559

7. 凍結融解作用の影響に関する検討について

7. 凍結融解作用の影響に関する検討について

560

①R2.9.10,11現地調査時の説明概要（1/2）

再掲（R3/2/12審査会合）

○開削調査箇所（南側）に認められるTs3aユニット及びTs3bユニットは，露頭観察の結果等から，周氷河作用の影響を受けていないと判断されるものの，Ts3aユニット及びTs3bユニットは，1,2号炉建設時における敷地造成により地表付近に位置する状況となった。
○このため，1,2号炉建設時の敷地造成以降における凍結融解作用の影響について検討した。

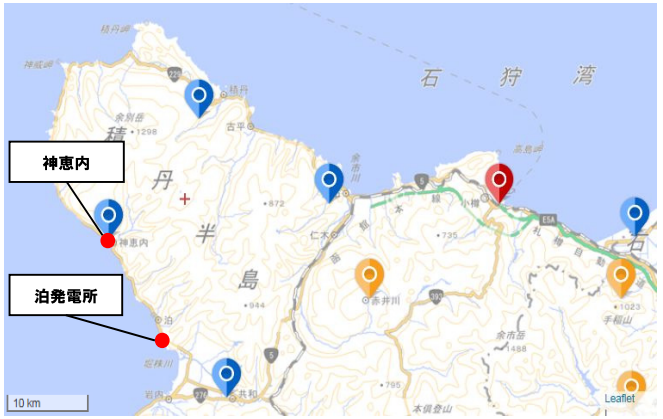
【寒冷地における凍結融解作用について】

○貝塚ほか編（2019）によれば，凍結融解時に未固結の表層堆積物に働いてそれを変形，変位させる作用には以下のようなものがあるとされている。
・凍上：凍結進行時に下の未凍結部分から毛管現象で水を吸い上げ，氷を析出して地面を押し上げる現象。
・凍結割れ目：地温低下による凍土の収縮に伴い，凍土中に割れ目が形成される現象。
・氷楔：永久凍土帯で凍結割れ目を満たした水が凍ってできる楔形の氷。氷楔の成長に伴い周辺部分の変形が生じる。
○三浦・平川（1995）によれば，一般に凍結割れ目の形成が起こる月平均の気温条件はおよそ-20℃以下であるとされている。

【検討方針】

○アメダスによれば，泊発電所に比較的近く積丹半島西岸に位置する神恵内（S56（1981）年～H22（2010）年）における年平均気温は8.9℃，最寒月（1月）平均気温は-2.5℃であり，一般に凍結割れ目が形成されるとされている月平均気温の-20℃を大きく上回っていることから，泊発電所付近では凍結割れ目は形成されないと考えられる。
○積丹半島西岸は永久凍土帯に位置しないことから，泊発電所付近では氷楔は生じないと考えられる。
○したがって，凍結融解作用の影響に関する検討においては，凍結融解作用のうち，凍上について文献レビューを実施し，Ts3aユニット及びTs3bユニットが凍上の発生する状況にあるか検討を行う。

（次頁へ続く）



積丹半島周辺のアメダス地点 位置図（日本気象協会HP）

7. 凍結融解作用の影響に関する検討について

561

①R2.9.10,11現地調査時の説明概要（2/2）

一部修正（R3/2/12審査会合）

（前頁からの続き）

【検討結果】

○文献レビューの結果は以下のとおり（詳細は次頁～P564参照）。

- 凍上は，気温低下による地盤中の凍結進行時に，下位の未凍土側からの水分移動若しくは地下水面から供給された水分が凍結することでアイスレンズを形成し，これに伴い，地盤の体積が増加し，地表面が隆起する現象である。
- 地盤が細粒分で構成されているものほど，凍上に寄与する水分を多く含むが，砂又は礫主体の地盤は，凍上に寄与する水分をほとんど含まないこと及び水分を供給する毛管作用が生じにくいことから，凍上は起こらないものと考えられる。
- 地盤の凍結深さは，北海道の各市町村において経験的に安全側に決められており，泊発電所が位置する泊村では，約60cmとされているが，自然積雪状態下においては断熱効果により抑制される。
- 凍上発生の直接的な因子は温度，水分，土質の3要素であり，どれか1つでも欠けると凍上は発生しない。

○文献レビューを踏まえた検討結果は以下のとおり。

- 泊村の凍結深さは，安全側ではあるものの約60cmとされていること及び神恵内（S56（1981）年～H22（2010）年）における最寒月（1月）平均気温は－2.5℃であり，氷点下を下回ることから（前頁参照），泊発電所付近においても地盤凍結が生じる可能性があるが，Ts3aユニット及びTs3bユニットが認められる開削調査箇所（南側）付近は冬季には自然積雪状態となることから，凍結深さが抑制されていると考えられる（P566参照）。
- Ts3aユニット及びTs3bユニット下位のM1ユニットは，淘汰の良い砂層であり，凍上に寄与する水分をほとんど含まないこと及び毛管作用が生じにくいことから，Ts3aユニット及びTs3bユニットに供給される水分は少ないと考えられる。
- Ts3aユニット及びTs3bユニットは，シルト混じり砂層及び礫混じりシルト混じり砂層であり，凍上に寄与する水分をほとんど含まないことから，凍上は起こらないものと考えられる。

○これらのことから，凍上に必要な3要素が全て揃っていないため，Ts3aユニット及びTs3bユニットは凍上の発生する状況ではない。

○開削調査箇所（南側）に認められるTs3aユニット及びTs3bユニットは，1,2号炉建設時の敷地造成以降における凍結融解作用により変形・変位が生じる凍上等の影響を受けていないと判断される。

7. 凍結融解作用の影響に関する検討について

562

①-1 凍結融解作用に関する文献レビュー結果

一部修正（R3/2/12審査会合）

○凍結融解作用のうち，地面を押し上げる凍上について文献レビューを実施した。
【土木学会（2011）（次頁参照）】
○凍上は，気温低下による地盤中の凍結進行時に，下位の未凍土側からの水分移動若しくは地下水面から供給された水分が凍結することでアイスレンズを形成し，これに伴い，地盤の体積が増加することで地表面が隆起する現象である。
○地盤が細粒分で構成されているものほど，凍上に寄与する水分を多く含む。
○凍上発生の直接的な因子は温度，水分，土質の3要素であり，どれか1つでも欠けると凍上は発生しない。

【土質工学会編（1994）（P564参照）】
○地盤の凍結深さは，北海道の各市町村において経験的に安全側に決められており，泊発電所が位置する泊村においては，約60cmとされている。
○凍結深さは，自然積雪状態下においては断熱効果により抑制される。
○砂や礫で構成される地盤は，水分を供給する毛管作用が生じにくく（毛管上昇高さが小さく），凍上は起こらない。

↓

○凍上は，気温低下による地盤中の凍結進行時に，下位の未凍土側からの水分移動若しくは地下水面から供給された水分が凍結することでアイスレンズを形成し，これに伴い，地盤の体積が増加し，地表面が隆起する現象である。
○地盤が細粒分で構成されているものほど，凍上に寄与する水分を多く含むが，砂又は礫主体の地盤は，凍上に寄与する水分をほとんど含まないこと及び水分を供給する毛管作用が生じにくいことから，凍上は起こらないものと考えられる。
○地盤の凍結深さは，北海道の各市町村において経験的に安全側に決められており，泊発電所が位置する泊村においては，約60cmとされているが，自然積雪状態下においては断熱効果により抑制される。
○凍上発生の直接的な因子は温度，水分，土質の3要素であり，どれか1つでも欠けると凍上は発生しない。

7. 凍結融解作用の影響に関する検討について

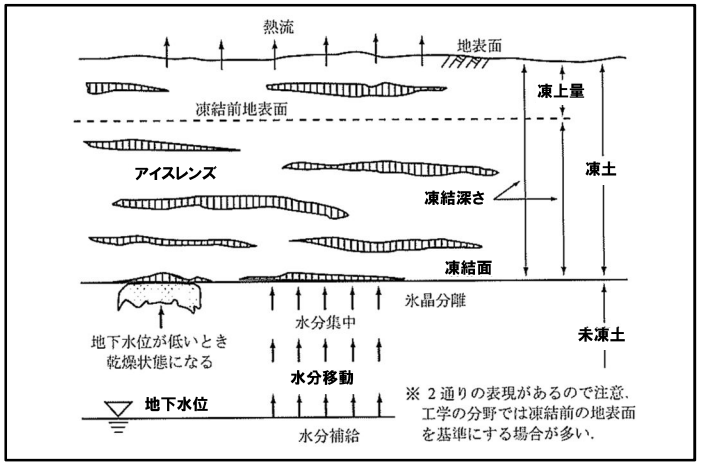
563

①-1 文献レビュー（土木学会，2011）

再掲（R3/2/12審査会合）

○土木学会（2011）のうち，凍上に関する内容についてレビューを実施した。
- ・気温の低下によって地盤が凍結して，地盤中に凍結面が形成された状況下では，未凍土側から水分が凍結面に向かって移動していく。凍結面に集まった水分が凍結するときに土粒子骨格から分離して，それを押し広げる形で氷の層を成長させる。このように氷の層を形成（析出）する現象は氷晶分離と呼ばれ，そこで形成される氷の層がアイスレンズと呼ばれる。このように移動した水分の氷晶分離によるアイスレンズの形成が凍上発生の機構である。
- ・凍上は地下水面から毛管作用によって水分供給が行なわれる開式凍上と未凍土内の限られた範囲での水分移動によって発生する閉式凍上に分けられ，閉式凍上では凍上量は小さい。
- ・土粒子の比表面積が大きなものほど吸着力も大きく，不凍水を多く保有するため，粒径の小さなものほど不凍水量が多い。
- ・不凍水を有するのはシルト以下の粒径の土である。
- ・凍上の発生の直接的な因子は①温度，②水分，③土質の3要素である。これら3つの要素が全て揃うことによって発生する。また，3つの要素の中でどれか1つでも欠けると凍上発生はゼロになる。

○凍上は，気温低下による地盤中の凍結進行時に，下位の未凍土側からの水分移動若しくは地下水面から供給された水分が凍結することでアイスレンズを形成し，これに伴い，地盤の体積が増加することで地表面が隆起する現象である。
○地盤が細粒分で構成されているものほど，凍上に寄与する水分を多く含む。
○凍上発生の直接的な因子は温度，水分，土質の3要素であり，どれか1つでも欠けると凍上は発生しない。



土木学会（2011）

7. 凍結融解作用の影響に関する検討について

564

①-1 文献レビュー（土質工学会編，1994）

再掲（R3/2/12審査会合）

○土質工学会編（1994）のうち，凍上に関する内容についてレビューを実施した。
- 凍結融解作用には，凍結による凍上や融解時の支持力低下等が挙げられる。凍上とは土中にレンズ状の氷層が形成されることにより地表面が隆起する現象であり，融解時の支持力低下は地表面の氷層が融解し，その付近の土層が飽和状態となることにより生じる。
- 北海道では各市町村の条例や指導で定められた値が設計用の凍結深さとして使われていて，泊村では60cmである。それらの値は理論的に導かれたのではなく，各市町村で凍上被害を生じない基礎の根入れ深さから経験的に決められたものである。したがって大部分の地域では安全側の値になっていると思われる。
- 自然積雪状態の地盤では，凍結深さが積雪の断熱効果で抑制される。
- 未凍土側を凍結面まで移動する水は，土粒子間の毛管を通って行くわけで，移動しうる距離は，ほぼその土中における水の毛管上昇高に等しい（下表参照）。
- 粒径が0.1mm以上の砂では凍上は起こらない。0.05～0.1mmの粒を含む土から凍上が起こり始め，0.005～0.002mmが最も凍上性が強い。これよりも小さくなると土粒子間隙が狭くなり，凍結面への水分補給が難しくなる。

表-3.6　土質による凍上性の判定法

凍上性	土質	塑性図 I_p, ω_L	毛管上昇高さ (m)	液性指数	細粒比 R_f
無	GW, GP, SW, SP	$I_p<1$	<1	≦0	<2.5
小	CH	$I_p>7$；$\omega_L>35$	1.0～1.5	<0.25	2.5～5
中	CL（A線以上）	$I_p\geqq7$；$\omega_L=35\sim50$	1.5～2.0	0.25～0.50	5～10
	OH, MH（A線以下）	$I_p\geqq7$；$\omega_L>50$			
大	CL（A線以上）	$I_p\geqq7$；$\omega_L<35$	>2.0	>0.5	>1.0
	ML（A線以下）	$I_p\leqq4$；$\omega_L<50$			
	OL（A線以下）	$I_p\geqq7$；$\omega_L=35\sim50$			

記号	土質
GW	粒度が良い礫
GP	粒度が悪い礫
SW	粒度が良い砂
SP	粒度が悪い砂
CH	粘土
CL	粘質土（砂分が目立つ粘性土）
OH	有機質粘土
OL	有機質粘質土
MH	シルト（高液性限界）
ML	シルト（低液性限界）

土質工学会編（1994）に加筆

○地盤の凍結深さは，北海道の各市町村において経験的に安全側に決められており，泊発電所が位置する泊村においては，約60cmとされている。
○凍結深さは，自然積雪状態下においては断熱効果により抑制される。
○砂や礫で構成される地盤は，水分を供給する毛管作用が生じにくく（毛管上昇高さが小さく），凍上は起こらない。

565

余白

7. 凍結融解作用の影響に関する検討について

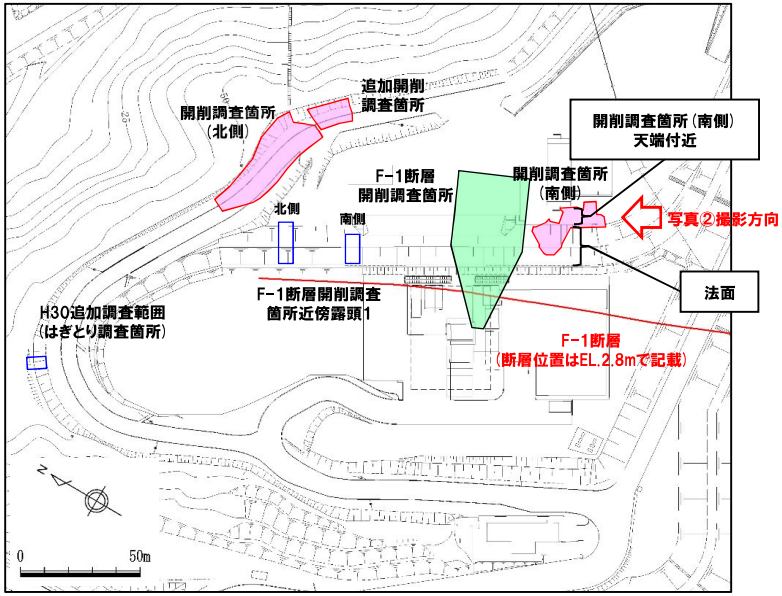
566

①-2 開削調査箇所（南側）付近の積雪状況

再掲（R3/2/12審査会合）

○開削調査箇所（南側）付近の積雪状況について確認を行った。
- 開削調査箇所（南側）付近は写真①に示すように冬季には積雪状態となっている（次頁に敷地の積雪深データを示す）。
- 写真②に示すように開削調査箇所（南側）天端付近は法肩に位置していることから，人や車両の通行が無く除雪もされない箇所であり，自然積雪状態となっているため，積雪の断熱効果により凍結深さが抑制されていると考えられる。

写真① 開削調査箇所（南側）付近空撮写真（平成27年1月撮影）



開削調査箇所（南側）位置図

写真② 開削調査箇所（南側）付近法肩状況（平成25年3月撮影）

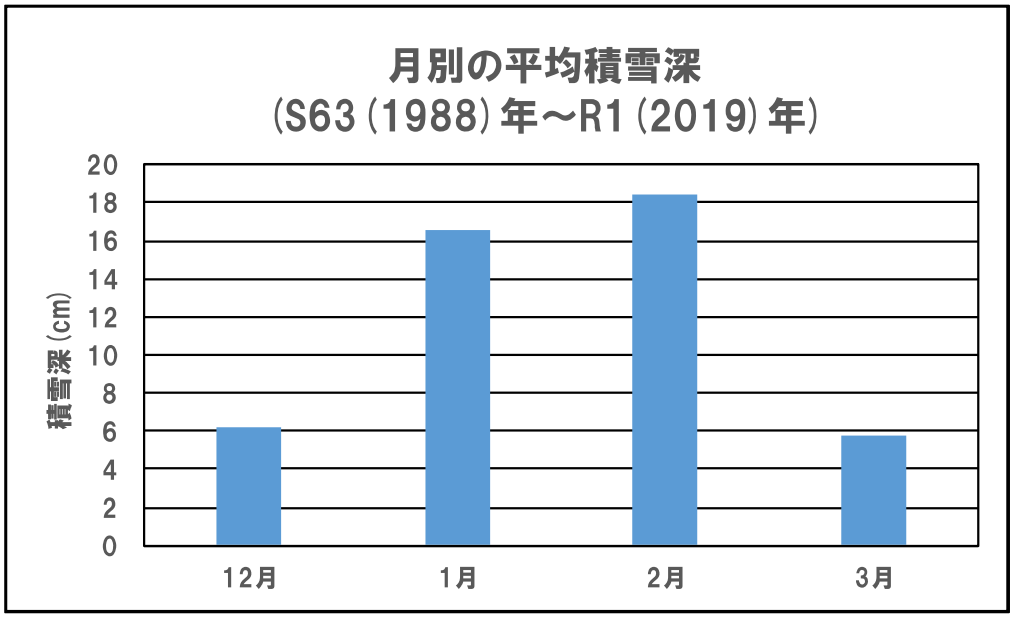
7. 凍結融解作用の影響に関する検討について

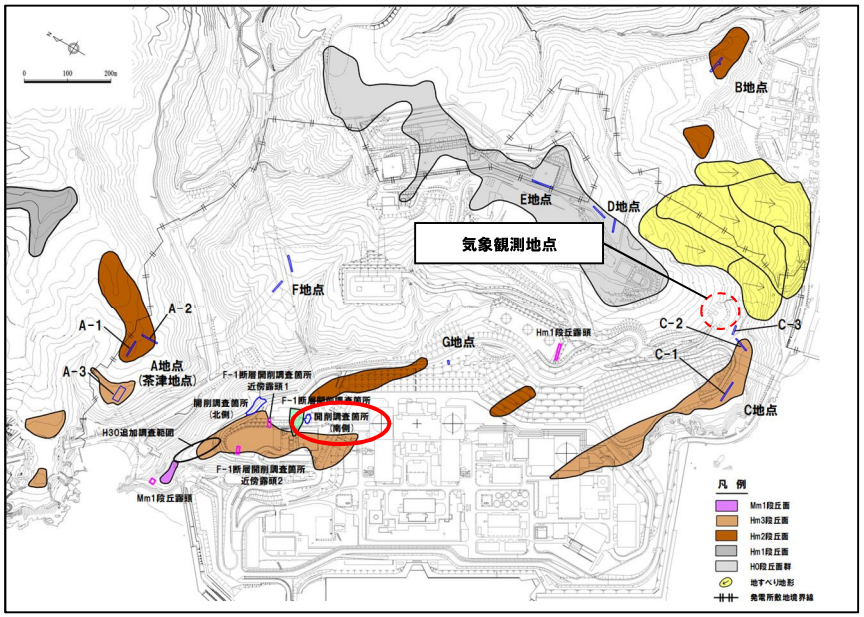
567

①-2 敷地の積雪深

再掲（R3/2/12審査会合）

○敷地の気象観測地点における月別の平均積雪深（S63（1988）年～R1（2019）年）を以下に示す。
○最寒月（1月）の平均積雪深は約16cmである。





気象観測地点 位置図

7. 凍結融解作用の影響に関する検討について

568

②R2.9.10,11現地調査以降の追加検討概要（1/3）

一部修正（R3/2/12審査会合）

○開削調査箇所（南側）に認められるTs3aユニット及びTs3bユニットは，1,2号炉建設時の敷地造成以降における凍結融解作用により変形・変位が生じる凍上等の影響を受けていないと判断されるが，R2.9.10,11現地調査以降，凍上について更なる検討を実施した。
○追加検討としては，まず，敷地周辺において凍上発生事例を報告している文献の収集を行ったが，事例を報告した文献は確認できなかった。
○そこで，敷地周辺は北海道においてどのような気象条件にあるか及び開削調査箇所（南側）海側壁面の様な斜面部において，凍上が発生した場合にどのような変状が生じるかについて文献レビューを実施した。
○また，露頭観察の結果，Ts3aユニット基底面付近のM1ユニットには堆積時の堆積構造に乱れは認められない（P570参照）が，Ts3aユニット中に局所的に上に凸様の構造が認められることから，当該箇所について詳細観察を実施した。

【文献レビュー結果（詳細はP571～P572参照）】
（気象条件）
○地盤工学会（2010）のうち，凍上被害の地域性に関する内容についてレビューを実施した。
・凍上の発生は低温・少雪な地域と比較し，低温・多雪な地域では少ない傾向にあるが，これは，積雪が断熱材の役割を果たすことによって温度低下を抑制するためである。
・高温・多雪な地域に位置する泊発電所周辺は温度低下が抑制されることから，凍上の発生が少ないとされる低温・多雪な地域よりも凍上発生は少ないものと判断される。
（斜面の変状）
○地盤工学会（2010）のうち，凍上による斜面の変状についてレビューを実施した。
・斜面部は凍上の影響を受けることによって，法枠の浮き上がり，変形破損等が生じる。
・開削調査箇所（南側）海側壁面においては，Ts3aユニット，Ts3bユニット等の分布状況を確認するため，令和元年5月より，順次フリーフレームの撤去を実施しているが，撤去前の状況において，フリーフレームには，浮き上がり，変形破損等は確認されていない（P573参照）。

【詳細観察結果（詳細はP574～P585参照）】
○露頭観察の結果，開削調査箇所（南側）の背後法面天端付近における以下に示す3箇所（詳細位置については，P574参照）には，Ts3aユニット中に局所的に上に凸様の構造が認められることから，露頭の詳細観察を実施し，凍結融解作用の影響の有無について検討を行った。
・横断掘削箇所②南側壁面
・横断掘削箇所⑤南側壁面
・海側壁面（距離呈約2.5m）
○加えて，海側壁面（距離呈約2.5m）においては，はぎとり転写試料観察及び薄片観察を実施し，より詳細な検討を行った。

（次頁へ続く）

7. 凍結融解作用の影響に関する検討について

569

②R2.9.10,11現地調査以降の追加検討概要（2/3）

一部修正（R3/2/12審査会合）

（前頁からの続き）

（露頭の詳細観察）

○露頭の詳細観察の結果，上に凸様の構造には，以下の状況が認められる。

横断掘削箇所②南側壁面（詳細はP576～P577参照）

・本壁面においては，下位より，M1ユニット，Ts3aユニット及び盛土が認められ，Ts3aユニットは，下位のM1ユニットを侵食して堆積している。

・Ts3aユニットには，葉理が認められ，上に凸様の構造を示すものの，礫を覆うように分布していることから，堆積構造であると判断される。

横断掘削箇所⑤南側壁面（詳細はP578～P579参照）

・本壁面においては，下位より，M1ユニット，Ts3aユニット及び盛土が認められる。

・Ts3aユニットには，葉理が認められ，局所的に上に凸様の構造を示すものの，盛土によって切断されている。

・また，葉理を切断している盛土基底面に，同様の構造は認められず，加えてM1ユニット基底面においても，同様の構造は認められないことから，堆積構造であると判断される。

海側壁面（詳細はP580～P581参照）

・本壁面においては，下位より，M1ユニット，Ts3aユニット，Ts3bユニット及び盛土が認められ，Ts3aユニットは，下位のM1ユニットを侵食して堆積している。

・盛土の基底には不陸が認められる。

・Ts3aユニットには葉理が認められ，局所的に上に凸様の構造を呈しているが，M1ユニット上面及び盛土基底面に同様の構造は認められないことから，系統的な構造ではなく，堆積構造であると判断される。

（はぎとり転写試料観察）

○はぎとり転写試料観察の結果，Ts3aユニット中には上に凸様の構造が2箇所認められ，以下に示す状況を呈する。

海側壁面（詳細はP582～P583参照）

・連続性が悪く，Ts3aユニット中の葉理を切断していない。

・系統的な構造ではない。

（薄片観察）

○薄片観察は，はぎとり転写試料においてTs3aユニット中に確認される上に凸様の構造を対象に実施した。

○薄片観察の結果，以下の状況が認められる。

海側壁面（詳細はP584～P585参照）

・当該箇所に認められる堆積構造に対応した水平方向の構造が認められる。

・堆積構造に乱れは認められず，鉛直方向の砕屑物粒子の定向配列は認められない。

○露頭の詳細観察等の結果，Ts3aユニット中の堆積構造に影響を与えていないことから，上に凸様の構造は，堆積構造若しくはTs3aユニット堆積後に形成された亀裂であると判断される。

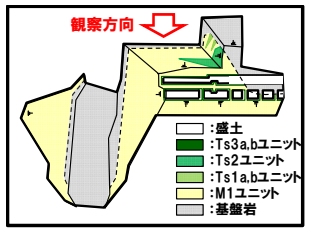
○文献レビュー，露頭の詳細観察及び薄片観察の結果，Ts3aユニット及びTs3bユニットには凍上は発生していないと判断される。

7. 凍結融解作用の影響に関する検討について

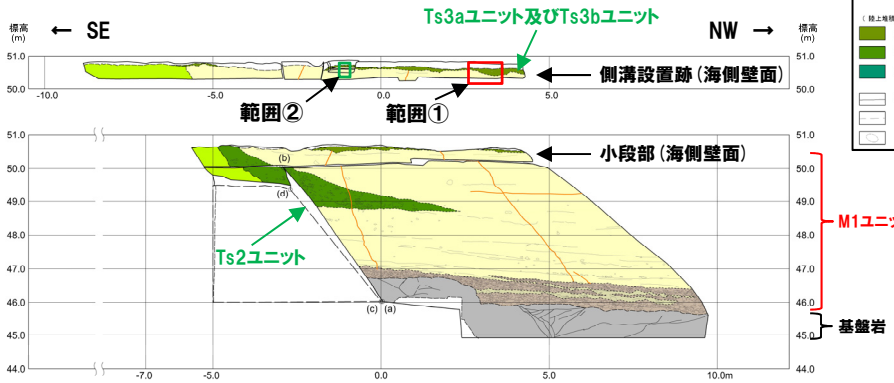
570

②R2.9.10,11現地調査以降の追加検討概要（3/3）

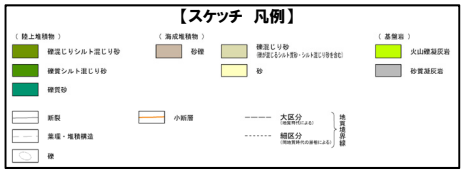
再掲（R3/2/12審査会合）



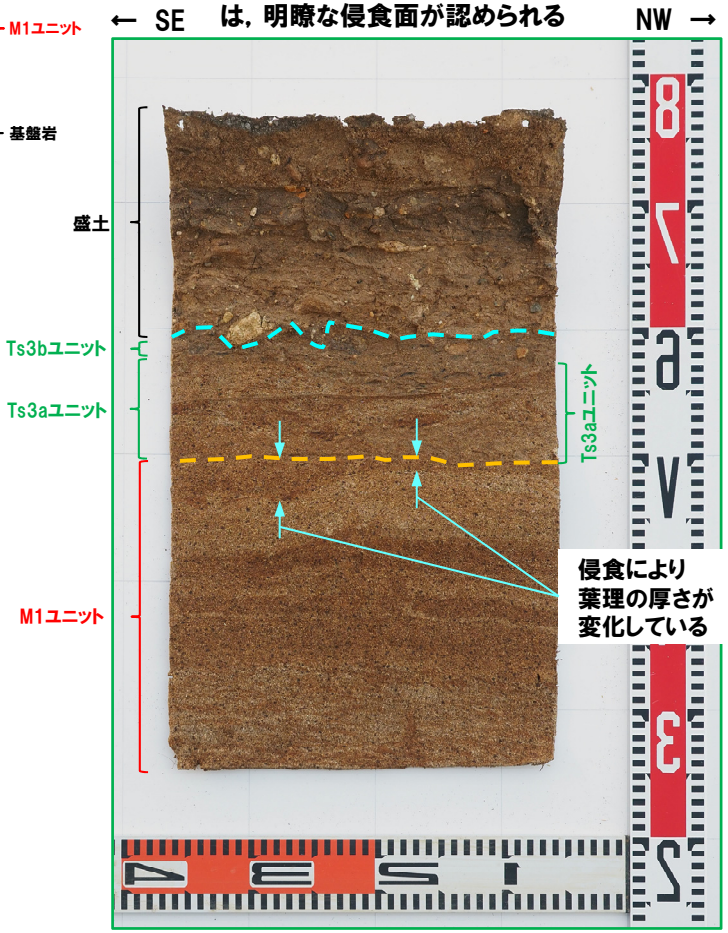
平面模式図



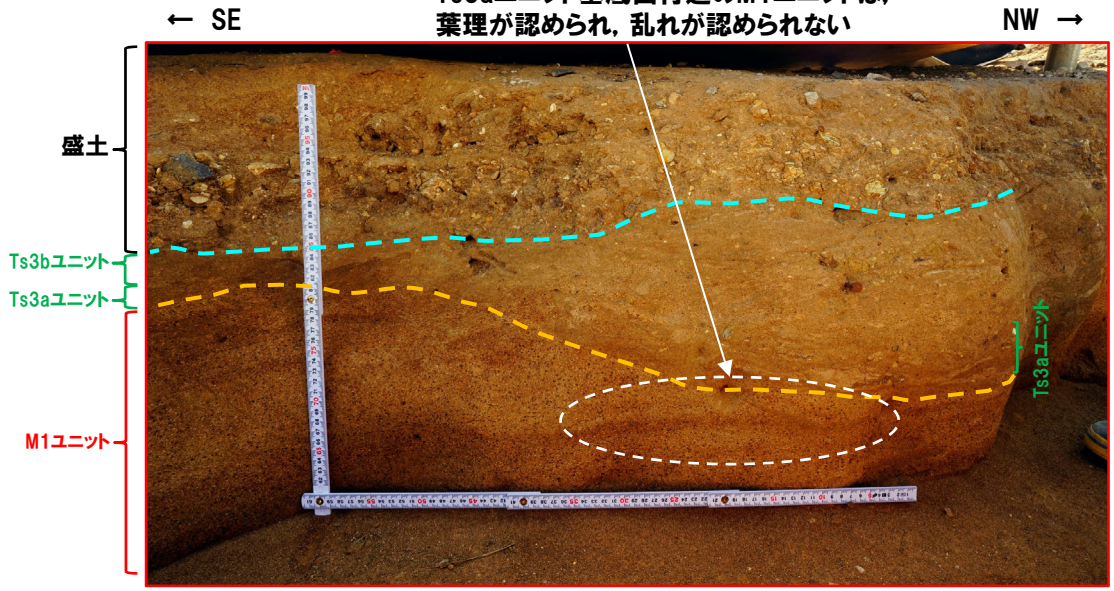
開削調査箇所（南側） 南側壁面の背後法面 壁面スケッチ



M1ユニットとTs3aユニットの境界は，明瞭な侵食面が認められる



Ts3aユニット基底面付近のM1ユニットは，葉理が認められ，乱れが認められない



範囲①拡大写真（側溝設置跡 海側壁面（北側）（解釈線あり））

範囲②拡大写真（はぎとり転写試料 写真（左右反転）（解釈線あり））

7. 凍結融解作用の影響に関する検討について

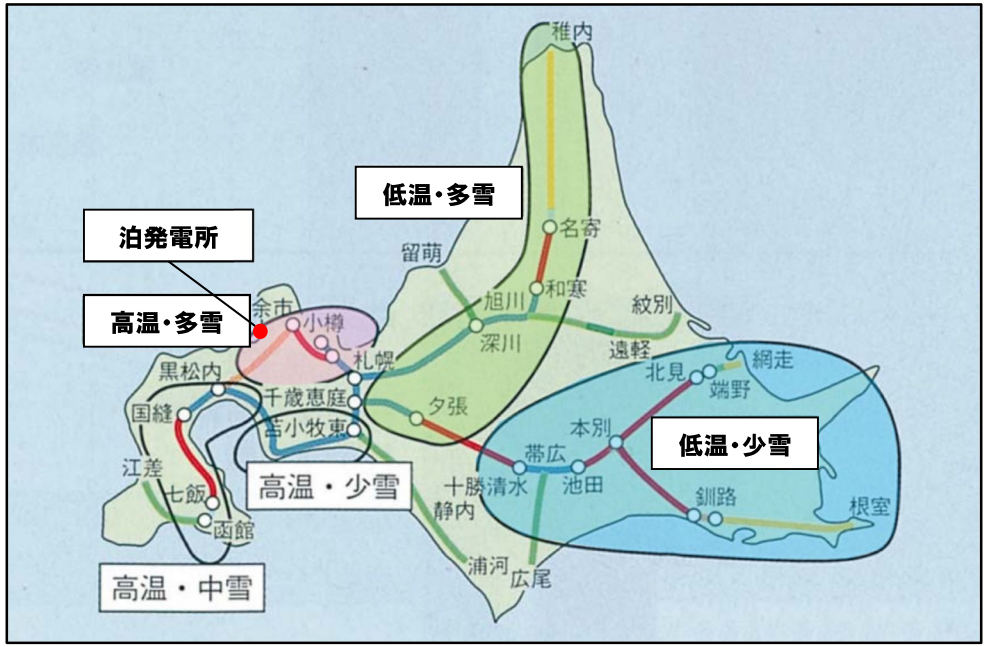
571

②-1 文献レビュー（地盤工学会，2010）

再掲（R3/2/12審査会合）

○地盤工学会（2010）のうち，凍上被害の地域性に関する内容についてレビューを実施した。
- 「凍上・凍結融解」は寒冷地で発生する事象であり，北海道，東北，北陸などの地域で見られる現象である。特に北海道は平野部でも冬季には氷点下になり，「凍上・凍結融解」の発生する気象条件下にある。
- 凍上は「温度，水分，土質」の3要素によって生ずる。土質条件がそろわなければ凍上は発生しないため，気象が同様な地域でも発生状況に地域差があるのはそのためである。
- 積雪寒冷地における凍上発生の特徴は，低温・少雪な地域で多く見られるが，低温・多雪な地域では少ない傾向にある。これは，凍上発生条件に積雪が密接に作用していると考えられるためである。
- 積雪は空気をたくさん包み込んでいることで断熱材の役割を果たし，「温度」を抑制すると考えられており，「温度，水分，土質」の3要素がそろっている地域でも積雪により「温度」の項目が緩和されることで凍上の発生が抑制されている。
- 泊発電所は高温・多雪な地域に位置している。

○積雪が断熱材の役割を果たすことによって温度低下を抑制するため，凍上の発生は低温・少雪な地域と比較し，低温・多雪な地域では少ない傾向にある。
○高温・多雪な地域に位置する泊発電所周辺は温度低下が抑制されることから，凍上の発生が少ないとされる低温・多雪な地域よりも凍上発生は少ないものと判断される。



地盤工学会（2010）に加筆

7. 凍結融解作用の影響に関する検討について

572

②-1 文献レビュー（地盤工学会，2010）

再掲（R3/2/12審査会合）

○地盤工学会（2010）のうち，凍上による斜面の変状についてレビューを実施した。

- 凍上は土が凍結し，土粒子と地下水の特殊な条件が揃う場合に限って地中の水分が凍結面に移動しアイスレンズが発達し，土が膨張するように見える現象である。また，融解時にはレンズ状の氷跡が空洞化することで地盤内部に緩みを生じさせ，力学的性質を低下させる。
- 凍上により形成される「アイスレンズ」が引き起こす様々な作用が崩壊の要因となる。アイスレンズの影響として，①変位，②緩み，③水の供給と3つの作用に大別できる。この3つの作用が複合することで変状が生じると考えられている。
- 水は凍結すると体積が約9パーセント増加する。この体積増加は土中の水が凍結した場合でも同様に起こる。しかし，地盤中の原位置にある水分が凍結することによる土の体積増加は，土中の空隙に吸収されるなどして無視しうる程度のものである。
- 積雪寒冷地である北海道では，冬期の平均気温の下降に伴って地盤表層部は地表面から凍結し，春期の平均気温上昇に伴って地表面付近の凍土が地表面付近から融解する。
- 斜面では地盤の凍上は斜面に垂直な方向に生じるが，凍上した地盤は融解期に主に重力により鉛直方向に沈下する。この結果，凍上・融解が繰り返される表層地盤では，経年的に成長・発達する緩み層が形成される。
- 緩み層が発達した地盤では土の間隙が多くなり，透水係数が高くなるため，その部分に流線が集中して浸透力が増大する結果，さらに内部侵食が助長されるという進行性破壊となる。
- 法枠工の凍上・融解被害は法枠の浮き上がりや変形破損，中詰材の流出，アンカーピンの抜け上がりなどが挙げられる。これらの被害は法枠に作用する凍上力とアンカーピンの凍着凍上に起因する。
- 法面の凍上・融解が繰り返されると，法枠やアンカーピンの変状は年々増加し，法枠工の機能低下が生じて斜面崩壊を招くこともある。

○斜面部は凍上の影響を受けることによって，法枠の浮き上がり，変形破損等が生じる。

○開削調査箇所（南側）海側壁面においては，Ts3aユニット，Ts3bユニット等の分布状況を確認するため，令和元年5月より，順次フリーフレームの撤去を実施しているが，撤去前の状況において，フリーフレームには，浮き上がり，変形破損等は確認されていない（次頁参照）。

道東地域における凍上による斜面の変状　地盤工学会（2010）より抜粋

7. 凍結融解作用の影響に関する検討について

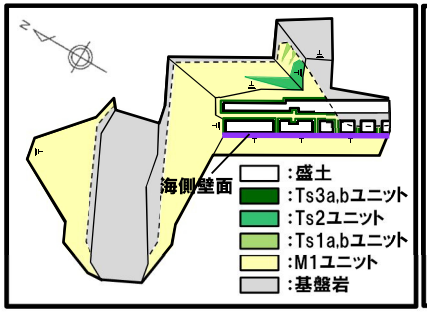
573

②-1 開削調査箇所（南側）海側壁面に設置したフリーフレームの状況

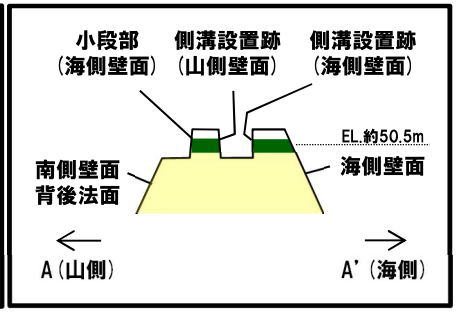
再掲（R3/2/12審査会合）

○開削調査箇所（南側）海側壁面においては，Ts3aユニット，Ts3bユニット等の分布状況を確認するため，令和元年5月より，順次フリーフレームの撤去を実施している（撤去範囲については右下図参照）。
○なお，当該箇所のフリーフレームは1,2号炉建設時に施工されたものである。
○フリーフレーム撤去前の状況を左下写真に示す。
○開削調査箇所（南側）海側壁面に施工されていたフリーフレームには，浮き上がり，変形破損等は確認されていない。

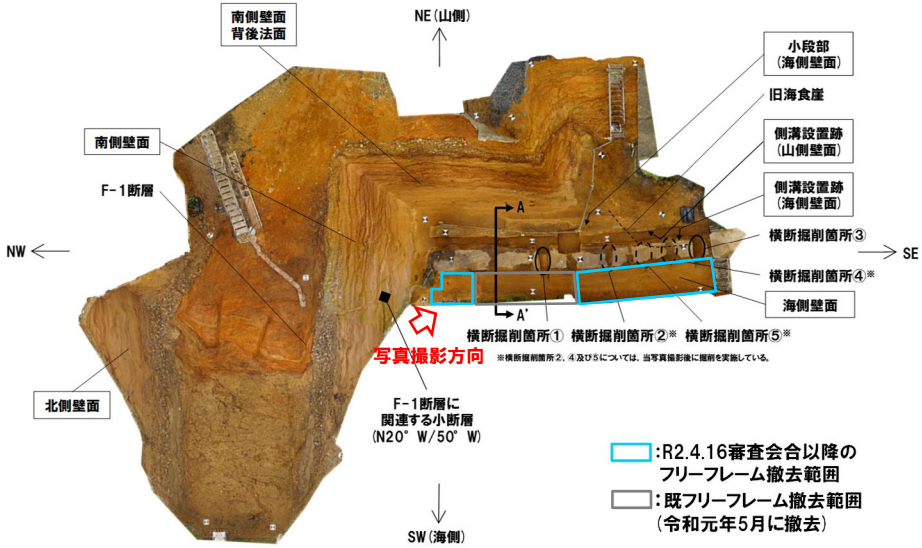
開削調査箇所（南側）海側壁面
フリーフレーム撤去前の状況（令和元年5月撮影）



平面模式図



南側壁面の背後法面　天端付近
断面模式図（A-A'断面）



開削調査箇所（南側）露頭状況

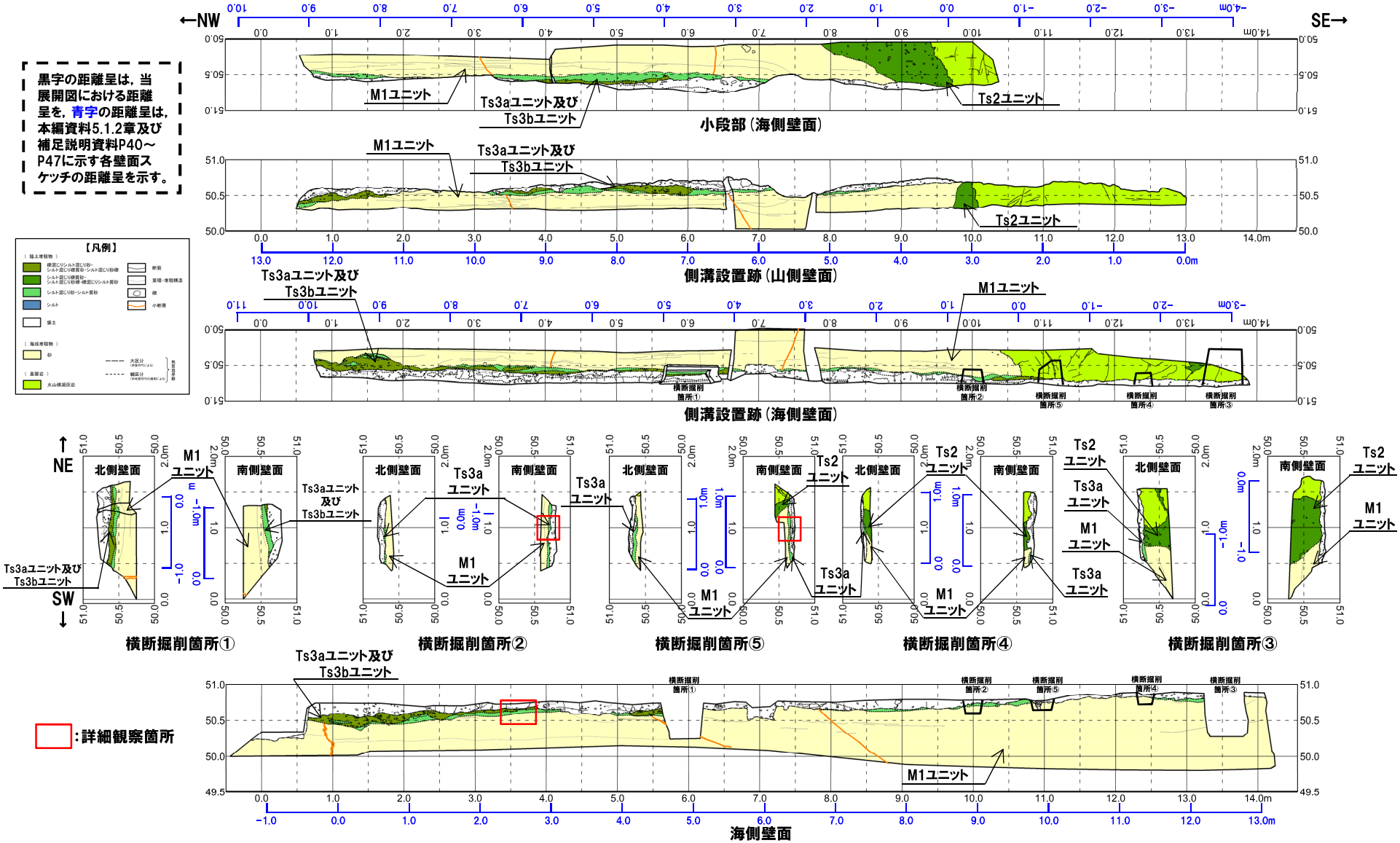
7. 凍結融解作用の影響に関する検討について

574

②-2 露頭の詳細観察結果（南側壁面の背後法面天端付近スケッチ展開図）

一部修正（R2/8/7審査会合）

黒字の距離呈は，当展開図における距離呈を，青字の距離呈は，本編資料5.1.2章及び補足説明資料P40～P47に示す各壁面スケッチの距離呈を示す。



開削調査箇所（南側）南側壁面の背後法面天端付近スケッチ展開図

575

余白

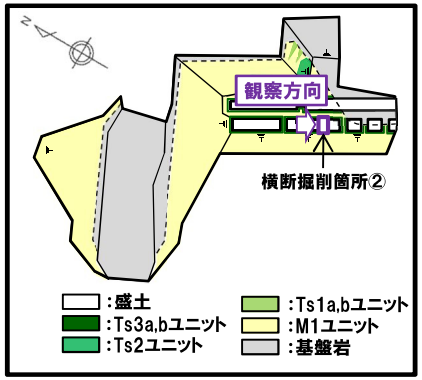
7. 凍結融解作用の影響に関する検討について

576

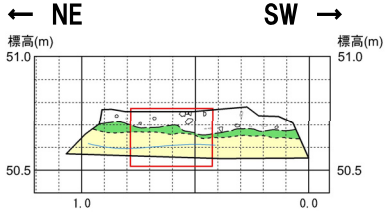
②-2 露頭の詳細観察結果 横断掘削箇所②（南側壁面）（1/2）

再掲（R3/2/12審査会合）

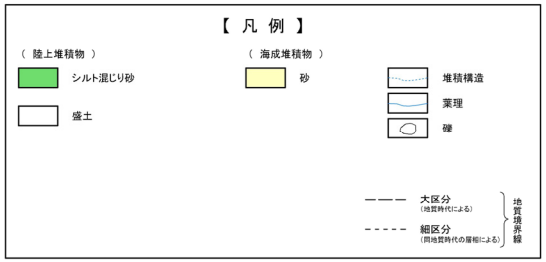
○本壁面においては，下位より，M1ユニット，Ts3aユニット及び盛土が認められ，Ts3aユニットは，下位のM1ユニットを侵食して堆積している。
○盛土の基底には不陸が認められる。
○Ts3aユニットには，葉理が認められ，上に凸様の構造を示すものの，礫を覆うように分布していることから，堆積構造であると判断される。

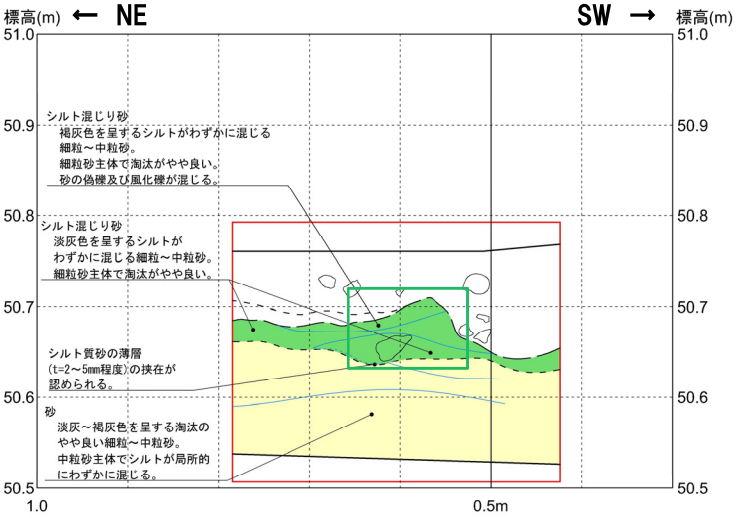


開削調査箇所（南側）平面模式図

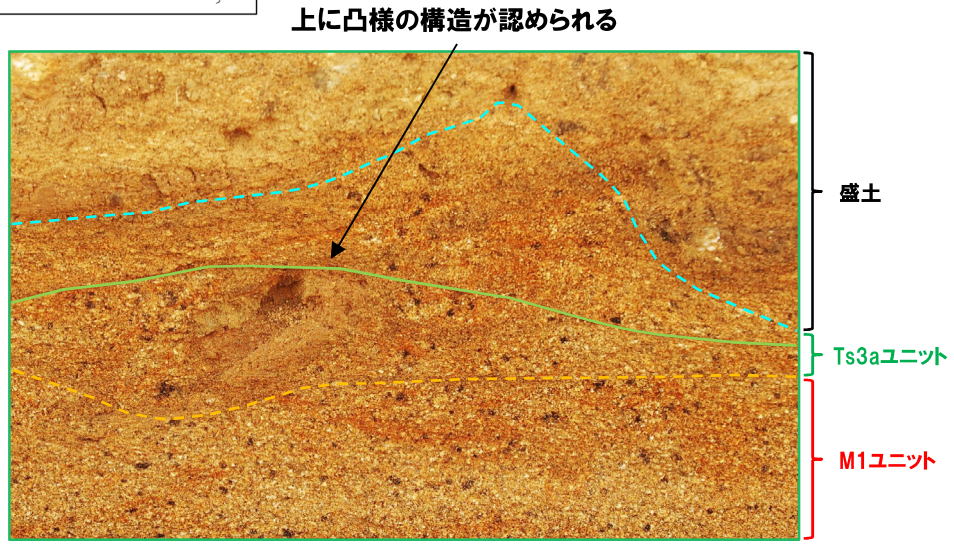


位置図





開削調査箇所（南側）横断掘削箇所②（南側壁面）スケッチ



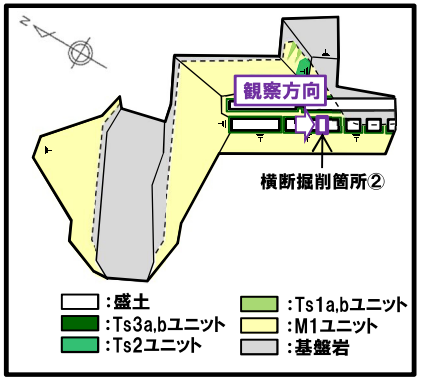
拡大写真（解釈線あり）

7. 凍結融解作用の影響に関する検討について

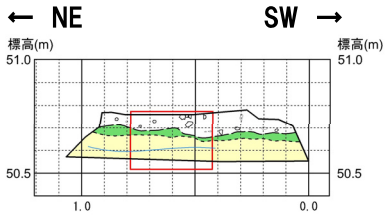
577

②-2 露頭の詳細観察結果 横断掘削箇所②（南側壁面）（2/2）

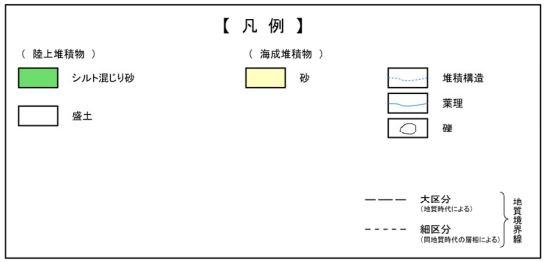
再掲（R3/2/12審査会合）

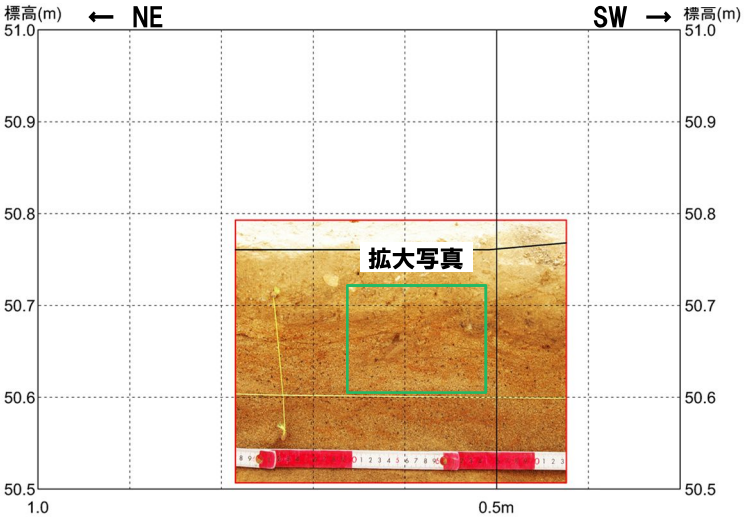


開削調査箇所（南側）平面模式図

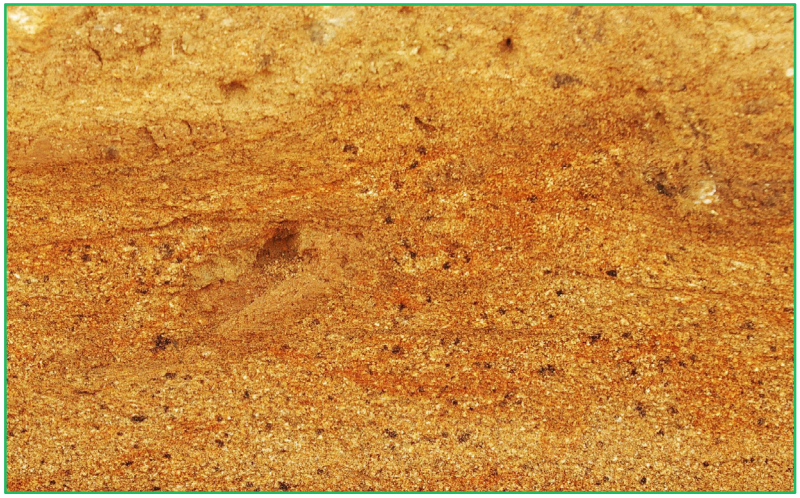


位置図





開削調査箇所（南側）横断掘削箇所②（南側壁面） 写真



拡大写真（解釈線なし）

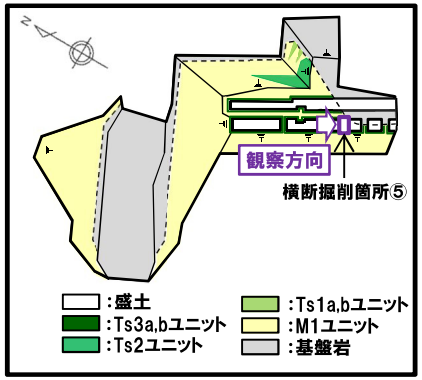
7. 凍結融解作用の影響に関する検討について

578

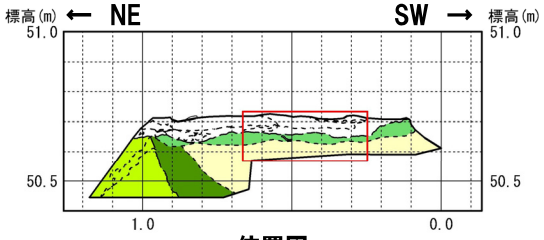
②-2 露頭の詳細観察結果 横断掘削箇所⑤（南側壁面）（1/2）

再掲（R3/2/12審査会合）

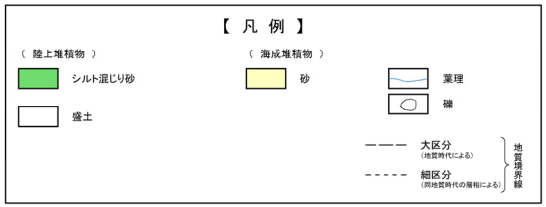
○本壁面においては，下位より，M1ユニット，Ts3aユニット及び盛土が認められる。
○Ts3aユニットには，葉理が認められ，局所的に上に凸様の構造を示すものの，盛土によって切断されている。
○また，葉理を切断している盛土基底面に，同様の構造は認められず，加えてM1ユニット基底面においても，同様の構造は認められないことから，堆積構造であると判断される。

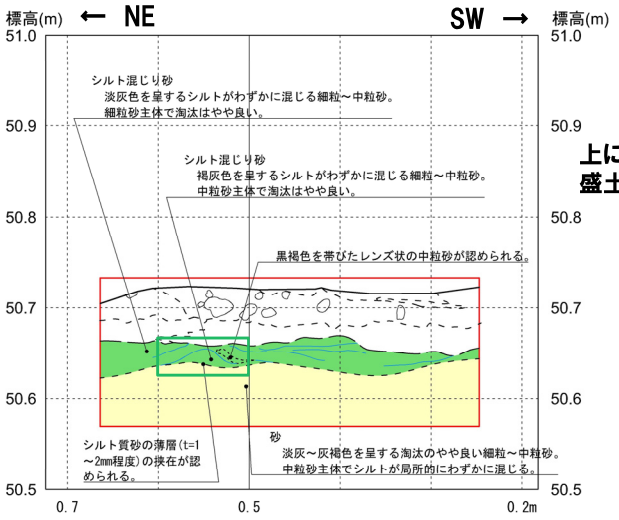


開削調査箇所（南側）平面模式図

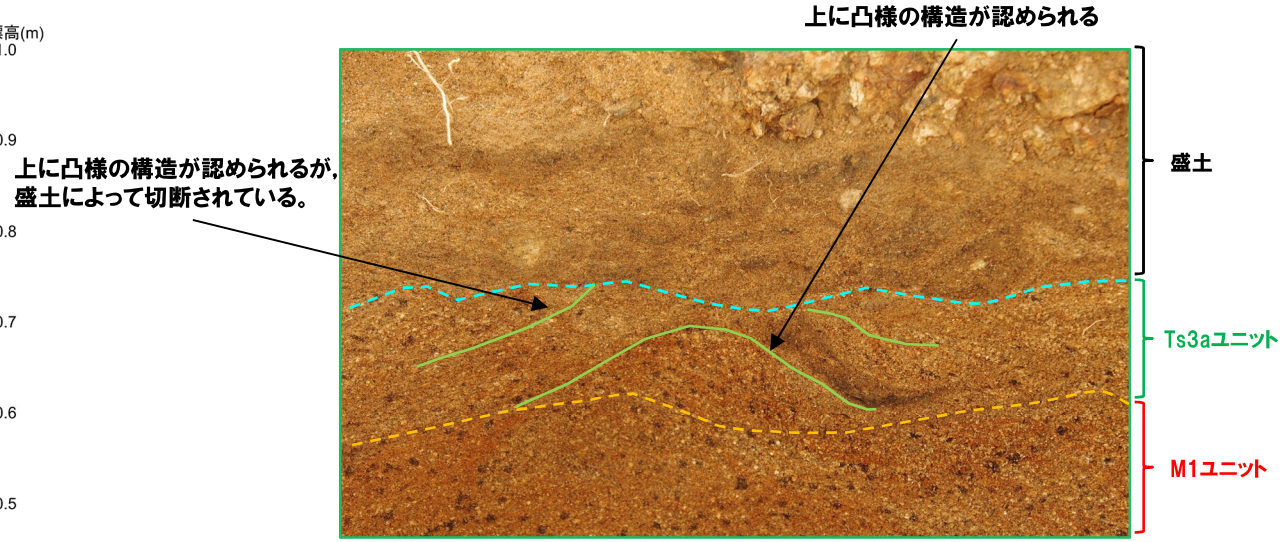


位置図





開削調査箇所（南側）横断掘削箇所⑤（南側壁面）スケッチ



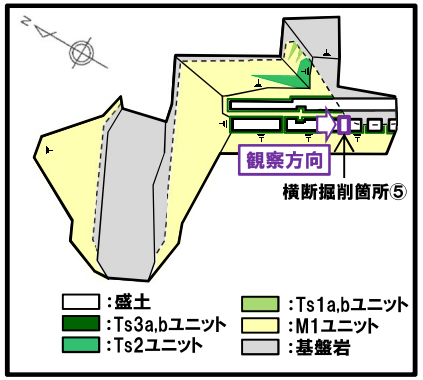
拡大写真（解釈線あり）

7. 凍結融解作用の影響に関する検討について

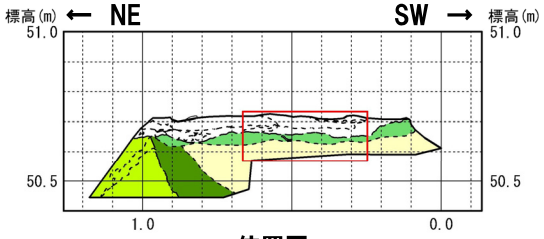
579

②-2 露頭の詳細観察結果 横断掘削箇所⑤（南側壁面）（2/2）

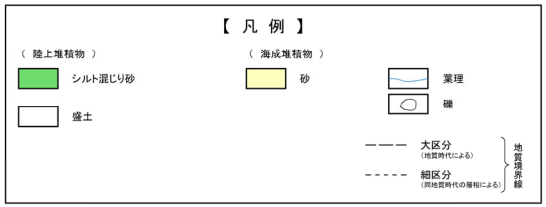
再掲（R3/2/12審査会合）

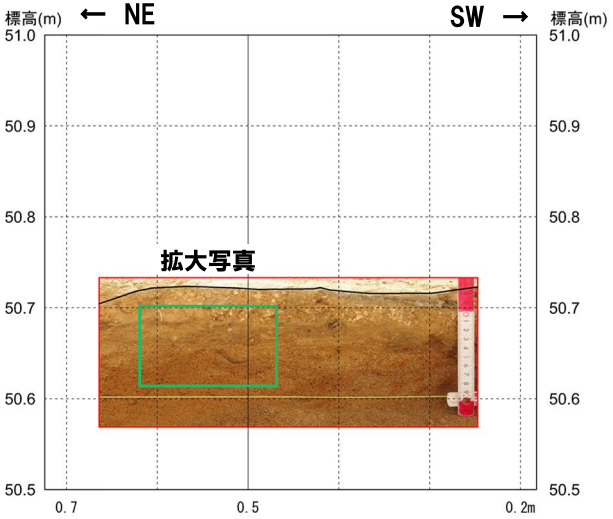


開削調査箇所（南側）平面模式図



位置図





開削調査箇所（南側）横断掘削箇所⑤（南側壁面） 写真

拡大写真（解釈線なし）

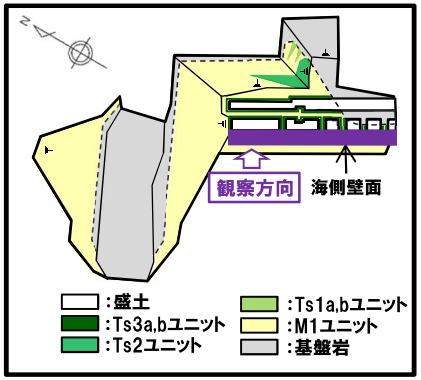
7. 凍結融解作用の影響に関する検討について

580

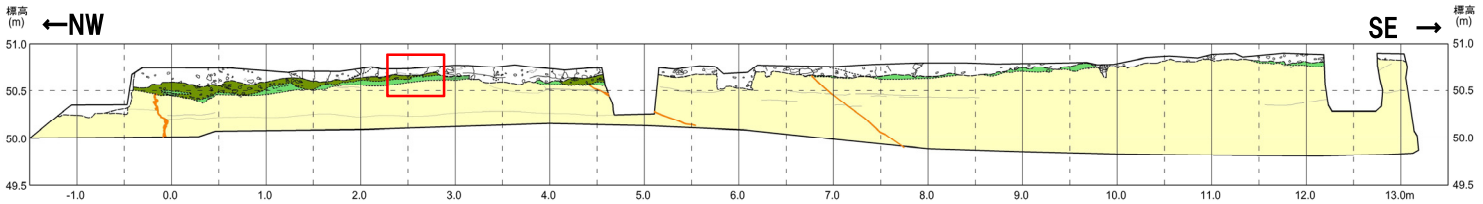
②-2 露頭の詳細観察結果 海側壁面 (1/2)

再掲 (R3/2/12審査会合)

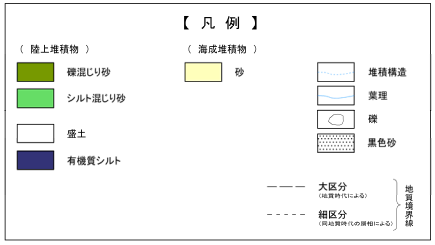
○本壁面においては，下位より，M1ユニット，Ts3aユニット，Ts3bユニット及び盛土が認められ，Ts3aユニットは，下位のM1ユニットを侵食して堆積している。
○盛土の基底には不陸が認められる。
○Ts3aユニットには葉理が認められ，局所的に上に凸様の構造を呈しているが，M1ユニット上面及び盛土基底面に同様の構造は認められないことから，系統的な構造ではなく，堆積構造であると判断される。

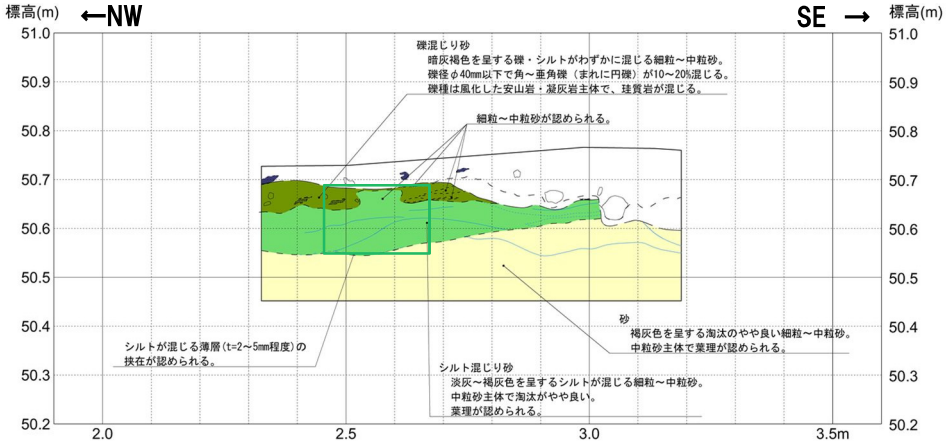


開削調査箇所 (南側) 平面模式図

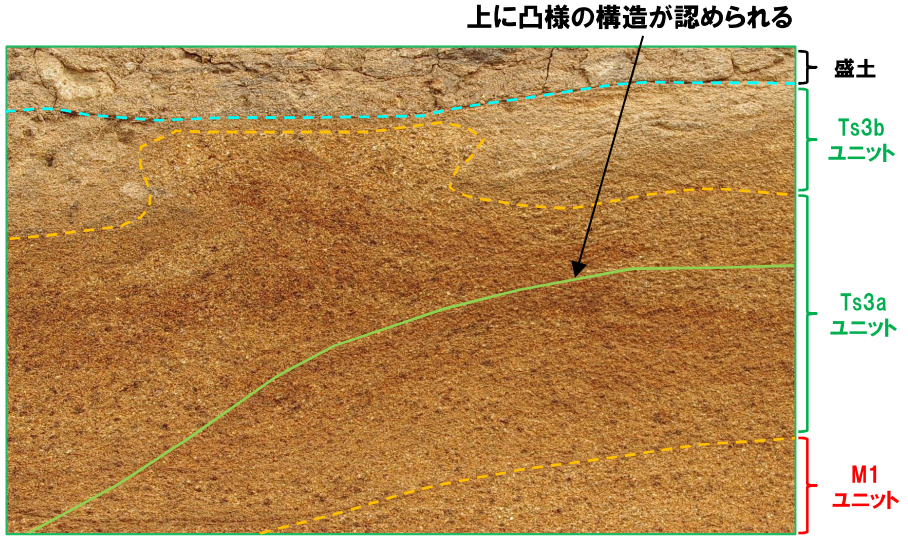


位置図





開削調査箇所 (南側) 海側壁面 スケッチ



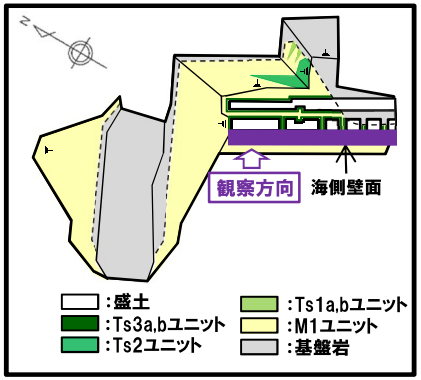
拡大写真 (解釈線あり)

7. 凍結融解作用の影響に関する検討について

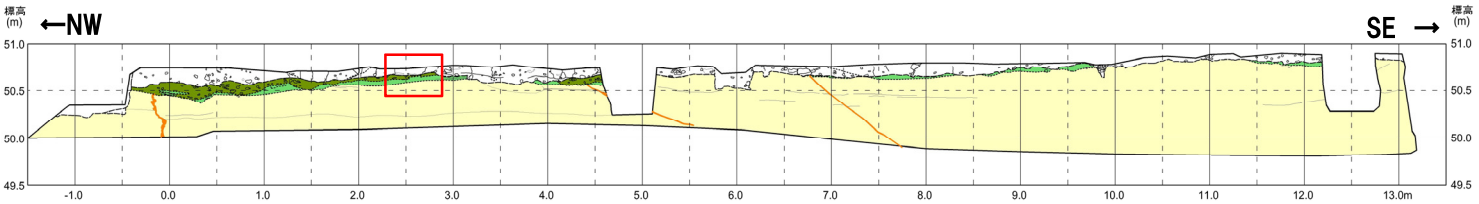
581

②-2 露頭の詳細観察結果 海側壁面 (2/2)

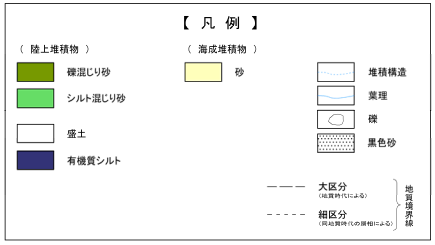
再掲 (R3/2/12審査会合)

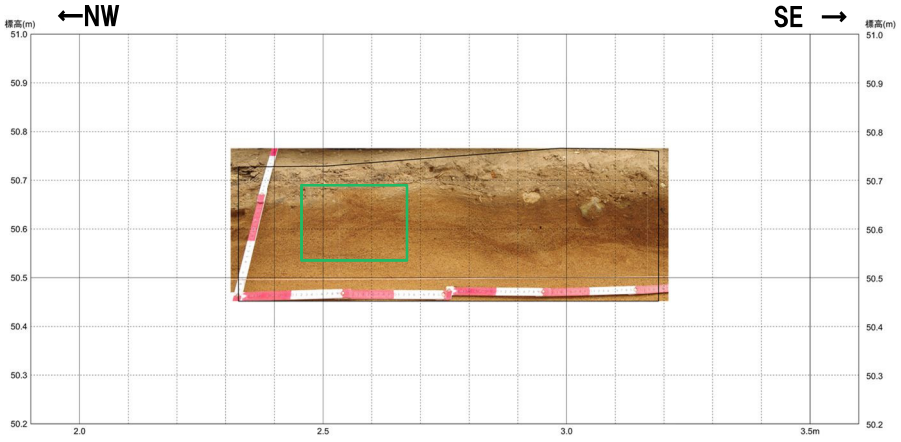


開削調査箇所 (南側) 平面模式図



位置図





開削調査箇所 (南側) 海側壁面　写真

拡大写真 (解釈線なし)

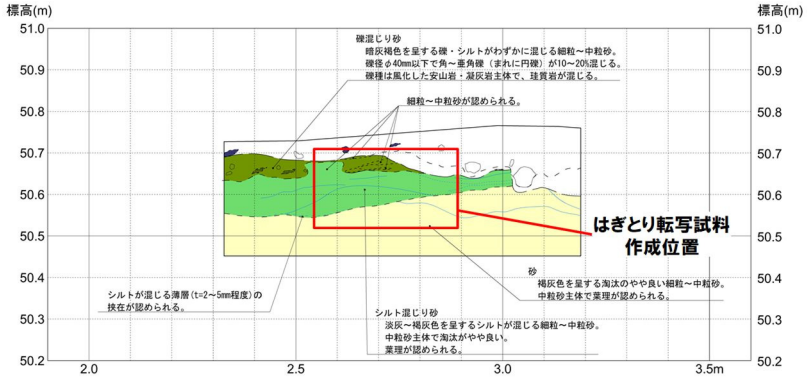
7. 凍結融解作用の影響に関する検討について

582

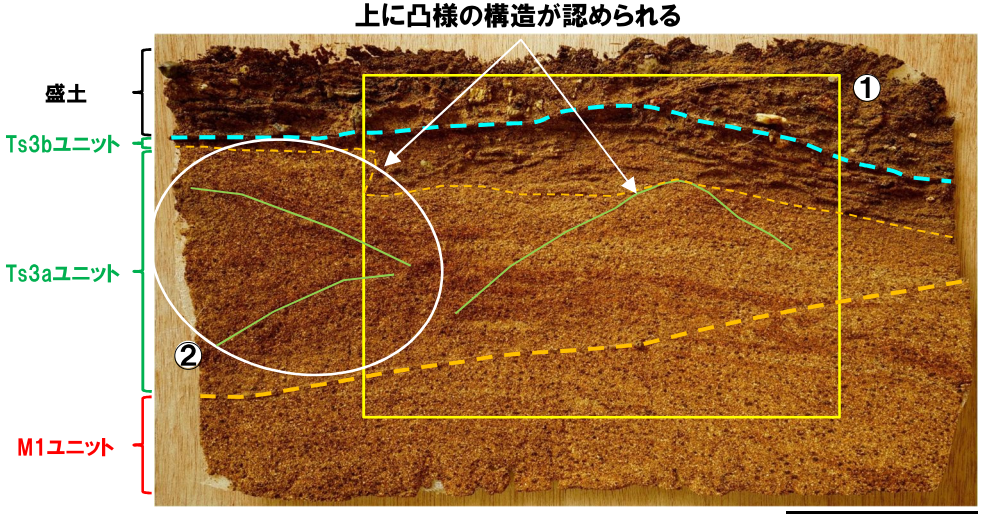
②-2 露頭の詳細観察結果 海側壁面　はぎとり転写試料観察（1/2）

再掲（R3/2/12審査会合）

【はぎとり転写試料観察】
○はぎとり転写試料観察の結果，Ts3aユニット中には上に凸様の構造が2箇所認められ，以下に示す状況を呈する。
・連続性が悪く，Ts3aユニット中の葉理を切断していない（拡大写真①の箇所）。
・系統的な構造ではない（はぎとり転写試料写真②の箇所）。
○なお，拡大写真③の箇所においては，Ts3bユニット中の堆積構造を切断することから，盛土基底面に認められる不陸に起因するものと判断される。

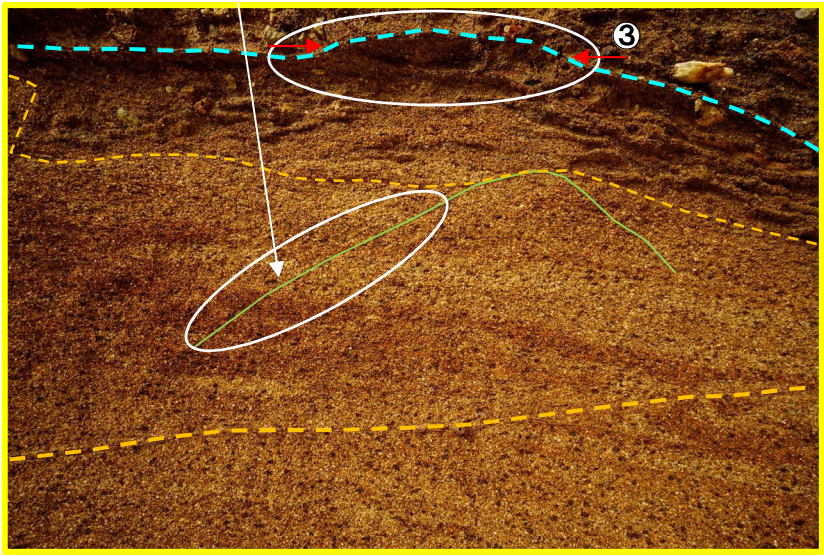


海側壁面距離呈2.0～3.5m付近　詳細スケッチ



はぎとり転写試料写真（左右反転）（解釈線あり）　10cm

Ts3aユニット中の葉理を切断していない



10cm

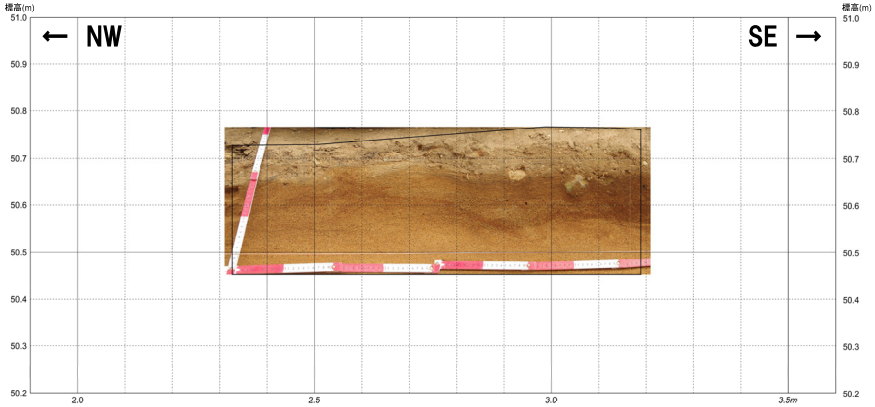
拡大写真（左右反転）（解釈線あり）

7. 凍結融解作用の影響に関する検討について

583

②-2 露頭の詳細観察結果 海側壁面　はぎとり転写試料観察(2/2)

再掲(R3/2/12審査会合)



海側壁面 距離呈2.0～3.5m付近　写真

はぎとり転写試料写真(左右反転)(解釈線なし)　10cm

10cm

拡大写真(左右反転)(解釈線なし)

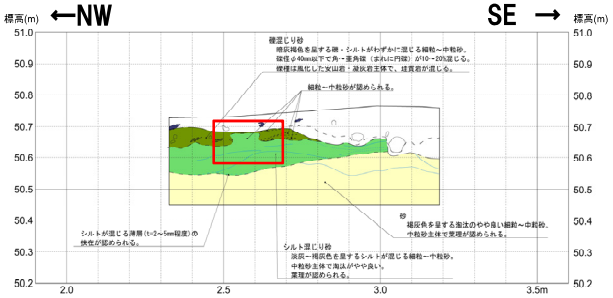
7. 凍結融解作用の影響に関する検討について

584

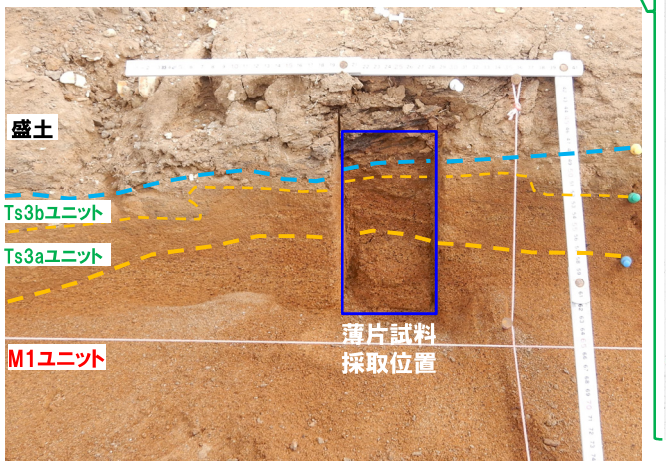
②-2 薄片観察 海側壁面（1/2）

再掲（R3/2/12審査会合）

【薄片観察】
○薄片観察は，はぎとり転写試料においてTs3aユニット中に確認される上に凸様の構造を対象に実施した。
○薄片観察の結果，以下の状況が認められる。
・当該箇所に認められる堆積構造に対応した水平方向の構造が認められる。
・堆積構造に乱れは認められず，鉛直方向の砕屑物粒子の定向配列は認められない。



開削調査箇所（南側）海側壁面　スケッチ



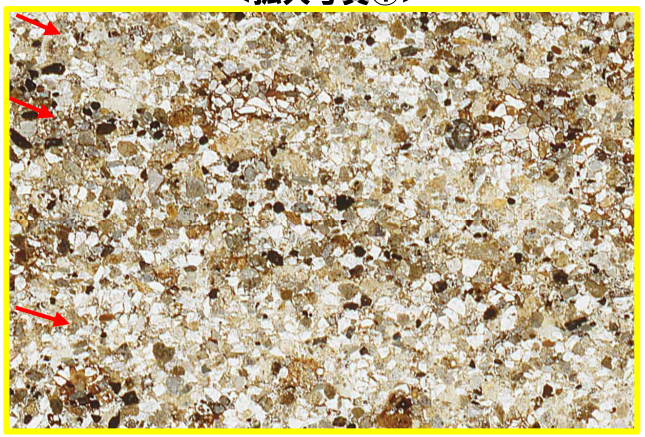
薄片試料採取位置　拡大写真

Ts3aユニット

水平方向の構造

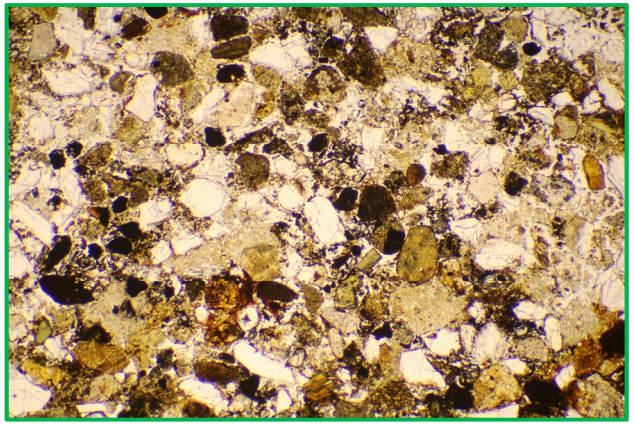
オープンニコル　10mm

＜拡大写真①＞



オープンニコル　2mm

＜拡大写真②＞



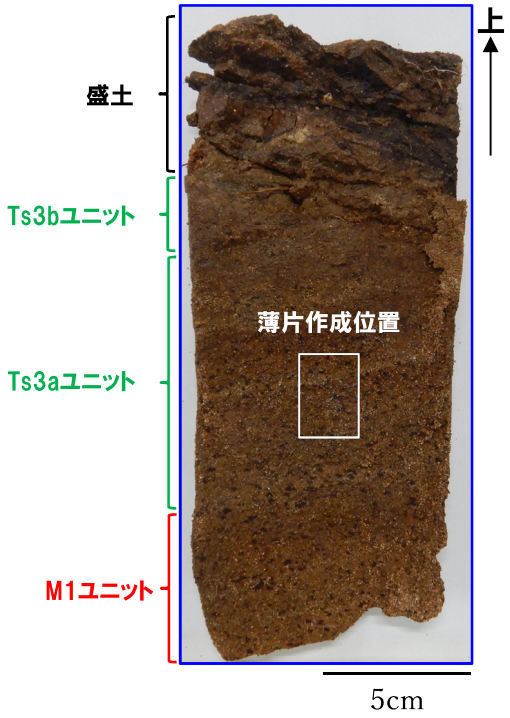
オープンニコル　1mm

7. 凍結融解作用の影響に関する検討について

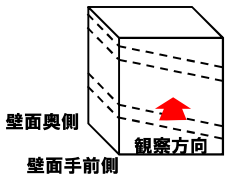
585

②-2 薄片観察 海側壁面 (2/2)

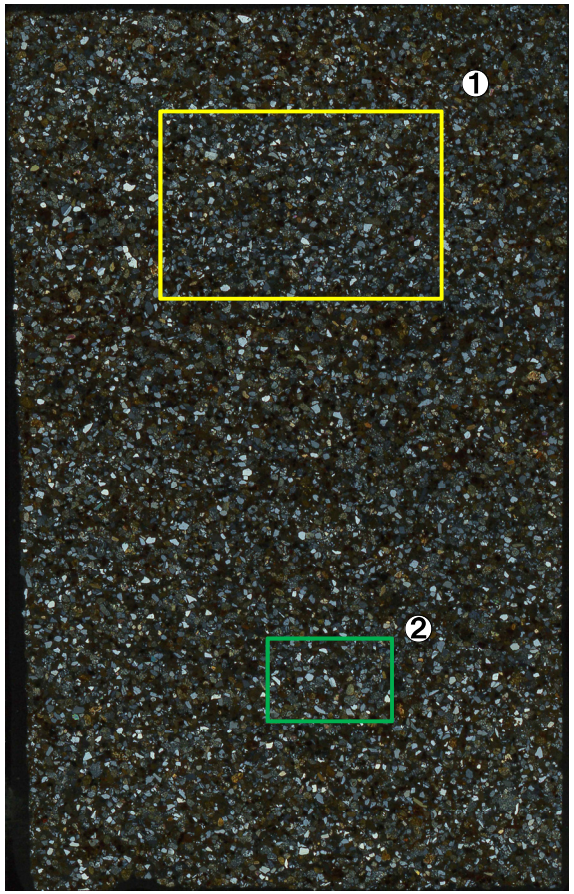
再掲 (R3/2/12審査会合)



薄片試料作成位置写真
(壁面奥側)

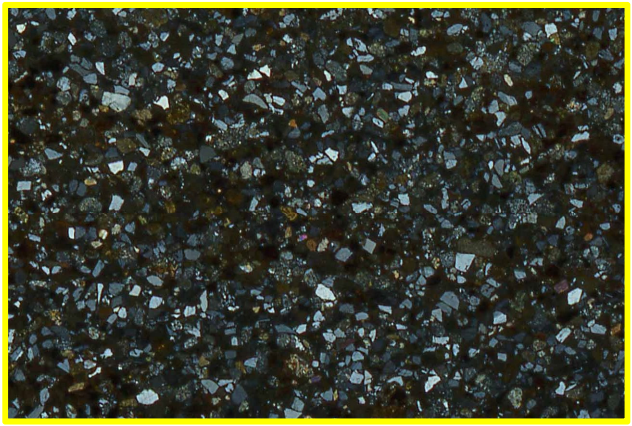


観察方向イメージ図



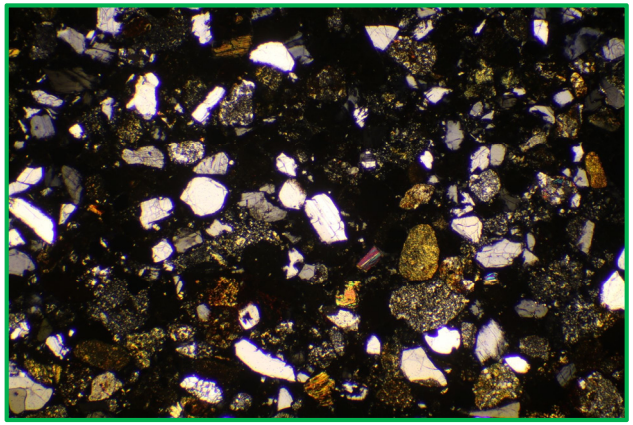
クロスニコル　10mm

＜拡大写真①＞



クロスニコル　2mm

＜拡大写真②＞



クロスニコル　1mm

参考文献

586

(1) Krumbein, W. C.(1941):Measurement and geologic significance of shape and roundness of sedimentary particles. Journal of Sedimentary Petrology 11(2), pp.64-72.
(2) 公文富士夫・立石雅昭(1998):新版砕屑物の研究法, 地団研双書29, 地学団体研究会.
(3) 小池一之・町田洋編(2001):日本の海成段丘アトラス, 東京大学出版会.
(4) 泊村(1967):泊村史.
(5) 貝塚ほか編(2019):写真と図で見る地形学増補新装版, 東京大学出版会.
(6) 三浦英樹・平川一臣(1995):北海道北・東部における化石凍結割れ目構造の起源, 地学雑誌 104(2), pp.189-224.
(7) 土木学会(2011):舗装工学ライブラリー6 積雪寒冷地の舗装, 土木学会舗装工学委員会.
(8) 土質工学会編(1994):土質基礎工学ライブラリー23 土の凍結-その理論と実際-, 土質工学会.
(9) 地盤工学会(2010):斜面の凍上被害と対策のガイドライン, 地盤工学会北海道支部 斜面の凍上被害と対策に関する研究委員会.

(WEB)
(10) ImageJ : http://imagej.nih.gov/ij/
(11) Rose : http://turbidite.secret.jp/
(12) 日本気象協会 アメダス地点 : https://tenki.jp/amedas/map/

(空中写真)
(13) 米軍(1947):空中写真, 整理番号 USA, コース番号 M469, 写真番号 100.
(14) 林野庁(1960):空中写真, 撮影地区指定番号 山-177, 撮影地区名 後志, コース番号 C17, 写真番号 3.
(15) 国土地理院(1976):空中写真, 整理番号 CHO767, コース番号 C4, 写真番号 2.
(16) 撮影者不明:昭和45年 泊村堀株よりヘロカルウシ, 茶津, 茅沼の海岸線を写した航空写真, 岩内町郷土館蔵.