
第1章 概況整理

第1章 概況整理

1.1 日の出地区の造成の経緯

日の出地区の造成の経緯について以下の3段階に分けてまとめる。

(1) 昭和初期以前（干拓化以前）

日の出地区は、元来内浪逆浦（うちなみさかた）と呼ばれ、外浪逆浦（外なみさかた）とつながる沼地（入江）の一部であった。利根川と護ヶ浦に合流する位置にあたるこの一帯は、土砂の堆積によって砂州が形成され、近世初期より新田開発が行われてきた。しかし、明治時代に入っても一帯の低湿地は水害に悩まされ続け、収穫できる年は3年に1度とも言われるぐらい水害の被害にあう水害常習地帯であった。

(2) 昭和初期～昭和43年頃（干拓地化）

昭和初期に入ると政府による食糧増産政策によって内浪逆浦地区でも干拓事業が始まり、昭和25年には干拓造成事業は無事完成し農地として整備された。

図1.1-1に当時の潮来の干拓の様子を示す。



図1.1-1 潮来の干拓の様子

史上最大の土建事業・幻の房総開発計画 (<http://www.tanken.com/boso.html>) より引用

(3) 昭和43年～昭和52年（宅地化）

昭和42.3年頃から米の生産過剰による減反政策が政府からなされると、時を同じくして、干拓完成より20年余りの歳月が経つ当地区でも干拓の機械化設備の老朽化など干拓農地の維持管理上の問題などが浮き彫りとなり、農家の方々が農業の将来に見切りをつけ、ここに農地としての役割を終えることとなる。

さらに隣地である鹿島、神栖を中心とした臨海工業開発が進むにつれ、地元からの住宅化の要望が多く、これも追い風となり、農業から転換し、住宅地として開発されることとなった。

昭和45年に「潮来町浪逆土地区画整理組合」が設立し、当地区の浚渫工事（宅地化）が始まり約五十五億円の工事費と七年余りの歳月を要して昭和52年に「日の出ニュータウン」として上下水道完備の近代的な住宅地が完成した。

図1.1-2に浚渫船による浚渫工事の様子を示す。



土砂吹上開始 S45.5.2



図 1.1-2 浚渫船による浚渫工事の様子
潮来町浪逆土地区画整理組合事務局（1978）：『新天地の創成』より引用図

表 1.1-1 日の出地区開発の変遷史

年 代		開発関連の内容
西 暦	年 号	
1901	明治 34 年	茨城県が浪逆浦を含めた霞ヶ浦・北浦などに河川法を準用する旨を発布
1931	昭和 6 年	農業経営安定化の方針で内浪逆浦で干拓事業が始まる。
1939	昭和 14 年	第 2 次世界大戦勃発により干拓事業が一時中断
1941	昭和 16 年	戦時中にある中、地元から内浪逆浦の干拓造成の声が挙がり、人力による堤防築造工事及び排水機場築造工事が始まる。
1950	昭和 25 年	内浪逆浦の干拓造成事業完成
1958	昭和 33 年 9 月	狩野川台風による出水で浪逆堤北西の一角が決壊し全戸浸水。災害救助法発動の茨城県第一号となる。(その頃、未だ車両の乗り入れが不可能だったため、交通の要は船の時代であった。)
1968	昭和 43 年	「潮来町振興計画」で浪逆地区が中規模ニュータウンとして位置づけられる。
1970	昭和 45 年 5 月	潮来町浪逆土地区画整理組合設立。浚渫船によるポンプ浚渫、排砂管による土砂吹上開始
1974	昭和 49 年	196ha の造成工事完成。「日の出」と名付けられ、日の出 1 丁目から 8 丁目まで割り振られる。
1977	昭和 52 年	日の出 3 丁目に潮来町中央公民館が開館。8 丁目に潮来浄化センターが完成。 日の出地区の全事業が完了し、近代的な住宅地として完成。
1978	昭和 53 年	潮来町浪逆土地区画整理組合、浪逆土地改良区解散。
2011	平成 23 年 3 月 11 日	東北地区太平洋沖地震発生【震度 6 弱：マグニチュード 9.0】 茨城県沖地震発生【震度 5 強：マグニチュード 7.4】 以上の地震により液状化現象が発生

引用・参考文献

- 1) 潮来町浪逆土地区画整理組合事務局（1978）：「新天地の創成」
- 2) 震度情報出典
<http://bousai.tenki.jp/bousai/earthquake/detail-20110311151500.html>

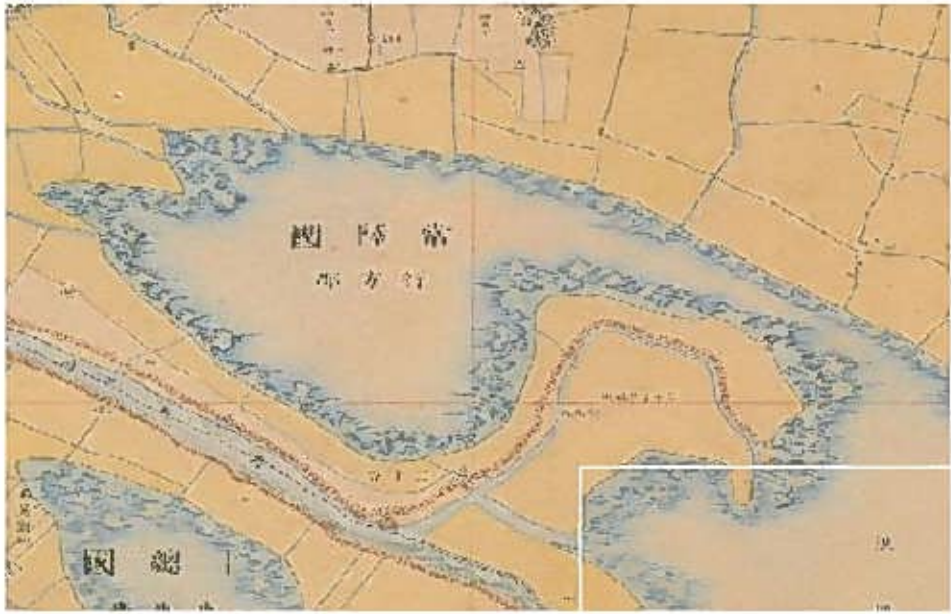
1.2 航空写真等で読み取れる土地の変遷

過去の航空写真については、国土地理院ホームページの「国土変遷アーカイブ空中写真閲覧システム」より日の出地区の部分を抜粋してまとめた。

干拓される以前の沼地の頃の写真は確認できなかったため、干拓前の地形は「歴史的農業環境閲覧システム」の迅速地図を用いた。

日の出地区の造成履歴(1/7)

迅速地図：明治初期(1870)～中期(1890)頃



・日の出地区は、元来内浪逆浦と呼ばれる沼地で、迅速地図より入江であったことが確認できる。

※歴史的農業環境閲覧システムより

撮影日：1947 年 10 月 26 日



・干拓事業がかなり進んでいる頃の写真。

・現在の日の出地区の中央部を東西に水路が横切って、外浪逆浦に排水している。

・南東部の田面に水路がある。

※国土地理院 国土変遷アーカイブ空中写真閲覧システムより

日の出地区の造成履歴 (2/7)

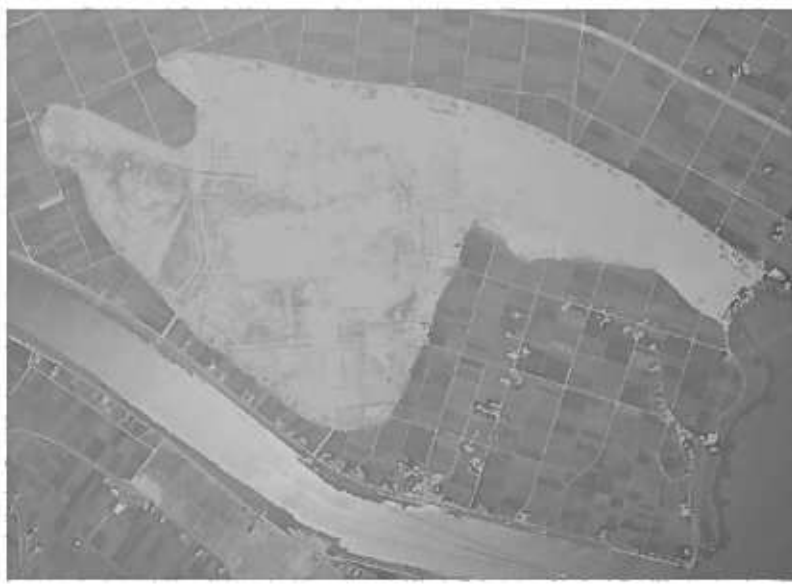
撮影日：1962 年 05 月 14 日

・宅地開発が始まる前の写真。 ・農地がきれいに整理されている。 ・1947 年の写真とあまり違いが見られない。 ※国土地理院 国土変遷アーカイブ空中写真閲覧システムより

撮影日：1969 年 04 月 19 日

・宅地開発が始まる前の写真。 ・農地がきれいに整理されている。 ・1962 年の写真に比べて、常陸利根川の川幅が広がっている。 ※国土地理院 国土変遷アーカイブ空中写真閲覧システムより

日の出地区の造成履歴 (3/7)

撮影日：1972 年 08 月 04 日

・宅地開発を開始して丸 2 年が経過した頃の写真。 ・ポンプ浚渫による土砂が地区全体を包み込んでいる。 ・南東部の田面の水路が埋められ、農地がきれいに整備されている。 ※国土地理院 国土変遷アーカイブ空中写真閲覧システムより

撮影日：1974 年 11 月 19 日

・日の出地区の造成工が完了した頃の写真。 ・きれいに区画整理が終わり、道路が整備されている。 ・地区の中央を東西に横切っていた水路部に道路ができている。 ※国土地理院 国土変遷アーカイブ空中写真閲覧システムより

日の出地区の造成履歴 (4/7)

撮影日：1975 年 02 月 13 日



- ・ 下水処理場を建設している頃の写真。潮音寺も工事中。
- ・ 日の出地区の北側に住宅が建ち始めている
- ・

※国土地理院 国土変遷アーカイブ空中写真閲覧システムより

撮影日：1979 年 09 月 08 日



- ・ 日の出干拓事業終了 (1978 年 3 月 27 日) から約 1 年半後の写真。
- ・ 公民館、体育館、下水処理場等が完成している。
- ・ 地区の周囲から家が建ち始めている。

※国土地理院 国土変遷アーカイブ空中写真閲覧システムより

日の出地区の造成履歴 (5/7)

撮影日：1984 年 12 月 19 日



- ・ 日の出小学校やひょうたん池が完成 (1982 年) したあとの写真
- ・ 日の出地区の中央付近にも住宅が建ち始めている。
- ・

※国土地理院 国土変遷アーカイブ空中写真閲覧システムより

撮影日：1988 年 10 月 14 日



- ・ 日の出干拓事業完了から 10 年後の写真。
- ・ 東関東自動車道潮来インター開通 (1987 年) 後の写真。
- ・ 住宅がかなり増えている。

※国土地理院 国土変遷アーカイブ空中写真閲覧システムより

日の出地区の造成履歴 (6/7)

撮影日：1997 年 11 月 01 日

・日の出干拓事業完了から約 20 年後の写真。 ・かなり住宅が立ち並んでいる。 ・ ※国土地理院 国土変遷アーカイブ空中写真閲覧システムより

日の出地区の造成履歴 (7/7)

撮影日：2011 年 03 月 29 日

・2011 年 3 月 11 日東北地方太平洋沖地震発生後の写真。 ・ ・ ※google earth より

撮影日：2002 年 10 月 28 日

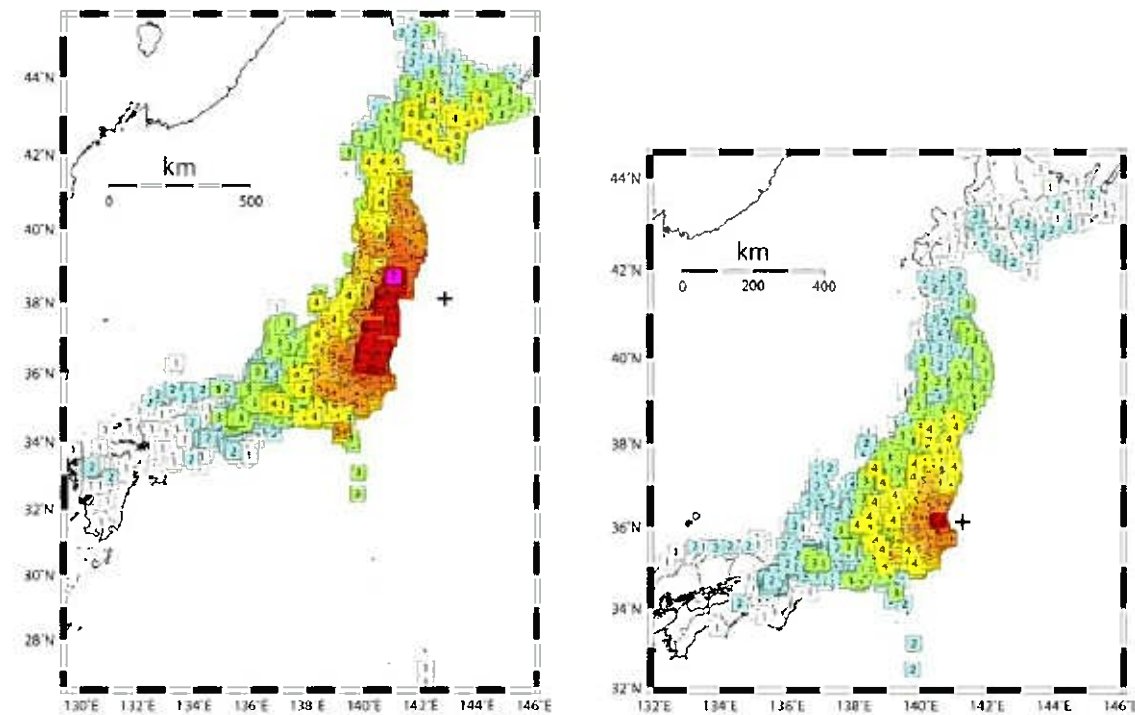
・日の出干拓事業完了から約 25 年後の写真。 ・日の出中学校開校 (2000 年 4 月) ・ ※国土地理院 国土変遷アーカイブ空中写真閲覧システムより

干拓時平面図 縮尺 S=1:4,000



1.3 地震波の特徴

気象庁のホームページより引用した東日本大震災の震度分布図を図 1.3-1 に示す。
地震は 2011 年 3 月 11 日の 14 時 46 分の本震のあと、約 30 分後の 15 時 15 分に大きな余震が発生している。



本震(2011年3月11日14時46分) 余震(2011年3月11日15時15分)

図 1.3-1 東日本大震災の震度分布図(気象庁のHPより)

本震の潮来市での震度は、図 1.3-2 に示したように、震度 6 弱となっている。

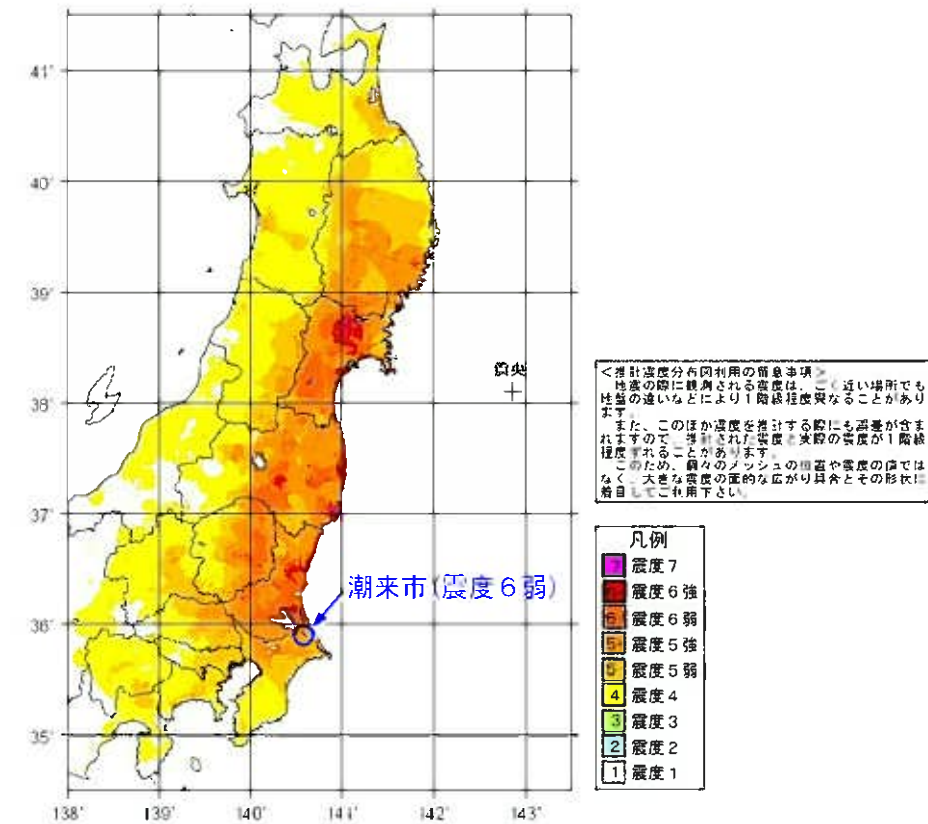


図 1.3-2 本震の震度分布図(気象庁のHPより)

図 1.3-3 と図 1.3-4 に地震の波形を示す。

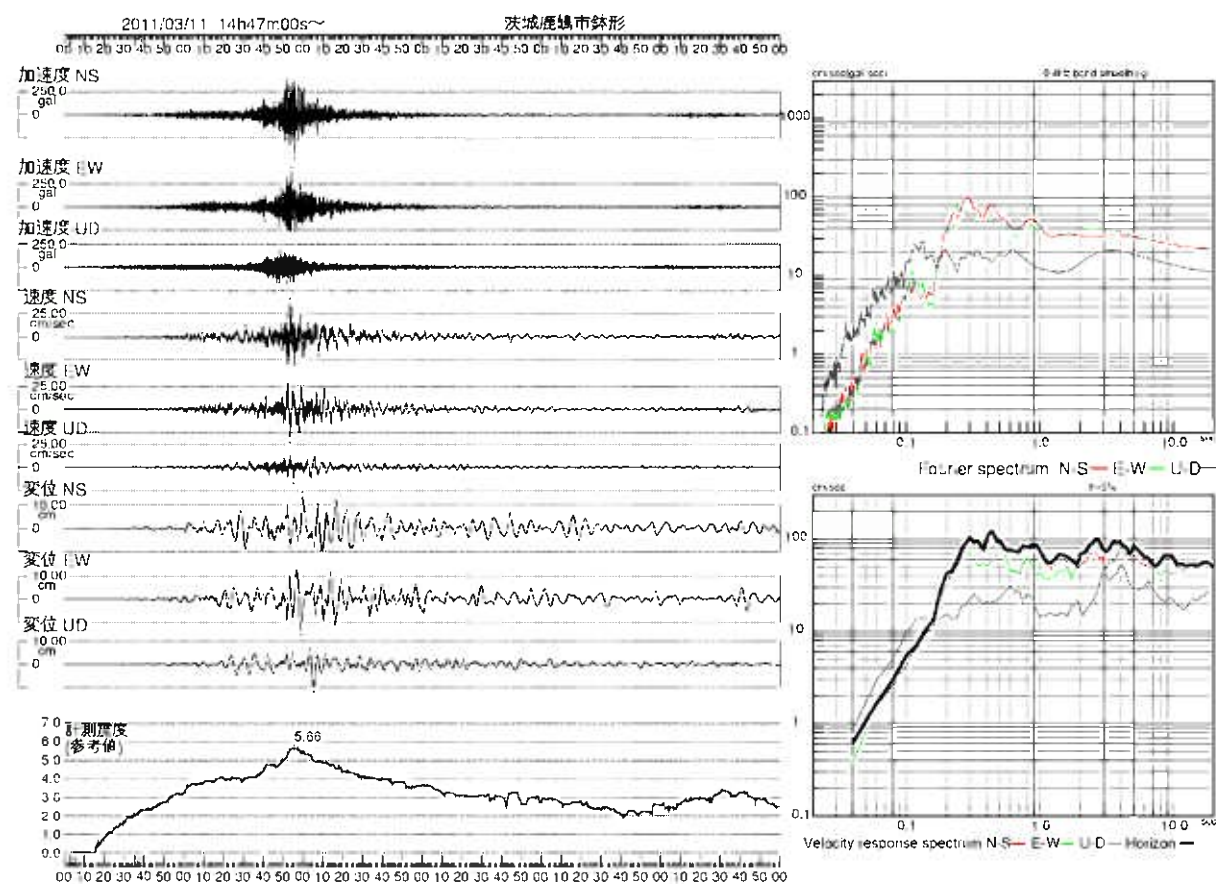


図 1.3-3 本震の地震波形(鹿島市鉾形 2011 年 3 月 11 日 14 時 47 分)

気象庁HP : http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/kyoshin/jishin/110311_tohokuchiho-taiheiyouoki/index.html

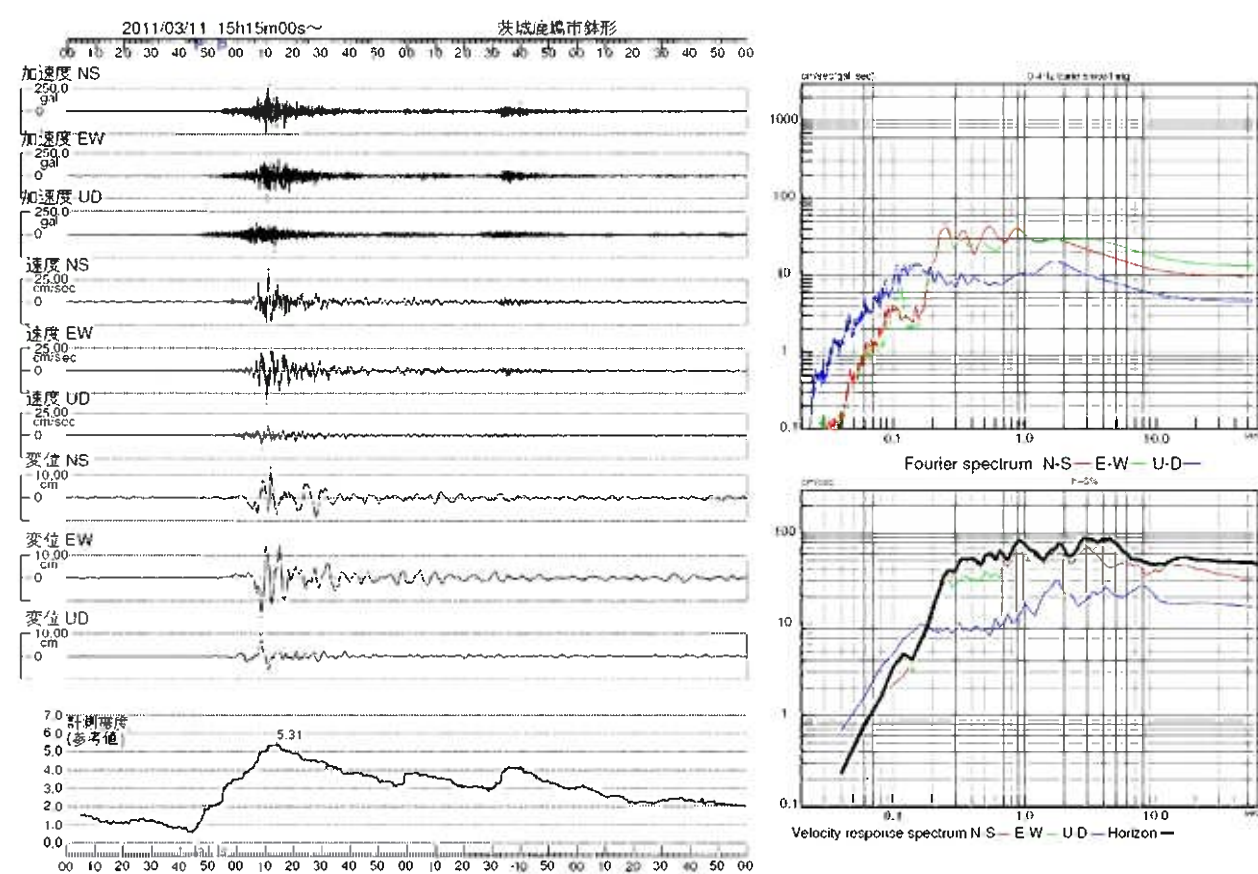
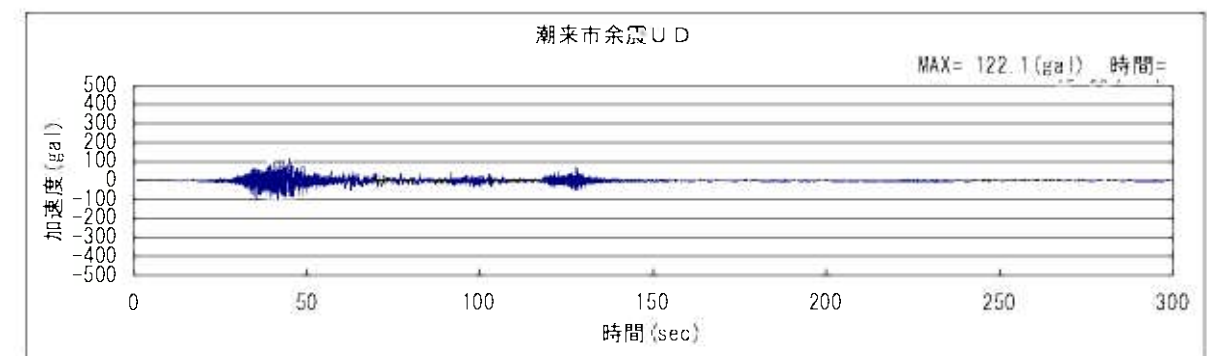
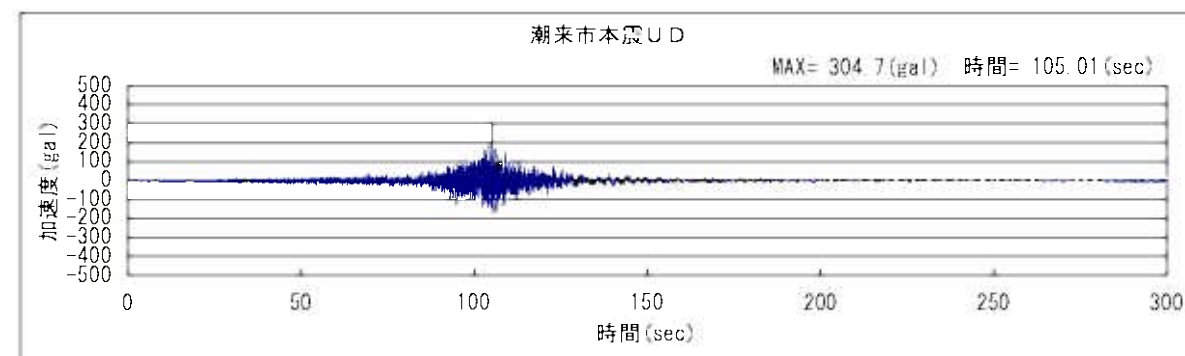
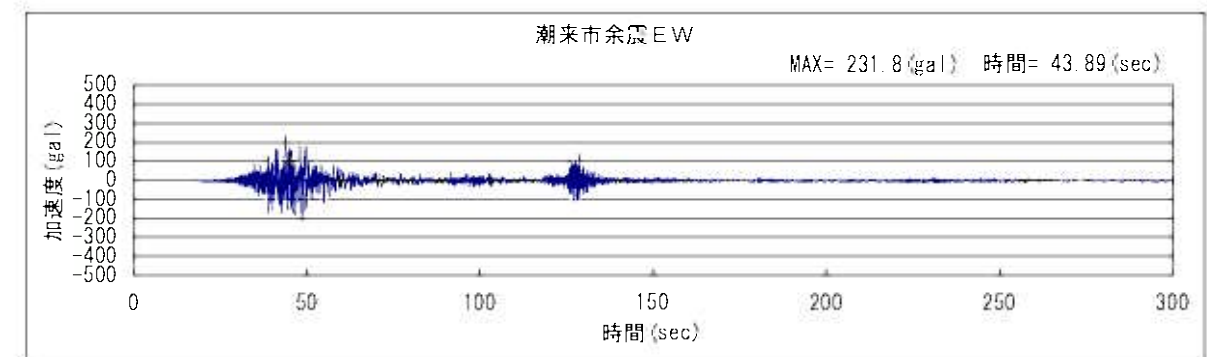
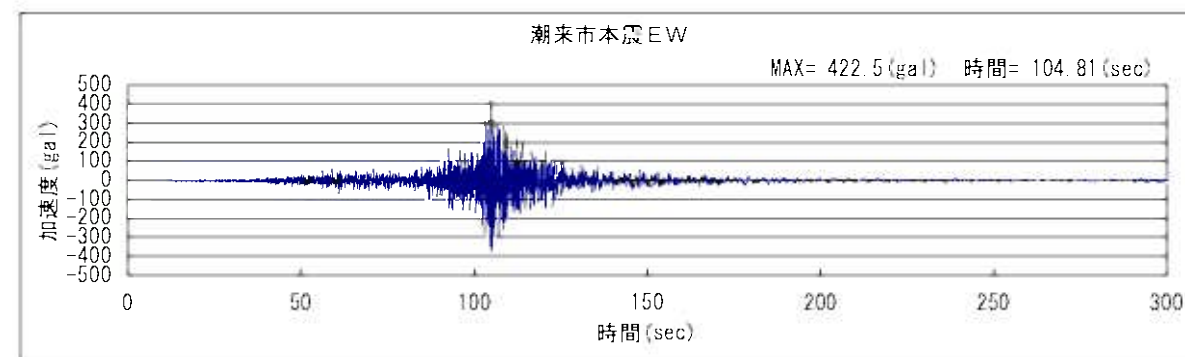
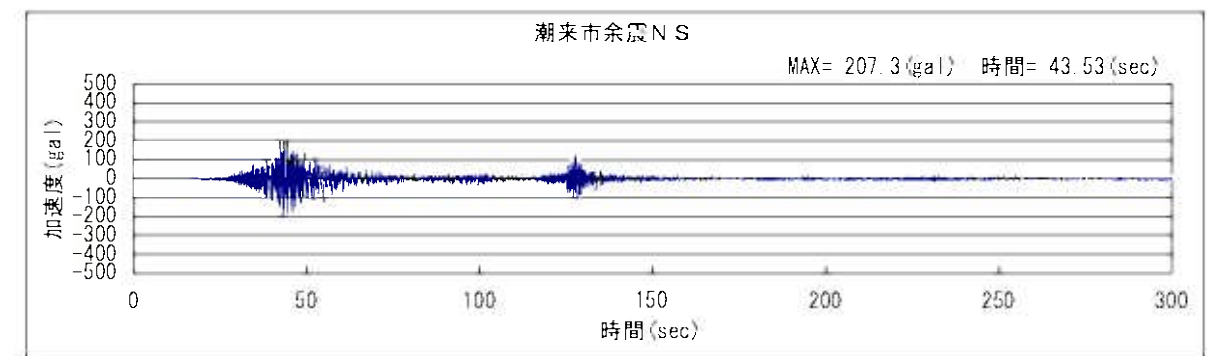
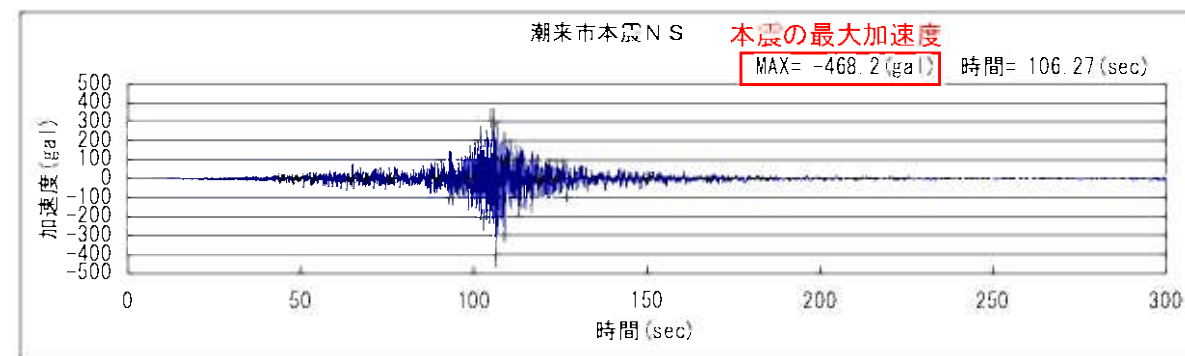


図 1.3-4 余震の地震波形(鹿島市鉾形 2011 年 3 月 11 日 15 時 15 分)

気象庁HP : http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/kyoshin/jishin/110311_ibaragiken-oki/index.html

潮来市での観測波形を以下に示す。



潮来市での観測波形 (本震)

潮来市での観測波形 (余震)

市役所の地震計設置位置



1.4 日の出地区の被災状況調査結果

1.4.1 被災状況図

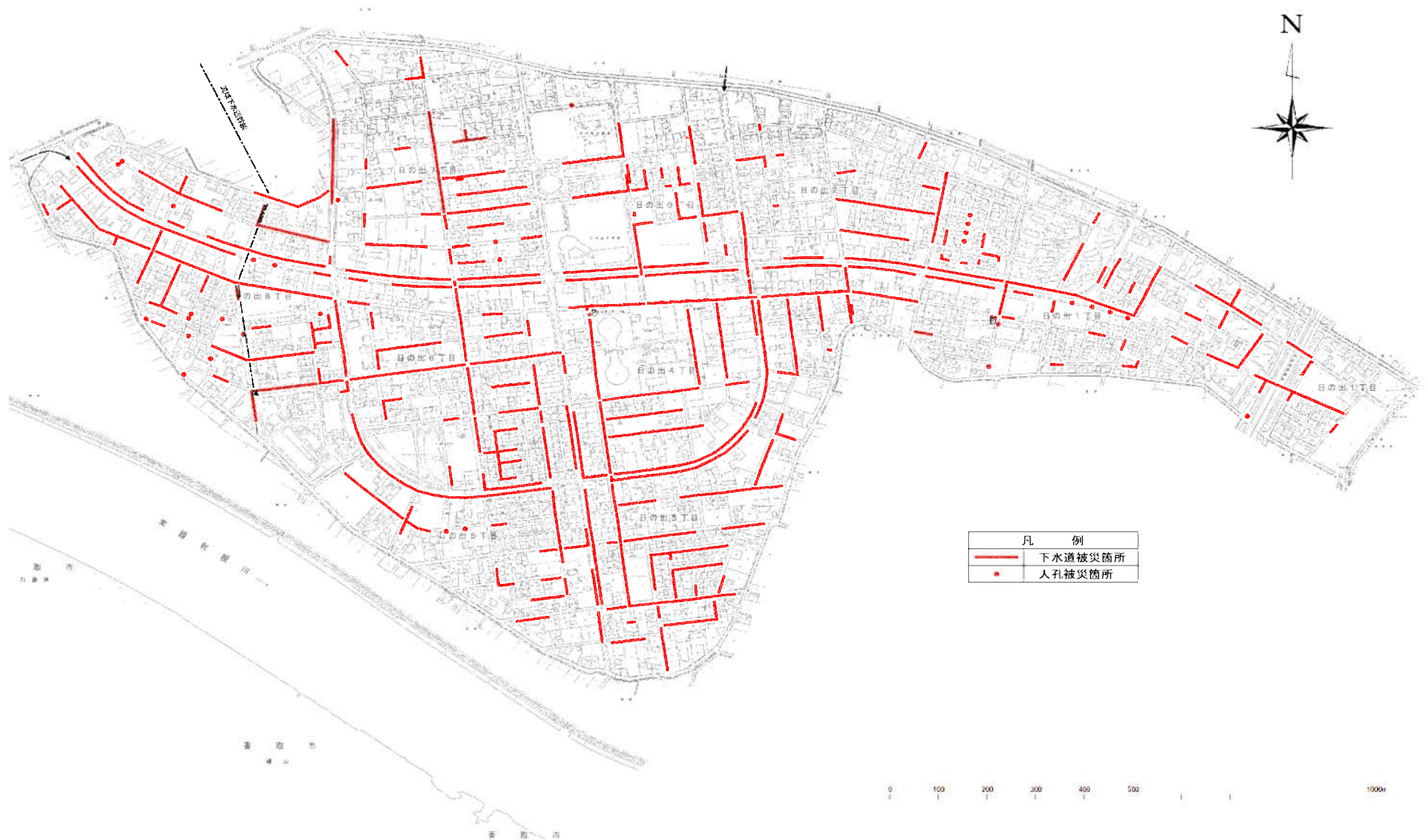
日の出地区の液状化による被災状況を、災害調査結果に基づいて作成した被災状況図で示す。

以下に、道路被災状況図、下水道被災状況図、上水道被災状況図、建物被災状況図を示す。

潮来市日の出地区液状化対策（被災調査 道路被災状況）



潮来市日の出地区液状化対策（被災調査 下水道被災状況）



潮来市日の出地区液状化対策（被災調査 上水道被災状況）



潮来市日の出地区液状化対策（被災調査 建物被災状況）

日の出地区 液状化被災軒数

被災程度	軒数 (軒)
全壊	108
大規模半壊	767
半壊	1,352
一部損壊	845
合計	3,072

1.4.2 液状化による噴砂孔位置

Google Earth の航空写真の噴砂跡を手がかりとして、目の出地区内の噴砂孔の発生位置を整理する。写真 1.4-1～写真 1.4-6 に Google Earth の噴砂跡と実際の噴砂孔の比較写真を示す。写真に示したように、噴砂孔を Google Earth の航空写真から特定することができる。



写真 1.4-1 Google Earth の写真(2011 年 3 月 29 日)



写真 1.4-2 現地の噴砂孔の写真(2011 年 3 月 31 日撮影)



写真 1.4-3 Google Earth の写真(2011 年 3 月 29 日)



写真 1.4-4 現地の噴砂孔の写真(2011 年 3 月 30 日撮影)



写真 1.4-5 Google Earth の写真(2011 年 3 月 29 日)



写真 1.4-6 現地の噴砂孔の写真(2011 年 4 月 16 日撮影)

潮来市日の出地区液状化対策（被災調査 噴砂位置）



被害状況写真



写真 1.4-7 幹線道路の状況(1)



写真 1.4-8 幹線道路の状況(2)



写真 1.4-9 幹線道路の状況(3)



写真 1.4-10 道路の状況



写真 1.4-11 雨水排水路の被害状況(1)



写真 1.4-12 雨水排水路の被害状況(2)



写真 1.4-13 雨水排水路の被害状況(矢板の抜上り)



写真 1.4-14 雨水排水路の被害状況(底版コンクリートの破損)





写真 1. 4-15 建物の基礎地盤の沈下(1)



写真 1. 4-16 建物の基礎地盤の沈下(2)



写真 1. 4-17 建物の基礎地盤の沈下とボックスカルバートの浮上り



写真 1. 4-18 地盤の沈下量 45cm



写真 1. 4-19 ボックスカルバート部の段差 40cm



写真 1. 4-20 ひょうたん池の被害状況(矢板護岸)



写真 1. 4-21 ひょうたん池の被害状況(橋)



写真 1. 4-22 ひょうたん池の被害状況(橋台)



写真 1. 4-23 三角池の被害状況(矢板護岸)





写真 1.14-24 お寺の塀の被害状況(液状化による塀の沈下とクラック)



写真 1.4-29 フェンスの抜上り



写真 1.4-30 雨水管ぎよの浮上り



写真 1.4-25 お寺の塀の被害状況(液状化による塀の沈下)



写真 1.4-31 汚水管の浮上り(1)



写真 1.4-26 お寺の塀の被害状況(南側の塀は被害が無い)



写真 1.4-32 汚水管の浮上り(2)



写真 1.4-27 側方流動による側溝の移動



写真 1.4-28 側方流動によるブロック塀の変形



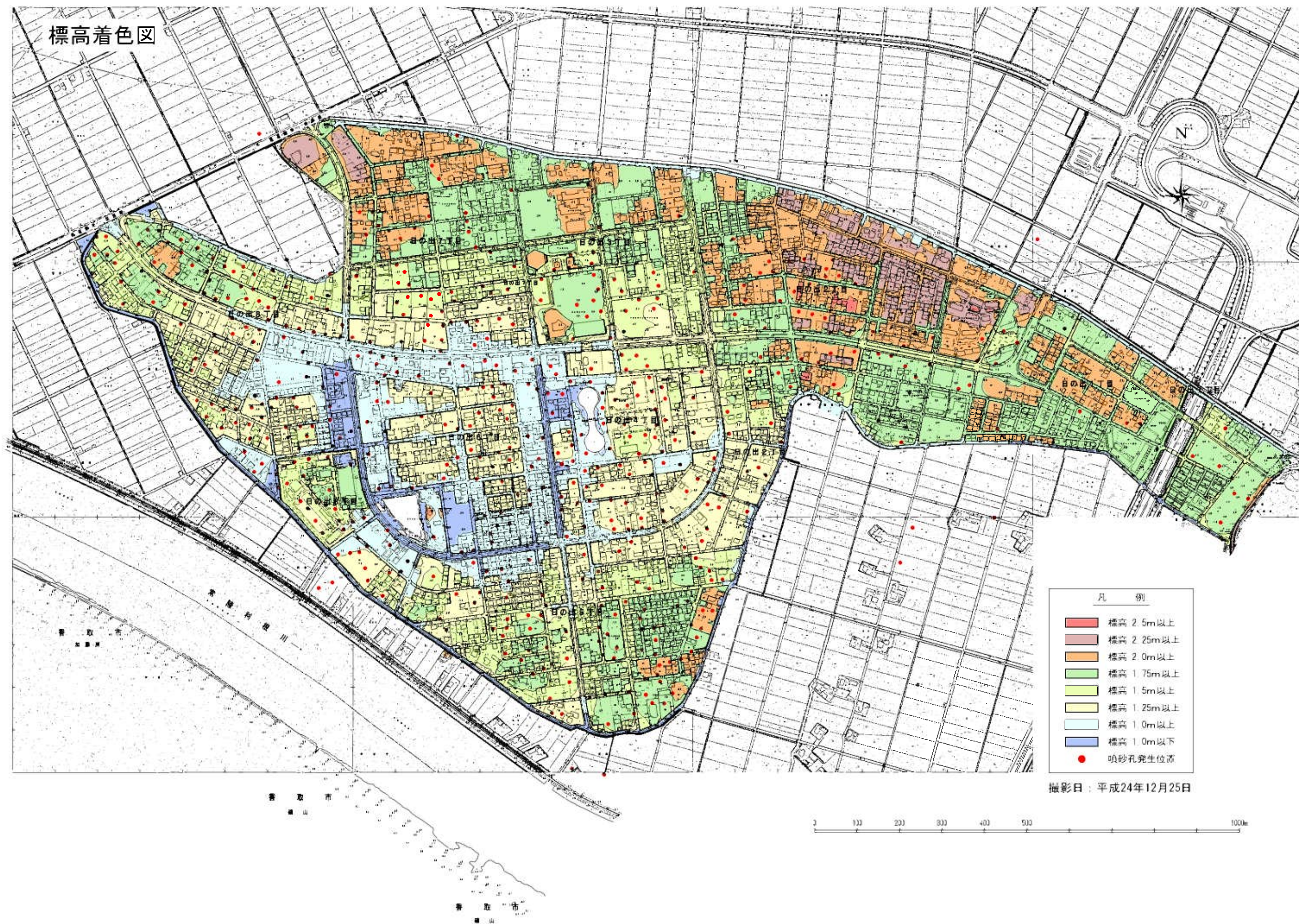
写真 1.4-33 噴砂孔



1.5 地形測量結果

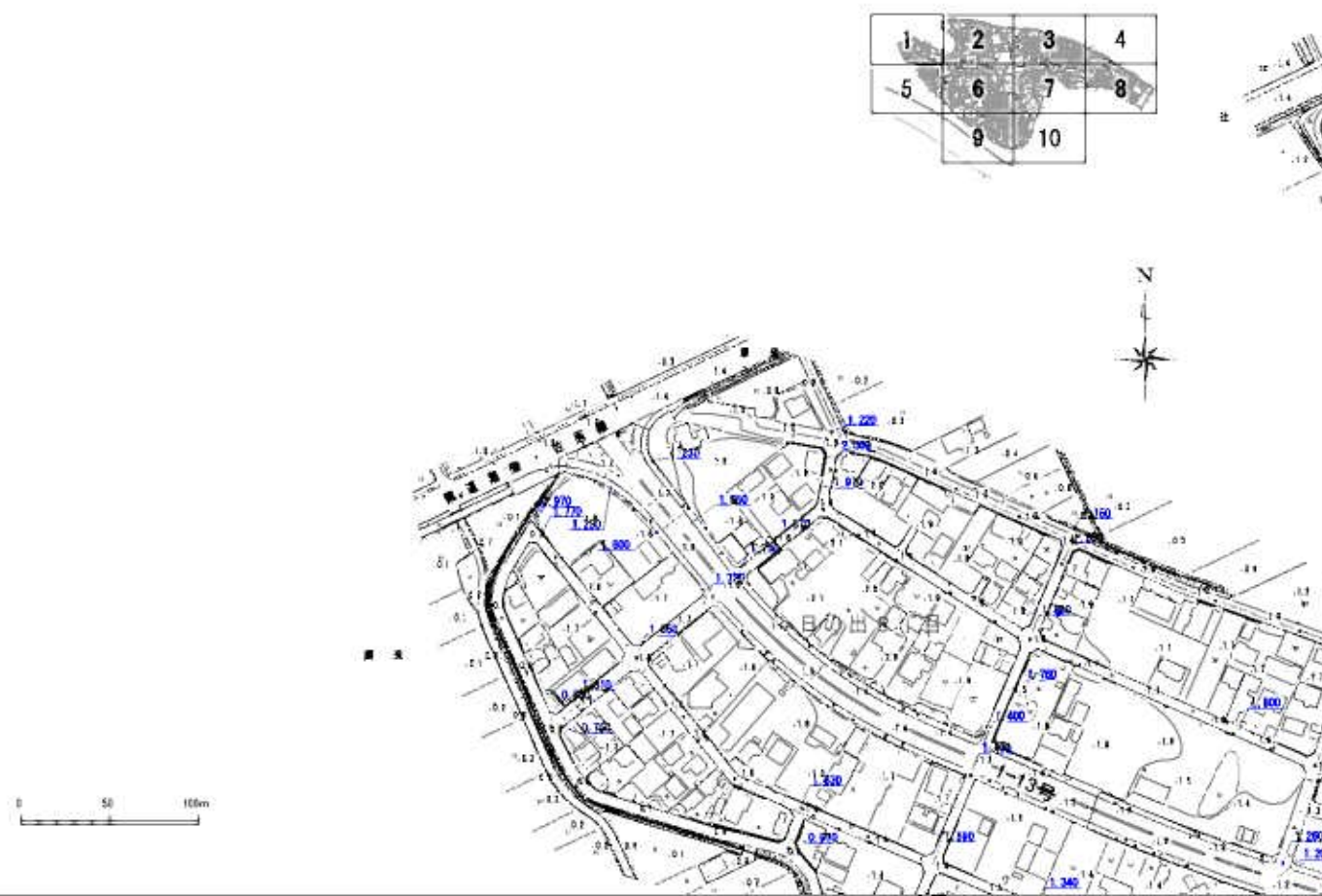
日の出地区の地形測量結果を以下に示す。

標高着色図

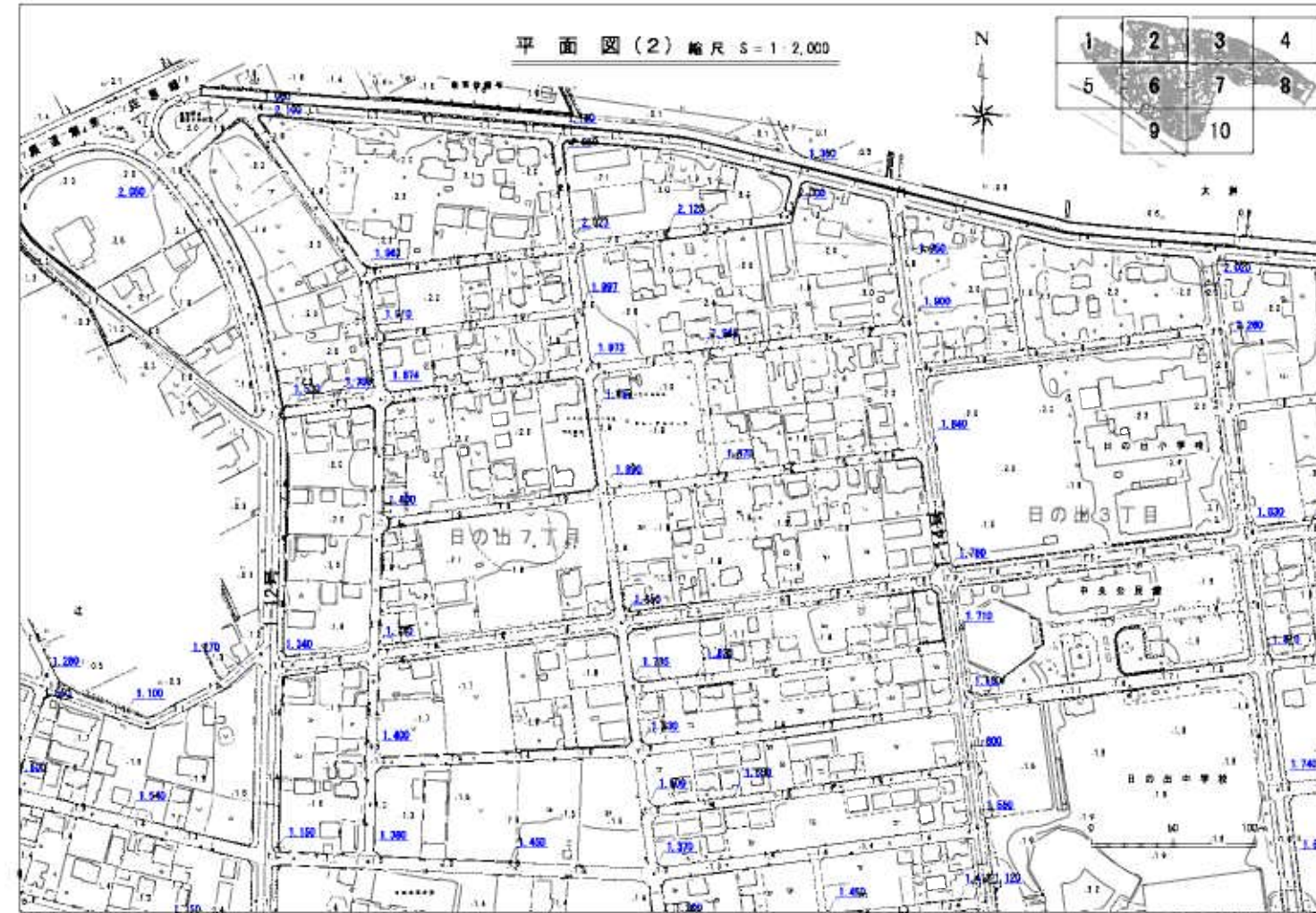


撮影日：平成24年12月25日

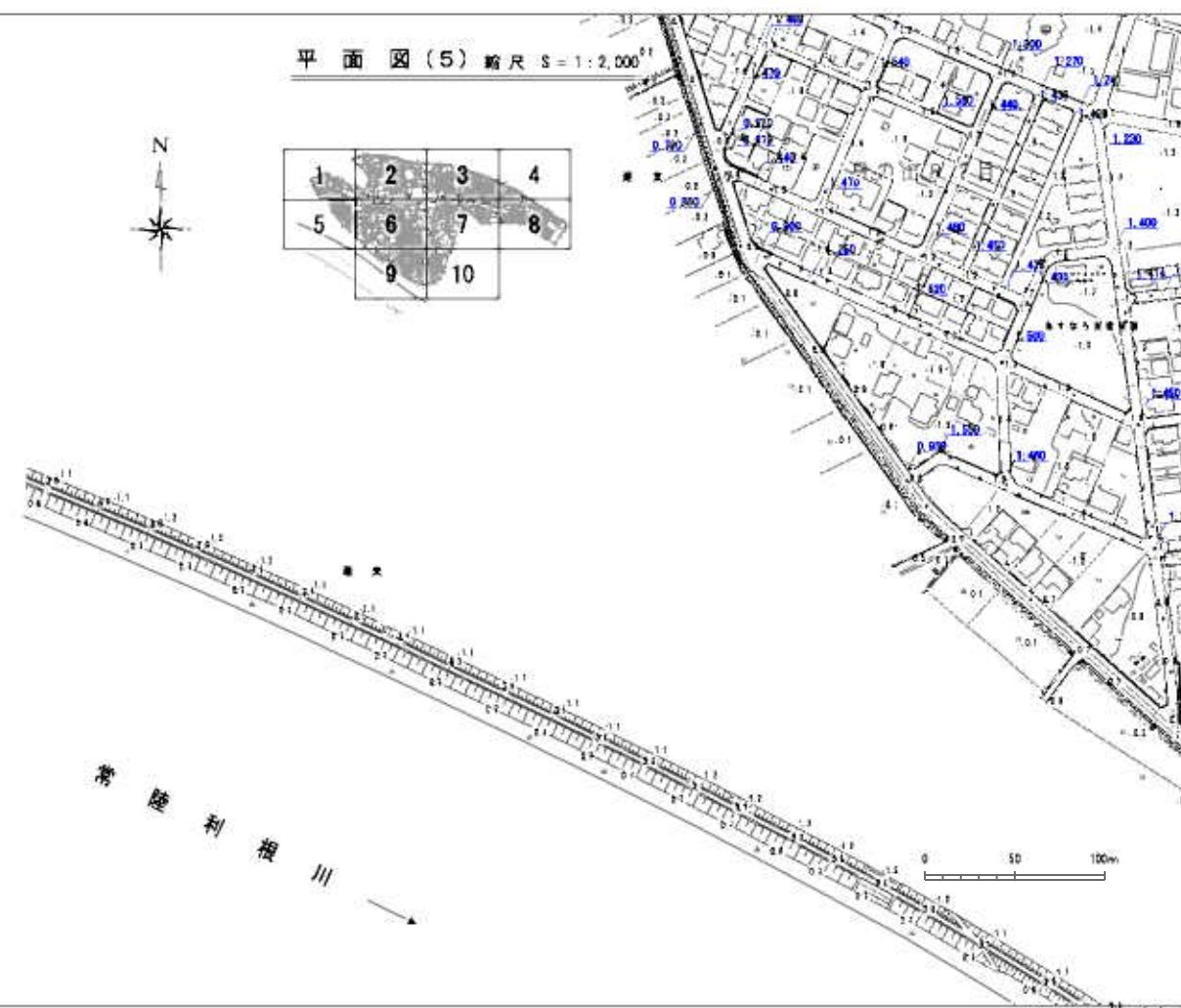
平面図(1) 縮尺 S=1:2,000



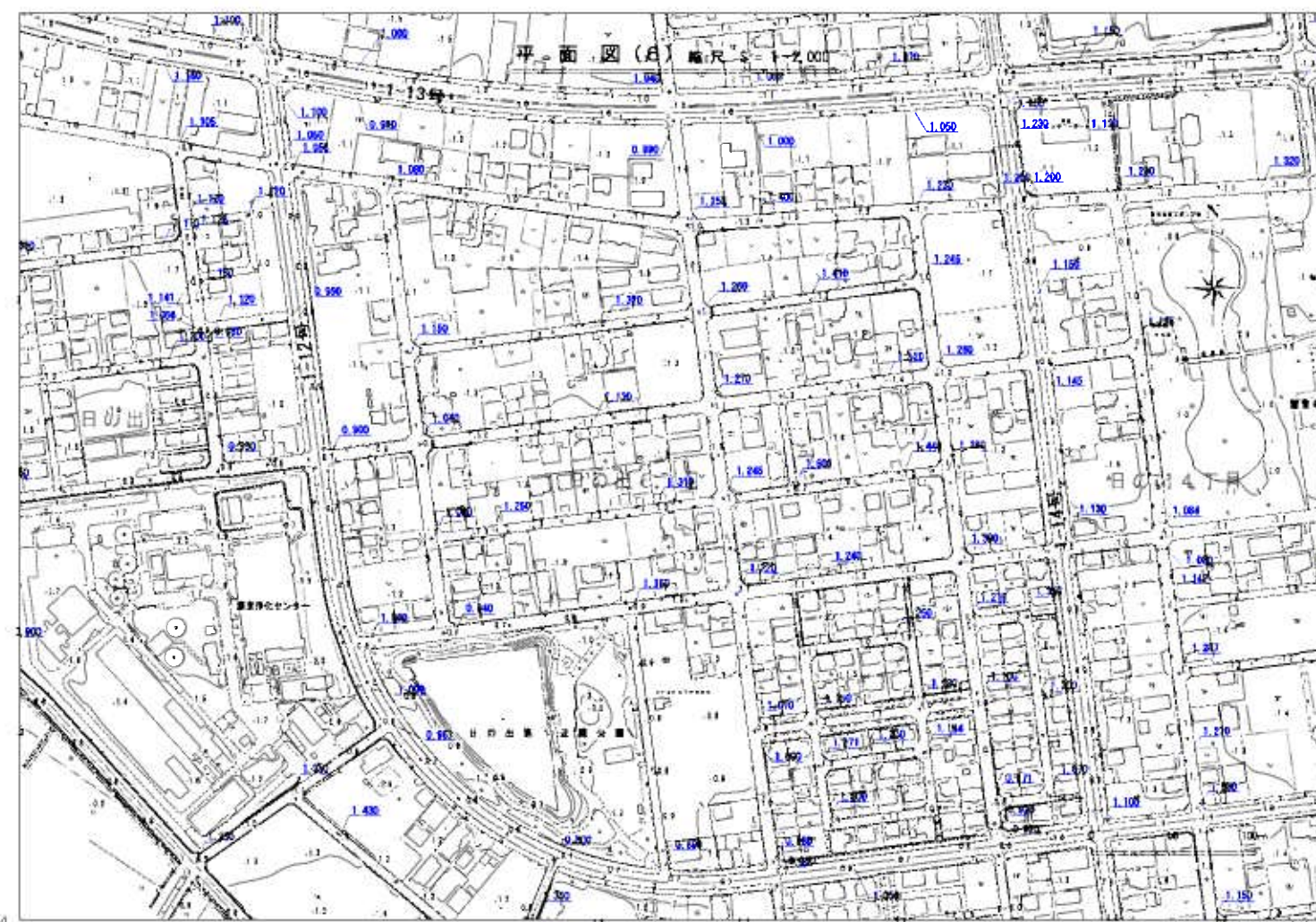
平面図(2) 縮尺 S=1:2,000



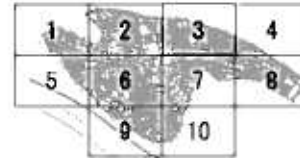
平面図(5) 縮尺 S=1:2,000



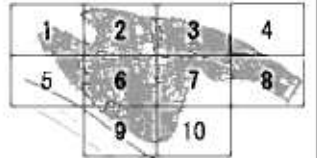
平面図(6) 縮尺 S=1:2,000



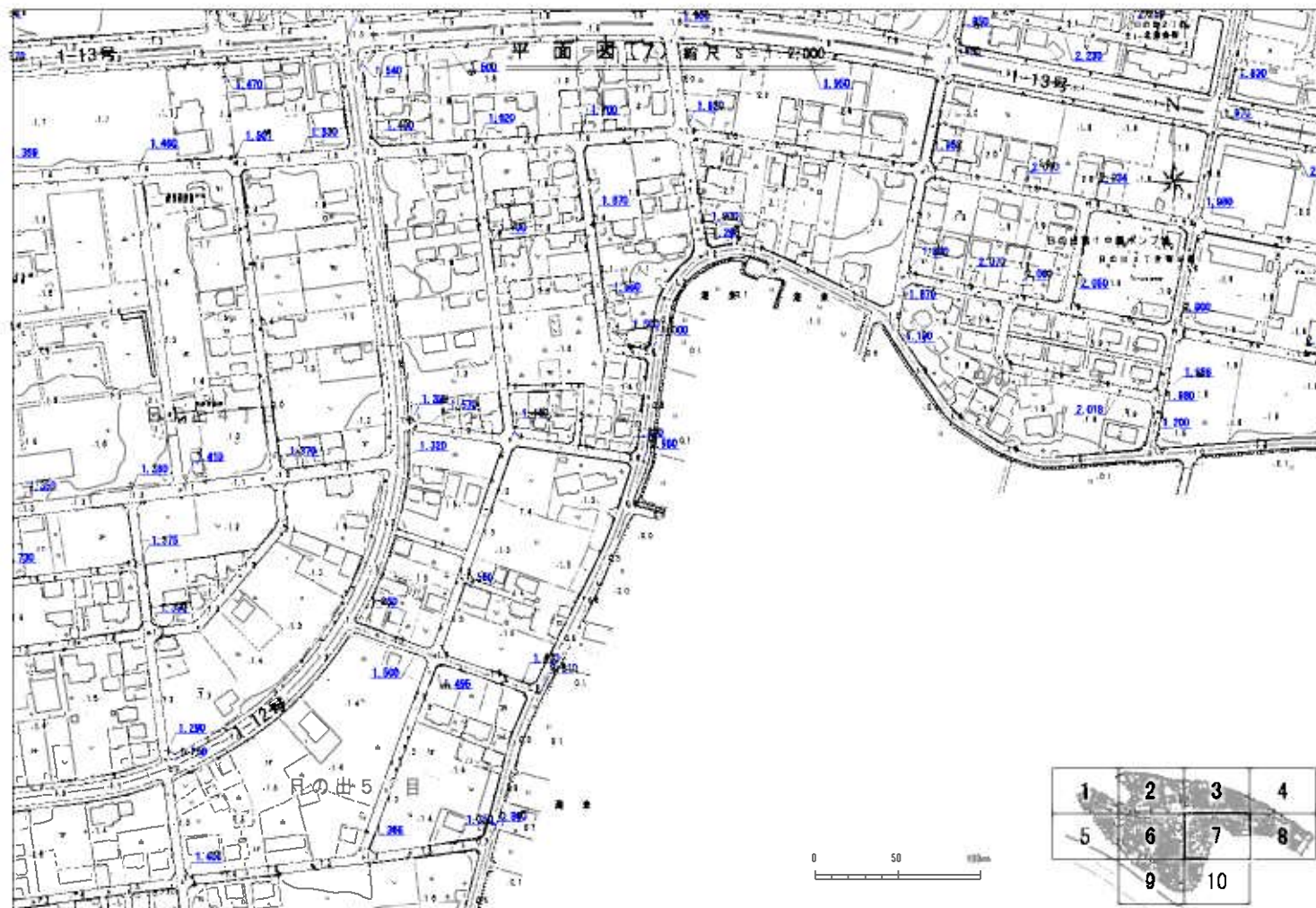
平面図(3) 縮尺 S=1:2,000



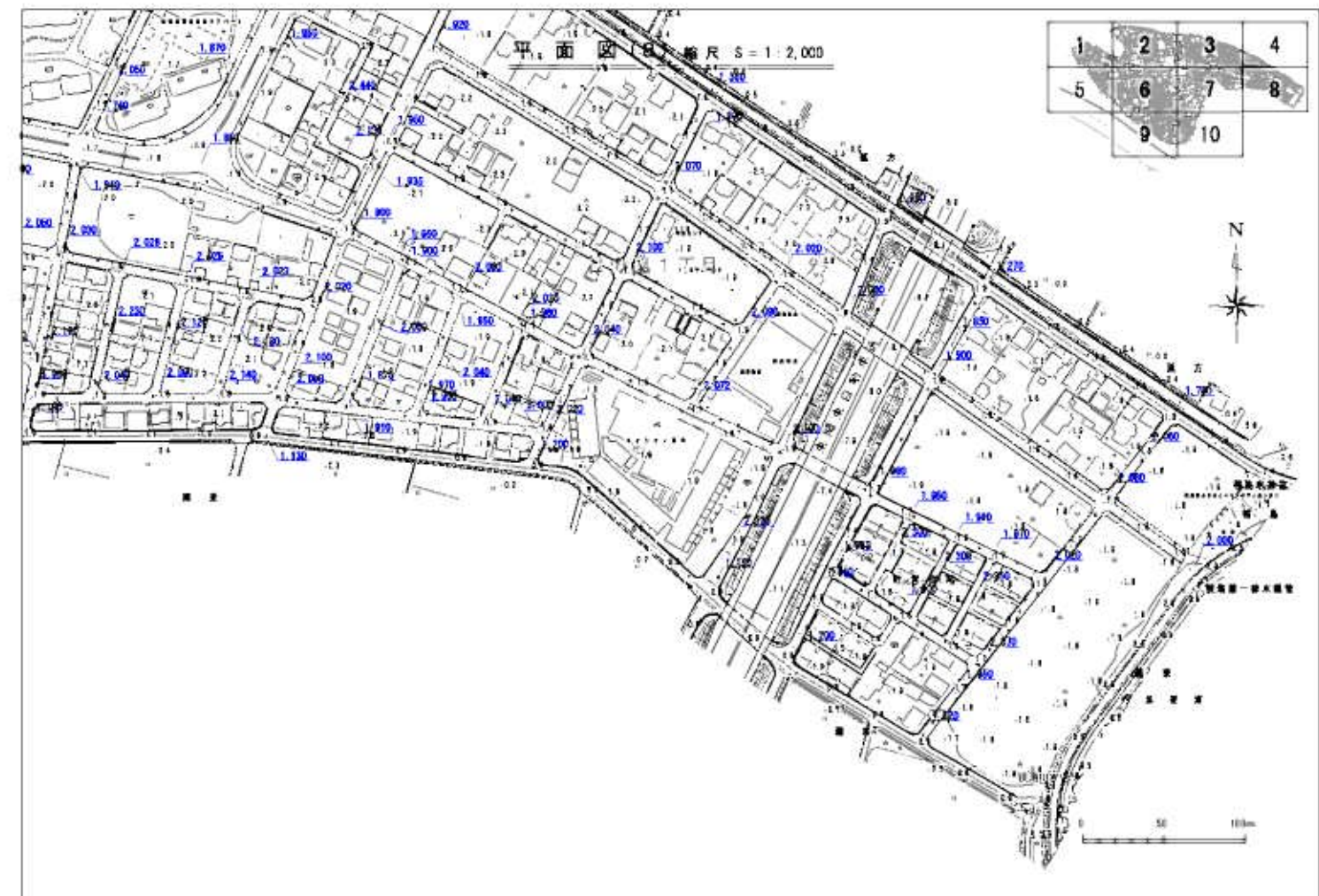
平面図(4) 縮尺 S=1:2,000

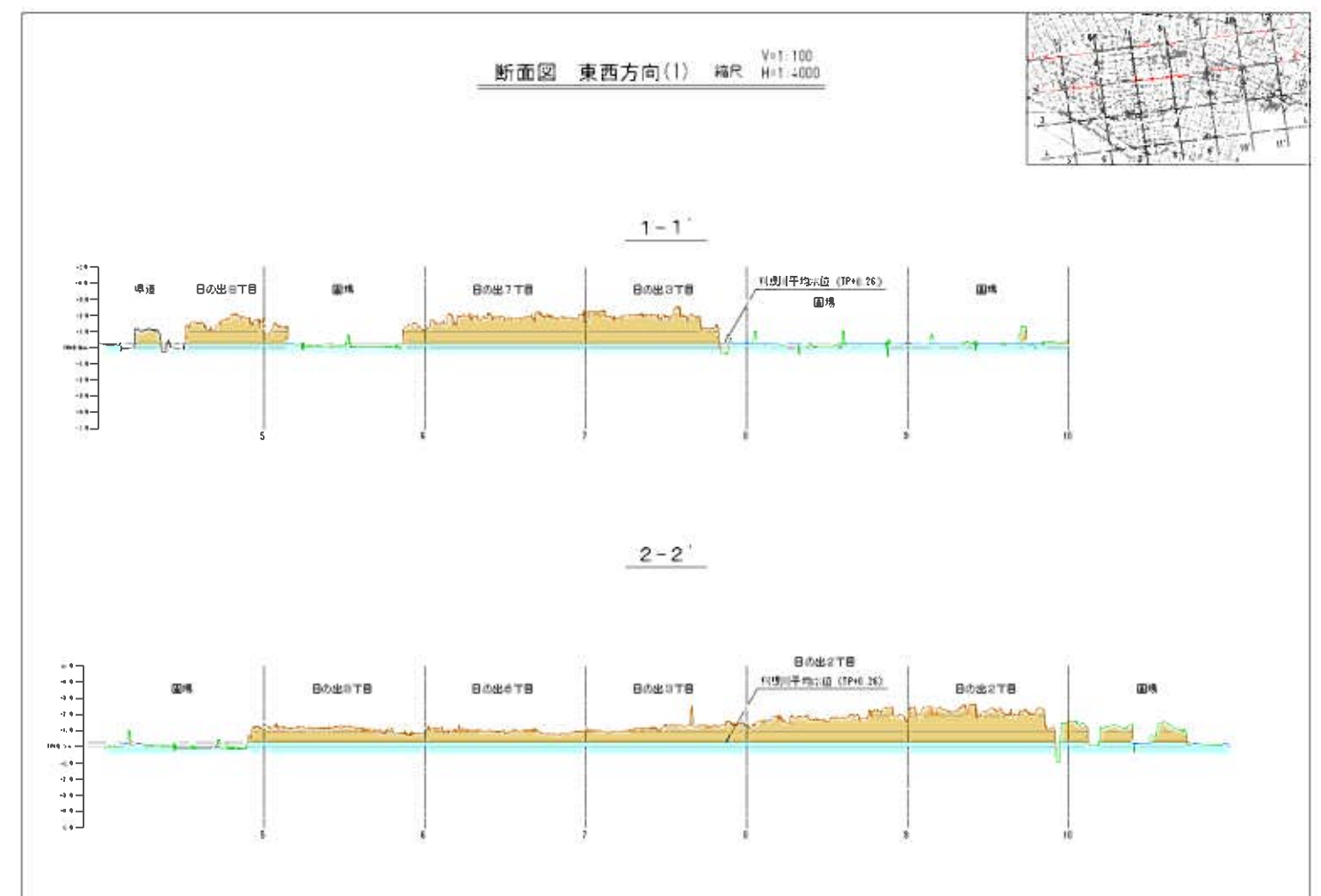
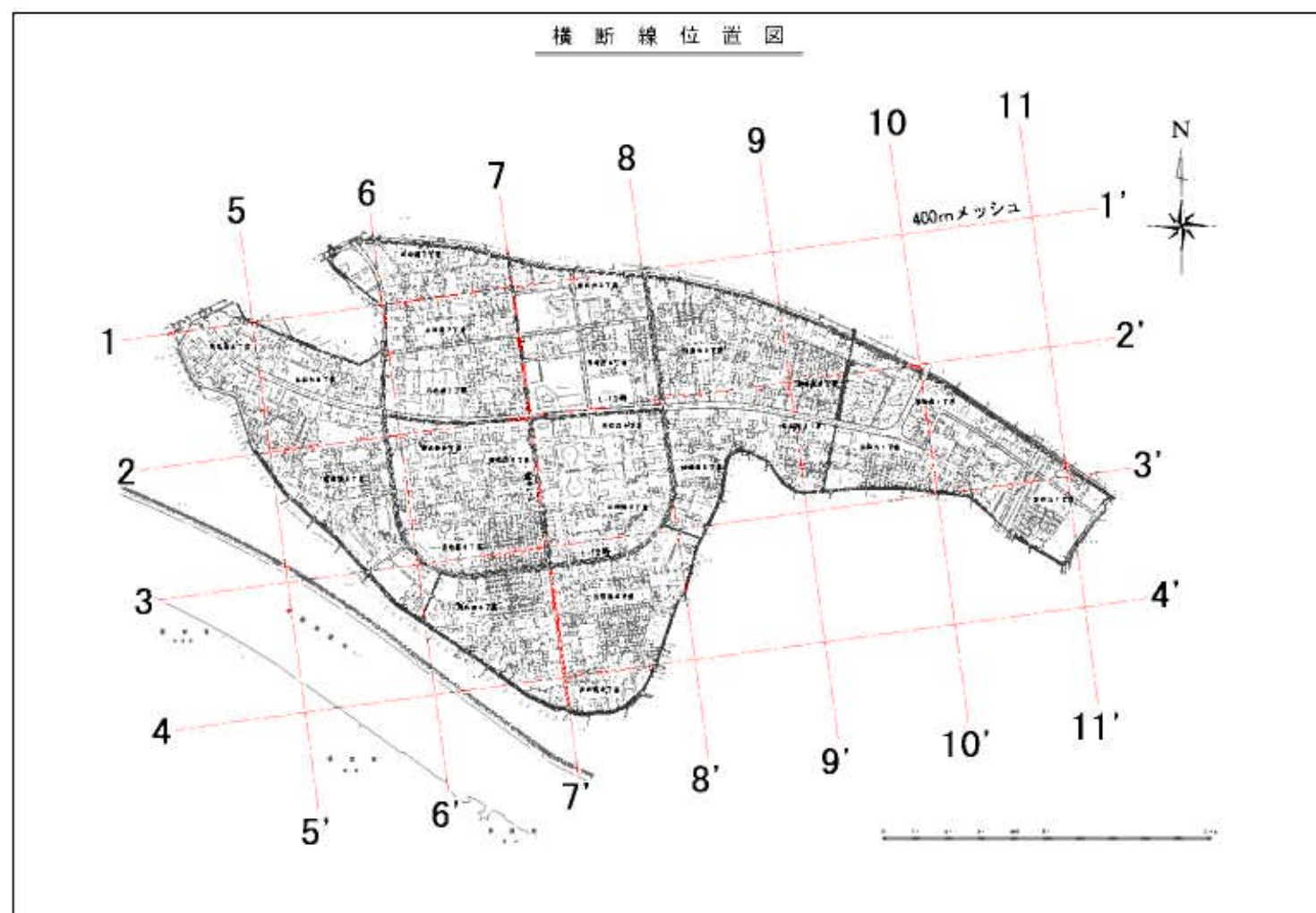
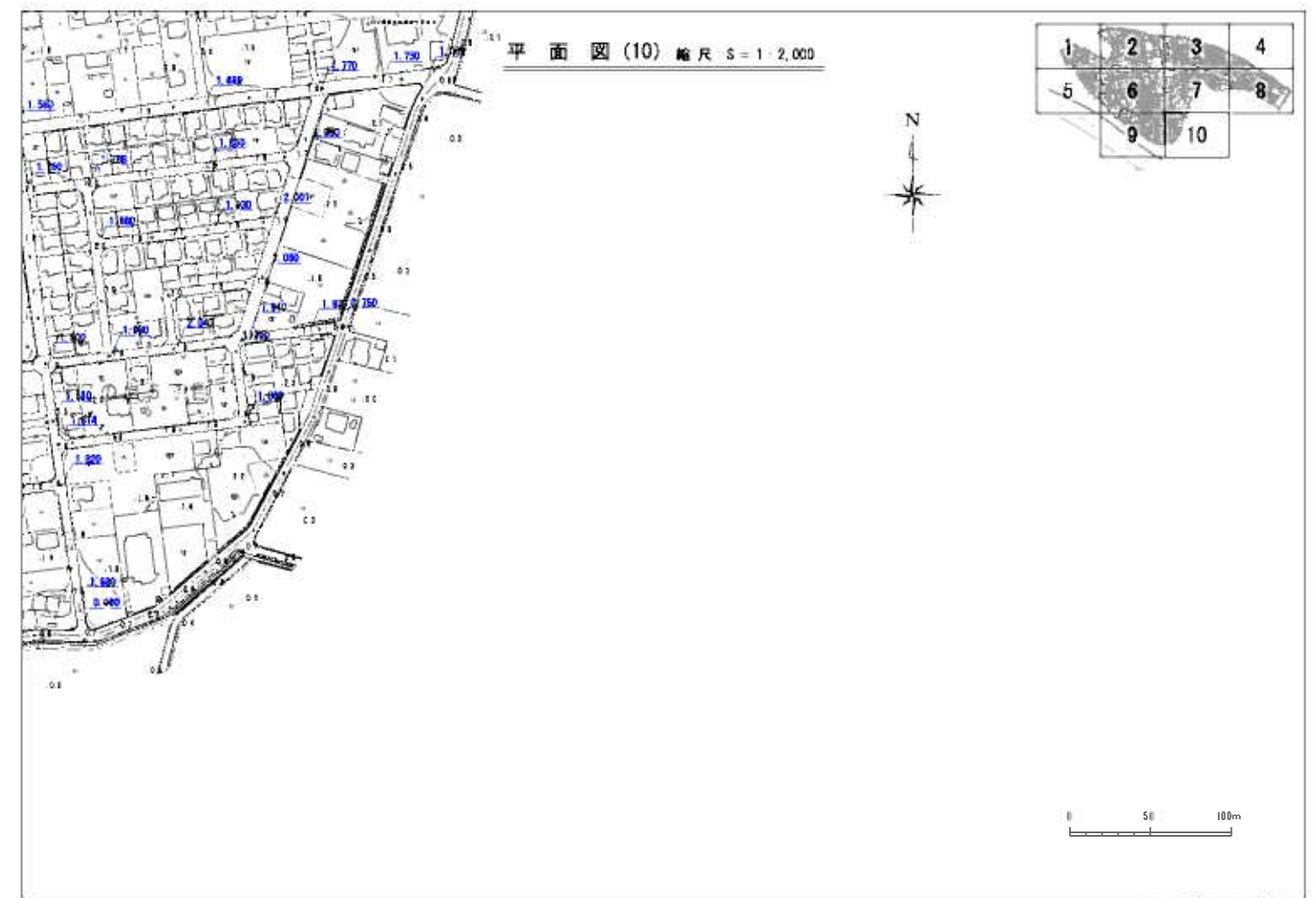
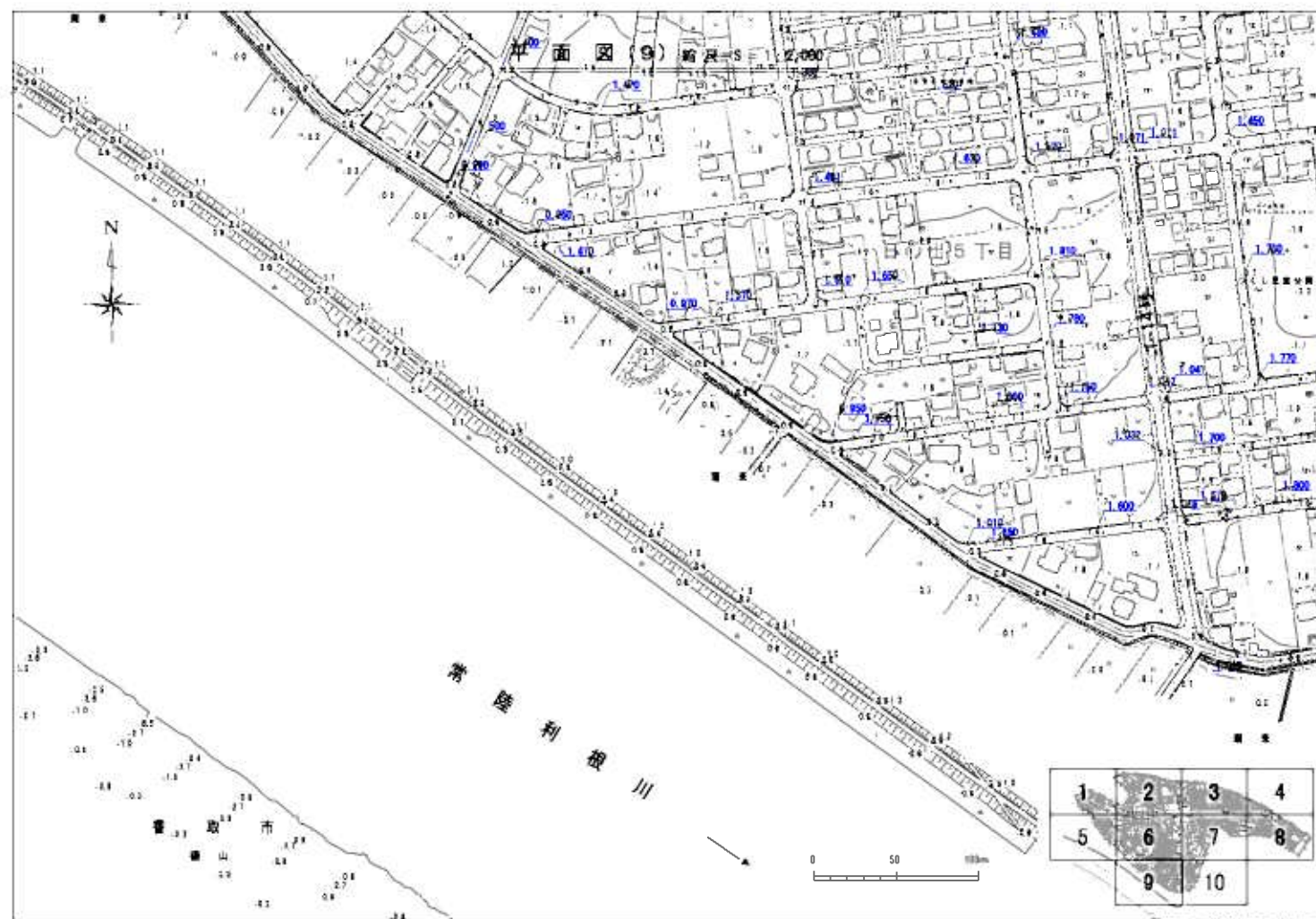


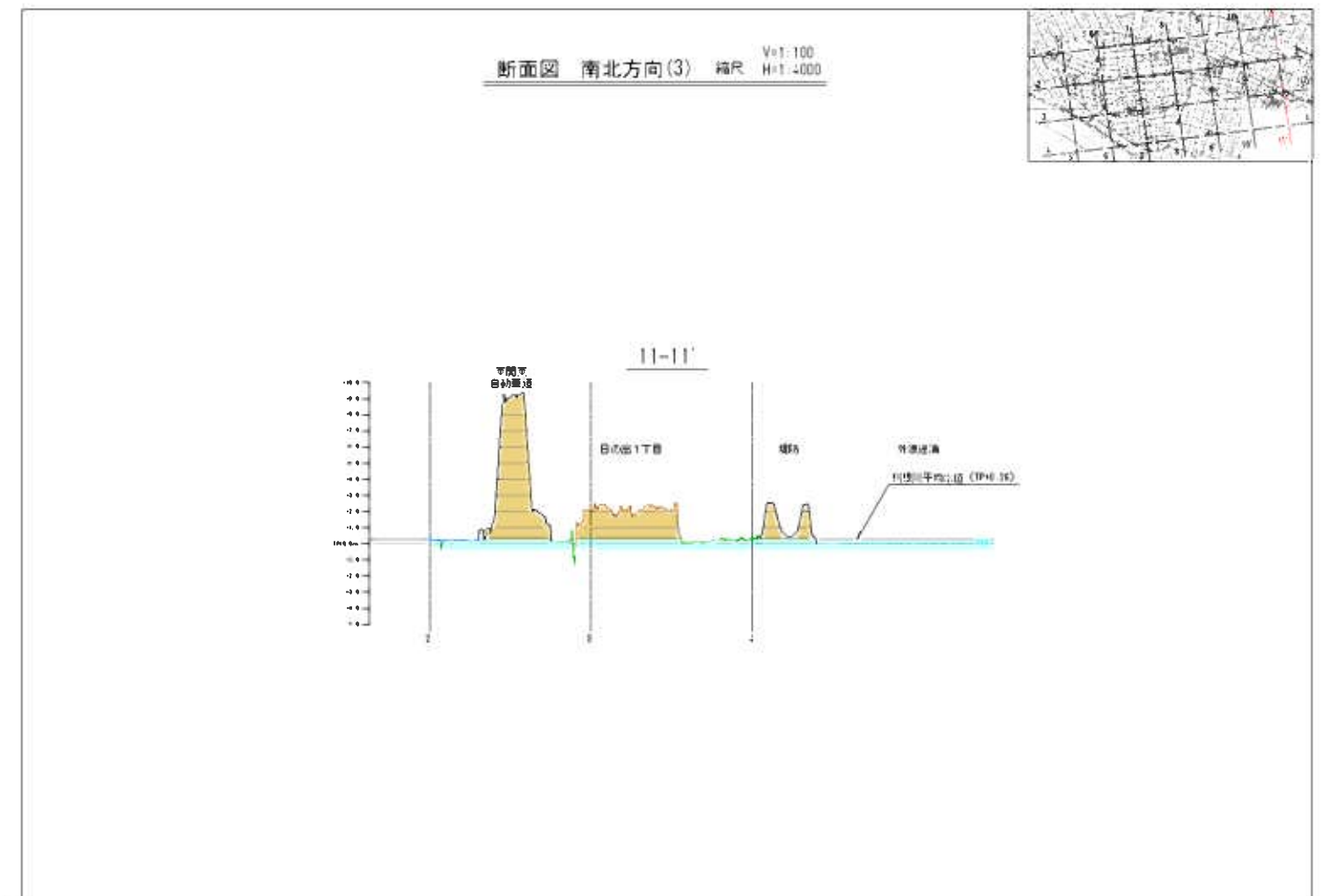
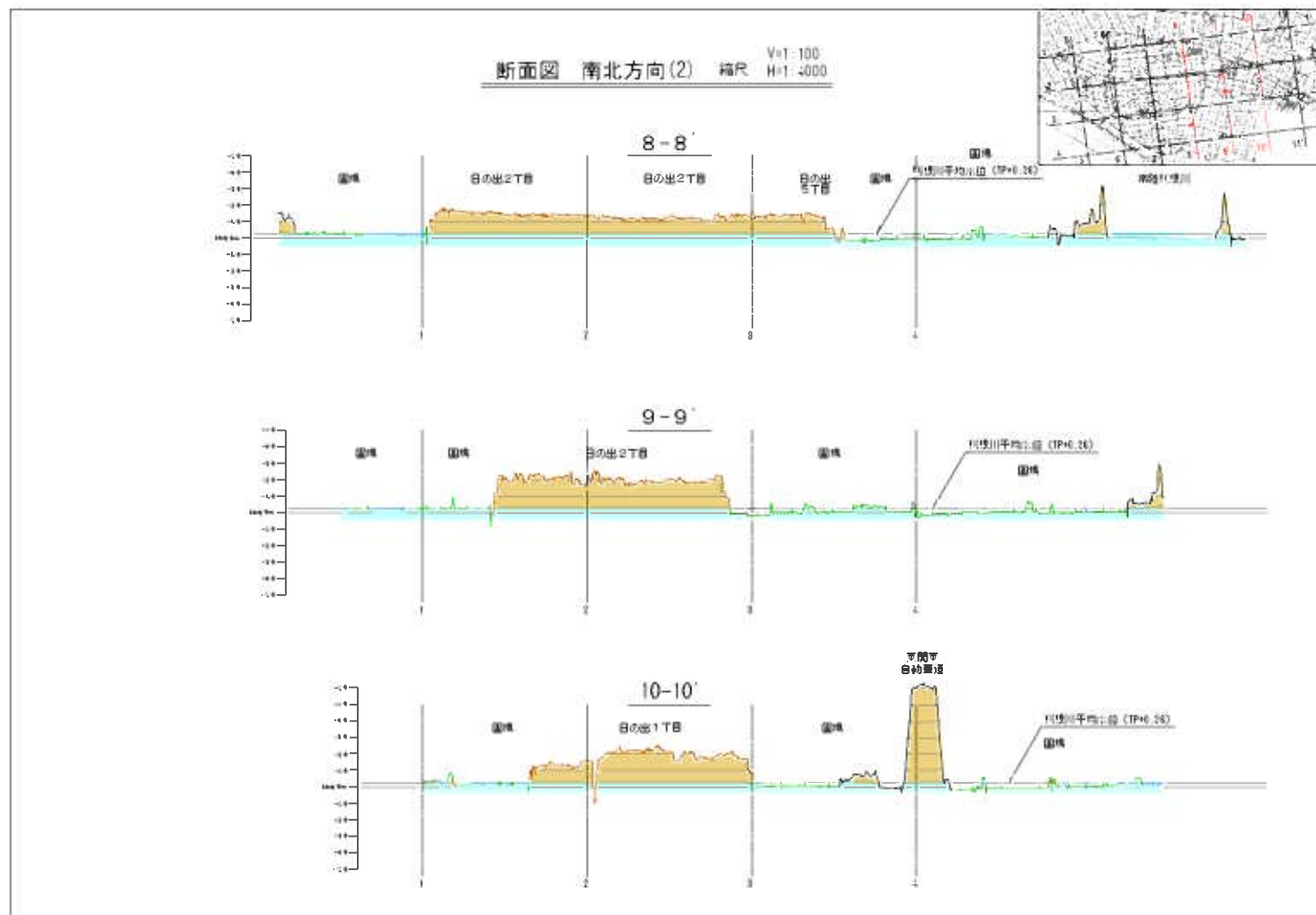
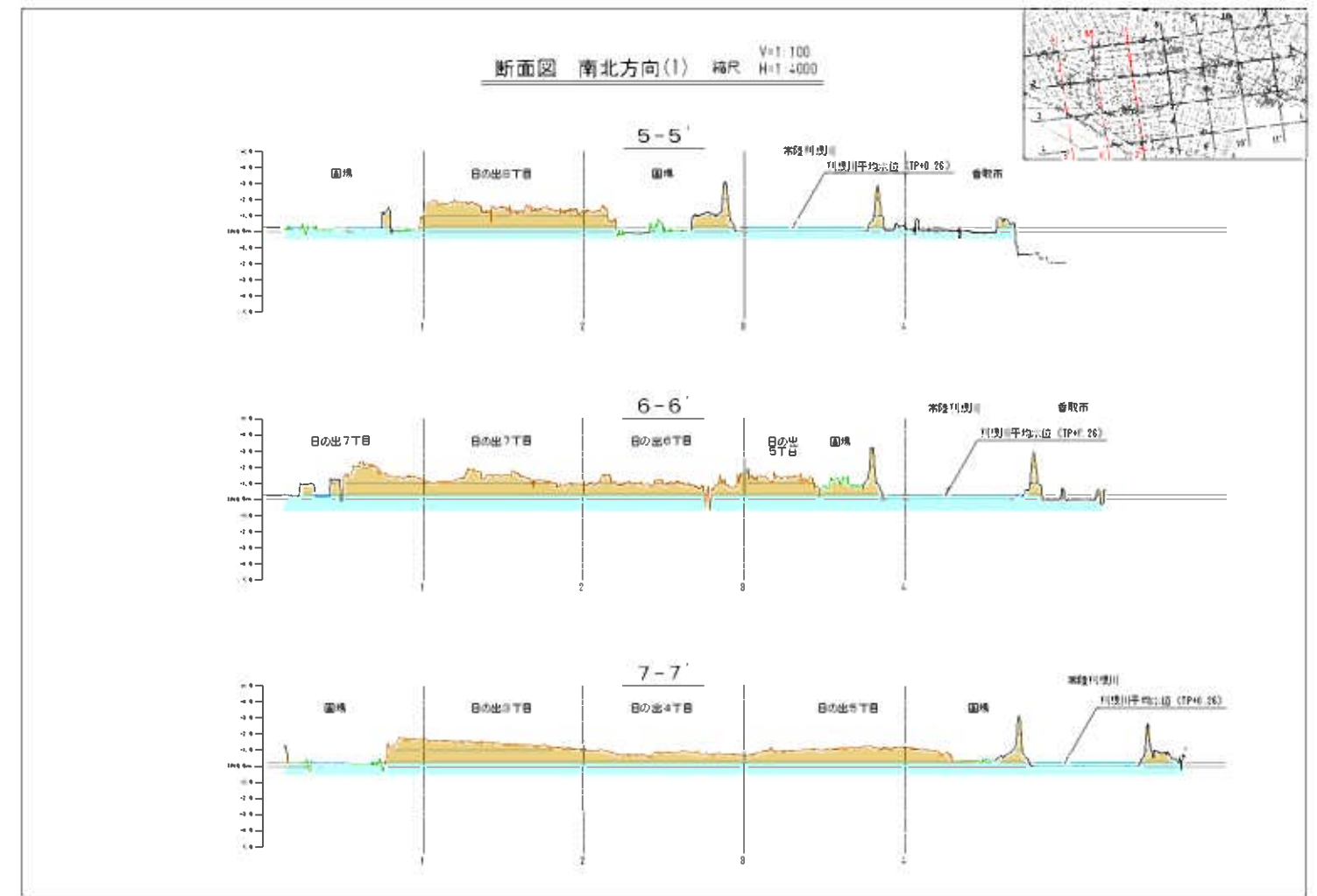
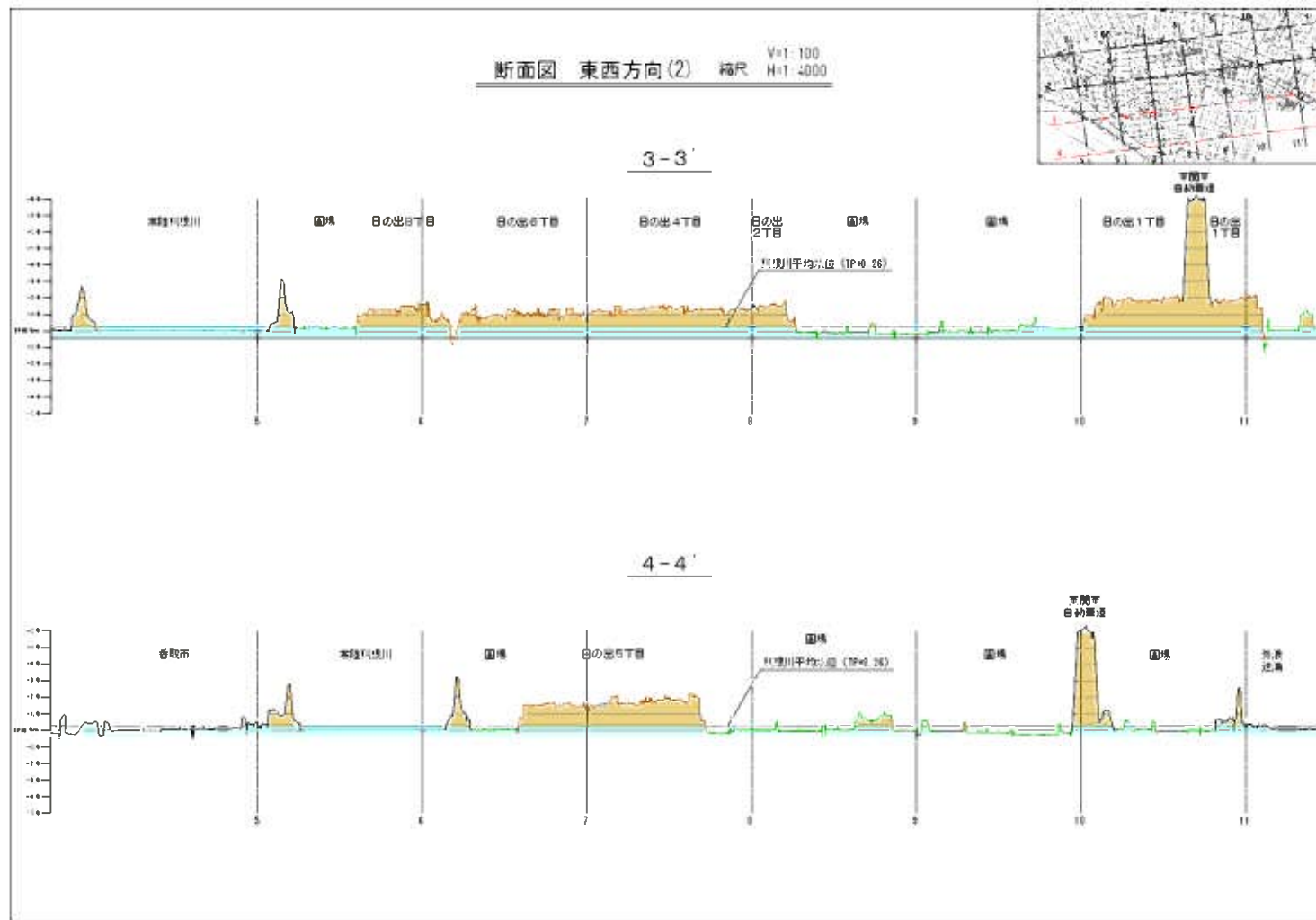
平面図(5) 縮尺 S=1:2,000



平面図(6) 縮尺 S=1:2,000







1.6 レーザー計測による沈下分布図

地震前と地震後に航空レーザー測量によって測量された標高データを用いて、地震後の沈下量を求めた結果を示す。

茨城県潮来市地形計測

標高差分段彩図+等高線 (H24-H18)

※本標高値差分に用いたH18年成果には
埋立地外の標高差分平均値-19.1cmを
一律シフトしたものを採用しています

1:2500



凡例

主曲線 0.2m単位



標高値差分 (H24年-H18年シフト)



※標高値差分には2時期それぞれの
航空レーザ計測の差異
(季節、仕様、機材、基準点、等)
が含まれています



計測日：(震災前) 平成18年9月19日～平成19年2月6日
(震災後) 平成24年4月 9日

注) 図中平坦地で横方向に3列見られる黄色の帯状の彩色は計測データの誤差に起因するものであり、実際の『標高差+0.1m～+0.3m』を示すものではない。
航空レーザ測量は、航空機が地上へ下向きに測距レーザを左右にスキャンし(振り)ながら連続発射して飛行することにより、地上の正確な位置と標高を面的に測るものである。機材特性上、そのスキャン左右端ではデータ精度が劣ることがあり、飛行高度が高い場合や機材によっては避けられない。今回は比較対象が低高度かつ最新機材による計測の為、測量許容精度内ではあるものの震災前後でスキャン左右端の僅かな歪みが系統的に見えてしまう結果となっている。

第2章 液 状 化 検 証

第2章 液状化検証

2.1 震災前の液状化計算

地震発生前に調査が行われているボーリング調査結果を用いて、地盤モデルを作成し液状化の計算を行った。

液状化の計算は「東日本大震災による液状化市街地の復興に向けた検討・調査について(ガイダンス(案))」に準拠して「建築基礎構造設計指針(日本建築学会)」の計算手法を用いて計算を行う。

液状化の計算に用いる地震動は、実際の地震動に相当する(M9.0, 300gal)を用いた。

2.1.1 震災前の液状化計算結果

震災前の液状化計算結果を次ページに示す。

震災前のボーリングは本数が限られているが、日の出地区全体の概略的な液状化判定を行った結果、北側のボーリング b-4、東側のボーリング d-1 以外では、全て表層の液状砂層部分で液状化が発生する結果となった。

また、この結果を Google マップで確認できた液状化発生位置の図面と照らし合わせると、北側のボーリング b-4、東側のボーリング d-1 位置では液状化の発生が見られないことから、計算結果と一致していると考えられる。

液状化計算で液状化すると判定された層の厚さは 2.0m～3.0m 程度である。震災後の液状化した地盤の沈下量は数 10cm あり、地盤の沈下は液状化による砂層の体積変化(しまり)だけではなく、砂の噴出や側方流動によるものであると考えられる。

写真 2.1-1 に道路部の被災状況を示す。



汚水管の浮上

噴砂による道路のひび割れ

写真 2.1-1 道路部の被災状況

写真 2.1-2 に三角池の西側にある雨水ポンプ場の被害状況を示す。

三角池からの流入渠部が浮上し、集会所が傾いているのがわかる。

また、薄緑色の建物は杭基礎の建築物で、液状化により地盤が 40cm 程度下がっている。



写真 2.1-2 雨水ポンプ場の地盤の沈下状況

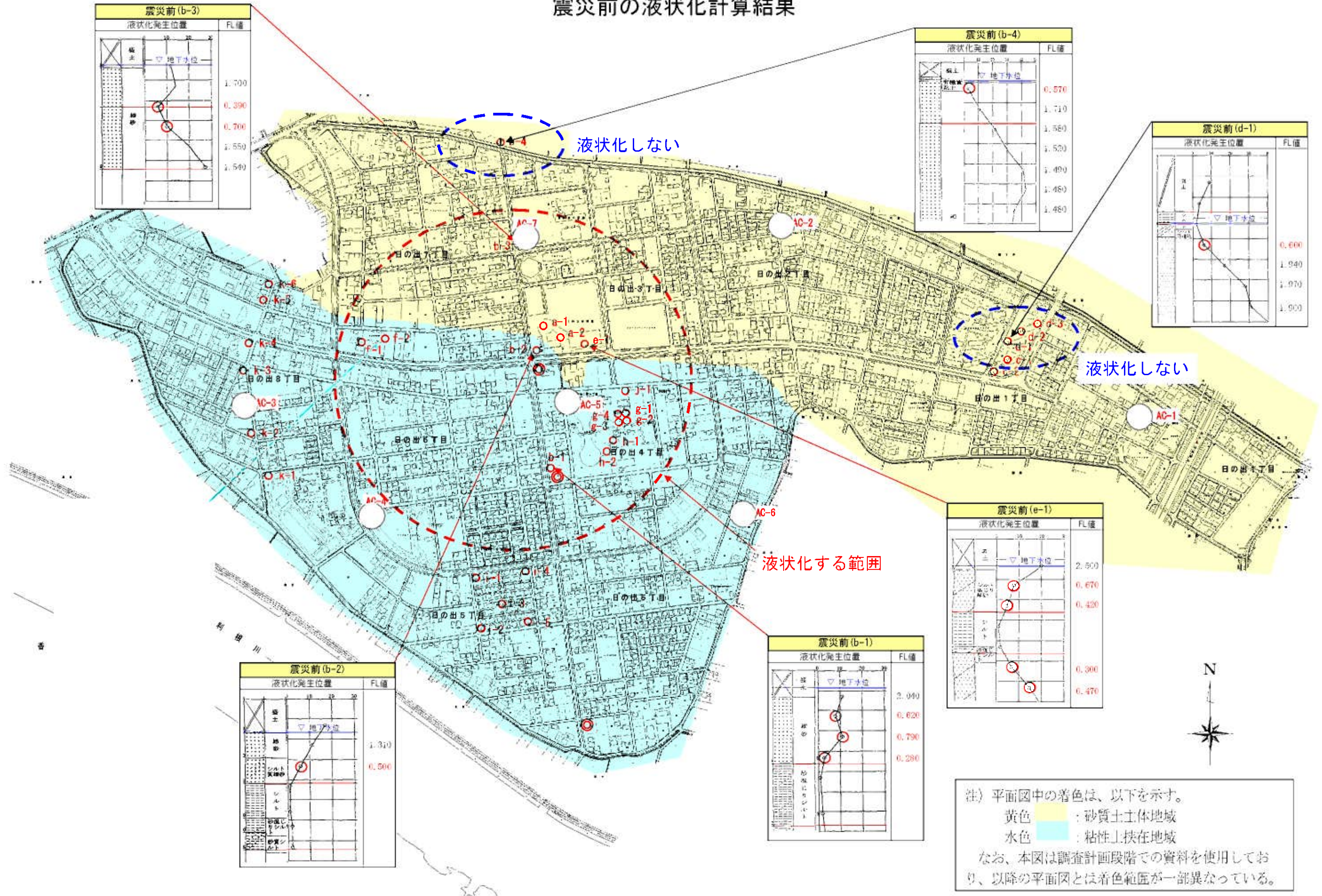
写真 2.-3 に沈下した隙間部分のアップを示す。写真 1-3 から分かるように、隙間の下は空洞でなく噴出した砂がぎっしり詰まっている。

このことから、建物周りの地盤沈下は、流入渠の浮上した空隙部や、杭基礎の底版下へ液状化した砂が流れ込むことにより、より沈下が大きくなったものと考えられる。



写真 2.1-3 沈下部のアップ

震災前の液状化計算結果



【参考】液状化の計算式

建築基礎構造設計指針(日本建築学会)P62～P64 より抜粋

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、液状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土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。

(2) 液状化危険度予測

液状化判定は図 4.5.1～4.5.4 を用い、以下の手順により行てよい。

(a) 検討地点の地盤内の各深さに発生する等価な繰返しせん断応力比を次式から求める。

$$\frac{\tau_d}{\sigma'_v} = r_u \frac{\alpha_{max}}{g} \frac{\sigma_z}{\sigma'_v} f_d \quad (4.5.1)$$

ここに、 τ_d は水平面に生じる等価な一定繰返しせん断応力振幅 (kN/m²)、 σ'_v は検討深さにおける有効土被り圧 (鉛直有効応力) (kN/m²)、 r_u は等価の繰返し回数に関する補正係数で 0.1(M-1)、 M はマグニチュード、 α_{max} は地表面における設計用水平加速度 (cm/s²)、 g は重力加速度 (980 cm/s²)、 σ_z は検討深さにおける全土被り圧 (鉛直全応力) (kN/m²)、 f_d は地盤が剛体でないことによる低減係数で次式で与えられる。

$$f_d = 1 - 0.015z \quad (4.5.2)$$

ここに、 z はメートル単位で表した地表面からの検討深さである。

(b) 対応する深度の補正 N 値 (N_0) を、次式から求める。

$$N_1 = C_N \cdot N \quad (4.5.3)$$

$$C_N = \sqrt{98/\sigma'_v} \quad (4.5.4)$$

$$N_0 = N_1 + \Delta N_f \quad (4.5.5)$$

ここに、 N_1 は換算 N 値、 C_N は拘束圧に関する換算係数、 ΔN_f は細粒分含有率 F_c に応じた補正 N 値増分で、図 4.5.2 による。 N はトンビ法または自動落下法による実測 N 値とする。

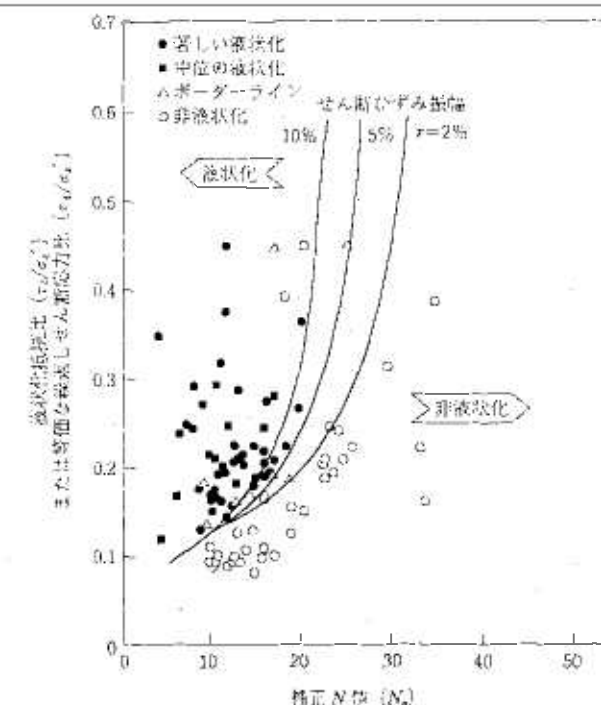


図 4.5.1 補正 N 値と液状化抵抗、動的せん断ひずみの関係^(4.5.1)

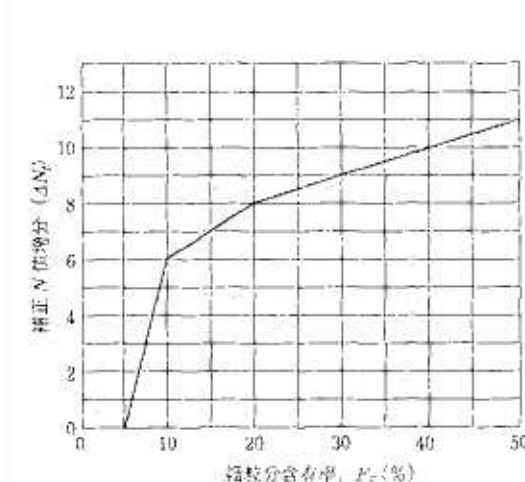


図 4.5.2 細粒分含有率と N 値の補正係数^(4.5.2)

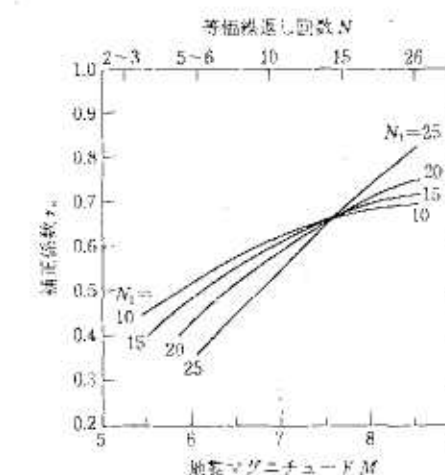


図 4.5.3 補正 N 値、マグニチュード、繰返し回数と補正係数の関係^(4.5.3)

(c) 図 4.5.1 中の限界せん断ひずみ曲線 5% を用いて、補正 N 値 (N_0) に対応する飽和土層の液状化抵抗比 $R = \tau_d/\sigma'_v$ を求める。ここに、 τ_d は、水平面における液状化抵抗である。

(d) 各深さにおける液状化発生に対する安全率 F_l を次式により計算する。

$$F_l = \frac{\tau_d/\sigma'_v}{\tau_d/\sigma'_v} \quad (4.5.6)$$

(4.5.6) 式から求めた F_l 値が 1 より大きくなる土層については液状化発生の可能性はないものと判定し、逆に 1 以下となる場合は、その可能性があり、値が小さくなるほど液状化発生危険度が高く、また、 F_l の値が 1 を切る土層が厚くなるほど危険度が高くなるものと判断する。

