

---

## 参 考 资 料

---



## 1. はじめに

大都市を襲った千葉県東方沖地震や阪神淡路大震災などの調査研究を経て、ほとんどの液状化－流動化は人工地層で発生していることが、明らかになった。また、その発生主体は水域埋立層である。ちなみに、国際地質科学連合(IUGS)環境管理研究委員会(GEM)から、次の国際宣言が出されている(2011年6月18日)。「東日本大震災では、水面埋立地・谷埋立地内の人工地層で液状化－流動化・地波現象が大規模にみられ、それによる地質災害が発生しました。人工地層の分布は、日本のみならず、全世界で拡大しています。大規模地質災害の防止のために、人工地層と下位の自然地層境界との不連続、すなわち人自不整合の綿密な調査が必要です。そして、人工地層内の単元(時間的単元・物性的単元)の綿密な調査が重要です。」

水域埋立層は、埋立物質の供給源(サンド・ポンプからの噴出口)側から、次のように形成される。

上流物性的堆積層(USML)：パイプの吹き出し口周辺に堆積する、礫・粗粒砂・貝殻などの粗粒物質である。

中流物性的堆積層(MSML)：パイプから吹き出された噴出体のほぼ中間あたりに堆積する、中粒砂～細粒砂などの中粒物質である。

下流物性的堆積層(LSML)：パイプから吹き出された噴出体の先端部分に堆積する、シルト・粘土などの細粒物質である。

また、水域埋立層の液状化－流動化現象は、人自不整合(JJU)面の上位にある人工地層(MMS)中の中流物性的堆積層(MSML)で発生することが明らかになっているが、液状化－流動化現象の正しい把握には、下位の自然地層の歴史的物性特性と液状化－流動化の時相も重要であることが指摘されてきている。

したがって、潮来市「日の出地区」の液状化－流動化被害の対策工を立案・採用する場合には液状化・流動化現象の詳細な機構解明を実施しない限り完璧な対策は不可能である。したがって、次に挙げるような調査・診断を実施して、「日の出地区」の人工地層形成過程を明らかにし、対象地の液状化・流動化防止対策として最も経済的かつ、効果的と考えられる地下水位低下工法＝みずみちネットワーク対策の有効性を提唱してきた。

### 人工地層の調査と自然地層の調査

#### 【人工地層調査】

人自不整合(JJU)・浚渫埋立層基底(RSB)・上流物性的堆積層(USML)・中流物性的堆積層(MSML)・下流物性的堆積層(LSML)

液状化－流動化診断：地質オール・コアの剥ぎ取り試料診断・液状化－流動化トレンチ調査診断・X線撮影診断・粒度分析

#### 【自然地層調査】

##### コア観察・記載

##### 調査孔を利用した原位置試験

◎電気検層(ノルマル・マイクロ)

◎PS検層

◎温度検層

◎密度検層

#### 地層分析

◎珪藻化石分析

◎花粉化石分析

◎古地磁気測定

◎地層年代測定

◎成分分析 ①塩分濃度

②重金属分析

総合解析(液状化・流動化、ただし、地波現象は今回は対象外とした)

## 2. 潮来市「日の出」における人工地層と液状化－流動化

### 2-1 人自不整合(JJU) 浚渫埋立層基底(RSB)

「日の出地区」の埋立造成地は、内浪逆浦干潟を1931年から干拓した水田を埋立して1970年から形成された。そのために、人自不整合が耕作土の下位にある地域と直接干潟堆積層に接する地域の2種類がある。

調査の結果、当該区域の液状化－流動化した地質は人工地層で形成された埋立層であるので、埋立層の主体をなす浚渫埋立層の基底深度(≒人自不整合の深度)を明らかにした(図2-1-1)。

### 2-2 下流物性的堆積層

シルト・粘土からなる下流物性的堆積層は、「日の出地区」中央部で、層厚が94cm～62cm程度であるが、周辺部でも層厚を増している。また、中央部と周辺部間には、大きなドーナツ状に下流物性的堆積層の無堆積帯が存在するように推定されるが、オールコアボーリングを実施していないために不明である(図2-1-2)。

### 2-3 中流物性的堆積層

液状化－流動化層に対応する人工地層である。外浪逆浦の湖底からポンプ船で浚渫・流送された中粒砂～細粒砂層が主体である。「日の出地区」全域に3m前後の層厚で分布する(図2-1-3)。

### 2-4 上流物性的堆積層

一部に粗粒砂や貝殻密集部が挟在する。サンド・ポンプの流出口付近の堆積物と思われる(図は省略)。

### 2-5 人工地層断面図

「日の出地区」の人工地層断面図を2断面(A-A'・B-B')作成した(図2-5-1)。シルト・粘土からなる下流物性的堆積層が、人自不整合面上に分布する。

そして、中粒砂～細粒砂層からなる中流物性的堆積層が主体をなす（図 2-5-2・図 2-5-3）。

## 2-6 液状化～流動化診断

液状化現象は地震動によって、間隙水圧が上昇する現象である。液状化診断では、この現象の認識が重要である。例えば、水域埋立層に形成されていた葉理（Lamina）が、液状化現象で原型葉理より太るといったことである。診断には多くの例があるが、それらの範囲が、液状化範囲(L)である。したがって、液状化現象は極微小部で、地震動入力初期に発生するものである。

液状化現象の直後に流動化現象が発生する。流動化現象は、人工地層中の堆積構造が崩れ、流動化する現象である。厳密に述べるならば、前述の葉理が太くなる段階で、流動化初期と理解することもできる。流動化現象の典型的な例は、葉理などの堆積構造の原型が無くなることである。また、地層中に流動化によって、新たな堆積構造が形成されることもある。つまり、原型葉理である水平葉理の堆積構造が垂直に切られ、垂直な葉理の再配列が認められることもある。したがって、この現象で粒子の分級も行われ、さらに再液状化～流動化現象が発生しやすくなる。これらの現象が認められる範囲を液流動化範囲（LF）としている。一般的に液状化被害と呼ばれる現象は、流動化現象によるものである。また、これらの誘因として地波現象もあるが、ここではふれない。

一方、非液状化層は、人工地層形成時の堆積構造が維持されていることを認識できる物性的地層単元である。例えば、堆積時の基本葉理が、崩れていない状態の地層である。この範囲が非液状化範囲（NL）である。

「日の出地区」の人工地層断面（A-A'・B-B'）に沿った液状化～流動化地層断面図をみると（図 2-6-1・図 2-6-2）、液状化範囲・流動化範囲（図 2-6-3）は、人自不整合か下流物性的堆積層の上位にある中流物性的堆積層に認められる。

## 2-7 人工地層の粒度分析と液状化・流動化・非液状化

H70-No.1-2(70m 地質ボーリングの 4 m 北方)での液流動化診断と粒度分析結果とを比較すると、明らかに下流物性的堆積層に対応する地層では液流動化しない。液流動化している地層は、中流物性的堆積層である（図 2-7-1）。

## 3. 液状化・流動化地域の自然地層

70m コアは層相と生物化石相、火山灰分析、地磁気測定、各種検層に基づき 5 つの堆積相に区分できる（H70-No.1 総合柱状図、検層柱状図参照）。

本項では、コアの堆積物から認定した堆積相の記載と解釈を記述する。なお、本項では、堆積相を「単一のエネルギーレベルを示す層相」ではなく、層相と生物化石相を組み合わせた総合的な層相区分の結果を記載する。

### 3-1 潮来泥層

本層は、潮来市日の出 4-10 の GL-23.00m（T.P.-21.92m）から GL-70m（T.P.-68.92m）に出現する泥層で、模式地は潮来市日の出地区液状化対策事業計画案作成業務で実施されたボーリング H70-No.1（35° 55' 54.9" N, 140° 34' 16.4" E, T.P.+1.079m）である。本層は層相変化から上下 2 枚に区分される。

#### 3-1-1 潮来泥層下部

**深度：**GL-70.00m～-53.21m（T.P.-68.92 ～-52.13m）層厚 16.79m 以上

**記載：**潮来泥層は 70m ボーリングコアでの最下部に出現するシルトを主体とする。GL-53.21m を境に、上下二枚に区分されており、粗粒シルトが優勢な地層単元は潮来泥層下部にあたる。潮来泥層下部は極細粒砂～シルト質極細粒砂、砂質シルト～シルトとの互層で構成され、砂は細粒砂よりもシルトに近い砂～粗粒シルトである。このようなシルト、砂質シルトがリズムカルに繰り返しながら堆積する（おおむね 31 枚）。潮来泥層下部には明瞭な火山灰が三枚挟在され、各火山灰の層厚は 9cm～26cm である。いずれも色調は暗オリーブ灰色を主体とし、地質構成はシルト～砂質シルトサイズの細粒火山灰に分類される。潮来泥層下部は全体に生物擾乱が発達する。

**年代値：**GL-54.14m、GL-59.65m の木片、GL-63,18m の貝殻で >53,680yrBP、>53,660yrBP、>53,750yrBP の計 3 個の年代値を得た。潮来泥層下部は 53,000yrBP より古い地層である。

**解釈：**本層における珪藻化石含有量は稀または非常に稀であるが、海棲種が比較的多く、シルト層中に挟まれる砂層もシルトに近い Very fine sand であること、貝殻フラグメントを含むことから海域の堆積場であると考えられる。検出された絶滅種には、Denticulopsis hustedtii s.l.、D.lauta および Kisselviella carina などの中新統に、そして Neodenticula koizumii、Thalassiosira jouse などの鮮新統にそれぞれ産出が限定される多様な種が含まれている。上記のような珪藻化石群集の産状の諸特徴を考慮すると、本帯の群集の大半が二次化石、すなわち異地性の再堆積種で構成されていると推定される。以上のことから堆積の場としては、河川が運搬してきた大量の碎屑物が急速に埋め尽くしたような浅海域とも推定される。GL-61.5m～-54.4m には半数程度の陸生種が含まれており、下部層は海水準が徐々に上昇してきた可能性がある。比抵抗測定結果からも潮来泥層下部層は電極間の差が大きく（25cm の平均=18.9Ω・m、50cm の平均=25.3Ω・m、100cm の平均=30.6Ω・m）比較的透水性が高いものと考えられる。

#### 3-1-2 潮来泥層上部

**深度：**GL-53.21m～-23.00m（T.P.-52.13 ～-21.92m）層厚 30.21m

**記載：**潮来泥層上部層は、下部層に比べやや粒径が大きい極細粒砂を主体としている。色調はオリーブ黒色でシルト層は暗緑灰色ないし暗オリーブ灰色を呈する。全体に生物

擾乱を受けているが、一部に貝殻片を含むもののほとんど含んでいない。植物片は認められないが褐色の炭化物が散在している。

本層を詳細に区分するとシルト質極細粒砂、極細粒砂混じりシルト、シルト混じり極細粒砂、シルトの構成層の集合体になり、13層におよぶ互層である。

GL-52.71~53.21m シルト質極細粒砂

GL-52.26~52.71m 極細粒砂混じりシルト

GL-42.32~52.26m シルト質極細粒砂

GL-42.00~42.32m 極細粒砂質シルト

GL-35.93~42.00m シルト質極細粒砂、極細粒砂

GL-35.72~35.93m 極細粒砂質シルト

GL-30.89~35.72m シルト質極細粒砂

GL-30.72~30.89m シルト

GL-25.40~30.72m シルト質極細粒砂～細粒砂

GL-25.11~25.40m 極細粒砂質シルト

GL-23.62~25.11m シルト混じり極細粒砂

GL-23.18~23.62m シルト

GL-23.00~23.18m シルト質細粒砂

**年代値:**GL-47.46m の貝殻で 38,190±280yrBP、GL-37.60m の貝殻で 48,020±700yrBP の年代値を得た。GL-37.60m を異常値とすると、火山灰の年代とは調和的である。

潮来泥層上部層は、後期更新世の寒冷期に堆積した地層である。

**解釈:**珪藻化石群集は海生種と淡水種の混合群集で特徴づけられ、ほとんどの試料では海生種が圧倒的に優占する。しかし、試料によって淡水種が普通程度に随伴する場合も認められる。GL-24.8m~25.2m で海棲底生種が検出されているがごく僅かであり、本層での堆積の場は浅海域と考えられる。GL-24.3m~26.2m 間には淡水種が比較的多く見つかっているが、河川からの供給と考えられる。

また、本層には明瞭な火山灰層が3枚認められ、GL-42.78~42.86m に出現する暗オリーブ灰色の細粒火山灰、GL-42.32~42.35m に出現するオリーブ灰色の細粒火山灰、そしてGL-40.00~40.15m に出現する暗オリーブ灰色の細粒～粗粒火山灰である。このうち、GL-40.00~40.15m の火山灰は Ag-Kp (31,000~32,000 年前) の可能性が高い。

比抵抗値も 25cm が 4.2Ω・m、50cm が 5.4Ω・m、100cm が 10Ω・m とほぼ一定の値を示すことから均質なシルト層となっている。

### 3-2 佐原砂・泥互層

本地点での佐原砂・泥互層は砂勝ちの層相でシルトはほんの僅かに団塊状のシルトや 10cm 程度の薄層を挟む程度である。

**深度:**GL-23.00m~11.27m (T.P.-21.92 ~-10.19m) 層厚 11.73m

**記載:**本層は GL-22.90~20.10m は砂・シルト互層であるが、GL-20.10~11.27m は細粒砂～中粒砂を主体とする。GL-22.90~20.10m はシルトの薄層 (最大で 12cm)、団塊状のシルトと細粒砂～中粒砂との互層であるものの、砂層を主体とする。

GL-22.90~22.08m は 1~15mm 貝殻片が散在する。GL-22.00~22.08m のシルト混じり細粒砂は生物擾乱を受ける。GL-20.37、-20.39、-20.46、-20.49、-20.67m は団塊状のシルト～砂混じりシルトが中粒砂混じり細粒砂中に入り込む形で存在する。

**年代値:**GL-22.08m の貝殻で 5,490±30yrBP、GL-16.80m の貝殻で 6,820±30yrBP、GL-11.35m の貝殻で 4,640±30yrBP の年代値を得た。H70-No.1-2 からは GL-22.26m の貝殻で 7,600±30yrBP、GL-18.33m の貝殻で 6,790±30yrBP、GL-11.40m の貝殻で 4,450±30yrBP の年代値を得た。年代値から判定すると佐原砂・泥互層は縄文海進時の堆積である。

**解釈:**利根川の右岸にある香取での本層は、リズミカルに砂・泥の互層で出現するが、本調査地点では砂勝ちで細粒砂主体の砂層から構成されている。香取では砂・泥の互層であるが、本地点は細粒砂を主体とするためデルタ先端付近の堆積環境と推定され、珪藻分析からも海棲～汽水性種が 80%から 90%を占める。

本地点の佐原砂・泥互層は微化石をほとんど含まない。GL-19.25m~20.50m で採取されたサンプルでは海水生種と淡水生種の混合群集からなるが、海水生種が優占する。GL-20.50m では海水生浮遊性種の *Thalassionema nitzchioides* が比較的多く出現する。*Thalassionema nitzchioides* は日本の沿岸域に普遍的にみられる種で、小杉 (1988) の外洋指標種群、鹿島 (1986) の Me 種群に含まれる。また、新第三紀の絶滅種も 10%程度含まれる。試料が少なく詳細は不明であるが、淡水の流入のある海水域の環境が推定される。

地磁気の測定結果から磁化強度は深度による差はなく、また磁化方位 (伏角) も 40~80° を示している。電気検層結果でも潮来泥層と日の出泥層に挟まれた本層のマイクロ検層の比抵抗は高く 2.5cm と 5cm の差も明瞭であり透水性の良い地層と考えられる。香取地区が互層であるものの、本地区では砂勝ちであることはデルタ性の堆積環境にあることが考えられ、古鬼怒川が本地区の西側を流れ、鹿島側には砂丘礫が発達していることから本区域は砂勝ち層になるものと推定される。

マイクロ比抵抗曲線も変化が激しく粒度の差によるものと考えられる。

### 3-3 日の出泥層

模式地は潮来市日の出地区液状化対策事業計画案作成業務で実施されたボーリング H70-No.1 (潮来市日の出 4-10 で 35° 55' 54.9" N, 140° 34' 16.4" E, T.P.+1.08m) とする。そして、本層は地下 GL-4.27m (T.P.-3.19m) から GL-11.27m (T.P.-10.19m) に分布する泥層である。

潮来市日の出 8-24 の AC-3 ボーリングでも確認され、当該地点では上部に細粒砂層を挟在する。AC-3 ボーリング地点は標高 T.P.1.23m で 35° 56' 00.15" E, 140° 33' 49.04" E にある。

**深度：**GL-11.27m～-4.27m (T.P.-10.19 ～-3.19m) 層厚 7.00m

**記載：**シルト～粘土質シルトで構成される。最下部の GL-11.27～-11.00m に出現するシルトは細粒砂混じりのシルトで生物擾乱を受け、一部貝殻片が混入する。GL-11.00～-5.87m はマッシュなシルトであるが、上部 GL-8.00～-5.87m は粘土質シルトになる。全体に生物擾乱を受け、擾乱部はサンドパイプ、サンドブロックが発達する箇所も見られる。また、貝殻片 (2～20mm) が散在するが (貝殻片の) 含有率は 5%未満である。

GL-5.87～-4.27m は炭化物、細粒砂が挟在し色調もオリーブ黒色を呈し、シルト自体も粗粒になり弱いラミナも認められることから洪水等で供給された堆積物の可能性が高い。もう一方の模式地である AC-3 ボーリング結果では、GL-3.31m より出現する。当該地の日の出泥層は細粒砂層を挟む。この細粒砂層は層厚が 1.73m で上部 (GL-3.31～-3.77m) は生物擾乱を受けシルトレーベンが発達する。このレーベンは竹輪状を呈している。

GL-4.00m～-4.43m は均一な細粒砂で情報に向かって弱いグレーディングが認められる。

GL-4.43m より細粒砂混じりのシルト層に漸移し GL-5.47m よりシルト層となる。シルト層は GL-5.57m まで生物擾乱を受けており、サンドレーベンが散見される。GL-5.38m～-5.47m には炭化物が散在する。

GL-5.78m～-6.73m 間は貝殻片 (φ=1～30mm) が点在する。このうち、GL-6.12～-6.50m は平均 φ=3mm、最大 φ=30mm の貝殻片を数%程度含む。

**年代値：**GL-4.67m の貝殻で 760±20yrBP の年代値を得た。H70-No.1-2 からは GL-7.00m の貝殻で 710±20yrBP、GL-5.80m の貝殻で 810±20yrBP を得た。地磁気からは、伏角の変化を検討すると、兵頭・峯本の測定結果とほぼ一致 (GL-5m～-8m) しており、GL-5.5m で 3,000 年前、GL-8.2m 付近で 4,000 年前と推定される (兵頭・峯本, 1996)。花粉分析でも、GL-6.25m よりイネ科の花粉が増大しており弥生前期と考えられる。

**解釈：**珪藻分析によると本層は上下 2 層に区分され、下部は海・汽水生種が 76～96% を占める。優占種は海水生付着性種の *Cocconeis scutellum* と汽水生浮遊性種の *Cyclotella striata* で、これに次いで海水生底生種 (一時浮遊性) の *Paralia sulcata* が随伴する。3 種とも太平洋側の縄文海進期の内湾によくみられる種である。

*Cocconeis scutellum* は海水藻場指標種群とされ、塩分濃度が 12 パーミル以上の水域の海藻や海草 (アマモなど) に付着生活する種群とされる (小杉, 1988)。本種は Vos and de Wolf (1993) によれば海～汽水域の付着性種、鹿島 (1986) によれば Mb 種群 (塩素イオン濃度が 10 パーミルを越すような高鹹汽水において海藻などに付着して生息し、海藻などが生息できる水深の小さい環境を示す) に属し、小林ほか (2006) によれば日本各地の海水・汽水域に普通に出現する付着性種とされる。

*Cyclotella striata* は内湾指標種群とされ、沿岸に生息し暖かい低鹹汽水を指標する (小

杉, 1988)。本種は Vos and de Wolf (1993) によれば汽水域の浮遊性種、小林ほか (2006) によれば、茨城県涸沼川など汽水性で内湾の河口域に多く出現するとされる。

*Paralia sulcata* は海水生浮遊性種とされることが多いが、Hasle G. R. and Tomas C.R. (1997) では浮遊することはあるが、基本的には底生種とされる。小杉 (1988) では内湾指標種群、Vos and de Wolf (1993) では海水生浮遊性種、鹿島 (1986) によれば Me 種群 (塩素イオン濃度が海水よりやや低い環境での浮遊性種) とされる。

また、下部層では *Cocconeis scutellum* と *Cyclotella striata* が優占する層準が繰り返して出現する。すなわち、GL-6.61m および -6.94m (区分 2-a\_湾央) と GL-9.18m および -9.62m (区分 2-c\_湾央) では *Cyclotella striata* が、GL-7.09～-8.74m (区分 2-b\_湾奥) と GL-10.26～-11.25m (区分 2-d\_湾奥) では *Cocconeis scutellum* が優占する。

*Paralia sulcata* は区分 2-b\_湾奥で比較的多く出現する。一方、淡水生種の出現状況は区分 2 を通じて大きな変化はない。以上の各種の出現状況から、区分 2 は全体として内湾の堆積環境が推定できるが、浮遊性種の *Cyclotella striata* が優占する区分 2-a\_湾央および区分 2-c\_湾央は、浮遊性種が繁茂しやすいより湾央部のやや水深が深い環境が、付着性種の *Cocconeis scutellum* が優占する区分 2-b\_湾奥および区分 2-d\_湾奥は湾奥の水深が浅い環境が推定できる。

花粉分析からもシイ・カシ帯にあたり、温暖な気候になっている。アカガシ亜属、ツガ属の消長を見ても弱い寒暖を繰り返しており、珪藻の分析結果と調和的である。

GL-4.30～-6.09m で得られた試料は日の出泥層の上部に相当し、淡水生種が 90%以上を占め、わずかに海水生種や海・汽水生種 (海水生種+海～汽水種+汽水種) を含む。淡水生付着性の *Cocconeis placentula*、*Fragilaria* spp.、*Synedra ulna*、*Synedra rumpens*、淡水生底生 (一部付着性) 種の *Navicula* spp.、*Nitzschia* spp.、淡水生浮遊性の *Aulacoseira* spp. がそれぞれ 5～20% の割合で出現する。酸性湿地の指標である *Eunotia* 属や *Pinnularia* 属はきわめて低率である。

これらはいずれも池や沼沢地に一般的にみられる種属で、池沼の環境が推定されるが、*Aulacoseira* 属が普遍的に含まれることから、周辺にやや水域の広がりのある池 (水域) が分布した可能性がある。この結果は、ボーリング地点が埋め立て前には内浪逆浦という沼地であったことと良く合致する。

AC-3 で見られる細粒砂層は、不連続で洪水時に沼沢地の周辺に堆積した可能性がある。

**日の出泥層が堆積した時代の地質環境：**

当該地の日の出泥層の分布範囲は、日の出地区の南側に厚く分布し北側では砂層に遷移している。

海水準が最高になった約 6,000yrBP に海域が最大に拡大 (海水準は現在よりも 3m ほど上回り、当時の海岸線は内陸深くまで入り込んだ) した後、徐々に海水準が低下し約 4,500yrBP ころから日の出泥層が堆積し始めている。この大きな海域は「古鬼怒湾」とよばれ、内湾を形成していた。この湾内に地質断面図にも示されているように、日の出

泥層は内湾が泥で埋め立てられて形成されたものである。古鬼怒川（現常陸利根川）から運搬されてくる土砂と稲敷台地から発達した扇状地、デルタが日の出地区の北側に砂層を堆積させた者と考えられ、湾央付近はシルト層が厚く堆積したのと考えられる。

### 3-4 日の出浚渫埋土・盛土層

深度：GL- 4.27m～ 0.00m (T.P. -3.19 ～ +1.08m) 層厚 4.27m

記載：シルト質（混じり）細粒砂～極細粒砂、細粒砂で構成され一部中粒砂が含まれる（コア写真参照）。コアの色調は灰オリーブ～オリーブ黒色が卓越する。

潮来市日の出地区は「外浪逆浦」から水路で繋がっていた内浪逆浦（面積約 150ha の入江）を 1933～50 年に干拓され、1960 年代に埋め立てられ 1970 年からから宅地化されている。本層は、ポンプ船で浚渫された地層を人為的環境下によって土地造成された埋立地である。

そのため、均一な砂層を主体としておりポンプ吐き出しによる堆積形態を示すために明瞭なラミナが認められる、GL-1.30～-1.64m には不明瞭なラミナが認められる。

GL-0.75m～-3.64m には 1～3mm の貝殻フラグメントが混入する。

本地点では、表層から 1.30m までは細粒砂～シルト混じり細粒砂で構成され、GL-1.30m～-3.44m は中粒砂が卓越している。最下部（GL-3.44～-4.27m）は再び細粒砂が卓越する。

解釈：中粒砂～細粒砂で構成され、ポンプ船で浚渫されたためにラミナが非常に発達する。薄いシルト層も挟んでいるのは浚渫土の吹出口からの距離による物質移動差から形成されたものである。

人工的な堆積相のために、密度は自然地層に比べ低く  $\gamma_t=1.75\text{g/kg}$  である。

温度検層結果も上方から下方に向かって急激に低下しているので比較的揺る詰めの砂層であるため透水性が良く地下水の流れも早いものと推定される。

## 4. まとめ

潮来市「日の出地区」は、利根川中下流域に発達していた干潟を干拓した地域である。自然地層を見ると、最終氷期の最寒冷期前の堆積層（5 万年前堆積層と約 3 万年前との堆積層）と縄文海進期から弥生の海退期の地層からなる。この干潟は、弥生海退期にもなって形成された湿地帯であった。干潟は干拓され水田化するが、「日の出地区」の造成の埋め立て物質として、外浪逆浦の水底堆積物が使用された。

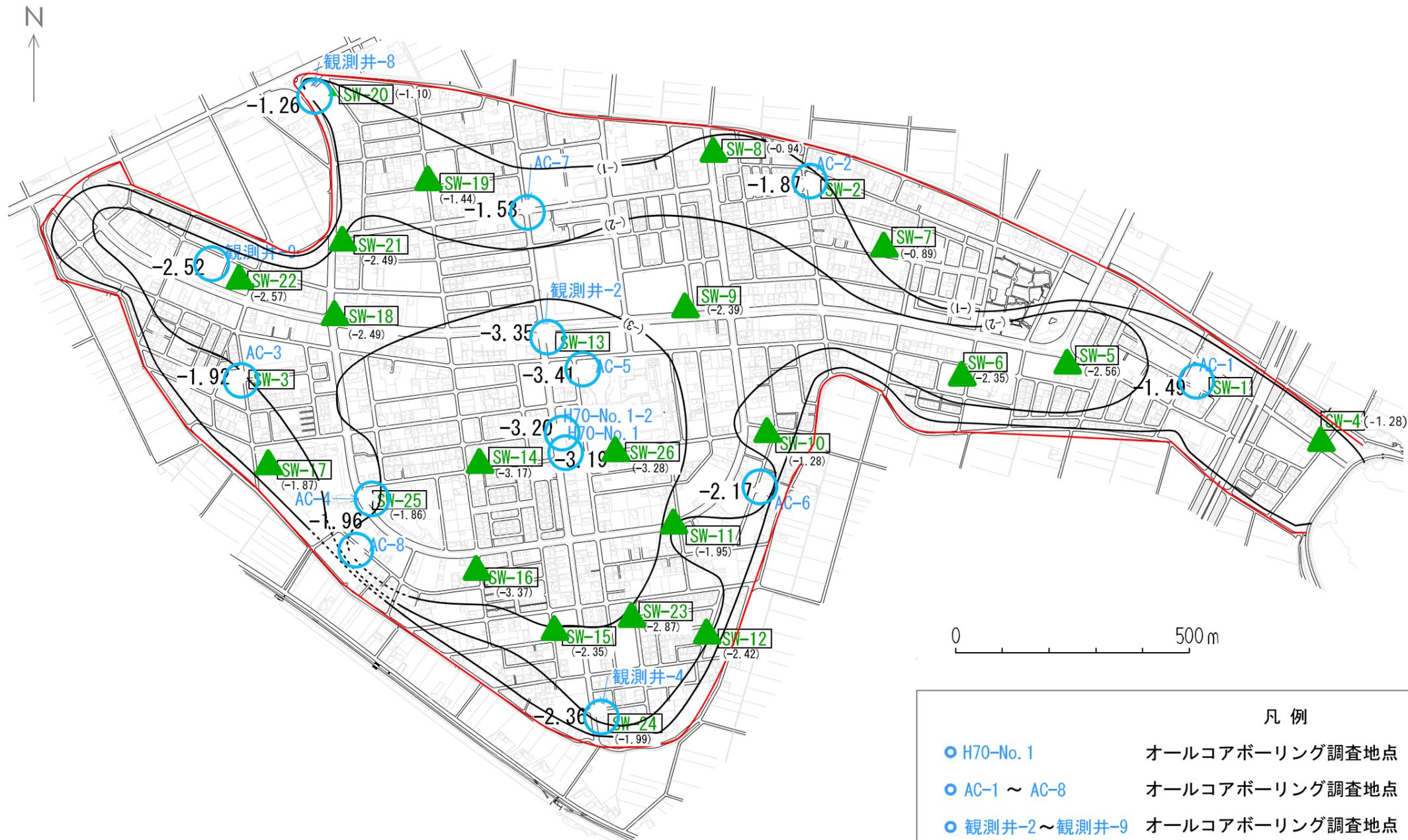
この水域は、利根川中下流域にあたる。堆積層の物質は、重力場における地質学的法則である「浸食・運搬・堆積」に支配される。つまり、利根川上流には、礫など粗粒物質が堆積し、中流域には砂などの中粒物質が堆積し、最下流域にはシルト・粘土など極細粒物質が堆積する。つまり、川には粒子の分級作用がある。

したがって、外浪逆浦の堆積層は、利根川の分級作用を受けた中粒から細粒砂の比較的

均質な砂層からなる。この粒子で構成される人工地層は、最も液流動化しやすい。

潮来市「日の出地区」の土地造成には、外浪逆浦の水底堆積物が使用された。つまり、浚渫船から浚渫された堆積物が、サンド・ポンプで「日の出地区」に水送され埋立された。

したがって、「日の出地区」で液流動化被害が発生するのは当然である。しかし、砂粒子を主体とした透水性の高い物性的地層が形成されていたことも自明である。「日の出地区」の広域的液流動化対策にとって、透水性に着目することが重要である。地下水位を低下させることは宅地下の地層に上載荷重をかけることにつながり、「日の出地区」の住民にとって平等な液流動化対策となる。潮来市のこの工法は最も経済的・効果的な対策法と推奨できる。

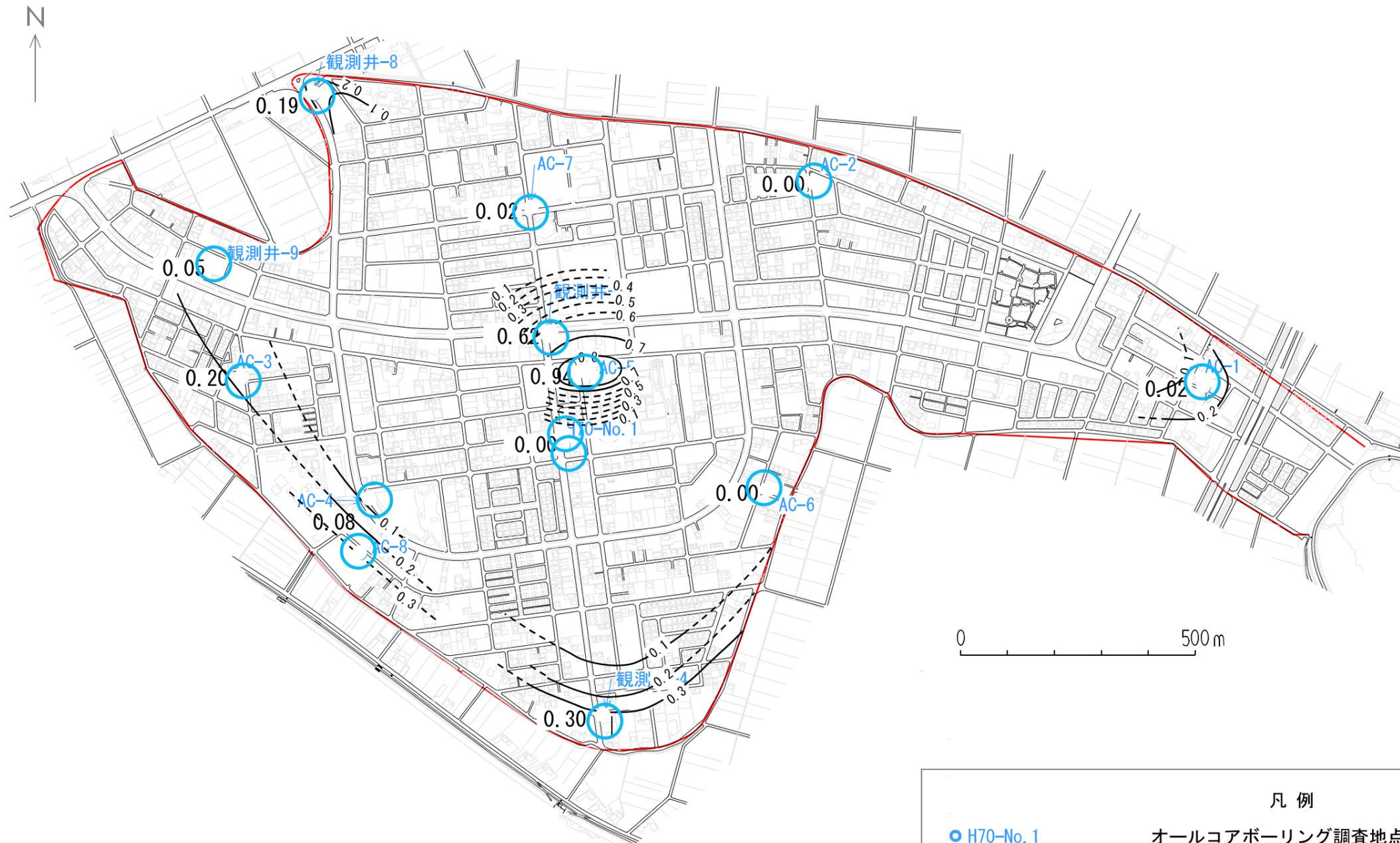


凡例

● 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)
▲ 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て層基底推定深度

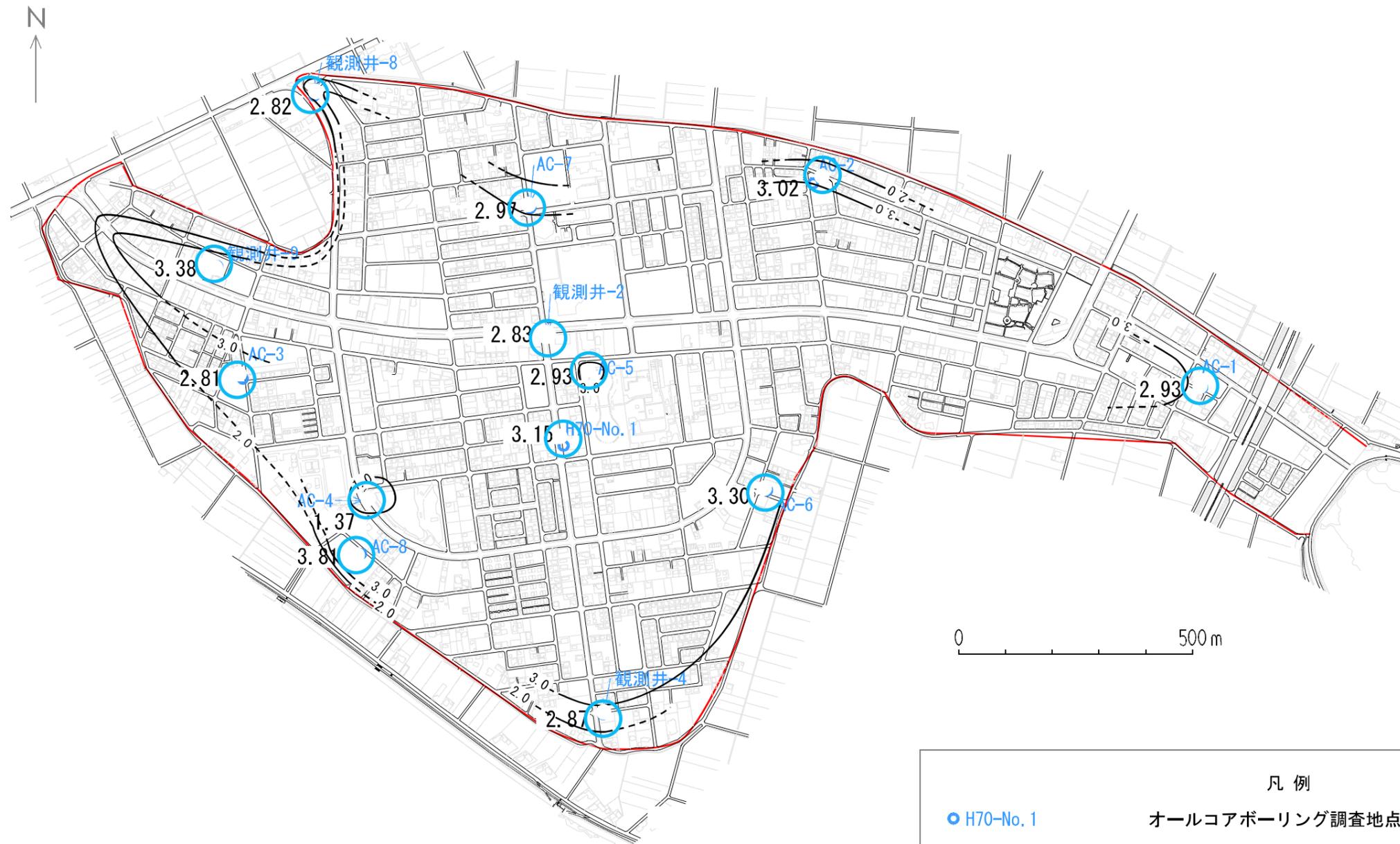
\* 耕作土層が存在しないために、埋立層基底が人自不整合面と同じ深度の地点：  
AC-2・AC-4・AC-5・AC-6・AC-7・観井-2・観井-5・観井-9・H70-No. 1・H70-No. 1-2

図2-1-1 埋立層の人自不整合 (JJU) 等標高線図  
(浚渫埋立層基底 (RSB))  
(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 (深度70m)
● AC-1 ~ AC-8	オールコアボーリング調査地点 (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 (深度5m)
0.00	オールコアボーリングからの判定深度

図2-1-2 埋立泥層の等層厚線図  
 (下流物性的堆積層(LSML))  
 (数字は[m])



凡例	
● H70-No. 1	オールコアボーリング調査地点 (深度70m)
● AC-1 ~ AC-8	オールコアボーリング調査地点 (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 (深度5m)
0.00	オールコアボーリングからの判定深度

図2-1-3 人工地層の砂層の層厚  
(中流物性的堆積層 (MSML))  
(数字は[m])

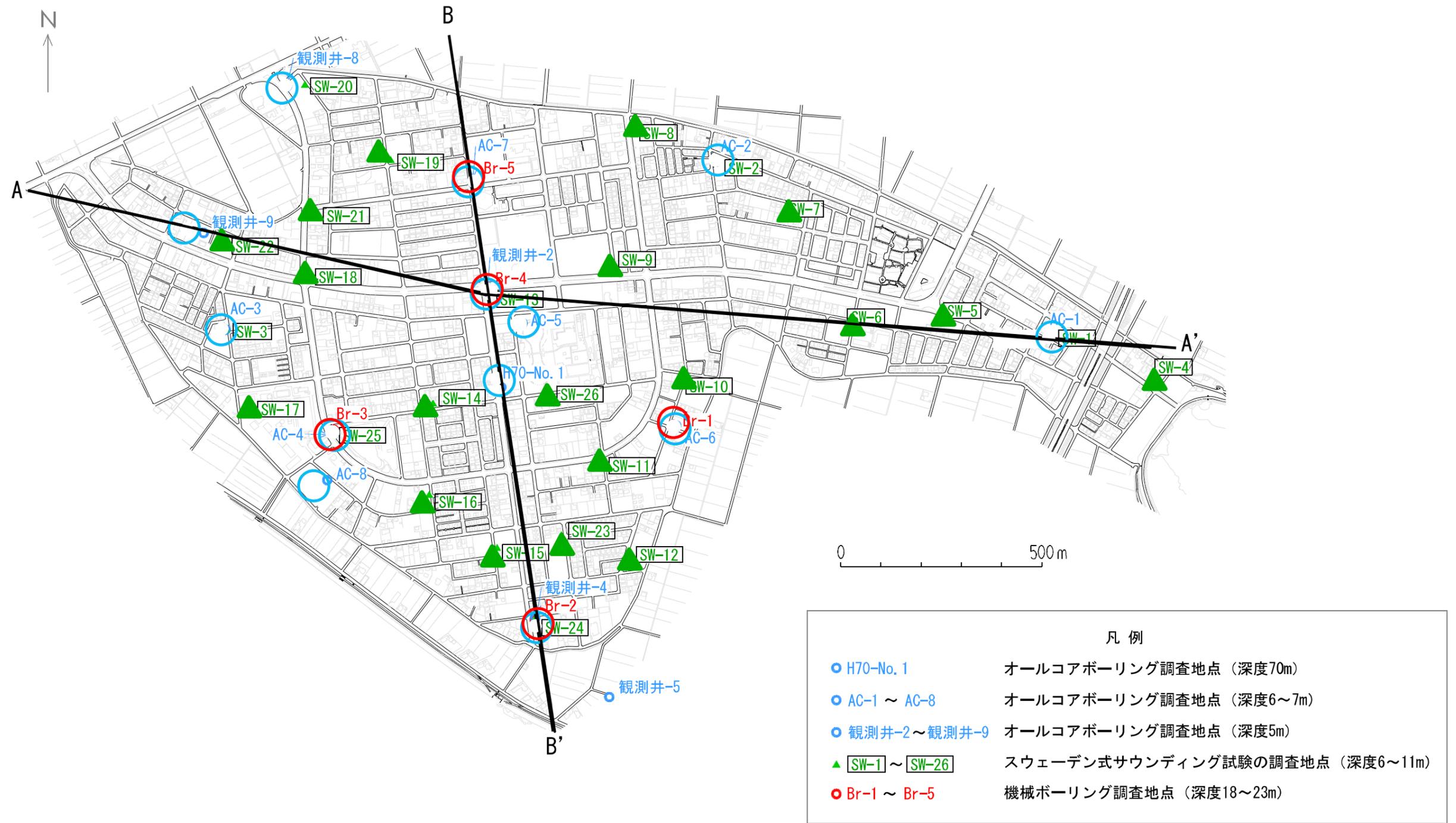


図2-5-1 「日の出」の人工地層断面線  
(数字は標高[T.P.m])

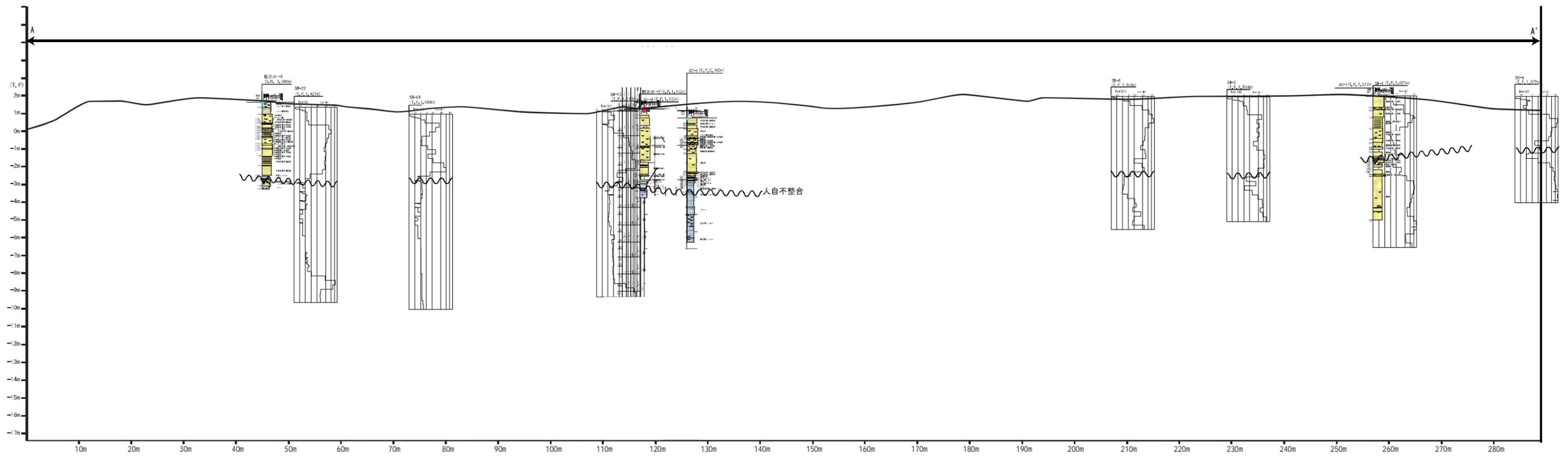


図 2-5-2 「日出」の人工地層断面 (A-A' )

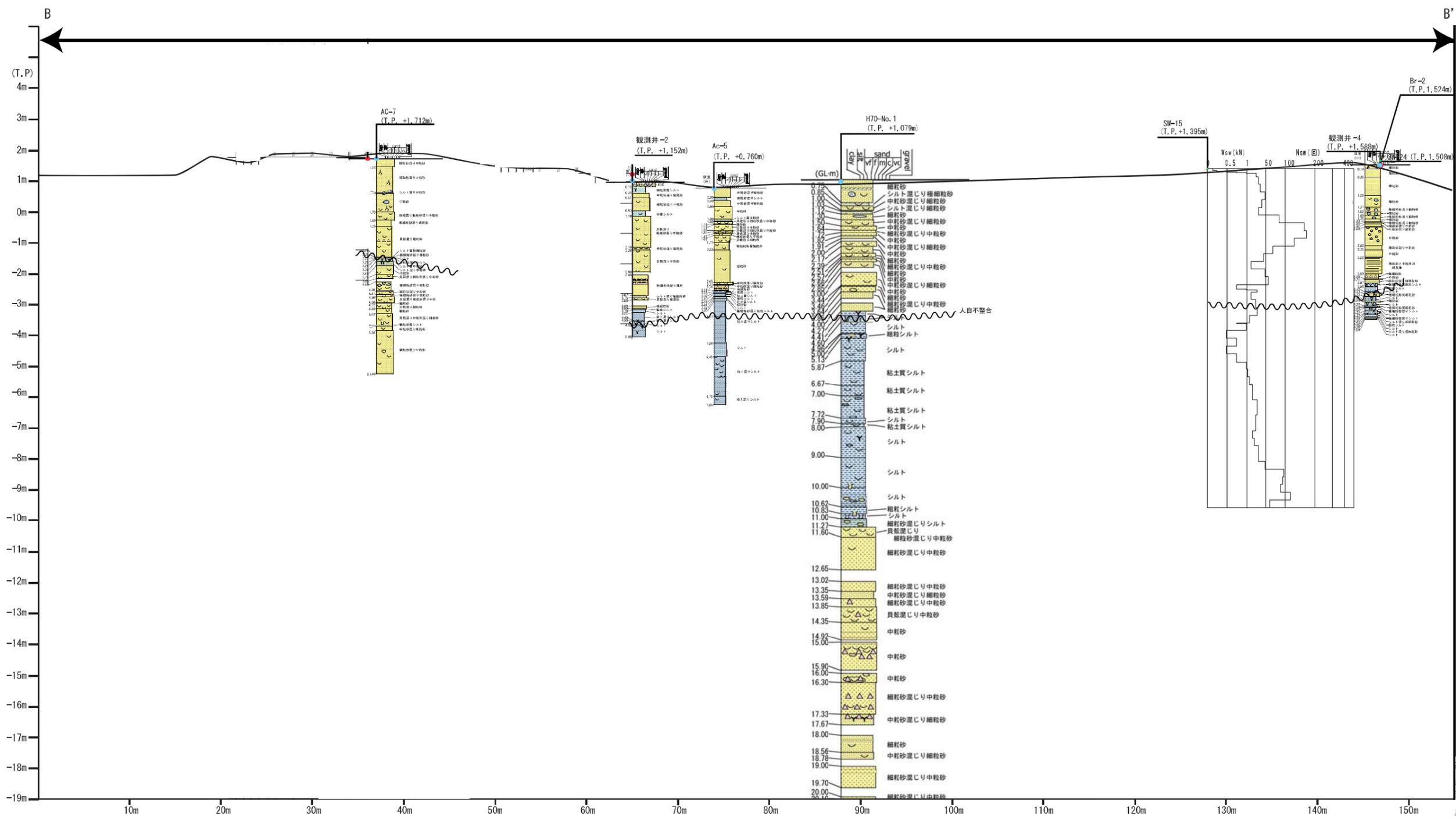


図 2-5-3 「日の出」の人工地層断面 (B-B')

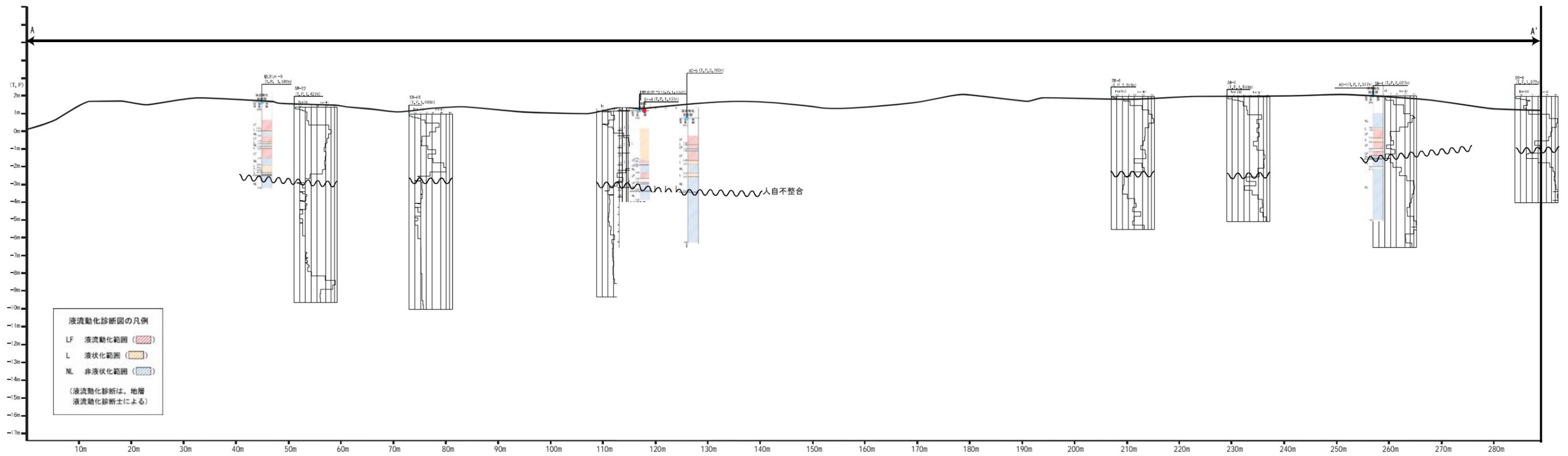


図 2-6-1 「日の出」の地層液状化—流動化断面図 (A-A')

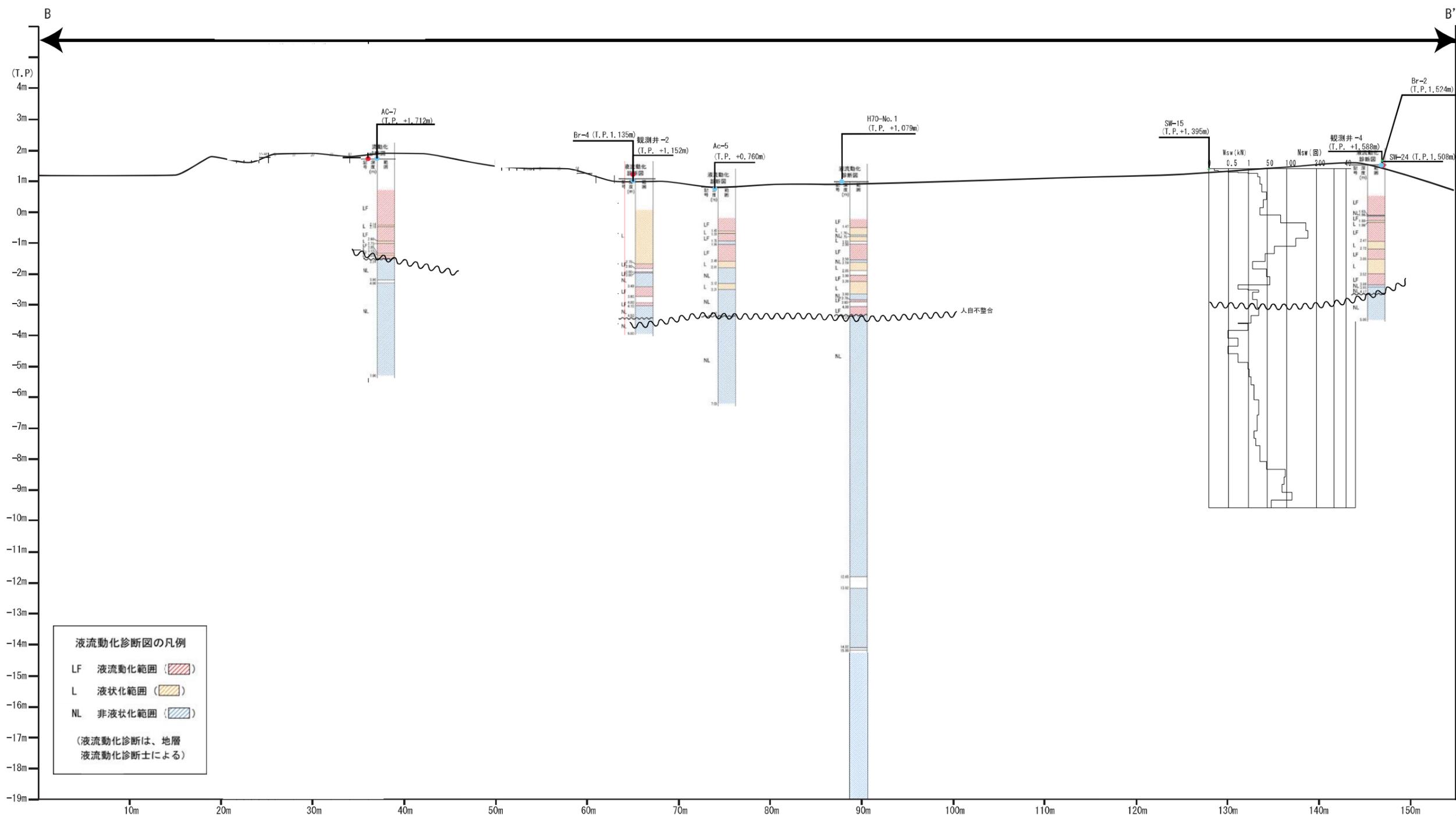


図 2-6-2 「日の出」の地層液状化一流動化断面線図 (B-B')

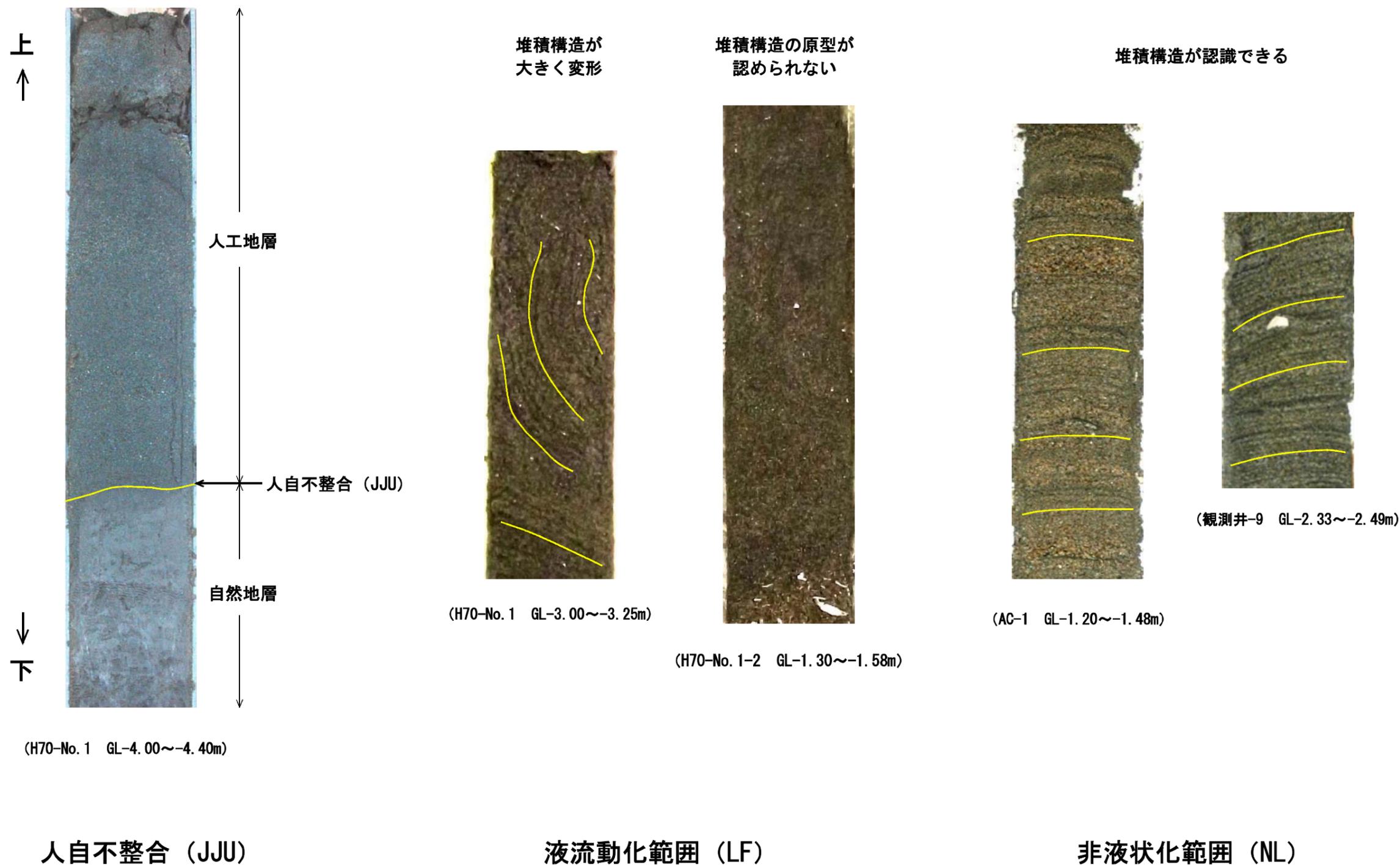


図2-6-3 人自不整合および剥ぎ取り試料から診断される液流動化範囲と非液状化範囲

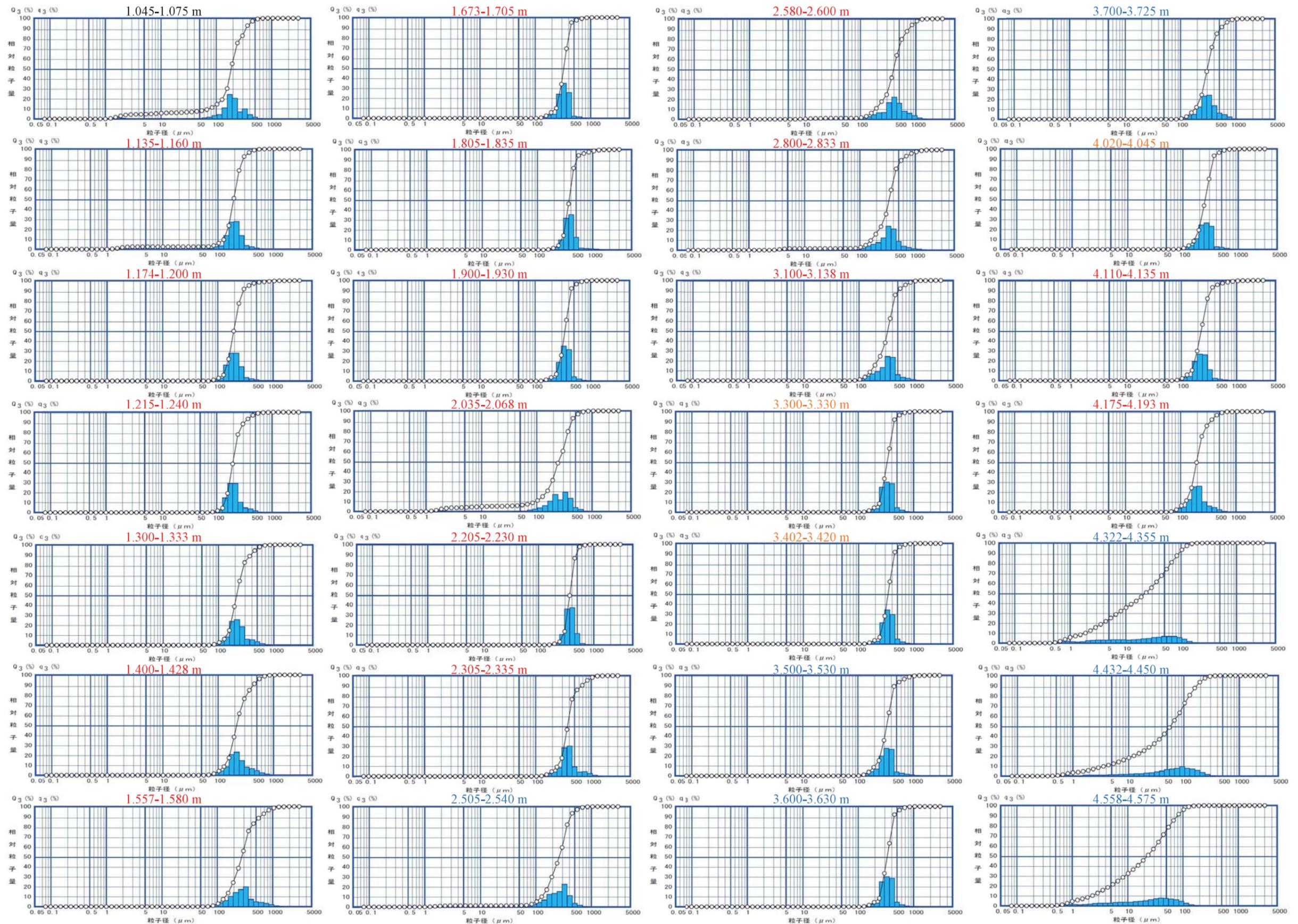
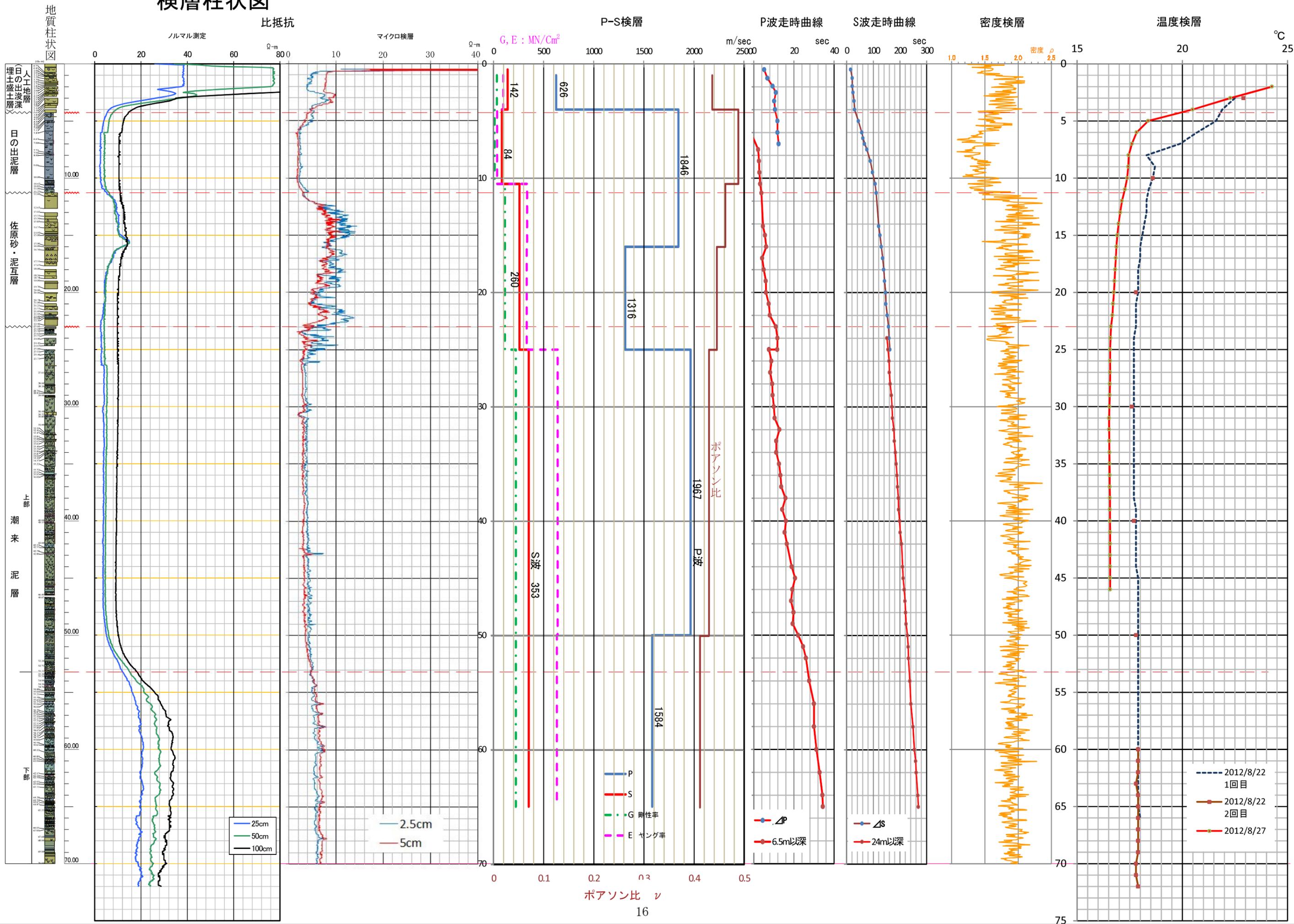


図 2-7-1 H70-No. 1-2 の粒度分析結果 (赤色：液流動化範囲 橙色：液状化範囲 水色：非液状化範囲)

# 検層柱状図



# H70-No.1総合柱状図

## 花粉分析

## 珪藻分析

## 検層

