

平成16年度

竹の内産業廃棄物最終処分場水理地質調査報告

平成16年度竹の内産業廃棄物最終処分場水理地質調査報告 (要旨)

立正大学

(地球環境科学部 田村俊和・高村弘毅・小玉 浩・石田 武)

1. 調査の目的と方法

本調査は、竹の内産業廃棄物最終処分場の周囲で当処分場の廃棄物を起源とする地下水汚染が発生する可能性の検討に資するため、当処分場とその周囲の地下水および表流水の状況を把握することを目的とする。そのため、周囲の地形・地質の現地調査を実施するとともに、2003年1月以来順次、当処分場内およびその周囲の7地点でボーリング計10本を行い、揚水試験、流向・流速測定(2地点4本)、および地下水位の連続観測を実施した。これに、2004年9月実施の覆土層の透水試験(5地点)および同年10月以後に行われた廃棄物埋設量調査のためのボーリング調査等の結果を加え、地下水の状態の把握に努めた。また、処分場を含む谷底への表流水の流入状況を把握するため、第6工区上流の支谷底にある水路で流量観測を開始した。これらに基づき、廃棄物層を含む処分場の谷底に存在する堆積物中の水収支の推定を試みた。各種観測地点等の位置は図1に示す。

2. 水理地質構造

当処分場は、起伏量30m程度の丘陵地にある、幅200m程度以下の谷底面に位置する(図1)。丘陵地の基岩はいずれも新第三紀層で、難透水性の火山岩・火山砕屑岩(中新世前期の高館層)と、その上位に不整合で重なる、一部凝灰質の半固結砂岩・泥岩互層(中新世中・後期の新寺層・福田層あるいは金ヶ瀬層)から成る。処分場敷地の西に隣接する丘陵の頂部には、さらに上位の凝灰岩(鮮新世(?)の沼田凝灰岩)が分布する。新寺層以上の各層は、当処分場一帯では、西ないし西北西に10度内外の傾斜で緩やかに傾き下がる。帯水層は主として半固結堆積岩(いわゆる軟岩)中に形成されていて、その基底(難透水層上面)は、隣接する東京鍛工敷地および東北新幹線荒川橋梁等における既存のボーリング資料から推定すると、当処分場の地下50m余りにあるとみられる。

これら基岩に削り込まれた谷の中に、きわめて軟弱な泥炭を主とし底部などに砂泥層をもつ谷底堆積物が、第10工区上流端で3m程度、第6工区上流端で5m程度、第1工区付近では20m近い厚さで堆積している(図2, 3)。処分場ゲート付近では、これら谷底堆積物が、ところどころに礫をまじえる軟弱な砂泥互層(荒川の河成堆積物)と指交している。荒川の河川水位は、低水時でも右岸堤内地の地表面より若干高い位置にあるので、この川が天井川の傾向にあり、処分場のある谷からの水・土砂の流出を妨げていることは確実である。当処分場の位置する谷をはじめ、荒川右岸の丘陵地にある小さな谷には、このような排水不良の環境の下で泥炭地が形成されていたのである。河成堆積物は、荒川左岸の村田第二中学校敷地においては、17mほどの厚さで基岩を直接覆っている(図2, 3)。

廃棄物層は、第1工区中央部付近から上流側の谷底堆積物をほとんど置き換え、第3～第5工区および第8～第9工区付近では基岩にも掘り込む形で最大25mほどの厚さを持ち、途中に、旧表土、泥炭、基岩の破片等の混合物から成る中間的覆土層を薄く挟んでいることが多い。さらに表面を、厚さ数十cm～数mの覆土層（硫化物を吸着させるために散布された軽石を含む）に覆われている（図2, 3）。谷底以外に、新・旧工区を隔てる丘陵の北端部およびその西にも、基岩を深く削りこんで廃棄物が埋められ、その上面は付近の谷底面より最大で18mほど高い位置にある。

基岩を成す砂岩の透水係数を揚水試験の結果から求めると、処分場敷地外（第6工区の上流側のLoc. 3Aや荒川左岸村田二中のLoc. 5A）には（算出方法により） 10^{-5} cm/secの値を示す地点もあるが、ほとんどの地点で 10^{-4} cm/secのオーダーにあり（表1, 2）、これは新第三紀層半固結堆積岩（いわゆる軟岩）としてふつうないしやや小さめの値である。以下の考察では、これら基岩を一括して扱う。なお、貯留指数は、多くの地点で 10^{-3} のオーダーを示し、これらの地点では基岩中の地下水が多少とも被圧傾向にあることを示す。なお村田二中（Loc. 5A）ではこの値が 5.6×10^{-2} と、やや大きい。後述の孔内水位は、隣接して河成堆積物中に設けられたボーリング孔の水位より数十cm高く、これは弱い被圧傾向にあることを示すとみられる。

谷底堆積物・河成堆積物は、その層相から、基岩と同程度ないしやや大きめの透水係数を示すとみてよい。覆土層の上部約30cmの透水係数は、次に述べる1地点を除き 10^{-4} ～ 10^{-6} cm/secの範囲にあるが、地点によりバラつきが大きい。概して旧工区で覆土層の透水性が高い傾向にあり、とくに第5工区の1地点では 10^{-3} cm/secという砂礫層なみの大きな透水係数が測定された（表3）。このように、細かくみれば地点による多少の差異があるが、処分場のある谷底全体の地下水の状態の記載・考察では、谷底堆積物、河成堆積物および谷底部の廃棄物層・覆土層の地下水に関する性状はよく似ている。また、地形的位置や層位からみても、これらを一括して浅層堆積物として扱って差し支えないと考えられる。

3. 地下水の賦存・流動状況

処分場のある谷底の地下水位は、第6工区や第9・10工区などの上流部および盛土が2m以上と厚いところを除き、地表面下2m以内の浅所にある（図2）。ボーリング孔内の水位の分布から想定される地下水面は、谷底面では、ほぼ地表面に沿って下流に向け低くなる形状を示し、第10工区上流端（Loc. 2）と処分場入り口付近（Loc. 1）とでは地下水位に2mほどの差がある（図3, 4）。このことは、谷底面の地下水が全体としてはこの谷の下流方向（東北東ないし北北東）に流動できることを示す。

旧管理事務所付近（Loc. 1）と村田二中プール脇（Loc. 5）の2地点において、前者では3本（Loc. 1, 1Aおよび1B）、後者では2本（Loc. 5Aと5B）のボーリングを隣接して行い、1本は基岩中に、他方は浅層堆積物中（Loc. 1A, 1Bでは浅層堆積物中の異なる深度）にストレーナを切って、孔内水位を比較すると、両地点ともより深層の地下水が示す孔内水位の方が高く、同一地点で基岩中の地下水と浅層堆積物中の地下水との水位差は数十cmである（図3, 4）。これは、この付近一帯の谷底面での地下水が若干被圧傾向にあることを示す。

どの地点の地下水位も、降雨に敏感に反応して数cm～20cmの変動を示す一方、降雨の多かった期間の後には少雨期間にくらべて水位が数十cm高い期間が月単位で継続するなど、

やや長期的な変動も示す。これは、地下水が地表からの浸透水の供給および圧の伝播を速やかに受け一方、やや深部を経由した水の供給も受けていることを示唆する。荒川右岸堤防直下 (Loc. 4) の浅層堆積物中では、荒川の水位を直接反映した地下水位の変動が顕著で、すぐ下流に位置する灌漑用取水堰の開閉状況にきわめて敏感に反応して1m内外の変動を示し、また降雨による水位上昇量も、処分場内や村田二中の場合にくらべて大きい。Loc. 4の地下水位は、処分場内下流端 (Loc. 1) の地下水位とほとんど等しくなったり、上昇量が1mを上まわったりすることも、ときに認められる (図4)。

基岩中の地下水の水平方向の流向および流速は、ボーリング孔内での電位法による測定 (表4および図5) によると、処分場中央部の第7工区付近 (Loc. 3) で北北東に 10^4 cm/sec、第3工区付近 (No. 1) で北北東に 10^5 cm/sec 以下、第6工区上流端 (No. 4) では流速 10^5 cm/sec 以下で流向判定不能である。荒川左岸の村田二中プール脇 (Loc. 5B) では、流速が 10^3 ~ 10^4 cm/sec のオーダーとやや大きいものの、流向は、63回の測定結果がほぼ全方位にちらばっていて特定できない (図5)。浅層堆積物中の地下水の水平方向の流動も、処分場入口付近 (Loc. 1A, B) や荒川右岸堤防脇 (Loc. 4) では流速が 10^5 cm/sec 以下で流向判定不能、荒川左岸の村田二中プール脇 (Loc. 5B) では、流速が 10^4 cm/sec のオーダーで、流向を63回測定した結果は、東を中心に100度ほどの範囲にバラついている (図5)。

これらの観測結果および2に述べた水理地質構造から、処分場内およびその周辺の地下水は、次のような状態にあると考えられる。

- (1) 地下水面は常にきわめて浅い位置にある。すなわち、当処分場の谷底面一帯は、地表・地下を通して、季節を問わずきわめて湿潤な環境にある。
- (2) 地下水は、やや被圧傾向にある。すなわち、谷底面一帯では、基岩からの大量の揚水が行われない限り、浅層から鉛直下方への顕著な水の流動は考えにくい。
- (3) 水平方向でみると、処分場のある谷の中ではきわめてゆっくりと北北東に移動しているとみられるが、その速さは、ボーリング孔内での測定結果では、一部の地点で 10^3 ~ 10^4 cm/sec の値を示すものの、大半は 10^5 cm/sec のオーダーあるいはそれ以下ときわめて遅く、地点によっては流向が特定できないほどである。荒川左岸では、浅層では大局的に東 (荒川下流方向) に向かっているようであるが、かなり広い範囲に分散する傾向にあり、流速も 10^4 cm/sec と遅い。
- (4) 旧管理事務所付近と村田二中との2地点間における、基岩中にストレーナを切ったボーリング孔 (Loc. 1 と Loc. 5A と) の水位差と、浅層堆積物中にストレーナを切ったボーリング孔 (Loc. 1A ないし 1B と Loc. 5B と) の水位差とを比較すると、後者の方が大きい。これは、浅層堆積物中の地下水の水平流動の方が、基岩中のそれより多少速いことを示唆する。
- (5) 荒川から数十mほどの範囲の地下水位は、河川水位より常に低い。また、河川水位の変動に敏感に反応して最大1mほど上下し、ときに処分場下流端の地下水位とほとんど同じになる。下流で堰き止められる灌漑期には、非灌漑期より、地下水位が1mほど高くなるが、短時間の堰の開放に反応して一時的に数十cm低下する。これらの事実から、処分場のある谷底の地下水が、少なくともその谷底が荒川に接する付近では、河川にはきわめて流入しにくい状況にあることが推定される。

4. 表流水の流動状況

第3工区上流側の支谷には、基岩に掘り込まれた水路があり、その両側の谷壁斜面には1m程度以下の土壌しかない。その水路の一地点（図6に示す地点X、流域面積約9,200m²）にパーシャルフリュームおよびダイバー水位計を設置し、水路を流れてくる流量の連続観測を開始した。流域からの表面流出の捕捉には、明瞭な水路が形成されていて、しかも水路以外を通る浸透流出等が無視できる程度に土層・堆積物が薄い地点が適しているからである。また降水量を、第7工区隅の硫化水素モニタリング地点（図6のY）で、これも連続的に観測した。10月からの観測値をみると、地点Yでの日降水量が21.5mm以上の時には地点Xの水路に必ず水流がみられ、また、日降水量5.5mm以下の場合には水流が必ずみられなかった。この、流出発生限界降水量は、先行降雨の状態によって大きく異なるのがふつうであり、詳細な検討にはさらに観測値を集積する必要がある。

流出観測の一例を図7に示す。これは、12月4日深夜から9時間続いた計35mmの降雨が地点Xの上流域約9,200m²にもたらした水量約324m³のうち、植生による遮断を免れた、あるいはそれを通り抜けた水が、一度土壌中浸透し、その一部が滲出・湧出して、降水開始の約5時間後からの約12時間に、39m³が表流水としてこの地点を流下したことを示す。残りは、植生の表面や地表の凹所および土壌中への一時貯留を経て、地下への浸透および大気中への蒸発散に費やされたことになる。このときの流出率は12%と算出される。この値は、森林に覆われた斜面の流出率として、やや小さめであるが、不自然な値ではない。かなりの量が地下に浸透し、基岩中の地下水を涵養していることを想像させる。

長期間の流出率を見積もるには、遮断、一時貯留、地下浸透、蒸発散等の変動を考え、さまざまな先行降雨の状態を含む、少なくとも1年間の連続観測を行う必要がある。しかし、現在それに見合う観測資料の蓄積がないので、暫定的に10月から12月までの観測値に基づいて流出率を求めると、約20%という値が当面妥当なものと考えられる。

このような表流水が発生するには、土壌中に浸透した水を集中させる集水型（谷型、平面形が凹型）の斜面がある距離連続していることが必要である。発散型（尾根型、平面形が凸型）の斜面では、土壌中に浸透した水の大半は、そこにそのままとどまり、最終的には蒸発散（一部は基岩に浸透）するものと考えられる。処分場のある谷底の周囲で、有意な量の表流水を発生させ得る流域を地形条件から推定すると、図6に示す流域No.1からNo.5までの5流域となり、その総面積は約61,000m²である。また、当処分場の北北西約8kmにある村田ダム管理事務所での2004年の降水観測記録をもとに、当流域に表流水を発生させ得る降水イベントを抽出し、そのときの降水量に上記流出量を乗じ、それに上記5流域の総面積を乗じたものを集計すると、年間約16,000m³という値が求まる（表5）。これが、図6にアミをかけた谷底面の浅層堆積物に、表流水として供給される、浸透する水量と推定される。

5. 処分場を中心とする谷底浅層堆積物の水収支推定

以上の知見から、処分場の大半を含む谷底（図6にアミをかけた範囲）の浅層堆積物（大半が廃棄物層および盛土・覆土層で、廃棄物投棄前から存在した谷底堆積物を含み、荒川の河成堆積物も若干含むかもしれない）中の水収支について、推定してみる。なお、新・旧工区の間丘陵部に堆積している廃棄物については、その地形的位置から、ここでいう

推定には含まれない。

- (1) 谷底の浅層堆積物中の地下水との間で水のやりとりをしている可能性があるのは、谷底面への降水、上流から流入する表流水、基岩中の地下水、下流への地表流出水・排水、荒川の河川水、および蒸発散と考えられる。
- (2) 浅層堆積物は、基岩から地下水の供給を受けているとみられるが、上記2から、それが急速に行われているとは考えにくく、逆に、活発な鉛直浸透で基岩に大量の水を供給していることもきわめて考えにくい。第一次近似として、浅層堆積物中の地下水は基岩中の地下水とほぼ平衡の状態にあるとみてよいのではないか。
- (3) 処分場内の谷底面約 $90,000\text{m}^2$ への年間の降水の総量は約 $121,000\text{m}^3$ と推算される。これは、地表に一時滞留することはあっても、すべて浸透するとみなす。上流部から表流水として供給されるのは、上記3に示したように、約 $16,000\text{m}^3$ と見積もられる。このほか旧工区北側の住家(3世帯13人)からの排水があるが、これは、かなり大きく見積もっても数千 m^3 であろう。これらが浅層堆積物中に浸透すると考えられる。
- (4) 下流側への表流水の流出としては、(a)上記住家からの排水を含む旧工区を通る排水、(b)廃棄物層から汲み上げられ第10工区上流端の池に一時貯水された後排水されるもの、(c)その排水路の側壁から滲出するものがある。県が年間数回測定した値の単純平均は、それぞれ $5.1\text{m}^3/\text{h}$ 、 $2.6\text{m}^3/\text{h}$ 、 $2.1\text{m}^3/\text{h}$ なので、これらの値をもとに年間の流出量を概算すると、(a)が約 $45,000\text{m}^3$ 、(b)が約 $22,000\text{m}^3$ 、(c)が約 $18,000\text{m}^3$ 、計 $85,000\text{m}^3$ 程度になる。
- (5) 蒸発散は実測がきわめて困難であるので、種々の推定法が開発されている。そのうちのソーンスウェイト法は、元来このような小面積の地点への適用を主目的に開発された手法ではないが、月平均気温から、水が十分供給された場合の月別可能蒸発散量が概算できる。処理場のある谷底には、高い地下水面に表されているように、常に十分な水の存在が保証されているので、この方法を用いて試算すると、年蒸発散量は、降水量換算で約 630mm 、これに谷底面の面積約 $90,000\text{m}^2$ を乗じると約 $57,000\text{m}^3$ となる(表5)。
- (6) 上記(1)~(5)を模式図にまとめると図8のようになる。処分場のある谷底の廃棄物層への水の供給は、谷底面への降水から約 $121,000\text{m}^3$ 、周囲の斜面からの表流水として約 $16,000\text{m}^3$ 、計約 $137,000\text{m}^3$ となる。一方、地表を通った排水が約 $85,000\text{m}^3$ 、蒸発散が約 $57,000\text{m}^3$ 、計 $142,000\text{m}^3$ で、収支はほぼつりあう。

しかしこれは、基岩からの地下水の供給や、浅層堆積物を通っての下流への浸透等があり得ることを、否定するものではない。ただし、それら地下水としての流動速度はきわめて遅く、上記3に述べたボーリング孔内での電位法による測定値から外挿すると、処分場の上流端から下流端までの約 500m を移動するのに十数年から100年を要することになる。

付言すれば、処分場のある谷の出口付近を中心に地下水位の変動状況をより詳細に解析して、地下水流出の妥当な推定を行い、同時に水質のモニタリングを行うことが、当処分場を取り巻く地下水の動態をさらに詳しく解明するのに有効と考えられる。表流水の流入および流出(排水)についても、1水文年の観測値がほしい。あわせて、廃棄物の分解反応による発熱で異常な蒸発散が促されている可能性を、接地気温の観測等から検証してみる価値もあろう。また、新・旧工区間の丘陵部に堆積している廃棄物中の地下水については、別途検討する必要がある。

- 図 1 調査地の地形および各種観測点の位置
- 2 ボーリング柱状図および孔内水位*
 - 3 地形・地質断面*
 - 4 地下水位の変化
 - 5 地下水流向・流速測定例* (No. 4, Loc. 5A, Loc. 5B)
 - 6 水収支推定のための流域区分
 - 7 表流水の流出観測例 (2004年12月5-6日)
 - 8 水収支推定結果

- 表 1 地下水位観測地点一覧
- 2 連続揚水試験に基づく基岩(砂岩)の透水係数, 透水量係数などの算出
 - 3 覆土浸透試験結果
 - 4 地下水流向・流速測定結果(まとめ)
 - 5 谷底の浅層堆積物の水収支算出(排水分を除く)
- (* を付した図は 複数のページに分かれる)

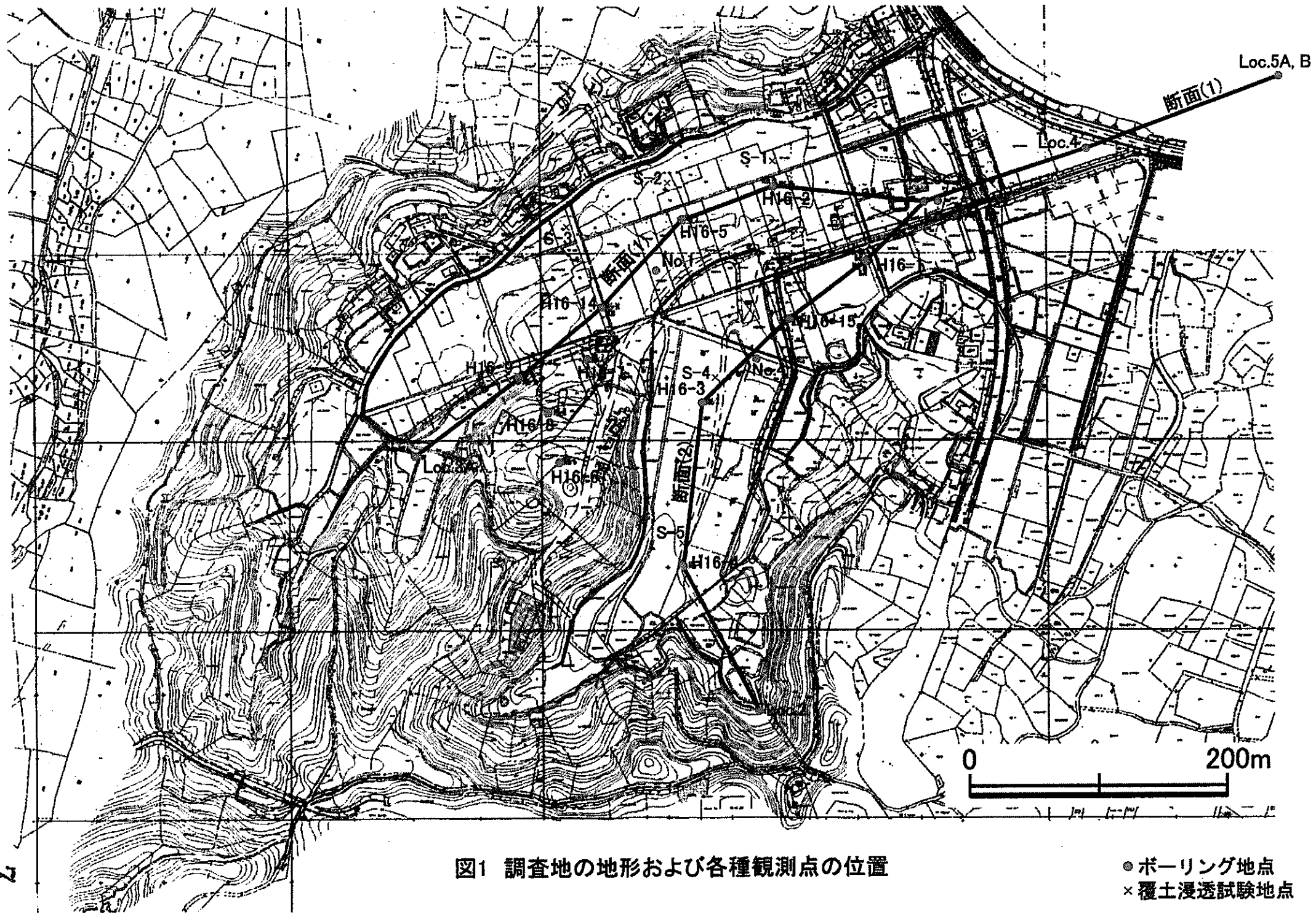


図1 調査地の地形および各種観測点の位置

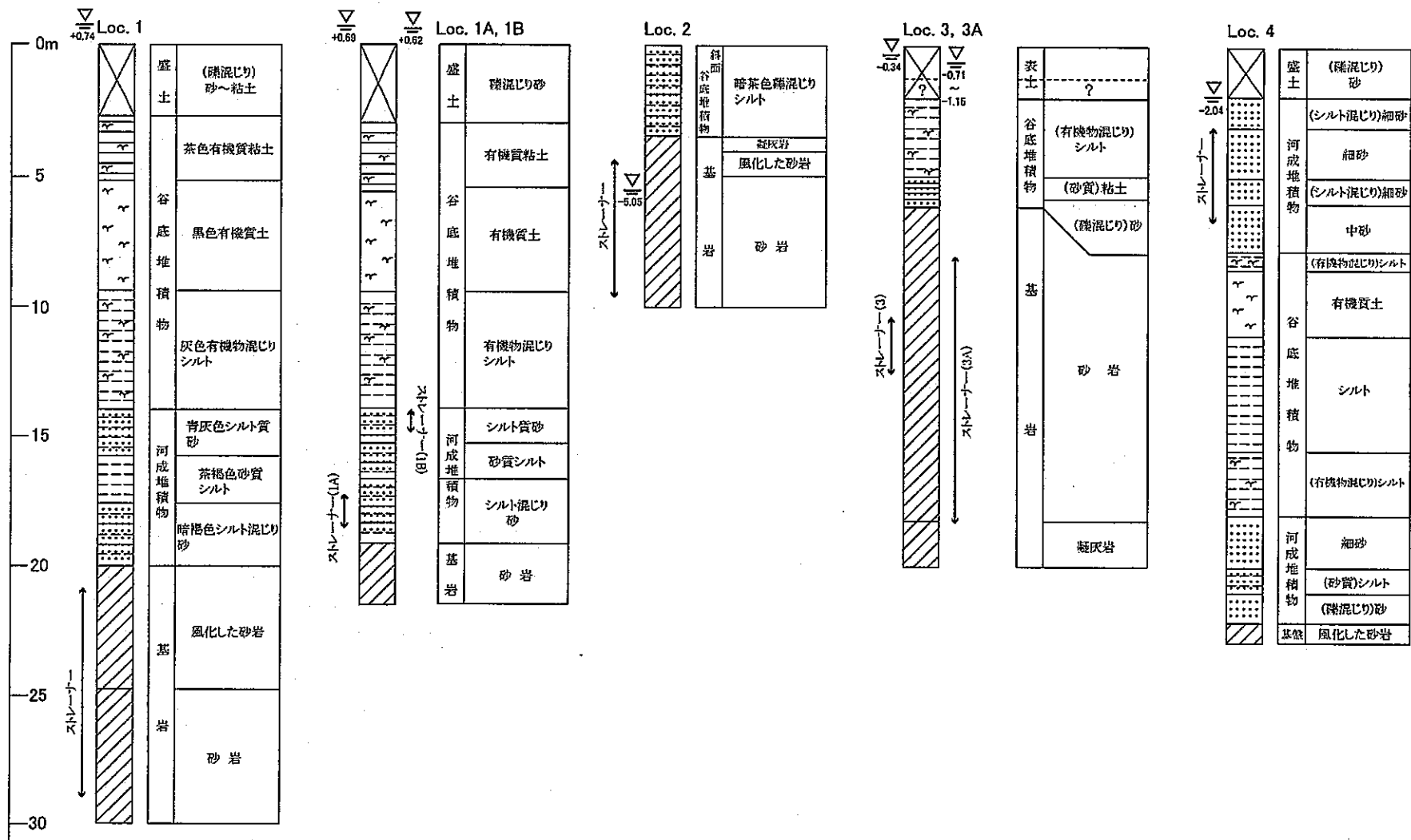


図2 ボーリング柱状図および孔内水位 (1)

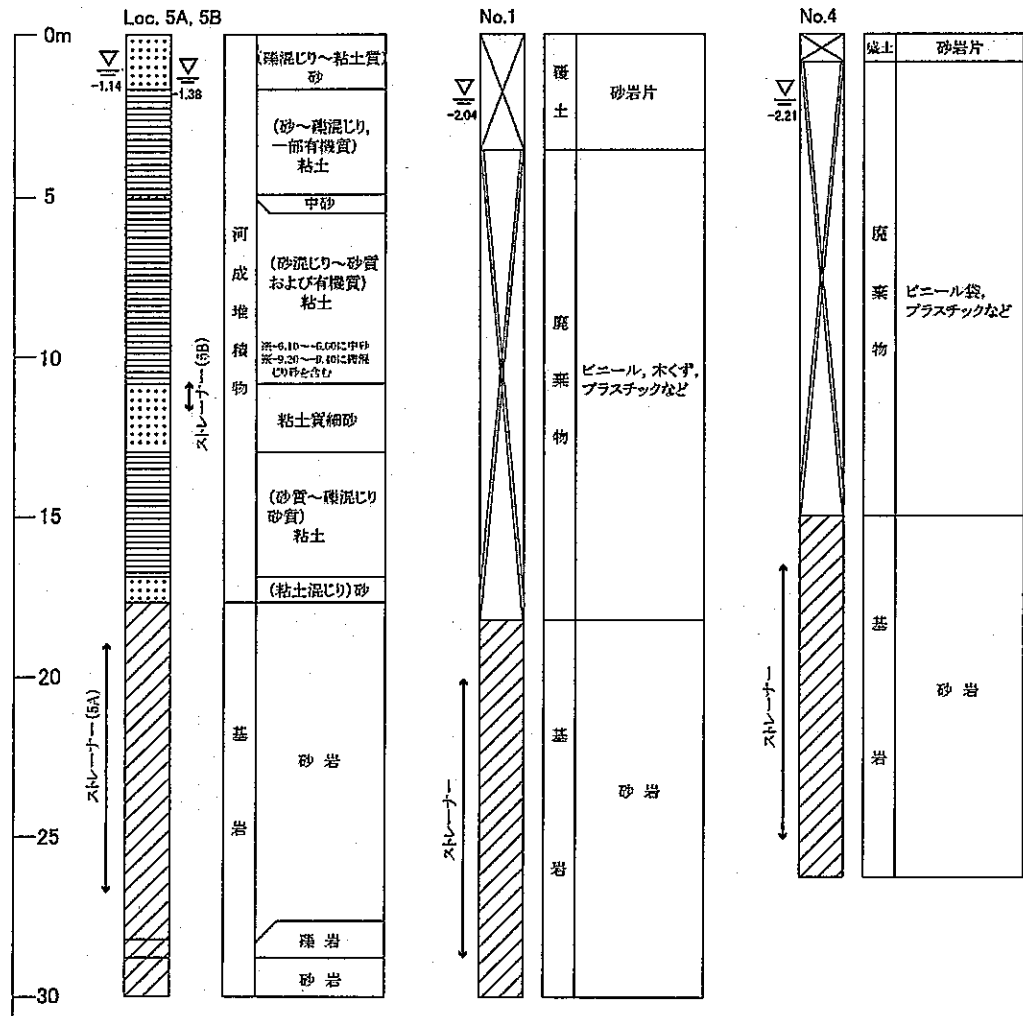


図2 ボーリング柱状図および孔内水位 (2)

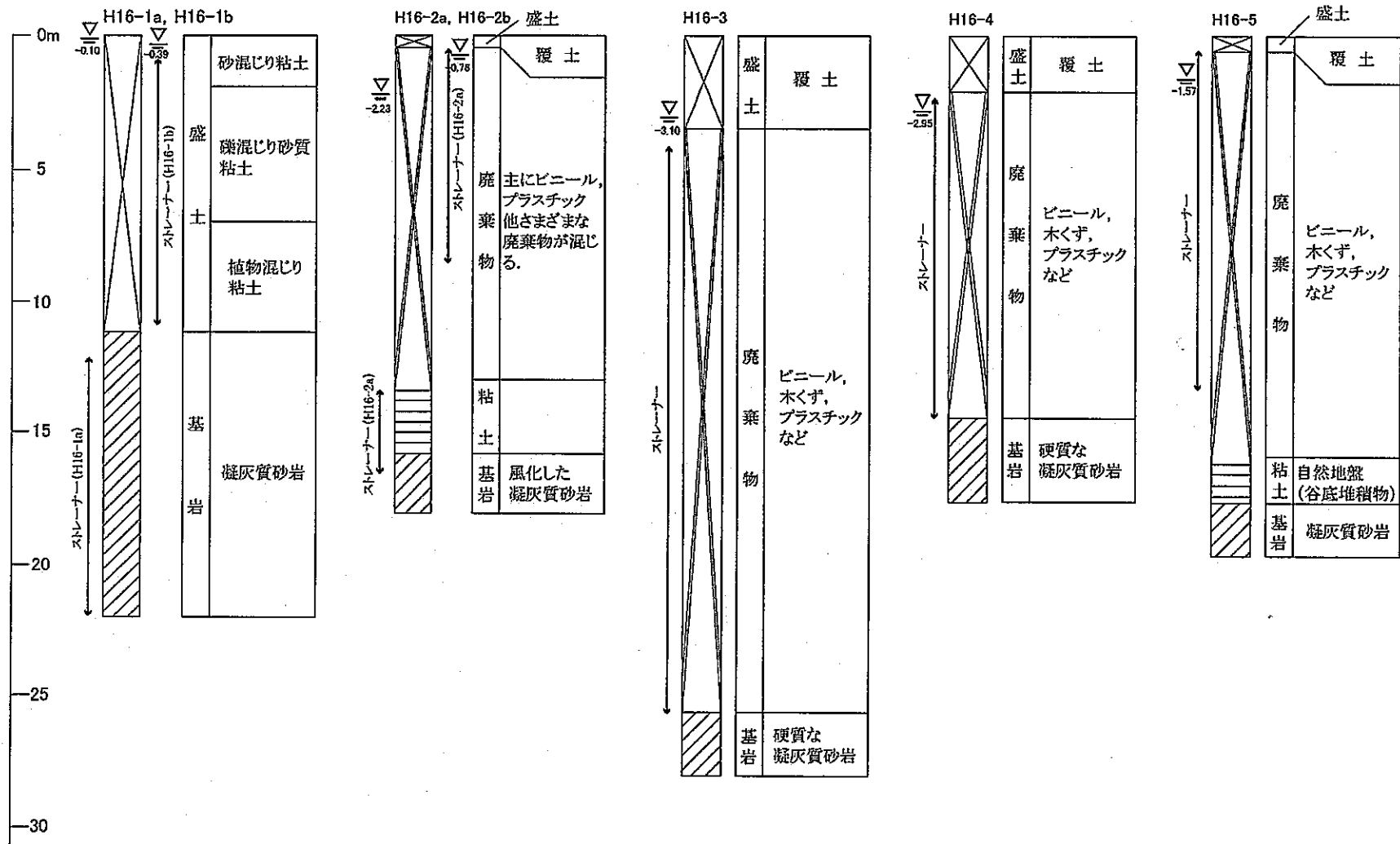


図2 ボーリング柱状図および孔内水位 (3)

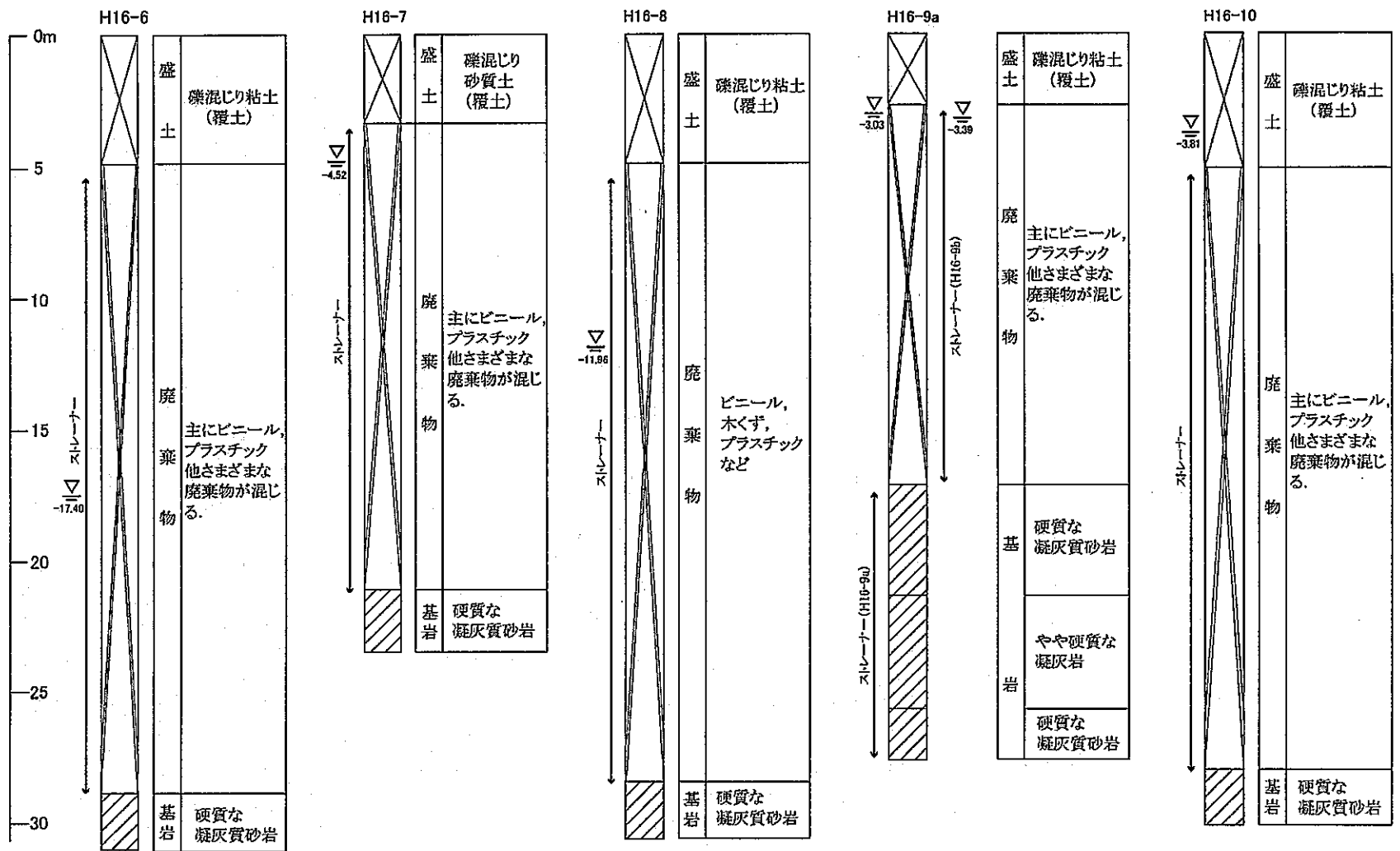


図2 ボーリング柱状図および孔内水位 (4)

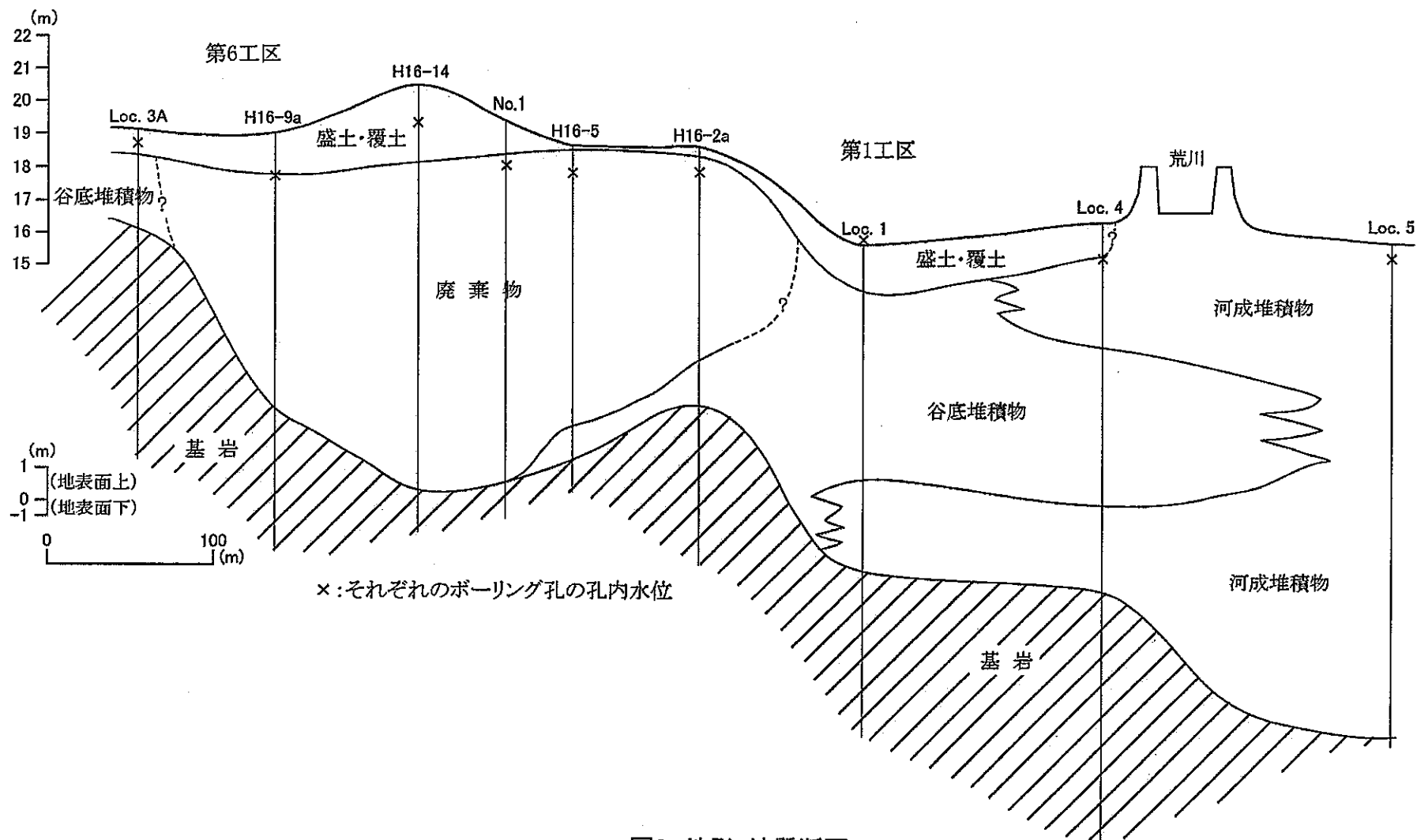


図3 地形・地質断面 (第1工区~第6工区)

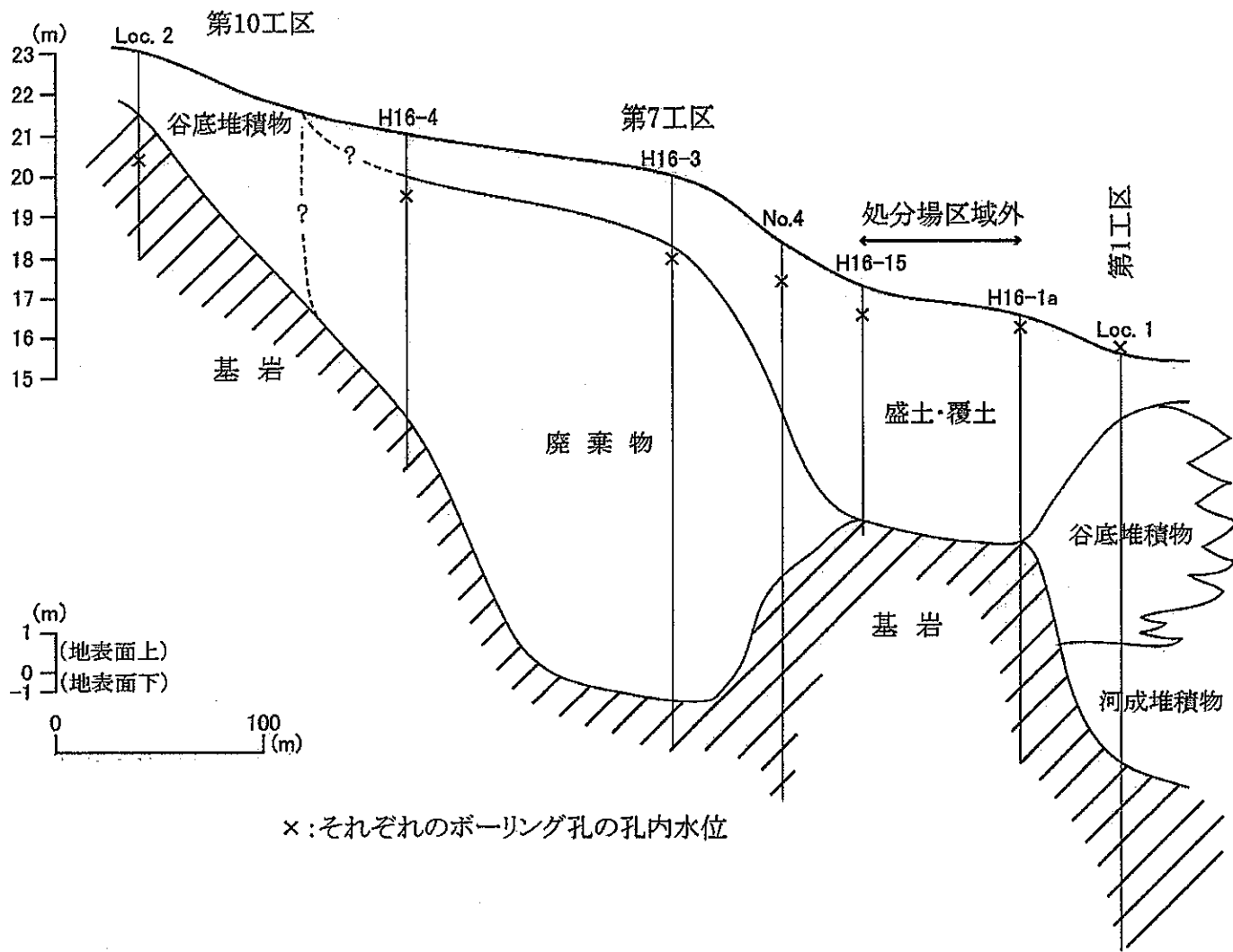


図3 地形・地質断面 (第1工区~第7工区~第10工区)

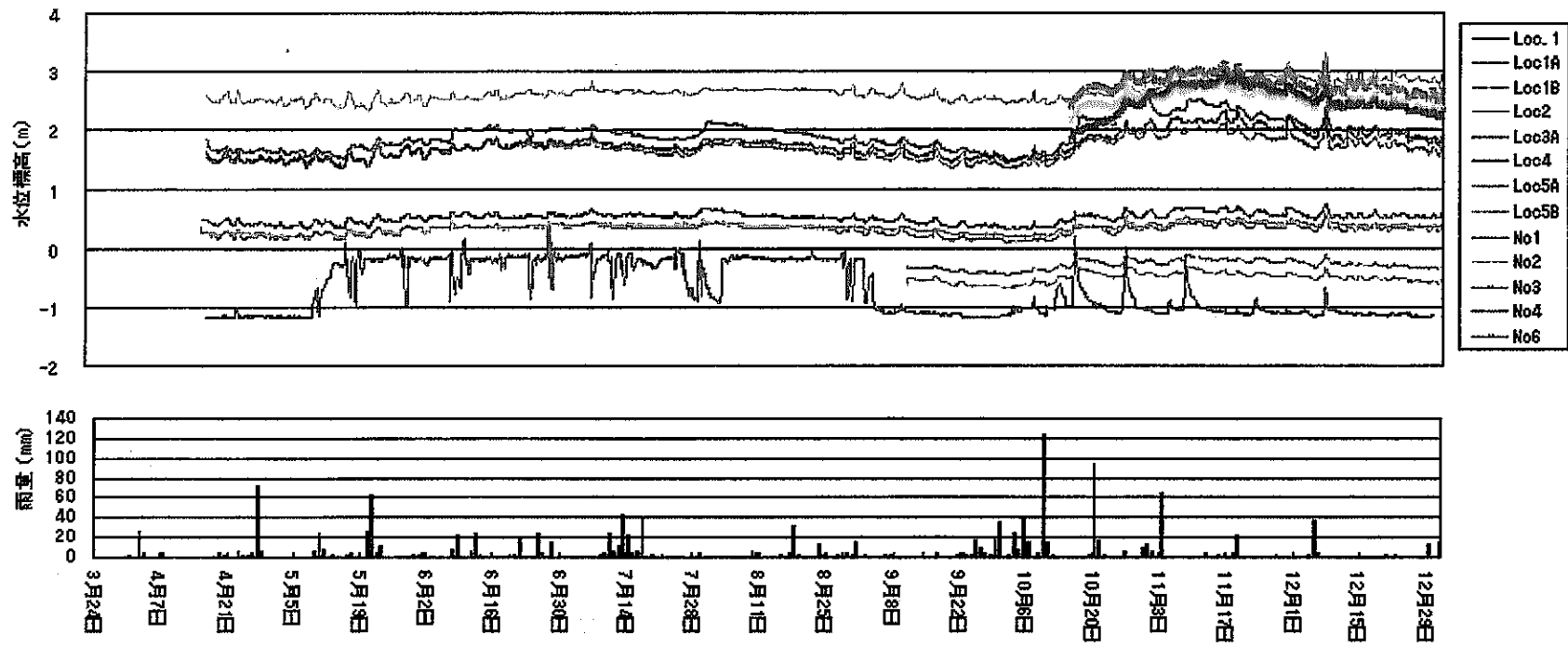
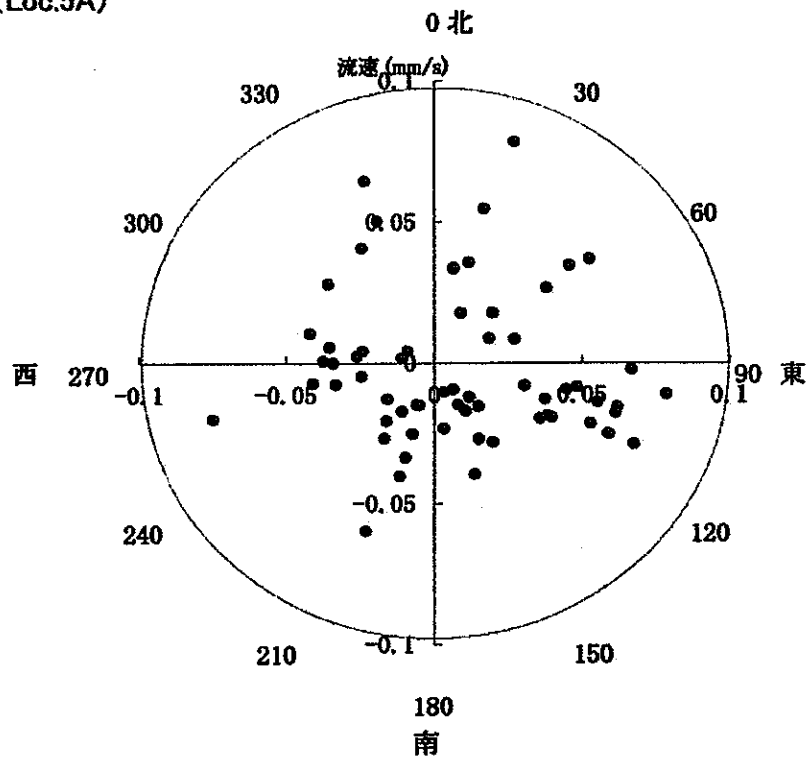


図4 地下水位の変化

水位標高(m)は処分場ゲート脇の仮基準点の標高を0m(=KBM)としたもの
 雨量(mm)は「アメダス川崎」の日雨量

(Loc.5A)



(Loc.5B)

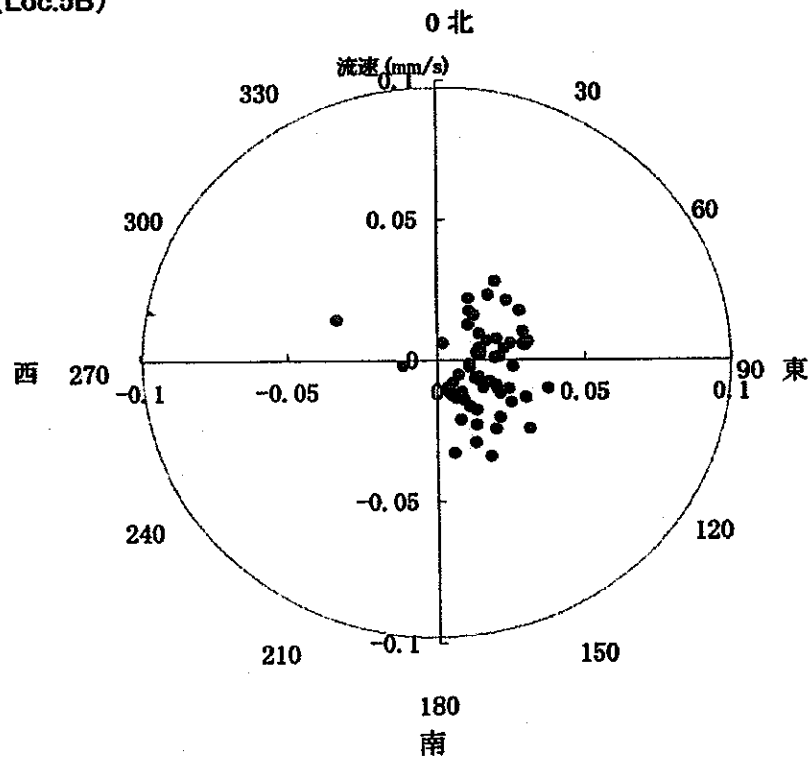


图5 地下水流向·流速测定例 (1)

(No.4)

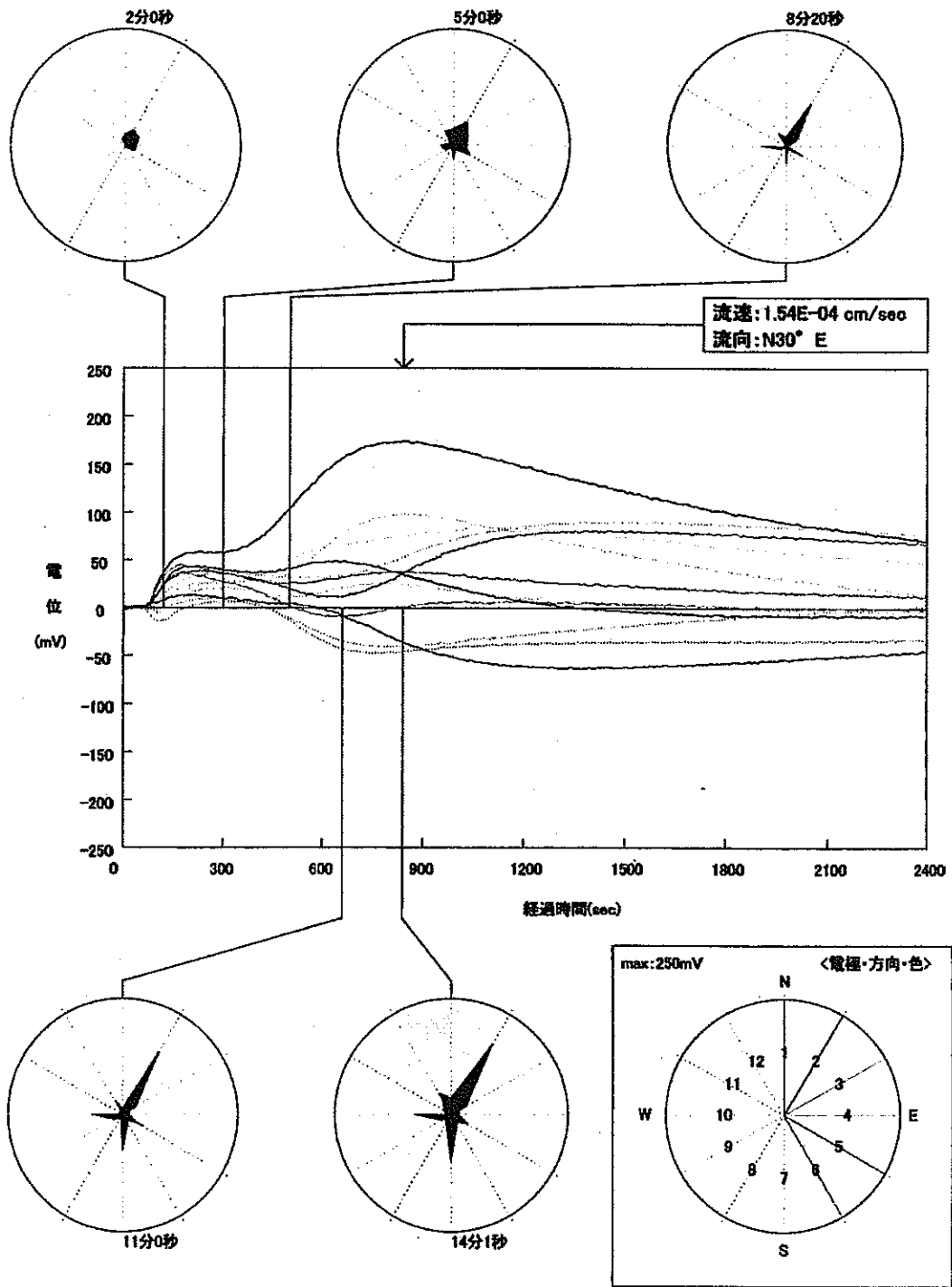


図5 地下水流向・流速測定例 (2)

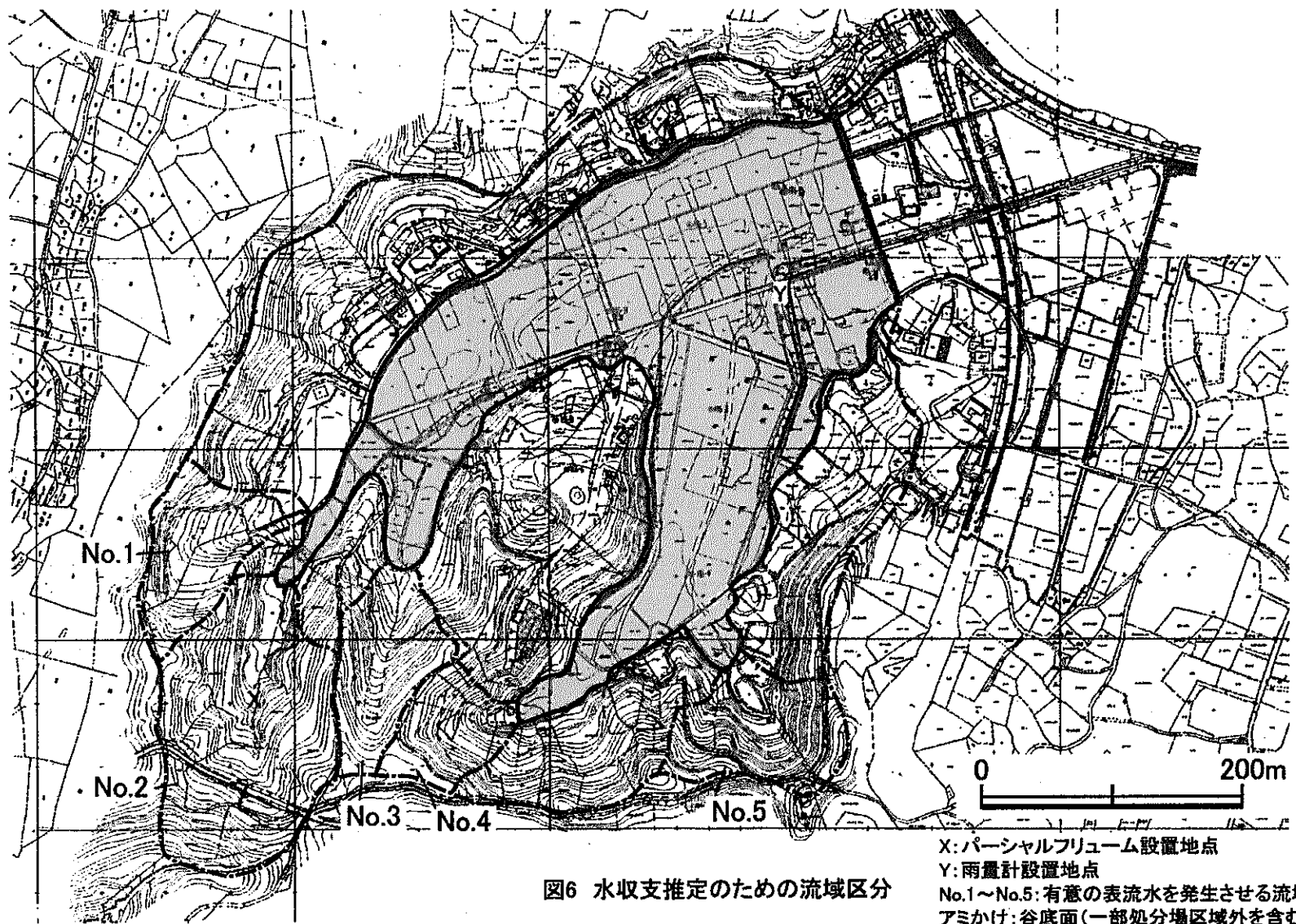


図6 水収支推定のための流域区分

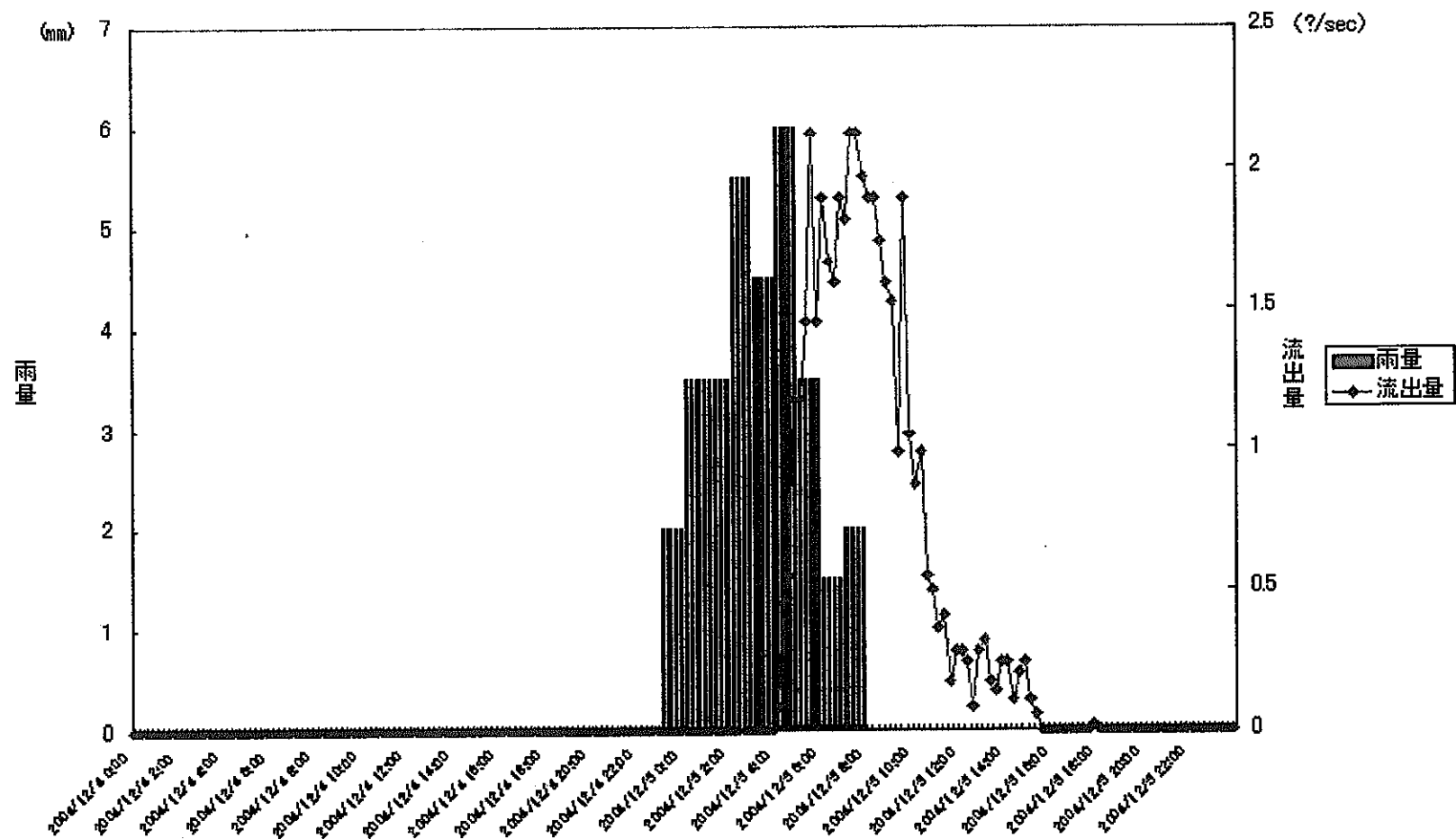


図7 表流水の流出観測例(2004年12月5-6日)

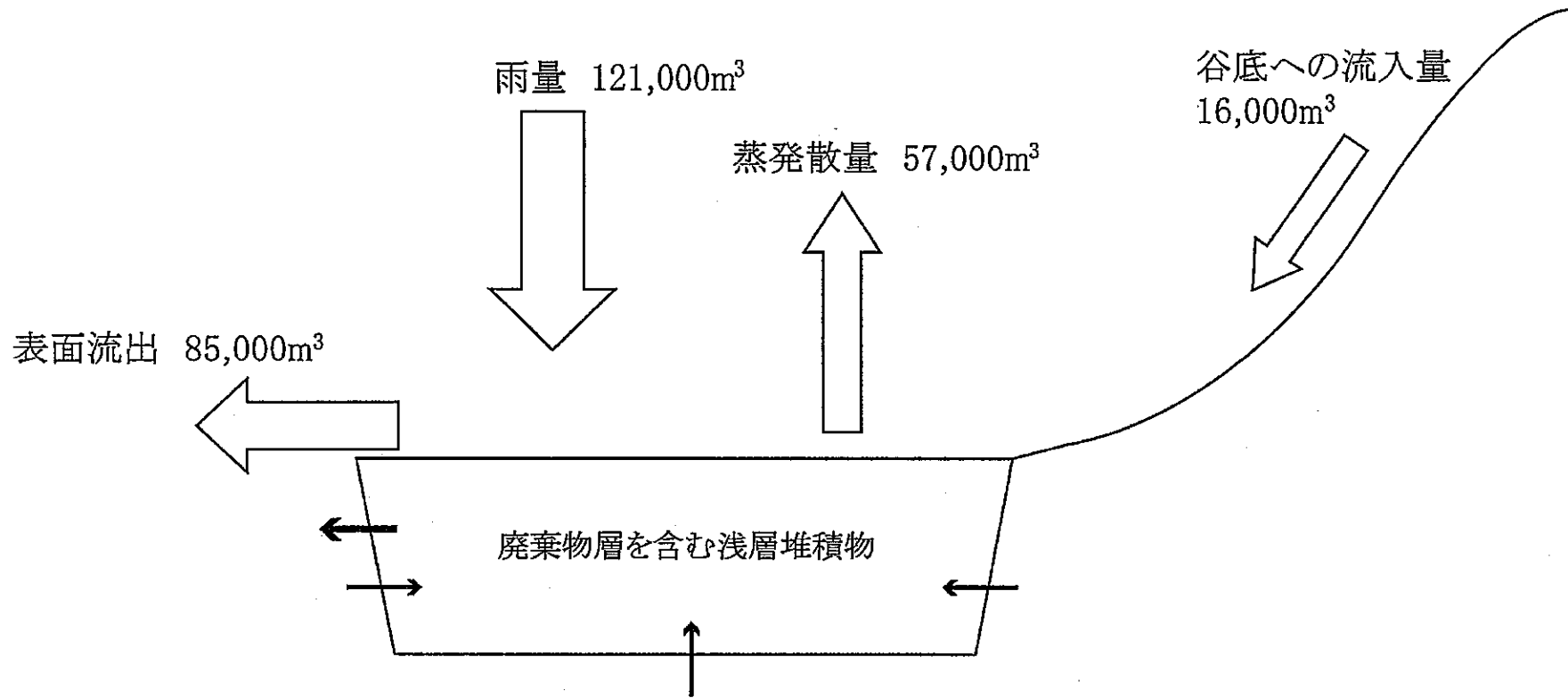


図8 水収支推定結果

表1 地下水位観測地点一覧

地点	孔口標高	管立上り GL(m)	管の標高 KBM(m)	管底 GL-(m)	ストレーナー深度 GL-(m)(岩質)	水位計設置深度 GL-(m)	設置時水位 GL(m)	地下水位の標高 KBM(m)	水位計設置月日
Loc.1	-0.050	0.70	0.650	30.05	21.0~29.0(砂岩)	5.00	0.53	0.480	2004/03/25
Loc.1A	-0.154	0.70	0.546	18.61	17.5~18.5 (シルト混じり砂)	5.00	0.47	0.316	2004/03/25
Loc.1B	-0.202	0.78	0.578	15.00	14.3~15.0 (シルト質砂)	5.00	0.56	0.358	2004/03/25
Loc.2	7.960	0.60	8.560	9.77	4.5~9.5(砂岩)	8.00	-5.36	2.600	2004/03/26
Loc.3A	2.251	0.65	2.901	13.00	8.0~18.0(砂岩)	5.00	-0.39	1.861	2004/03/26
Loc.4	0.977	0.65	1.627	6.90	3.00~6.50 (シルト混じり細)	5.00	-2.1	-1.123	2004/03/26
Loc.5A	0.910			30.00	19.0~27.0(砂岩)	8.00	-1.20	-0.290	
Loc.5B	1.010			20.00	11.0~12.0 (粘土質細砂)	8.00	-1.51	-0.500	
No.1	3.876	0.50	4.376	31.20	19.8~28.5(砂岩)	5.00	-2.31	1.566	2004/03/26
No.2	4.766	0.35	5.116	26.00		7.00	-2.28	2.486	2004/10/18
No.3	3.786	0.60	4.386	26.00		7.00	-1.20	2.586	2004/10/18
No.4	4.061	0.55	4.611	26.05	16.3~25.0(砂岩)	5.00	-2.43	1.631	2004/03/26
No.6	4.666	0.85	5.516	19.00		7.00	-2.62	2.046	2004/10/18

標高は処分場入口配電設備の基礎をKBM=0.00m(海拔15.63m)として求めた

表2 連続揚水試験に基づく基岩(砂岩)の透水係数, 透水量係数などの算出

(1)

揚水	項目	Loc.1		
		Theisの方法	Jacobの方法	回復式による方法
連続揚水	透水量係数T (m^2/min)	3.72×10^{-3}	3.57×10^{-3}	2.32×10^{-3}
	透水係数k (cm/s)	6.20×10^{-4}	5.95×10^{-4}	3.87×10^{-4}
	貯留指数S	1.39×10^{-3}	8.84×10^{-3}	

(2)

揚水	項目	Loc.2		
		Theisの方法	Jacobの方法	回復式による方法
連続揚水	透水量係数T (m^2/min)	3.21×10^{-3}	2.03×10^{-2}	1.05×10^{-2}
	透水係数k (cm/s)	8.93×10^{-4}	5.65×10^{-4}	2.90×10^{-3}
	貯留指数S	4.71×10^{-4}	1.37×10^{-2}	

(3)

揚水	項目	Loc.3A		
		Theisの方法	Jacobの方法	回復式による方法
連続揚水	透水量係数T (m^2/min)		1.67×10^{-4}	1.46×10^{-4}
	透水係数k (cm/s)		3.48×10^{-5}	3.04×10^{-5}
	貯留指数S		3.38×10^{-2}	

(4)

揚水	項目	Loc.5A		
		Theisの方法	Jacobの方法	回復式による方法
連続揚水	透水量係数T (m^2/min)	1.21×10^{-3}	3.81×10^{-4}	2.87×10^{-4}
	透水係数k (cm/s)	2.51×10^{-4}	7.94×10^{-5}	5.99×10^{-5}
	貯留指数S	2.95×10^{-4}	5.58×10^{-2}	

(5)

揚水	項目	No.1		
		Theisの方法	Jacobの方法	回復式による方法
連続揚水	透水量係数T (m^2/min)	6.03×10^{-3}	3.46×10^{-3}	8.01×10^{-3}
	透水係数k (cm/s)	1.16×10^{-3}	6.66×10^{-4}	1.54×10^{-3}
	貯留指数S	7.46×10^{-5}	9.35×10^{-3}	

(6)

揚水	項目	No.4		
		Theisの方法	Jacobの方法	回復式による方法
連続揚水	透水量係数T (m^2/min)	3.70×10^{-3}	2.74×10^{-3}	1.14×10^{-3}
	透水係数k (cm/s)	7.11×10^{-4}	5.28×10^{-4}	2.20×10^{-4}
	貯留指数S	1.03×10^{-3}	1.23×10^{-2}	

表3 覆土浸透試験結果

(深さ約30mで測定)

	S-1	S-2	S-3	S-4	S-5
Q (cm ³ /s)	1.60	1.90	13.19	0.0280	0.17
k (cm/s)	2.78 × 10 ⁻⁴	3.30 × 10 ⁻⁴	2.63 × 10 ⁻³	5.09 × 10 ⁻⁶	3.50 × 10 ⁻⁵

試験孔の直径:D, 試験孔の半径:r₀, 試験孔の水深:h, 定常流量:Qとして, 下記の式から求めた.

$$k = \frac{Q}{2\pi h^2} \left[2.3 \log \left[\frac{h}{r_0} + \left\{ \left(\frac{h}{r_0} \right)^2 + 1 \right\}^{1/2} \right] - \left\{ \left(\frac{r_0}{h} \right)^2 + 1 \right\}^{1/2} + \left(\frac{r_0}{h} \right) \right]$$

表4 地下水流向・流速測定結果(まとめ)

測定孔No.	深度 (GL-m) 岩質	流向(※)	流速 (cm/sec)		測定日
			測定流速 V _o	ダルシー流速 V _d	
Loc. 1A	18.50 シルト混じり砂	測定不能	4.16 × 10 ⁻⁵ 以下	8.32 × 10 ⁻⁶ 以下	2004/01/20
Loc. 1B	14.15 シルト質砂	測定不能	4.08 × 10 ⁻⁵ 以下	8.16 × 10 ⁻⁶ 以下	2004/01/21
Loc. 3	10.95 砂岩	測定不能	8.25 × 10 ⁻⁵ 以下	1.65 × 10 ⁻⁵ 以下	2004/02/04
Loc. 4	3.15 細砂	測定不能	8.35 × 10 ⁻⁵ 以下	1.67 × 10 ⁻⁵ 以下	2004/02/03
Loc. 5A	24.00 砂岩	不定 (ほぼ全方位)	3.9 × 10 ⁻³	7.8 × 10 ⁻⁴	2004/08/21
Loc. 5B	11.50 粘土質砂	S70° E (N30° E ~ S30° E)	0.17 × 10 ⁻³	0.34 × 10 ⁻⁴	2004/08/21
No.1	24.35 砂岩	N30° E (北北東)	7.10 × 10 ⁻⁵ 以下	1.42 × 10 ⁻⁵ 以下	2003/12/22
No.4	19.63 砂岩	N30° E (北北東)	7.70 × 10 ⁻⁴ 以下	1.54 × 10 ⁻⁴ 以下	2003/12/27

表5 谷底の浅層堆積物の水収支算出(排水分を除く)

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計
村田ダムサイト雨量(mm)	33.5	52.0	11.5	90.5	145.5	138.0	161.5	98.5	88.0	327.0	139.0	54.0	1339.0
限界雨量を考慮した雨量(mm) ¹⁾	24.5	47.5	7.5	89.5	139.5	137.0	159.0	95.0	79.5	322.0	138.0	48.5	1287.5
雨量(谷底)	3037	4714	1042	8203	13189	12509	14639	8929	7977	29641	12600	4895	121374
川崎および竹の内の気温より可能蒸発散量(mm)	0.0	1.2	9.9	38.4	71.9	99.7	126.4	112.0	85.3	46.4	30.4	6.6	628.2
蒸発散量 ²⁾	0	109	897	3481	6517	9037	11458	10152	7732	4206	2756	598	56943
流出率(%)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	27	12	—
流域No.1(9442m ²)から谷底への流入量	46	90	14	169	263	259	300	179	150	608	352	55	2486
流域No.2(25359m ²)から谷底への流入量	124	241	38	454	708	695	806	482	403	1633	945	148	6677
流域No.3(9451m ²)から谷底への流入量	46	90	14	169	264	259	301	180	150	609	352	55	2488
流域No.4(6542m ²)から谷底への流入量	32	62	10	117	183	179	208	124	104	421	244	38	1722
流域No.5(10645m ²)から谷底への流入量	52	101	16	191	297	292	339	202	169	686	397	62	2803
谷底への流入量の合計	301	584	92	1100	1714	1683	1954	1167	977	3957	2289	358	16176

1) 竹の内における限界雨量の推定結果から村田ダムサイトにおける独立して生じた日雨量5.5mm以下の降雨を除外した雨量

2) 算出手順は下の表を参照

単位は特記なき場合はすべてm³

宮城県竹の内の可能蒸発散量推定値

2004年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年平均
月平均気温	0.0	0.7	3.3	9.5	14.7	19.1	22.9	21.9	19.3	12.3	9.6	2.8	11.3
I	0.000	0.051	0.533	2.643	5.118	7.608	10.013	9.358	7.728	3.907	2.685	0.416	50.059
a													1.218
Et (cm)	0.000	0.146	0.963	3.491	5.942	8.173	10.195	9.655	8.278	4.782	3.536	0.789	55.950
Et × 10 (mm)	0.000	1.457	9.632	34.914	59.416	81.734	101.947	96.551	82.777	47.821	35.362	7.885	559.496
補正 ¹⁾	0.87	0.85	1.03	1.1	1.21	1.22	1.24	1.16	1.03	0.97	0.86	0.84	
PE ²⁾ (mm/月)	0.0	1.2	9.9	38.4	71.9	99.7	126.4	112.0	85.3	46.4	30.4	6.6	628.2

1) 日照時間を考慮して補正

2) 可能蒸発散量 (PE: cm/月) は次式で計算する。tは毎月の平均気温 (°C)

である。

$$PE = 1.6 \left(\frac{10t}{I} \right)^a$$

$$a = (0.675I^3 - 77.1I^2 + 17920I + 492390) \times 10^{-6}$$

$$I = \sum i = \sum \left(\frac{t}{5} \right)^{1.514} \quad \text{積算は1月から12月まで行う}$$

※1月は-0.8°Cであるが、氷点下の場合は0で計算
 月平均気温1月~10月分は気象庁アメダス川崎のデータ
 月平均気温11月、12月分のみ竹の内データ