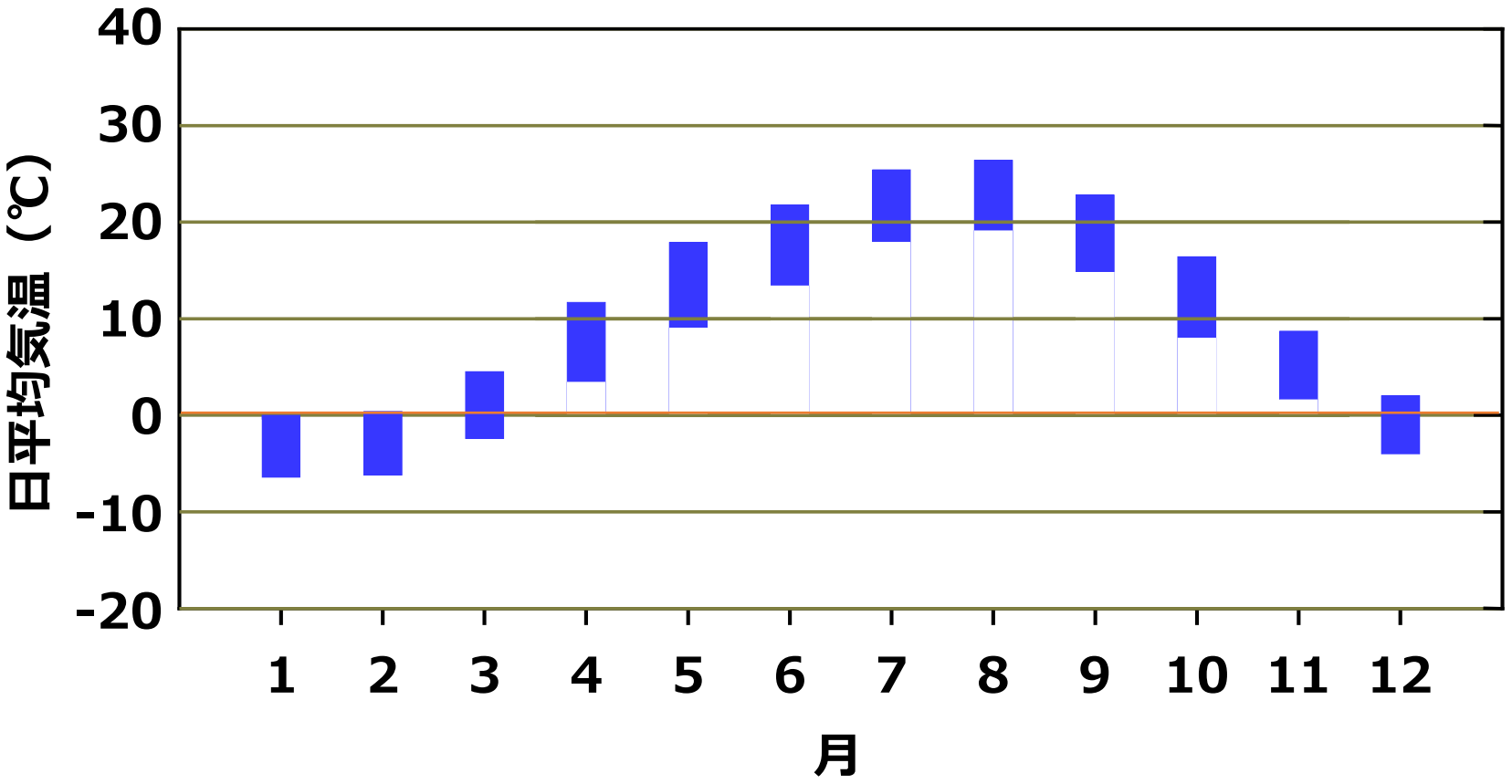
【土研 新技術ショーケース新潟】
令和8年10月29日（木）

施工性と安全性に優れた切土のり面の凍上対策
－ワンパック断熱ふとんかご－

国立研究開発法人　土木研究所　寒地土木研究所
寒地地盤チーム　研究員　御厩敷　公平
E-mail:onmayashiki-k@ceri.go.jp

北海道札幌市の気候（1991~2020）



- 12月～3月にかけて日最低気温が0℃以下
- 地盤（のり面）が凍結 ⇒ **凍結深さ0.3~1.0m**

凍上現象とは

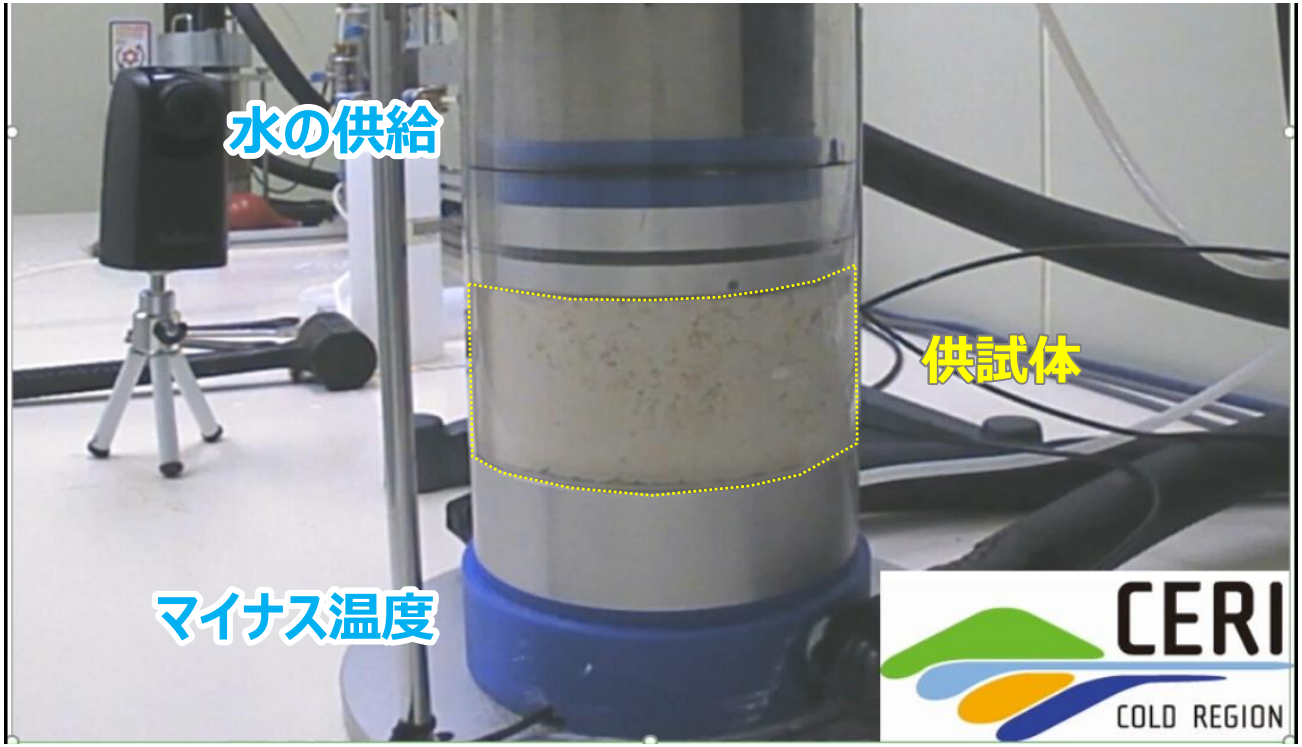
→ 地盤が凍結する過程で地盤中に発生した氷晶の成長によって，

冷却面に向かって地盤が膨張すること

※氷晶・その集まり⇒**アイスレンズ**



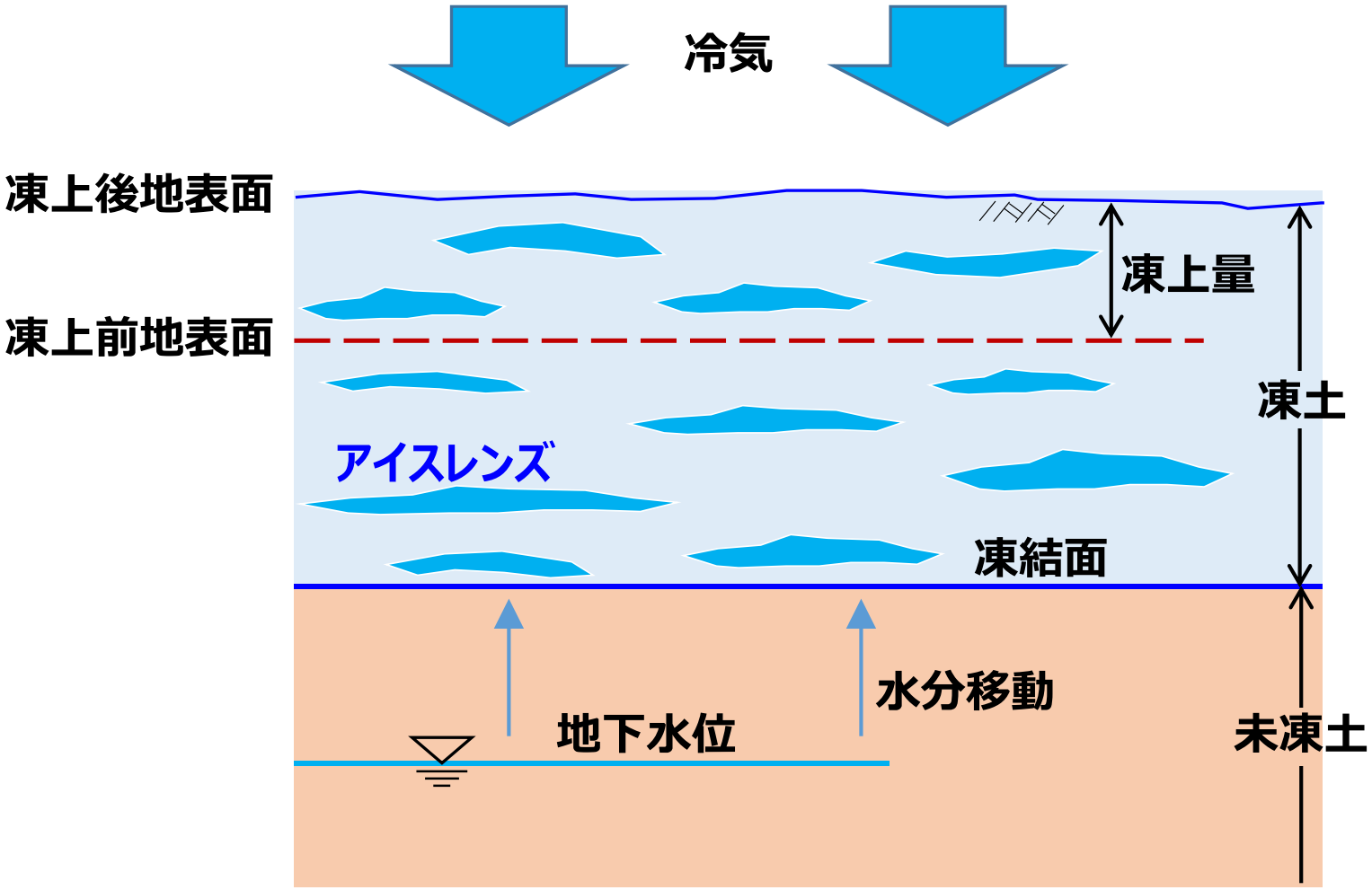
凍上現象とは



凍上現象のメカニズム



凍上のメカニズム



凍上現象のメカニズム



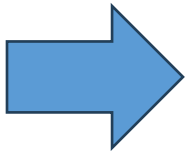






凍上の3要素

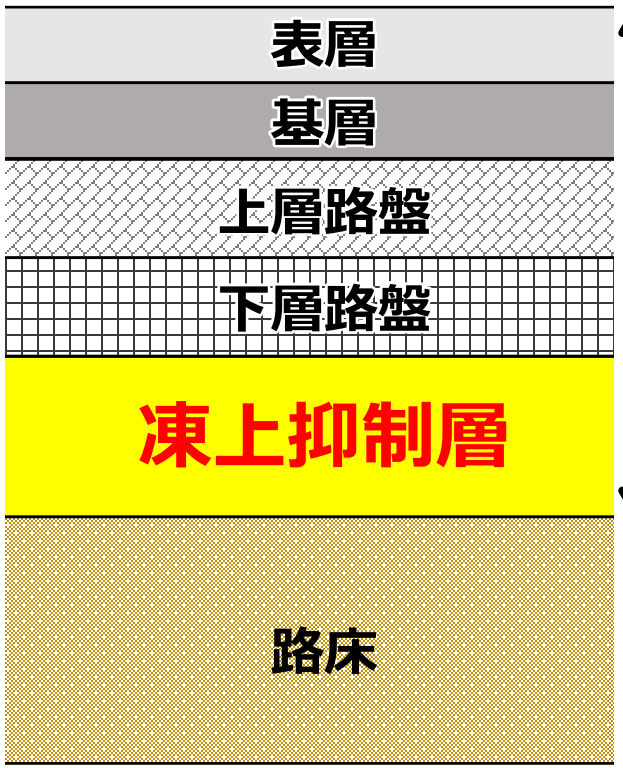
- **土質** ⇒ 不透水量＋未凍土の透水性
  一般にシルトが凍上しやすい
- **温度** ⇒ 氷点下＋適度なスピード（温度勾配）
- **水分** ⇒ 未凍土側からの水分供給



すべてが揃わないと，凍上しない

凍上対策

置換工法 ⇒ 凍結深さ内にある凍上性の土を
非凍上性の材料と置換



砕石，砂利，
コンクリート再生骨材など

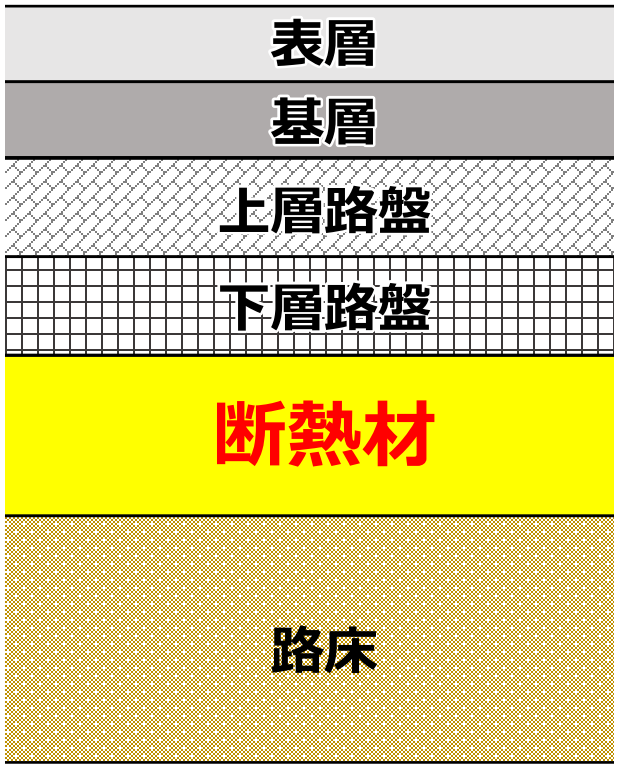
置き換え深さ

→**理論最大凍結深さの**
70~100%

凍上の3要素のうち「土質」を排除

凍上対策

断熱工法 ⇒ 断熱材を埋設し，凍上性地盤への寒気の侵入を抑制

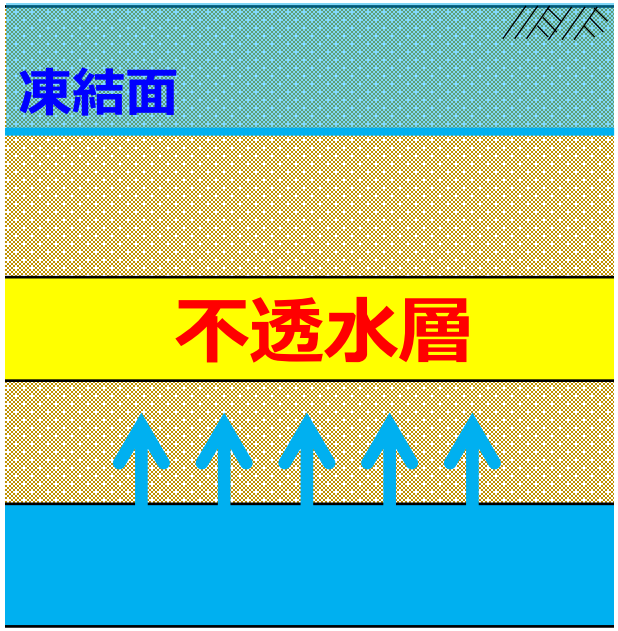


押出発泡ポリスチレンフォーム（XPS）
ビース法ポリスチレンフォーム（EPS）など

凍上の3要素のうち「温度」を排除

凍上対策

遮水工法 ⇒ 不透水層を形成して凍結面に
水分を供給させない



毛管作用の小さい粗粒材
ジオシンセティックス（不織布）
アスファルトなど

凍上の3要素のうち「水分」を排除

凍上対策

道路のり面での対策 ⇒「特殊ふとんかご工」







凍上対策

道路のり面での対策 ⇒「特殊ふとんかご工」

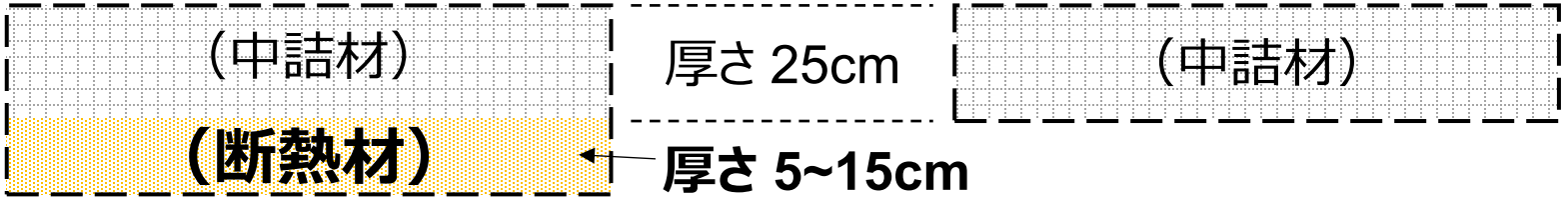




- のり面表層25cm程度を非凍上性材料（礫材）で置換
  ⇒ のり面への冷気の侵入を若干抑制
- のり面の凍上を防止する効果は限定的
  ⇒ 凍上と融解の繰り返しにより変状する

凍上対策

道路のり面での対策 ⇒「断熱特殊ふとんかご工」

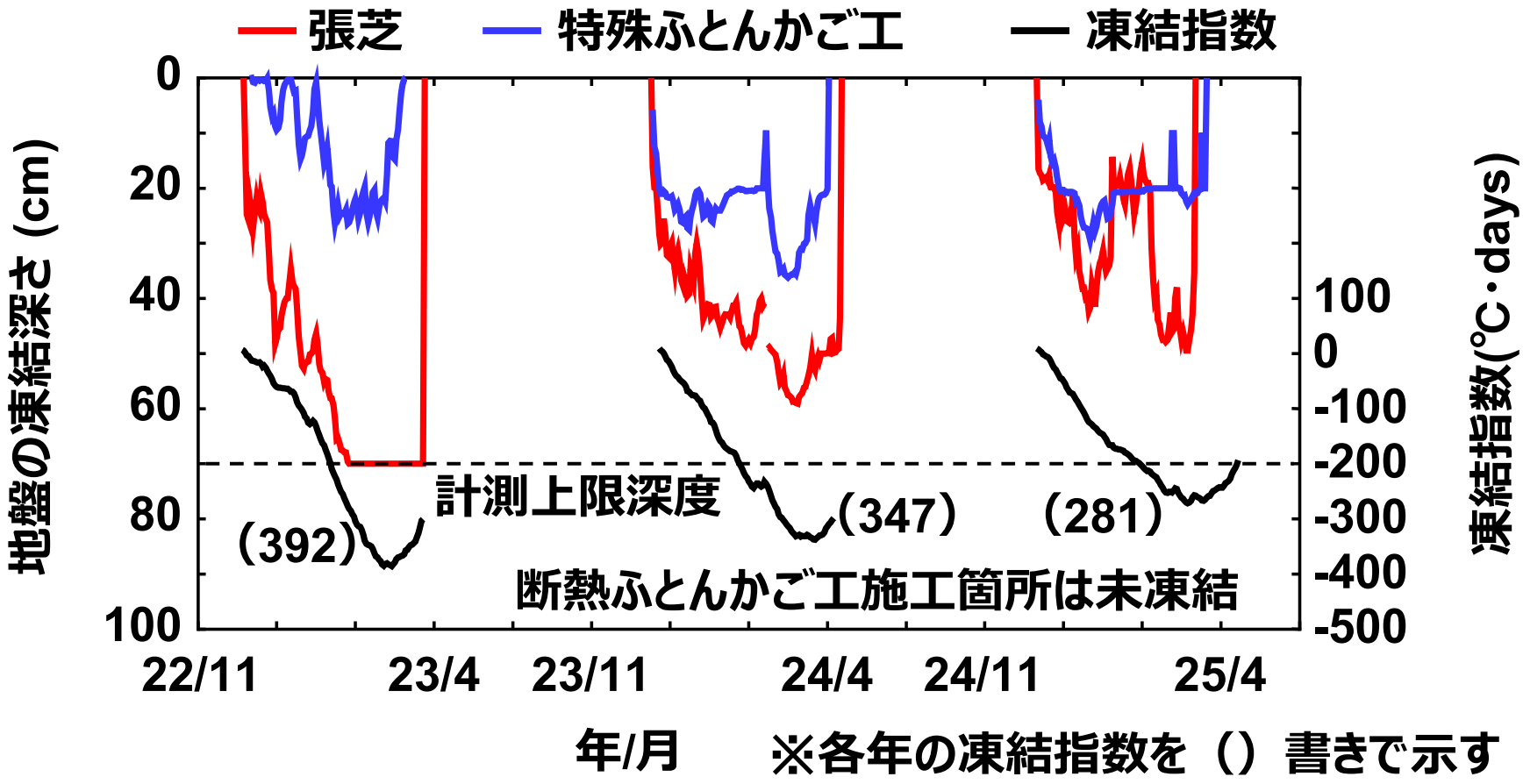




- 特殊ふとんかご工に断熱材を併用し，**寒気の侵入を遮断**する
  ⇒ 凍上の発生を防止する

凍上対策

道路のり面での対策 ⇒「断熱特殊ふとんかご工」



凍上対策

【特殊ふとんかご工】

- 断熱，置換効果は限られている（気象条件によっては凍上発生の可能性）
- **切土工後に斜面での人力作業を伴うため，安全性･施工性に懸念**
- 中詰材は転圧されないため，時間の経過により中詰材がよれる可能性がある

【断熱特殊ふとんかご工】

- 特殊ふとんかご工に対し，断熱材の分だけ施工手順･費用が増す
- **切土工後に斜面での人力作業を伴うため，安全性･施工性に懸念**
- 通常，中詰材は転圧されないため，時間の経過により中詰材がよれる可能性がある



※赤字は共通

凍上対策 「ワンパック断熱ふとんかご工」

従来工法（特殊ふとんかご，断熱特殊ふとんかご）の課題

- **凍上と融解沈下の繰り返しによる変状**
- **設置や補修には高所かつ斜面での人力施工が必要**

「ワンパック断熱ふとんかご工」

断熱効果が高く，施工性と安全性に優れたのり面保護工法

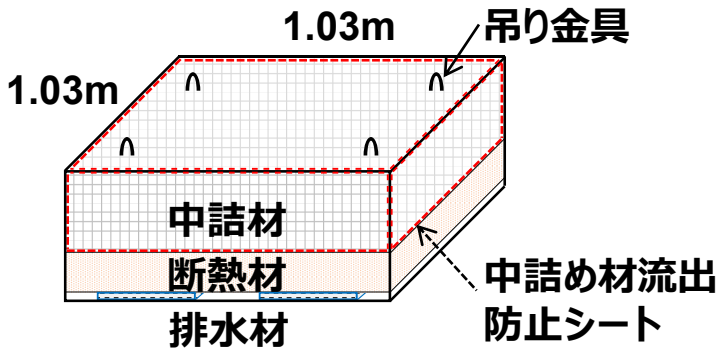


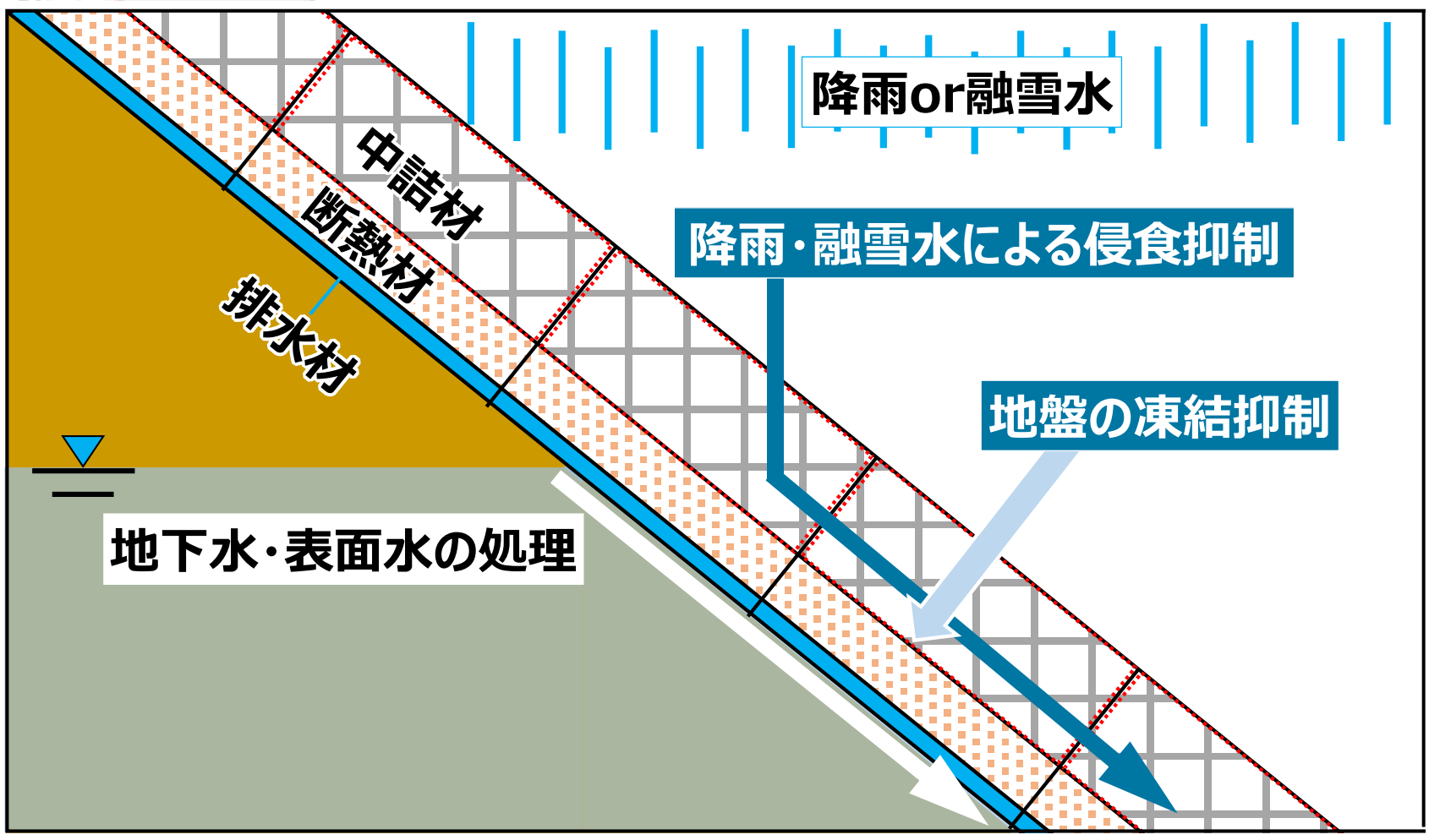
図　ワンパック断熱ふとんかごの基本構造



吊上げ～設置の様子（倍速）

凍上対策 「ワンパック断熱ふとんかご工」

【ワンパック断熱ふとんかご工　対策イメージ】



凍上対策

特殊ふとんかご

- 北海道において使用頻度が高い
- 地山の温度の低下抑制効果あり
- 気象条件によっては地山の凍上が発生



断熱特殊ふとんかご

- 特殊ふとんかご+断熱材による対策工
- 寒気の進入を防止し凍上の発生を抑制



ワンパック断熱ふとんかご

- 中詰材，断熱材，排水材を内包した構造
- 事前に平場でかごを作製可能，
  重機による吊り上げ設置が可能

⇒安全性と施工性の向上

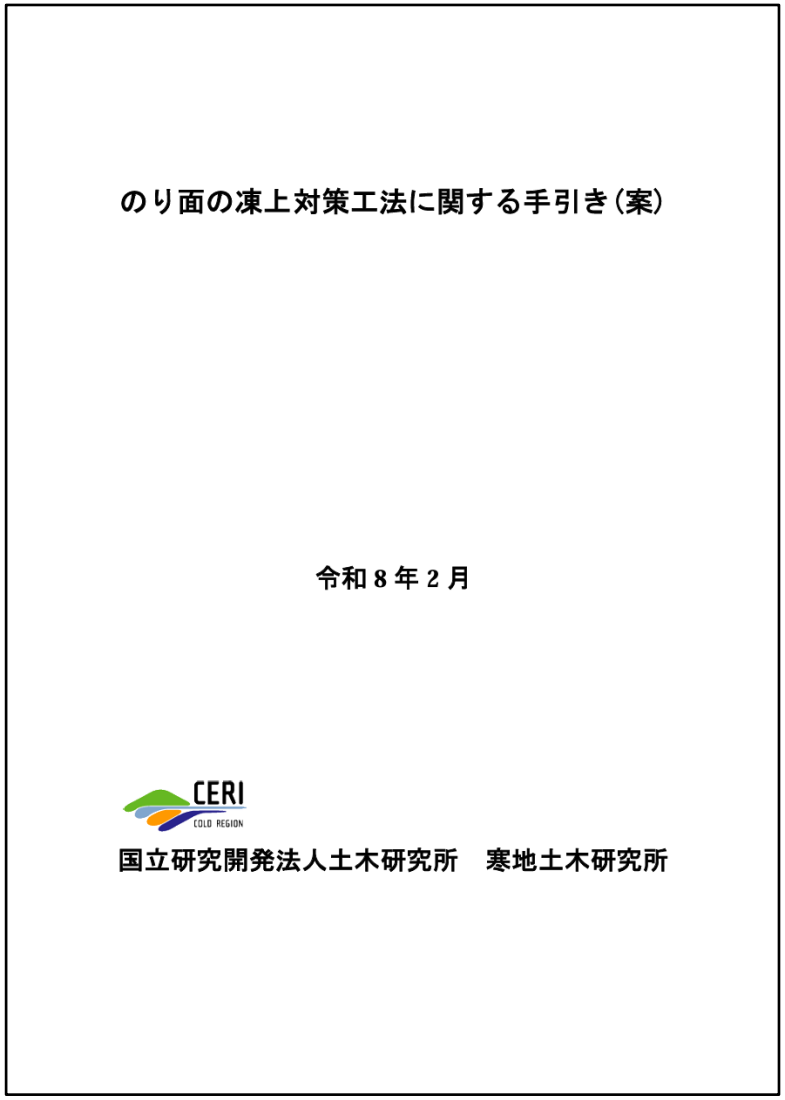


凍上・凍結融解対策の要否判定フロー（案）

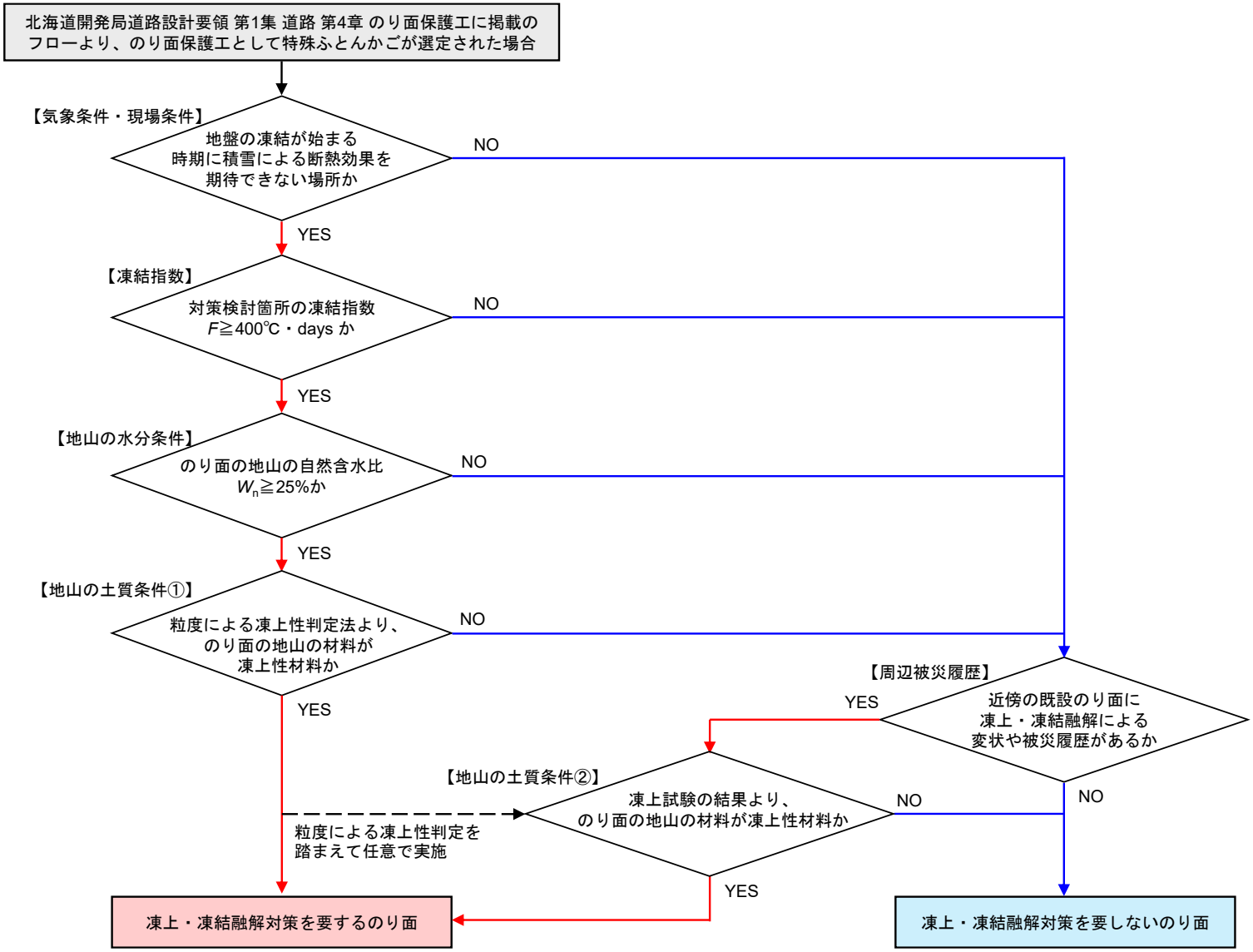
寒地土木研究所ホームページから無料でダウンロード可能
https://www.ceri.go.jp/



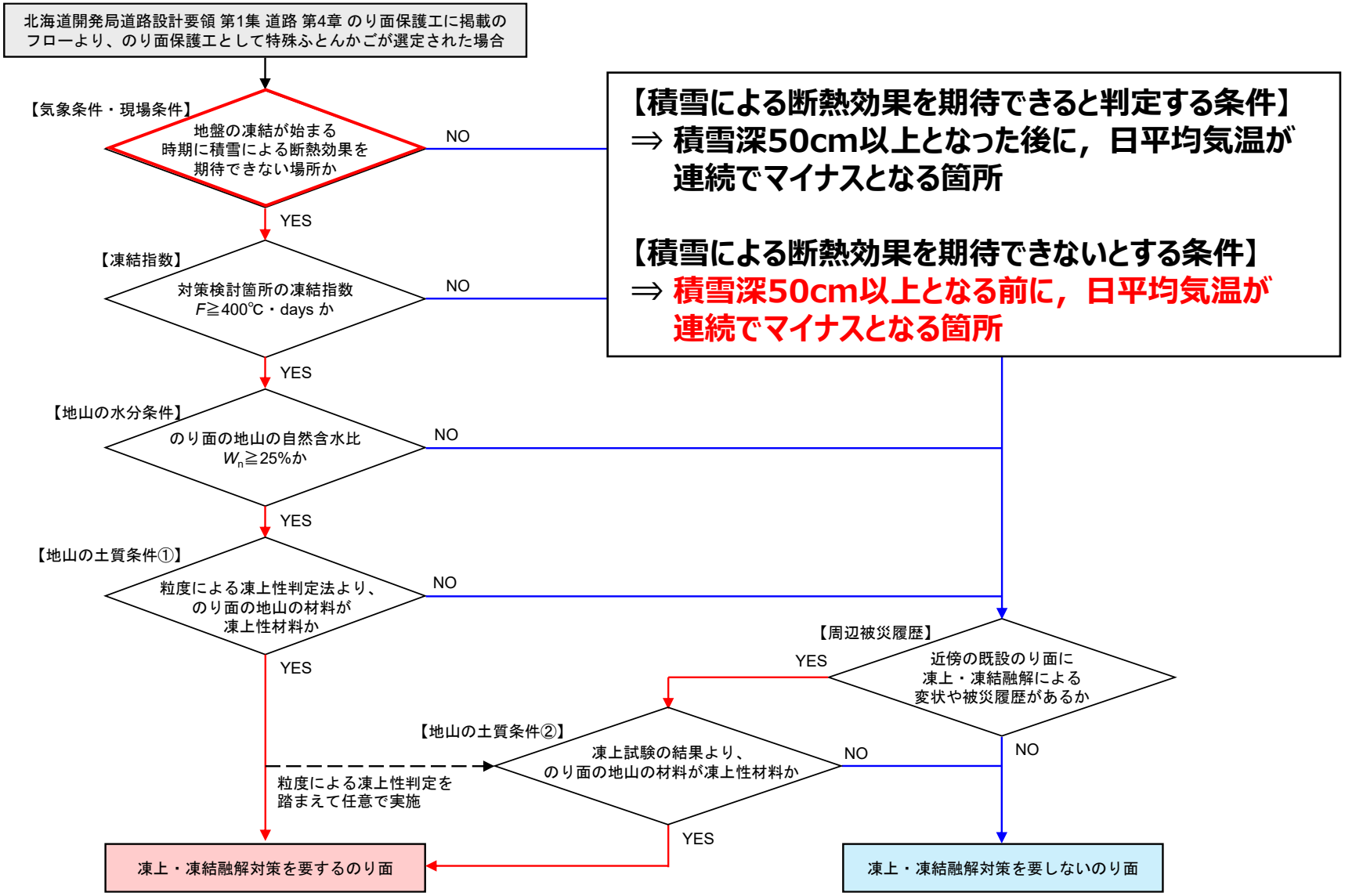




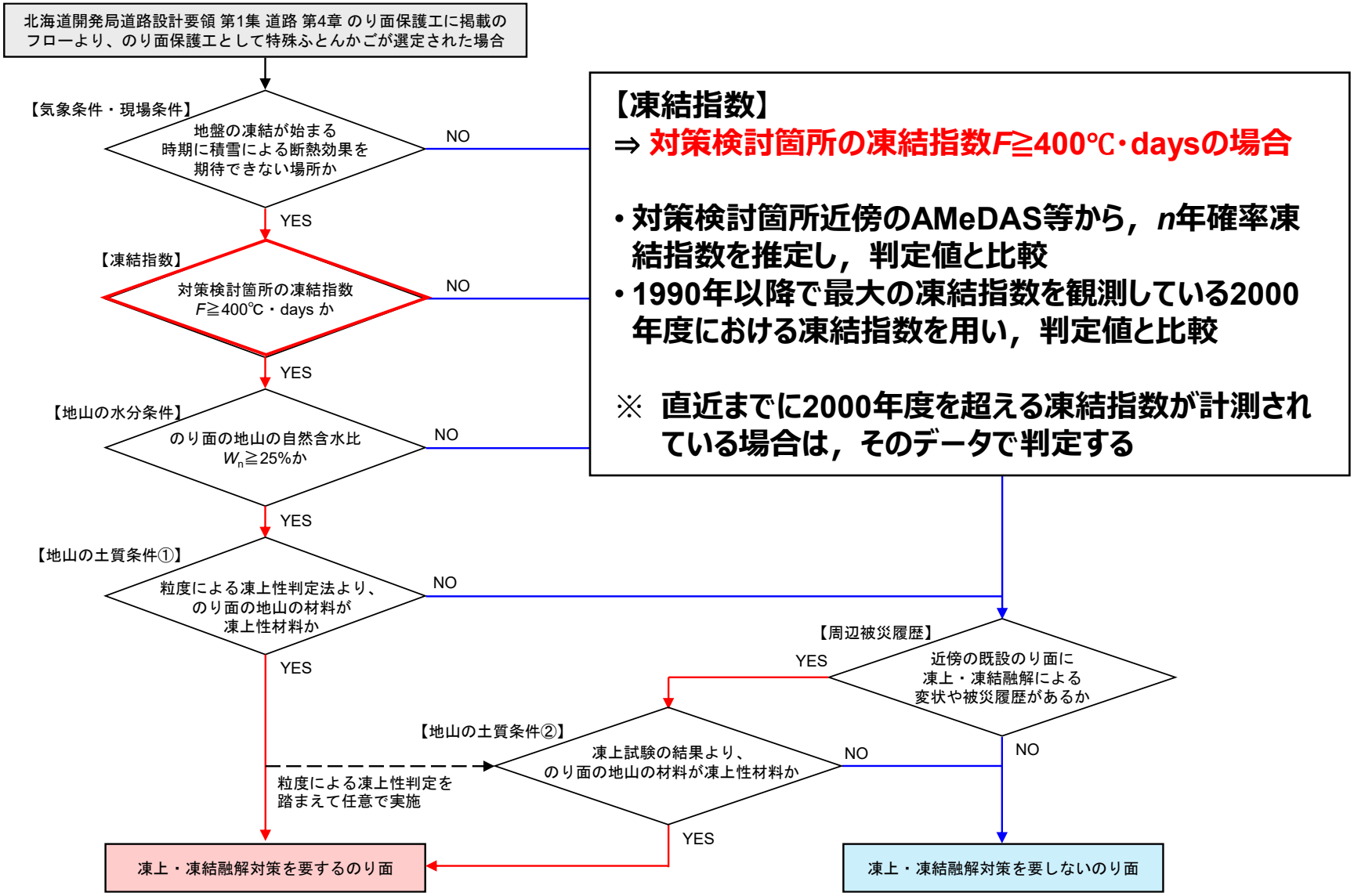
凍上・凍結融解対策の要否の選定フロー（案）



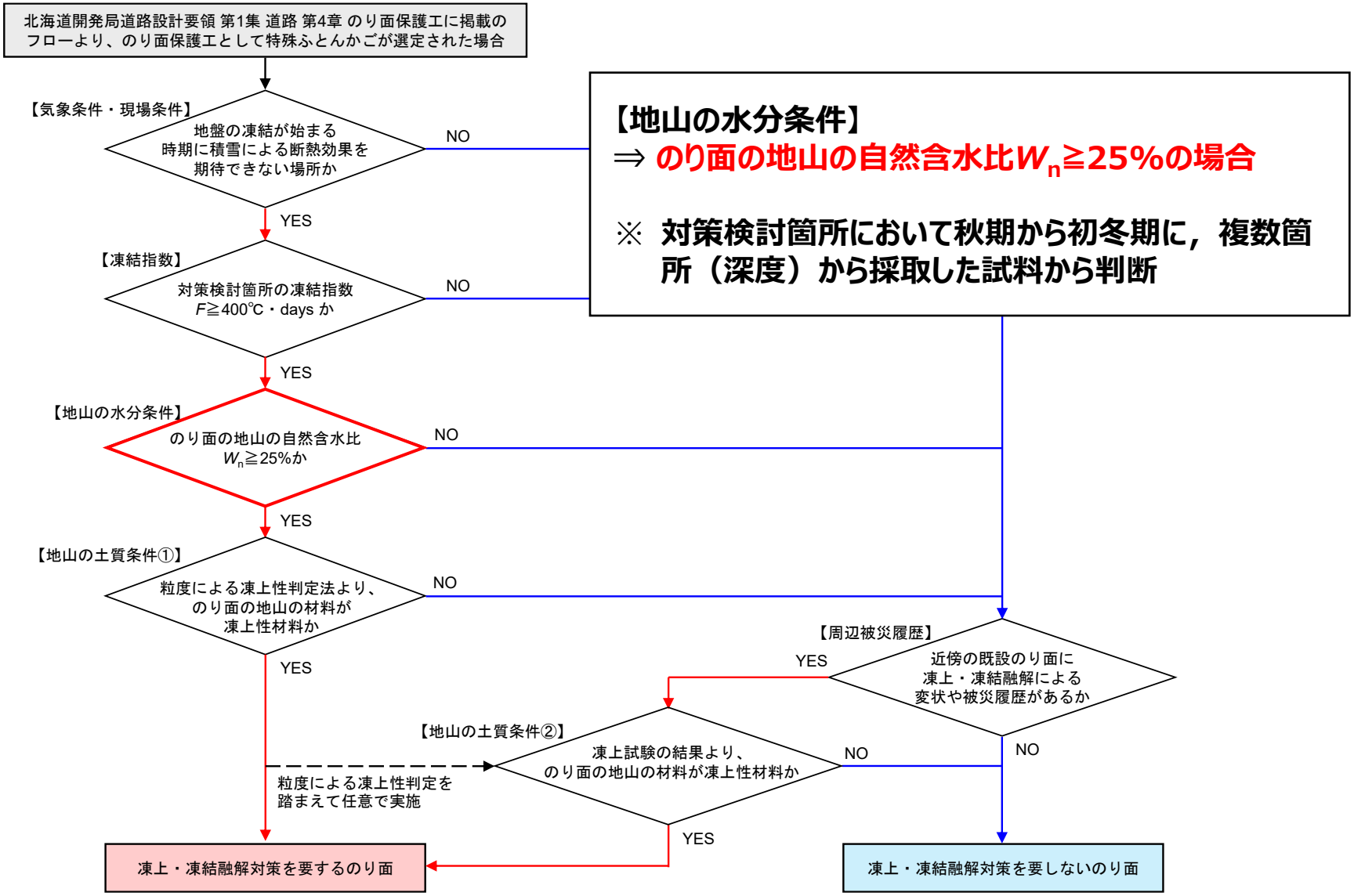
凍上・凍結融解対策の要否の選定フロー（案）



凍上・凍結融解対策の要否の選定フロー（案）



凍上・凍結融解対策の要否の選定フロー（案）



凍上・凍結融解対策の要否の選定フロー（案）

北海道開発局道路設計要領 第1集 道路 第4章 のり面保護工に掲載のフローより、のり面保護工として特殊ふとんかごが選定された場合

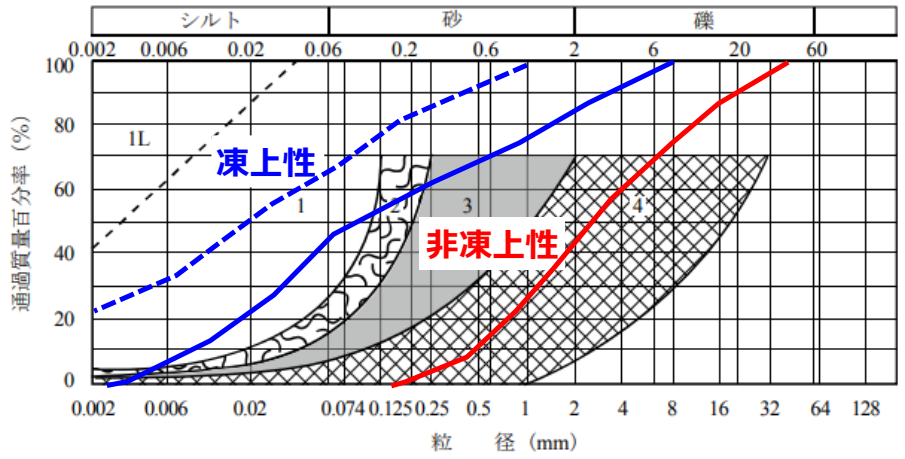
【気象条件・現場条件】
地盤の凍結が始まる時期に積雪による断熱効果を期待できない場所か
NO
YES

【凍結指数】
対策検討箇所の凍結指数 F≧400℃・days か
NO
YES

【地山の水分条件】
のり面の地山の自然含水比 W_n≧25%か
NO
YES

【地山の土質条件①】
粒度による凍上性判定法より、のり面の地山の材料が凍上性材料か
NO
YES

【地山の土質条件①】
⇒ 粒度による凍上性判定法より，のり面の地山の材料が凍上性材料と判定される場合



【周辺被災履歴】
近傍の既設のり面に凍上・凍結融解による変状や被災履歴があるか
YES
NO

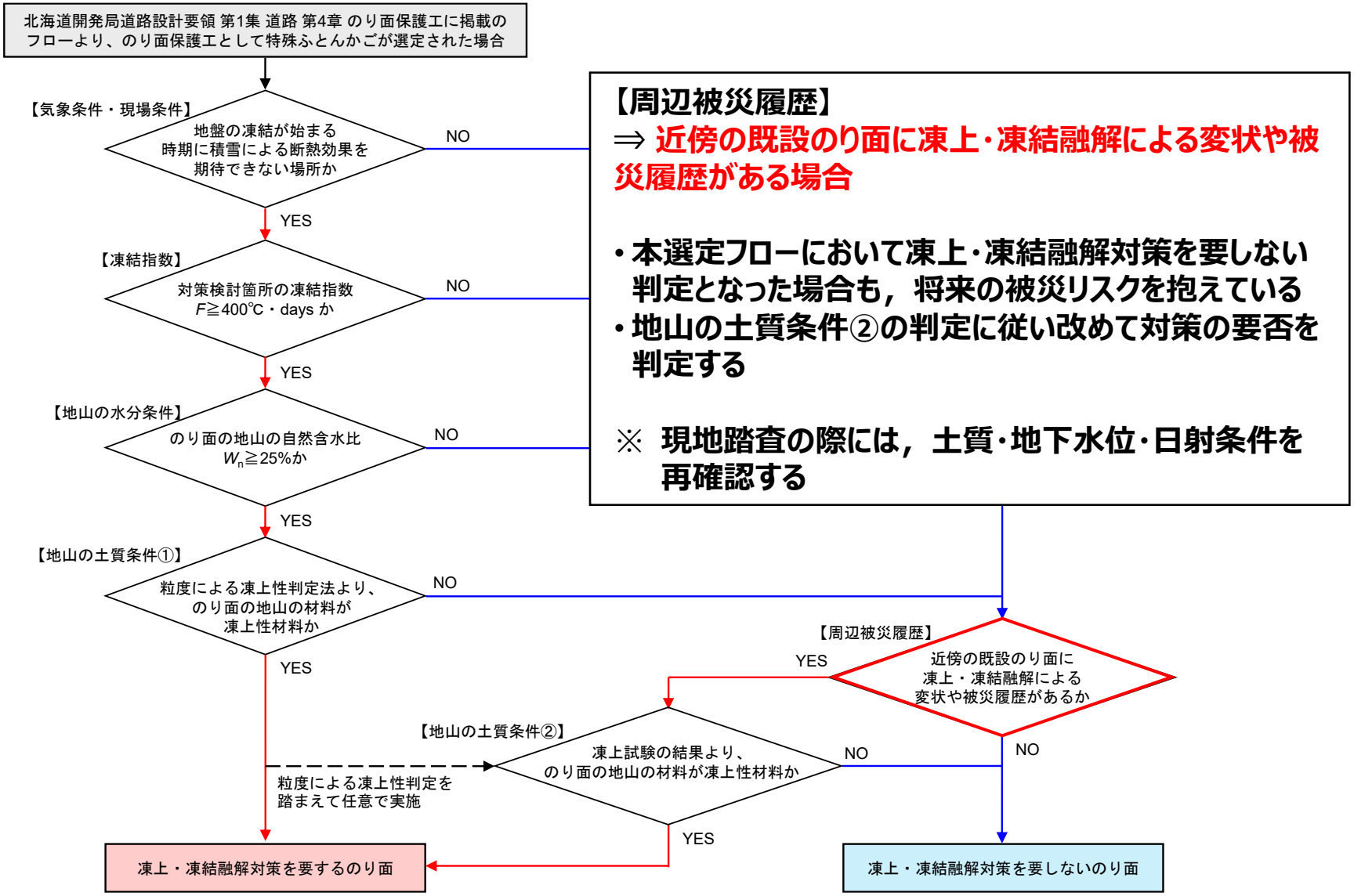
【地山の土質条件②】
凍上試験の結果より、のり面の地山の材料が凍上性材料か
NO
YES

粒度による凍上性判定を踏まえて任意で実施

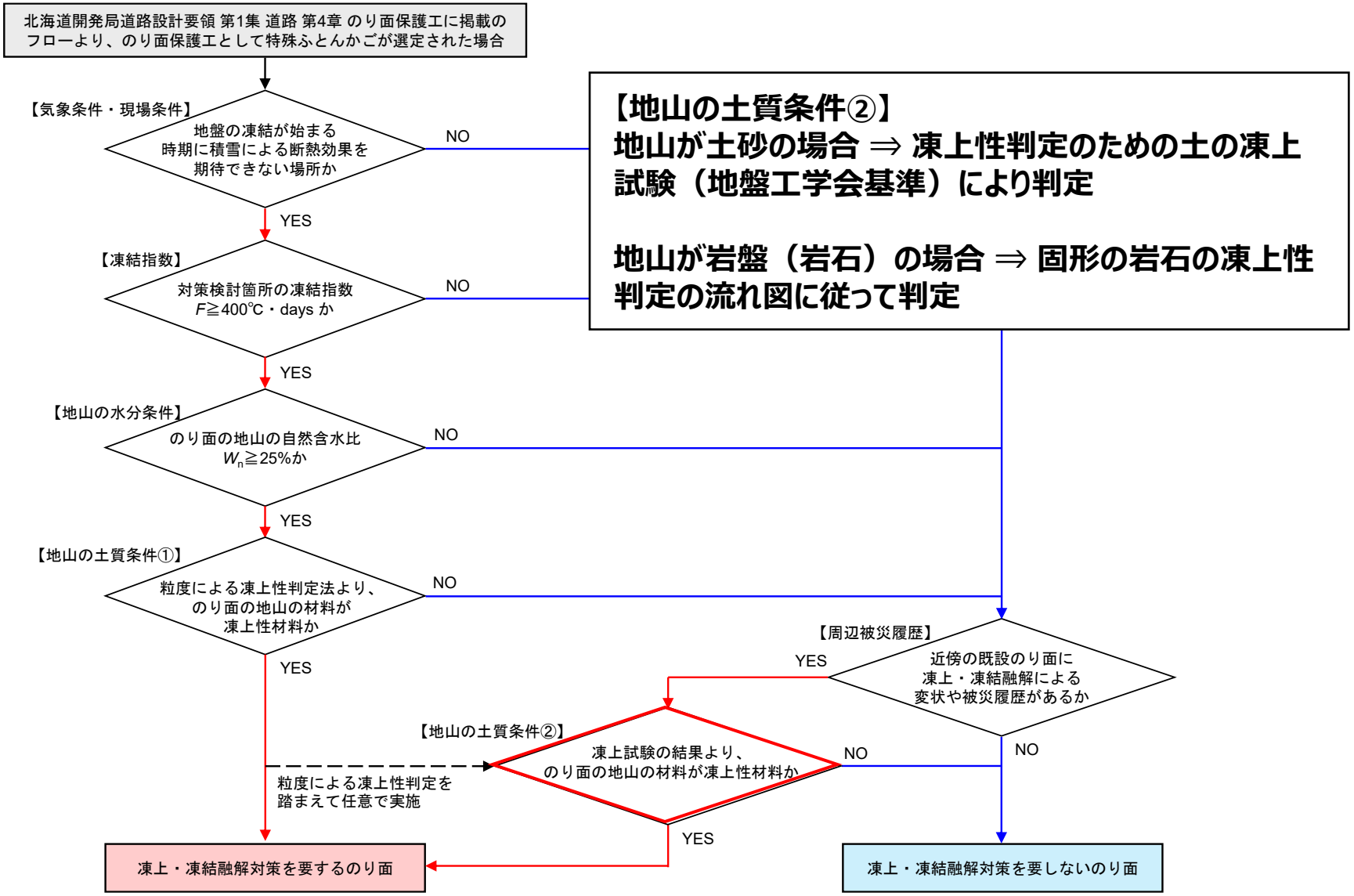
凍上・凍結融解対策を要するのり面

凍上・凍結融解対策を要しないのり面

凍上・凍結融解対策の要否の選定フロー（案）



凍上・凍結融解対策の要否の選定フロー（案）

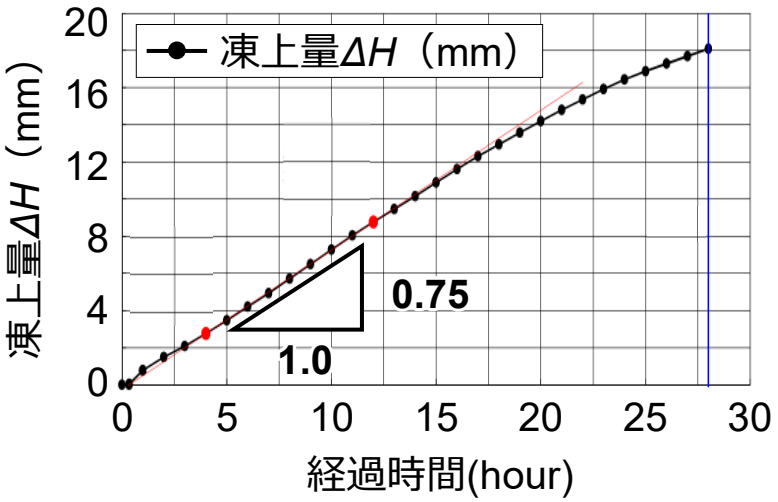


地山の土質条件②　土の凍上試験による判定

土の凍上性判定方法

【土の凍上試験（直接的判定方法）】





土の凍上試験結果例

- **0.3mm/h < 凍上速度　　：凍上性が高い**
- **0.1mm/h < 凍上速度 < 0.3mm/h　：凍上性は中位**
- **凍上速度 < 0.1mm/h　　：凍上性が低い**

凍上速度 = 0.75mm/h のため
凍上性が高い

本日の話題に限らず，寒冷地土木技術についてなんでもご相談ください

CERI COLD REGION
国立研究開発法人 土木研究所
寒地土木研究所

相談無料

寒地土研（かんちどけん）の技術相談窓口

寒地土木研究所 寒地技術推進室

技術相談総合窓口

詳しくは「技術相談Webページ」をご覧ください

寒地　技術相談

URL https://chouseikan.ceri.go.jp/suishin/soudan/

スマホ・タブレットはこちらから

gijutusoudan@ceri.go.jp

☎ (011) 590-4050　受付時間 平日9時~16時

※お願い：ご相談内容を正確に把握するため、できるだけ上記URLの「お問合せフォーム」をご利用ください。