層の走向のローズ
ダイヤグラム

3-3 調査ボーリング

No.1～No.7の7本の調査ボーリングを実施し、コア観察を行った。観察結果をボーリング柱状図にまとめた。以下、観察結果の概略について記す。

1) No.1 ボーリング

No.1 ボーリング孔は、深度2m付近までSs0に相当する崩れやすい砂岩が分布する。深度2m～16mの14m間は、Ms0に区分した泥岩優勢層が分布する。深度16m～90mの74m間は、途中数枚の薄い泥岩層を挟んでSs1に区分した砂岩優勢層が分布する。深度5～10mに火山灰層U2が認められた。

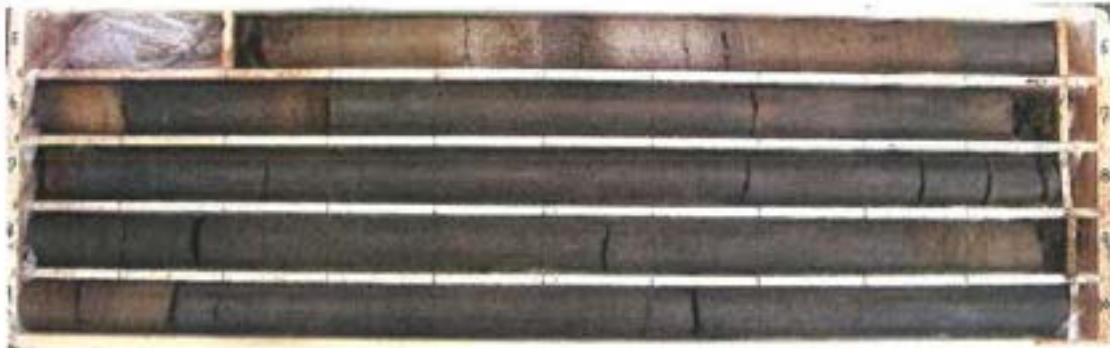


図 3.3-1 No.1 ボーリングコアの深度5m～10m間。Ms0と地層区分した泥岩層が連続する。深度5.5m付近に分布する厚さ約30cmの白色帯は軽石質凝灰岩層。大部分は未風化の泥岩で暗灰色を呈すが、亀裂に沿いに風化が進行し褐色を示す部分をはさむ。

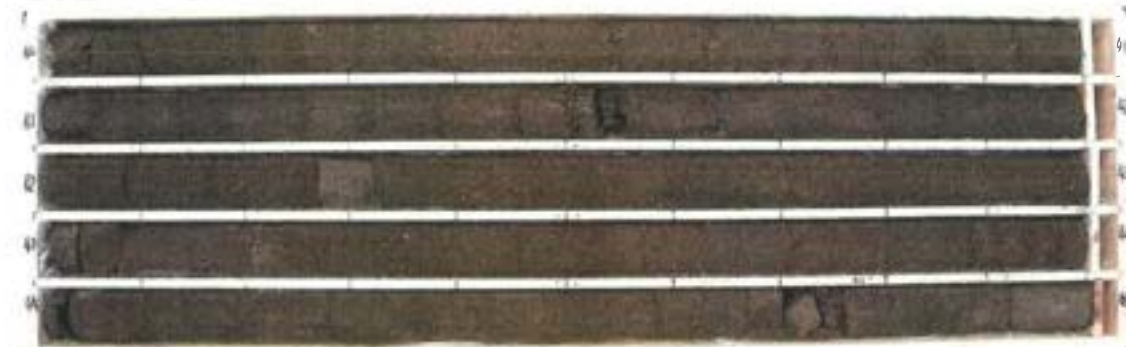


図 3.3-2 No.1 ボーリングコアの深度40m～45m間。Ss1に区分した砂岩層が連続する。風化により茶灰色を示し、指圧で容易に崩れる固結度である。所々泥岩の薄層を挟む。

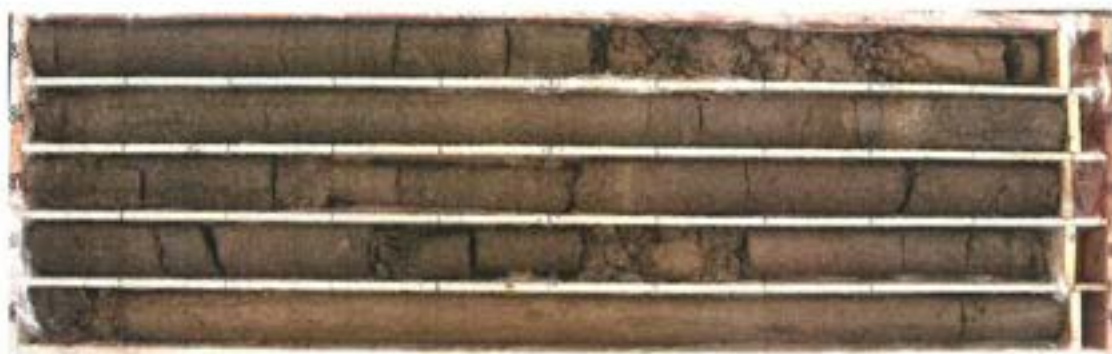


図 3.3-3 No.1 ボーリングコアの深度85m～90m(孔底)間。孔底まで砂岩(Ss1)が分布し、風化褐色化している。掘削後の孔内水位は観測されない。

2) No.2 ボーリング

No.2 ボーリングは、地表から深度 20m の孔底まで、Ms2 に区分した泥岩優勢層である。

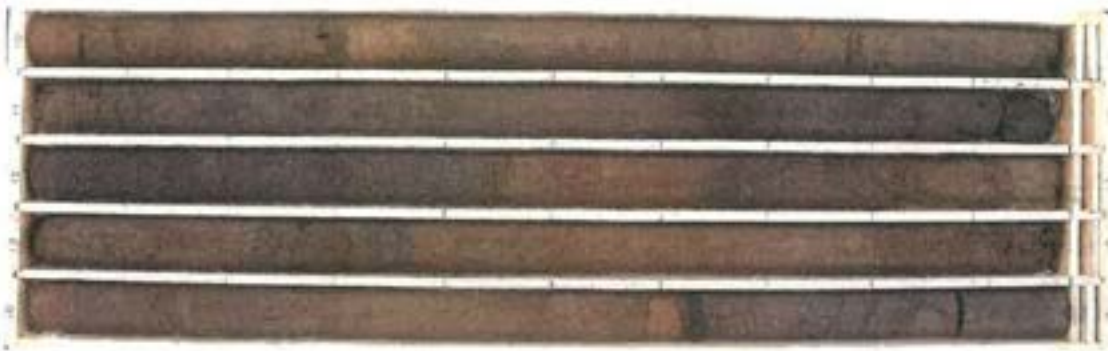


図 3.3-4 No.2 ボーリングコアの深度 10m～15m 間。Ms2 と区分した地層が連続する。砂岩と泥岩の互層からなり、泥岩部は未風化で暗灰色、砂岩部分は風化して茶灰色を示す。

3) No.3 ボーリング

No.3 ボーリングは、地表から深度 25m まで、Ss2 に区分した砂岩優勢層が分布する。深度 25m～36m までの 11m 間は、Ms2 に区分した泥岩優勢層が分布する。深度 36m～40m (孔底) までは Alt1 の互層が分布する。



図 3.3-5 No.3 ボーリングコアの深度 25m～30m 間。Ms2 と区分した地層が連続する。大部分は泥岩からなり、所々に砂岩の薄層をはさんでいる。

4) No.4 ボーリング

No.4 ボーリングは、地表から深度約 25m まで Alt1 に区分される互層が分布する。深度 25m～40m (孔底) までの 15m 間は Ms3 に区分した泥岩優勢層が分布する。

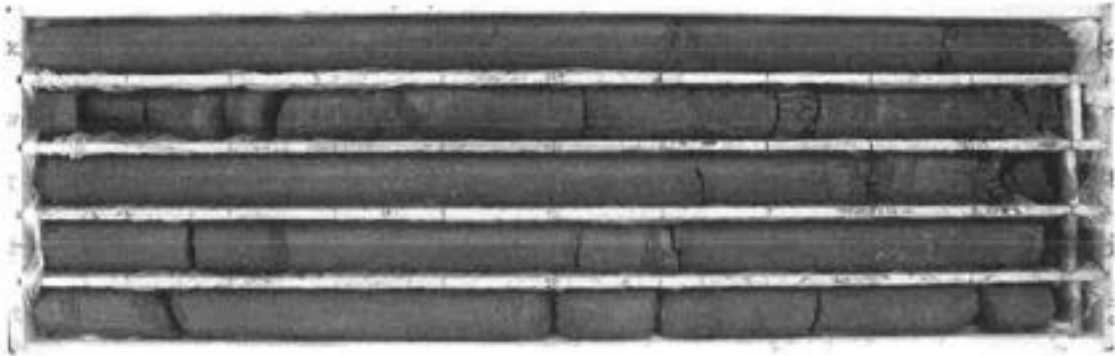


図 3.3-6 No.4 ボーリングコアの深度 35m～40m 間。地山深部の泥岩でも亀裂沿いの風化褐色化が認められる。

5) No.5 ボーリング

No.5 ボーリングは、最上部約 2m 間に崖錐堆積物が認められ、深度 2m～20m (孔底) 間は Alt1 に区分される互層が分布する。

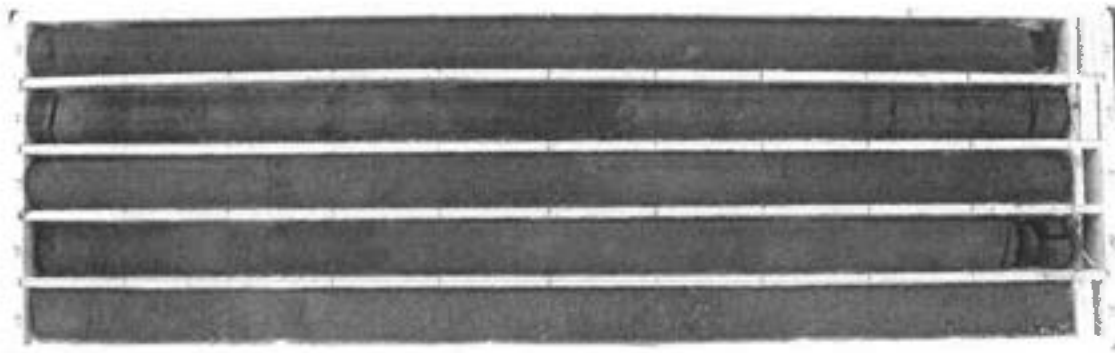


図 3.3-7 No.5 ボーリングコアの深度 10m～15m 間。砂岩は風化褐色を示し脆い岩質だが、泥岩は未風化で締まりよい。

6) No.6 ボーリング

No.6 ボーリング孔は、地表部から深度 15m (孔底) まで Alt1 に区分される互層が分布する。互層の泥岩は風化であるが、砂岩層は 10m 付近まで褐色化が見られ、指圧で容易に崩れるほど脆質である。10m 付近の泥岩層上面を境に以深は未風化帯に移行する。



図 3.3-8 No.6 ボーリングコアの深度 5m~10m 間。砂岩部分は風化し深度 10m 付近の泥岩層以深で未風化帯に移行する。

7) No.7 ボーリング

No.7 ボーリングは、深度約 7m まで Alt1 に区分した互層が分布する。深度 7m~18m の 11m 間は Ms3 に区分される泥岩優勢層である。深度 18m~35m (孔底) までは Alt2 に区分した互層が分布する。希に縦亀裂が認められる。



図 3.3-9 No.7 ボーリングコアの深度 10m~15m 間。Ms3 と分類した地層。



図 3.3-10 No.7 ボーリングコアの深度 25m~30m 間。Alt2 と分類した砂岩と泥岩の互層が連続する。

3-4 計画地周辺の地下水状況

1) 表流水

調査地域の 21 地点で沢水の簡易水質調査を実施した。その結果を表 3.4-1 に、測定位置を図 3.4-1 に示す。各測定項目の平均値は、水温=4.9℃、pH=7.92、電気電導度=12.4 mS/m である。なお、渇水期の測定であるため枝沢には水量が無いところもあった。

表 3.4-1 表流水の簡易水質測定結果

地点	水温 (度)	pH	電導度 mS/m	地点	水温 (度)	pH	電導度 mS/m
T1	4.3	8.32	13.6	T12	3.2	8.2	13.4
T2	4.3	7.58	8.0	T13	4.9	7.49	11.8
T3	8.4	8.05	12.5	T14	0.2	8.02	27.1
T4	4.6	7.62	6.7	T15	11	8.23	10.6
T5	2.2	7.3	5.9	T16	6.1	7.47	14.0
T6	1.6	8.14	11.9	T17	10.9	7.83	14.8
T7	1.7	7.82	12.0	T18	1.7	9.12	14.0
T8	1.6	7.88	9.5	T19	10.5	7.95	15.6
T9	0.1	7.86	9.0	T20	13.2	7.61	20.0
T10	2.9	7.85	9.9	T21	11.1	7.95	11.5
T11	0.3	8.07	10.8	21地点平均	4.90	7.92	12.4

(電導度は 25℃換算値 各欄の色調は図 3.4-1 の色に対応)

■ ; 主流 ■ ; 支流 ■ ; 左記の枝沢

水温については、調査地域内には、日向や日陰、氷結があることや、測定日が異なることなど条件が一様でないため、地質などとの相関性を述べることは難しい。

電導度については、図 3.4-1 の表流水の簡易水質測定地の青で示した主流やピンクで示した枝沢で高い傾向にある。泥岩が多い所で電気伝導度が高い可能性があるが、青で示した主流の上流で高い傾向にあり、処理水の影響も考えられる。pH は海水の pH (8.2~8.4) に近い値を示している。これは、上総層群が海成堆積物であることから、地層間隙中に海水の“化石水”が残存し、その影響で pH が高くなっている可能性が考えられる。

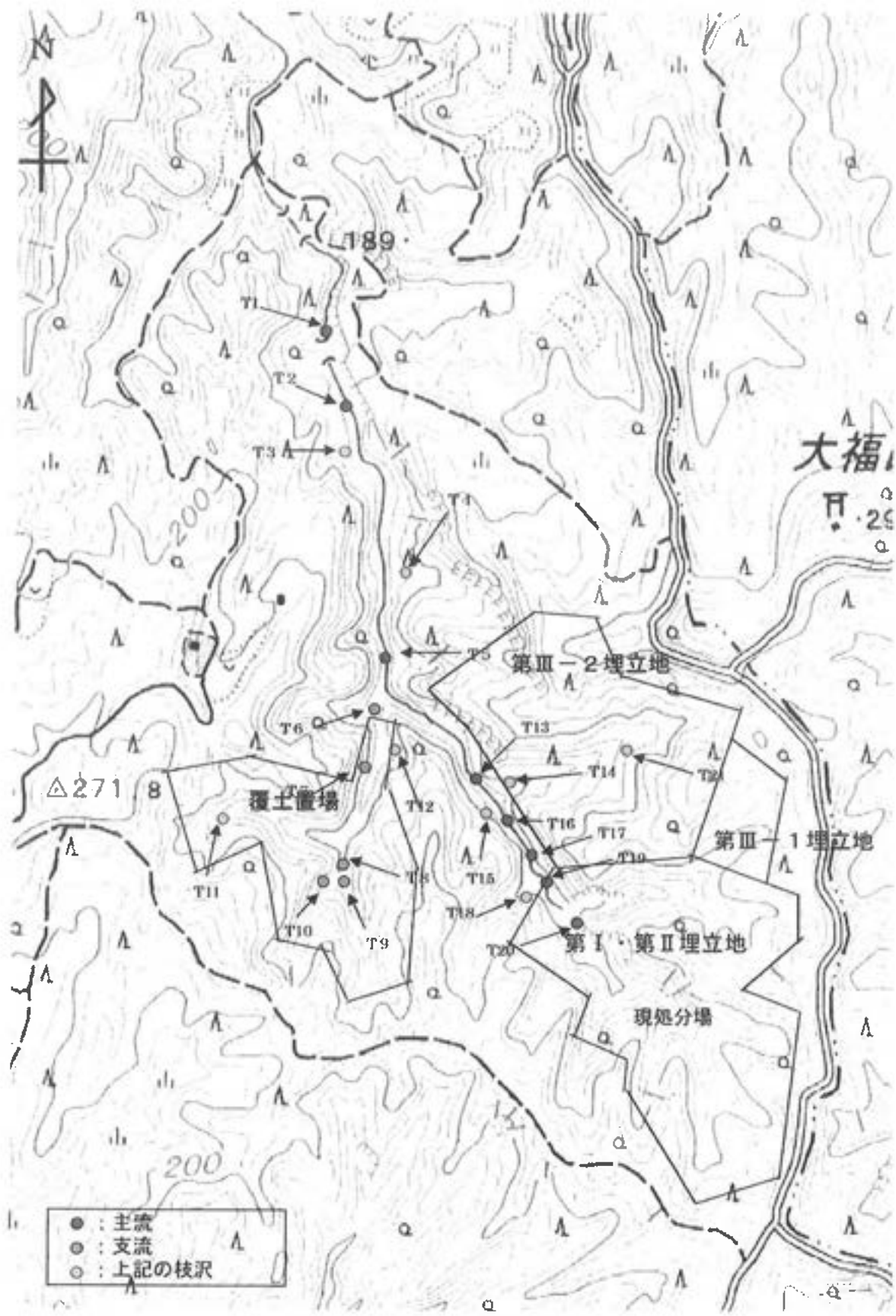


図 3.4-1 表流水の簡易水質測定地

2) 地下水

砂岩は、露頭やコア観察によると、一般に固結度が低く細粒分含有率も小さく、透水性が比較的大きいと予想され、帯水層を形成すると考えられる。一方、泥岩は、均一で、いわゆる軟岩程度の固結度で亀裂が少ないため、砂岩より透水性が低く、難透水性を示すと予想され（文献では梅ヶ瀬層上位の国本層泥岩の例で、 $10^{-6} \sim 10^{-8}$ のオーダーの透水係数が得られている）。造成地周辺地山内の透水性は、地層に垂直な方向と水平な方向で異方向性があると考えられる。

No.1 孔では、河床レベルに近い深度 90m の孔底まで地下水位が観測されず、計画造成地の地下水位は全体に低く、ほぼ河床レベルにあると予想される（図 3.4-3）。

踏査によると、沢の流量は溪床付近からの浸み出しによって維持されていると考えられるが、このような地下水の浸み出しは、砂岩と泥岩の境界付近で多数観察される。これは雨水が地山の砂岩層内を鉛直方向に浸透し、泥岩層に遭遇すると流路をさえぎられ、泥岩層の傾斜方向に流路が変化し、泥岩層が露出するところで地下水が浸出するためと考えられる（図 3.4-2、3）。

切土計画地点の沢では、地層が流れ盤となる左岸（南）斜面では砂岩と泥岩の境界から地下水の浸み出しが多く、受け盤となる右岸（北）斜面は少なく、乾燥している。



図 3.4-2 泥岩層上面に沿って地下水の浸み出しがあり、水柱になっている。

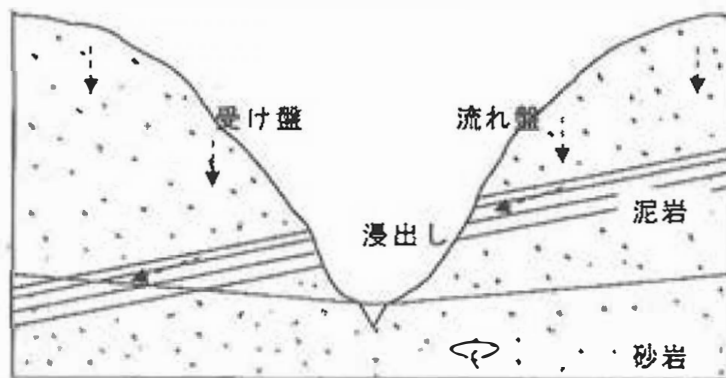


図 3.4-3 造成地の地下水浸出しの概念図