資料-2

潮来市日の出地区液状化対策事業効果検討委員会

委員会資料

平成 28 年 4 月 11 日

INDEX

第 1 章　地下水位低下工法の効果検証の考え方……1　資料 2-1
1-1. 市街地液状化対策推進ガイダンス……1
1-2. 地下水位低下工法効果検証のための計測について……10
1-3. 効果検証確認を目的とする「自動計測システム」について……13
第 2 章　浚渫埋土泥土層および沖積粘土層の圧密沈下予測について……13　資料 2-2
2-1. 地質調査結果……13
2-2. 浚渫埋土泥土層の推定……21
2-3. 下流堆積層サンプリング計画……22
2-4. 沖積粘土層の圧密沈下予測……23
第 3 章　再液状化の見直し検証結果について……29　資料 2-3
3-1. 既往の再液状化の検証……29
3-2. 再液状化の検討……33
3-3. 再液状化の検査結果……33
第 4 章　地下水位低下方法について……39　資料 2-4
4-1. 段階的地下水位低下の手法……39
第 5 章　今後の進め方について……60　資料 2-5
5-1. 地下水位低下モニタリングのスケジュール……60

1-1．市街地液状化対策推進ガイダンス

【本編】

（抜粋）

平成 28 年 2 月

国土交通省都市局都市安全課

資料 2-1

５－１１　地下水位低下工法の事業効果の確認

液状化対策工事の地下水位低下工法により地下水位を低下させた場合には、その地下水位が想定通り低下しているか、それに伴う地盤沈下による家屋への影響が生じていないかなど、一定期間、モニタリング調査を行い、事業実施による効果等について確認する必要がある。

そのために、市街地液状化対策事業の工事前やポンプ稼働前の地下水位・地盤高について観測し、ポンプ稼働後のデータと比較することで地下水位低下による液状化対策効果の確認及び地盤沈下に伴う地盤変動等の影響の検証を行う。

１．モニタリング調査の必要性

液状化対策事業として実施する地下水位低下工法については、地下水位低下による非液状化層厚の増加を目的としたものであり、場所によっては不均質な地盤等によって地下水位が想定通り低下しないという事象も想定されることから、排水後に地下水位低下工法により確保された非液状化層厚の確認や地区毎に発現した事業効果の確認をする必要がある。その検証にあたっては、液状化のメカニズムやその対策工法について検討してきた学識経験者等からなる検討委員会で検討することが重要である。

モニタリング調査で確認する主な事項は、以下のものがある。

1）工事により発現した効果を確認するための事項　⇒　**地下水位観測**

①非液状化層厚の確認（ポンプ稼働後の地下水位低下の確認）

2）地下水位低下前後における地盤沈下に伴う地盤変動を確認するための事項　⇒　**沈下観測**

①地下水排水管設置工事中における沈下量の確認（工事中の沈下量）

②地下水排水開始後の沈下量の確認（地下水位低下後の沈下量）

検討委員会は、**図5-23**のように一般的にモニタリング調査後に開催し、事業効果の確認を行い、必要に応じて追加対策工事の要否の検討を行う。追加工事が必要な場合は、工事後に再度、事業効果の確認等を行う。

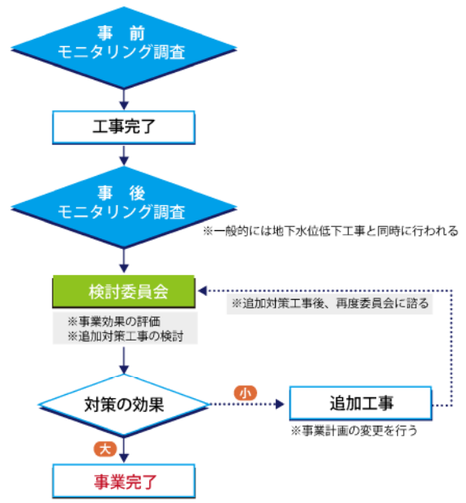


図5-23　事業完了までのフロー（イメージ）

２．事業効果の確認等の仕方

地下水位低下工法については、地区毎に対策によってどのような事業効果が面的に得られたか一定期間の観測データに基づいた検証が必要である。

（１）施工後の事業効果の確認の目的

地下水位低下工法の事業効果の確認の目的としては、主に以下の3つがある。

①地下水位がどの程度低下し、地区単位にどのような事業効果が発現しているかの確認

②粘性土地盤がある場合に圧密沈下による地盤沈下が生じていないかの確認

③発現した事業効果が想定より小さい場合の対応の検討

そのため、その施工後の効果検証としては、**表5-15**に示すような計測管理による各調査項目の確認を行い、それでも効果が得られない場合は技術指針に基づく判定において、判定基準や評価方法の見直しを行い総合的な検討を行う。

表5-15　地下水位低下工法施工後の事業効果の確認

確認が必要な事項	確認方法	計測・対応等
地下水位低下状況	どの程度地下水位が低下しているかを確認するための地下水位観測を行う。	自記水位計 降雨量
地下水位低下に伴う地盤沈下状況	施工時および地下水位低下に伴う地盤沈下状況を確認するための沈下量の観測を行う。	地盤沈下計 間隙水圧計[注1)]
想定していた効果が得られない場合の対応策	・モニタリング調査結果を基に詳細に検討を行う。 ・技術指針に基づく判定において他の地震動により評価を行う。 ・地区として必要な効果が得られない場合はその原因を推定し、追加対策の検討を行う。	判定方法の見直し 簡易井戸等の設置

注1）実証実験を実施していない地区は設置するのが望ましい。

（２）地下水位等の観測・収集

地盤特性によって地下水位の低下状況が異なるため、地区毎に地下水位観測や降雨量（近接のアメダスや公共観測箇所）の収集、地盤沈下観測を行う。

（３）地下水位観測期間と頻度

地下水位観測期間は、降雨量等の季節変動等を考慮し、**図5-24**に示すように地下水排水開始前から**地下水位の低下が落ち着いた後1年間の観測を行うことを基本**とする。

①**地下水位及び地盤沈下量の観測頻度**は、**数時間単位又は同一時間に日単位で計測**する。

②地盤のクラックや沈下等など**異常な変状が発生した場合**には、地下水位への降雨量の影響の確認や、排水量の調整、計測間隔の調整（例えば1時間毎にする）など、**状況に応じて排水量や観測の仕方を調整**する。

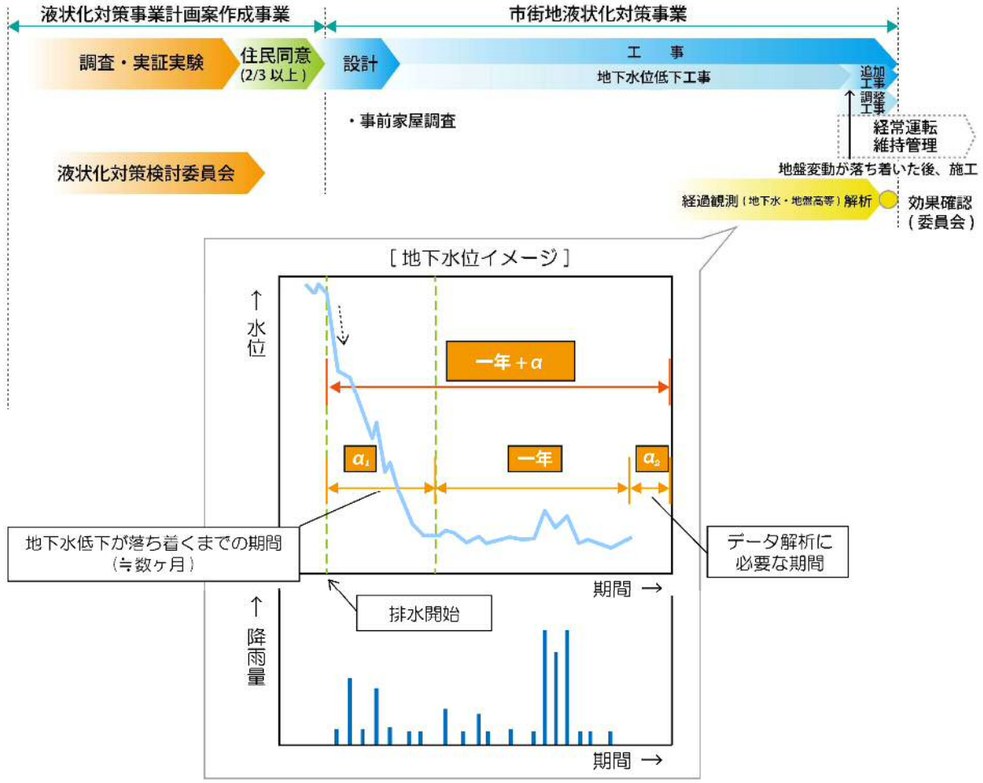


図5-24　事業完了までの流れと地下水位低下工事施工後の経過観測方法（イメージ）

（４）地下水位等の観測

施工後の地下水位や地盤沈下の状況の経過観測を行うためには、施工前の観測もしておく必要がある。ただし、施工前は必ずしも施工後と同じ観測点でなくても良く、近傍のボーリングデータが活用できるものがあればそれを用いて観測する。

図 5-25 は、地下水位低下工法の効果およびその影響を確認するための地下水位観測孔と地盤沈下計の設置計画例である。地下水位観測孔と地盤沈下計の設置間隔及び位置については、各地区の地盤条件が異なるために各検討委員会で効果の確認に必要となる箇所や方法手段等を検討し、地盤の均一性や長期的な観測が可能な地点などを考慮して設定する。計器の設置箇所は、**図 5-26** に示すように排水管から離れた地点の地下水位の低下、排水管近くの地盤の沈下量などを確認する。

なお、自動計測システムについては、**＜参考編５－１０＞**を参照して設置間隔、設置場所、観測頻度等、異常値発生時の対応及び、地下水位低下時の対処等を考慮して設置の検討を行う。

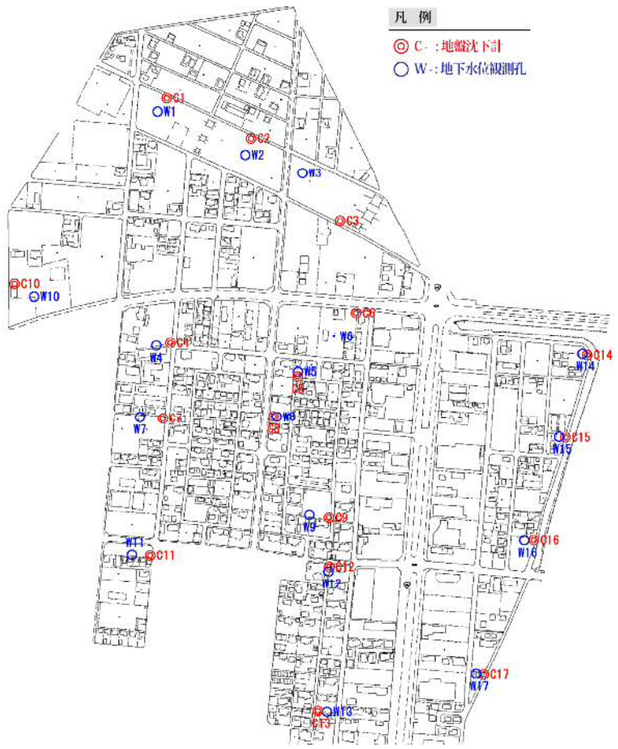


図 5-25　地下水位低下工法の効果検証のための観測位置例（神栖市）

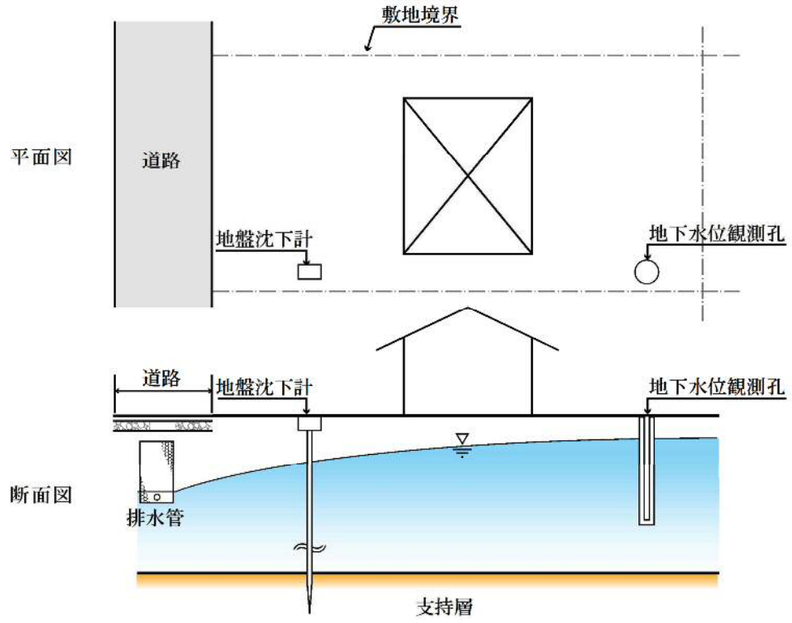


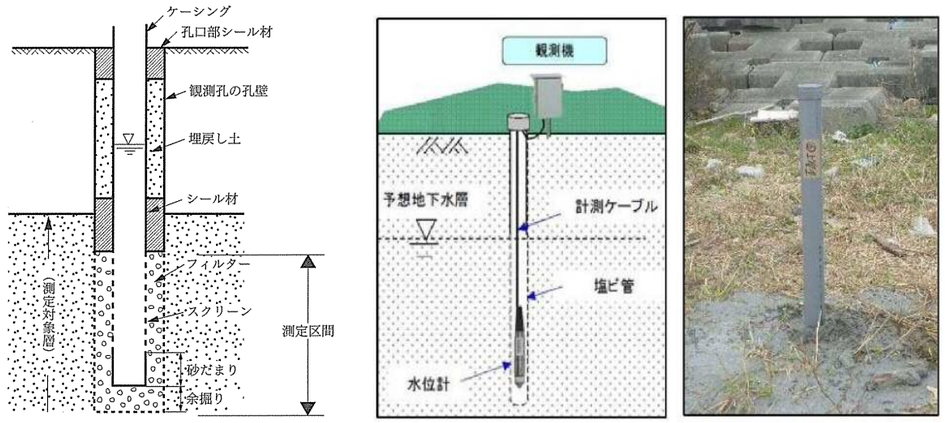
図 5-26 地下水位観測孔と地盤沈下計の設置計画のイメージ

注 1）**地下水位観測孔は排水路間の中央部（宅地の背割側）に設置**するのが望ましい。

注 2）**地盤沈下計は排水管近傍に設置**するのが望ましい。

1）地下水位測定

地下水位観測にあたっては、**図 5-27** に示すようにボーリングで削孔した孔にスクリーン加工したケーシングを建て込み、スクリーンの周囲にフィルター材（豆砂利）を挿入し、その上位をシール材により止水して地下水位観測孔を作製する。そして、ケーシング内の水位を触針式水位計で定期的に測定するか、あるいはケーシング内に自記水位計を設置して地下水位の連続観測を行う。



(a) 水位観測孔　　(b) 自記水位計

図 5-27　地下水位観測孔及び自記水位計の設置例

注 1)：地下水位観測孔用の必要掘削径は直径 12cm 程度であり、水位低下させる深度の数 m 下まで観測孔を設置する。

注 2)：ケーシングには直径 5cm 程度の塩ビ管にスクリーン加工をしたものを用いる。

2）地盤沈下計

地盤沈下量の計測にあたっては、ボーリングで支持層上端まで削孔した孔の先端から、**図 5-28** に示すように基線ロッドにスクリューアンカーを接続したものをねじ込んで支持層に固定する。そして、基線ロッドの動きを地盤沈下計で測定して地盤沈下量を求める。また、支持層が深い場合でもスクリューアンカーを支持層に設置する方法が最も精度が高く適切であり、測定ロッドの高さを不動点からレベル測量を行って沈下量を求め数値チェックを行うこともある。

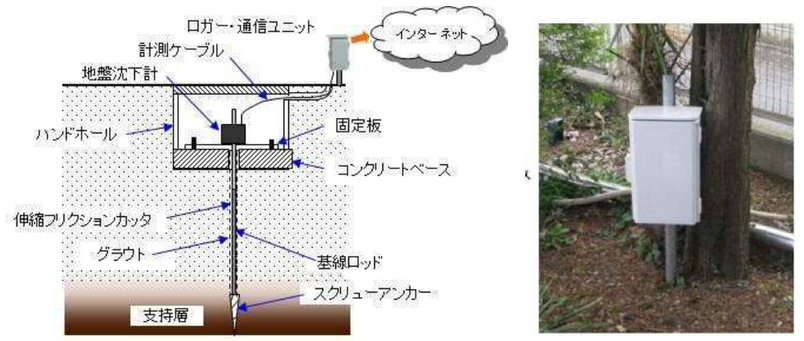


図5-28　地盤沈下計の設置例

注 1)：ボーリングで必要な直径は直径 7cm 程度により支持層上端まで削孔する。

３）間隙水圧計

地下水位低下工法により地下水位を下げることにより、下部の粘性土の間隙水圧が下がり有効上載圧が増すために圧密沈下を生じる。ただし、５－1 で前述したように、東北地方太平洋沖地震後に行われた**実証実験結果によると、従来仮定していた有効上載圧の増加の仕方と実際は異なったり、軟弱粘土層といえども少し過圧密になっていたりして、予測した地盤沈下量より少ない結果が得られたりしている**。このため、実証実験で間隙水圧計を設置していない地区は、**間隙水圧計を設置して計測したデータを基に、実際の間隙水圧の分布の変化を考慮して圧密沈下量を推定する**ことが望ましい。間隙水圧を考慮した圧密沈下量の推定手法は**＜資料編５－１４＞**を参照されたい。

間隙水圧計の設置例を**図 5-29** に示す。まず、間隙水圧計を設置する深度より 50cm 浅い深度までボーリングにより削孔する。その後、ボーリングロッドに間隙水圧計を設置し孔底まで静かに沈めていく。孔底に達した所で、間隙水圧計の計器チェックのため、地上の指示器に接続しチェック測定を行う。チェック測定終了後、ボーリング機械によりゆっくりと力を加え所定の深度まで間隙水圧計器を圧入する。

計器の埋戻しについては、以下のとおりである。

①圧入後、計器天端＋1.0m 程度まで孔内に小礫を投入する。

②孔内にベントナイトペレットを投入する（小礫天端+50cm 程度）。

③膨張性グラウト材を地表まで投入する。

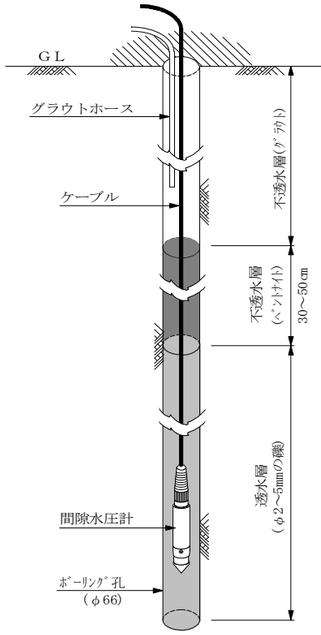


図 5-29　間隙水圧計の設置例

３．検討委員会による対策効果の評価

検討委員会では、対策により確保された非液状化層厚や事業の効果等について以下のように評価する。

①各観測点の評価だけでなく、**地区全体としての評価**

②地下水位及び地盤沈下の**観測データを利用した総合的な評価**

③地下水位が予定よりも下がらなかった場合、**他の地震動による評価や判定方法の見直し**

④地下水位が予定よりも下がらなかった場合の**原因の推定、追加対策の検討**（効果が出るかどうかの確認は必要）

地下水位低下工法の対策効果は、例えば**図5-30**に示すように降雨・降雪の影響を除いた平均低水位等（年平均水位以下の日平均した水位）で比較し、地下水位低下が図られたことを確認して判断する。その結果、目標とする地下水位まで安定した低下等が図られたことを確認し、検討委員会による最終判断をもって液状化対策事業の完了とする。

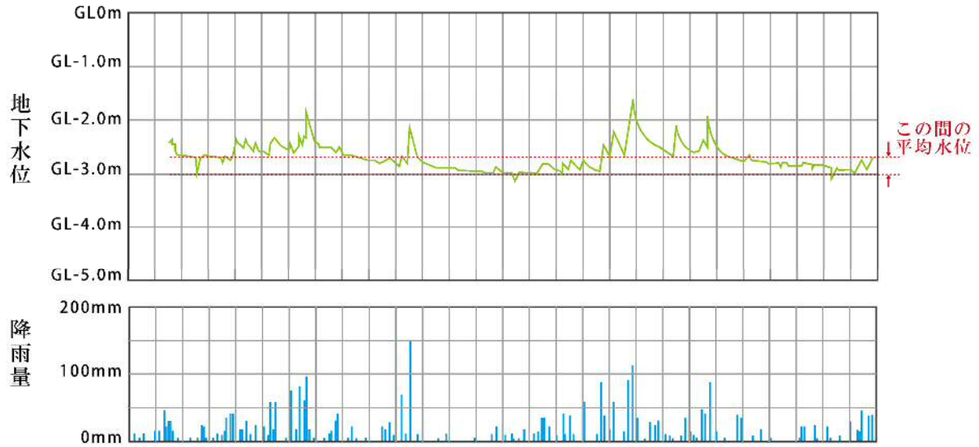


図 5-30　平均低水位算出例

４．検証結果の説明

検証結果については、住民にわかりやすく説明し、個々の対策に活用する。

５．地下水位が予定よりも下がらない場合の対処方針

モニタリング調査結果から、地下水位が想定よりも下がらない場合は、観測期間の延長や追加調査、判定基準・評価方法等の見直しを行う。想定していた効果が得られない場合にはその原因を推定するとともに必要に応じて別の対策工法の検討を行う。

そのためには、全ての観測地点において、地下水位が目標まで下がりきらない場合（ばらつきがあっても）においても、面的に地区全体の評価を行い、その効果について総合的に確認することが重要である。

（１）他の地震動による評価

想定する地震動の検討例としては、大きく以下の３つのタイプがある。

①タイプ１（最低限の地震動）：200gal、*M7.5*

（宅地液状化被害判定指針に示す想定地震動）

②タイプ２（今次災害を考慮した地震動）：200gal、*M9.0*

（東日本大震災による東京湾岸における地震動）

潮来市⇒タイプ２（今次災害を考慮した地震動）：300gal、M9.0

③タイプ３（地域防災計画に定める地震動、既往最大の地震動等）：350gal、*M7.5*

（今後想定される直下型地震による大きな地震動）

※galは「想定地表面最大加速度」、*M*はマグニチュードを示している。

表5-16は建築基礎構造設計指針（2001年、日本建築学会）による地表変位量(*D*cy)と液状化の程度の関係であり、これによれば*D*cy＜5.0 cmでは軽微な液状化の程度と示されている。

液状化対策の目標値を設定するに当たっては、原則として「宅地の液状化被害可能性判定に係る技術指針」の想定する「タイプ１（最低限の地震動）のマグニチュード7.5、200gal」の条件下で*D*cy＜5.0 cmを採用している。タイプ１の*D*cy＜5.0 cmは「タイプ２（今次災害を考慮した地震動）：200gal、M9.0」の*D*cy＜10.0 cm程度に相当するため、タイプ２の地震動以上で*D*cy＜5.0 cmとして検討されている場合は、かなり厳しい条件となっている可能性もあることから、他の地震動による総合的な評価を行う。

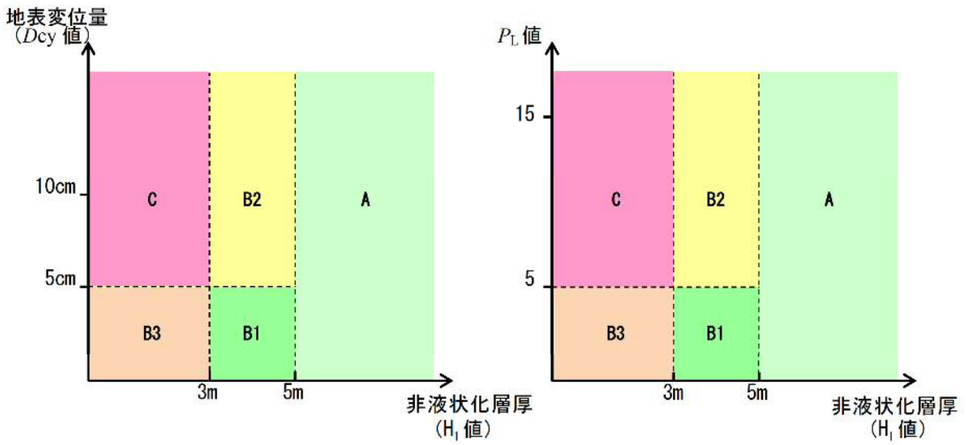
（２）判定基準（B3）の判定方法の見直し

図5-31は公共施設・宅地一体型液状化対策工法の判定基準であり、**表5-17**は、その際の効果の目標値の設定である。**図5-32**、**図5-33**は東北地方太平洋沖地震（タイプ2：今次災害）で液状化被害が顕著であった5地区（我孫子市、潮来市、神栖市、習志野市、千葉市美浜区：計62本の被災前ボーリング結果）の判定結果である。この図を見ると若干のバラツキは認められるものの、B3に分布する家屋は「一部損壊か被害なし」となっており、B3に分布しても被害が少ないことが想定される。

そこで、タイプ２で検証し*D*cy＜5.0 cm のB3に入らない場合の対応策としては、タイプ１の想定地震動で検証し*D*cy＜5.0 cm のB3であることを確認して、その効果について検討委員会で評価すると良い。

表5-16　地表変位量（*D*cy）と液状化の程度の関係[8)]

*D*cy(cm)	液状化の程度
0	なし
～ 05	軽微
05 ～ 10	小
10 ～ 20	中
20 ～ 40	大
40 ～	甚大



(a) H_1～*D*cy判定図　　(b) H_1～P_L判定図

図5-31　公共施設・宅地一体型液状化対策工法の判定基準[22)]

表 5-17　公共施設・宅地一体型液状化対策工法における効果の目標値の設定

判定結果	H_1の範囲	*D*cyの範囲	P_L値の範囲	地下水位低下工法	格子状地中壁工法
C	3m 未満	5cm 以上	5 以上	不可	不可
B3		5cm 未満	5 未満	不可（※）	不可
B2	3m 以上 5m 未満	5cm 以上	5 以上	液状化被害軽減の目標として可	不可
B1		5cm 未満	5 未満	液状化被害抑制の目標として可	
A	5m 以上	－	－		

※専門家からなる委員会等で詳細、且つ、高度な検討を行うなど、慎重な判断が必要。

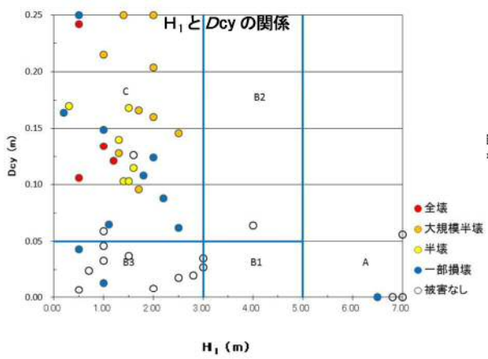


図5-32　H_1と*D*cyの関係[23) 24) 25)]

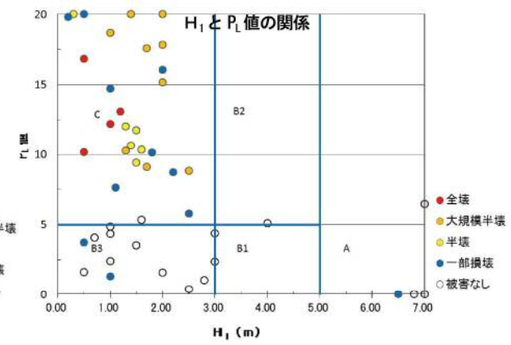


図5-33　H_1とP_Lの関係[23) 24) 25)]

（３）非液状化層厚H_1と液状化層厚H_2の関係による判定方法の見直し

図 5-35 は、小規模建築物基礎設計指針に示されている簡易判定法で、沖積層を対象として土質と地下水位を確認することにより、液状化によって発生する地表面の変状の程度を推定しようとするものである。具体的には、確認した土質と地下水位によって**図 5-35 (b)** に基づき、非液状化層厚 H_1 とその下部の液状化層厚 H_2 を設定し、**図 5-35 (a)** によって液状化の影響が地表面に及ぶ程度を判定する。ここで、非液状化層とは地下水位より浅い砂層、または粘性土（細粒分含有率 Fc＞35%の粒度の土層）であり、液状化層とは非液状化層下面から地表面下 5m までの砂層をいう。この図から、少なくとも非液状化層厚 H_1 が 2.0m あれば「タイプ１（最低限の地震動）：200gal、M7.5」相当の地震で、液状化による地表面に被害がおよぶ程度は中または小である。液状化による地表面の変状が建物の被害に大きな影響をおよぼすことを考えれば、この判定方法は簡易判定方法として有効であるため、この図を用い地下水低下工法の効果について各液状化対策委員会において評価・検討する。

なお、**図 5-34** は**図 5-32**、**図 5-33** の判定結果を H_1 と H_2 の関係に表わしたものである。この図から東北地方太平洋地震（タイプ２：今次災害）においても、H_1 が 3.0m あれば家屋の被害が「一部損壊か被害なし」となっている。

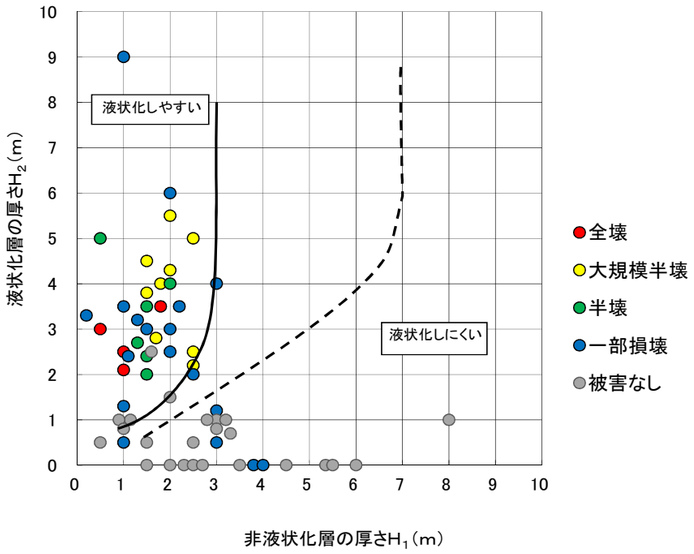
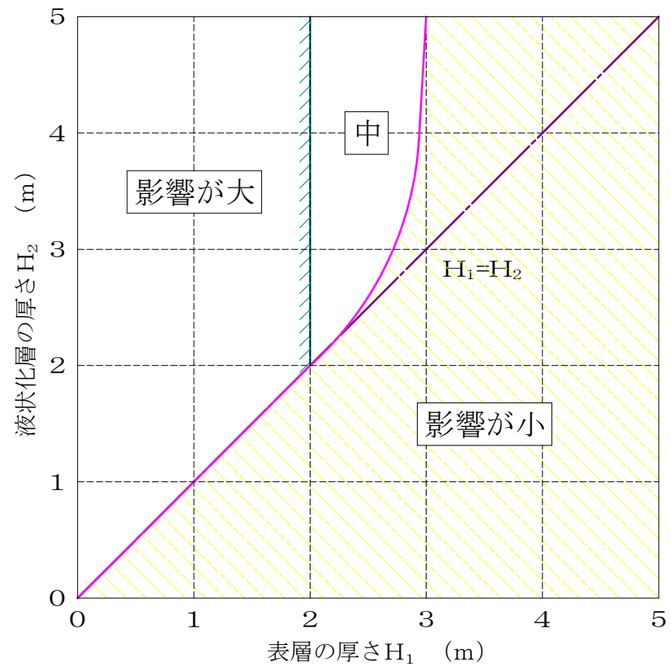
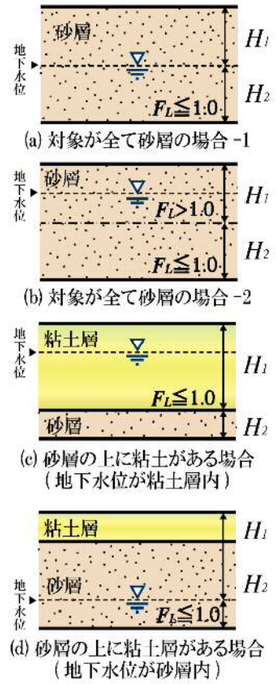


図 5-34　H_1 と H_2 の関係 [23) 24) 25)]



(a)　H_1とH_2の関係



(b)　設定方法

図5-35　液状化の影響が地表面に及ぶ程度の判定[9)]

注1)　地表面水平加速度値200cm/s^{2}相当する。

（４）対策工法の追加

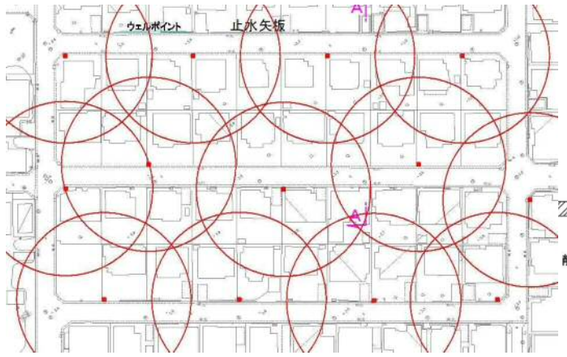
上記（２）～（３）の判定基準評価方法の見直しでも地区として必要な効果が得られない場合は、その原因を推定し、簡易井戸の設置等の追加対策の検討を行う。住宅地における井戸の設置に関しては前述したように我孫子市で実証実験が行われ[18)19)]それをもとに設置計画の検討が行われたため、以下に紹介する。ここでは**図5-36**に示すような平面配置で以下に示すように浅井戸を設置することが検討された。

①実証実験の結果から、１本の揚水井戸で地下水位低下が見込める範囲は、半径20mとなる。

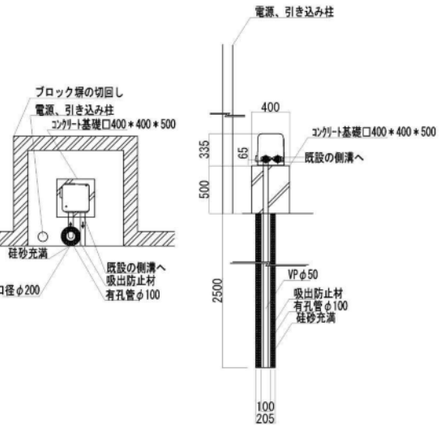
②区域内に設置する井戸は、面積(ha)÷半径20m/箇所×1.5（設置場所が限られるため一部重複する箇所を想定）＝設置箇所で設ける。

③約１平方メートルの敷地、ポンプ設備、揚水井戸、電源引込み柱を設置する。

④具体的に井戸を設置する箇所と使用するポンプとしては、i)道路内の側溝下などに井戸を設置し水中ポンプで汲み上げるか、ii)宅地内に井戸を設置して家庭用浅井戸で汲み上げる。両者の比較をすると**表5-18**となる。



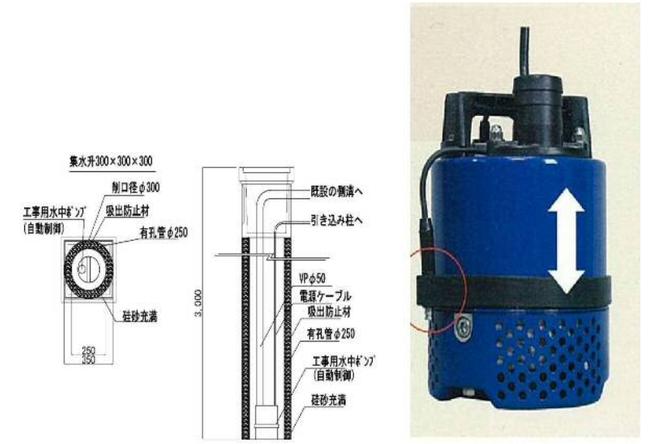
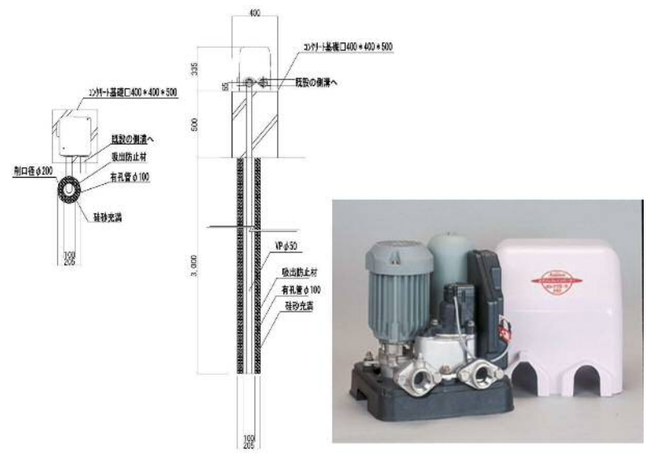
(a) 平面配置



(b) ポンプ設備

図 5-36　揚水井戸の設置

表5-18　水中ポンプと家庭用浅井戸の比較

①水中ポンプ(道路内に設置)	
概略図	
耐用年数	一般的に3年程度
メンテナンス	1年に1度定期点検、3年に1度製品交換
設　置	消乱φ300、揚水井戸φ250を施工し、上部の集水升から排水する。
電　源	箇所毎に引き込み柱を設置し電源供給
制　御	井戸内に水が無くなれば単体で自動停止
②家庭用浅井戸(宅地内に設置)	
概略図	
耐用年数	一般的に7年程度
メンテナンス	1年に1度定期点検、4年に1度製品交換
設　置	消乱φ75
電　源	箇所毎に引き込み柱を設置し電源供給
制　御	水位センサーを設置し、別途制御が必要(引き込み柱に制御板設置)

５－１２　地下水位低下工法の留意事項

地下水位低下工法を採用する場合には、その地下水位を急激に低下させると、排水管近傍と離れた所に水位差が生じ、圧密沈下量が異なって不同沈下が発生して家屋等への影響が生じるおそれがある。そのために、排水を開始した場合には、この沈下を緩和させるためにモニタリングを行いながら段階的に時間をかけて地下水を低下させる等、初期排水量を調整することも考慮する必要がある。

一方、地下水位は降雨・積雪により季節変動し、粘性土が厚い場合には長期的な圧密沈下が生じることも考えられるため、長期的なモニタリングにより地下水位や地盤沈下量を計測することが望ましい。

また、ポンプや排水管の維持管理を行い、必要な機能を維持できるよう留意する。

１．排水時の留意点

地下水位低下工法は地下水位を低下させることによって地盤の沈下が発生し、建物の不同沈下に影響を及ぼすおそれがある。この影響を軽減するためには、不同沈下量を少なくさせることが重要となる。つまり、水位低下開始初期は、急激な地下水位低下に伴って排水管近傍と離れた所に水位差が生じ、圧密沈下量が異なって不同沈下が発生して家屋等が影響を受ける可能性があるため、**図5-37**及び**図5-38**に示すように段階的に地下水位を低下させる等、地下水位と地盤の変位を確認しながら初期排水量を調整することが望ましい。自然排水の場合においてもマンホール内に新たに排水量調整器具を設置する等地下水位の低下量を調整することが望ましい。

なお、地下水位低下にかける時間や調整方法等については、各液状化対策事業地区で地盤の特徴が異なることから、検討委員会による検討を行い、その目安等を検討することが重要である。

また、急激な地盤の沈下等が確認された場合、排水を中断して検討会で確認することや、当初目標とする地下水位に達しなくとも、これ以上水位を低下させると地盤沈下等が生じる場合には、その影響と液状化対策効果について再検討し、目標とする地下水位を状況に応じたものとすることも考えられる。

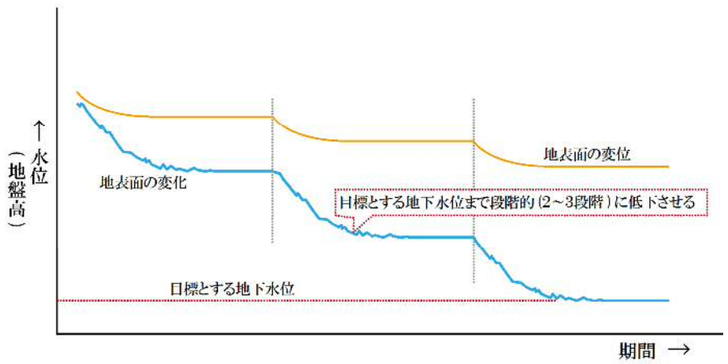
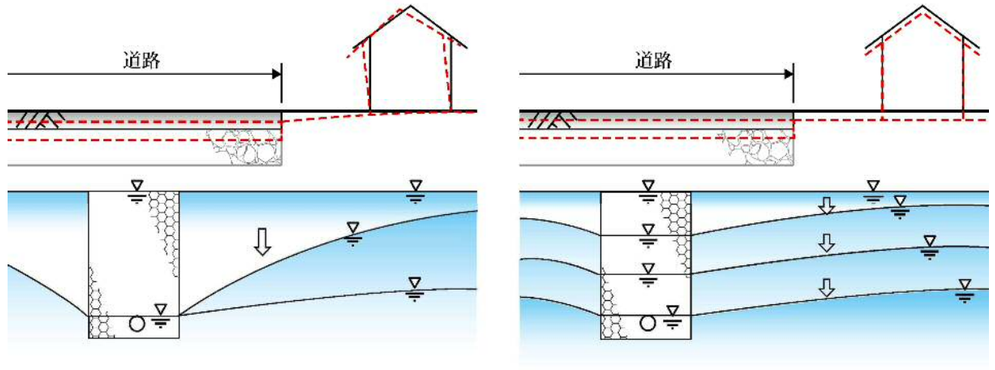


図 5-37　段階的な地下水位低下のイメージ



（a）急激に水位低下させた場合　　（b）段階的に水位低下させた場合

図 5-38 地下水を急激に下げた場合と段階的に下げた場合のイメージ

注）家屋への影響をできるだけ少なくするために段階的に地下水を下げることが望ましい

２．施設等の調整工事について

不同沈下に留意しながら地下水位を下げた場合でも、地盤の条件によっては地盤の変位が生じる可能性もあることから、地表面や配管等の施設に生じた段差や勾配等の解消については、地盤変動が落ち着いた後、事業完了に向けて工事等により対応するのが望ましい。

３．事業完了後の施設管理のあり方

地下水位低下工法の事業完了後の施設管理は、地下水位の低下状況や集水管の清掃タイミングなどの確認のため、長期的モニタリングを継続して行うことが望ましい。長期的な観測にあたっては、それまでの観測データや土地利用状況を考慮し、具体的な密度や頻度について、かかるコストにも十分配慮し、メンテナンスの実施時期等判断できるよう将来の管理方法とその費用、管理者についても検討しておくことが望ましい。

＜参考文献＞

1) 地盤工学会：液状化対策工法、第 3 章、pp.345、2004.
2) 雨水貯留浸透技術協会：雨水浸透施設技術指針【案】調査・計画編、第 3 章、pp.25、2006.
3) 山海堂：実例・経験に基づく掘削のための地下水調査法、1990.
4) 地盤工学会：地盤調査の方法と解説、第 6 章、pp.381、2004.
5) 地盤工学会：地盤調査法、pp.289～290、1996.
6) 鹿島出版会：土質調査の基礎知識、第 5 章 pp.37、1986.
7) 国土交通省・国土技術政策総合研究所：宅地の液状化被害可能性判定計算シート、http://www.nilim.go.jp/lab/jbg/takuti/downloads.html （2014 年 1 月 15 日閲覧）)
8) 日本建築学会：建築基礎構造設計指針、2001.
9) 日本建築学会：小規模建築物基礎設計指針、2008.
10) 日本建築学会の住まいづくり支援建築会議の復旧・復興支援 WG「液状化被害の基礎知識」、http://news-sv.aij.or.jp/shien/s2/ekijouka/
11) 安田進、橋本隆雄：鳥取県西部地震における住宅の液状化による沈下について、土木学会第 57 回年次学術講演会、pp.1029-1030、2009.
12) 橋本隆雄・安田進・伏見修：我孫子市における汲み上げ方式による地下水位低下工法の実証実験について、地盤工学会関東支部第 11 回地盤工学会関東支部発表会、2014.10
13) 橋本隆雄・安田進・伏見修：我孫子市における地下水位低下工法による液状化対策の実験、第 59 回地盤工学シンポジウム 2014.11
14) 安田進・橋本隆雄：水位低下による液状化対策における地盤の沈下量と水圧低下、第 50 回地盤工学研究発表会平成 27 年度発表講演集、CD-ROM、2015.9
15) 安田進・石川敬祐・橋本隆雄・内田秀明：埋立地盤における地下水位の時間変化と液状化被害、土木学会第 70 回年次学術講演会講演概要集、CD-ROM、1015.10
16) 橋本隆雄・安田進・山田 恭央・和田 陽介：鹿嶋市平井東部地区の砂利採取跡地における液状化軽減対策、第 14 回日本地震工学シンポジウム、CD-ROM、2014.12
17) 地盤工学会関東支部 造成宅地の耐震対策に関する研究委員会：造成宅地の耐震対策に関する研究小委員会報告書−液状化から戸建て住宅を守るための手引き−、 2013.5
18) 橋本隆雄：神栖市地下水位低下液状化対策工法の実験について、Geo-Kanto2013 第 10 回地盤工学会関東支部研究発表会発表講演集、CD-ROM、2013.10
19) 橋本隆雄・安田進・内田秀明：地下水位低下による液状化対策地盤における降雨と水位の関係、地盤工学会関東支部第 12 回地盤工学会関東支部発表会、地盤工学会関東支部第 12 回地盤工学会関東支部発表会、1015.10
20) 橋本隆雄・安田進：液状化対策としての広域な地下水位低下方法と排水量、第 50 回地盤工学研究発表会平成 27 年度発表講演集、CD-ROM、2015.9
21) 橋本隆雄・森口 剛・清水敏孝：非開削敷設型（推進）集排水管による地下水位低下工法実験の検証、地盤工学会関東支部第 12 回地盤工学会関東支部発表会、1015.10
22) 国土交通省都市局：宅地の液状化被害可能性判定に係る技術指針、http://www.mlit.go.jp/common/000993582.pdf
23) 橋本隆雄・宗川清・明石達生・大橋征幹：東北地方太平洋沖地震における宅地の液状化被害可能性の簡易判定手法の検証、土木学会 第 33 回地震工学研究発表会講演論文集、CD-ROM、2013.10
24) 橋本隆雄・宗川清・明石達生・大橋征幹：東北地方太平洋沖地震における宅地液状化被害可能性の検証、日本地震工学会第 10 回年次大会梗概集、CD-ROM、2013.11
25) 橋本隆雄・宗川清・明石達生・大橋征幹：液状化ハザードマップのための液状化被害可能性簡易判定手法の研究－東北地方太平洋沖地震における検証－、「地盤工学会特別シンポジウム-東日本大震災を乗り越えて-」論文集、2014.5
26) 橋本隆雄・安田進・山口亮：東北地方太平洋沖地震による液状化被災地区における住宅の傾斜とめり込み沈下量の関係、第 47 回地盤工学研究発表、pp.1487-1488，2012.

1-2.地下水位低下工法効果検証のための計測について

（1）沈下計の設置

1）設置位置の選定

調査箇所周辺の環境状況や施設利用状況を確認した上で、地下水位計設置も考慮し、沈下計設置位置として適切な位置とした。

2）機械ボーリング

主として土質を調査し、地盤構造や地下水位を確認するとともに、試料の採取や原位置試験の実施を目的とする。共通仕様書第2章機械ボーリング(茨城県)に基づき、φ86mmでの掘進を実施した。掘止め深さはiii)標準貫入試験の結果に基づき、不動層と考えられる深さまでとした。

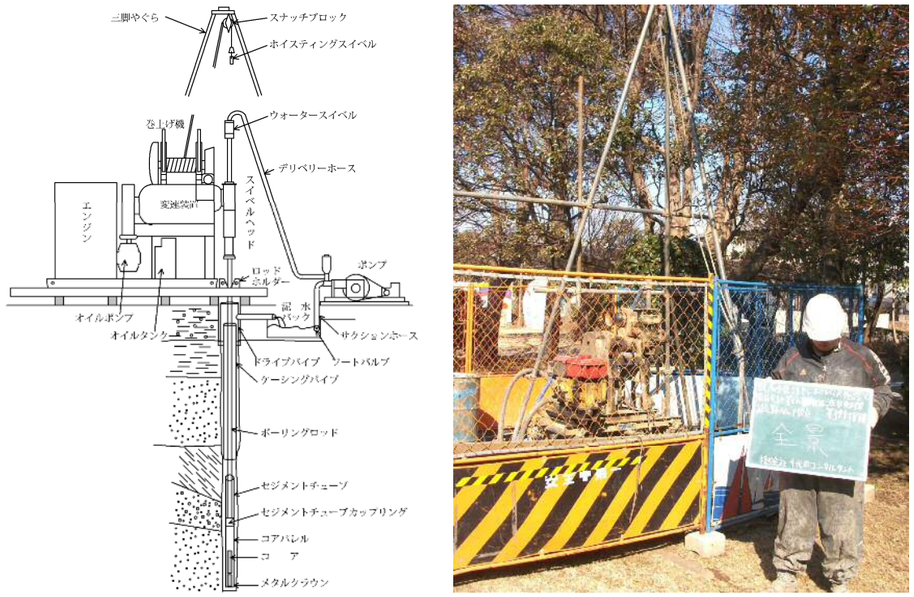


図 2-2　ボーリングマシーンの概念図

3）オールコアボーリング

人工地層の泥層は、地下水位低下による沈下が最も出やすいため、モニタリング地点検討にはその層厚分布の把握は重要である。人工地層の泥層の層厚分布を示したアイソパックマップを作成するにはオールコアボーリングの実施が必要であるため、4 孔のオールコアボーリング 7.0mを実施した。

4）標準貫入試験

原位置における地盤の硬軟や、締まり具合の相対値を知るとともに、試料を採取することを目的とする。共通仕様書第 4 章サウンディング(茨城県)に基づき実施した。

5）地表面沈下計設置

図 2-3 の沈下計設置イメージに示すように、地表面沈下計を地表面付近に設置するものとし、掘削が必要な場合は人力掘削とした。なお、地盤変位量 5cm 程度と想定しており、この変位量が計測でき、データ送信方式に対応可能な沈下計を設置した。

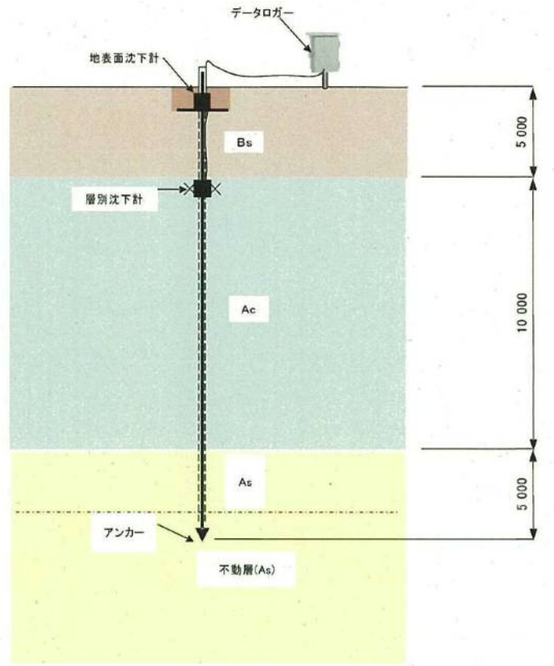


図 2-3　沈下計設置イメージ

6）層別沈下計設置

図 2-3 沈下計設置イメージに示すように、層別沈下計は、埋土層下部に分布する沖積層粘性土層の変位を観測することを目的とし、この層の上部に設置した。層別沈下計の設置深さは、機械ボーリングおよび標準貫入試験の結果により判断した。なお、沖積層粘性土層の変位量は 5cm 以下と想定しており、この変位量が計測でき、データ送信方式に対応可能な沈下計を設置した。

7）不動点設置

沈下観測の基準点となる不動点を、図 2-3 沈下計設置イメージに示すように、不動層と判断される地層にアンカーすることで設置する。不動点の設置深さは標準貫入試験結果により設定した。また、不動点よりロッド、ワイヤー、またはこれらに準ずる伝達器具をアンカーに接続して地表面まで延長し、地表面沈下計・層別沈下計と接続した。

（2）地下水位計の設置

1）設置位置の選定

調査箇所周辺の環境状況や施設利用状況を確認した上で、沈下計設置も考慮し、地下水位計設置位置として適切な位置を選定した。

2)機械ボーリング

主として土質及び岩盤を調査し、地質構造や地下水位を確認するとともに、試料の採取や原位置試験の実施を目的とする。

機械ボーリング(茨城県)に基づき、φ116mm での掘進を実施した。ⅲ)地下水位観測井設置深さにより掘進長を設定した。

3)地下水位観測井（浅層）設置深さ

地下水位観測井は、GL-3m～-5m 程度の深さまで分布する人工地盤砂質土(埋土層)内の地下水位を対象として、道路面から 3.0m 程度の深さの水位まで観測できる深さとした。

4)地下水位観測井（深井戸）設置深さ

人自不整合面下の深い砂層には被圧地下水があると考えられる。地下水位の低下に伴う人自不整合面下の粘性土の圧密沈下を検討するうえで、この粘性土層の間隙水圧は必須である。したがって、粘性土の間隙水圧に影響を与えている人自不整合面下の砂質土層の被圧地下水位を把握することが必要である。このため、深い砂層に対応した水位観測孔を 3 孔設置した。

5)地下水位観測井設置

掘進したボーリング孔を利用し、φ50mm の PVC 管にて観測井を設置する。地下水位観測井は、埋土層内の地下水位を正確に観測できる構造とすることを目的に、埋土層に有孔管を設置する構造とした。

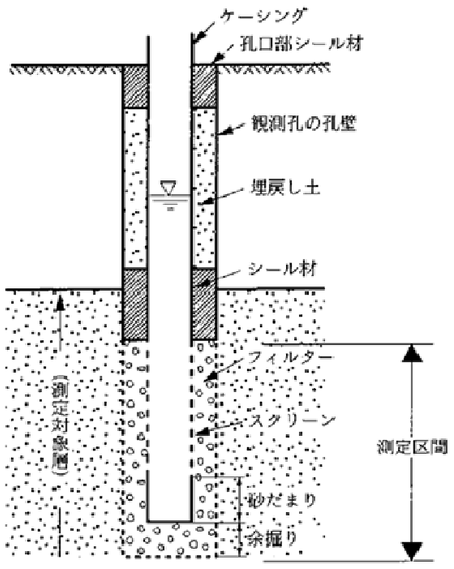


図 2-4　地下水位観測孔

6)地下水位計設置

地下水位観測井設置で設置した地下水位観測井に、水圧式水位計を設置する。なお、データ送信方式に適用可能な水位計を設置した。

7)地下水位観測井孔口標高測定

日の出地区では、地下水位を道路における地表面から 3.0m 程度の深さまで低下させる計画であるが、地下水位計設置箇所は道路面とは異なっている。このため、水位計設置位置での地下水位を道路位置での水位に換算するため、地下水位観測井の孔口標高およびその近傍の道路面の標高を測定、標高差を把握した。

（３）間隙水圧計の設置

地下水位低下工法は、有効上載圧の増加によって深層にある粘土層の圧密沈下を引き起こすことがあり、圧密沈下量が大きい場合には建物やライフラインの不具合を招くおそれがあるというデメリットがある。

図-1 は、地下水位低下による圧密沈下対象層の有効上載圧の増加量（増加量は平行移動）を示したものであり、地下水位の低下によって間隙水圧が深さ方向に一律に低下すると仮定した(b)では、この増加量によって粘土層の圧密沈下が大きく発生する。しかし、東北地方太平洋沖地震後に各地区で実施された市街地液状化対策事業による実証実験では、間隙水圧を考慮しない(b)の仮定で推定した圧密沈下量より小さい沈下量を示している。その理由としては(c)に示すように、圧密沈下対象層下部に砂礫層や砂層がある場合、地下水が流れており被圧もしているため、圧密沈下対象層下部の間隙水圧が変化し難く、水圧は深さ方向に一律に下がらないので、有効上載圧の増加量も多くないことから小さい沈下量になるものと考えられる。

潮来市日の出地区の粘性土分布域で実施したボーリングデータをもとに地下水位低下に伴う圧密沈下量を求めた。圧密沈下量は S=4～16cm と算定されているが、実際の地下水位の低下に伴う圧密沈下量は極めて小さいと考えられる。この圧密沈下量の検証を行うには、地下水位の低下の前後で粘性土層の間隙水圧の変化を把握する必要があることから、粘性土層の間隙水圧を計測するため、９ 孔設置した。

（４）データ収録装置及び通信機器設置

1)観測方法

観測方法は、データ送信方式による自動観測とし、観測間隔は 1 時間とする。

2)データ収録装置及び通信機器

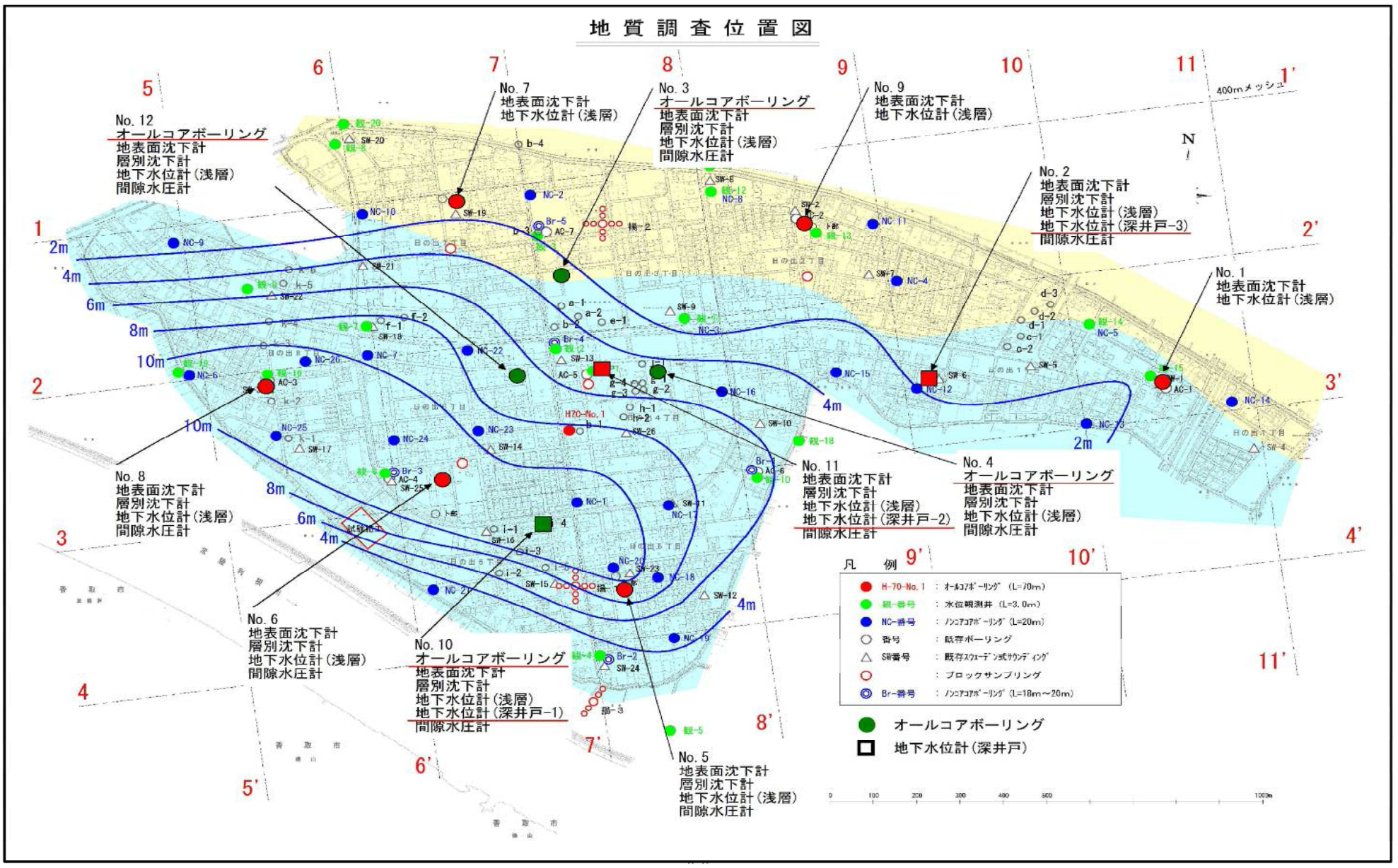
観測装置は、データ送信方式による自動観測が可能なシステムに必要となる、水位計・沈下計・データ収録装置・通信システム、およびデータ監視システムに必要なデータ処理装置などの設備機器、並びにソフトウエア等を設ける。

3)データ収録装置及び通信機器設置

上記 2)で設定した収録装置・通信機器を沈下計、水位計と接続すると共に、通信機器・監視システムを現地及び室内の監視箇所に設置する。

なお、設置する沈下計・水位計は仮設商用電源を利用した。

地 質 調 査 位 置 図



潮来市日の出地区液状化対策事業(水位観測井、地表面沈下計・層別沈下計・間隙水圧計設置業務) 【実施数量表】

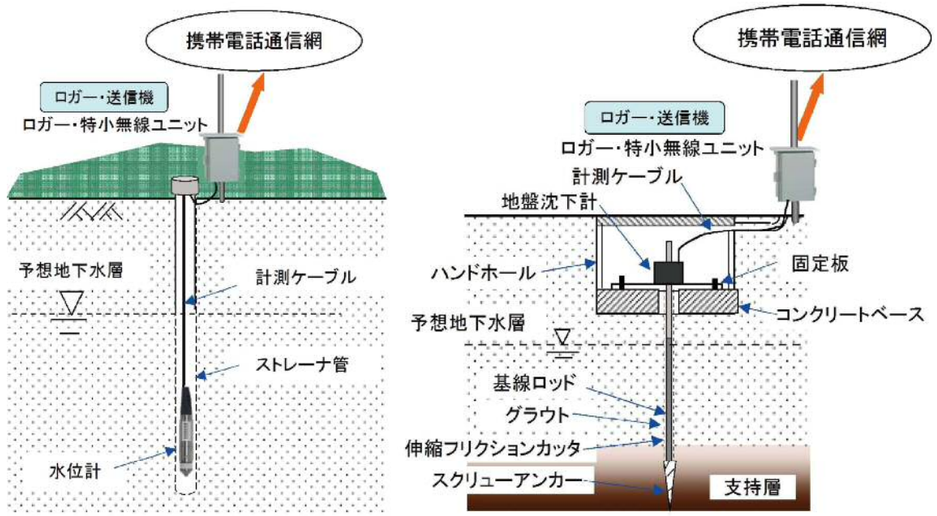
水位観測井(浅層)12箇所、水位観測井(深層)4箇所、地表面沈下計12箇所(層別沈下計9箇所)、間隙水圧計9箇所、オールコアボーリング4箇所

孔名		項目	φ116mm ノーコア			φ86mm オールコア			φ86mm ハーフコア			φ86mm ノーコア			φ66mm ノーコア			合計	標準貫入試験			室内土質試験			水位観測井設置工	地表面沈下計設置工	層別沈下計設置工	間隙水圧計設置工	備考
			シルト・粘土	砂・砂質土	計	シルト・粘土	砂・砂質土	計	シルト・粘土	砂・砂質土	計	シルト・粘土	砂・砂質土	計	シルト・粘土	砂・砂質土	計		シルト・粘土	砂・砂質土	計	土粒子の密度	土の含水比	土の粒度					
No.1	-1	地表面沈下計								10.00	10.00		6.00	6.00				16.00		15	15	1	1	1		1			
	-2	地下水位計(浅層)	0.00	3.00	3.00													3.00							1				
No.2	-1	地表面・層別沈下計							1.20	8.80	10.00		3.00	3.00				13.00	1	11	12					1	1		層別沈下計4.2mに設置
	-2	地下水位計(浅層)	0.00	4.00	4.00													4.00							1				
	-2D	地下水位計(深層)	1.20	16.80	18.00													18.00							1				間隙水圧計4.80mに設置
	-3	間隙水圧計													0.30	4.20	4.50	4.50										1	
No.3	-1	地表面・層別沈下計							0.60	7.40	8.00							8.00	1	6	7	1	1	1		1	1		層別沈下計4.35mに設置
	-2	地下水位計(浅層)	0.35	3.65	4.00													4.00							1				
	-3	間隙水圧計													0.05	3.65	3.70	3.70										1	間隙水圧計4.00mに設置
	-4	オールコア				0.88	6.12	7.00										7.00											
No.4	-1	地表面・層別沈下計							5.50	4.50	10.00	1.05	2.95	4.00				14.00	7	6	13	1	1	1		1	1		層別沈下計5.15mに設置
	-2	地下水位計(浅層)	0.50	4.50	5.00													5.00							1				
	-3	間隙水圧計													2.70	4.50	7.20	7.20										1	間隙水圧計7.50mに設置
	-4	オールコア				0.55	6.45	7.00										7.00											
No.5	-1	地表面・層別沈下計							6.00	4.00	10.00	0.40	8.60	9.00				19.00	6	12	18	1	1	1		1	1		層別沈下計4.35mに設置
	-2	地下水位計(浅層)	1.00	4.00	5.00													5.00							1				
	-3	間隙水圧計													2.20	4.00	6.20	6.20										1	間隙水圧計6.50mに設置
No.6	-1	地表面・層別沈下計							5.68	4.32	10.00	6.50	2.50	9.00				19.00	12	6	18	1	1	1		1	1		層別沈下計4.3mに設置
	-2	地下水位計(浅層)	0.00	3.00	3.00													3.00							1				
	-3	間隙水圧計													2.88	4.32	7.20	7.20										1	間隙水圧計7.50mに設置
No.7	-1	地表面沈下計								10.00	10.00		7.00	7.00				17.00		16	16	1	1	1		1			
	-2	地下水位計(浅層)	0.00	3.00	3.00													3.00							1				
No.8	-1	地表面・層別沈下計							4.68	5.32	10.00	5.80	3.20	9.00				19.00	11	7	18	1	1	1		1	1		層別沈下計3.85mに設置
	-2	地下水位計(浅層)	0.00	3.00	3.00													3.00							1				
	-3	間隙水圧計													3.88	5.32	9.20	9.20										1	間隙水圧計9.50mに設置
No.9	-1	地表面沈下計								10.00	10.00	0.25	9.75	10.00				20.00		19	19	1	1	1		1			
	-2	地下水位計(浅層)	0.00	3.75	3.75													3.75							1				
No.10	-1	地表面・層別沈下計							6.43	3.57	10.00	5.30	3.70	9.00				19.00	12	6	18	1	1	1		1	1		層別沈下計3.5mに設置
	-2	地下水位計(浅層)	0.00	3.00	3.00													3.00							1				
	-2D	地下水位計(深層)	11.73	12.27	24.00													24.00							1				
	-3	間隙水圧計													3.63	3.57	7.20	7.20										1	間隙水圧計7.50mに設置
	-4	オールコア				0.52	6.48	7.00										7.00											
No.11	-1	地表面・層別沈下計							5.80	4.20	10.00	1.40	1.60	3.00				13.00	7	5	12	1	1	1		1	1		層別沈下計5.45mに設置
	別孔	サンプリング																				1	1	1					
	-2	地下水位計(浅層)	0.15	3.85	4.00													4.00							1				
	-2D	地下水位計(深層)	7.20	10.80	18.00													18.00							1				間隙水圧計9.00mに設置
	-3	間隙水圧計													4.50	4.20	8.70	8.70										1	
No.12	-1	地表面・層別沈下計							5.88	4.12	10.00	2.45	2.55	5.00				15.00	8	6	14	1	1	1		1	1		層別沈下計5.0mに設置
	-2	地下水位計(浅層)	0.10	3.90	4.00													4.00							1				
	-3	間隙水圧計													3.58	4.12	7.70	7.70										1	間隙水圧計8.00mに設置
	-4	オールコア				0.44	6.56	7.00										7.00											
合計			22.23	82.52	104.75	2.39	25.61	28.00	41.77	76.23	118.00	23.15	50.85	74.00	23.72	37.88	61.60	386.35	65	115	180	12	12	12	15	12	9	9	

1-3. 効果検証確認を目的とする「自動計測システム」について

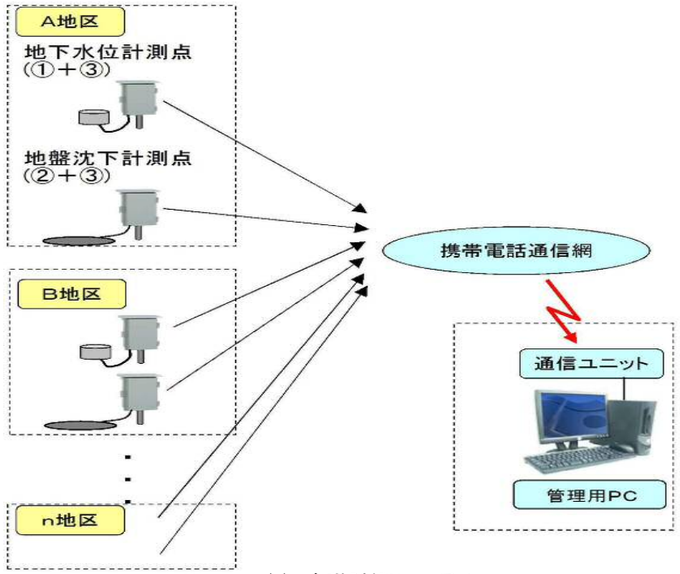
（1）自動計測システムの考え方

液状化対策後の観測は継続して行うことが望ましく、季節変動を考慮して地区全体の工事終了から地下水位低下後、さらに一年間について行わなければならない。このため、将来的には地下水位や地盤の情報を以下に示すような自動モニタリングシステムを構築することにより、データの信頼性向上、防災精度向上を目指す。



(a) 地下水位計測

(b) 地盤沈下計測



(c) 自動計測システム

図-1　個別携帯電話通信方式による自動モニタリングシステム

資料 2-2

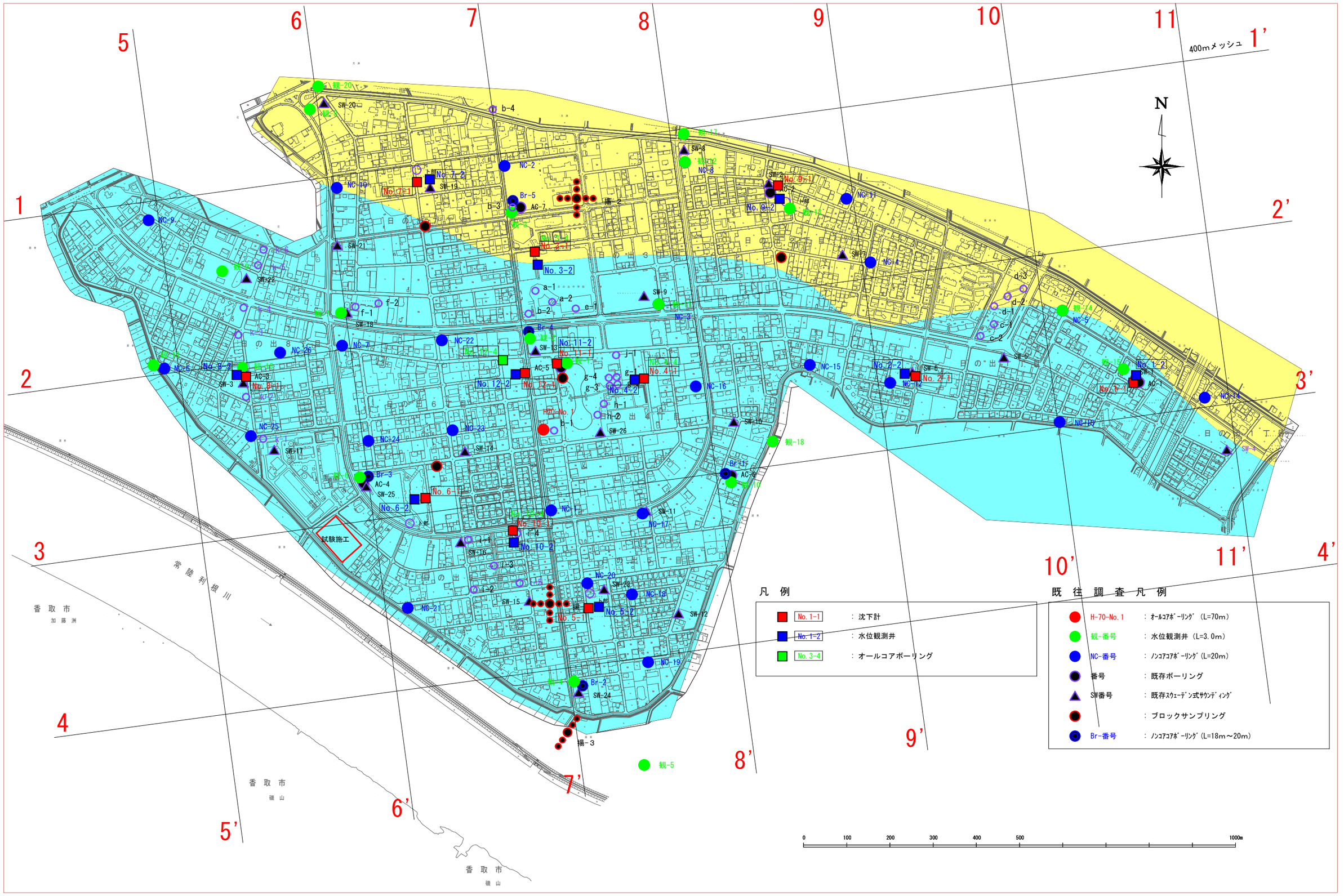
2．浚渫埋土泥土層および沖積粘土層の圧密沈下予測について

今回実施したボーリングデータを追加して、地質断面図を修正した。ただし、既往資料を基に沈下予測の再解析を行う。地下水位低下後の間隙水圧の変化がデータとして未取得なので、間隙水圧の分布を考慮した沈下予測は考え方のみを示す。

2-1 地質調査結果

「当初潮来市液状化検討委員会資料」に今回のボーリング 12 ヶ所を追加して新たに、地質調査位置図とボーリング調査結果から得られた地層想定図を示す。

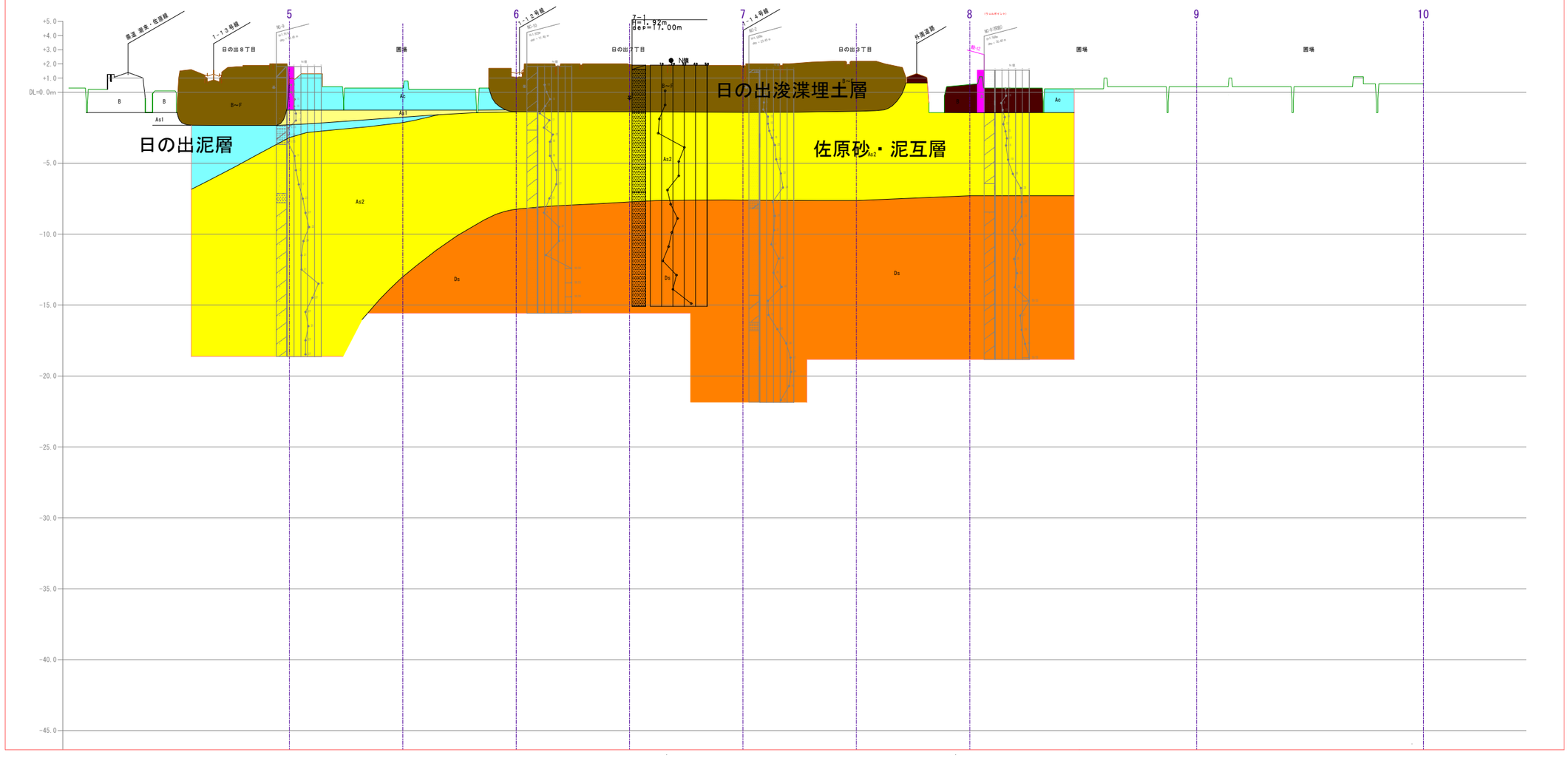
地 質 調 査 位 置 図


400mメッシュ
N
1
1'
2
2'
3
3'
4
4'
5
5'
6
6'
7
7'
8
8'
9
9'
10
10'
11
11'
常陸利根川
香取市
加藤洲
香取市
磯山
香取市
磯山
試験施工
凡 例
No.1-1 : 沈下計
No.1-2 : 水位観測井
No.3-4 : オールコアボーリング
既往調査凡例
H-70-No.1 : ｵｰﾙｺｱﾎﾞｰﾘﾝｸﾞ (L=70m)
観-番号 : 水位観測井 (L=3.0m)
NC-番号 : ﾉﾝｺｱｺｱﾎﾞｰﾘﾝｸﾞ(L=20m)
番号 : 既存ボーリング
SW番号 : 既存ｽｳｪｰﾃﾞﾝ式ｻｳﾝﾃﾞｨﾝｸﾞ
: ブロックサンプリング
Br-番号 : ﾉﾝｺｱｺｱﾎﾞｰﾘﾝｸﾞ(L=18m～20m)
0 100 200 300 400 500 1000m

潮来市日の出地区断面図

縮尺　V = 1 : 320
　　H = 1 : 8,000

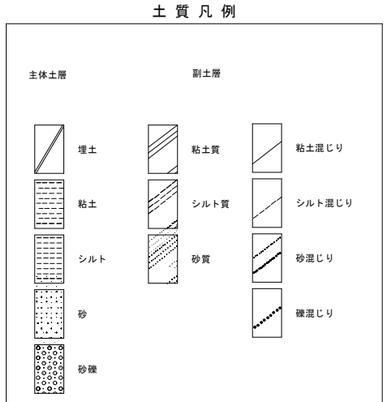
1－1’



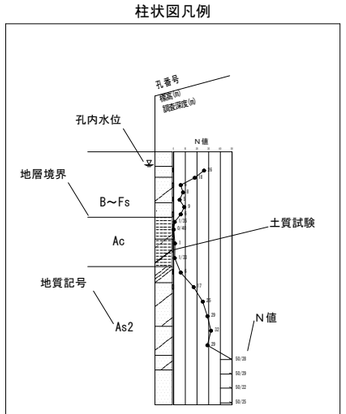
層　序　表

地質時代区分		地質名		地層記号	土層	N値（平均値）	主な構成土質	層相等
現　世		表土、埋土		B I F	砂質土 粘性土	1/35～10 (5.7)	細砂、粘土	土地利用に伴う農耕土等。礫、植物根を混入。 色調は概ね褐灰～灰褐色。
		埋土（浚渫土）			砂質土	1/40～26 (12.1)	シルト混じり細砂 細　砂	砂の粒子は全体に比較的に均一～やや不均一。地下水位以深で含水大位 貝殻所々小片点在。色調は概ね暗灰～暗青灰。
第四紀	完新世	完新統 （沖積層）		As1	砂質土	2/35～19 (9.7)	シルト質細砂 シルト混じり細砂 細　砂	砂の粒子は全体には比較的均一。含水は中位～大位。 所々腐植物を混入。色調は概ね暗灰～暗青灰。
				Ac	粘性土	0（自沈）～4 （0.5）	シルト 砂質シルト	全体に均質なシルトで粘性強。含水中位～大位。 非常に軟らかい。最上部は腐植物含み、細砂薄層挟む。 層厚厚いと、貝殻片点在し、下部は微粒砂を含み砂質～砂混じりシルトとなる。 色調は概ね暗灰～暗青灰。
					挟在 砂質土	2～9 (4.2)	シルト質細砂	Ac層に伴うもので、砂の粒子は細かく均一。 含水大位で全体に緩く、貝殻片の混入多い。 シルト分の含有多く、一部は砂質シルトとの互層状。色調は概ね暗灰～暗青灰。
				As2	砂質土	3～50 以上 (31.9)	シルト混じり細砂 細　砂	砂粒子は比較的に均一な細砂、一部中粒砂を含む。含水中位～大位。 全体に貝殻小片点在、一部で貝殻片を層状に挟む 層厚厚い場合、下部に浮石点在～薄層に認める。全体に比較的締まる。 色調は概ね暗灰～暗青灰、一部で暗緑褐色
	更新世 中期～後期	下総層群	石崎層	Ds	砂質土	9～50 以上 (36.4)	シルト混じり細砂 シルト質細砂 細　砂	砂粒子は細かく概ね均一。含水中位。 所々シルト分多く、薄層状～ブロック状に含む。 色調は暗黄褐～暗褐灰～褐灰色、一部暗灰色。
					挟在 粘性土	19～26 (21.3)	シルト 砂質シルト	Ds層に伴うもので、硬い。 含水小位。粘性弱。

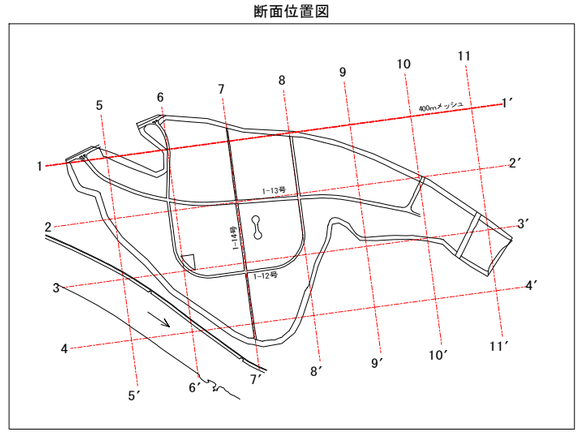
土　質　凡　例



柱状図凡例



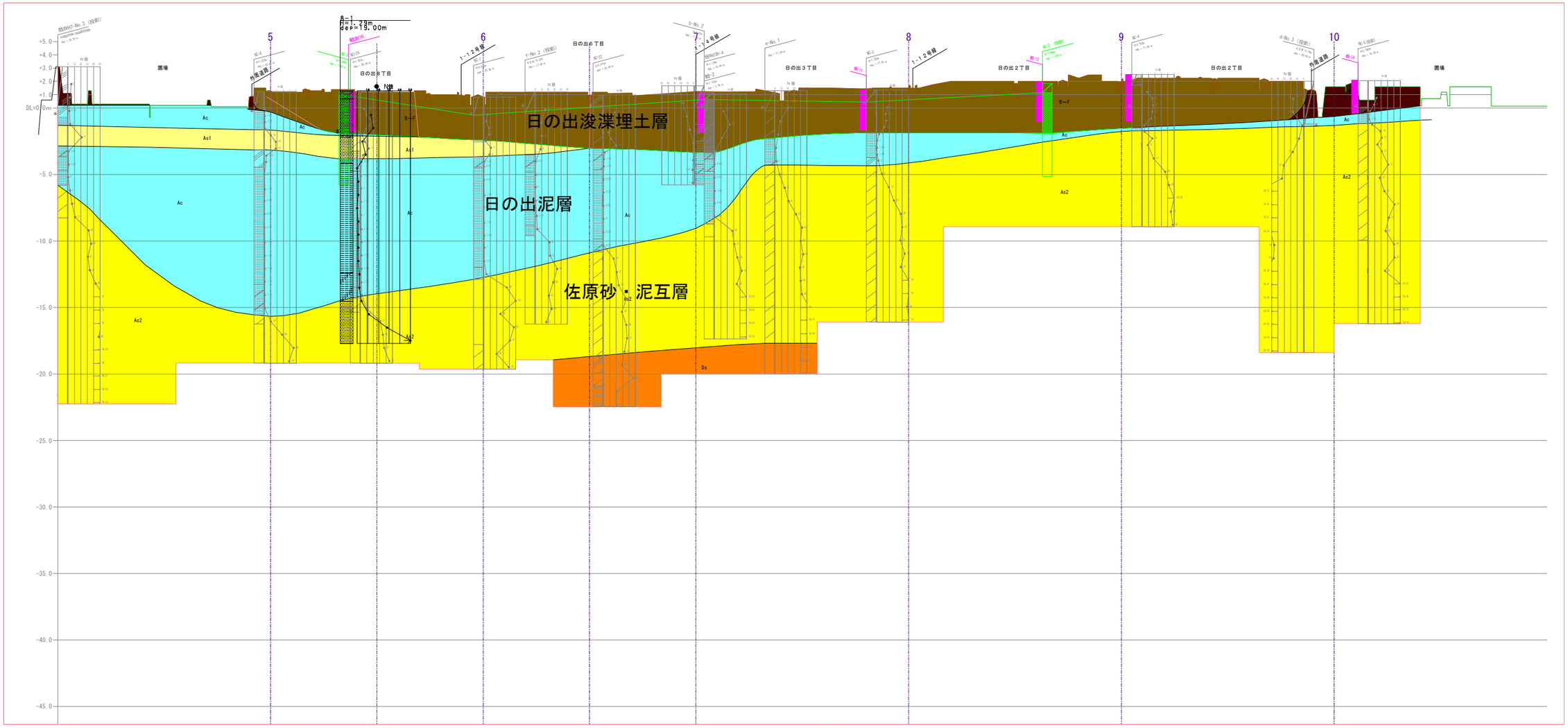
断面位置図



潮来市日の出地区断面図

縮尺　V = 1 : 320
　　H = 1 : 8,000

2－2’



層　序　表

地質時代区分		地質名		地層記号	土層	N値（平均値）	主な構成土質	層相等
現　世		表土、盛土		B～F	砂質土 粘性土	1/35～10 (5.7)	細砂、粘土	土地利用に伴う農耕土等。硬、植物根を混入。 色調は概ね褐灰～灰褐色。
		埋土（浚渫土）			砂質土	1/40～26 (12.1)	シルト混じり細砂 細　砂	砂の粒子は全体に比較的に均一～やや不均一。地下水位以深で含水大位 貝殻所々小片点在。色調は概ね暗灰～暗青灰。
第四紀	完新世	完新統 （沖積層）		As1	砂質土	2/35～19 (9.7)	シルト質細砂 シルト混じり細砂 細　砂	砂の粒子は全体には比較的均一。含水は中位～大位。 所々腐植物を混入。色調は概ね暗灰～暗青灰。
				Ac	粘性土	0(自沈)～4 (0.5)	シルト 砂質シルト	全体に均質なシルトで粘性強。含水中位～大位。 非常に軟らかい。最上部は腐植物含み、細砂薄層挟む。 層厚厚いと、貝殻片点在し、下部は微粒砂を含み砂質～砂混じりシルトとなる。 色調は概ね暗灰～暗青灰。
					挟在 砂質土	2～9 (4.2)	シルト質細砂	Ac層に伴うもので、砂の粒子は細かく均一。 含水大位で全体に緩く、貝殻片の混入多い。 シルト分の含有多く、一部は砂質シルトとの互層状。色調は概ね暗灰～暗青灰。
				As2	砂質土	3～50 以上 (31.9)	シルト混じり細砂 細　砂	砂粒子は比較的に均一な細砂、一部中粒砂を含む。含水中位～大位。 全体に貝殻小片点在、一部で貝殻片を層状に挟む 層厚厚い場合、下部に浮石点在～薄層に認める。全体に比較的締まる。 色調は概ね暗灰～暗青灰、一部で暗緑褐色
	更新世 中期～後期	下総層群	石崎層	Ds	砂質土	9～50 以上 (36.4)	シルト混じり細砂 シルト質細砂 細　砂	砂粒子は細かく概ね均一。含水中位。 所々シルト分多く、薄層状～ブロック状に含む。 色調は暗黄褐～暗褐灰～褐灰色、一部暗灰色。
					挟在 粘性土	19～26 (21.3)	シルト 砂質シルト	Ds層に伴うもので、硬い。 含水小位。粘性弱。

土　質　凡　例

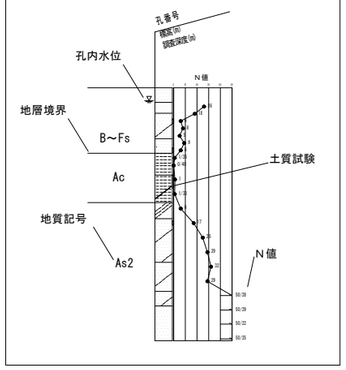
主体土層

- 埋土
- 粘土
- シルト
- 砂
- 砂礫

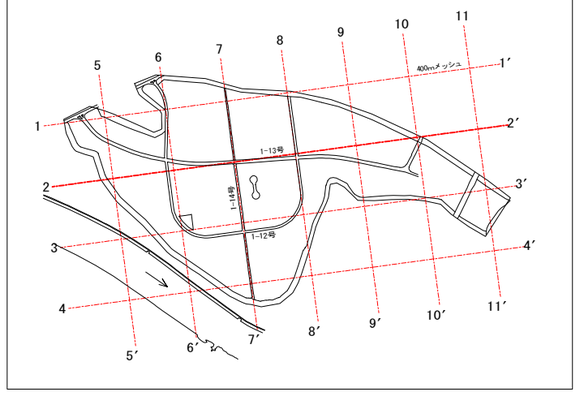
副土層

- 粘土質
- シルト質
- 砂質
- 粘土混じり
- シルト混じり
- 砂混じり
- 礫混じり

柱状図凡例



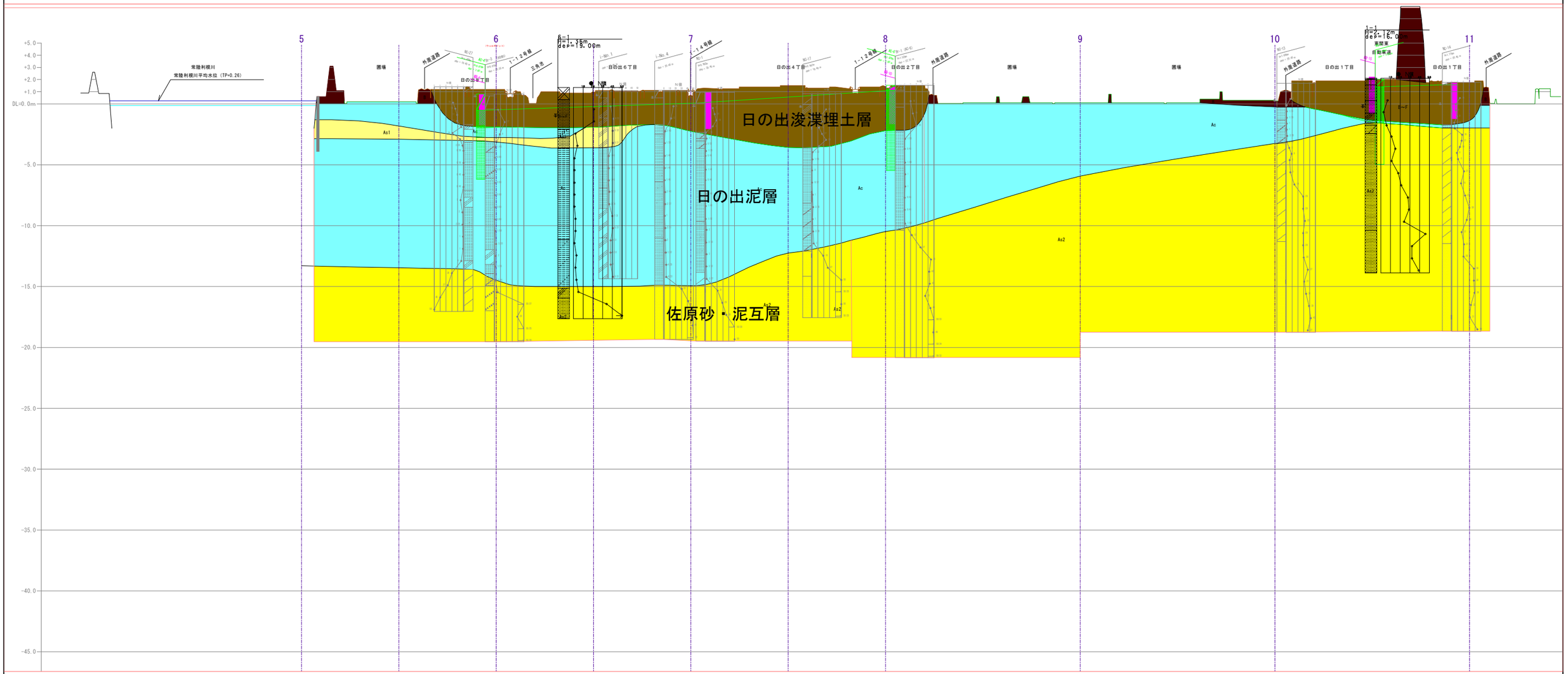
断面位置図



潮来市日の出地区断面図

縮尺　V = 1 : 320　H = 1 : 8,000

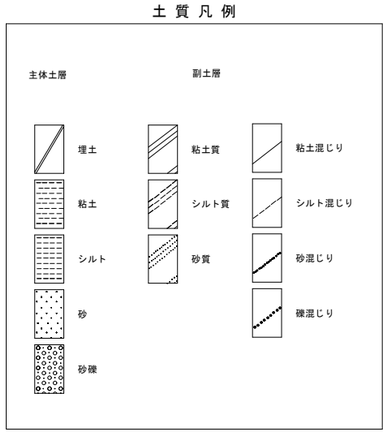
3－3’



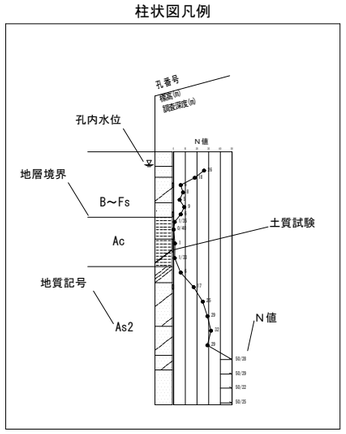
層　序　表

地質時代区分		地質名		地層記号	土層	N値（平均値）	主な構成土質	層相等
現　世		表土、埋土		B I F	砂質土 粘性土	1/35～10 (5.7)	細砂、粘土	土地利用に伴う農耕土等。礫、植物根を混入。 色調は概ね褐灰～灰褐色。
		埋土（浚渫土）			砂質土	1/40～26 (12.1)	シルト混じり細砂 細　砂	砂の粒子は全体に比較的に均一～やや不均一。地下水位以深で含水大位 貝殻所々小片点在。色調は概ね暗灰～暗青灰。
第四紀	完新世	完新統 （沖積層）		As1	砂質土	2/35～19 (9.7)	シルト質細砂 シルト混じり細砂 細　砂	砂の粒子は全体には比較的均一。含水は中位～大位。 所々腐植物を混入。色調は概ね暗灰～暗青灰。
				Ac	粘性土	0（自沈）～4 （0.5）	シルト 砂質シルト	全体に均質なシルトで粘性強。含水中位～大位。 非常に軟らかい。最上部は腐植物含み、細砂薄層挟む。 層厚厚いと、貝殻片点在し、下部は微粒砂を含み砂質～砂混じりシルトとなる。 色調は概ね暗灰～暗青灰。
					挟在 砂質土	2～9 (4.2)	シルト質細砂	Ac層に伴うもので、砂の粒子は細かく均一。 含水大位で全体に緩く、貝殻片の混入多い。 シルト分の含有多く、一部は砂質シルトとの互層状。色調は概ね暗灰～暗青灰。
				As2	砂質土	3～50 以上 (31.9)	シルト混じり細砂 細　砂	砂粒子は比較的に均一な細砂、一部中粒砂を含む。含水中位～大位。 全体に貝殻小片点在、一部で貝殻片を層状に挟む 層厚厚い場合、下部に浮石点在～薄層に認める。全体に比較的締まる。 色調は概ね暗灰～暗青灰、一部で暗緑褐色
	更新世 中期～後期	下総層群	石崎層	Ds	砂質土	9～50 以上 (36.4)	シルト混じり細砂 シルト質細砂 細　砂	砂粒子は細かく概ね均一。含水中位。 所々シルト分多く、薄層状～ブロック状に含む。 色調は暗黄褐～暗褐灰～褐灰色、一部暗灰色。
					挟在 粘性土	19～26 (21.3)	シルト 砂質シルト	Ds層に伴うもので、硬い。 含水小位。粘性弱。

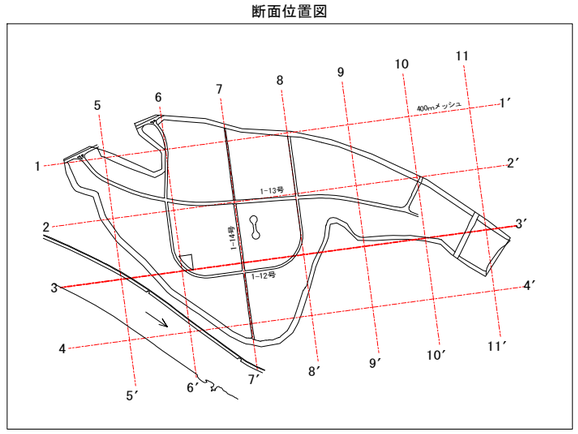
土　質　凡　例



柱状図凡例



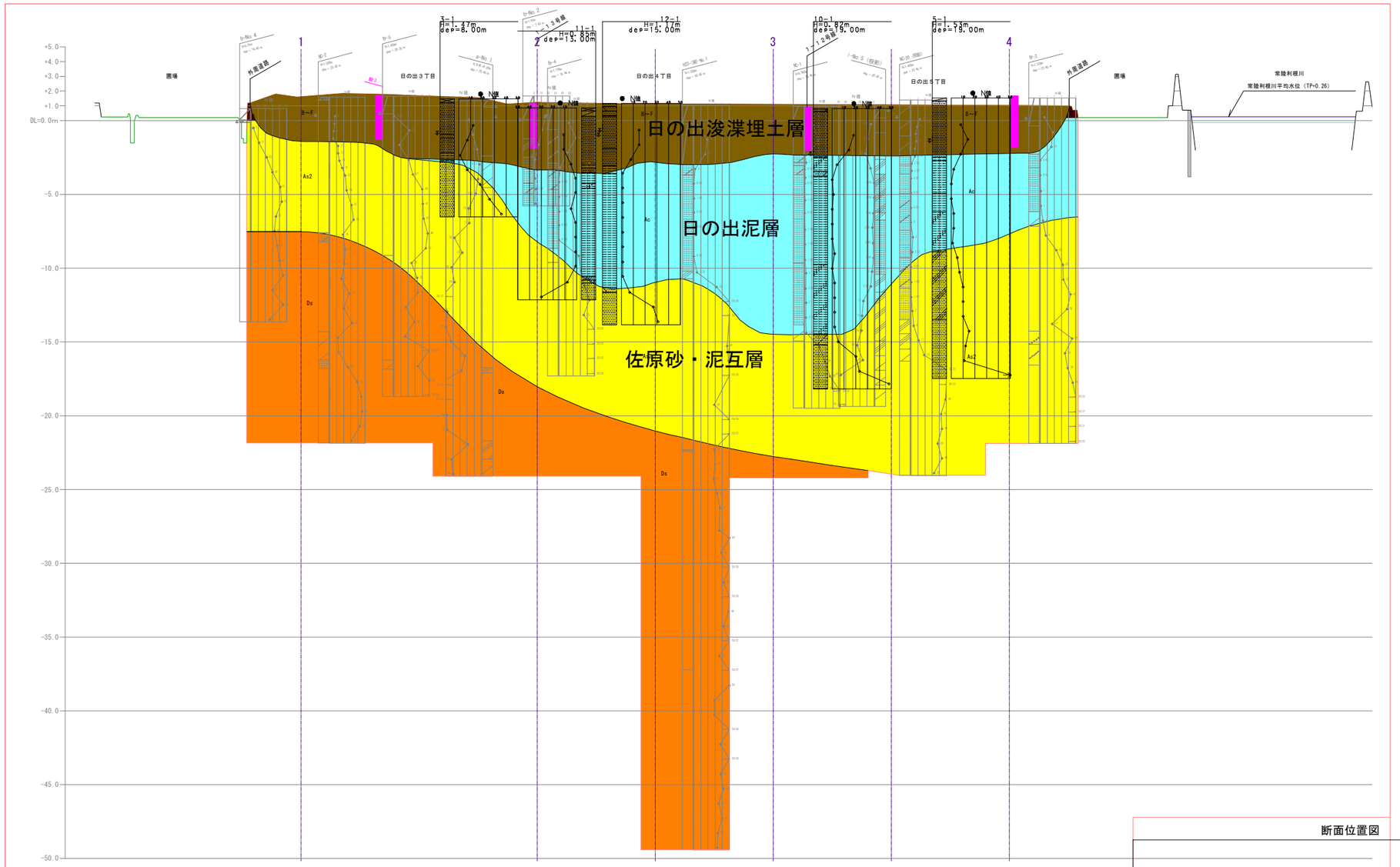
断面位置図



潮来市日の出地区断面図

縮尺　V = 1 : 320
　　H = 1 : 8,000

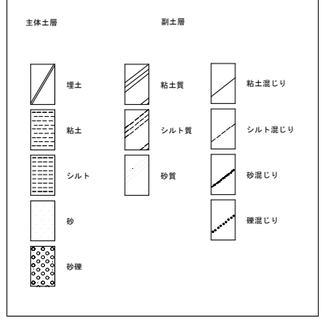
7－7’



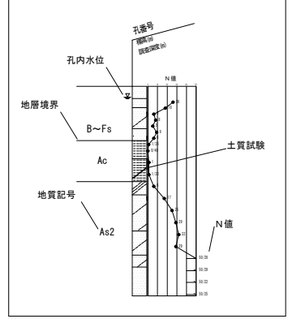
層　序　表

地質時代区分		地質名		地層記号	土層	N値（平均値）	主な構成土質	層相等
現　世		表土、盛土		B F F	砂質土 粘性土	1/35～10 (5.7)	細砂、粘土	土地利用に伴う黒褐土等。礫、植物根を混入。 色調は概ね暗灰～灰褐色。
		埋土（浚渫土）			砂質土	1/40～26 (12.1)	シルト混じり細砂 細　砂	砂の粒子は全体には比較的に均一～やや不均一。地下水位以深で含水大位 貝殻所々小片点在。色調は概ね暗灰～暗青灰。
第四紀	完新世	完新統 （沖積層）		As1	砂質土	2/35～19 (9.7)	シルト質細砂 シルト混じり細砂 細　砂	砂の粒子は全体には比較的均一、含水は中位～大位。 所々腐植物を混入。色調は概ね暗灰～暗青灰。
				Ac	粘性土	0(自沈)～4 (0.5)	シルト 砂質シルト	全体に均質なシルトで粘性強。含水中位～大位。 非常に軟らかい。表土部は腐植物含み、細砂薄層挟む。 層厚薄いと、貝殻片点在し、下部は微粒砂を含み砂質～砂混じりシルトとなる。 色調は概ね暗灰～暗青灰。
					挟在 砂質土	2～9 (4.2)	シルト質細砂	As層に伴うもので、砂の粒子は細かく均一。 含水大位で全体に緩く、貝殻片の混入多い。 シルト分の含有多く、一部は砂質シルトとの互層状。色調は概ね暗灰～暗青灰。
				As2	砂質土	3～50 以上 (31.8)	シルト混じり細砂 細　砂	砂粒子は比較的に均一な細砂、一部中粒砂を含む。含水中位～大位。 全体に貝殻小片点在、一部で貝殻片を層状に挟む 層厚薄い場合、下部に浮石点在～薄層に認める。全体に比較的締まる。 色調は概ね暗灰～暗青灰。一部で暗緑褐色
	更新世 中期～後期	下総層群	石崎層	Ds	砂質土	9～50 以上 (36.4)	シルト混じり細砂 シルト質細砂 細　砂	砂粒子は細かく概ね均一。含水中位。 所々シルト分多く、薄層状～ブロック状に含む。 色調は暗黄褐～暗褐灰～褐灰色、一部暗灰色。
					挟在 粘性土	19～26 (21.3)	シルト 砂質シルト	Ds層に伴うもので、硬い。 含水小位。粘性弱。

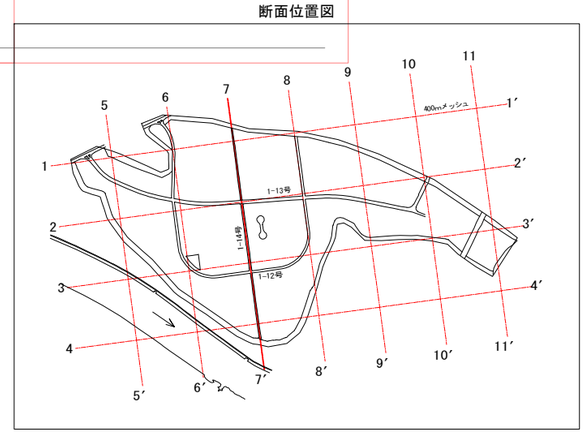
土　質　凡　例



柱状図凡例



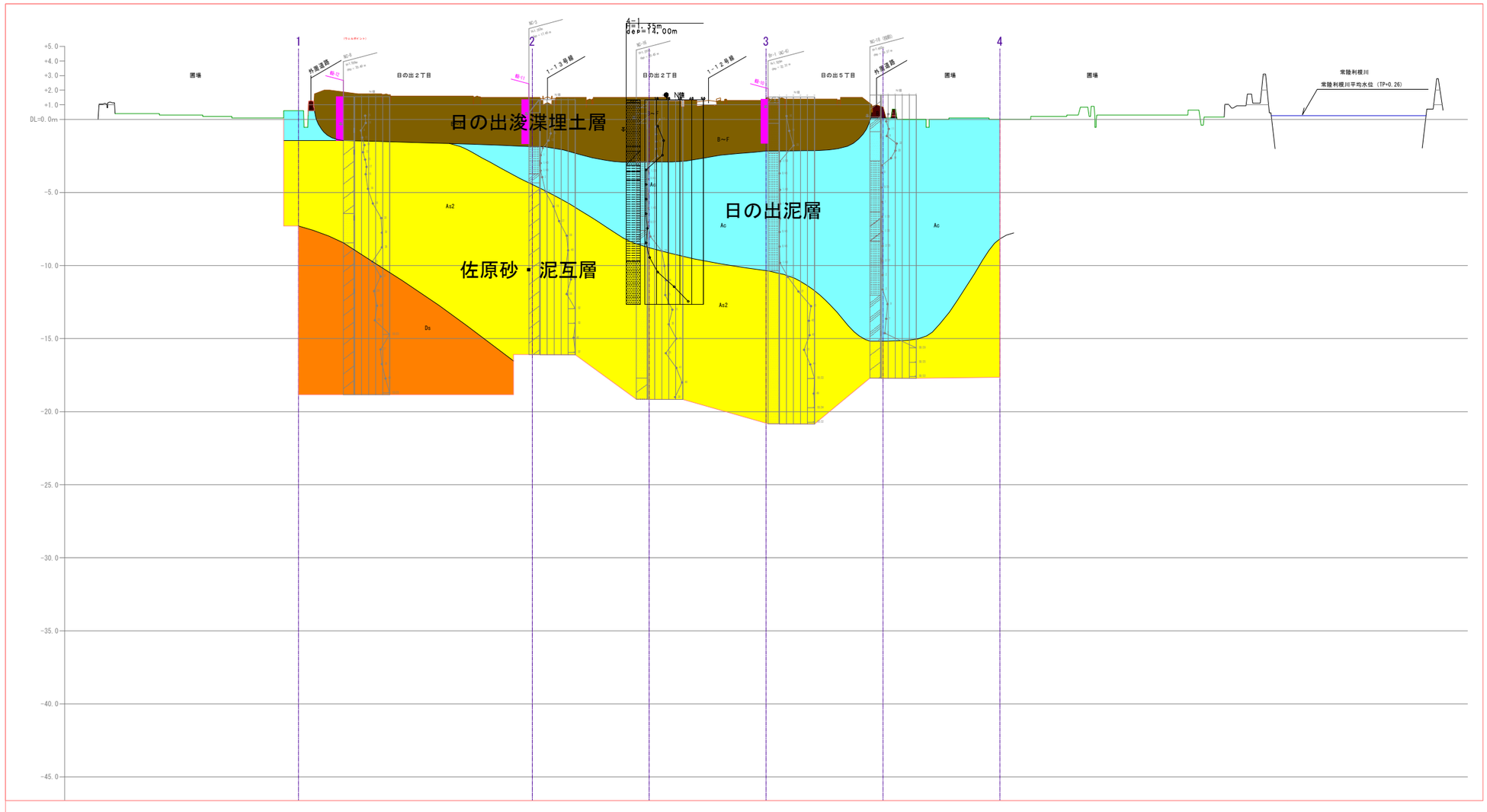
断面位置図



潮来市日の出地区断面図

縮尺　V = 1 : 320
　　H = 1 : 8,000

8－8’



層　序　表

地質時代区分		地質名		地層記号	土層	N値（平均値）	主な構成土質	層相等
現　世		表土、盛土		B I F	砂質土 粘性土	1/35～10 (5.7)	細砂、粘土	土地利用に伴う農耕土等。礫、植物根を混入。 色調は概ね褐灰～灰褐色。
		埋土（浚渫土）			砂質土	1/40～26 (12.1)	シルト混じり細砂 細　砂	砂の粒子は全体に比較的に均一～やや不均一。地下水位以深で含水大位 貝殻所々小片点在。色調は概ね暗灰～暗青灰。
第四紀	完新世	完新統 （沖積層）		As1	砂質土	2/35～19 (9.7)	シルト質細砂 シルト混じり細砂 細　砂	砂の粒子は全体には比較的均一。含水は中位～大位。 所々腐植物を混入。色調は概ね暗灰～暗青灰。
				Ac	粘性土	0（自沈）～4 （0.5）	シルト 砂質シルト	全体に均質なシルトで粘性強。含水中位～大位。 非常に軟らかい。最上部は腐植物含み、細砂薄層挟む。 層厚厚いと、貝殻片点在し、下部は微粒砂を含み砂質～砂混じりシルトとなる。 色調は概ね暗灰～暗青灰。
					挟在 砂質土	2～9 (4.2)	シルト質細砂	Ac層に伴うもので、砂の粒子は細かく均一。 含水大位で全体に緩く、貝殻片の混入多い。 シルト分の含有多く、一部は砂質シルトとの互層状。色調は概ね暗灰～暗青灰。
				As2	砂質土	3～50 以上 (31.9)	シルト混じり細砂 細　砂	砂粒子は比較的に均一な細砂、一部中粒砂を含む。含水中位～大位。 全体に貝殻小片点在、一部で貝殻片を層状に挟む 層厚厚い場合、下部に浮石点在～薄層に認める。全体に比較的締まる。 色調は概ね暗灰～暗青灰、一部で暗緑褐色
	更新世 中期～後期	下総層群	石崎層	Ds	砂質土	9～50 以上 (36.4)	シルト混じり細砂 シルト質細砂 細　砂	砂粒子は細かく概ね均一。含水中位。 所々シルト分多く、薄層状～ブロック状に含む。 色調は暗黄褐～暗褐灰～褐灰色、一部暗灰色。
					挟在 粘性土	19～26 (21.3)	シルト 砂質シルト	Ds層に伴うもので、硬い。 含水小位。粘性弱。

土　質　凡　例

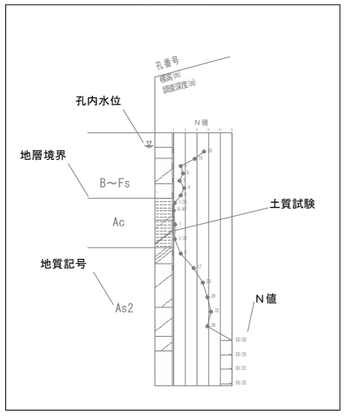
主体土層

- 埋土
- 粘土
- シルト
- 砂
- 砂礫

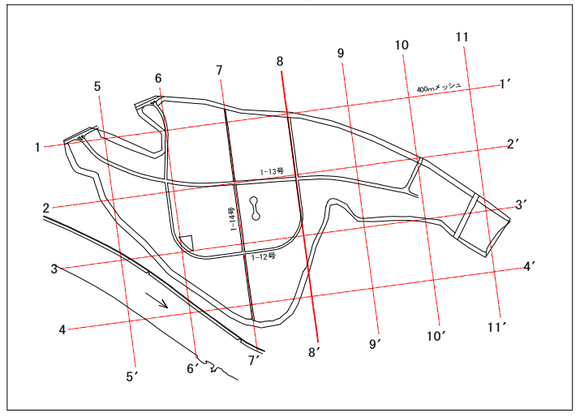
副土層

- 粘土質
- シルト質
- 砂質
- 粘土混じり
- シルト混じり
- 砂混じり
- 礫混じり

柱状図凡例



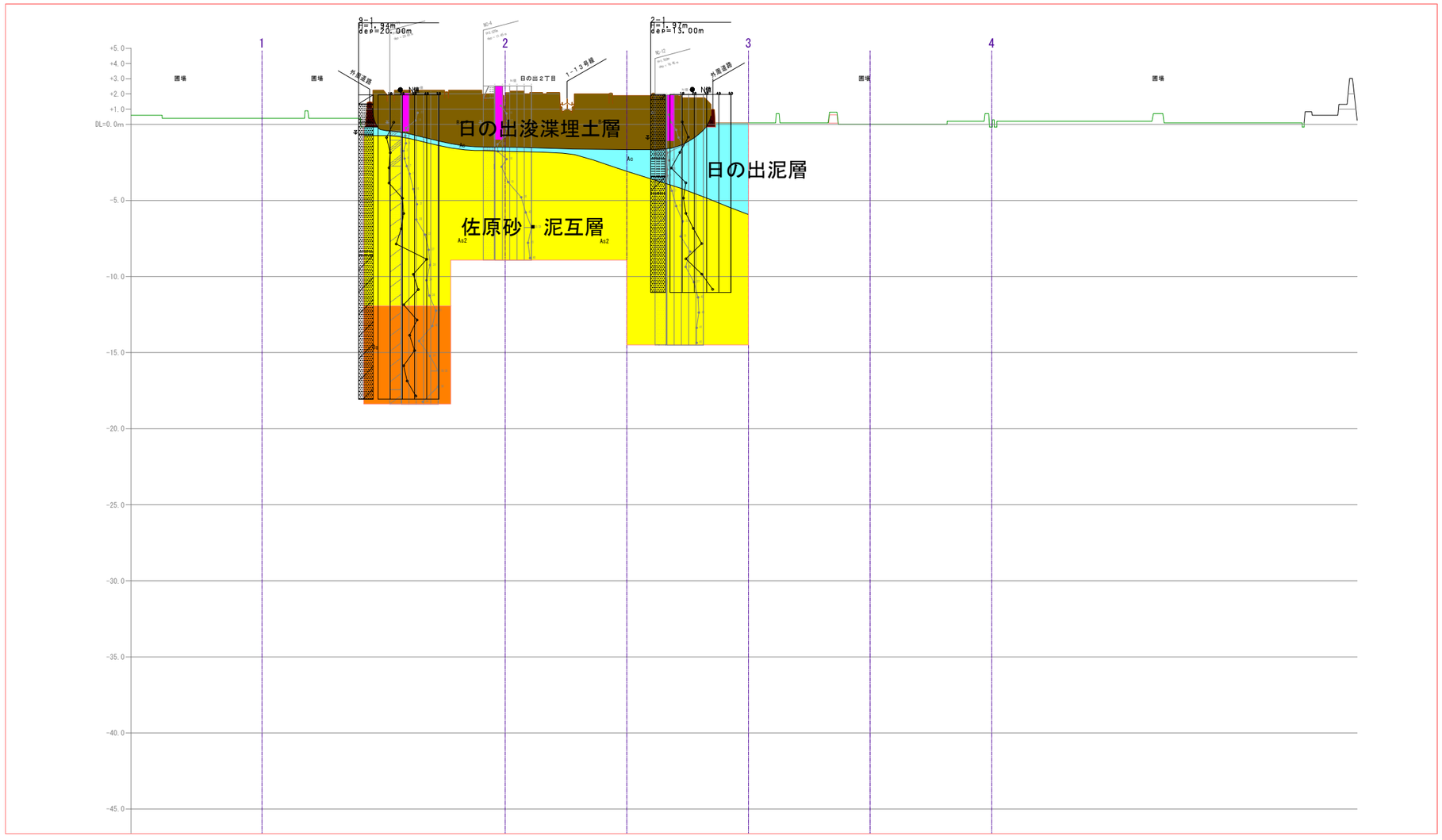
断面位置図



潮来市日の出地区断面図

縮尺　V = 1 : 320
　　H = 1 : 8,000

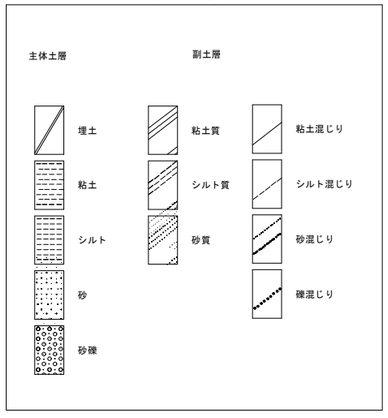
9－9’



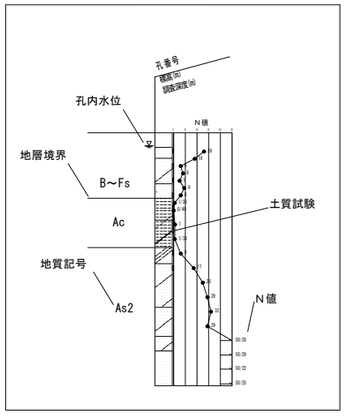
層　序　表

地質時代区分		地質名		地層記号	土層	N値（平均値）	主な構成土質	層相等
現　世		表土、畑土		B I F	砂質土 粘性土	1/35～10 (5.7)	細砂、粘土	土地利用に伴う農耕土等。礫、植物根を混入。 色調は概ね褐灰～灰褐色。
		埋土（浚渫土）			砂質土	1/40～26 (12.1)	シルト混じり細砂 細　砂	砂の粒子は全体に比較的に均一～やや不均一。地下水位以深で含水大位 貝殻所々小片点在。色調は概ね暗灰～暗青灰。
第四紀	完新世	完新統 （沖積層）		As1	砂質土	2/35～19 (9.7)	シルト質細砂 シルト混じり細砂 細　砂	砂の粒子は全体には比較的均一。含水は中位～大位。 所々腐植物を混入。色調は概ね暗灰～暗青灰。
				Ac	粘性土	0(自沈)～4 (0.5)	シルト 砂質シルト	全体に均質なシルトで粘性強。含水中位～大位。 非常に軟らかい。最上部は腐植物含み、細砂薄層挟む。 層厚厚いと、貝殻片点在し、下部は微粒砂を含み砂質～砂混じりシルトとなる。 色調は概ね暗灰～暗青灰。
					挟在 砂質土	2～9 (4.2)	シルト質細砂	Ac層に伴うもので、砂の粒子は細かく均一。 含水大位で全体に緩く、貝殻片の混入多い。 シルト分の含有多く、一部は砂質シルトとの互層状。色調は概ね暗灰～暗灰。
				As2	砂質土	3～50 以上 (31.9)	シルト混じり細砂 細　砂	砂粒子は比較的に均一な細砂、一部中粒砂を含む。含水中位～大位。 全体に貝殻小片点在、一部で貝殻片を層状に挟む 層厚厚い場合、下部に浮石点在～薄層に認める。全体に比較的締まる。 色調は概ね暗灰～暗青灰、一部で暗緑褐色
	更新世 中期～後期	下総層群	石崎層	Ds	砂質土	9～50 以上 (36.4)	シルト混じり細砂 シルト質細砂 細　砂	砂粒子は細かく概ね均一。含水中位。 所々シルト分多く、薄層状～ブロック状に含む。 色調は暗黄褐～暗褐灰～褐灰色、一部暗灰色。
					挟在 粘性土	19～26 (21.3)	シルト 砂質シルト	Ds層に伴うもので、硬い。 含水小位。粘性弱。

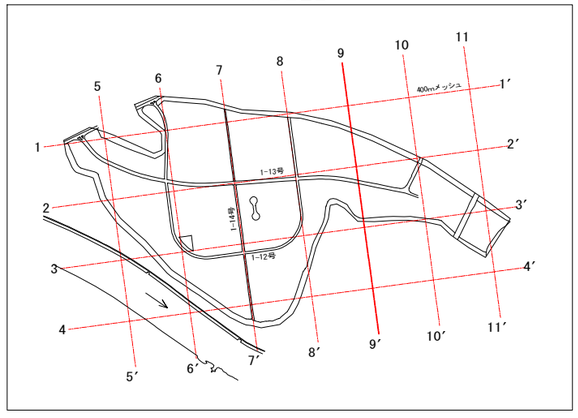
土　質　凡　例



柱状図凡例

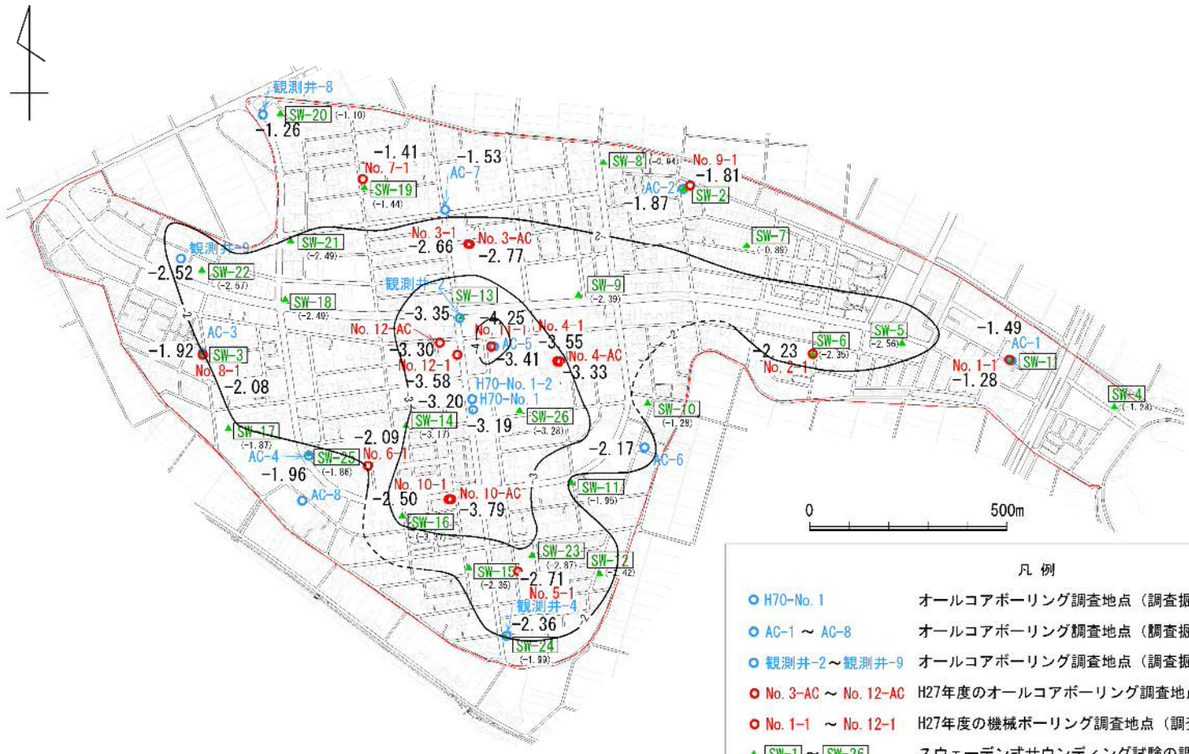


断面位置図



2-2 浚渫埋土泥土層の推定

埋立泥層の等層厚線図は、新たなボーリング調査結果を基に作成したものである。



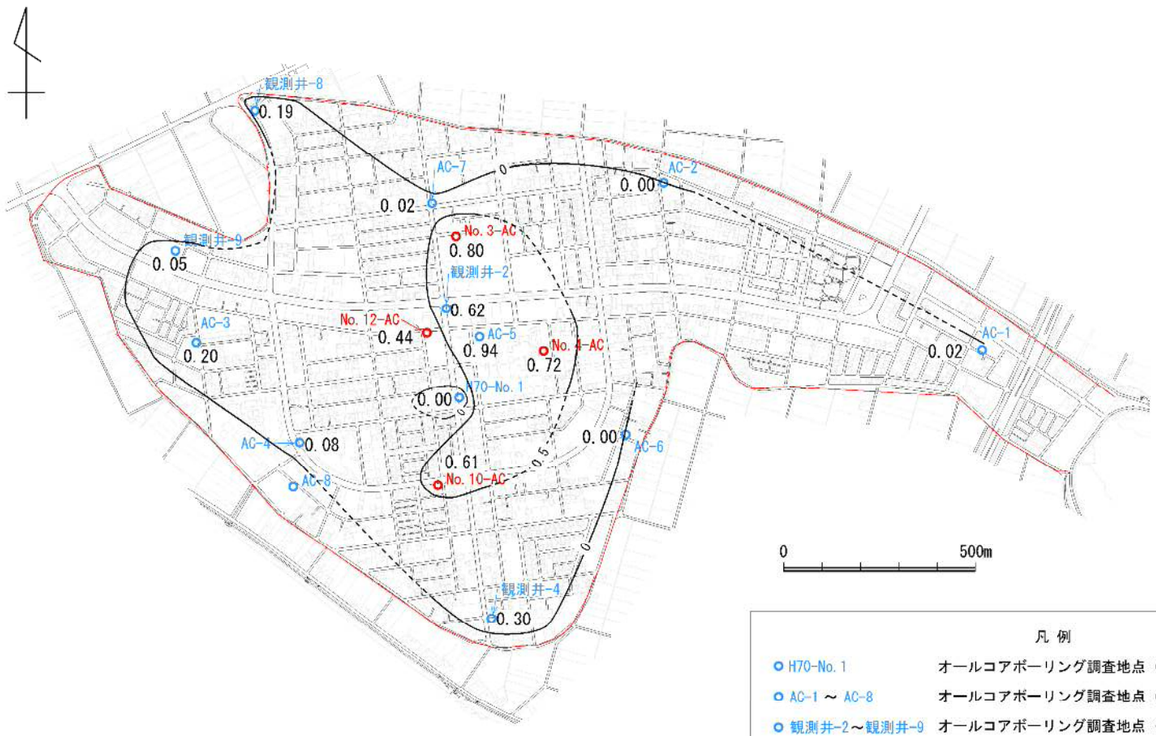
凡 例

○ H70-No. 1	オールコアボーリング調査地点（調査掘削深度70m）
○ AC-1 ～ AC-8	オールコアボーリング調査地点（調査掘削深度6～7m）
○ 観測井-2～観測井-9	オールコアボーリング調査地点（調査掘削深度5m）
○ No. 3-AC ～ No. 12-AC	H27年度のオールコアボーリング調査地点（調査掘削深度7m）
○ No. 1-1 ～ No. 12-1	H27年度の機械ボーリング調査地点（調査掘削深度8～20m）
▲ SW-1 ～ SW-26	スウェーデン式サウンディング試験の調査地点（調査掘削深度6～11m）
-0.00	オールコアボーリングからの判定深度
(-0.00)	スウェーデン式サウンディング試験による埋立層基底推定深度

＊ 耕作土層が存在しないために、埋立層基底が人自不整合面と同じ深度の地点：
AC-2・AC-4・AC-5・AC-6・AC-7・観井-2・観井-5・観井-9・H70-No. 1・H70-No. 1-2・No. 3-AC・No. 4-AC・No. 10-AC

m

日の出の人自不整合(JJU)等高線図
（数字は標高[T.P.m]）

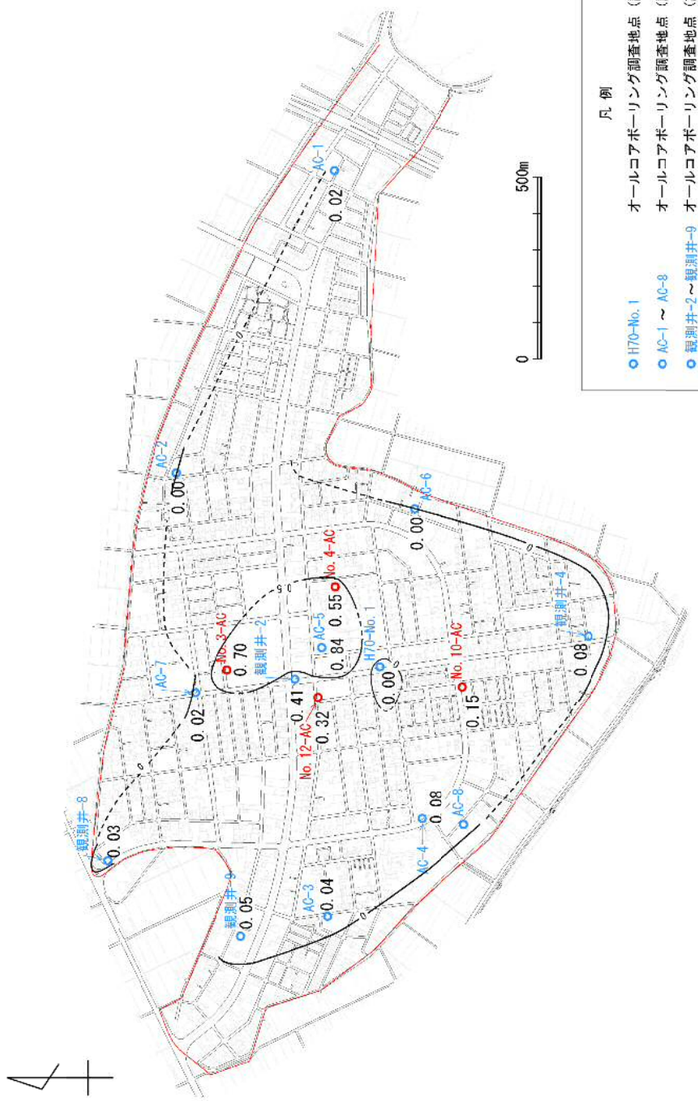


凡 例

○ H70-No. 1	オールコアボーリング調査地点（調査掘削深度70m）
○ AC-1 ～ AC-8	オールコアボーリング調査地点（調査掘削深度6～7m）
○ 観測井-2～観測井-9	オールコアボーリング調査地点（調査掘削深度5m）
○ No. 3-AC ～ No. 12-AC	H27年度のオールコアボーリング調査地点（調査掘削深度7m）
0.00	オールコアボーリングからの判定層厚

m

下流物性的同一地層単元(DML)の積算層厚の等層厚線図
（数字は[m]）



下流物性的同一地層単元(DML)の最下層の等層厚線図
（数字は[m]）

2-3. 下流堆積層サンプリング計画

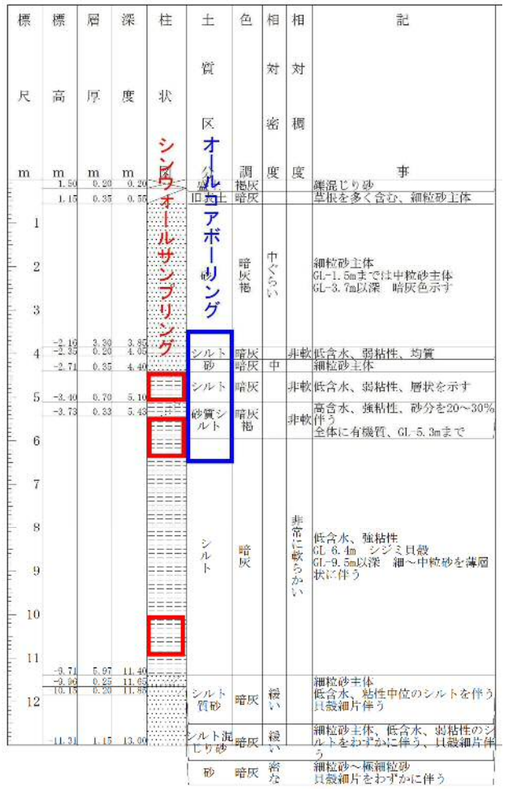
地下水位を低下させた場合、その下位に分布する粘性土は圧密沈下が発生することが想定されるため、その沈下を事前に予測することは重要である。特に、ひょうたん池北側に比較的厚く分布する埋立泥層(下流堆積層)については、その圧密特性が不明確であるため、サンプリング計画を下記の通り計画した。

目的：埋立泥層および日の出泥層の圧密特性の把握

項目：オールコアボーリング　3m
　　シンウォールサンプリング　3回
　　圧密試験　3試料
　　物理試験　各3試料
　　（含水比、土粒子の密度、液性限界・塑性限界）

採取位置：No.11-1 付近(ひょうたん池北側)

手順：
(1)深度3.5mまでノーコアボーリング
(2)深度6.5mまでオールコアボーリング
(3)別孔にてシンウォールサンプリング



No11-1 柱状図

2-4. 沖積粘土層の圧密沈下予測

「当初潮来市液状化検討委員会資料」より、圧密沈下計算は、地下水位をGL-3.0cm下げた場合において最大16cmの沈下量となるがFEM解析により4cmとなっている。

参考資料-4は、鹿島市液状化対策検討会の資料「国土交通省　液状化対策ガイダンス(資料編)」で、実証実験による間隙水圧の分布を考慮した圧密沈下量の計算で、通常の⊿e法19.8cmが3.6cmとなっている。したがって、潮来市の場合も同様に間隙水圧を測定することによりかなり小さくなると考えられる。

潮来市液状化対策検討委員会資料

5.3.3 建物の傾斜角の限界値

表5.3-2に傾斜角と機能的障害程度の関係を示す。表5.3-2より、傾斜角が4/1000を超えると不具合が見られるようになる。

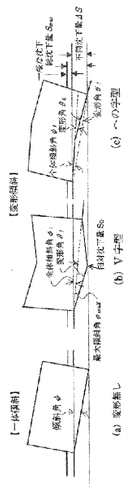


図5.3-2　建築物の沈下傾斜の形状分類

小規模建築物基礎設計指針(日本建築学会)　P254より抜粋

表5.3-2　傾斜角と機能的障害程度の関係

傾斜角	障害程度	区分
3/2000以下	品確法技術的基準レベル-1発生	1
4/1000	不具合が見られる	2
5/1000	不同沈下を意識する 未はりが無くなる	2
6/1000	品確法技術的基準レベル-3排水、不同沈下を強く意識し申し立てが発生する	3
7/2000	建具が正常に動くのが限界に見られる	
8/2000	はとんどの建具で建具が自然に動く	4
10/1000	排水管の運用限	
17/1000	無理的な限界値	5

小規模建築物基礎設計指針(日本建築学会)　P254より抜粋

圧密沈下の計算結果より、約400mメッシュごとの沈下量が得られている。地下水位低下量に対する各計算地点の圧密沈下量の差を次ページに示した。圧密沈下量の差の最も大きい部分の変位差は400mで16cmとなり、傾斜角は0.40/1000である。これは、表5.3-2の傾斜角の許容値3/1000と比較すると1/7.5程度で、圧密沈下による地盤の傾斜角はあまり問題にならないと考えられる。

5.3 地盤の圧密沈下計算

5.3.1 圧密沈下量の計算結果

液状化対策工として地下水位低下工法を採用する場合、軟弱粘性土層がある部分では圧密沈下が懸念される。既存ボーリングデータを用いて地下水位をGL-3.0まで低下させた場合の圧密沈下量の計算を行った。

圧密沈下量は、地震後に実施されたボーリング調査の圧密試験結果を用いて計算を行い、その結果を次ページの平面図に示す。

5.3.2 建物の総沈下量の限界値

表5.3-1に構造別の総沈下量の限界値を示す。総沈下量の限界値は、構造物の構造形式や基礎形式により区分が異なり、木造(W)で布基礎の場合の最大値は5.0cmとなり、鉄筋コンクリート造で独立基礎の場合の最大値は10cmとなる。

地下水位低下工法を採用するに当たっては、上部の建築物の構造形式を確認したうえで、地下水低下量の設定を行う必要があることになる。

表5.3-1　構造別の総沈下量の限界値の例

支持地盤	構造形式	CB	RC・RCW	
圧密層	基礎形式	布	独立	布	べた
	標準値 最大値	2 4	5 10	10 20	10~(15) 20~(30)
硬化粘質粘(まさ土)	標準値 最大値	1.5 2.5	2.5 4.0		
砂 層	標準値 最大値	1.0 3.0	2.0 3.5	-	-
砂礫粘性土	標準値 最大値	1.5~2.5 2.0~4.0	-	-	-
圧密層	構造種別	基礎形式	標準値	最大値
	W	布 べた	2.5 2.5~(5.0)	5.0 5.0~(10.0)
周囲沈下	W	布	1.5	2.5

(注) 圧密層については、建築工程の沈下量(建物の剛性強度の計算値)、そのほかについては周囲沈下量。
( ) は2項ステップなど1分割出の大きい場合
W 造の全体の傾斜角は標準で1/1000、最大で2/1000～(5/1000)以下

建築基礎構造設計指針(日本建築学会)　P154より抜粋

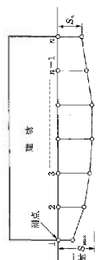


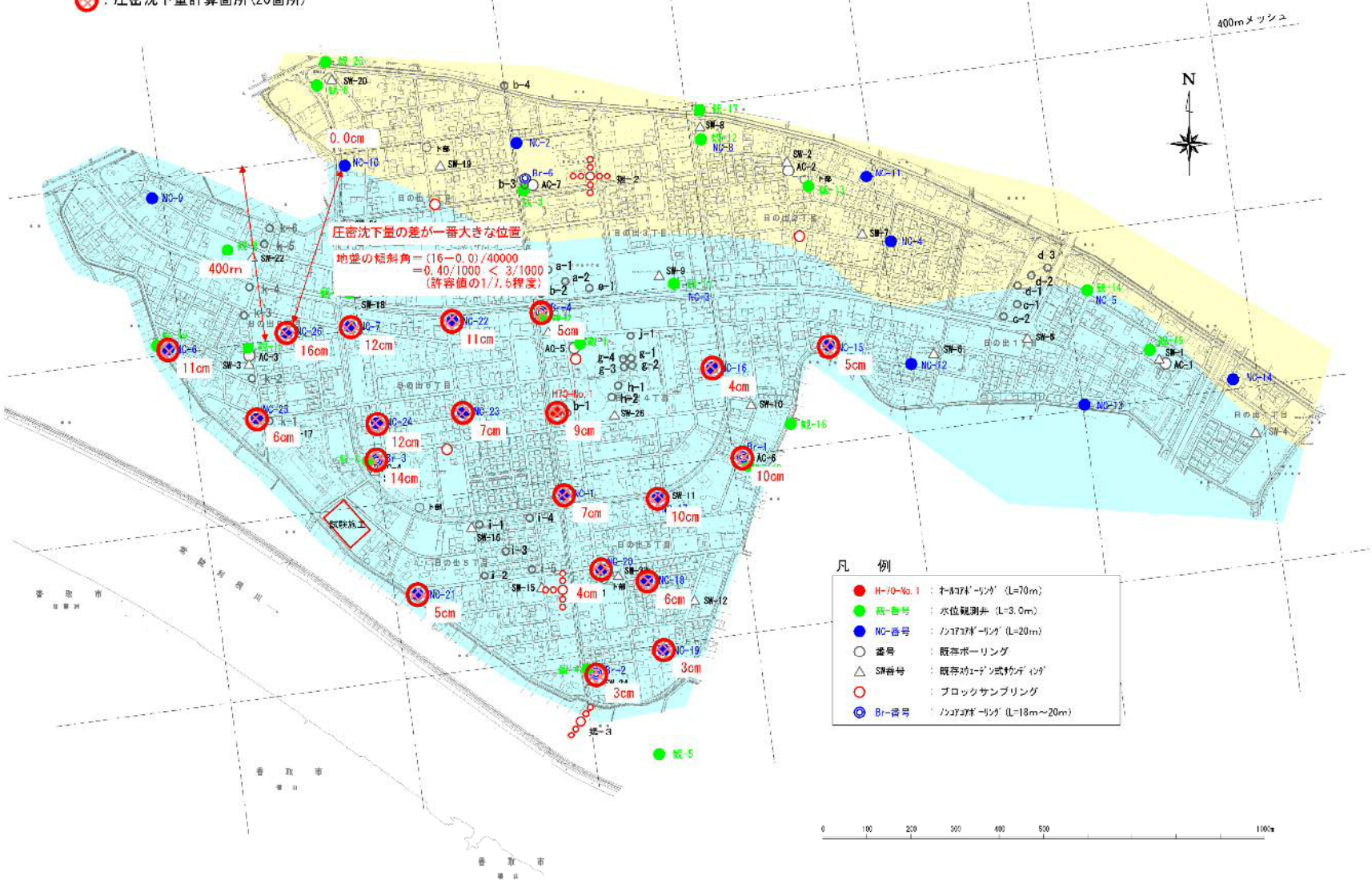
図5.3-1　建築物の総沈下量

建築基礎構造設計指針(日本建築学会)　P154より抜粋

地下水位をGL-3.0mとした場合の圧密沈下量の計算結果

：圧密沈下量計算箇所(20箇所)

地 質 調 査 位 置 図



潮来市液状化対策検討委員会資料

【圧密沈下量の計算式】

圧密沈下量の計算は、(社)日本道路協会「道路土工　軟弱地盤対策工指針　昭和61年11月」に準拠して行う。以下に計算式の抜粋を示す。

3－4－2　沈下概略計算

（1）全沈下量

盛土の載荷によって生じる地盤の形状変化に伴う沈下およびゆるい砂層に生じる沈下を無視し，盛土中央下の軟弱土層の一次元圧密沈下のみを求めて全沈下量とする。

すなわち層区分された圧密層ごとに式（3－8）から一次圧密沈下量 S_c を求めた後，軟弱層全体について合計して全沈下量とする。

$$S_c=\frac{e_0-e_1}{1+e_0}\cdot H \qquad \cdots\cdots（3-8）$$

ここに　e_0：圧密層の初期間げき比

e_1：圧密層の圧密後間げき比で，**図2－8** に示すように $e-\log p$ 曲線に中央深度の $p_0+\Delta p$ を適用して求める。

この場合，現場における $e-\log p$ 曲線の推定は一般に困難なので，試験による $e-\log p$ 曲線から求めた e_1 を用いてもよい。

H：圧密層の層厚（cm）

なお正規圧密土からなる軟弱層の場合で，区分された圧密層ごとに圧縮指数 C_c または体積圧縮係数 m_v が求められている場合には，それぞれ次式によって圧密層ごとの一次元圧密沈下量を求めることができる。

$$S_c=\frac{C_c}{1+e_0}\cdot\log\frac{p_0+\Delta p}{p_0}\cdot H \qquad \cdots\cdots（3-9）$$

$$S_c=m_v\cdot\Delta p\cdot H \qquad \cdots\cdots（3-10）$$

ここに　p_0：盛土前土かぶり圧（kgf/cm²）

Δp：盛土荷重による増加応力（kgf/cm²）

（2）　沈下速度

圧密沈下の速度は，排水が鉛直方向にだけ行われるとする一次元圧密によって求める。

まず地盤の成層状態から圧密排水に有効な透水層を決定して，**図3－11**(a)または(b)に示したような圧密層に区分する。**図3－11**(a)は圧密層厚 H（両面排水），(b)は上層が圧密層厚 H_{I}（両面排水），下層が圧密層厚 H_{II}（片面排水）とした例である。

次に，区分されたそれぞれの圧密層を構成する各土層ごとの c_v 値の中から，任意の土層の c_v をとって排水層全体を代表させ，代表 c_v を持つ単一土層に換算したときの層厚を式（3－11）で計算する。

潮来市液状化対策検討委員会資料

$$H_0=H_1\sqrt{\frac{c_{v3}}{c_{v1}}}+H_2\sqrt{\frac{c_{v3}}{c_{v2}}}+H_3 \qquad \cdots\cdots（3-11）$$

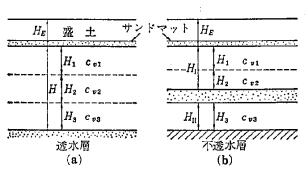


図3－11　圧密排水層の区分

この式は，**図3－11**(a)に示したように c_v の異なる3層からなる圧密層を，単一の c_{v3} をもち，圧密速度が等値になる層に置き換えたときの層厚を示したものである。

両面排水によって圧密が進む場合は，式（3－11）から求めた換算層厚 H_0 の1/2が圧密の最大排水距離 D であるから，置き換えた単一層の $c_{v0}=c_{v3}$ を用い，圧密に要する時間 t を式（3－12）によって計算する。

$$t=\frac{(H_0/2)^2}{c_{v0}}\cdot T_v=\frac{D^2}{c_{v0}}\cdot T_v \qquad \cdots\cdots（3-12）$$

ここに　T_v：時間係数で各圧密層の平均圧密度 U に応じて，**図3－12**に示した値を用いることができる。

c_{v0} ；圧密層の代表 c_v で，式（3－11）の例では c_{v3}

圧密度が U に達したときの沈下量を S_{ct} とすれば，圧密沈下量 S_c との間に $S_{ct}=S_c\cdot U$ の関係があるから，以上の手順によって時間 t と沈下 S_{ct} の関係，すなわち沈下速度が求められる。

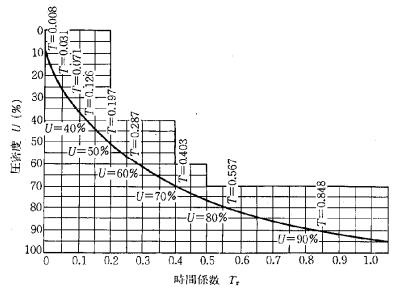
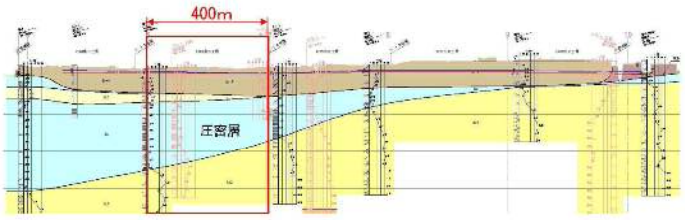


図3－12　U と T_v の関係（Δu_0＝一定）

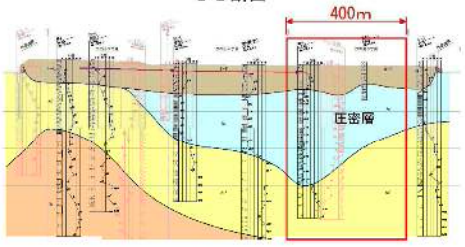
5.3.4 二次元ＦＥＭによる圧密沈下量計算

（１）計算モデル

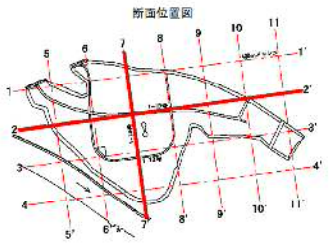
圧密層の厚さが変化しているため、二次元ＦＥＭ解析により圧密沈下量計算を行った。圧密沈下量計算は、2-2'断面と7-7'断面内の400mを対象とし、地下水位を現況水位より2.0m下げた場合について計算を行った。



2-2 断面



7-7 断面



断面位置図

図 5.3-3　解析断面

（２）使用ソフト

使用ソフト　Soil Plus 2012

開　発　元　伊藤忠テクノソリューションズ

（３）計算結果

2-2'断面、7-7'断面の沈下量の計算結果を図2-2、図2-3に示す。

図 5.3-4 より、2-2'断面の400m区間での圧密沈下量の最大値は3.9cm、沈下量の差は、9mm(0.039－0.030)となる。

図 5.3-5 より、7-7'断面の400m区間での圧密沈下量の最大値は2.2cm、沈下量の差は、9mm(0.022－0.013)となる。

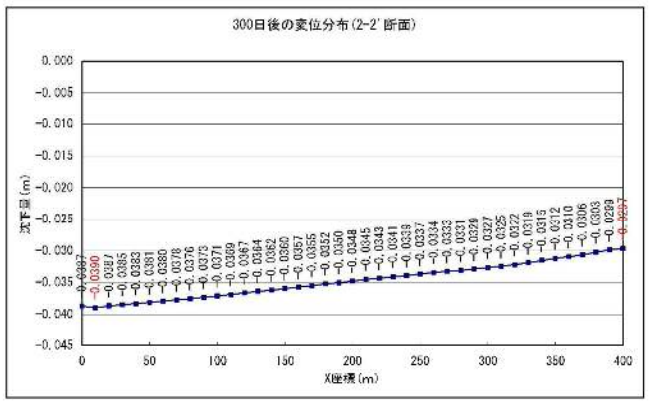


図 5.3-4　2-2' 断面の圧密沈下量

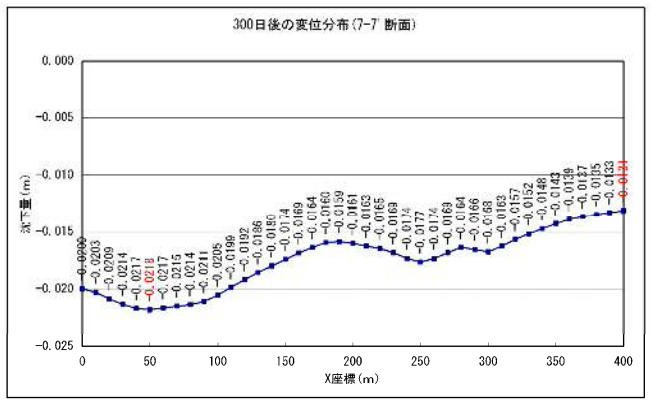


図 5.3-5　7-7' 断面の圧密沈下量

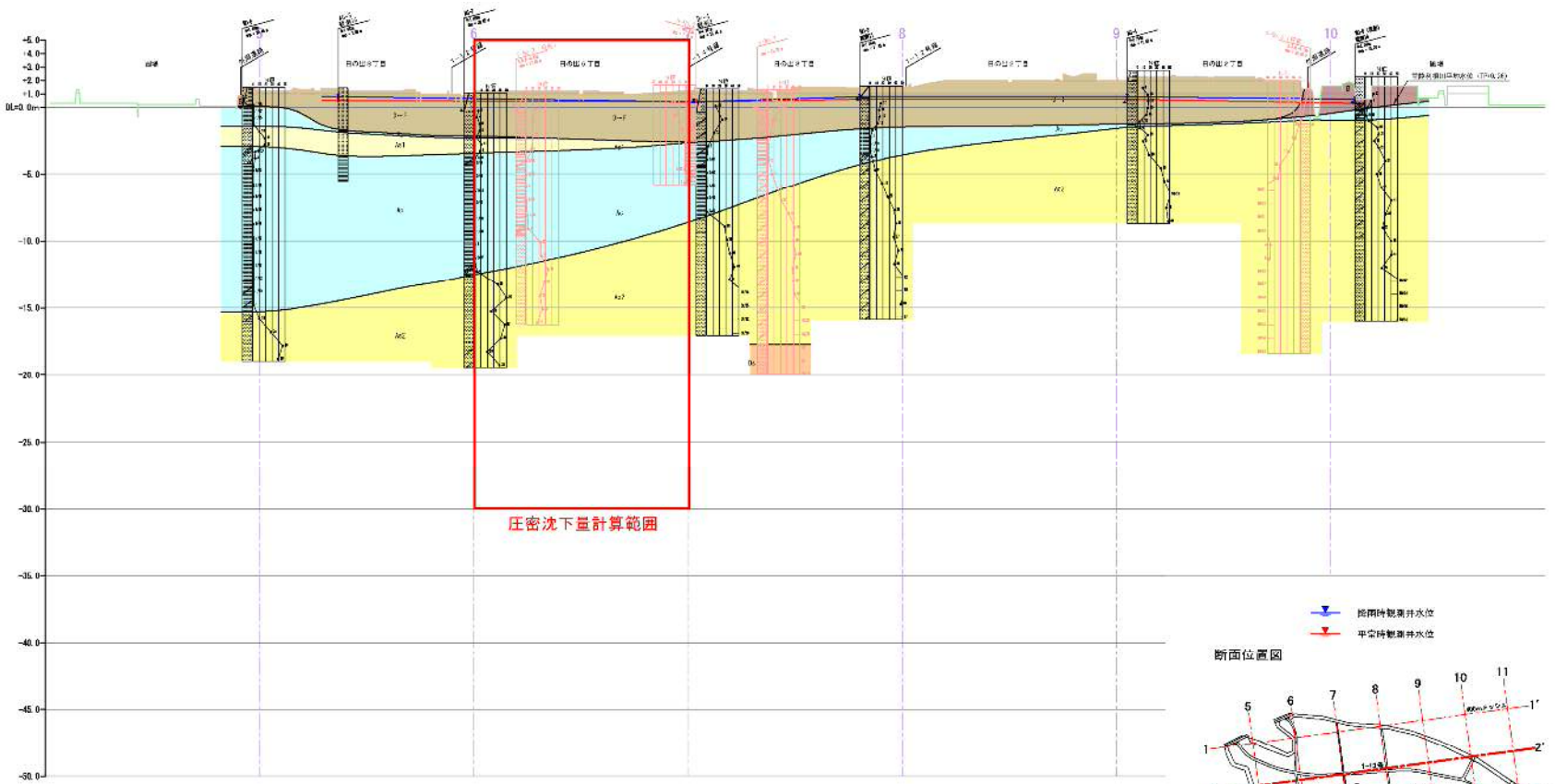
潮来市液状化対策検討委員会資料

圧密沈下量計算範囲（２－２'断面）

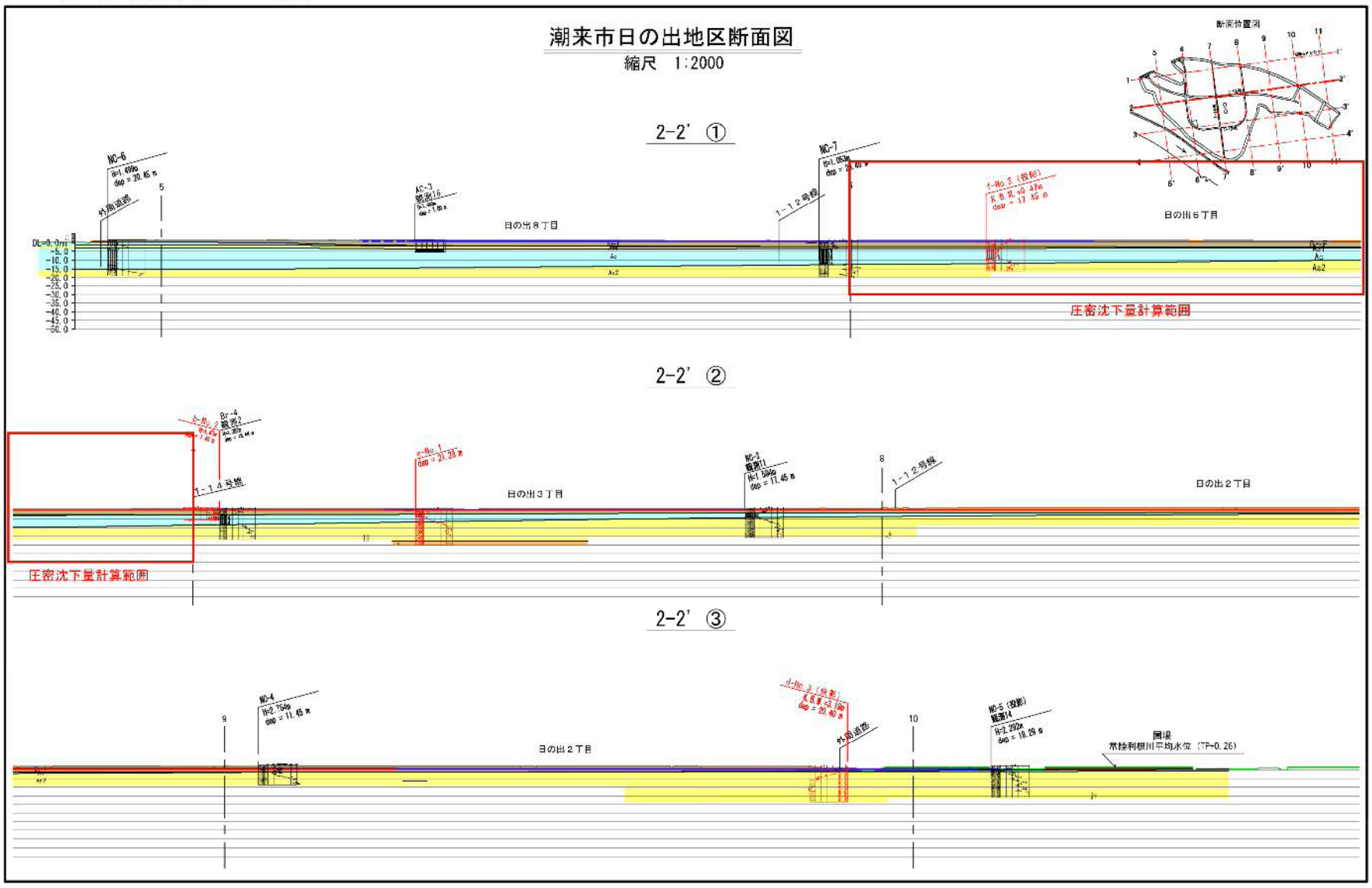
潮来市日の出地区断面図　縮尺 V = 1 : 320 H = 1 : 8,000

2－2'

地層想定図は、地層の変化を確認しやすいように縦横の縮尺を変えて表示している。
この図面の場合は、縦方向(深さ方向)は横方向(水平方向)の25倍の縮尺で表現している。
そのため、地層の変化を大きく表現していて誤解を与えやすいので、縦横の縮尺を同じにした図面を次ページに示した。



圧密沈下量計算範囲（２－２’断面）



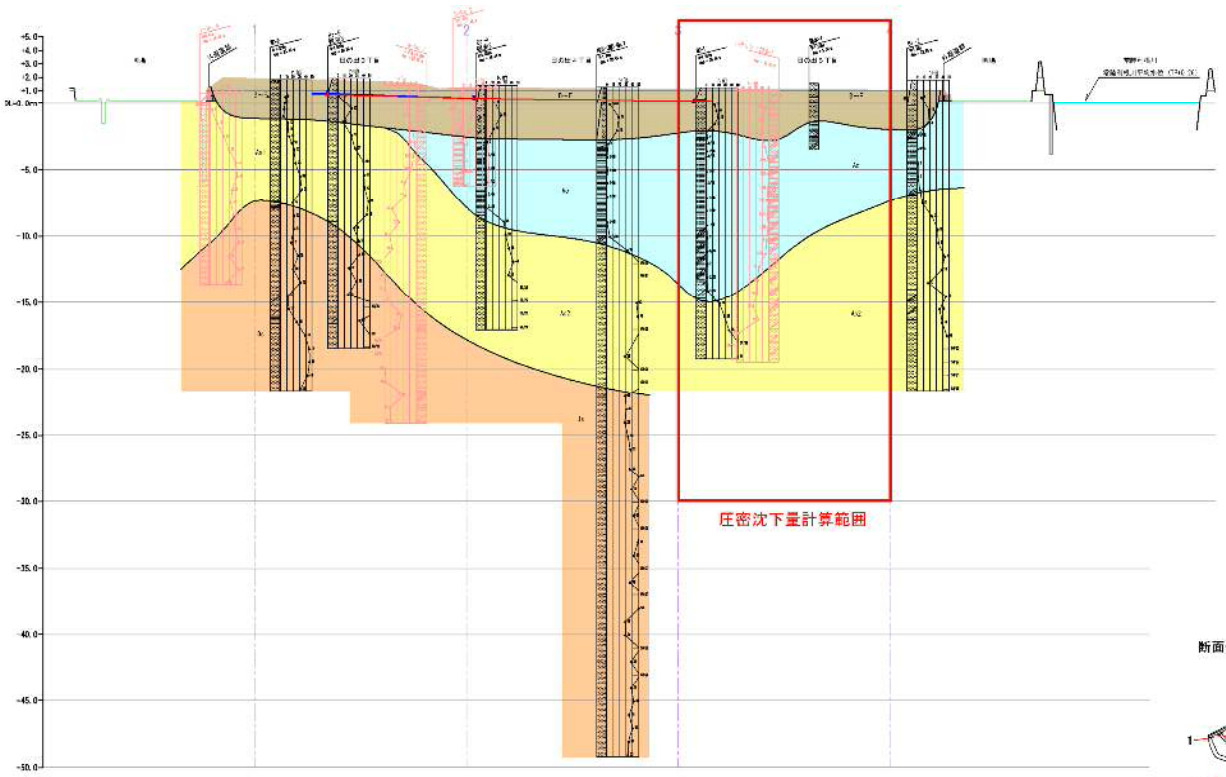
潮来市液状化対策検討委員会資料

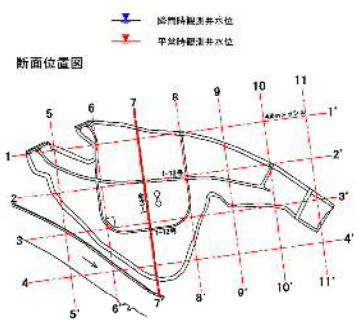
圧密沈下量計算範囲（７－７’断面）

潮来市日の出地区断面図　縮尺 V = 1 : 320 H = 1 : 8,000

7-7’

地層想定図は、地層の変化を確認しやすいように縦横の縮尺を変えて表示している。
この図面の場合は、縦方向（深さ方向）は横方向（水平方向）の25倍の縮尺で表現している。
そのため、地層の変化を大きく表現していて誤解を与えやすいので、縦横の縮尺を同じにした図面を次ページに示した。

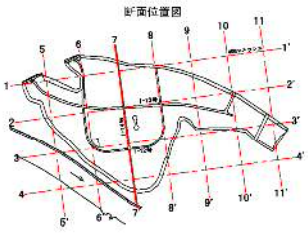




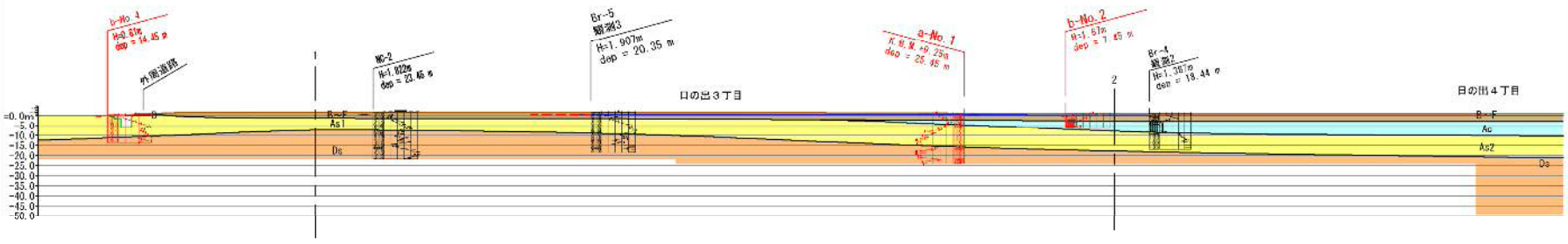
圧密沈下量計算範囲（７－７’断面）

潮来市日の出地区断面図

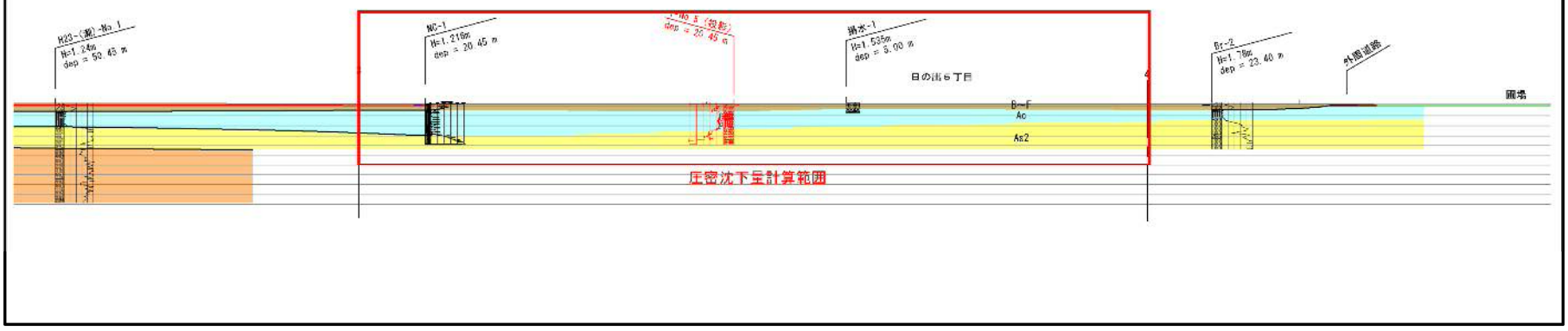
縮尺　1:2000



7-7’ ①



7-7’ ②

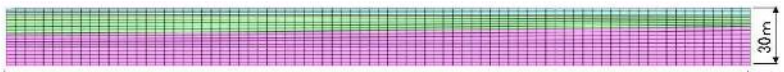


潮来市液状化対策検討委員会資料

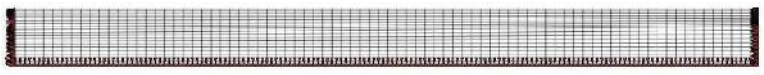
圧密沈下量計算結果

解析モデル図

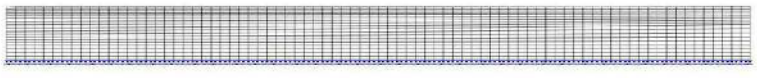
2-2’ 断面
モデル図



変位拘束



水位変化



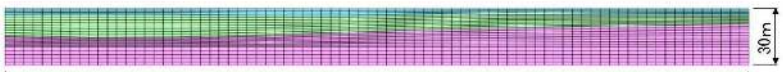
施工ステージ

全ステージ

	セットタイプ	名称	アクティブ/作成削除	倍率	開始時間	施工時間
▶	要素	Bf	アクティブ	1	0	0
	要素	As1	アクティブ	1	0	0
	要素	Ac	アクティブ	1	0	0
	要素	As2	アクティブ	1	0	0
	境界	変位拘束	作成	1	0	0
	境界	水位変化	作成	1	0	0
*					0.00	0.00

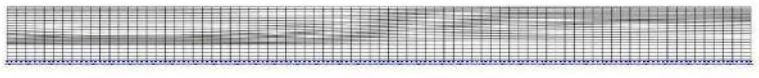
解析モデル図

7-7’ 断面
モデル図



変位拘束

水位変化

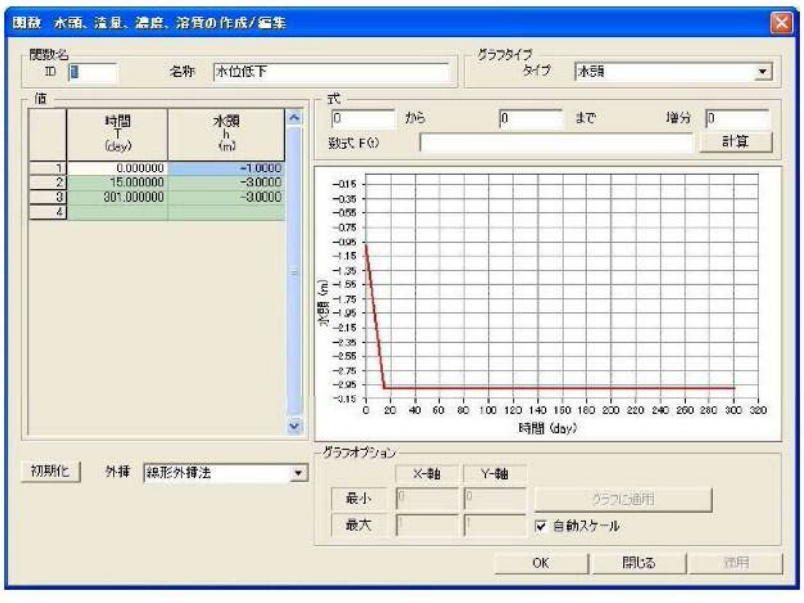


施工ステージ

全ステージ

	セットタイプ	名称	アクティブ/作成削除	倍率	開始時間	施工時間
▶	要素	Bf	アクティブ	1	0	0
	要素	Ac	アクティブ	1	0	0
	要素	As2	アクティブ	1	0	0
	境界	変位拘束	作成	1	0	0
	境界	水位低下	作成	1	0	0
*					0.00	0.00

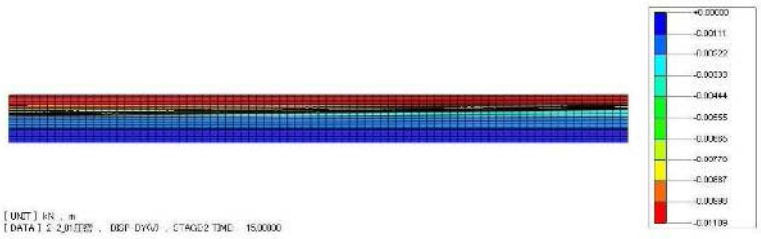
水位変化（7-7'，2-2'共通）



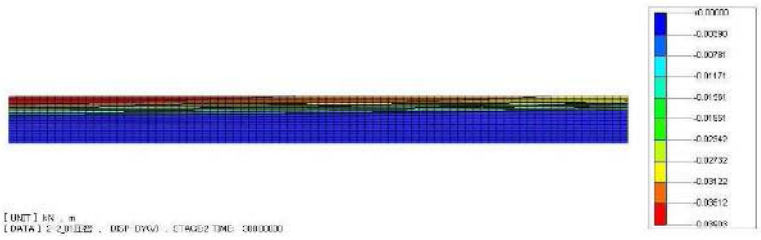
潮来市液状化対策検討委員会資料

圧密計算結果（2-2'断面）

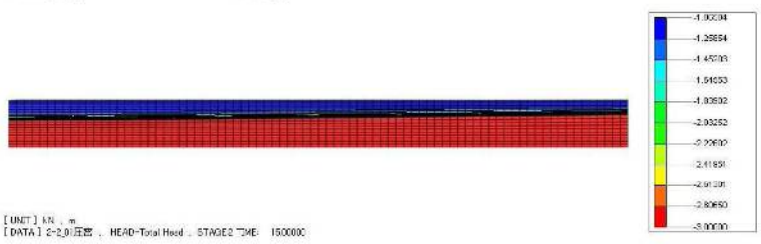
2-2'鉛直変位　15日後



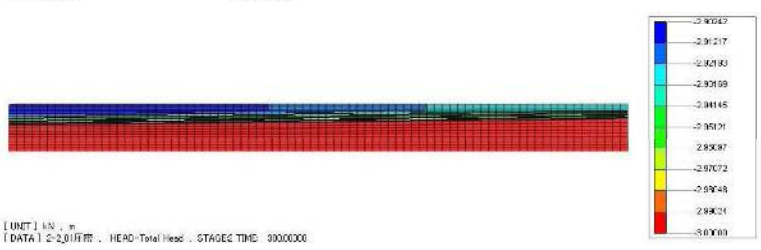
2-2'鉛直変位　300日後



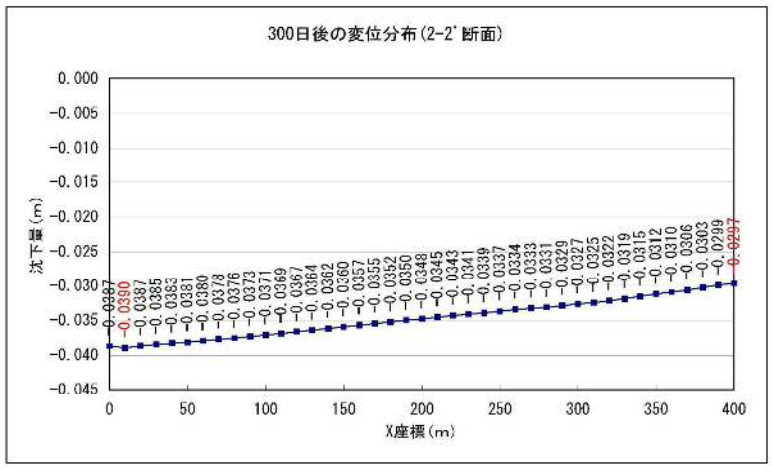
2-2'全水頭　15日後

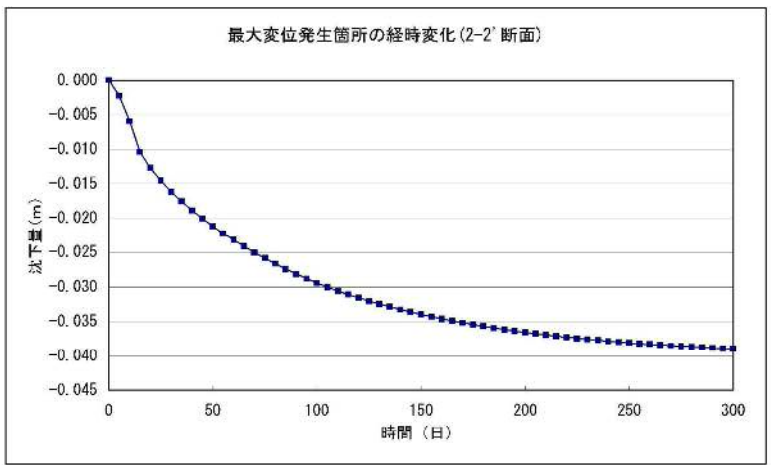


2-2'全水頭　300日後



潮来市液状化対策検討委員会資料



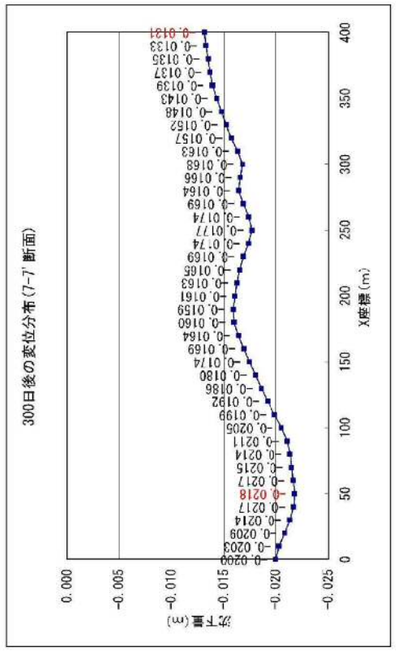


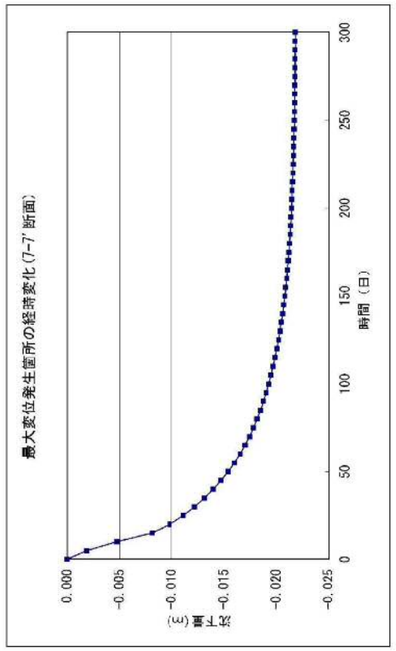
3．再液状化の見直し検証結果について

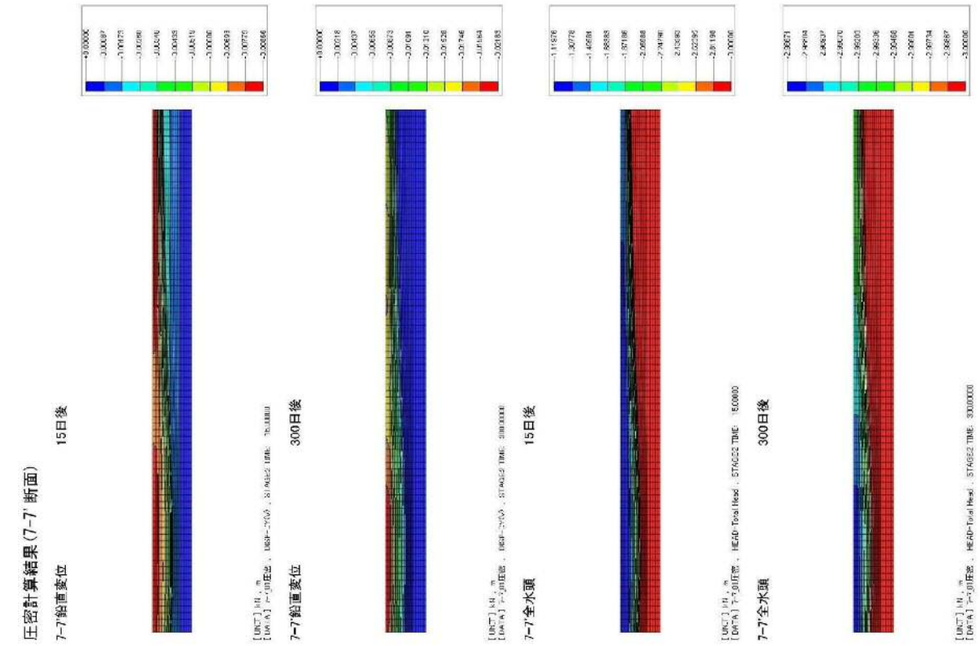
3-1.既往の再液状化の検証

既往の「潮来市液状化対策検討委員会」の再液状化解析は、H_1 値と H_2 値の関係から分析を行っている。しかし，国土交通省では「市街地液状化対策推進ガイダンス」（H26 年 3 月）では、H_1 値と D_{cy} 値による判定図で行うことになっている。

そこで，これまでの H_1 値と H_2 及び H_1 値と D_{cy} 値の両方での再液状化の検討を行った。







第5章　「地下水位低下工法」による液状化対策工の検討

5.1 地下水位低下工法の対策目標

地下水位低下工法の対策目標は、図 5.1-1 を用いて、最大加速度 300gal に対して液状化による地盤被害が発生しないものとする。

最大加速度300galのときに地盤被害が発生しない条件は図5.1-1の**液状化による地盤被害が発生する条件**より次のようになる。

非液状化層厚を 3m確保した場合→下部の液状化層厚は約 2mまでＯＫ

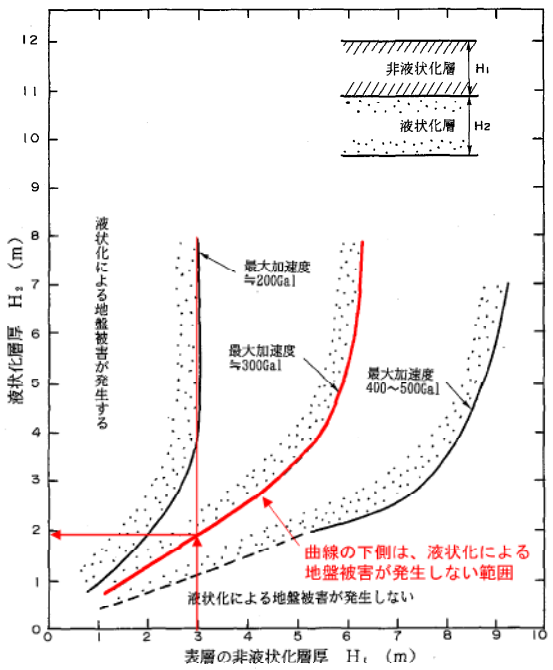


図 5.1-1　液状化による地盤被害が発生する条件

出典：埋立地の液状化対策ハンドブック(改訂版)(財)沿岸開発技術研究センター

石原研而：Stability of Natural Deposits during Earthquakes, 11th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol.1 pp.321～376, 1985

震災後ボーリングの結果を用いて、地下水位低下前と、地下水位を GL-3.0ｍまで低下させた場合の液状化による地盤被害の発生の判定結果を図 5.1-2 に示す。

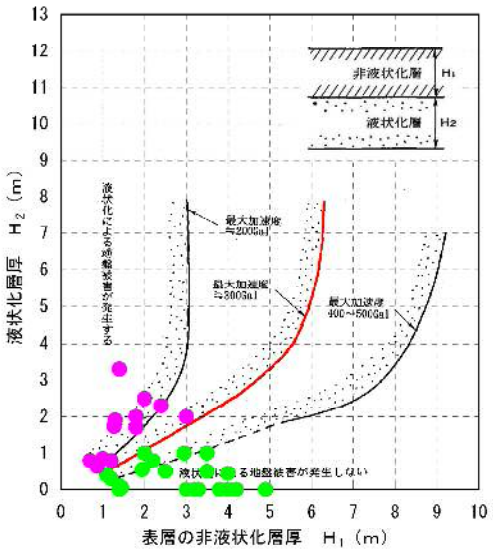
図 5.1-2 より、地下水位低下前は 36 箇所のボーリング中 12 箇所で地盤被害が発生する結果となっていたものが、地下水位低下後は地盤被害が発生しない結果となった。

以上の結果より、地下水位を GL-3.0ｍまで低下させることになり、日の出地区全域での再液状化による地盤被害を防ぐことができると考えられる。

潮来市液状化対策検討委員会資料

①実際の地震動の場合（M9, 300gal）

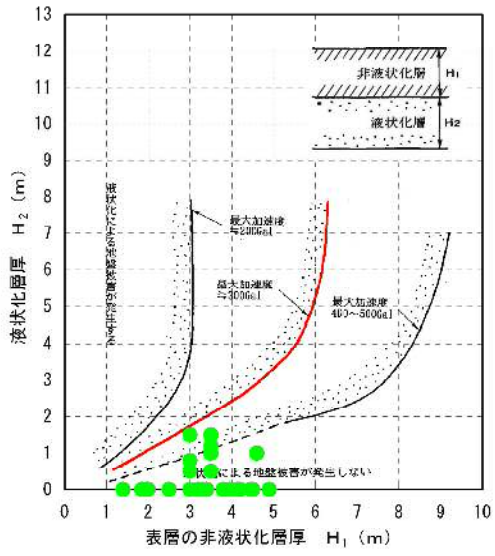
No	ﾎﾞｰﾘﾝｸﾞ番号	H1 (m)	H2 (m)	判定
1	NC-1	3.30	0.00	○
2	NC-2	1.27	1.73	×
3	NC-3	3.20	0.00	○
4	NC-4	3.50	0.50	○
5	NC-5	1.95	0.55	○
6	NC-6	1.40	0.00	○
7	NC-7	1.30	1.90	×
8	NC-8	3.00	0.00	○
9	NC-9	2.00	1.00	○
10	NC-10	3.50	1.00	○
11	NC-11	1.95	0.55	○
12	NC-12	1.20	0.80	×
13	NC-13	1.45	0.05	○
14	NC-14	1.80	1.70	×
15	NC-15	1.00	0.85	×
16	NC-16	4.20	0.00	○
17	NC-17	4.00	0.45	○
18	NC-18	2.00	1.00	○
19	NC-19	2.95	1.00	○
20	NC-20	1.80	2.00	×
21	NC-21	2.00	2.50	×
22	NC-22	2.50	0.50	○
23	NC-23	3.50	0.50	○
24	NC-24	1.10	0.40	○
25	NC-25	3.00	2.00	×
26	NC-26	2.20	0.80	○
27	H23-No1	0.70	0.80	×
28	Br-1	3.80	0.00	○
29	Br-2	1.40	0.10	○
30	Br-3	0.87	0.63	×
31	Br-4	4.00	0.00	○
32	Br-5	1.20	0.30	○
33	i-1	1.40	3.30	×
34	i-5	2.40	2.30	×
35	j-1	4.90	0.00	○
36	h-2	1.20	0.30	○
			被害なし	24
			被害あり	12



(a)地下水位低下前の液状化による地盤被害の発状生況

①実際の地震動の場合（M9, 300gal）

No	ﾎﾞｰﾘﾝｸﾞ番号	H1 (m)	H2 (m)	判定
1	NC-1	3.30	0.00	○
2	NC-2	3.00	0.00	○
3	NC-3	3.20	0.00	○
4	NC-4	3.50	0.50	○
5	NC-5	2.50	0.00	○
6	NC-6	1.40	0.00	○
7	NC-7	3.20	0.00	○
8	NC-8	3.00	0.00	○
9	NC-9	4.15	0.00	○
10	NC-10	3.50	1.00	○
11	NC-11	2.50	0.00	○
12	NC-12	2.00	0.00	○
13	NC-13	1.95	0.00	○
14	NC-14	3.00	0.50	○
15	NC-15	1.85	0.00	○
16	NC-16	4.20	0.00	○
17	NC-17	4.45	0.00	○
18	NC-18	4.50	0.00	○
19	NC-19	3.95	0.00	○
20	NC-20	3.00	0.80	○
21	NC-21	3.00	1.50	○
22	NC-22	3.00	0.00	○
23	NC-23	3.50	0.50	○
24	NC-24	3.40	0.00	○
25	NC-25	3.50	1.50	○
26	NC-26	3.00	0.00	○
27	H23-No1	4.00	0.00	○
28	Br-1	3.80	0.00	○
29	Br-2	3.80	0.00	○
30	Br-3	3.95	0.00	○
31	Br-4	4.00	0.00	○
32	Br-5	3.00	0.50	○
33	i-1	3.50	1.20	○
34	i-5	3.50	1.20	○
35	j-1	4.90	0.00	○
36	h-2	4.60	1.00	○
			被害なし	36
			被害あり	0



(b) GL-3.0ｍまで地下水位低下した場合の液状化による地盤被害の発生状況

図 5.1-2　液状化による地盤被害発生の判定結果

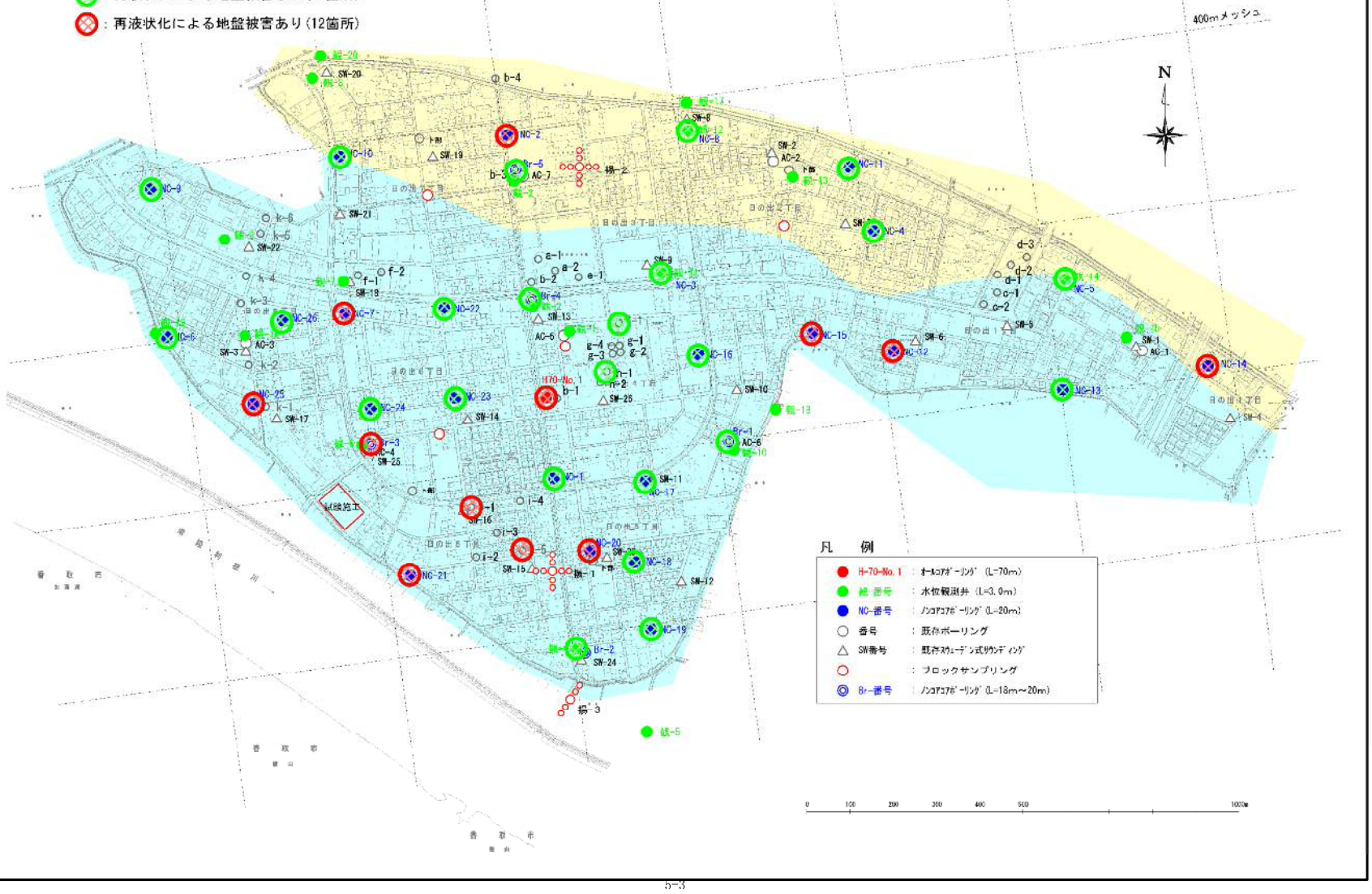
潮来市液状化対策検討委員会資料

地 質 調 査 位 置 図

震災後ボーリングでの液状化判定結果

：再液状化による地盤被害なし（24箇所）

：再液状化による地盤被害あり（12箇所）

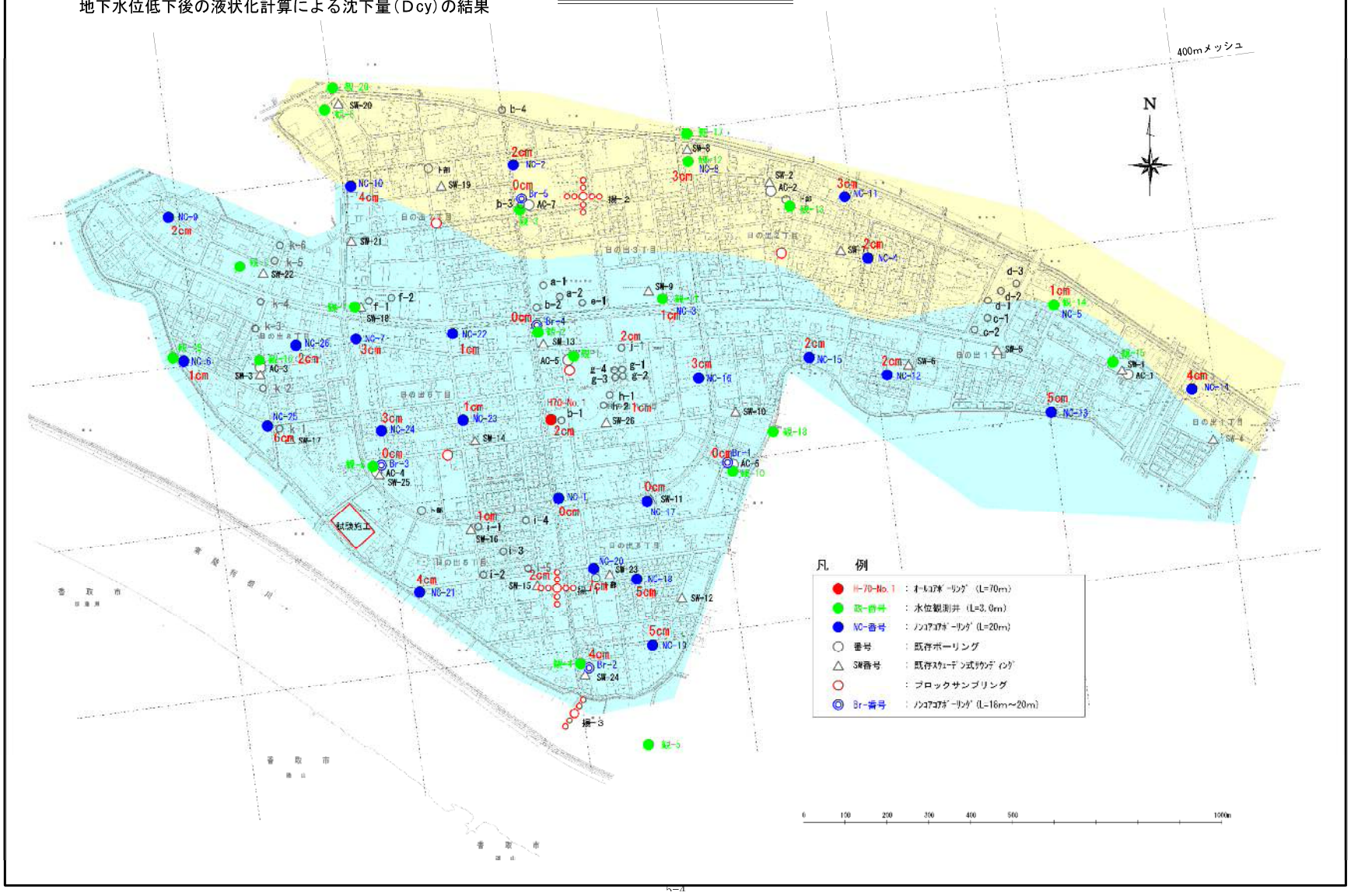


5-3

潮来市液状化対策検討委員会資料

地 質 調 査 位 置 図

地下水位低下後の液状化計算による沈下量（Dcy）の結果



5-4

3-2 再液状化の検討

(1)設計基準：建築基礎構造設計指針、日本建築学会、2003.2

(2)既往調査

	調　査　件　名		実施年度	調査会社	対象Bor箇所	
①	H27日の出地区地下水位観測及び地盤沈下観測調査業務委託	震災後	H28	千代田C	12	No.1～12
②	潮来市日の出地区液状化対策事業計画案作成業務		H24	中日本建設C	27	NC-1～27
③	東日本大震災により液状化被害を受けた市街地の液状化対策検討調査業務		H24	千代田C	1	H23-(潮)-No.1

(3)液状化対象層

①地表面から20m程度以浅の沖積層
②細粒土含有率Fcが35%以下の土
③粘土分含有率が10%以下、または塑性指数が15%以下の埋土・盛土地盤

検討では設計基準に準じ、地表面より20mまでの沖積層を対象として計算し、洪積層は液状化対象外とする。なお、既往調査によるコア観察結果より実際の液状化は浚渫土(B-F)で生じたとの評価であるため、液状化沈下量(Dcy)および液状化危険度(PL)は浚渫土を対象として算定し、非液状化層との相関図を作成する。

1．液状化判定
（1） 対象とすべき土層
液状化の判定を行う必要がある飽和土層は，一般に地表面から 20 m 程度以浅の沖積層で，考慮すべき土の種類は，細粒分含有率が 35% 以下の土とする．ただし，埋立地盤など人工造成地盤では，細粒分含有率が 35% 以上の低塑性シルト，液性限界に近い含水比を持ったシルトなどが液状化した事例も報告されているので，粘土分（0.005 mm 以下の粒径を持つ土粒子）含有率が 10% 以下，または塑性指数が 15% 以下の埋立あるいは盛土地盤については液状化の検討を行う．細粒土を含む礫や透水性の低い上層に囲まれた礫は液状化の可能性が否定できないので，そのような場合にも液状化の検討を行う．

（建築基礎構造設計指針、P.62）

(4)分布地層

分布地層		記号	土質	液状化判定	液状化評価
浚渫土	日の出浚渫埋土層	Fs	砂質土	○	○
		Fc	粘性土	－	－
沖積層	日の出泥層	Hm-s	砂質土	○	○
		Hm	粘性土	－	－
	佐原砂・泥互層	Ss	砂質土	－	－

(5)地震作用

計算ケース	地表面加速度		備考
	ﾏｸﾞﾆﾁｭｰﾄﾞ	αmax	
①	M7.5	200gal	レベル1
②	M9.0	300gal	今時災害
③	M7.5	350gal	直下型地震

(6)液状化判定計算ケース

ケース①：現況地下水位
ケース②：地下水低下工法(GL-2.50m)
ケース③：地下水低下工法(GL-3.00m)

(7)液状化判定物性値

判定用の液状化物性値は、各地点の土質試験結果を基本とし、試験を実施していない地層は隣接する調査地点の値を引用する。(地点別液状化計算結果一覧表参照)
単位体積重量γについては、過年度および今年度調査による室内土質試験値・密度検層値より設定する。(別途密度試験結果一覧表参照)

分布地層		記号	土質	単位体積重量 γ(kN/m^3)
浚渫土	日の出浚渫埋土層	Fs	砂質土	16.8
		Fc	粘性土	16.1
沖積層	日の出泥層	Hm-s	砂質土	18.1
		Hm	粘性土	16.1
	佐原砂・泥互層	Ss	砂質土	18.1

3-3 再液状化の検査結果

参考資料-6は、震災後の土質調査結果を用いて再液状化の計算を以下の地震動タイプ及び地下水位タイプについてそれぞれ３パターンことに解析を行ったものである。

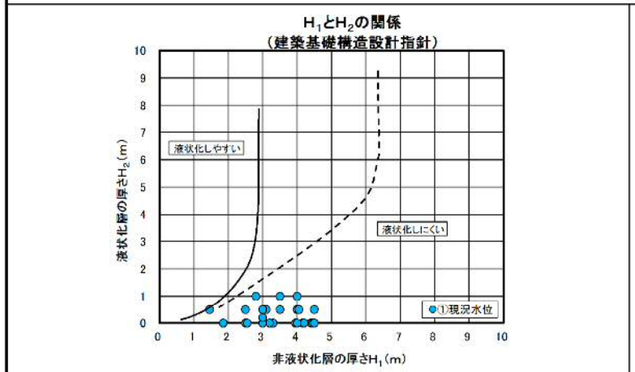
[地震動タイプ]①M7.5 200gal(レベル1)、②M9.0 300gal(今時災害)、③M7.5 350gal(直下型地震)

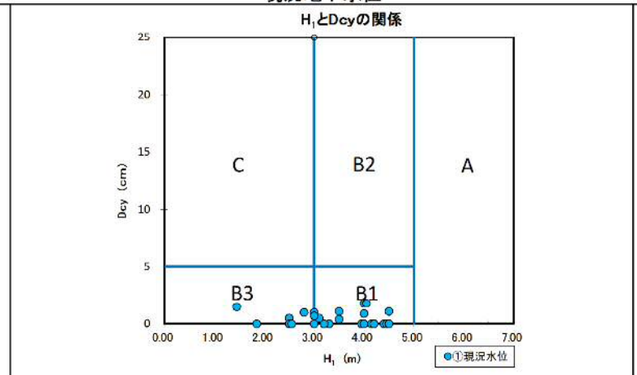
[地下水位タイプ]①現況地下水位、②地下水位低下工法(GL-2.50m)、③地下水位低下工法(GL-3.00m)

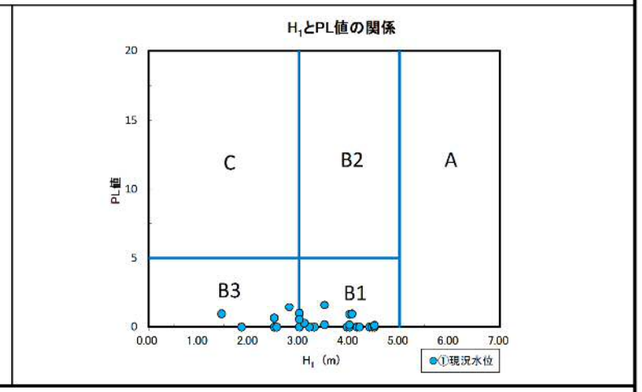
ただし、当初潮来市液状化検討委員会オールコアボーリング結果から、埋土(浚渫土)しか液状化していないことが明らかであるため、浚渫土のみを液状化対策層として検証した。

【潮来市日の出地区震災後(H24-NC-1～27地点)液状化相関図:M7.5 200gal(レベル1)】

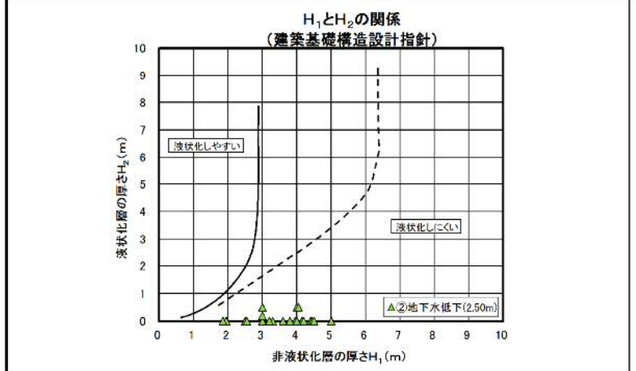
現況地下水位

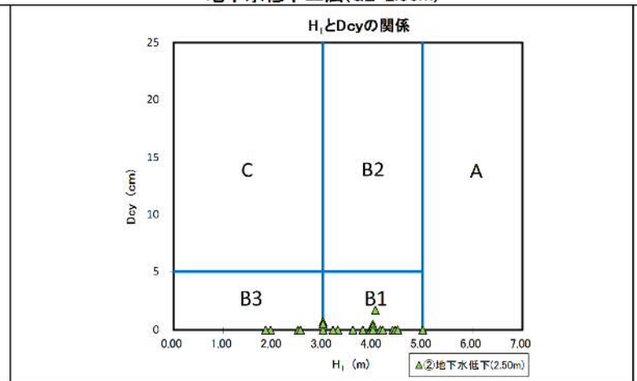


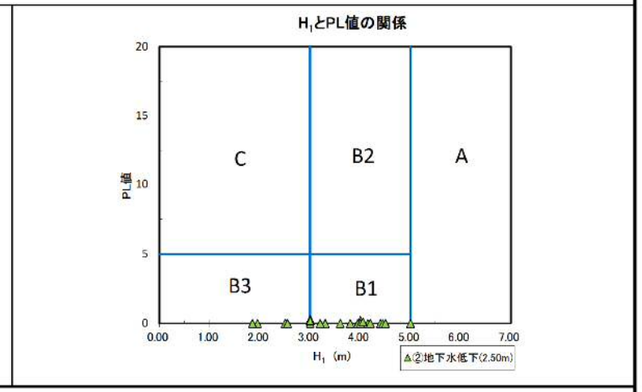




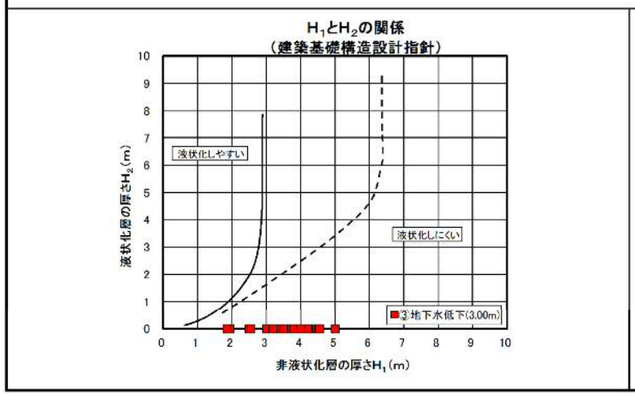
地下水低下工法(GL-2.50m)

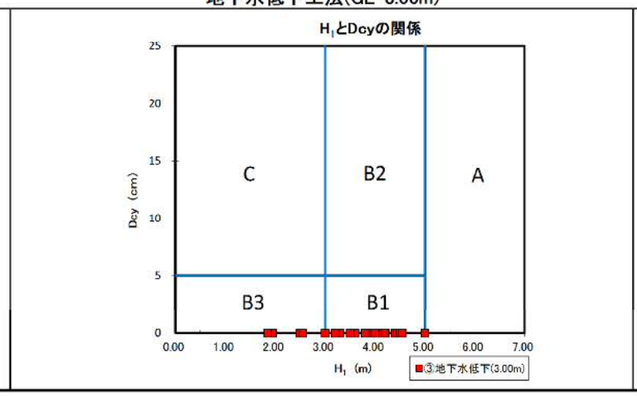


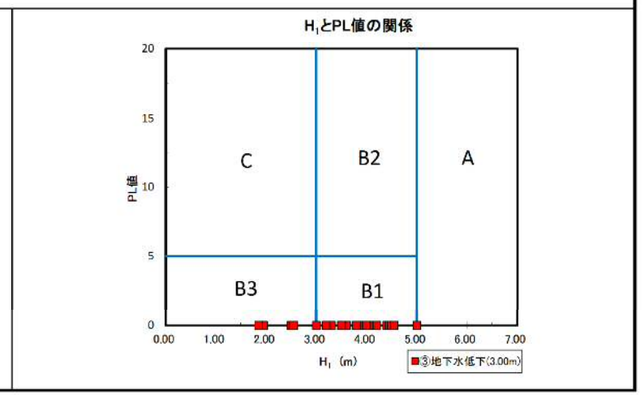




地下水低下工法(GL-3.00m)

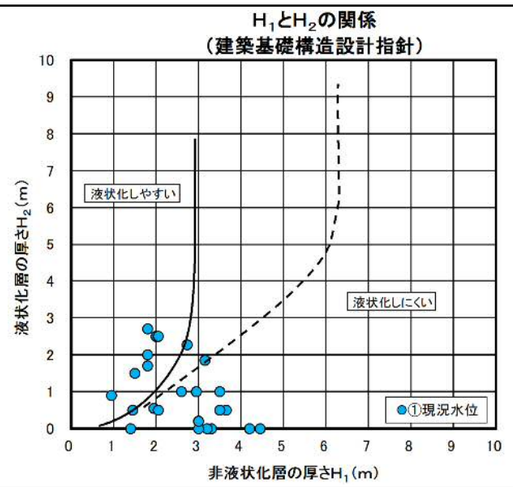


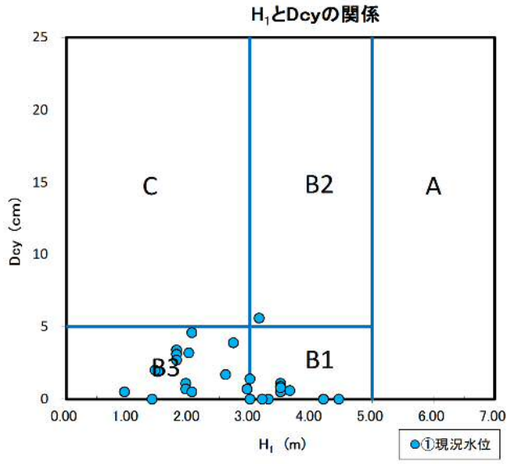


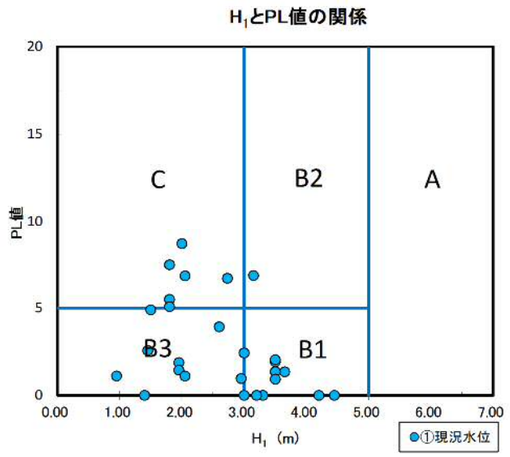


【潮来市日の出地区震災後(H24-NC-1～27地点)液状化相関図：M9.0　300gal(今時災害)】

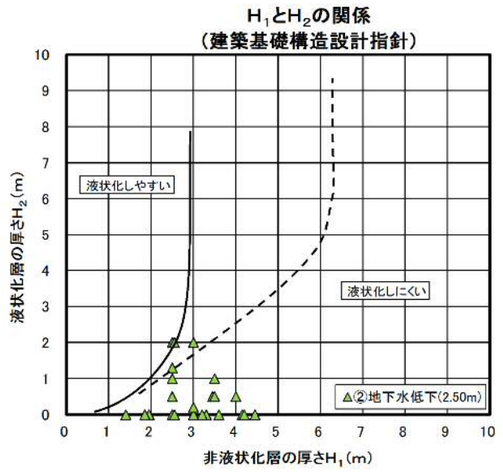
現況地下水位

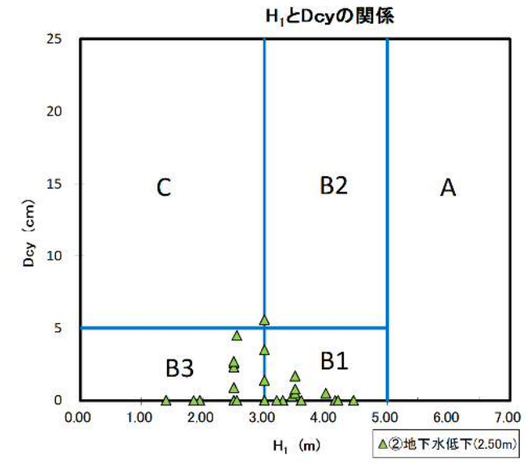


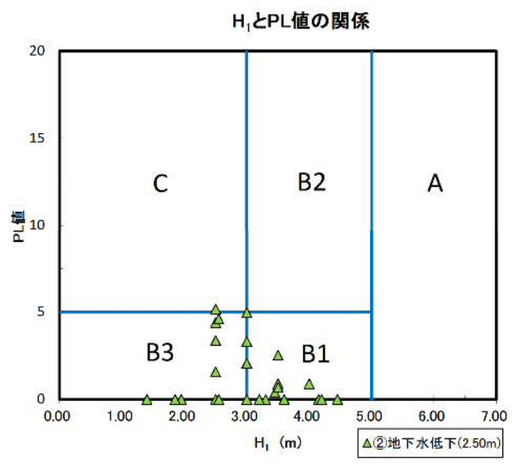




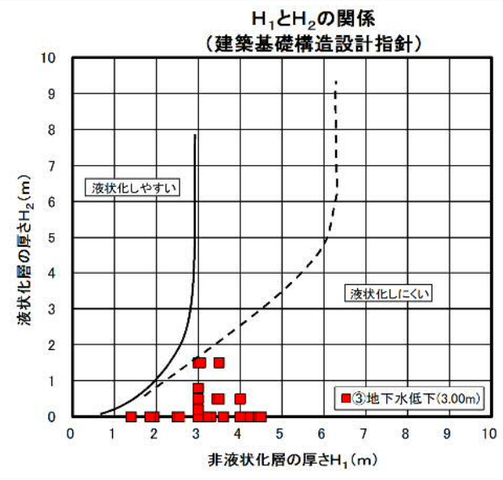
地下水低下工法(GL-2.50m)

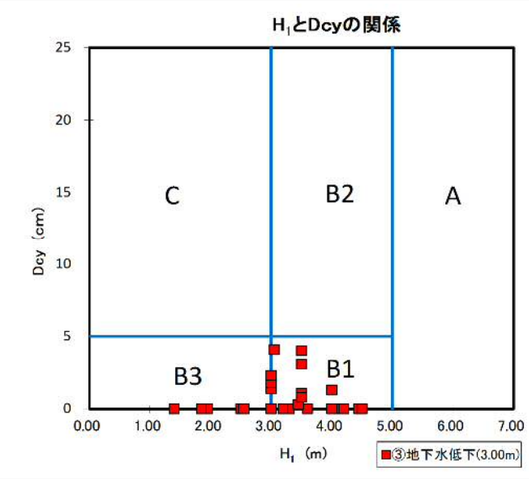


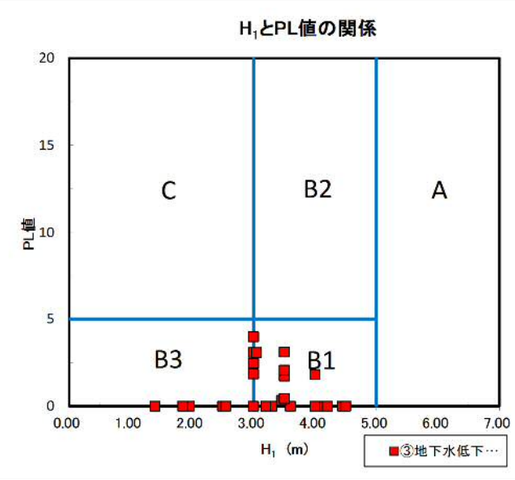




地下水低下工法(GL-3.00m)

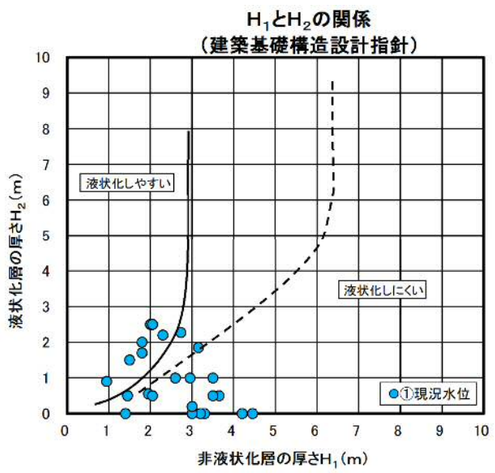


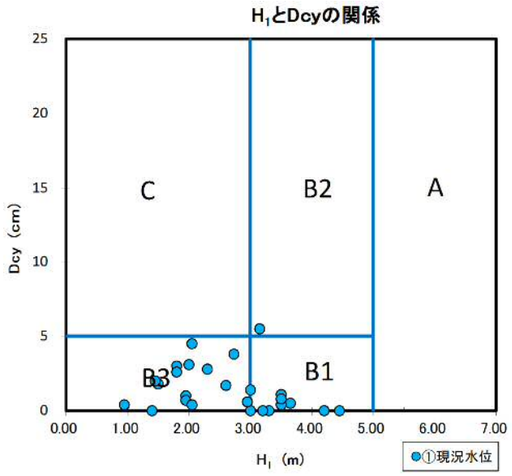


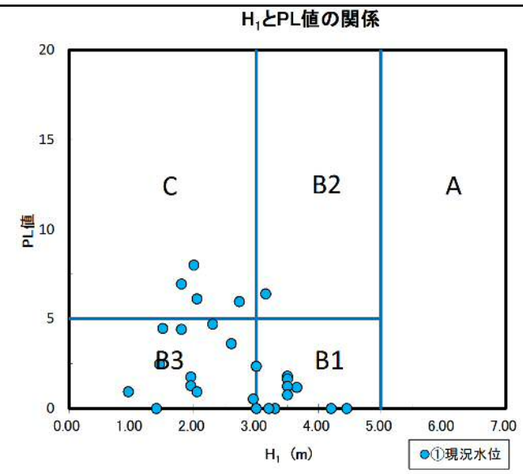


【潮来市日の出地区震災後(H24-NC-1～27地点)液状化相関図:M7.5　350gal(直下型地震)】

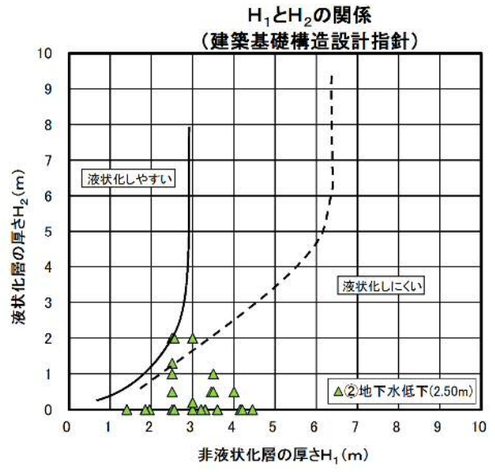
現況地下水位

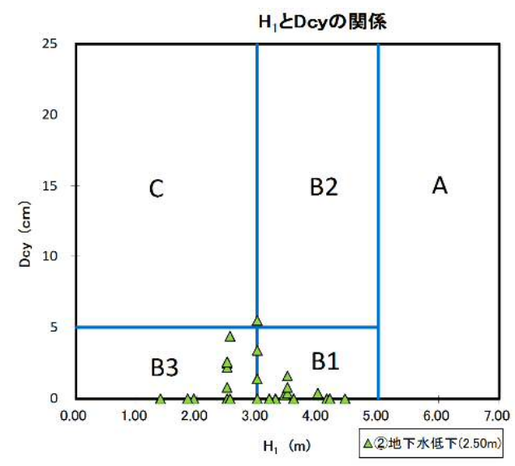


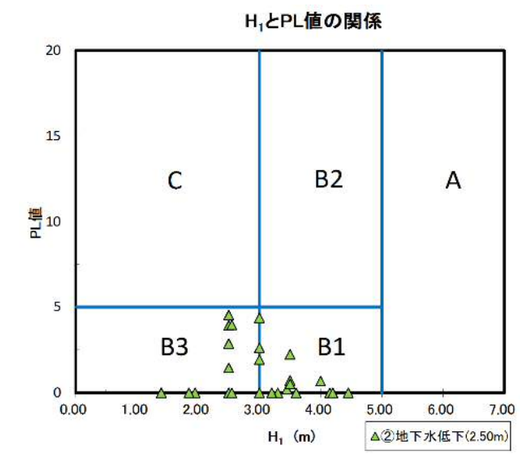




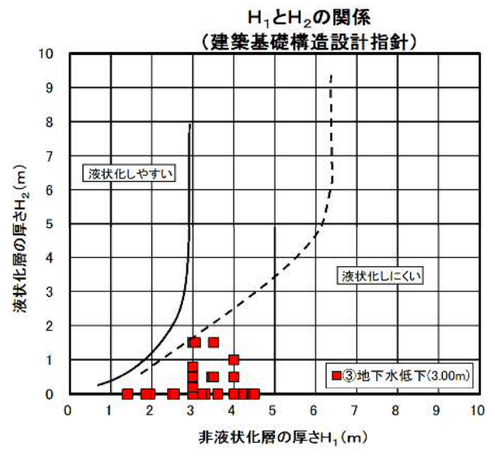
地下水低下工法(GL-2.50m)

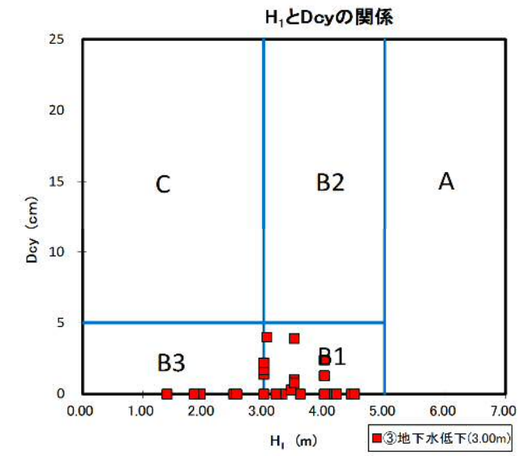


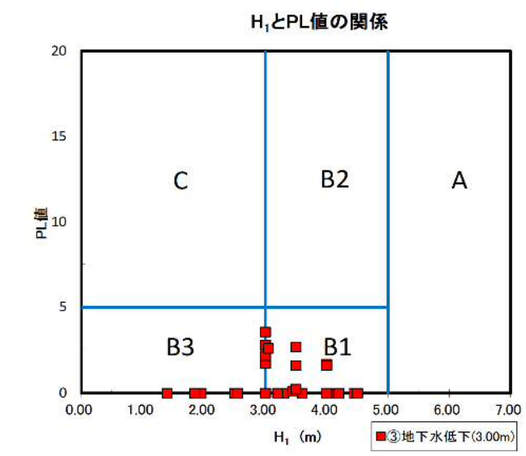




地下水低下工法(GL-3.00m)

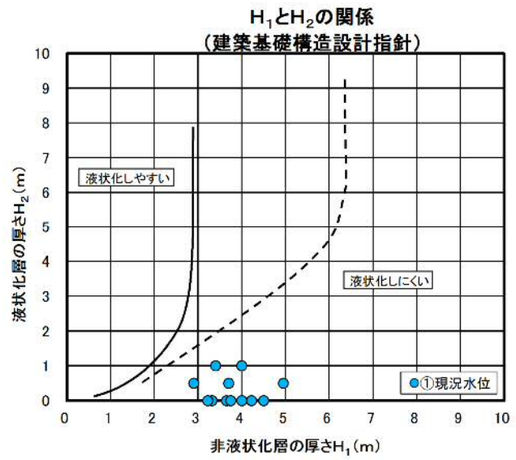


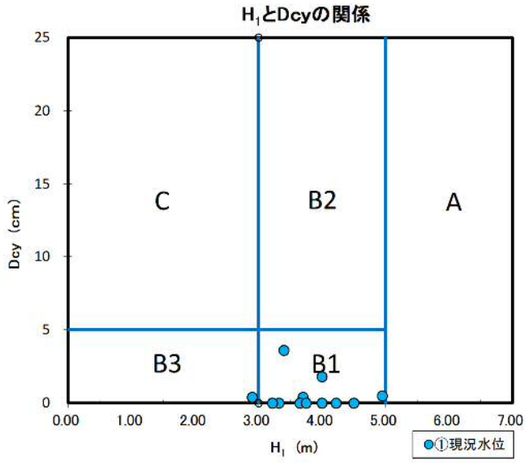


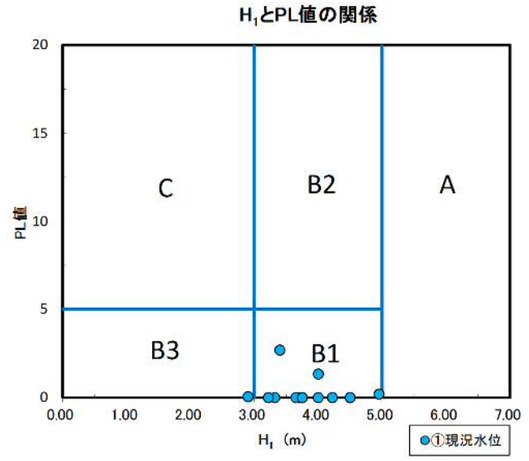


【潮来市日の出地区震災後(H28-No.1～12地点)液状化相関図：M7.5　200gal(レベル1)】

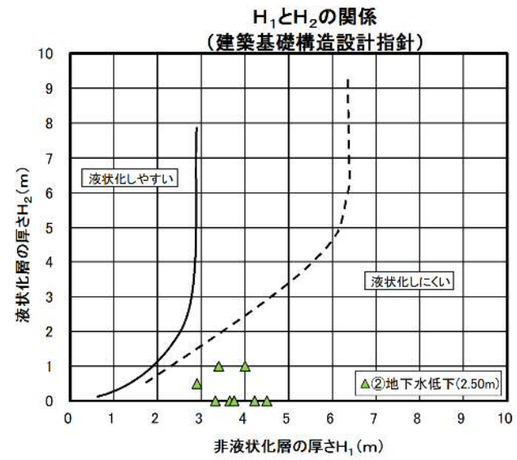
現況地下水位

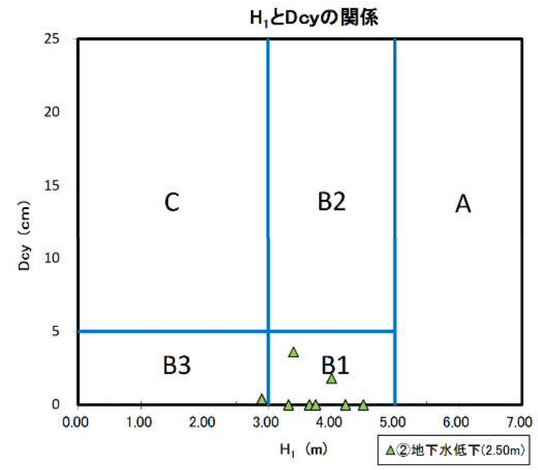


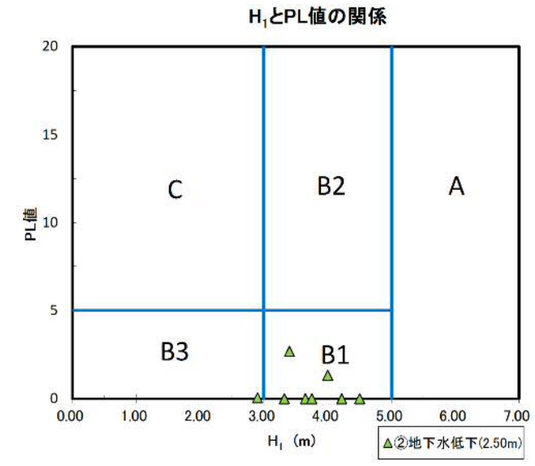




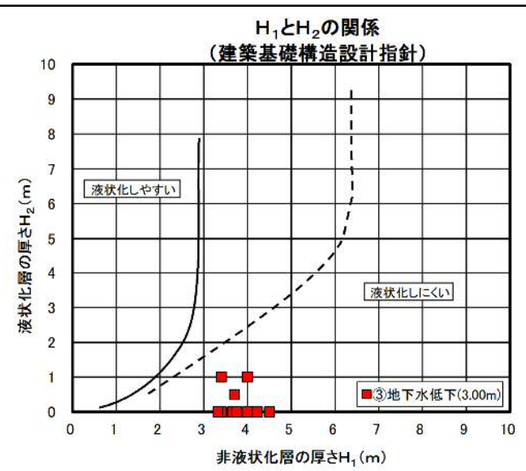
地下水低下工法(GL-2.50m)

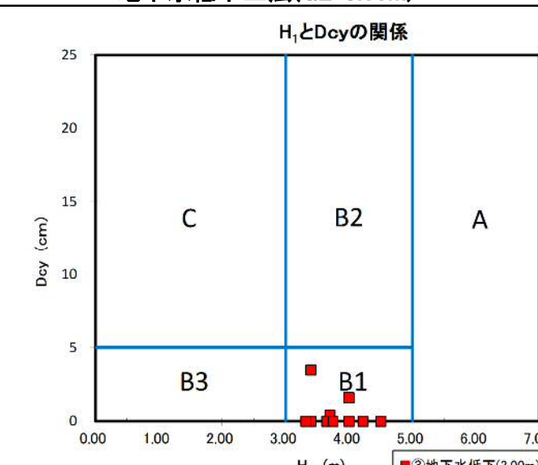


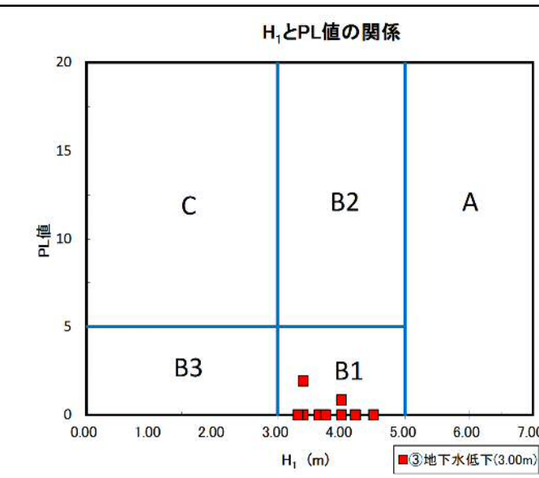




地下水低下工法(GL-3.00m)

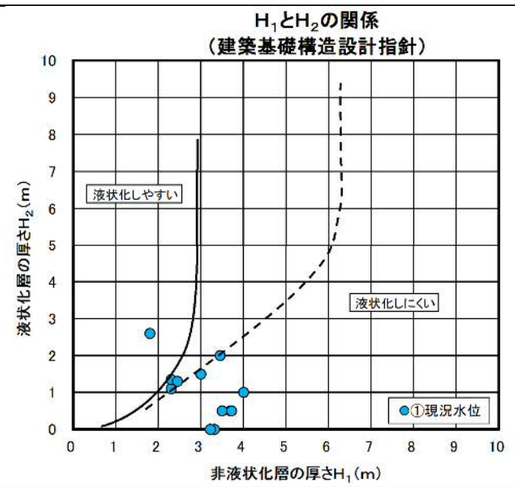


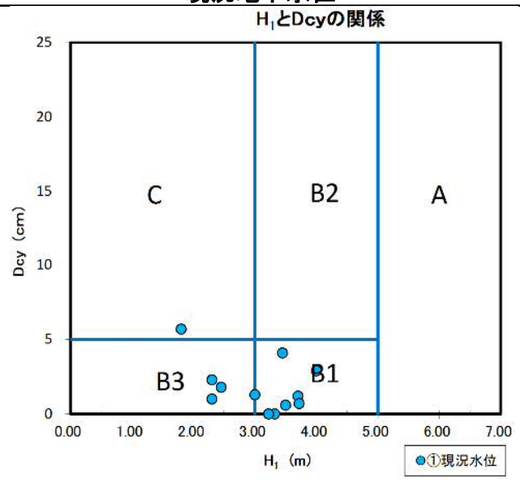


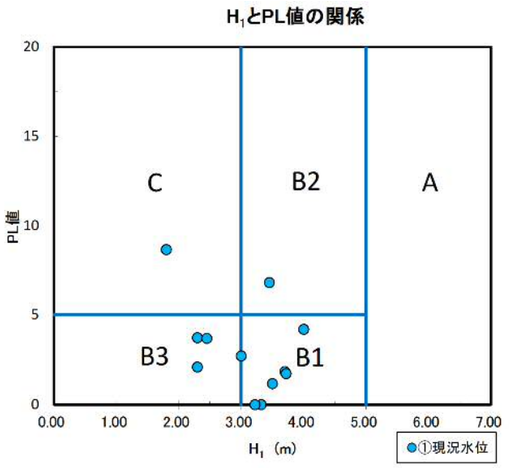


【潮来市日の出地区震災後(H28-No.1～12地点)液状化相関図：M9.0　300gal(今時災害)】

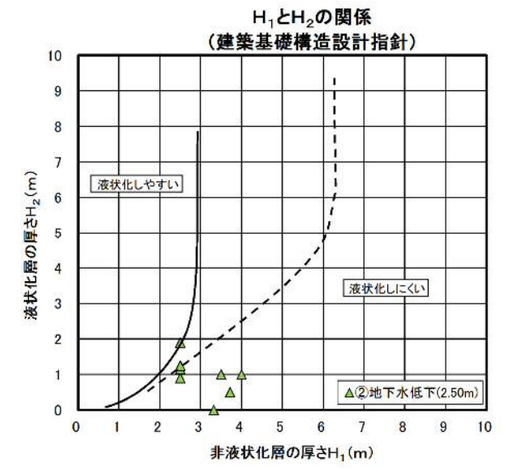
現況地下水位

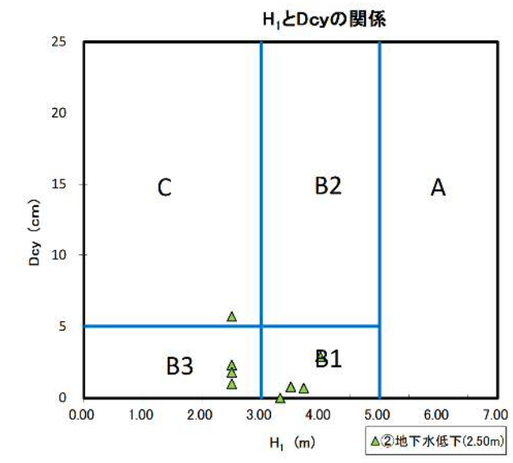


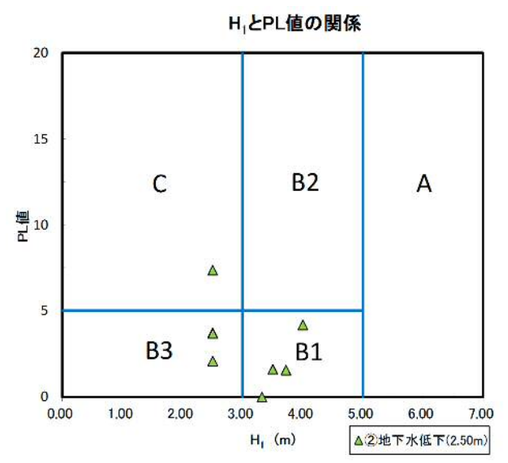




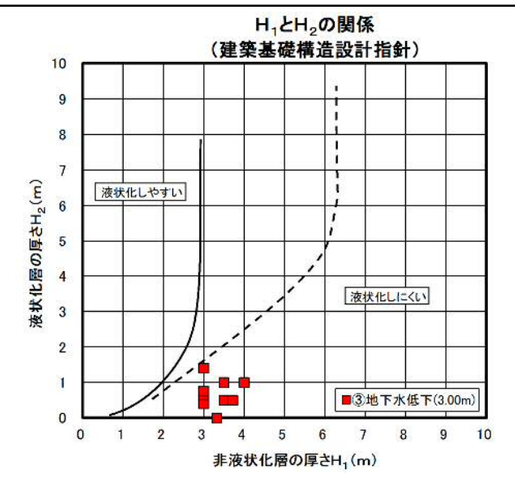
地下水低下工法(GL-2.50m)

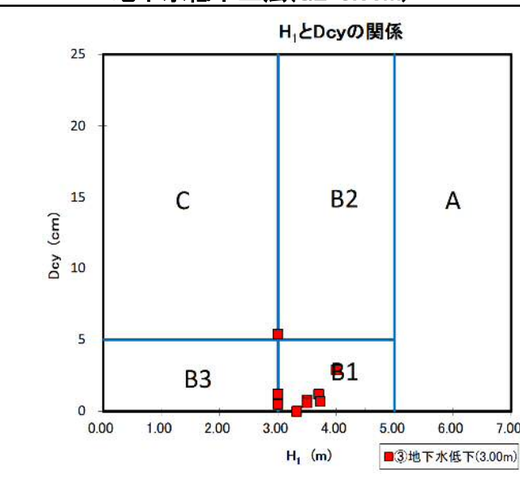


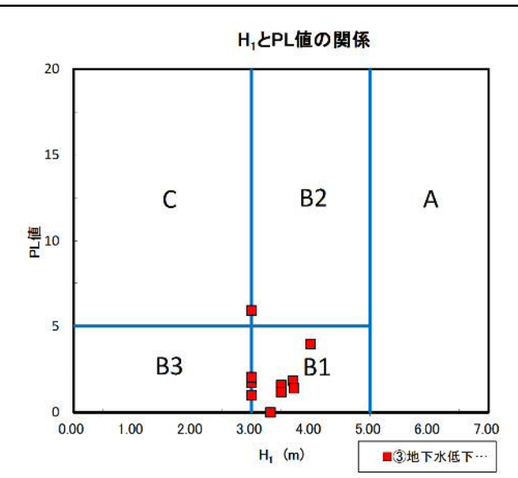




地下水低下工法(GL-3.00m)

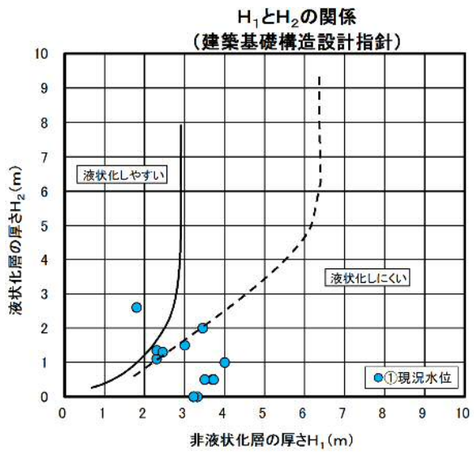


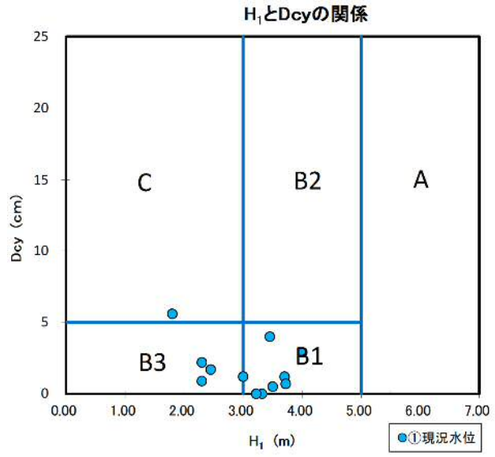


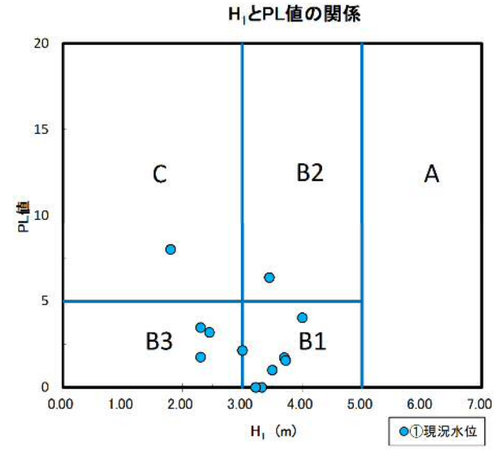


【潮来市日の出地区震災後(H28-No.1～12地点)液状化相関図：M7.5　350gal(直下型地震)】

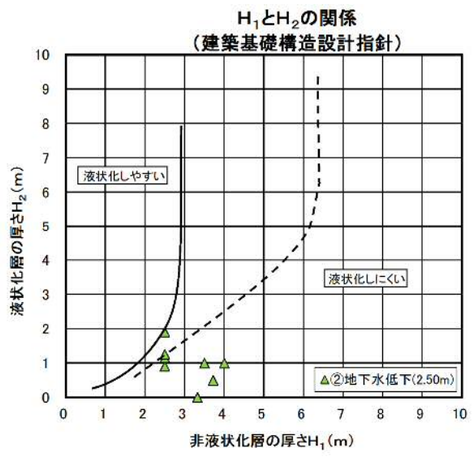
現況地下水位

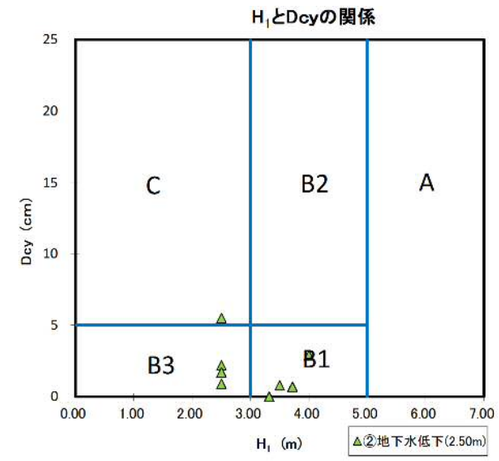


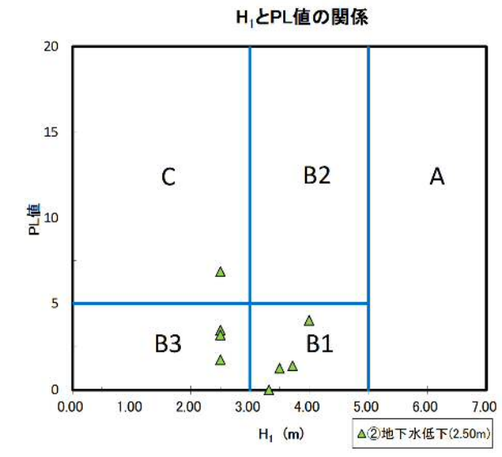




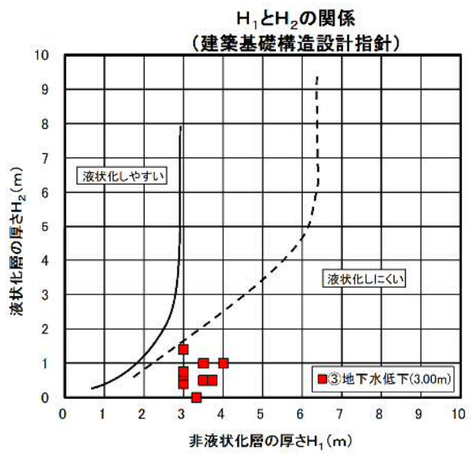
地下水低下工法(GL-2.50m)

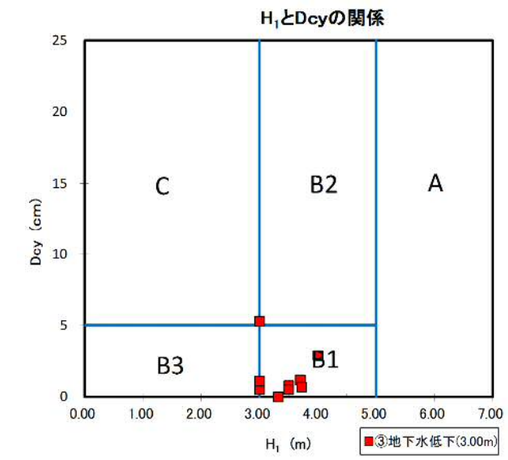


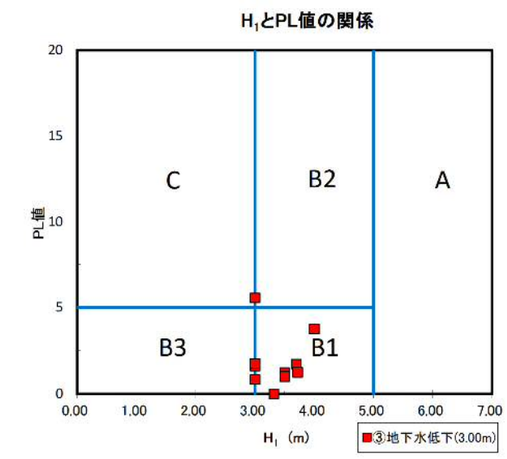




地下水低下工法(GL-3.00m)







4.地下水位低下方法について

4-1.段階的地下水位低下の手法

（1） 基本方針

液状化対策（地下水位低下工法）工事が完了した潮来市日の出地区において、国土交通省のガイダンスに従い徐々に地下水位を低下させ圧密沈下を少なくするための手法・手順・工程を提案することを基本方針とする。

（2） 現況条件

①.日の出地区の液状化対策区域は、7 箇所のポンプ排水処理による対策区域と 1 箇所の自然流下による対策区域に分かれている。

②.地下水の排水先は、地区内の調整池からボックスカルバート水路により常陸利根川及びその枝河川に流末のポンプ施設から放流されている。

③.現状の地下水位は、地区 19 箇所の調査地点において、平成 27 年 10 月 26 日から 5 ヶ月間以上調査しており、対策工事前の地下水位が地上高さより 1.0mであったが、現在はそれよりも低下している。地下水位の等高線図を見る限り地区の北側及び南西側が下がっており地区の南東および東側の水位は比較的高い。

（3） 地質条件

対策地区には、沖積層の粘土層が地上 1.0mから 10mの厚さですり鉢上に分布している。
また、ひょうたん池周辺の埋土部に分布が不明確な粘土層が厚さ 1m程度確認されている。

（4） 段階的地下水位低下の手法

段階的に地下水位を低下させるため各地下水排水流域の最流末のマンホールポンプの排水量を調整することにより地下水位を調整する。

以下に施工順序を示す。

①.現況地下水位の状況から粘土層が分布していて地下水位も比較的下がっている地区中央部及び西南部は圧密沈下の可能性が大きいことから後に抜くこととし、地区の北西側及び東側の流域から地下水を抜く。

②.P1、P5、P6、P7 流域を先行して地下水を抜く。（試験モニタリング期間とする。）

③.P1.5.6.7 の地下水位を確認しながら、各流域の圧密沈下の状況を把握する。

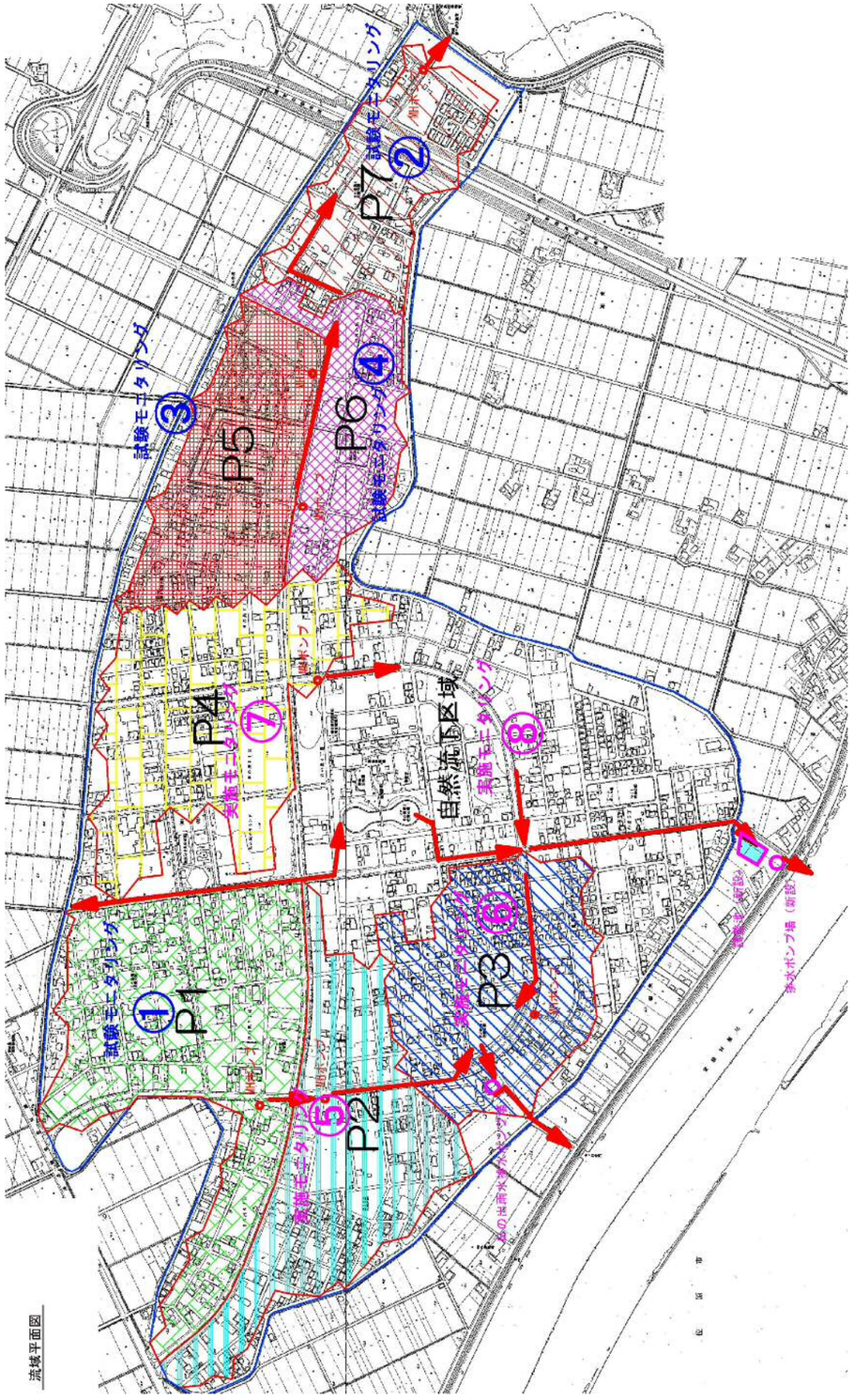
④.P1.5.6.7 の地下水位が目標の地下水位まで下がったことを確認後に P2.3.4 自然流下区域の地下水を徐々に抜く。（実施モニタリング期間とする。）

⑤全体流域の沈下量を観測しながら、P1.2.3.4.5.6.7.自然流下区域の地下水位を所定の地下水位まで抜く。

（実施モニタリング期間とする。）

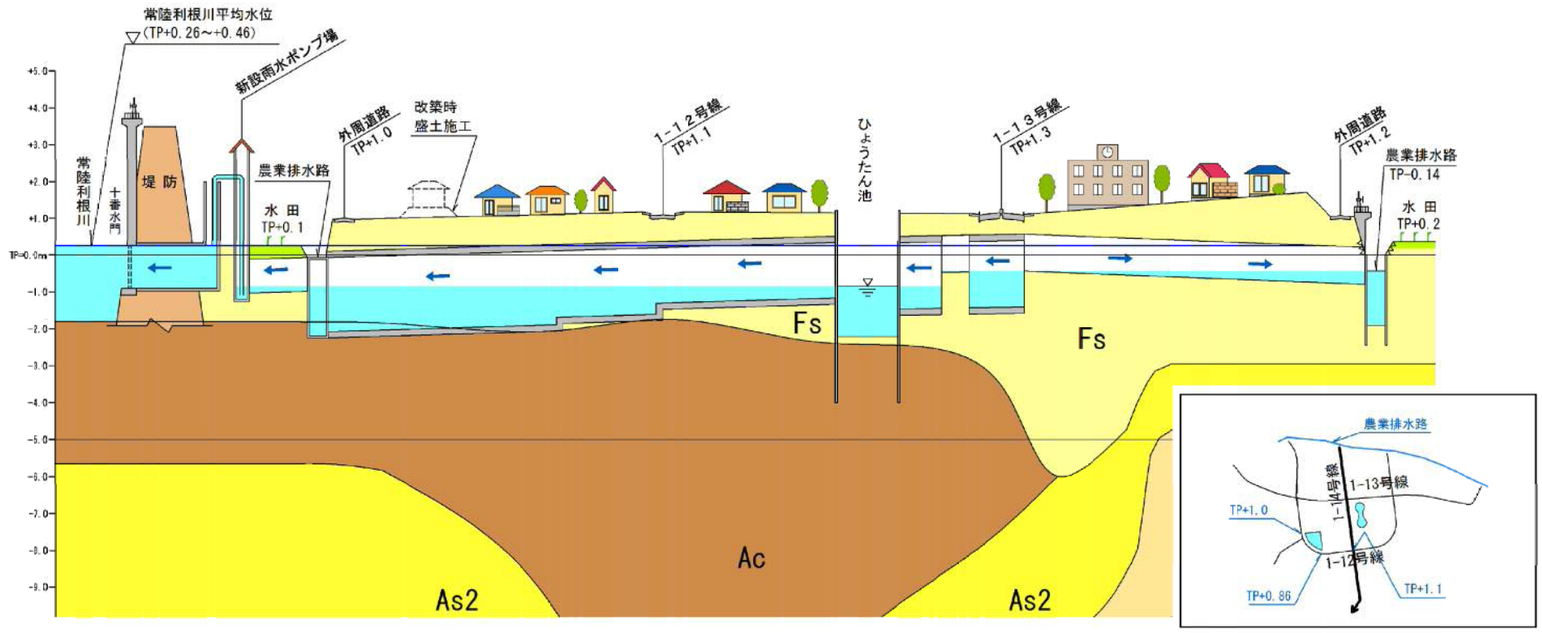
⑥全体の流域の地下水位が所定の地下水位まで下がったこと及び沈下量を確認し対策終了。

現況条件図



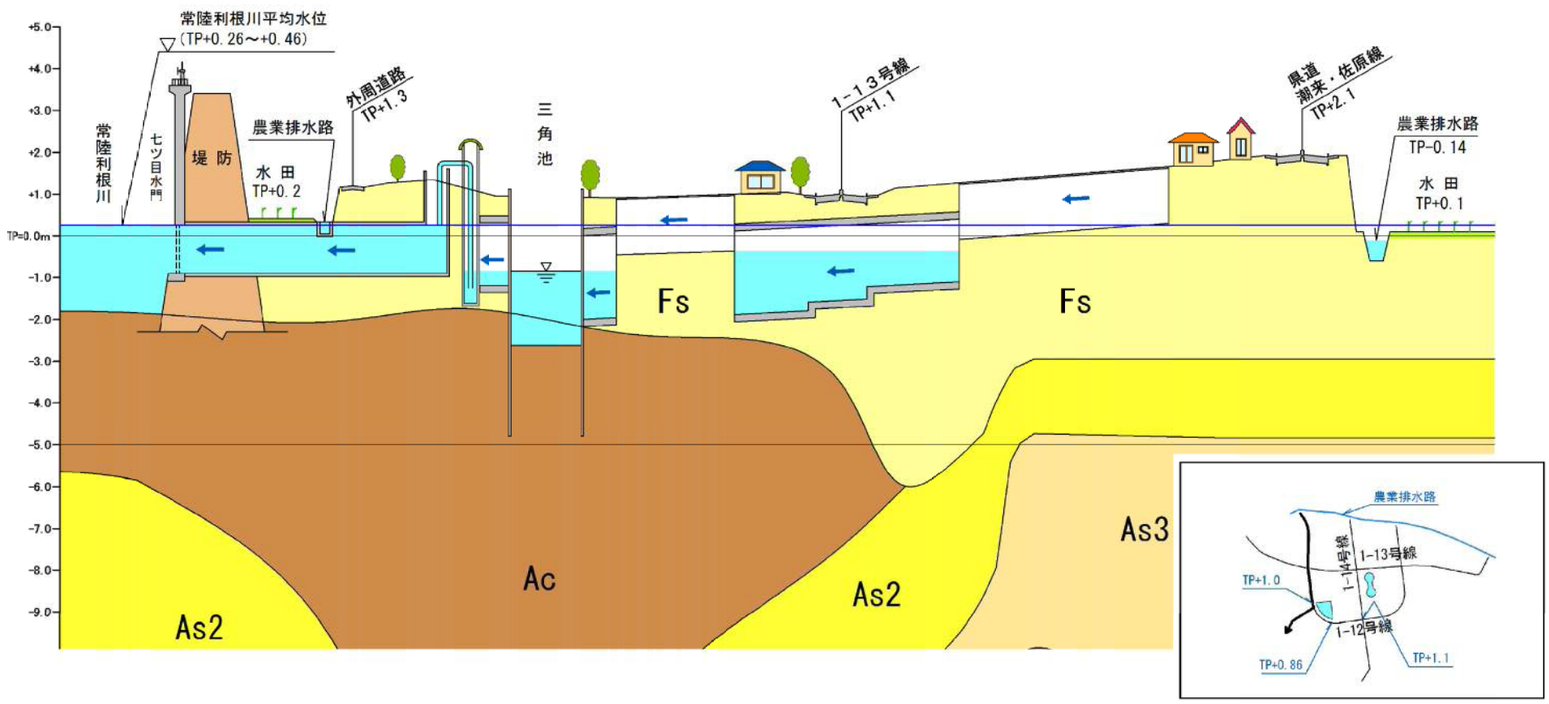
潮来市日の出地区の液状化対策（みずみちネットワーク）

【１－１４号線縦断方向断面図】



潮来市日の出地区の液状化対策（みずみちネットワーク）

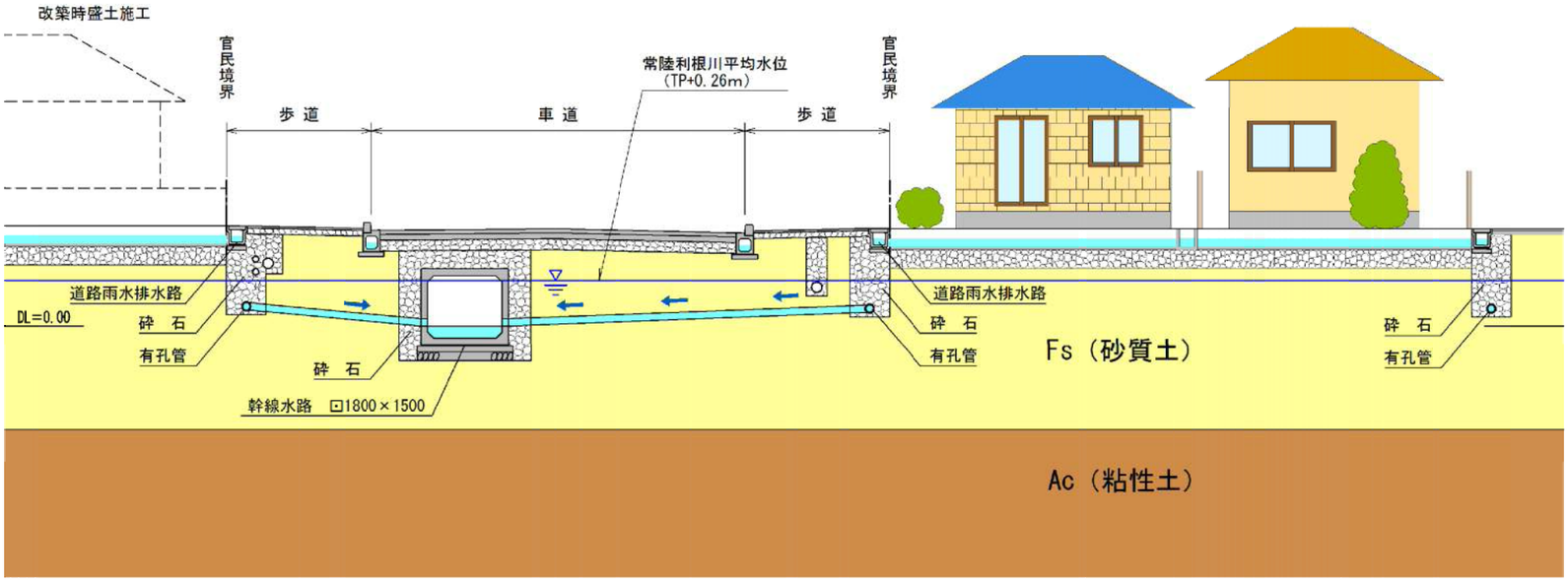
【１－１２号線縦断方向断面図（県道～三角池）】



潮来市液状化対策検討委員会資料

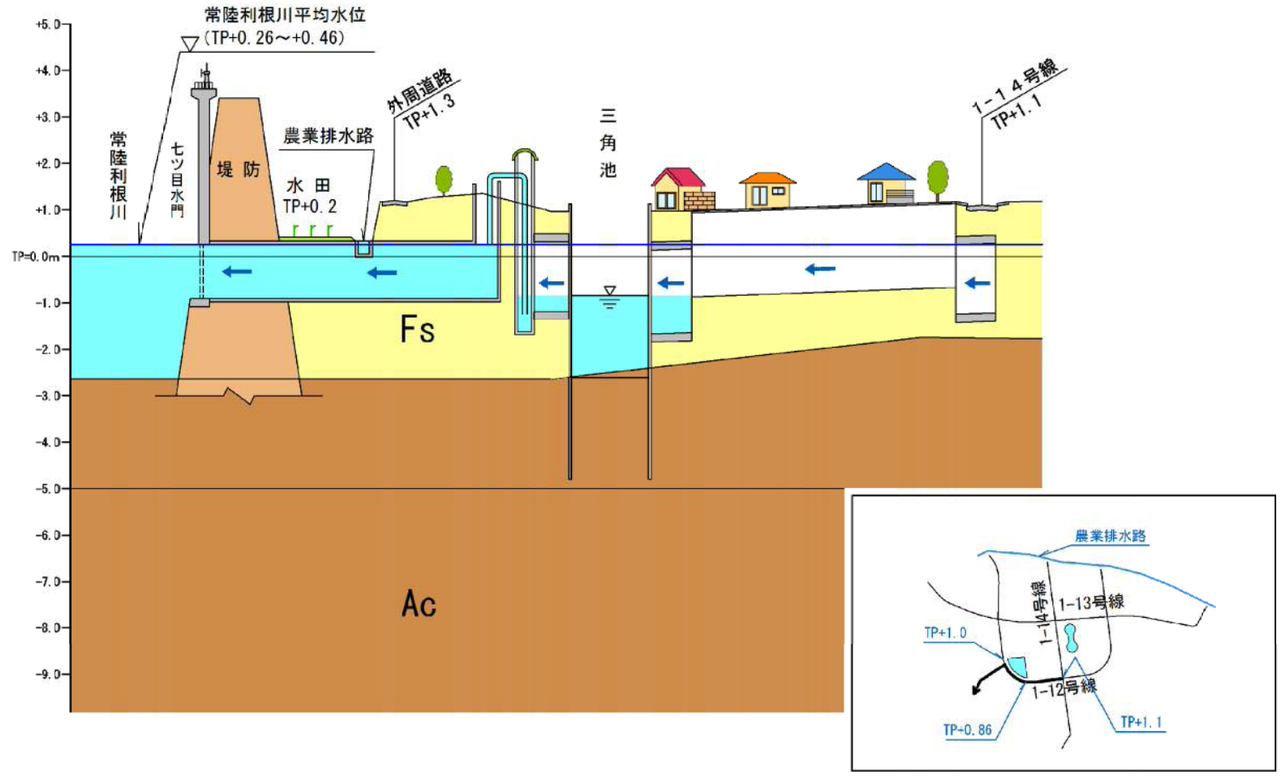
潮来市日の出地区の液状化対策（みずみちネットワーク）

【道路断面方向イメージ図】



潮来市日の出地区の液状化対策（みずみちネットワーク）

【１－１２号線縦断方向断面図（１－１４号線～三角池）】

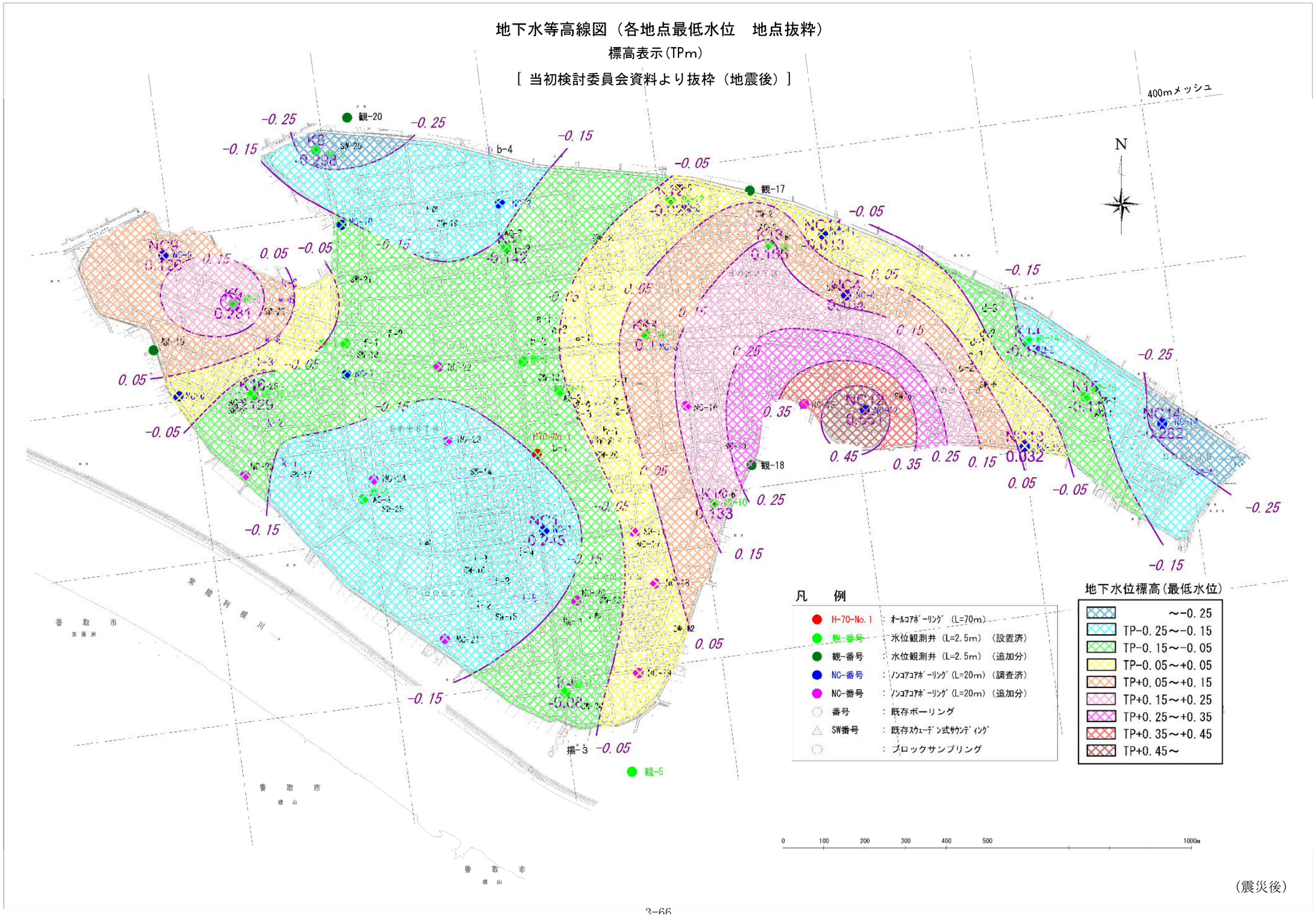


潮来市液状化対策検討委員会資料

地下水等高線図（各地点最低水位　地点抜粋）

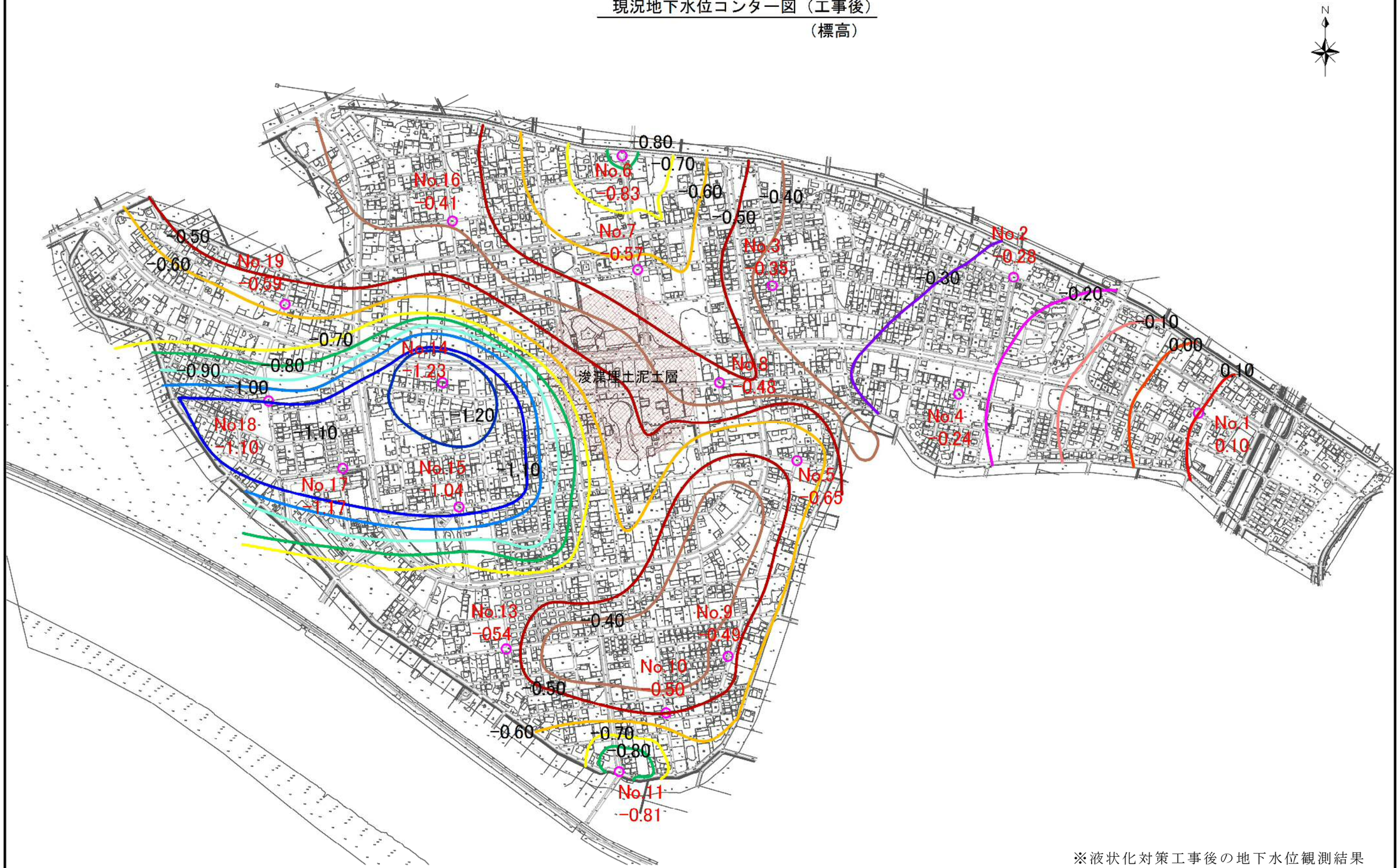
標高表示(TPm)

[当初検討委員会資料より抜粋（地震後）]



（震災後）

現況地下水位コンター図（工事後）
（標高）

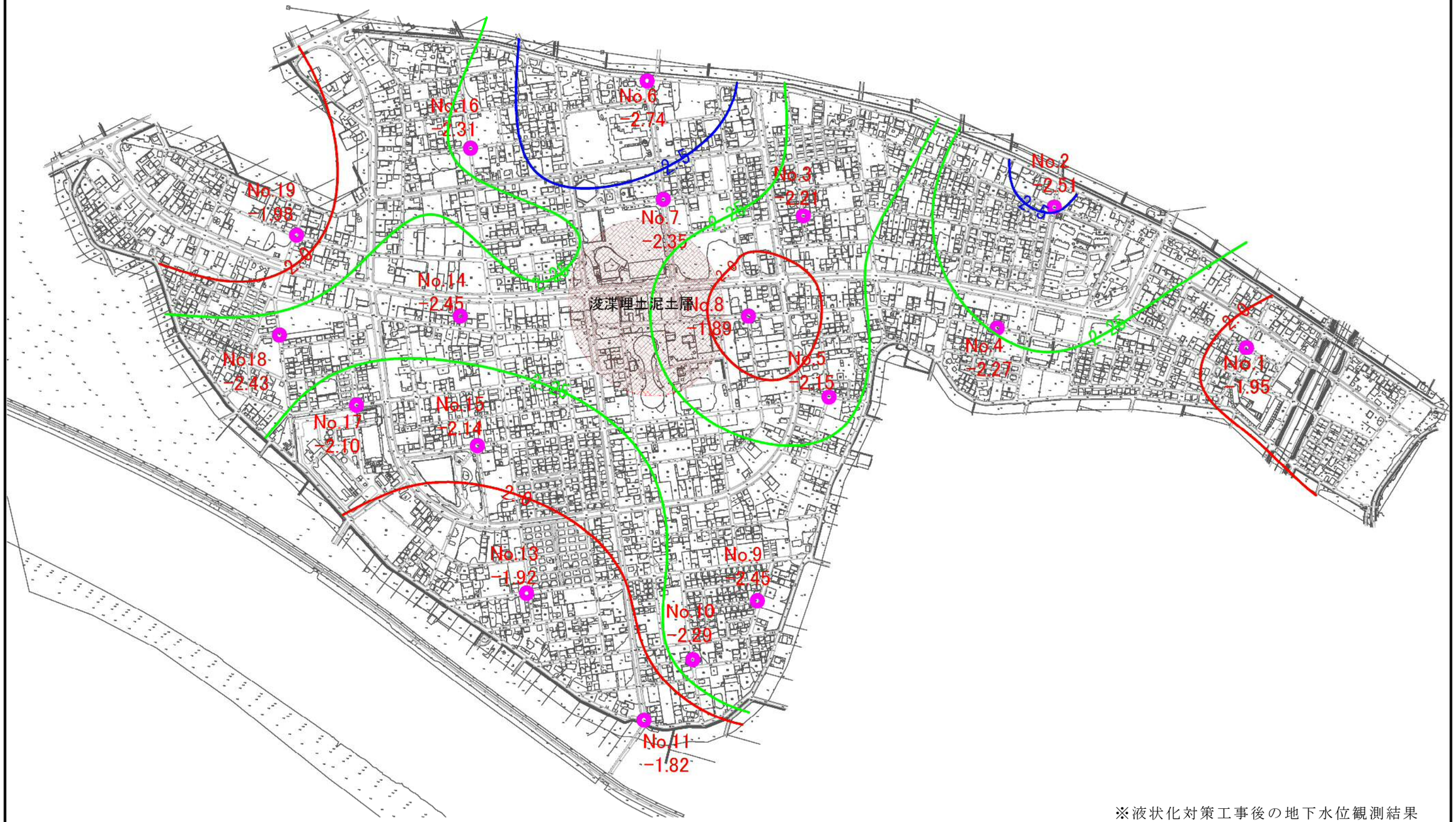


※液状化対策工事後の地下水位観測結果
（平成 27 年 10 月～平成 28 年 3 月）参照

工事後　地下水位等高線図（標高）

現況地下水位コンター図

（ＧＬからの深さ）



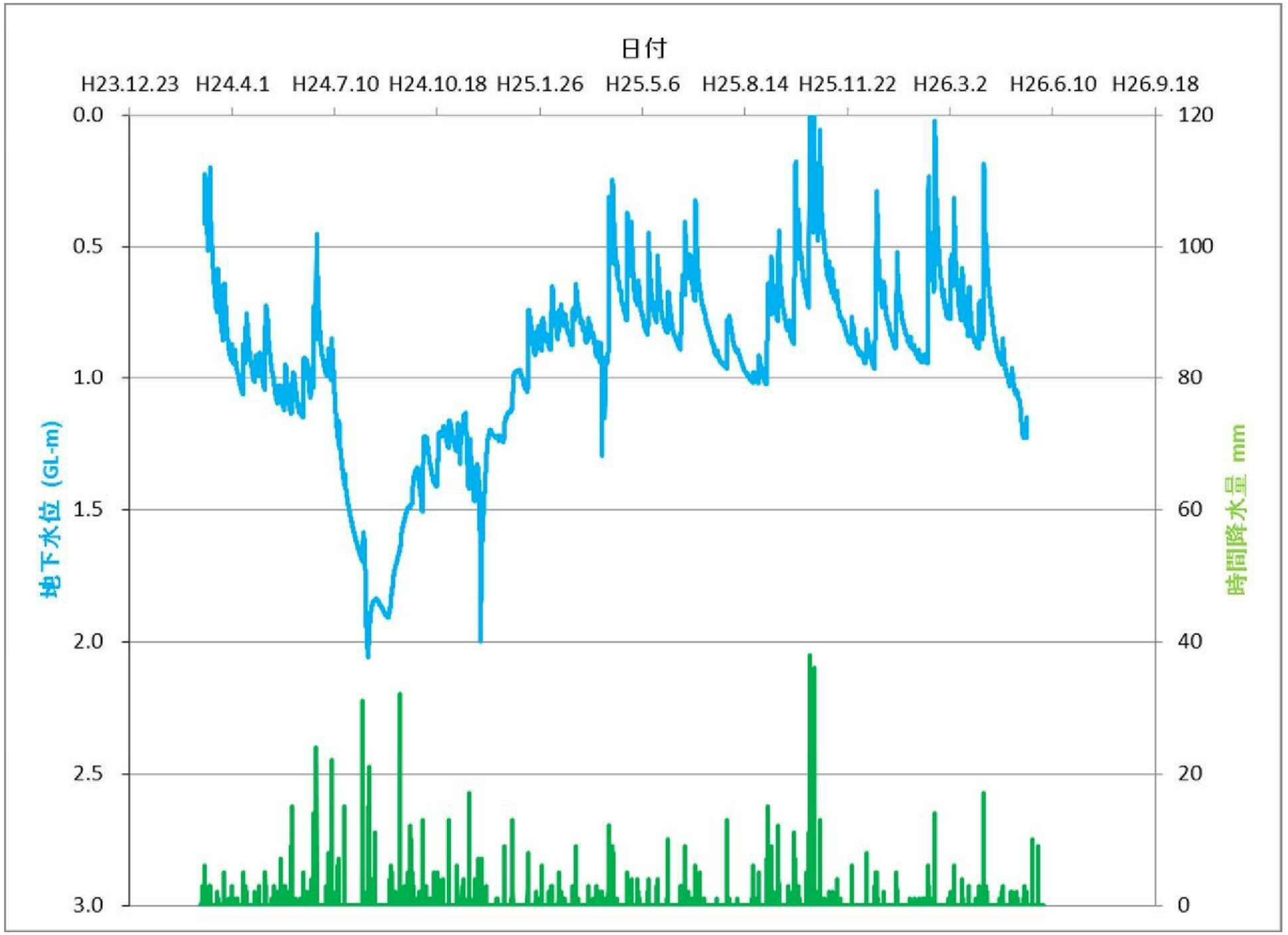
※液状化対策工事後の地下水位観測結果
（平成 27 年 10 月～平成 28 年 3 月）参照

工事後　地下水位等高線図（ＧＬからの深さ）

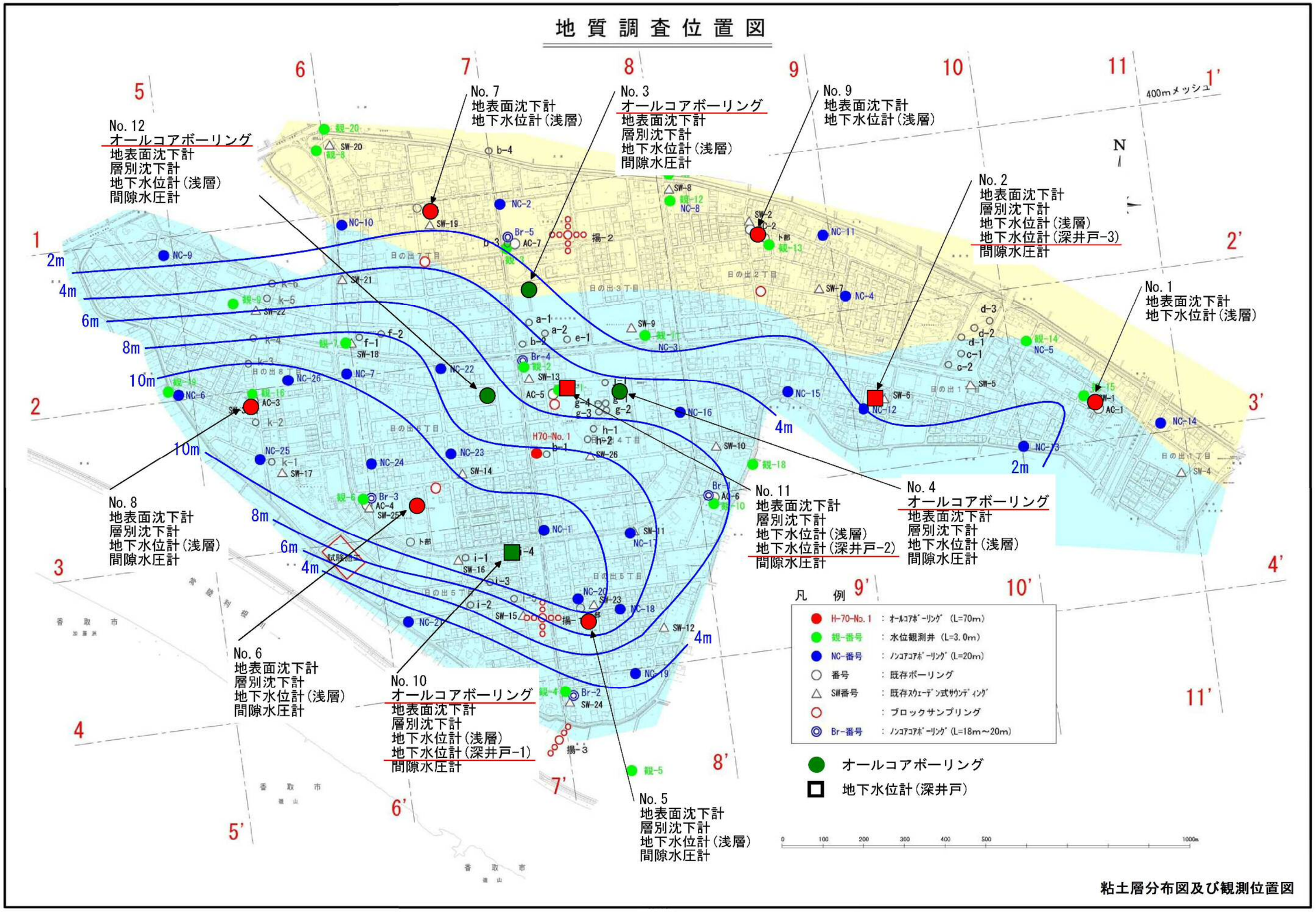
観測期間：H24.3.5～H26.5.20

観測場所：潮来市日の出４丁目 10

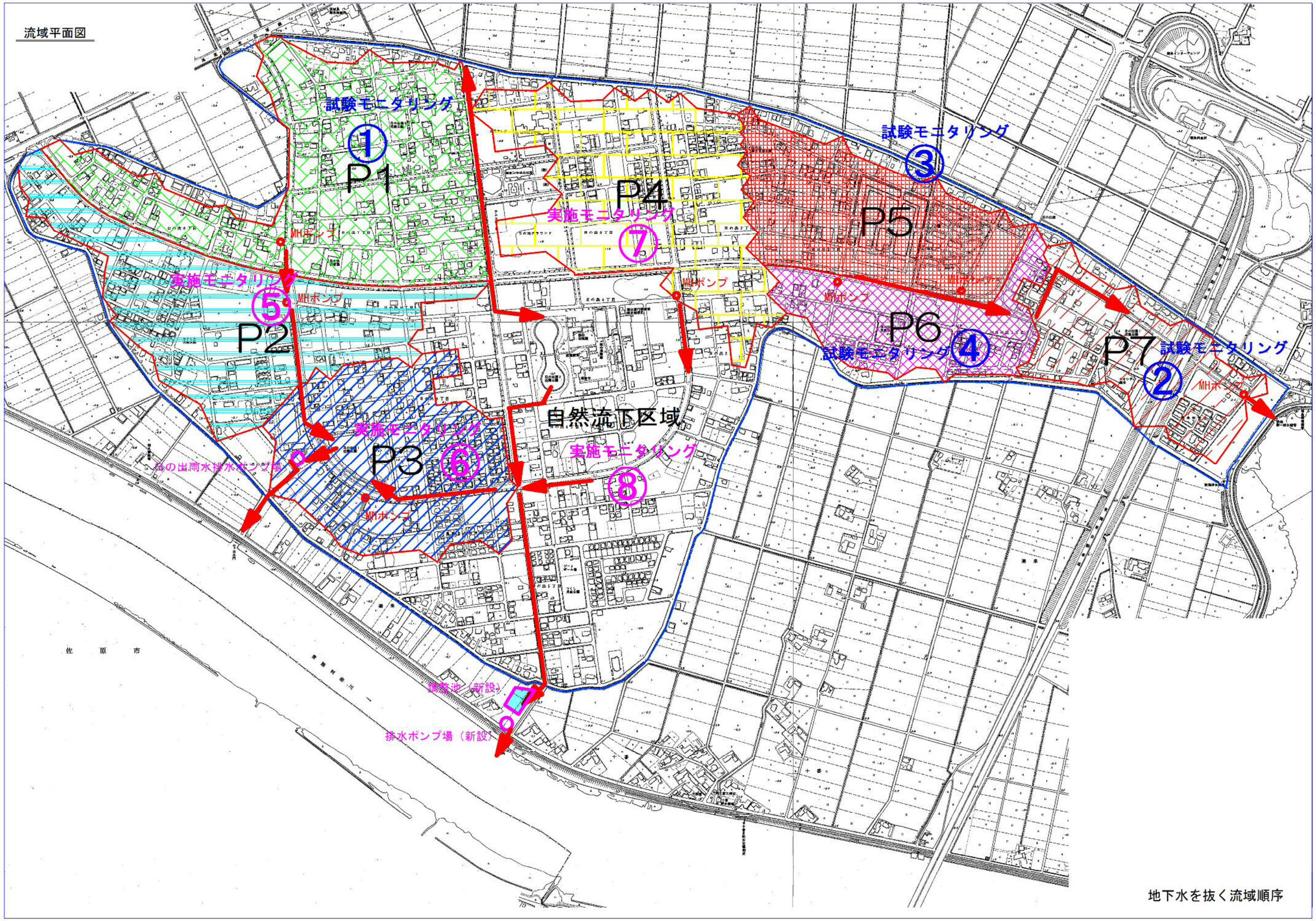
降雨データ：潮来市潮来 3510(霞ヶ浦河川事務所)

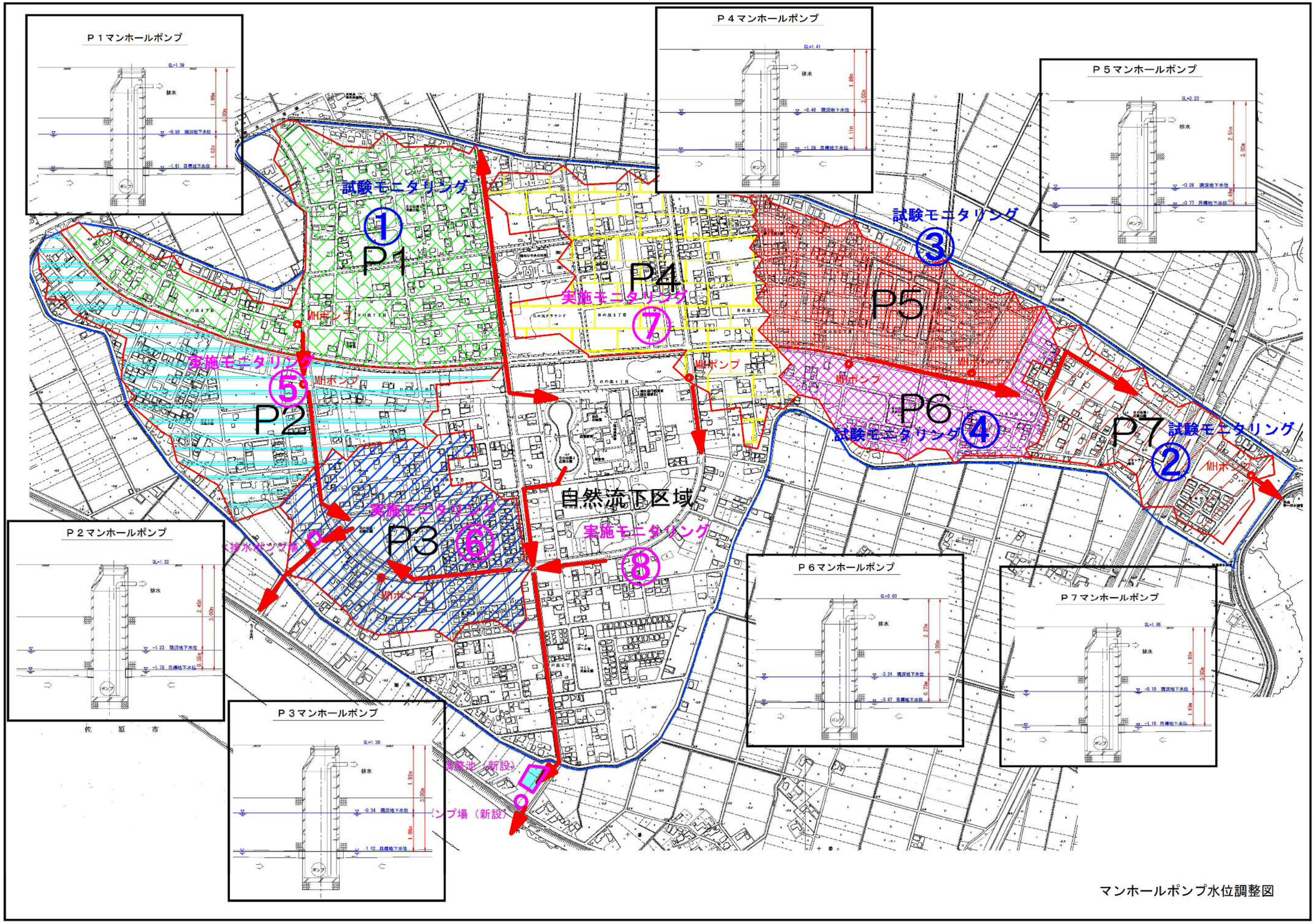


地 質 調 査 位 置 図



粘土層分布図及び観測位置図

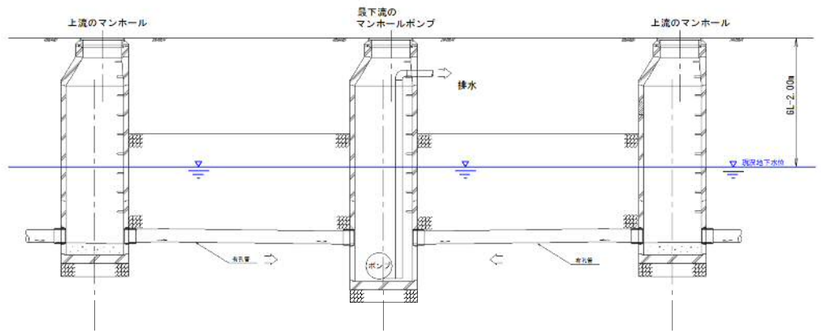

流域平面図
試験モニタリング
①
P1
P2
P3
P4
P5
P6
P7
実施モニタリング
⑤
⑥
⑦
⑧
③
④
②
MHポンプ
自然流下区域
排水ポンプ場（新設）
地下水を抜く流域順序


Ｐ１マンホールポンプ
Ｐ４マンホールポンプ
Ｐ５マンホールポンプ
Ｐ２マンホールポンプ
Ｐ３マンホールポンプ
Ｐ６マンホールポンプ
Ｐ７マンホールポンプ
試験モニタリング
①
P1
実施モニタリング
⑦
P4
試験モニタリング
③
P5
MHポンプ
実施モニタリング
⑤
MHポンプ
P2
P6
試験モニタリング
④
試験モニタリング
②
P7
MHポンプ
自然流下区域
実施モニタリング
P3
⑥
実施モニタリング
⑧
MHポンプ
排水ポンプ場
調整池（新設）
ポンプ場（新設）
佐　原　市
マンホールポンプ水位調整図

段階的地下水位低下イメージ図（1）

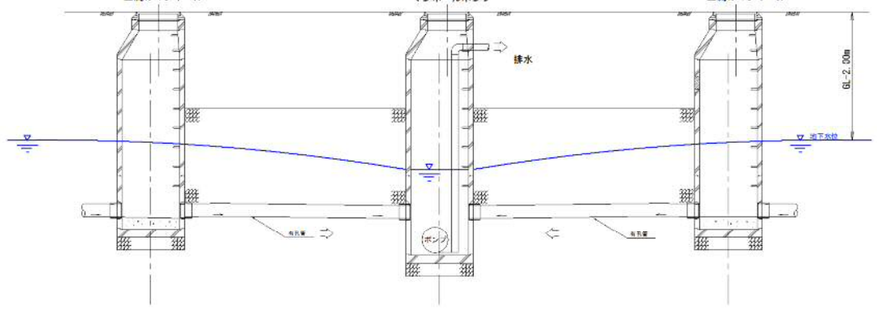
流末ﾏﾝﾎｰﾙﾎﾟﾝﾌﾟで調整する場合

①現況状況



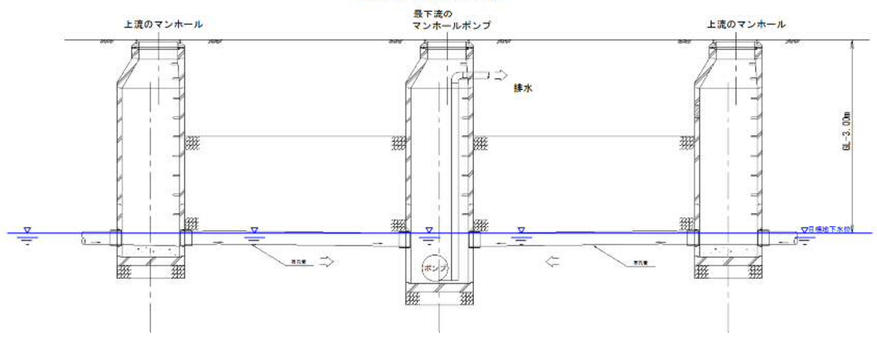
②ﾏﾝﾎｰﾙﾎﾟﾝﾌﾟ作動

※ﾏﾝﾎｰﾙﾎﾟﾝﾌﾟを作動させて周辺の地下水位を確認しながら
ﾏﾝﾎｰﾙﾎﾟﾝﾌﾟ内のHWLとLWLを調整し排水する。



③目標の地下水位達成

※ﾏﾝﾎｰﾙﾎﾟﾝﾌﾟ内のHWLとLWLを調整し周辺の地下水位を確認しながら
目標の地下水位まで下げる。



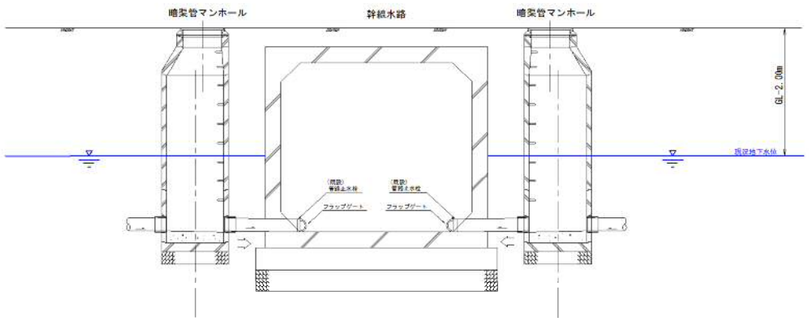
段階的地下水位低下イメージ図（1）

段階的地下水位低下イメージ図（2）

（第１段階）
管路止水栓で調整する場合

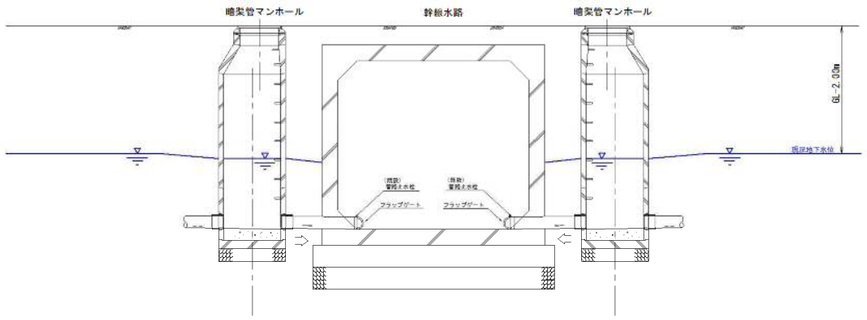
①現況状況

※ボックス水路に流入している管に管路止水全が設置されており
地下水が水路に流入しない処置を取られている。



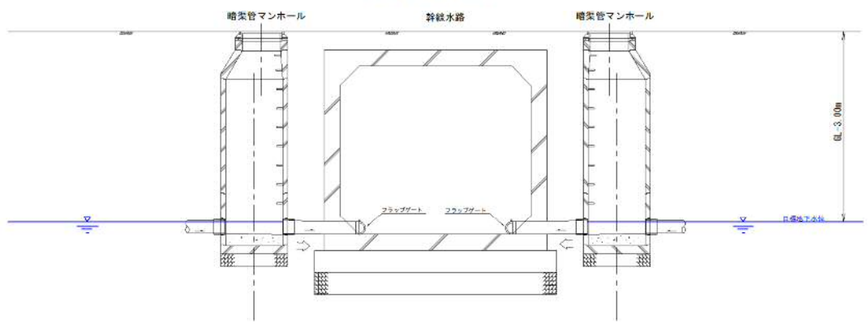
②既設の管路止水栓を緩める

※既設の管路止水栓を緩めることにより
除々に水路側にﾏﾝﾎｰﾙ内の水を排水する。
周辺の地下水位を確認しながら上記作業を繰り返す。



③目標の地下水位達成

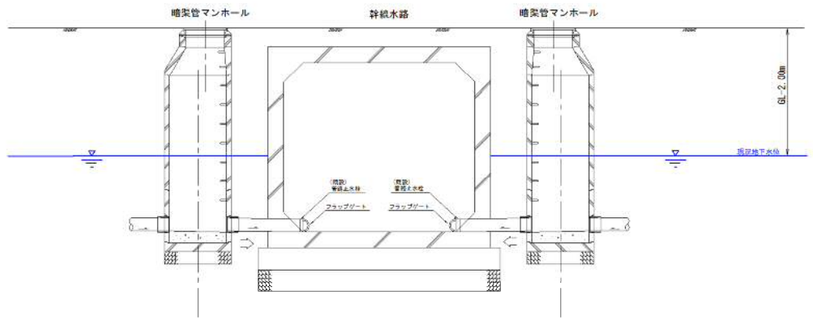
※2の作業を繰り返し周辺の地下水位を確認しながら
目標の地下水位まで下げる。



（第２段階）第1段階の操作で水位低下が思わしくない場合
調整プラグで調整する場合

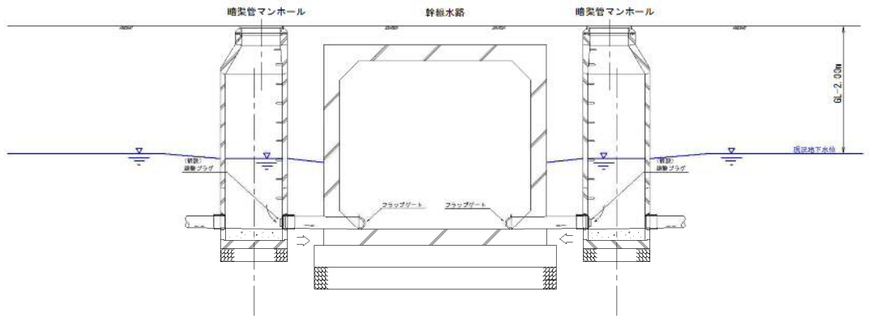
①現況状況

※ボックス水路に流入している管に管路止水栓が設置されており
地下水が水路に流入しない処置を取られている。



②水路手前のﾏﾝﾎｰﾙ下流側に調整プラグ設置

※水路手前のﾏﾝﾎｰﾙ下流側に調整プラグを設置しボックス水路側の
管路止水栓を抜く。
上流側に取り付けた調整プラグを緩めることにより除々に水路側にﾏﾝﾎｰﾙ内の水を排水する。
周辺の地下水位を確認しながら上記作業を繰り返す。



段階的地下水位低下イメージ図（2）

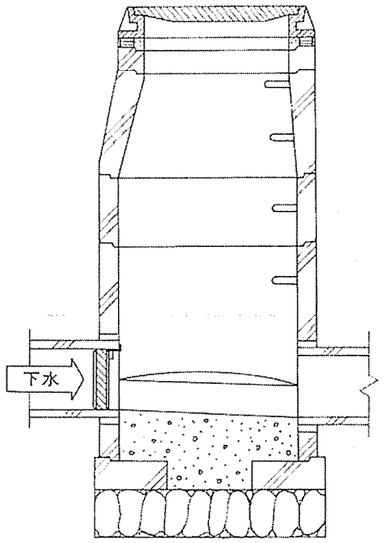
（管路止水栓）

管路止水栓

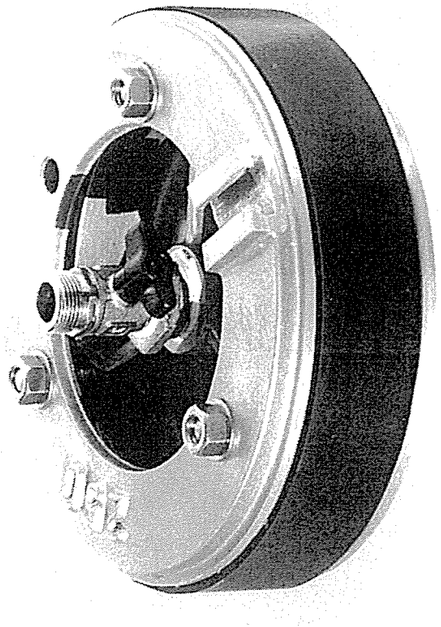
トメ〜ル

土のうなどによるめんどうな止水から解放！
スパナ１本で工事や補修の邪魔物―汚水、土砂、ゴミ―を
完全ストップ。らくらく工事ができます。

実用新案申請中



マンホール断面図



特長

1.構造が簡単。ボックススパナ１本で取り付け、取り外しができます。

2.電気やポンプなど一切不要です。

3.本体はアルミ鋳物で軽く頑丈、ゴムを取り替えるだけでいつまでも使えます。

4.水抜きコックが付いていますので、取り外しが安全です。

（調整プラグ）

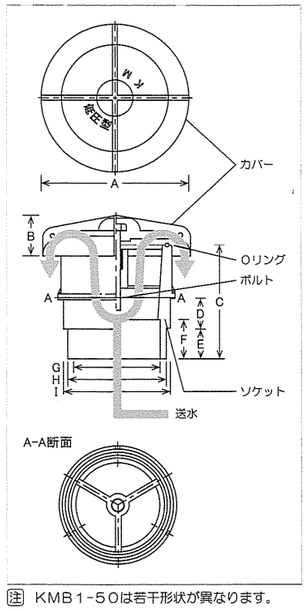
水田バルブ 低圧型

圧送管用開閉口

KMB1型

水田用用水を開水路、ため池等から塩化ビニール管を経由して送水（パイプライン）の場合、末端ほ場での給水口に用います。給水量は、上部カバーを手で回すことにより調節自由です。なお、送水圧力、末端0.2kg/cm²（水位差２m）程度までの箇所でご使用願います。

構　造



注 KMB１-５０は若干形状が異なります。

【仕 様 表】　単位 mm

KM式水田バルブ 低圧型						
呼　称		KMB1-50	KMB1-75	KMB1-100	KMB1-125	KMB1-150
寸法	A	140mm	150mm	190mm	222mm	290mm
	B	58	42	55	61	73
	C	114	115	115	135	166
	D	—	30	30	35	40
	E	—	30	30	35	40
	F	—	40	40	50	60
	G	60	89	114	140	165
	H	70	100	125	146	194
	I	—	107	131	154	202
	J（ボルト径）	11	10	12	14	16
重　量		410g	580g	880g	1,340g	2,320g
圧力	常　用	0.2kg/cm²(2m)	←	←	←	←
	耐　圧	0.3kg/cm²(3m)	←	←	←	←
開　度		自由、4回転全開	自由、5回転全開	自由、6回転全開	自由、7回転全開	自由、8回転全開
接続	KMB１の内側に差し込む方法	VP・VU50	VP・VU75	VP・VU100	VP・VU125	VP・VU150
	KMB１の外側に差し込む方法	—	VP・VU100	VP・VU125	VP・VU150	VP・VU200

特　長

1. 構造が簡単で故障の恐れが少ないです。
2. 合成樹脂（ＡＢＳ）製で、耐蝕、耐熱、耐寒、耐候性が良好です。
3. Ｏリングは合成ゴム（エチレン－プロピレンゴム）製で、耐熱、耐寒、耐候性が良好です。
4. 給水量は上部カバーを手で回すことにより自由に調節出来ます。
5. カバー、ソケットに回り止用の結束用孔もあります。
6. 給水中、水飛散を少なくするためカバーは独特の形となっています。
7. 接続法はＫＭＢ１の外側に差し込む方法と、内側に差し込む方法の２種類があります。（Ｐ４３参照）

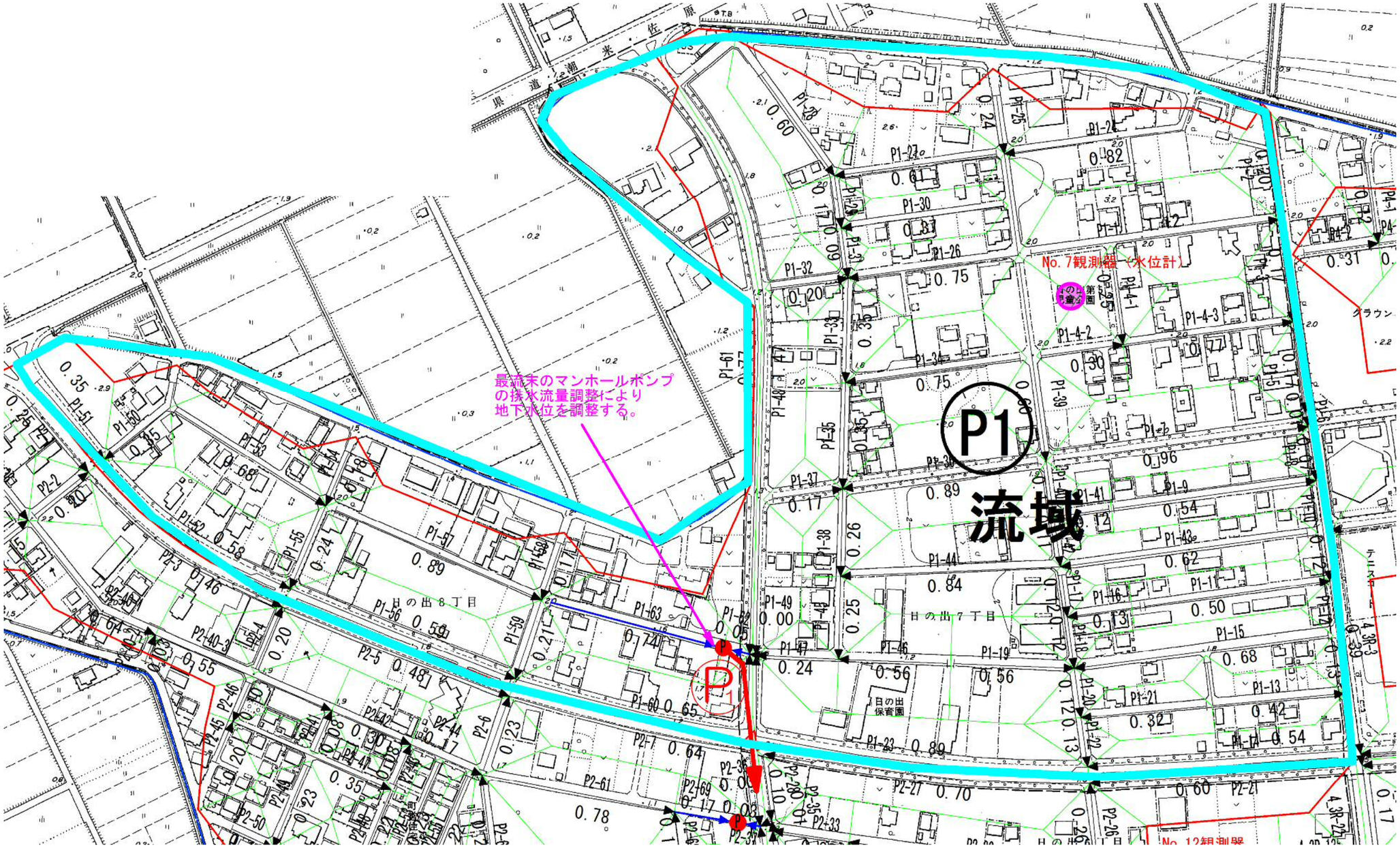
（5） 段階的地下水位低下のモニタリング手順

施工順序に従い具体的なモニタリング試験及び実施モニタリング手順を以下に示す。

①.モニタリング試験として P1 流域の流末 P1-52 マンホールポンプを稼動させる。

②.マンホールポンプ内の地下水位を確認しながらポンプ排水量を調整し、地下水位が 10ｃｍさがるまで
ポンプを稼動させる。

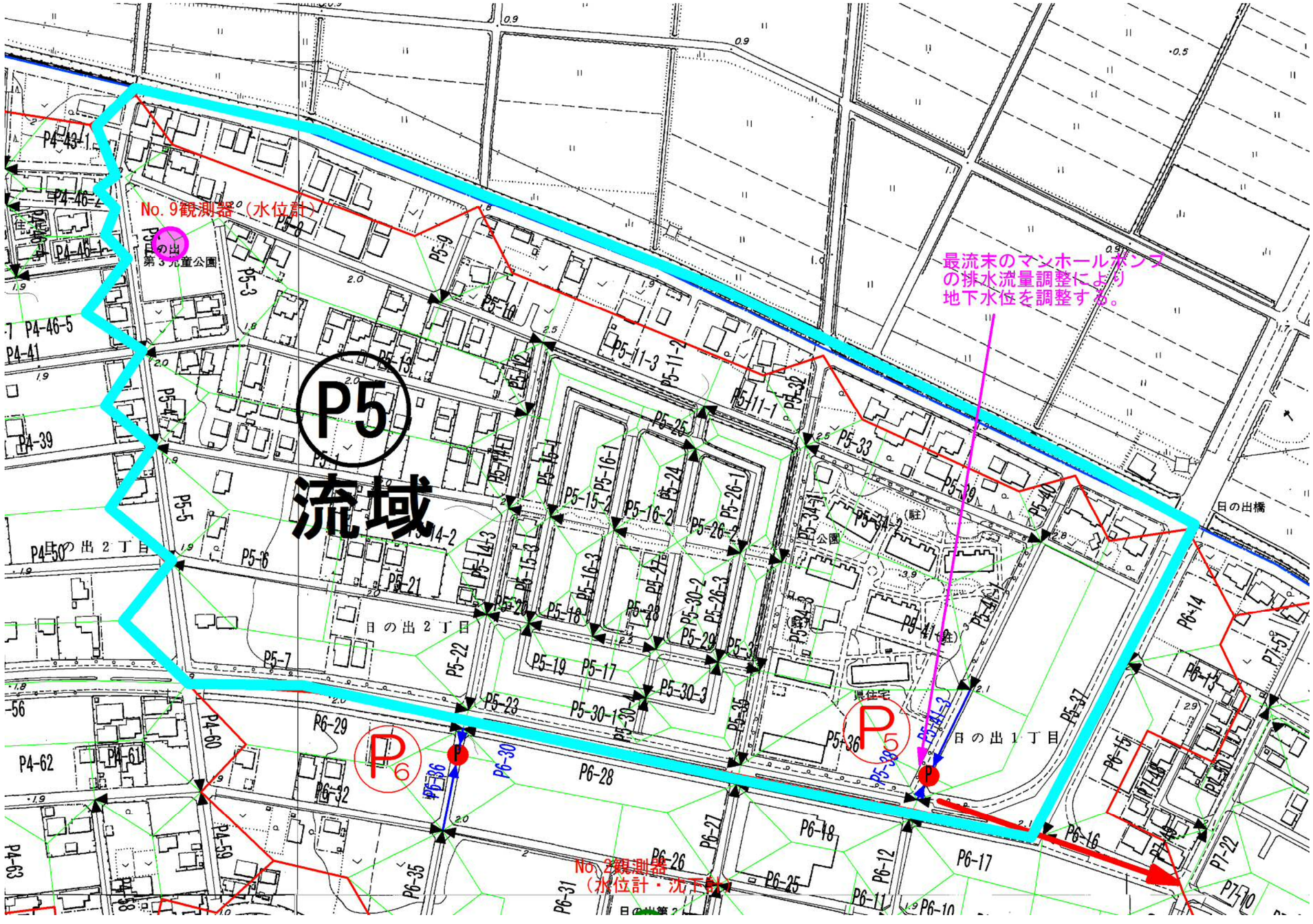
③.流域近郊の調査地点における地下水位及び沈下量の観測を行う。



④.モニタリング試験として P5 流域の流末 P5-38 マンホールポンプを稼動させる。

⑤.マンホールポンプ内の地下水位を確認しながらポンプ排水量を調整し、地下水位が 10ｃｍさがるまで
　ポンプを稼動させる。

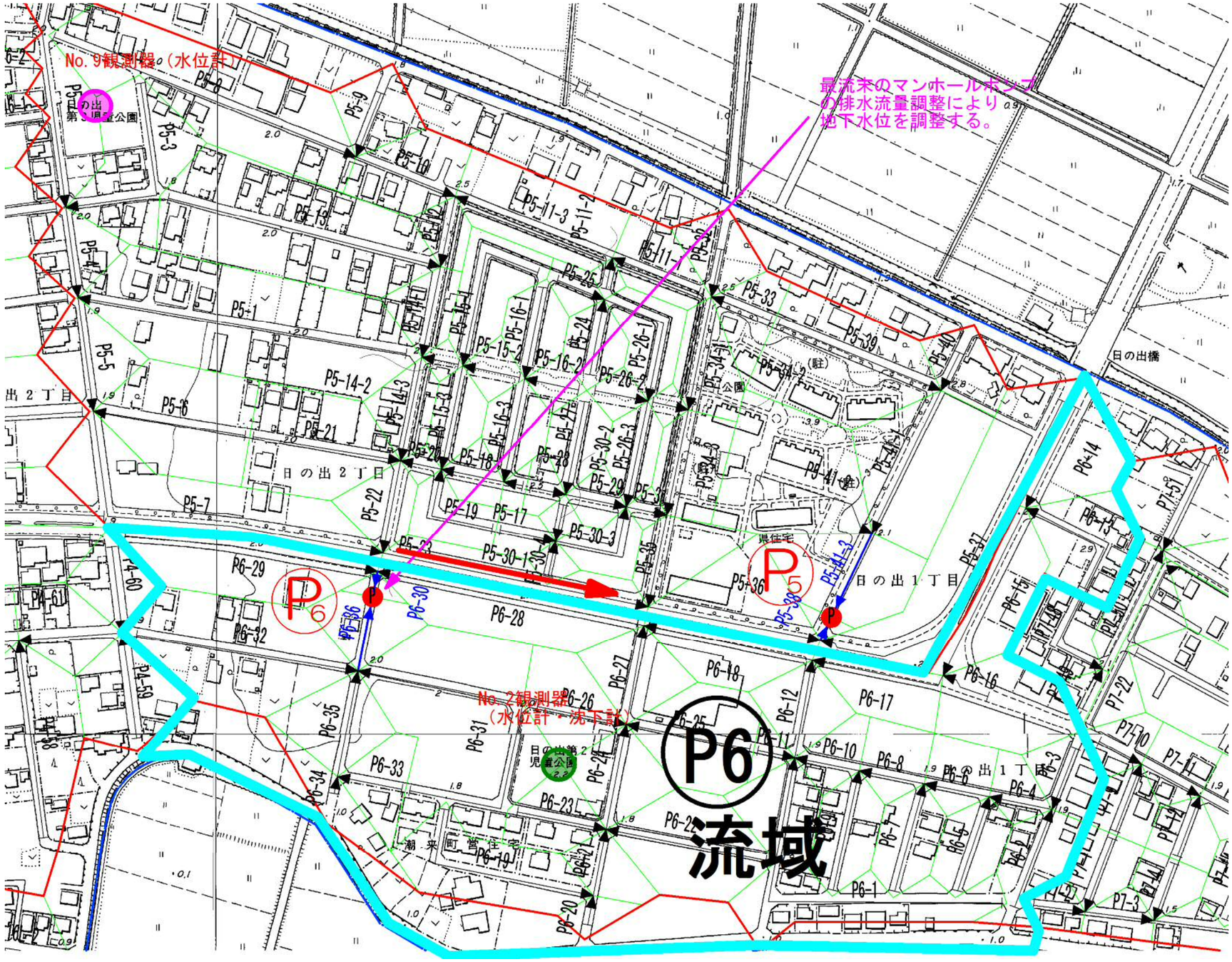
⑥.流域近郊の調査地点における地下水位及び沈下量の観測を行う。



⑦.モニタリング試験として P6 流域の流末 P6-36 マンホールポンプを稼動させる。

⑧.マンホールポンプ内の地下水位を確認しながらポンプ排水量を調整し、地下水位が 10ｃｍさがるまで
　ポンプを稼動させる。

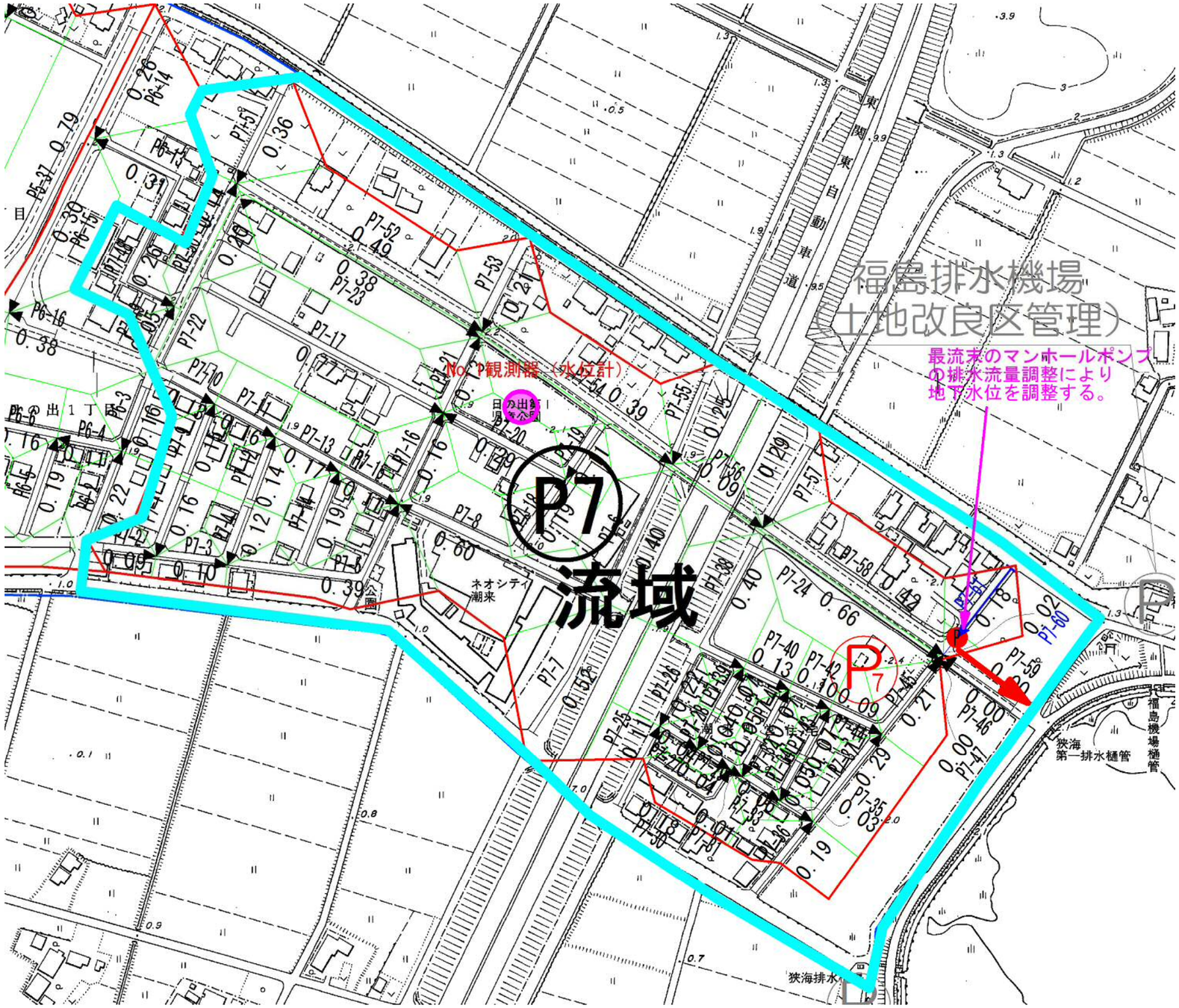
⑨.流域近郊の調査地点における地下水位及び沈下量の観測を行う。



⑩.モニタリング試験として P7 流域の流末 P7-61 マンホールポンプを稼動させる。

⑪.マンホールポンプ内の地下水位を確認しながらポンプ排水量を調整し、地下水位が 10ｃｍさがるまで
　ポンプを稼動させる。

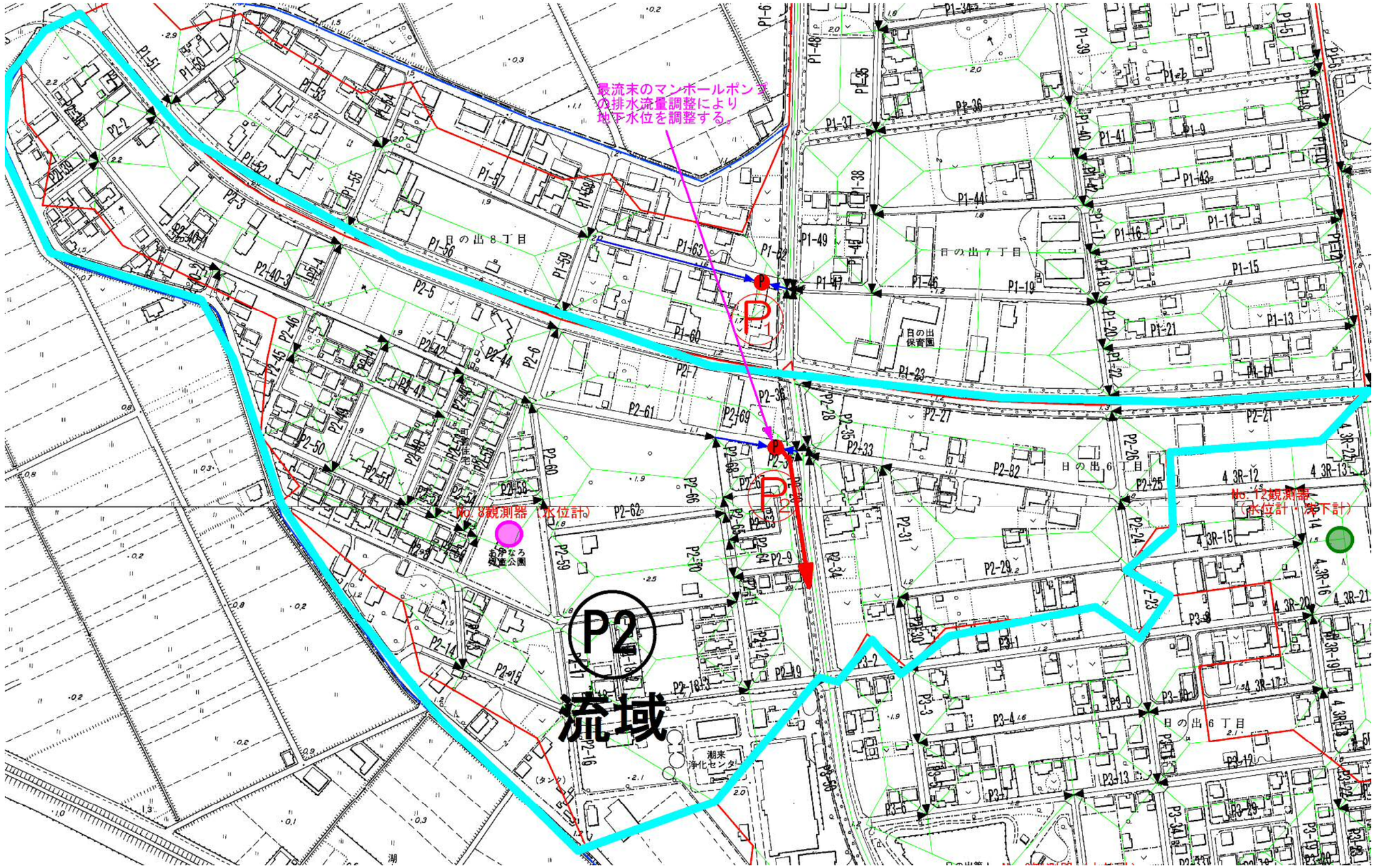
⑫.流域近郊の調査地点における地下水位及び沈下量の観測を行う。



⑬.実施モニタリング試験として P2 流域の流末 P2-37 マンホールポンプを稼動させる。

⑭.マンホールポンプ内の地下水位を確認しながらポンプ排水量を調整し、所定の地下水位に下がるまで
　ポンプを稼動させる。

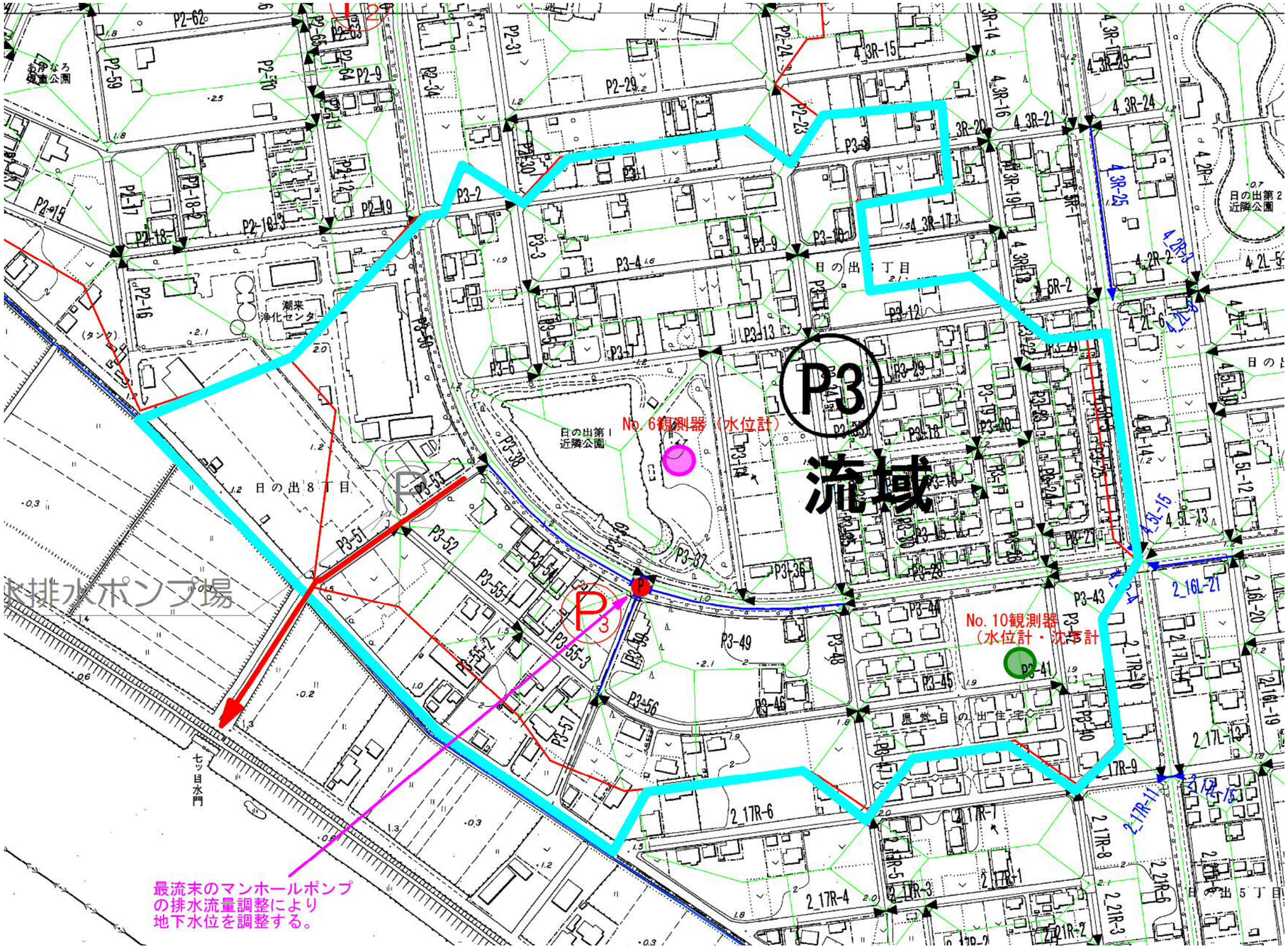
⑮.流域近郊の調査地点における地下水位及び沈下量の観測を行う。



⑯.実施モニタリング試験として P3 流域の流末 P3-39 マンホールポンプを稼動させる。

⑰.マンホールポンプ内の地下水位を確認しながらポンプ排水量を調整し、所定の地下水位に下がるまで
　ポンプを稼動させる。

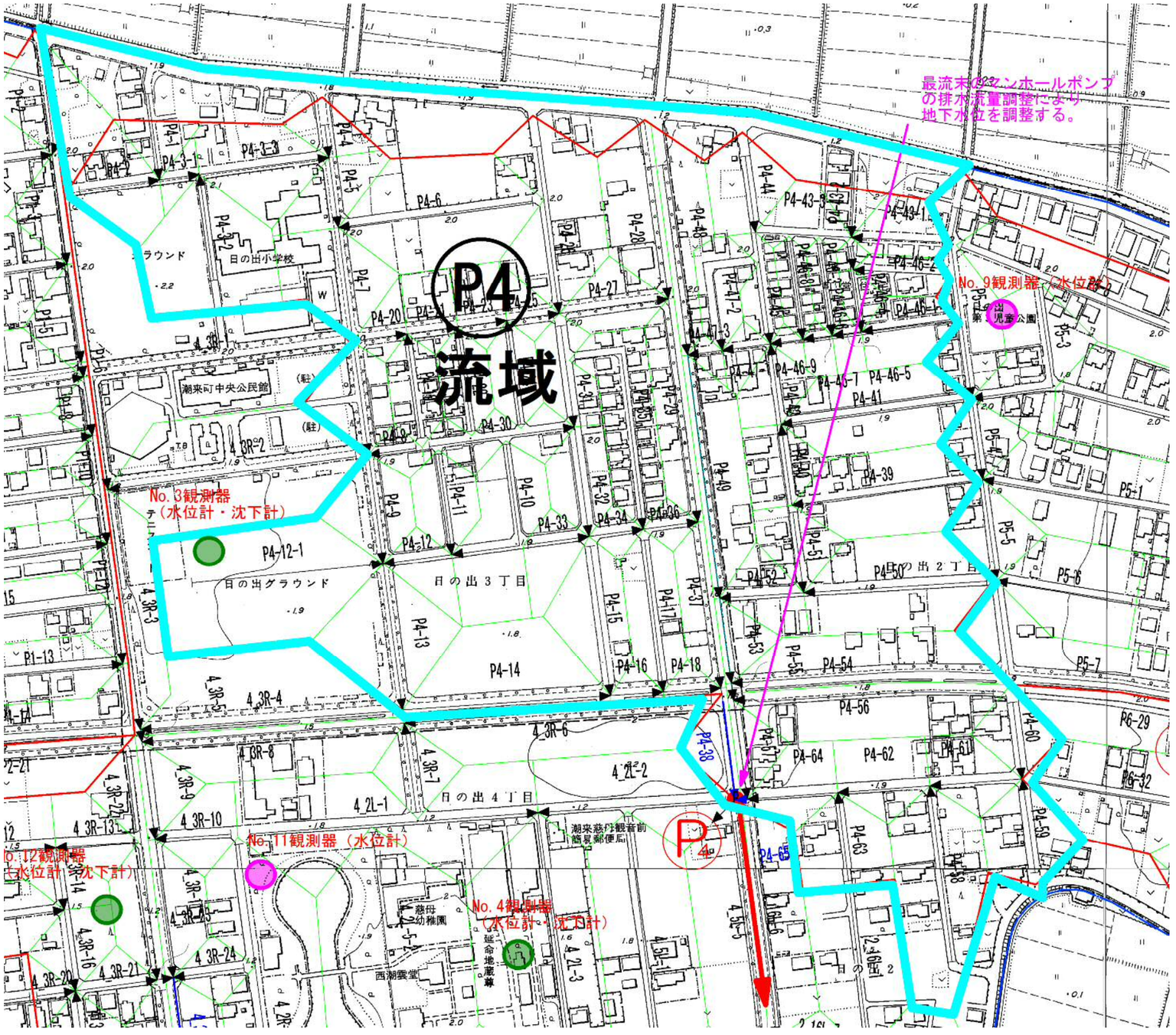
⑱.流域近郊の調査地点における地下水位及び沈下量の観測を行う。



⑲.実施モニタリング試験として P4 流域の流末 P4-65 マンホールポンプを稼動させる。

⑳.マンホールポンプ内の地下水位を確認しながらポンプ排水量を調整し、所定の地下水位に下がるまで
　ポンプを稼動させる。

㉑.流域近郊の調査地点における地下水位及び沈下量の観測を行う。



㉒. 実施モニタリングとして自然流下流域のボックス水路流入１個手前のマンホールに潜水士が入り
下流側管に水位調整プラグを取り付ける。

㉓. 河川手前のポンプ場を作動させ地下水を放流する。

㉔. 地下水量を確認しながら、所定の地下水位にさがるまで調整プラグを調整し抜く量を確定する。

㉕. 流域の地下水位及び沈下量の観測を行う。

5. 今後の進め方について

3)段階的地下水位低下スケジュール

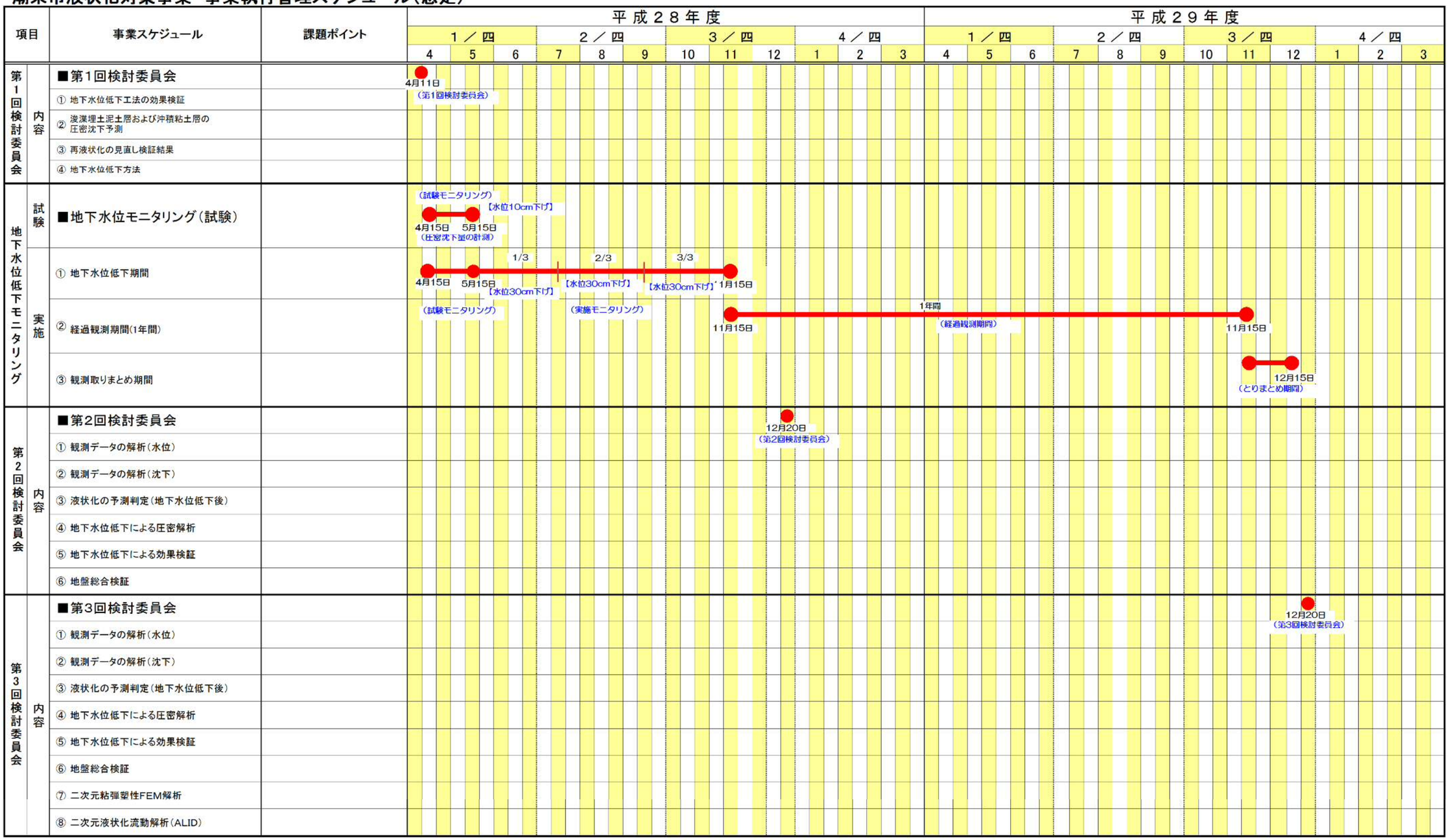
①.平成 28 年 4 月 15 日から 5 月 15 日まで試験モニタリングを P1.5.6.7 流域において行う。(期間 1 ヶ月)

②.引き続き実施モニタリングを P1.2.3.4.5.6.7.自然流下流域において行う。

(期間は、6 ヶ月を想定し、試験モニタリング流域を 10ｃｍ下げた後に実施モニタリング流域共に 30cm 下げるのに 2 ヶ月を見込み、3 段階に分けて合計 1.0mの水位低下を行う)

③.平成 28 年 11 月 15 日から 1 年間経過観測期間とする。

潮来市液状化対策事業　事業執行管理スケジュール(想定)



6.3 現場実験結果の設計へのフィードバック

（１） 概要

現場実験の結果より求めた透水係数を用いて、水位低下時間を検討する。検討に使用するモデルおよび物性値は現場実験のモデルと同様とし、地下水位低下工法の初期条件として、地下水位が GL-1.0m にある場合および GL-2.0m にある場合を対象に、GL-3.0m まで低下させる時間を算出する。

（２） 検討結果

検討結果を図 6.3-1 に示す。これより、GL-1.0m から GL-3.0m に低下させた場合でも、GL-2.0m から低下させた場合でも概ね 90 日で低下する結果となっており、概ね妥当な結果と判断する。そこで、みずみち間隔は最大 90m 程度とする。

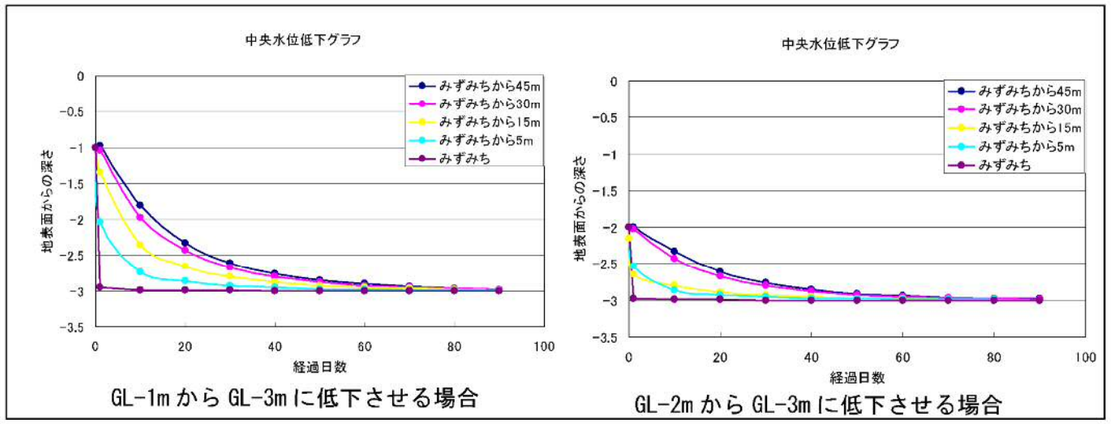
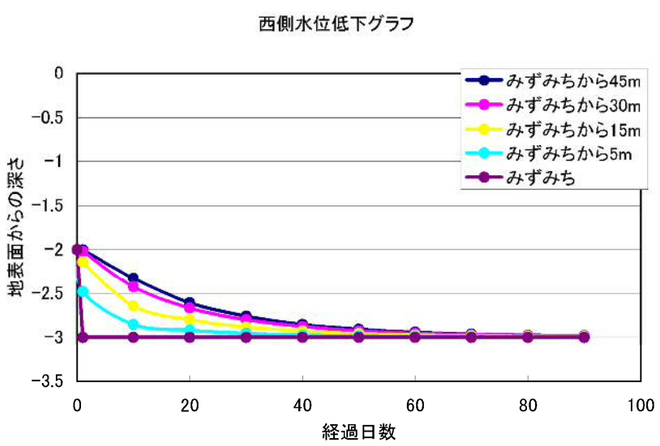
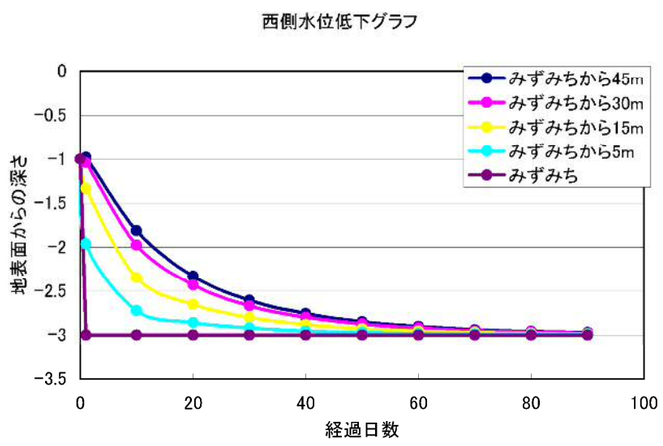
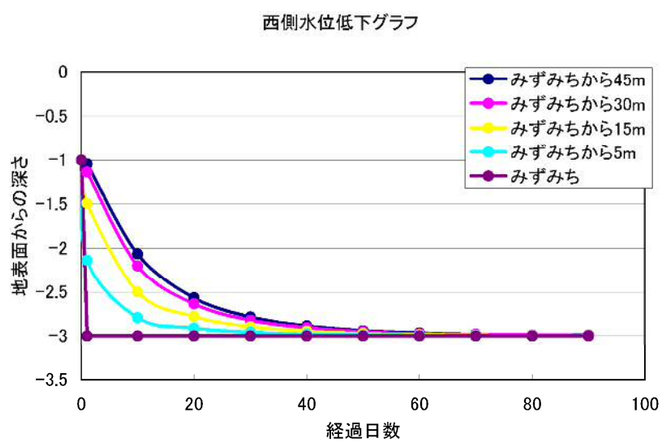
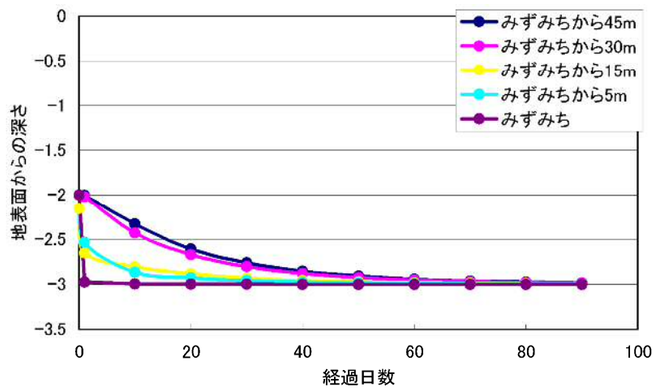
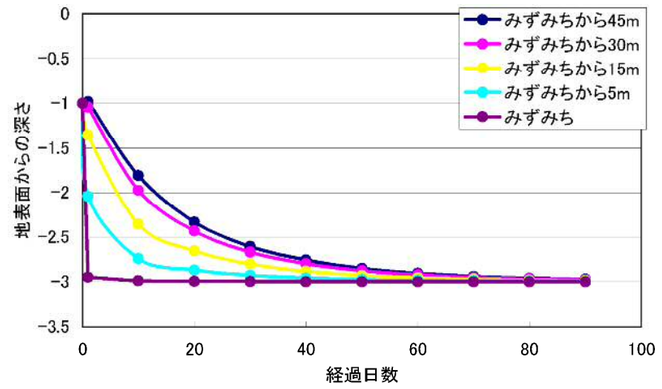
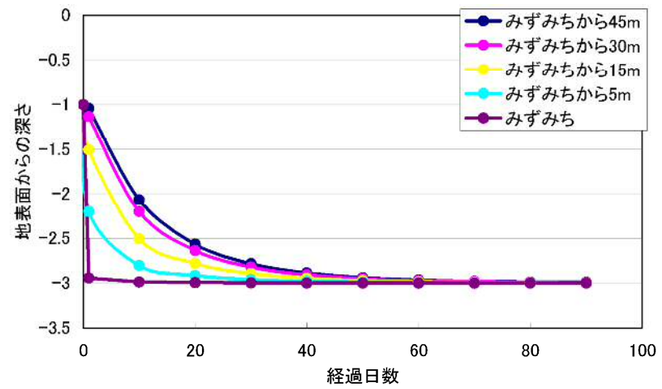
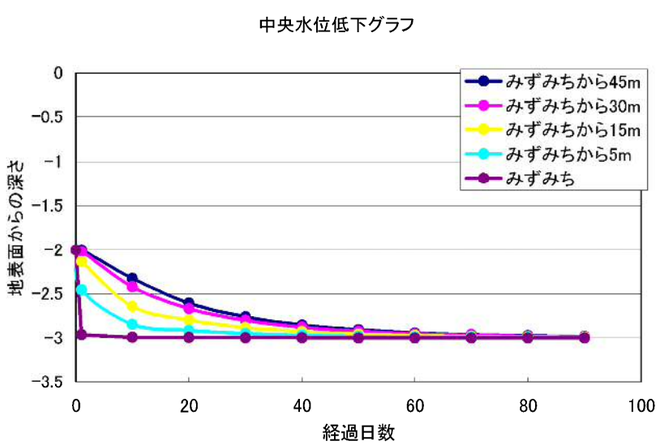
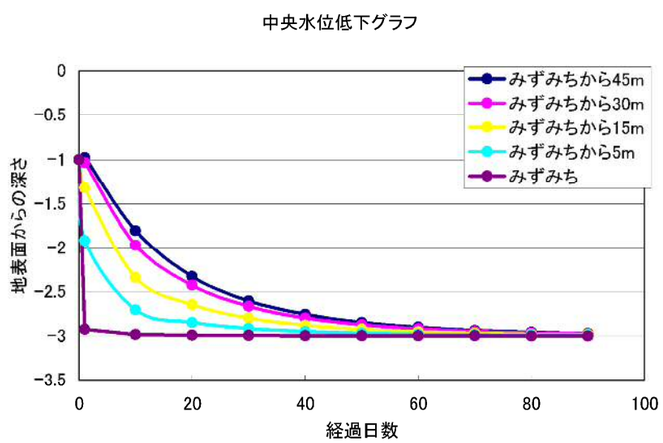
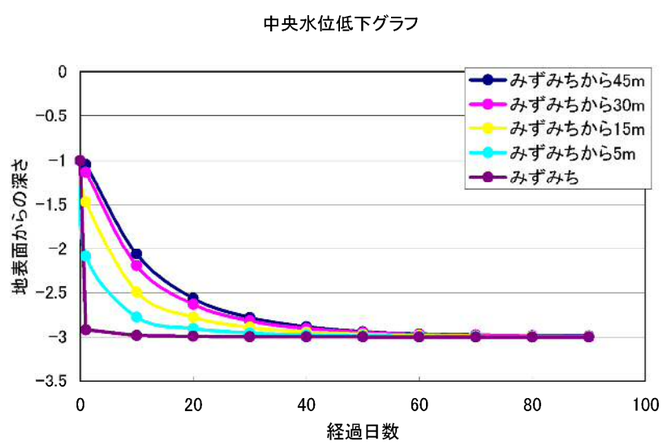


図 6.3-1　地下水位低下時間

以下に、データを添付する。

水位低下時間検討結果 （透水係数 k = 5.0 × 10^{-5} m/sec）

	地下水位量1.0m （地下水位GL-2m→GL-3m）	地下水位量2.0m （地下水位GL-1m→GL-3m）	（参考） 透水係数k = 7.0 × 10^{-5} m/sec 水位低下量2.0m
西側			
中央			
東側