

寒冷地の舗装を守る ～凍結融解・凍上損傷への 対応技術の最前線～

土木研究所講演会
2025年10月17日

寒地保全技術研究グループ 寒地道路保全チーム
上席研究員 丸山記美雄

本日の項目

1. 研究開発プログラム全体の説明(5分)
 - ・研究の背景と必要性
 - ・研究開発プログラムの達成目標と主な成果の概要

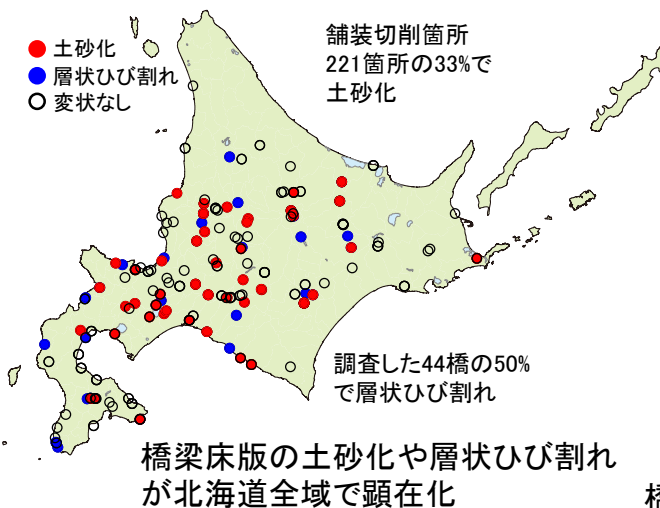
2. 寒冷地の舗装を守る研究内容の説明(20分)
 - ・積雪寒冷地舗装の課題の整理
 - 2.1 凍結融解、老朽化、ポットホール対策技術
 - 2.2 Co舗装およびAs舗装の凍上対策技術(断熱工法)
 - 2.3 ジオシンセティックス排水材による
凍上および融解期の支持力低下対策技術

研究開発プログラム 積雪寒冷環境下のインフラの効率的な 維持管理技術の開発

プログラムリーダー：寒地保全技術研究グループ長
研究期間：令和4年度～令和9年度

研究の背景・必要性

- 積雪寒冷地のインフラの維持管理においては、低温、積雪、凍上、凍結融解、融雪水、塩分等の過酷な環境に起因する他地域とは異なる技術的課題を有している。
- 北海道総合開発計画(R6.3)や国土交通省インフラ長寿命化計画(行動計画)(R3.6)では、積雪寒冷環境に対応するインフラ維持管理の技術開発を推進していく必要があるとされている。
- 積雪寒冷地の道路橋床版は、繰返し走行荷重に加えて、凍害、塩害、ASR、それらの複合作用に曝されることによる諸性能の急激な低下が危惧されており、諸性能を適切に評価した合理的な維持管理技術の確立が急務である。
- 融雪期の舗装のポットホールは社会的な注目を集めており、予算制約の中でのポットホール発生量の抑制技術や効果的な対処方法に対する道路管理者のニーズが高まっている。
- 基本的な舗装点検評価3指標(ひび割れ率、わだち掘れ量、平坦性)では判別できない低温や凍上により生じる寒冷地特有の舗装ひび割れについて、的確な診断が可能となる効率的な判別技術の開発が求められている。
- 舗装構造厚が比較的薄い区間に多く発生する舗装の構造的破壊は、積雪寒冷地では損傷の進行が速いが、計画的な補修を可能とするための的確な点検・診断・将来予測技術の開発が求められている。
- 積雪寒冷地特有の劣化・損傷に対応し、管理者が各種インフラを効率的かつ計画的に維持管理するためには、調査時点での劣化状況の適切な把握に加え、劣化がどのように進行するかの予測を踏まえた上での診断、及び積雪寒冷環境下においても高耐久で効果の高い補修等の措置の実施が必要である。



橋梁床版の劣化損傷の事例



TV取材の様子

プログラム目標と達成目標

プログラム目標	達成目標
積雪寒冷環境下のインフラの効率的な維持管理技術の開発	①積雪寒冷環境下のインフラの劣化状況の効率的調査・把握手法の開発
	②積雪寒冷環境下のインフラの劣化に対する精度の高い予測・診断技術の開発
	③積雪寒冷環境下のインフラの劣化に対する高耐久で効果的な措置技術(予防・事後)の開発



本日の話題部分

対象インフラ構造物	積雪寒冷環境下の 橋梁コンクリート床版	積雪寒冷環境下の 舗装
対象劣化現象、損傷形態	土砂化、層状ひび割れ	ポットホール、凍上、低温ひび割れ
達成目標 / 主要因	凍害、塩害、ASRの複合	融雪水、低温、凍結融解、荷重の複合
①調査・点検・評価方法	○	○
②劣化メカニズム・劣化予測・診断方法	○	○
③措置技術(予防、維持修繕方法)	○	○

【達成目標②劣化メカニズム・劣化予測、技術的支援】

積雪寒冷特別地域の道路舗装における舗装損傷対策の拡充への貢献

注目ポイント

道路舗装の冬期の降雨・融雪、凍結・融解に起因する損傷メカニズムを国土交通省の有識者会議に提示。緊急自然災害防止対策事業の対象が、従前の表層のみから基層及び路盤まで拡充されたことで道路舗装の安全性向上と長寿命化が進み、冬期の交通安全向上に寄与することが期待される。

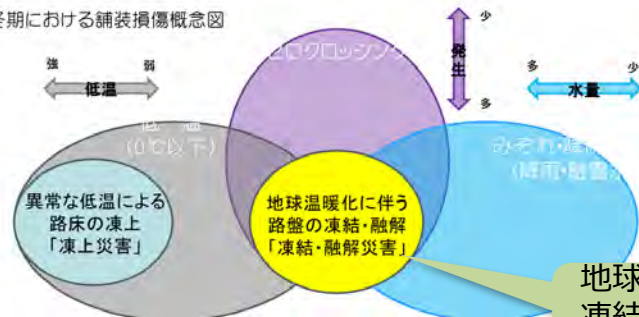
研究概要

地球温暖化に起因する極端気象の影響下の舗装損傷について、凍結融解発生日（ゼロクロッシング）の降雨・融雪水量が多いとポットホール発生件数が多い関係から、路盤までの損傷予防対策の必要性を明らかにした。

令和6年度の成果

有識者会議の議論も踏まえ、緊急自然災害防止対策事業費の対象が、舗装表層に加えて基層及び路盤を含む対策まで拡充された。

■冬期における舗装損傷概念図



冬期の舗装損傷要因の概念図

地球温暖化に伴う路盤の凍結・融解を「凍結・融解災害」と位置づけ

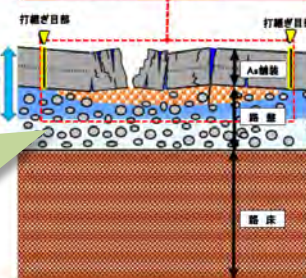
舗装の表層のみの対策に加えて、基層及び路盤を含む対策まで対象を拡充

■ゼロクロッシング日の降雨・融雪水量とポットホール発生件数(H25～R3)の相関性【直轄国道】



降雨・融雪水量とポットホール発生件数の関係

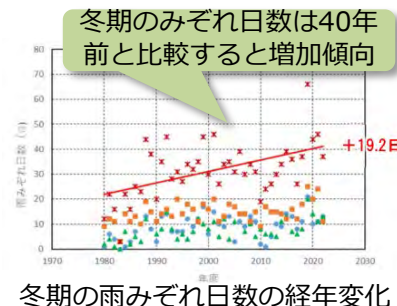
【基本的な対策】
・損傷範囲の打換え
・路盤への水の浸入抑制



■打換え時の留意事項

- As舗装
- As混合物の選定
⇒ ひび割れにくい混合物
⇒ 水密性の高い混合物
- As舗装が1層の場合
⇒ 1層(基層)追加
- 打継ぎ目部の処理
⇒ As注入
⇒ シール工など
- 路盤
- 路盤材料の選定
⇒ 切込砕石
⇒ 安定処理路盤材など
- 路盤が1層の場合
⇒ 1層(上層路盤)追加

基層および路盤を含む対策のイメージ



冬期の雨みぞれ日数の経年変化

【達成目標③】 積雪寒冷環境下のインフラの劣化に対する高耐久で効果的な措置技術（予防・事後）の開発

凍上並びにポットホールの事前・事後対策の開発

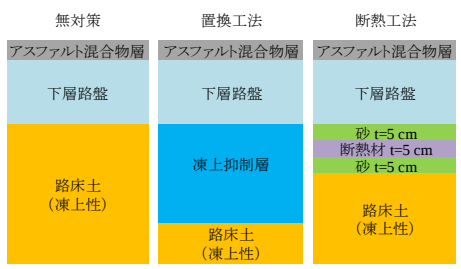
注目ポイント 凍上や、舗装体内の水が凍結融解を繰り返すことにより舗装の損傷が加速しポットホールが発生する。断熱工法を用いた凍上対策、排水材を用いて舗装体内に入った水を迅速に排水する技術の開発により、寒冷地舗装の長寿命化・ポットホール発生抑制に貢献。



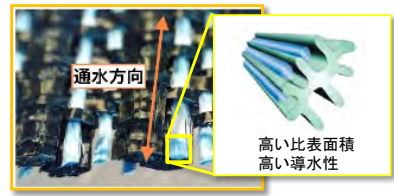
研究概要 凍上により損傷しているアスファルト舗装への対策として、置換深さを抑制でき、コスト、工期が縮減可能な断熱工法について、凍上抑制効果、経年的な支持力を評価した。また、高い導水性能を有するジオシンセティックス排水材を用いて、積雪寒冷環境下の舗装体内の水を効率的に排水する構造を開発し、効果を検証した。

令和6年度の成果

- ・「断熱工法を用いた既設アスファルト舗装の凍上対策に関する設計・施工マニュアル(案)」を作成。開発局主催の有識者委員会です承。
- ・「凍上および融解期の支持力低下対策を目的としたジオシンセティックス排水材の施工に関する手引き(案)」を作成。



断熱工法により
置換工法よりも掘削深を抑制



ジオシンセティックス排水材

断熱工法を用いた既設アスファルト舗装の凍上対策に関する設計・施工マニュアル(案) 令和7年3月 積雪寒冷地における道路舗装の長寿命化と予防保全に関する検討委員会	凍上および融解期の支持力低下対策を目的としたジオシンセティックス排水材の施工に関する手引き(案) 令和7年3月 国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 寒地保全技術研究グループ 寒地道路保全チーム
---	--

寒冷地の舗装研究 内容の説明

積雪寒冷地舗装の課題

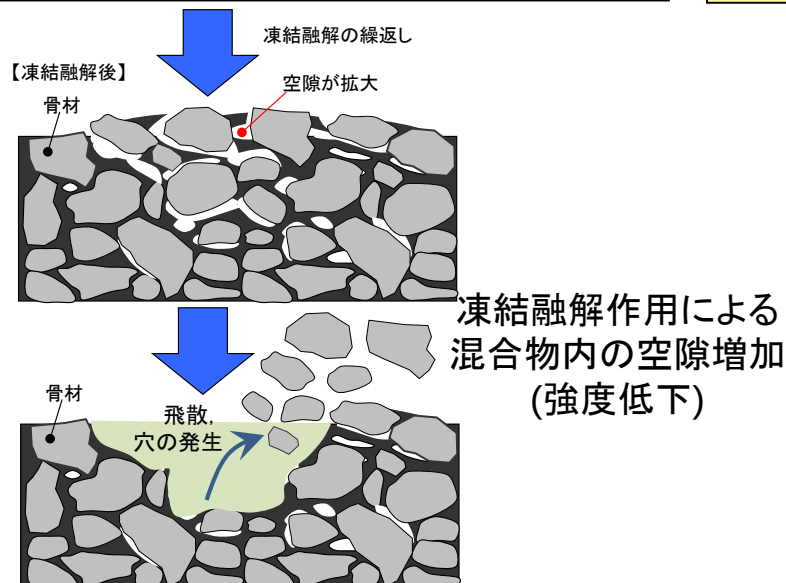
1) 低温環境(低温ひび割れ、凍上ひび割れ)



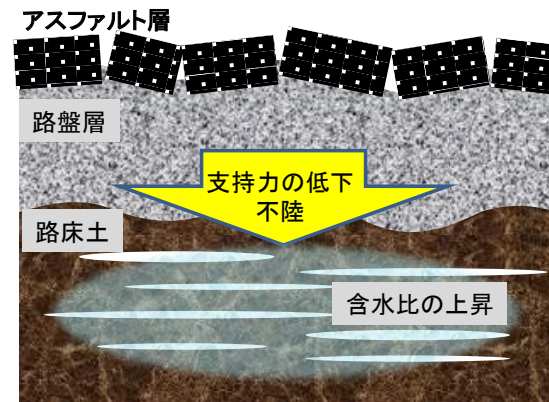
温度低下に伴う舗装体内部の収縮や温度応力に伴い、ひび割れ発生

厳冬期に路床内に氷晶が形成され、混合物層の下層が隆起することに伴い、主に縦断方向のひび割れが発生。

2) 凍結融解

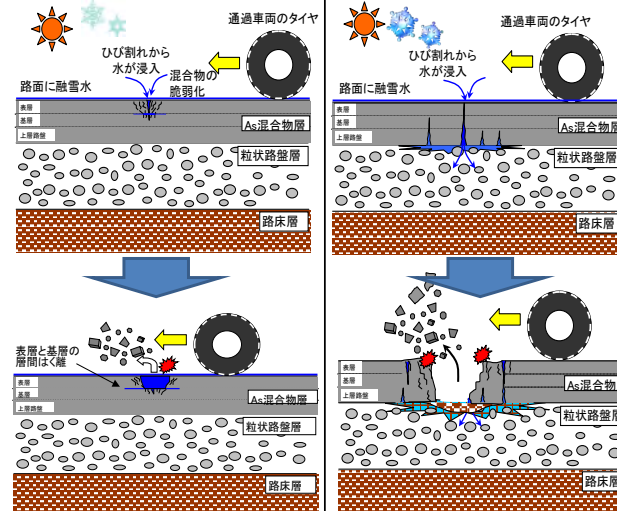


3) 融雪水の浸透



融解期には、路盤・路床内部の氷が融け、融雪水も浸透するため水分量が増加し、支持力が低下する。その際、亀甲状のひび割れや泥濘化が生じる。

4) 水・凍結融解・支持力低下・老朽化の複合 (融解期のポットホール増加)



5) 路面凍結(冬期路面)



6) 摩耗

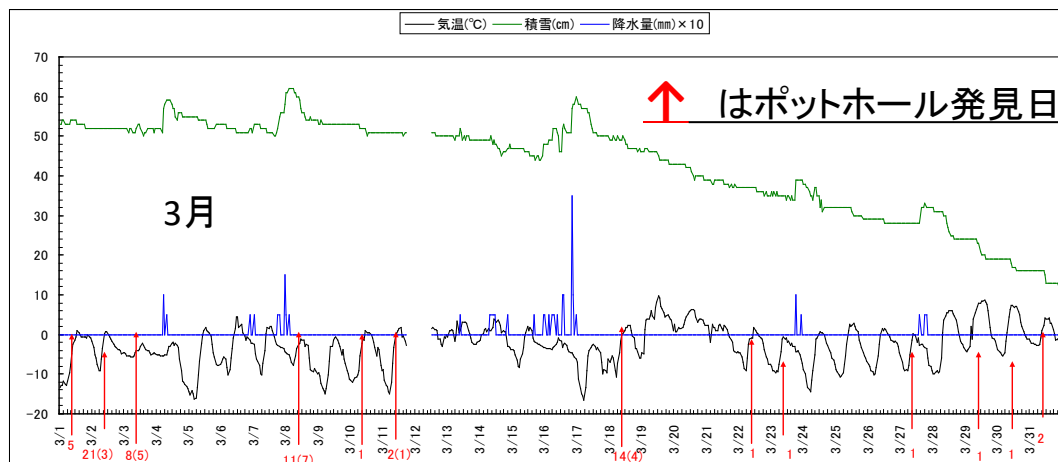
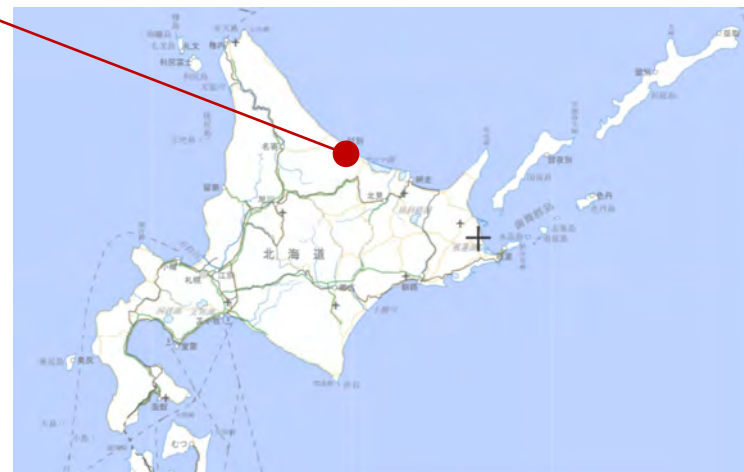
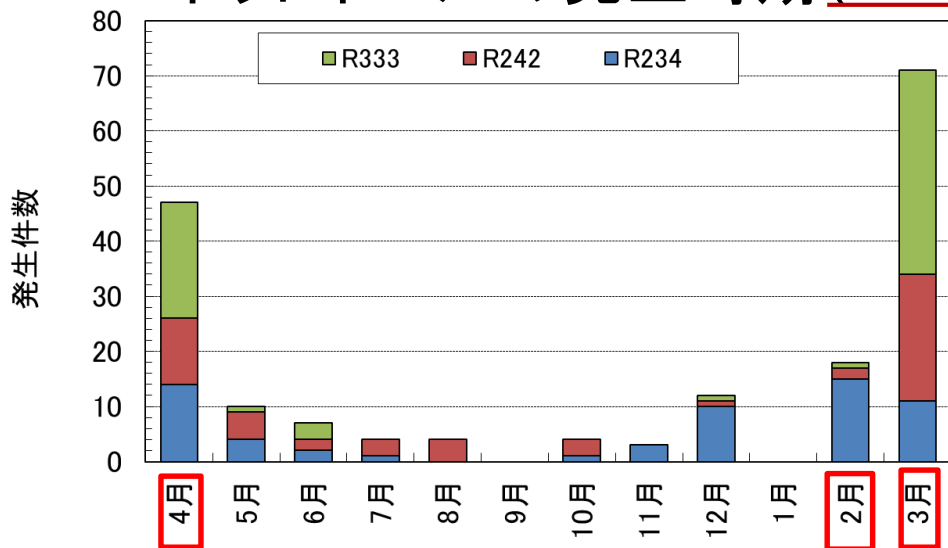


一冬の摩耗わだち掘れ量:
現在 平均1mm未満/冬
昔 平均10mm前後

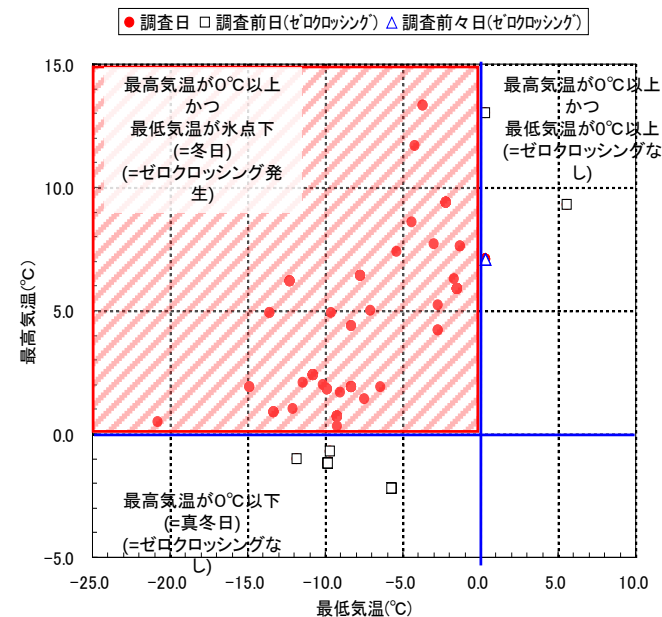


除雪車両の鋼製刃
による摩損も存在

ポットホールの発生時期 (遠軽地域)



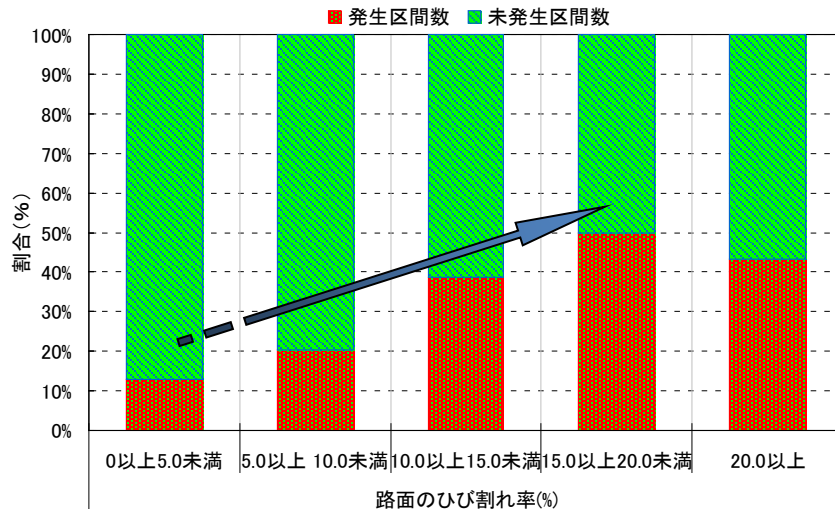
遠軽地域では2月から増え始め、3月と4月に発生量が多い。融雪期、ゼロクロッシングがあると発生しやすい。



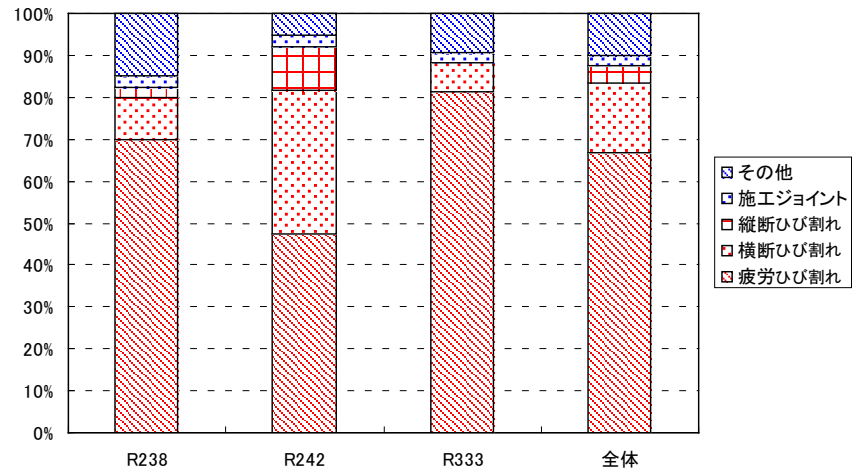
ゼロクロッシングが発生した当日や1, 2日後に発生。真冬日には発生が少ない。

2.1 凍結融解、老朽化、ポットホール対策技術

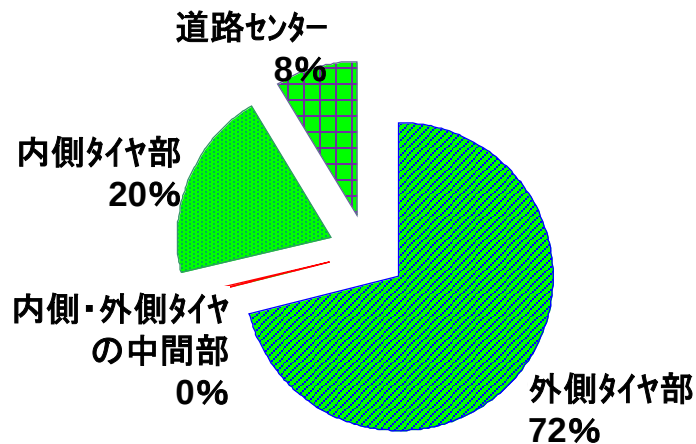
ポットホールが発生しやすい部位



ひび割れが多いほど、ポットホール発生率が高い。



ポットホールの8～9割はもともと何らかのひび割れが発生していた部位に生じている。



ポットホールの発生は、外側タイヤ部に多い。
路肩部から流入および滞留する融雪水の影響を受けやすいためと推測される。

積雪寒冷地と非積雪寒冷地の損傷発生率比較(帳票調査)

- 積雪寒冷地域では、月別のポットホール発生件数が冬期から融雪期に多くなる傾向がみられる(図1、図2)
- H29年度冬(H30年1、2、3月)の発生件数が最も多い(図1)

図1 発生年月別のポットホール件数

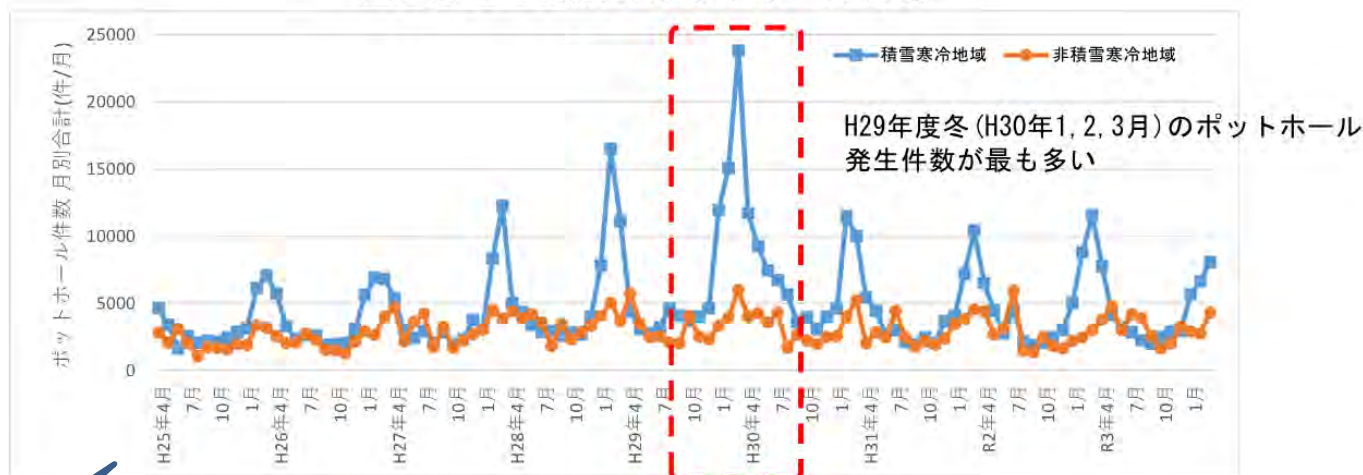


図2 発生月別の延長当たりポットホール件数



積雪寒冷地では冬期間にポットホール発生件数が多くなる

第2回有識者会議資料より抜粋

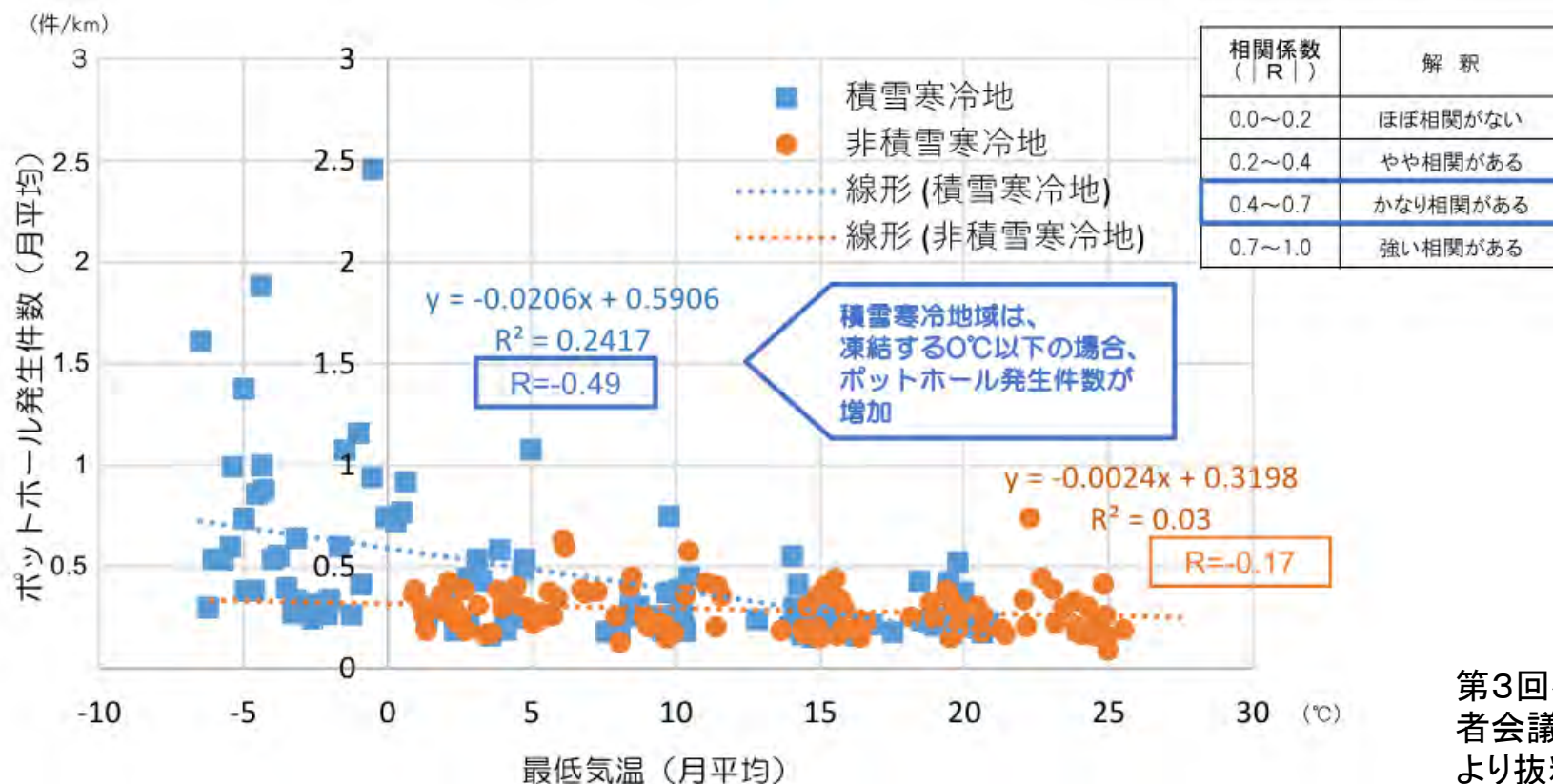
※積雪寒冷地域は、雪寒法に準拠してグループ分けを行っている

※ポットホール件数は、H25年度～R3年度に直轄国道の維持管理で作業した件数を示す

冬期気象要因とポットホール発生件数の関係 マクロ分析

- 冬期における舗装損傷の要因と考えられる気象条件と舗装損傷の相関性について確認。
 - 積雪寒冷地域と非積雪寒冷地において、最低気温とポットホールの発生件数について相関性を確認。
- ⇒積雪寒冷地では相関を確認（凍結する0℃以下の場合、ポットホール発生件数が増加）

■最低気温（月平均）とポットホール発生件数（H25～R3）の相関性【直轄国道】



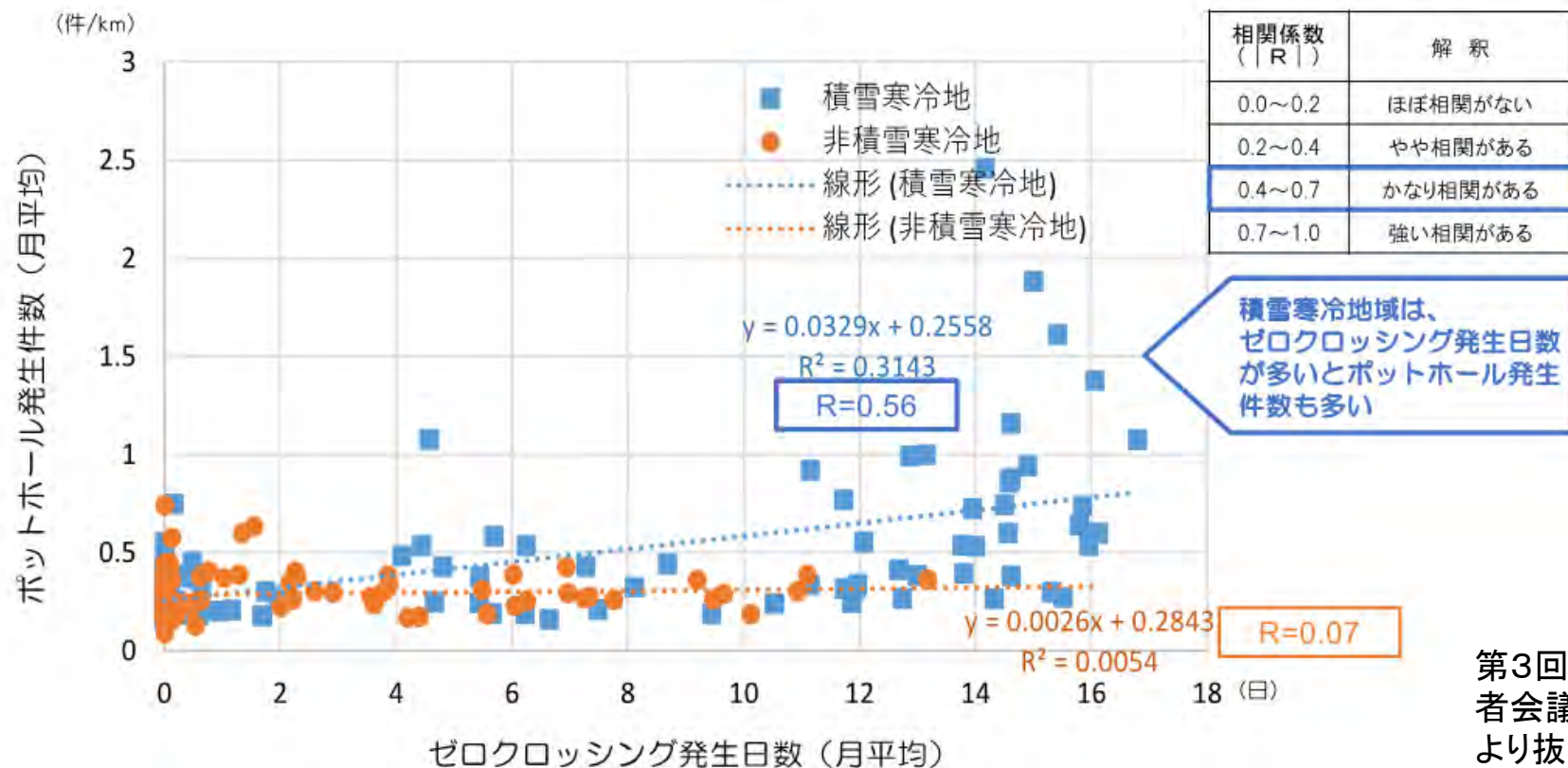
第3回有識
者会議資料
より抜粋

冬期気象要因とポットホール発生件数の関係 マクロ分析

○積雪寒冷地域と非積雪寒冷地において、ゼロクロッシング発生日数とポットホールの発生件数について相関性を確認。

⇒積雪寒冷地では相関を確認(ゼロクロッシング発生日数が多いとポットホール発生件数も多い)

■ゼロクロッシング発生日数とポットホール発生件数(H25～R3)の相関性【直轄国道】



第3回有識
者会議資料
より抜粋

冬期気象要因とポットホール発生件数の関係 マクロ分析

○ゼロクロッシング発生日における降雨・融雪水量（みぞれ・降雨、融雪による路盤への水の供給量）とポットホールの発生件数の相関性を確認。

⇒積雪寒冷地域では、さらに高い相関を確認。

（ゼロクロッシング発生日の降雨・融雪水量が多いとポットホール発生件数も多い）

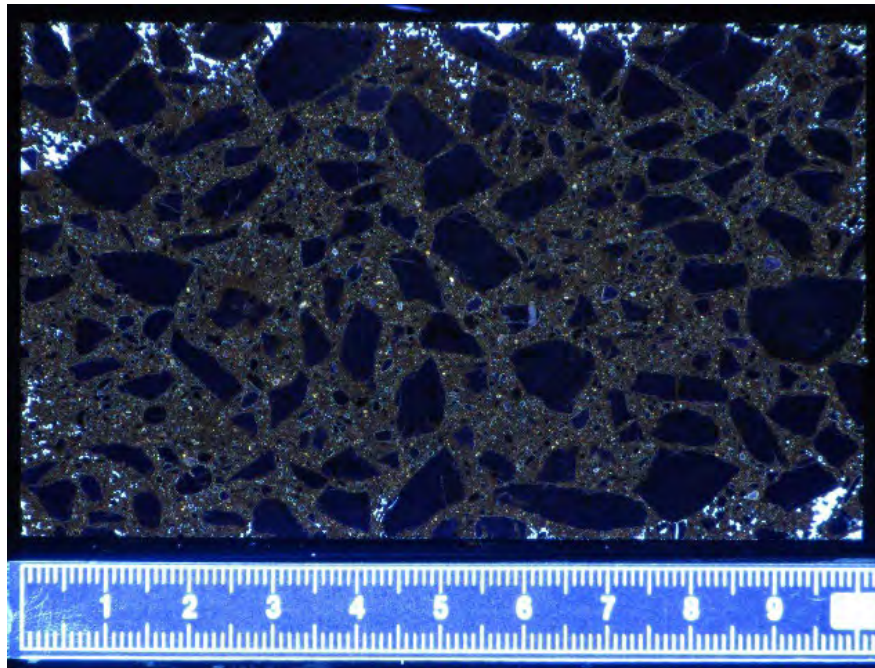
■ゼロクロッシング日の降雨・融雪水量と
ポットホール発生件数(H25～R3)の相関性【直轄国道】



相関係数 (R)	解 釈
0.0～0.2	ほぼ相関がない
0.2～0.4	やや相関がある
0.4～0.7	かなり相関がある
0.7～1.0	強い相関がある

第3回有識
者会議資料
より抜粋

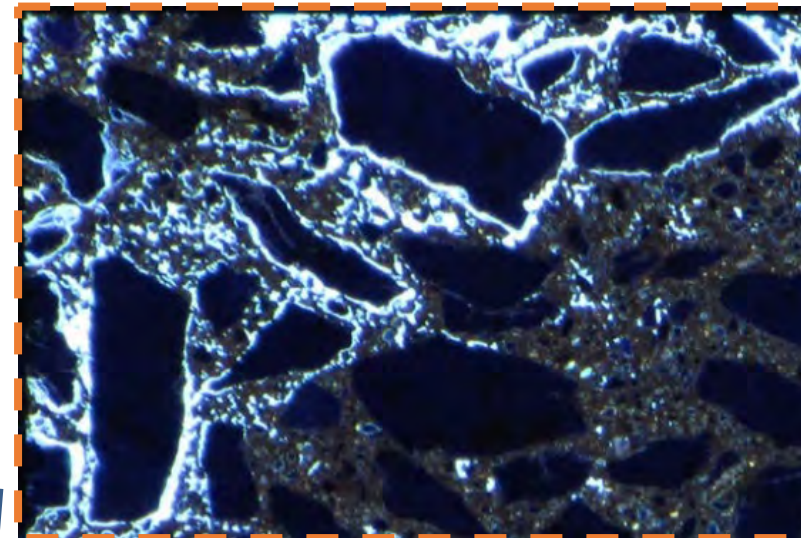
2.1 凍結融解、老朽化、ポットホール対策技術



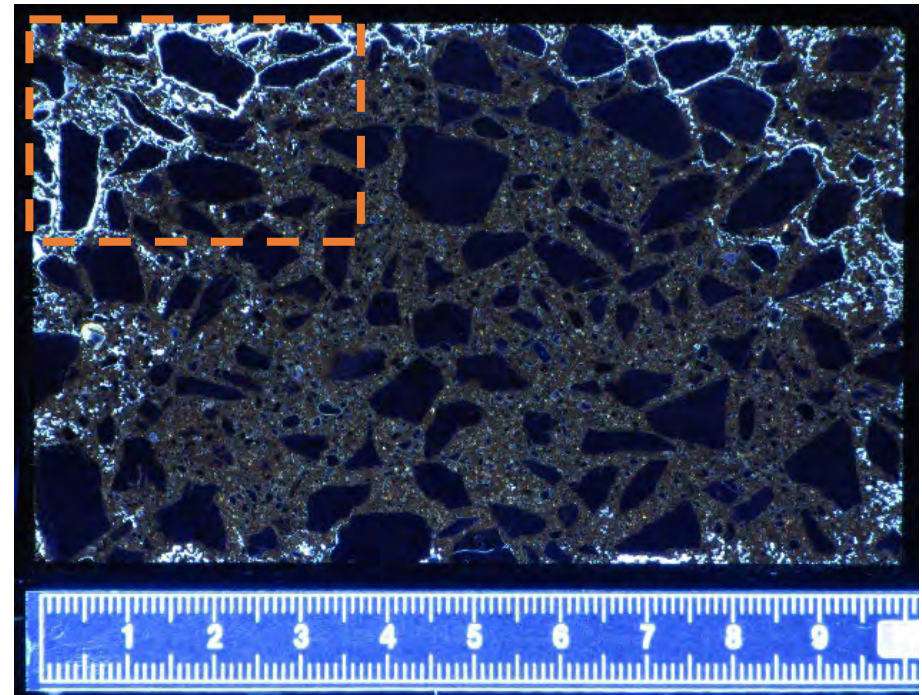
水浸のみ約3ヶ月



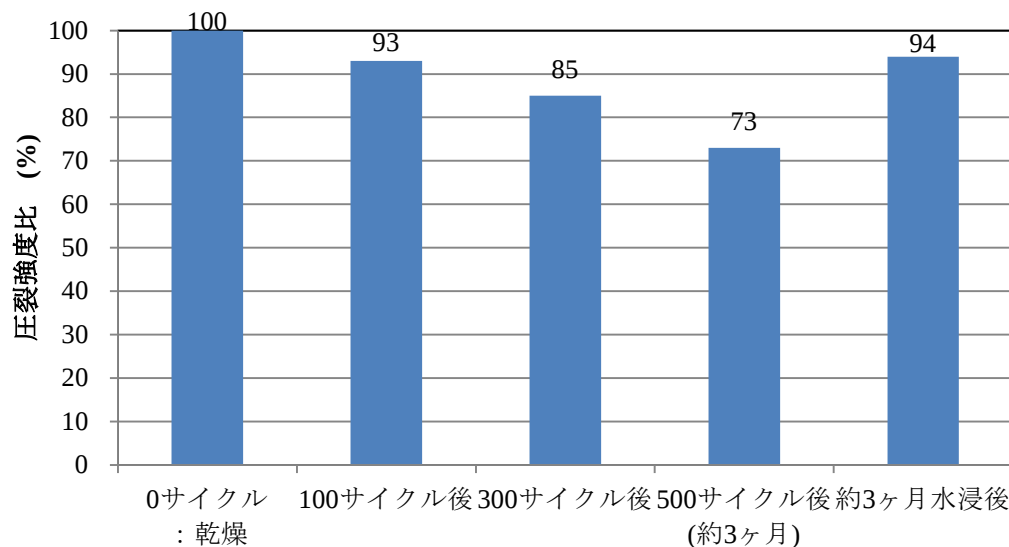
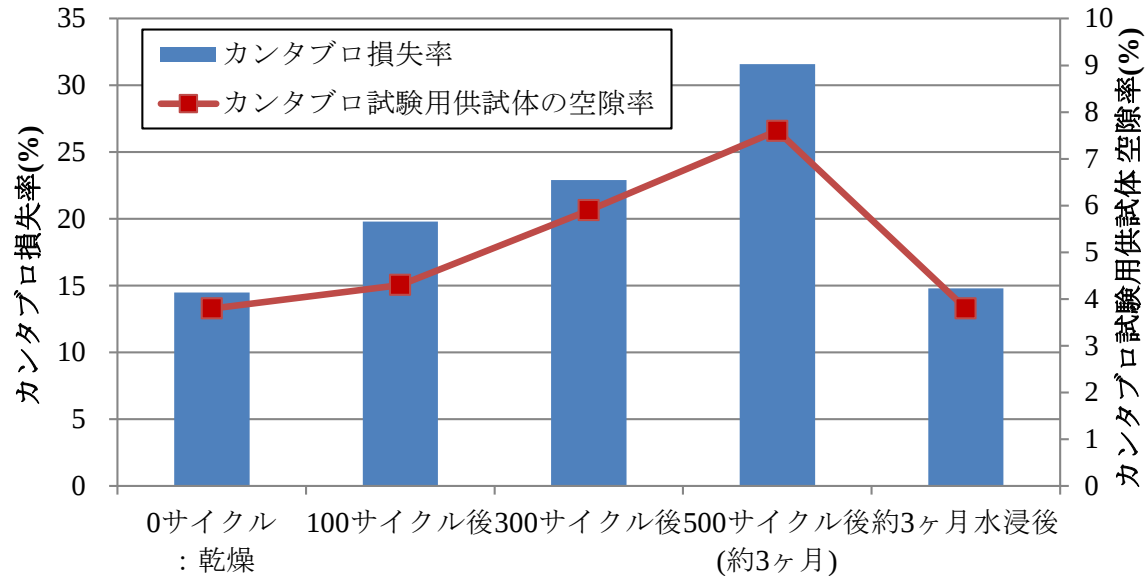
水浸+凍結融解
500サイクル後



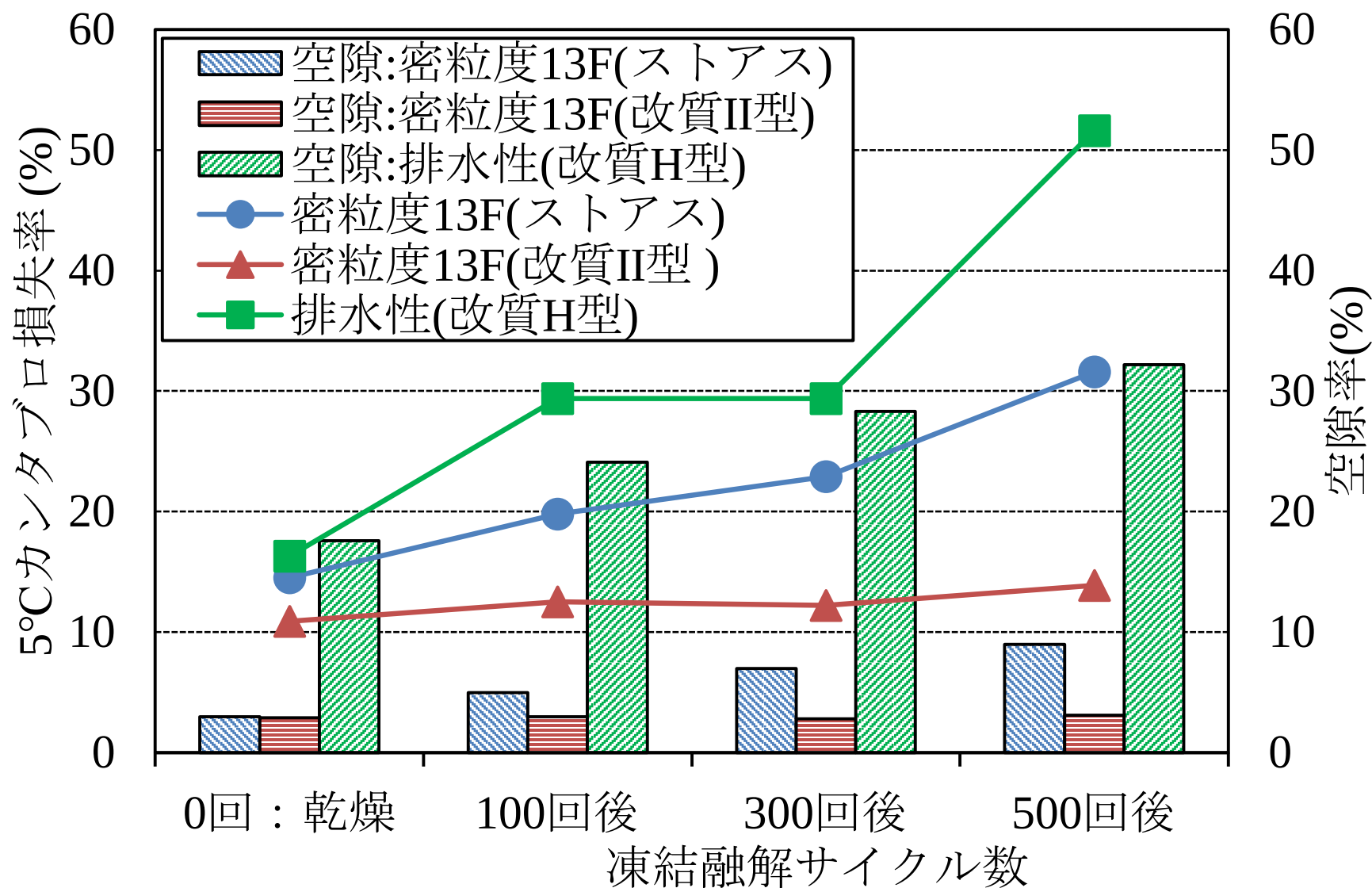
部分拡大



凍結融解作用が混合物に与える影響(密粒13F)

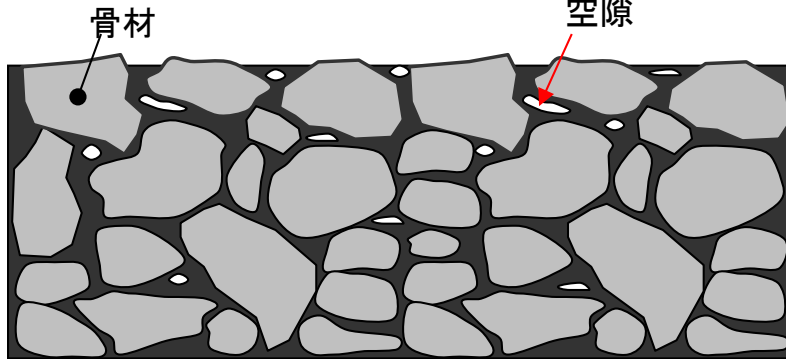


凍結融解作用が混合物に与える影響(混合物の差)

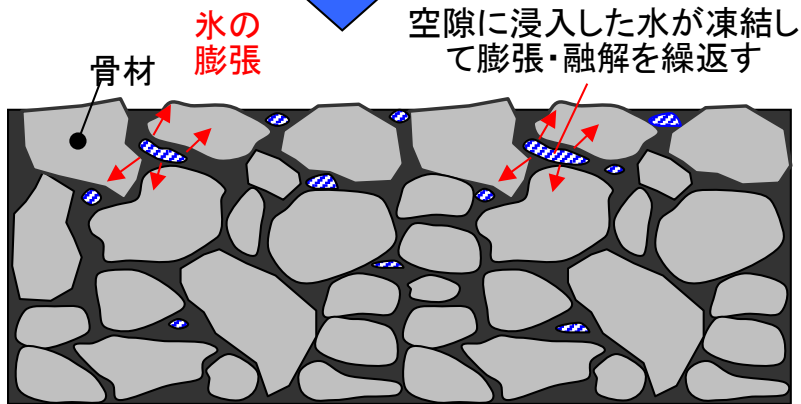


凍結融解作用が混合物に与える影響

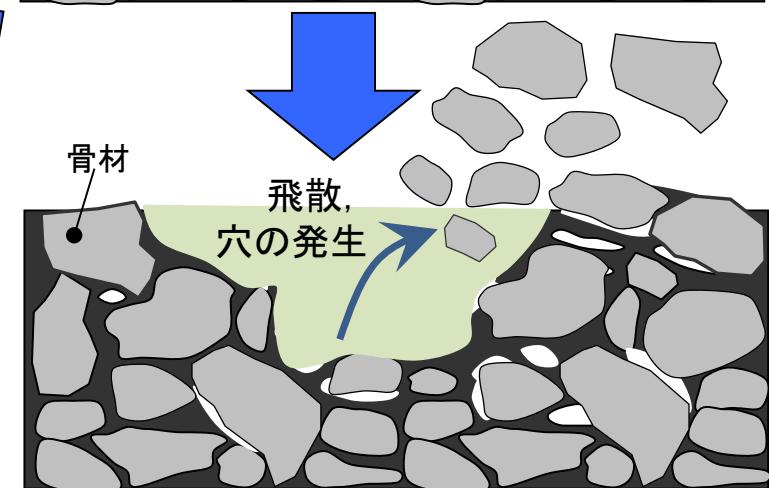
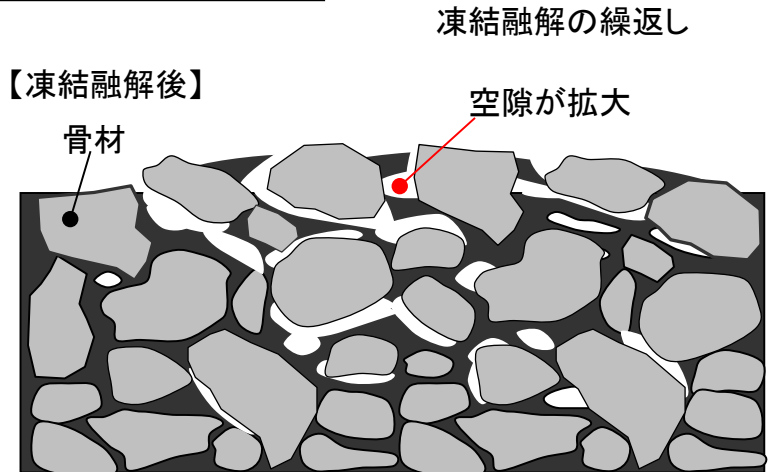
【凍結融解前】



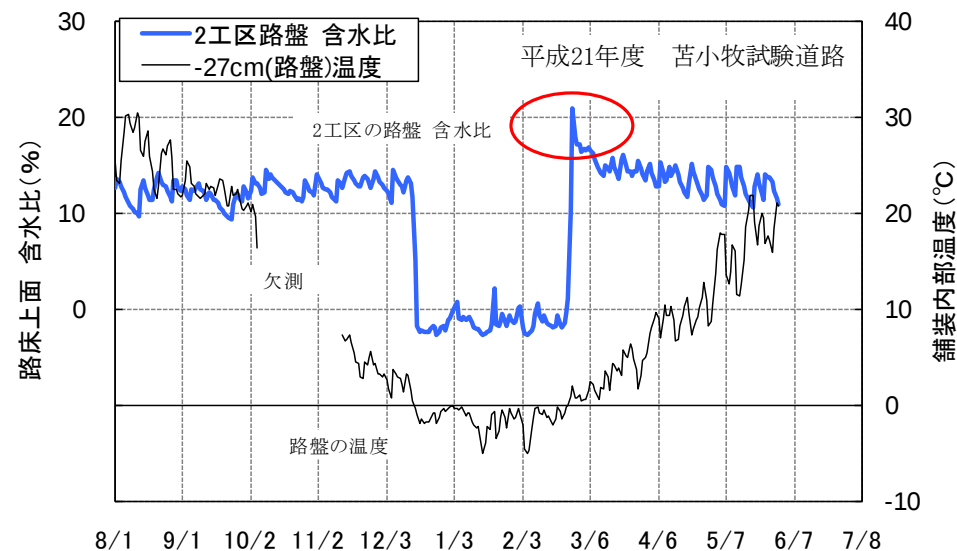
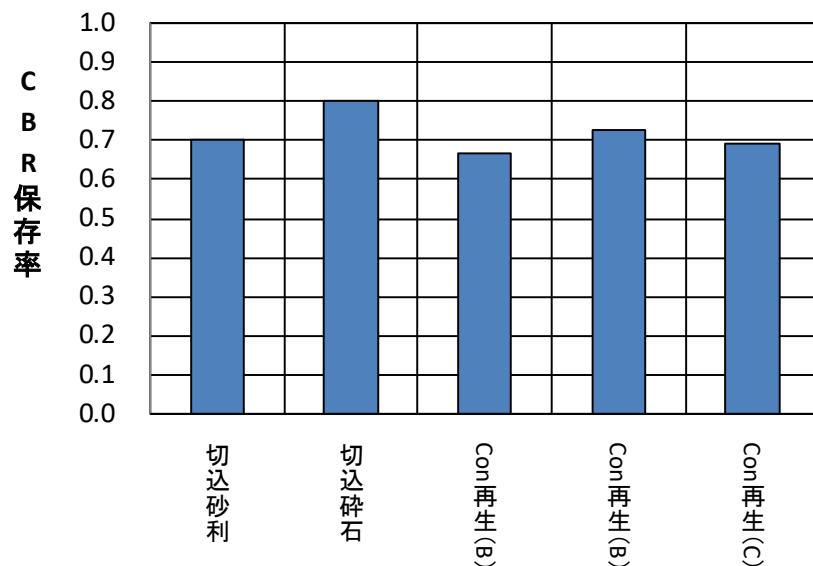
水分が存在する下で凍結融解を受けると...



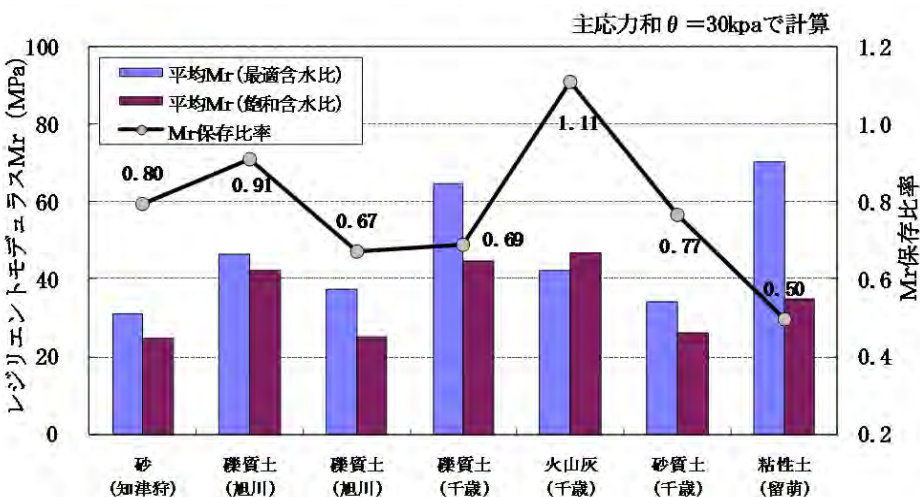
【凍結融解後】



凍結融解作用が路盤材に及ぼす影響(CBR値の低下)



凍結融解作用が路床材に及ぼす影響(CBR値の低下)

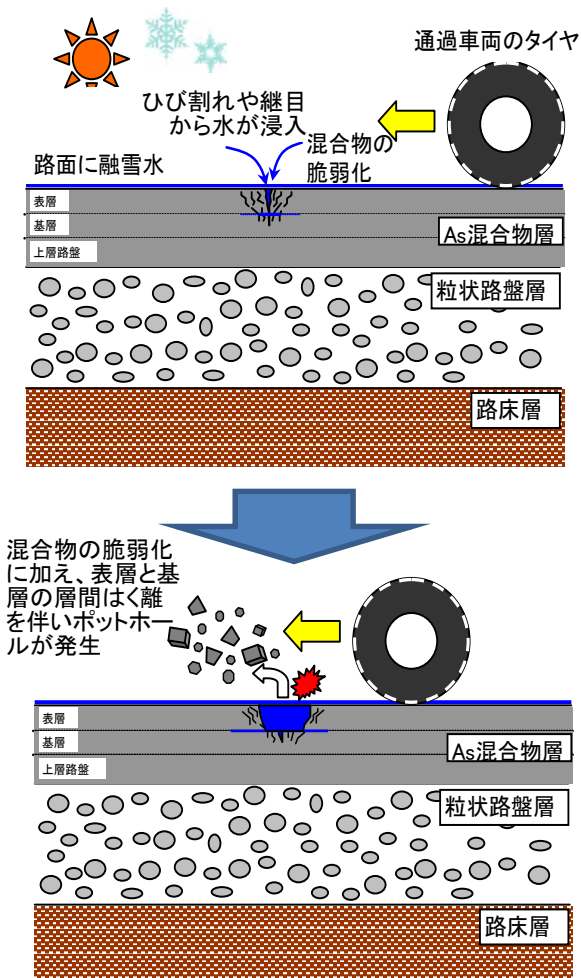


凍結後に融解させると支持力が低下する

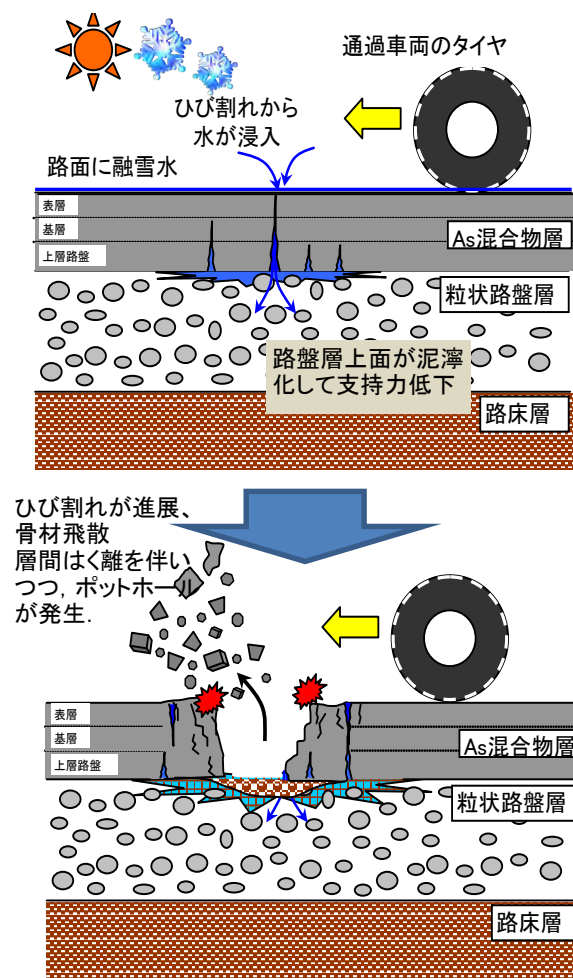
融解時には含水比が上昇する

ポットホールの発生メカニズム

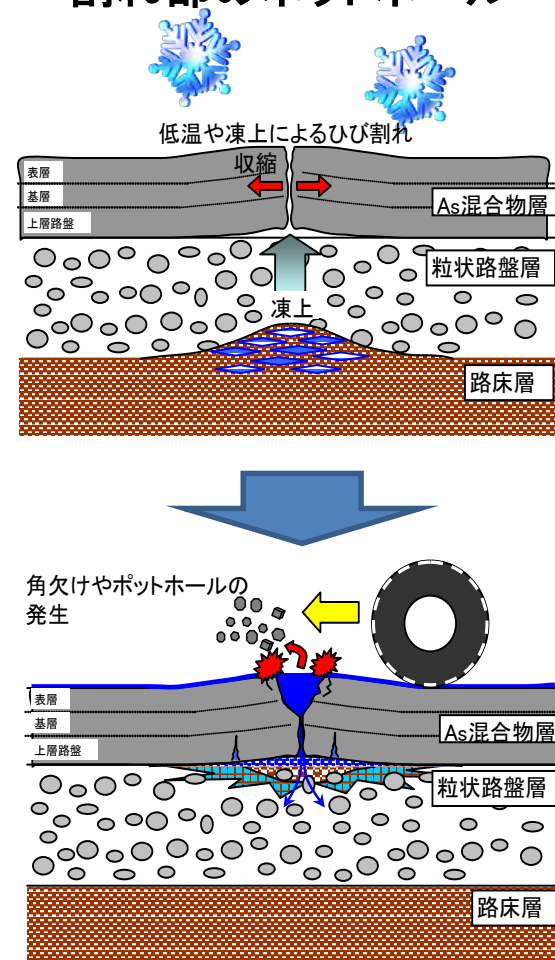
表層中心のポットホール



混合物層全層のポットホール



低温ひび割れや凍上ひび割れ部のポットホール

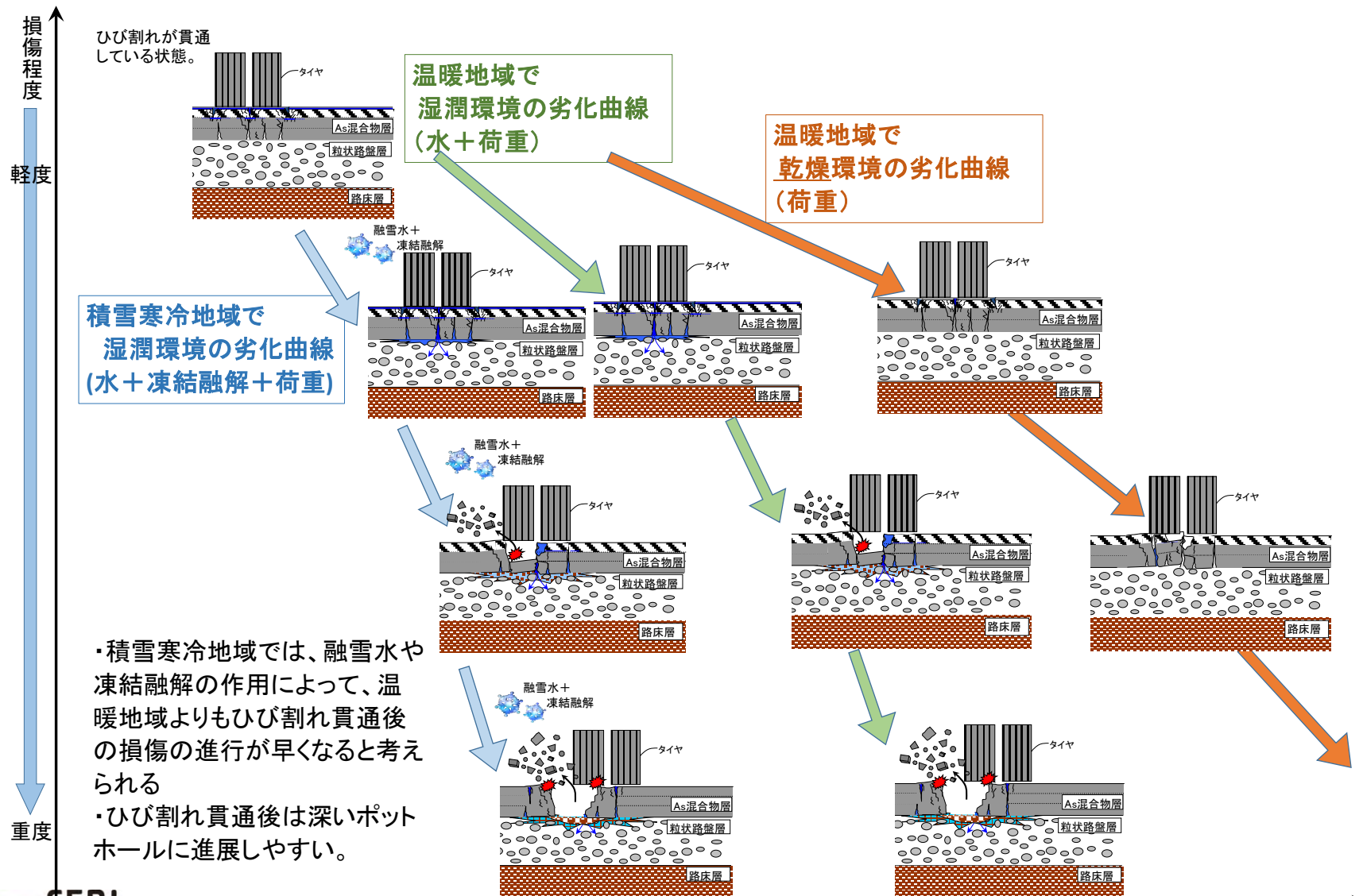


発生要因として主要なものは「①水、②温度変化（凍結融解）、③荷重」の3要素

特に、凍結している路盤の上部から水が浸透・融解している状況で多発

積雪寒冷地域の融雪期の舗装損傷進行のイメージ

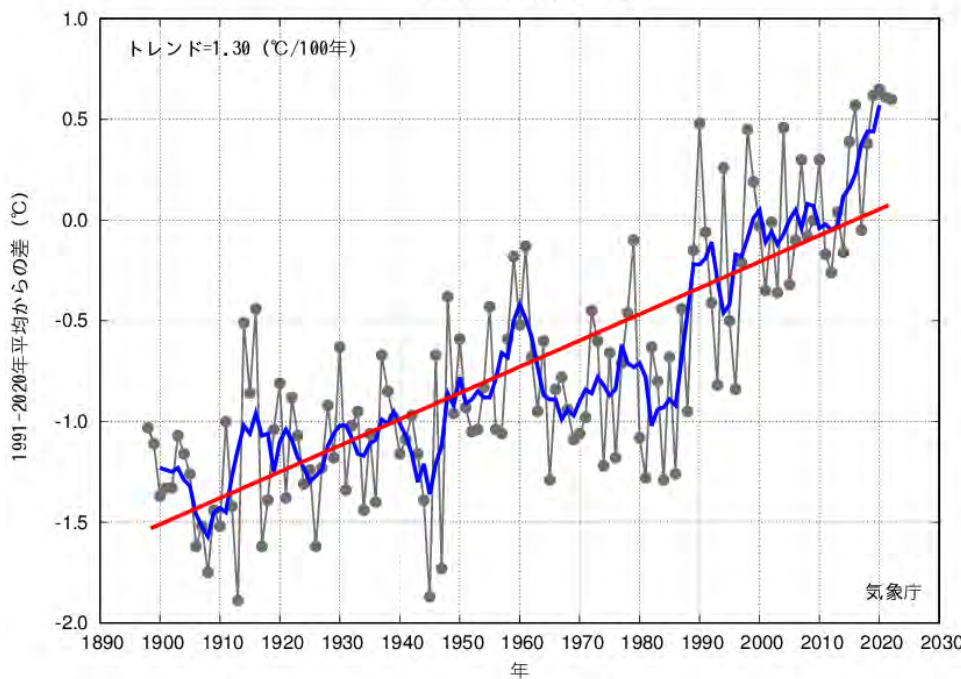
積雪寒冷地の融雪期の舗装損傷進行のイメージ



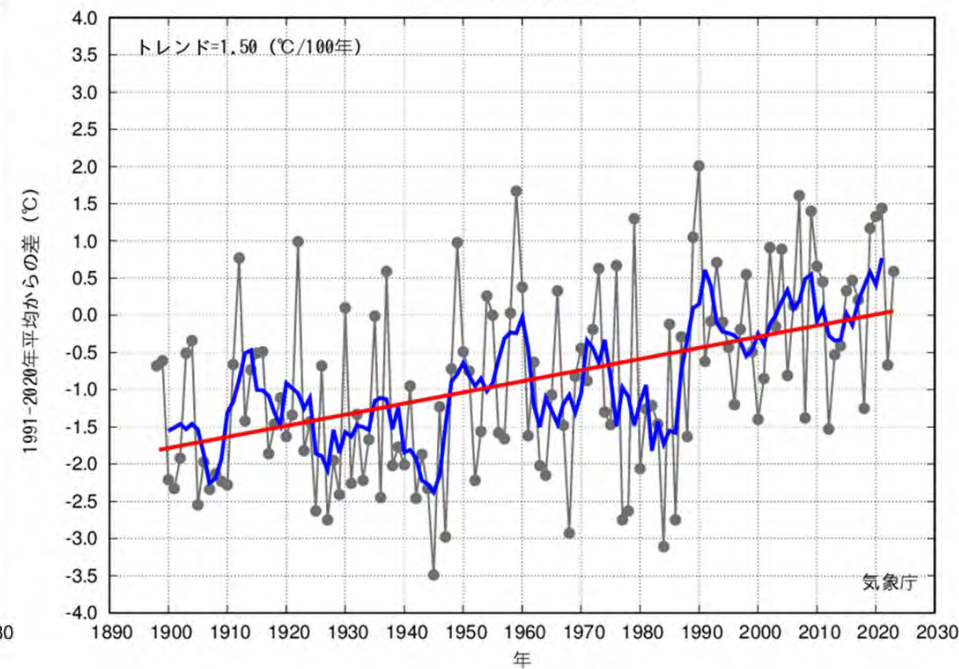
気候変動・温暖化の状況 (年平均気温と2月平均気温の年推移)

- 2022年の平均気温は、1898年の統計開始以降、4番目に高い値。
- 年平均気温は、様々な変動を繰り返しながら上昇しており、長期的には100年あたり1.30℃の割合で上昇。特に1990年代以降、高温となる年が頻出。
- 2月の平均気温は、様々な変動を繰り返しながら上昇しており、長期的には100年あたり1.50℃の割合で上昇。

日本の年平均気温偏差



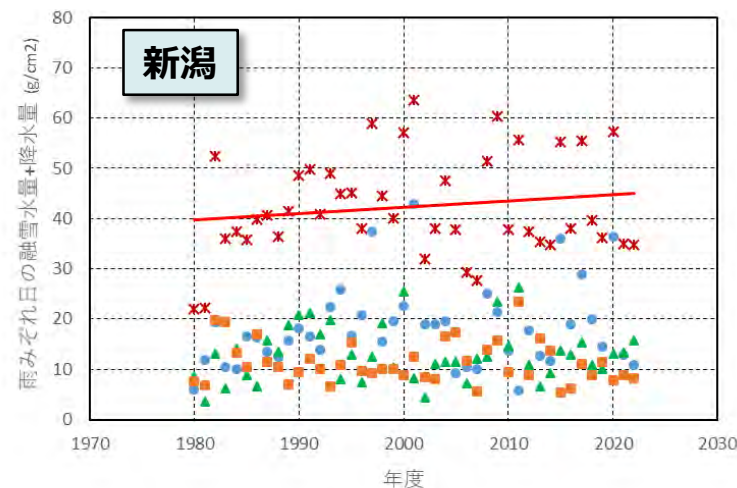
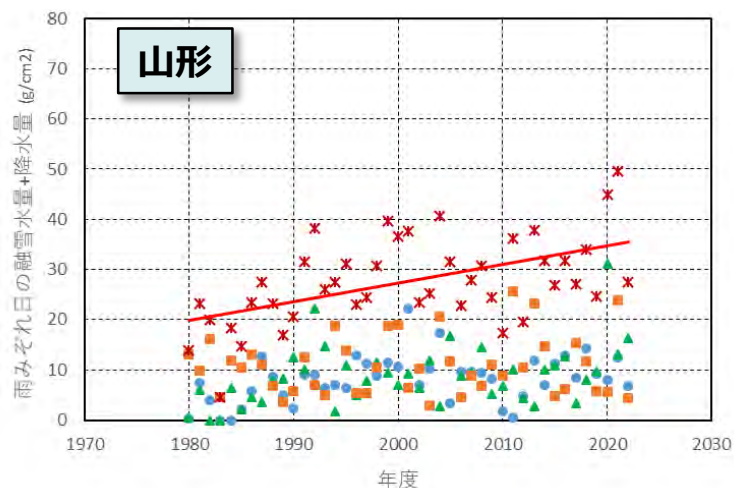
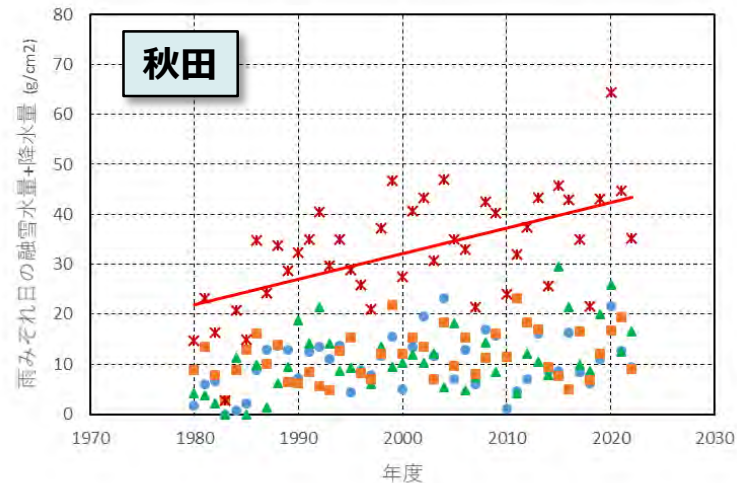
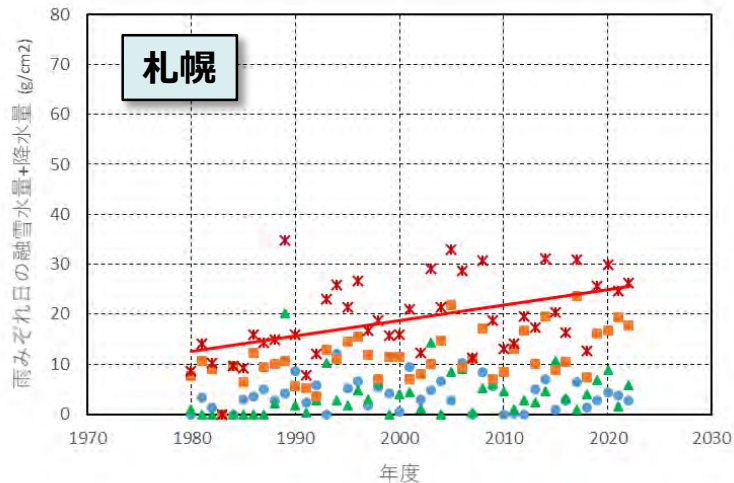
日本の2月平均気温偏差



細線（黒）：各年の平均気温の基準値からの偏差、太線（青）：偏差の5年移動平均値、直線（赤）：長期変化傾向。
基準値は1991～2020年の30年平均値。

凍結融解に係る気象条件の変化(雨みぞれ日の融雪水量+降水量)

➤ 冬期（1月～3月）の雨みぞれ日の融雪水量+降水量は、増加傾向。



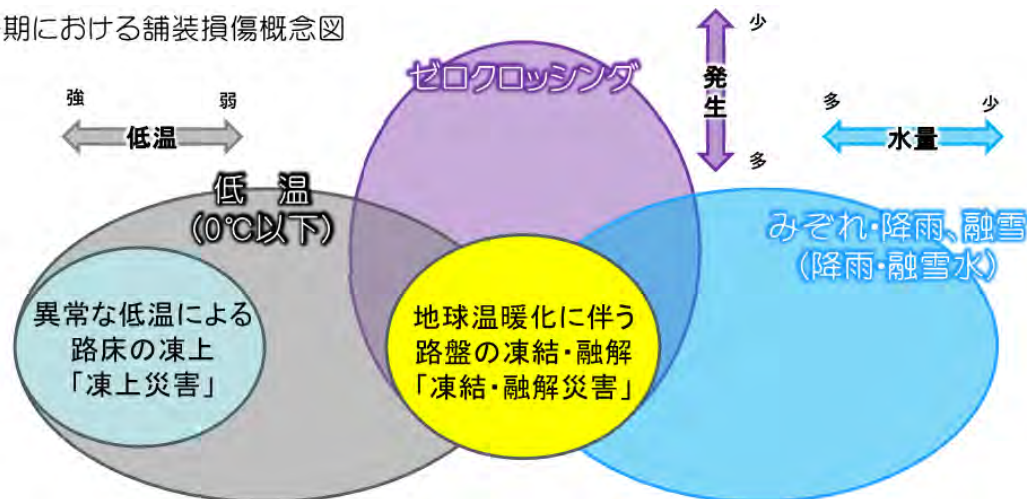
● 1月 ▲ 2月 ■ 3月 × 1+2+3月 — 線形 (1+2+3月)

第2回有識者会
議資料より抜粋

2.1 凍結融解、老朽化、ポットホール対策技術

- 地球温暖化の影響により、積雪寒冷地域でも冬期における気温は上昇傾向にあり、降雨・融雪は増加傾向にある。
- 路盤が凍結状態の時に降雨や融雪が発生すると、舗装内部へ浸透した水が路盤上部に滞留して支持力が低下する。路盤上部の支持力が低下した状態で車両の繰り返し荷重を受け、ひび割れが発生して路盤が損傷。さらに、気温の低下で路盤の水が凍結して、ひび割れが発生・拡大。
- 以上のように、冬期において降雨と気温低下が重なると、通常では起こらない舗装損傷が発生しやすい。
- これまで、舗装損傷要因となる異常な天然現象（災害）は「低温」を想定していたが、地球温暖化により顕在化してきた「降雨・融雪」についても同様に異常な天然現象（災害）として捉えるべき。

■冬期における舗装損傷概念図

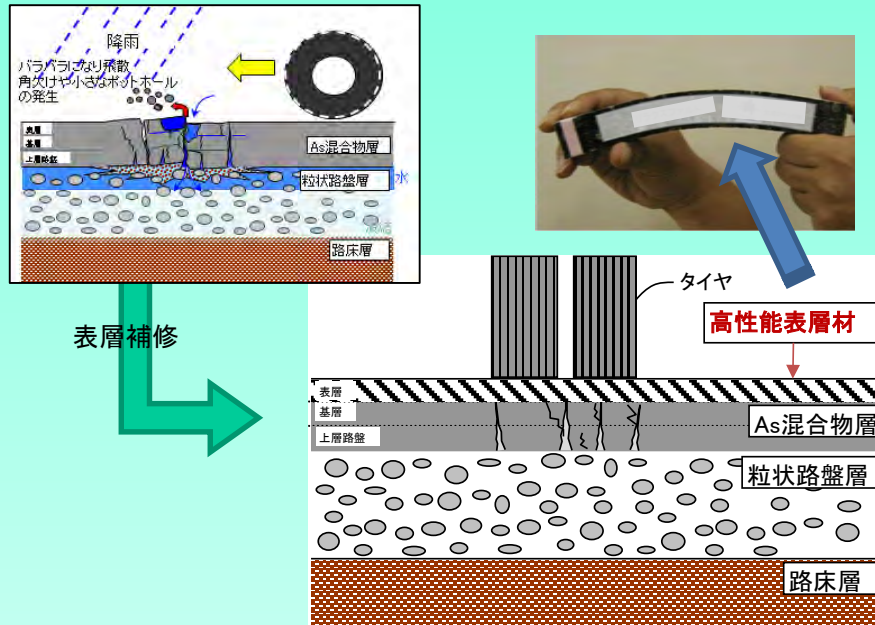


第2,3回有識
者会議資料
より抜粋

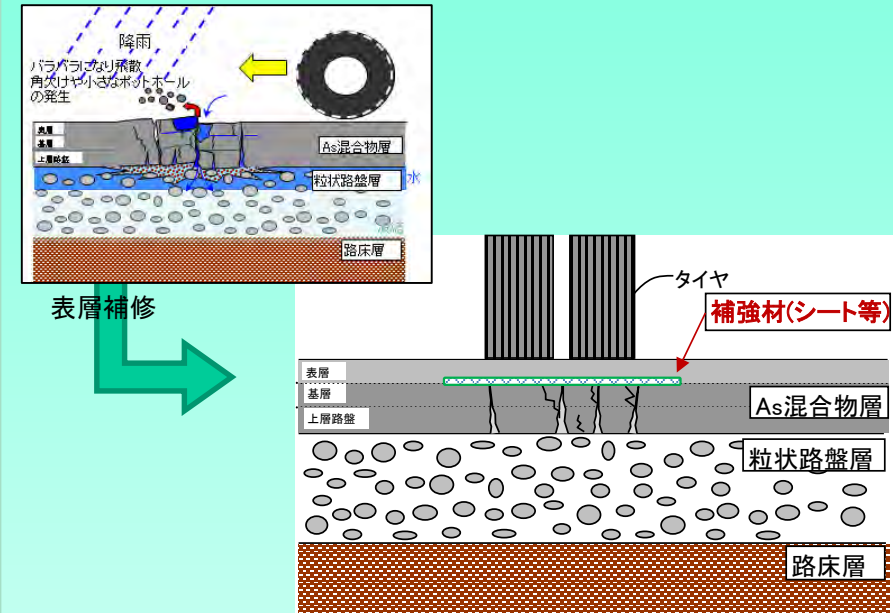
ポットホールのリスクを低減する具体策(1)

- ・水の影響を受けにくくする
 - 舗装品質の向上、ひび割れを少なくする
 - 融雪水の浸入軽減、速やかな排除
(Fogシール、シール材、排水材)

高性能表層混合物(特殊改質As混合物)による補修方法



補強系材料(ひび割れ抑制シート)による補修方法

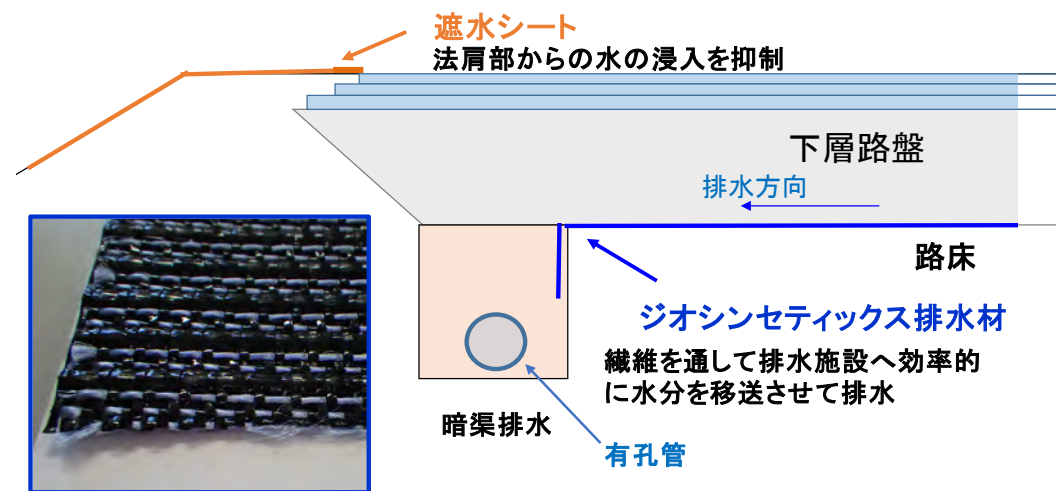


ポットホールのリスクを低減する取り組み例

- ・水の影響を受けにくくする
 - 舗装品質の向上、ひび割れを少なくする
 - 融雪水の浸入軽減、速やかな排除
(Fog Seal、シール材、排水材)



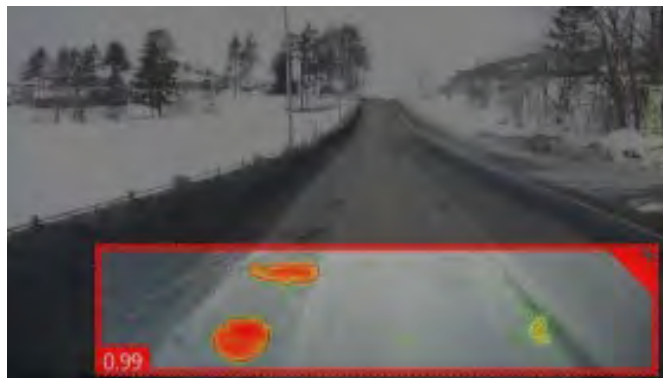
シール材、 Fog Seal による
融雪水の浸入軽減



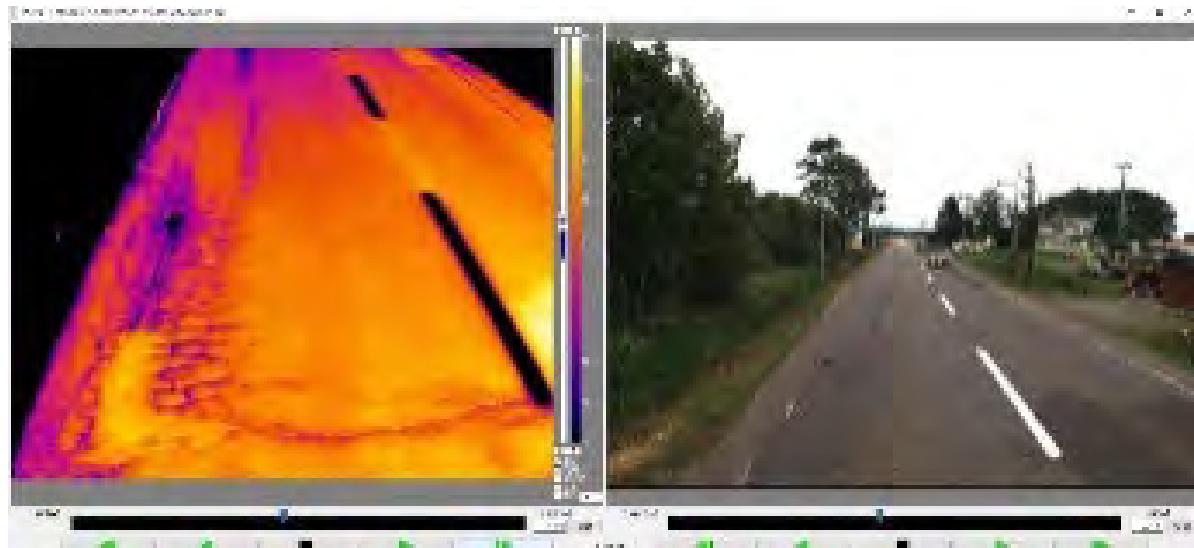
内部に浸透した融雪水の
速やかな排除策イメージ

ポットホールのリスクを低減する取り組み例

- ・水の影響を強く受け弱点となっている場所を検知し、適切な対処(予防的な対処,計画的な補修など)を行う。
 - 赤外線による点検診断技術
 - 画像等による発生状況の効率的把握技術
 - シール材等による予防処置技術



ポットホール発生状況の
効率的な把握技術
(深層学習による判別技術)



融雪期のポットホール発生危険箇所を
赤外線カメラによって点検・診断する技術

耐久性の高い**Co舗装**を積極的に採用することで、**舗装の長寿命化**が図れ、**維持修繕工事頻度の抑制**、**LCCの縮減**が期待されている。

国土交通省よりH24に耐久性に優れる**Co舗装の積極的活用**が施策として示され、H25設計業務等共通仕様書においては**As舗装とCo舗装のLCCを比較検討**するように明記された。

修繕工事においても、As舗装とCo舗装のLCCを比較した場合、**Co舗装が有利となる場合がある。**

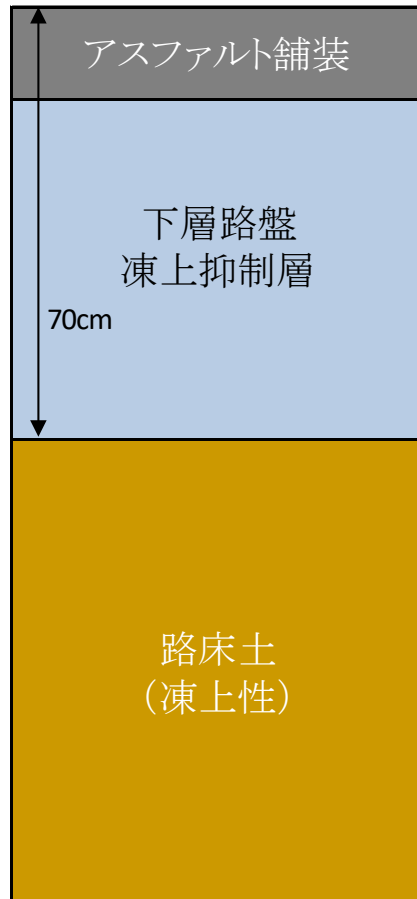


北海道開発局の設計要領では、舗装種別によって凍上対策としての置換深さが異なる。(As舗装:置換率70%、Co舗装:凍結の入る深さまで)

既設As舗装をCo舗装に打ち換える場合、「**既設舗装の置換厚 < Co舗装に必要な置換厚**」となる場合があり、追加の凍上策が必要となる

試験施工断面

例) 理論最大凍結深さ: 100cm
As舗装: $100 \times 70\% = 70 \text{ cm}$

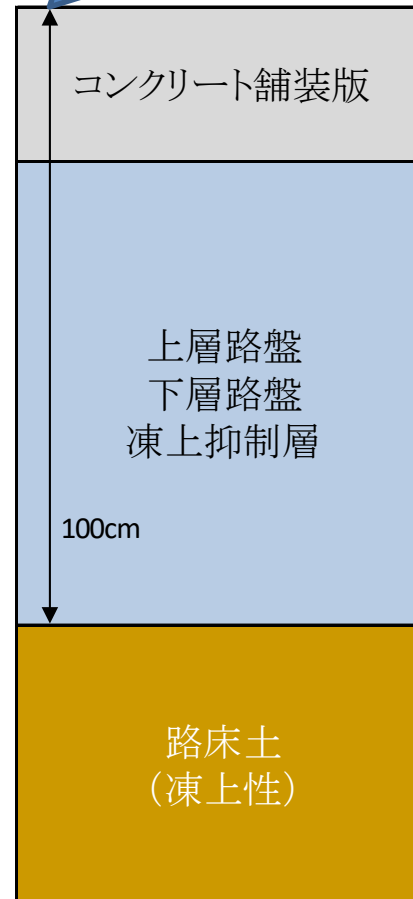


置換厚70cm

As→Co
打換え

置換工法

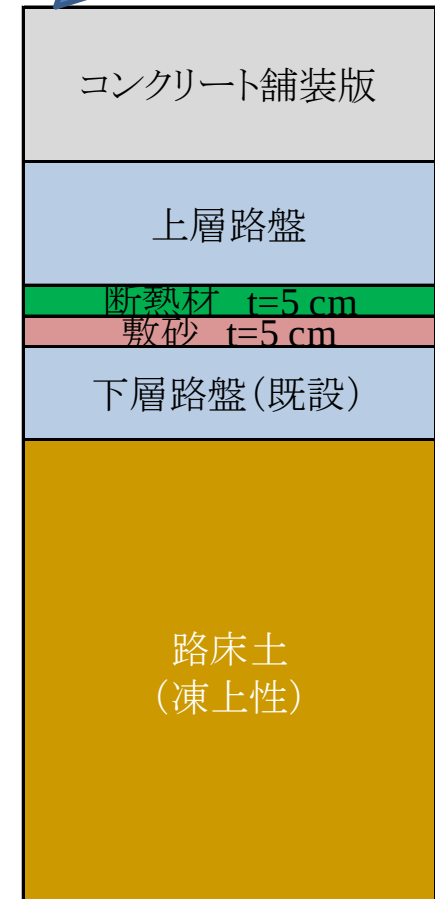
100cmの深さまで
掘削し舗装を構築



置換厚100cm

断熱工法

掘削深さを抑制
工期・工費を圧縮

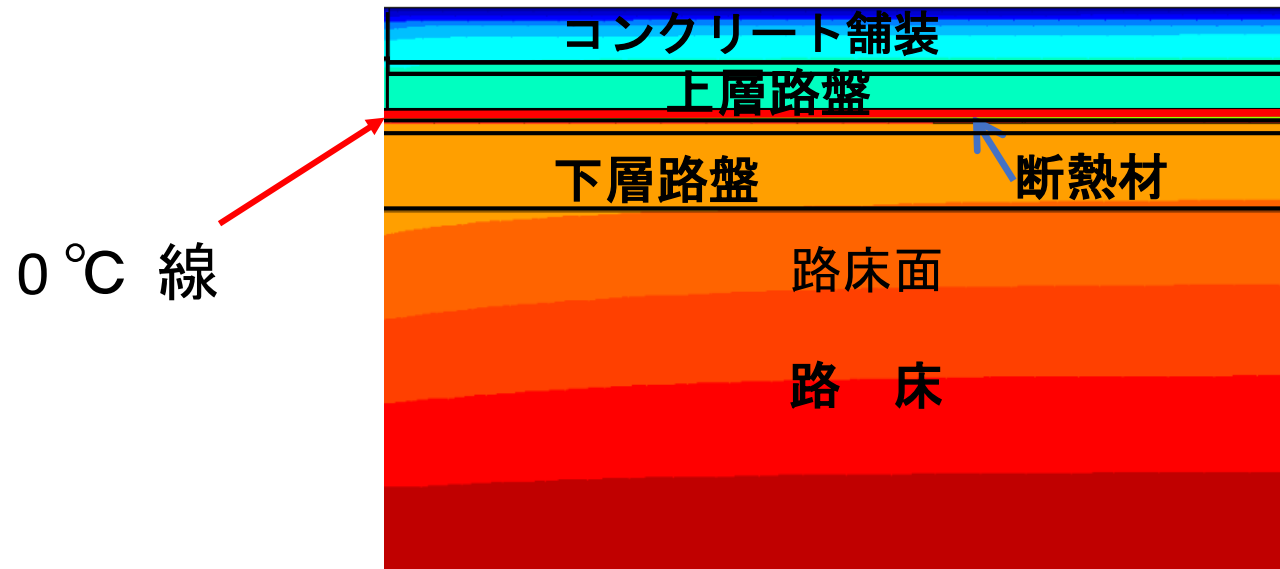


断熱工法

断熱効果照査

熱伝導解析を用いて断熱効果の照査を行った。

2000年度以降最も寒冷(凍結指数の大きい)年度の毎時の外気温を路面温度条件として与え、 0°C 深さの最大値を求めた。

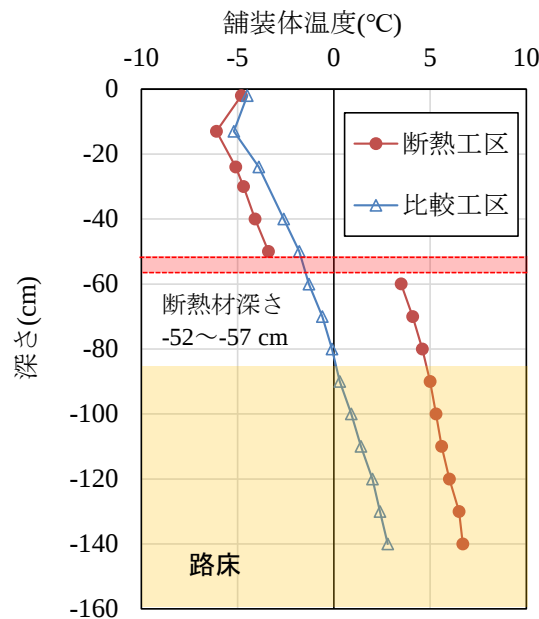


条件Aにおける照査結果(凍結深さ最大時)

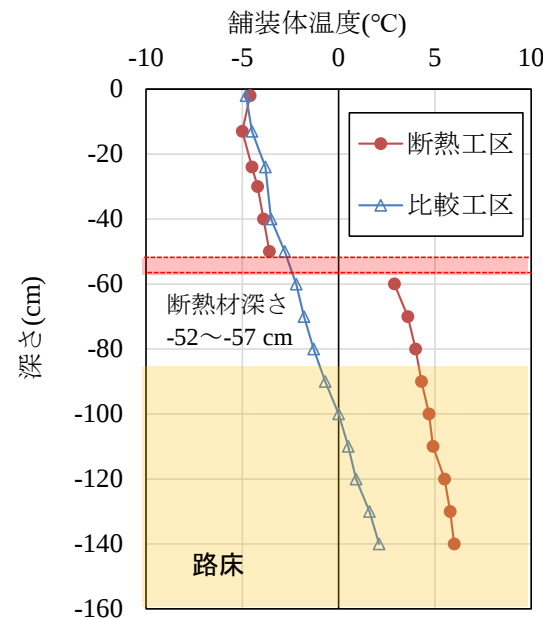
この結果、全ての条件で 0°C 深さ(=最大凍結深さ)は断熱材深さ以浅となり、これらの条件下で、**十分な断熱効果を得られることが明らかとなった。**

凍結深さ

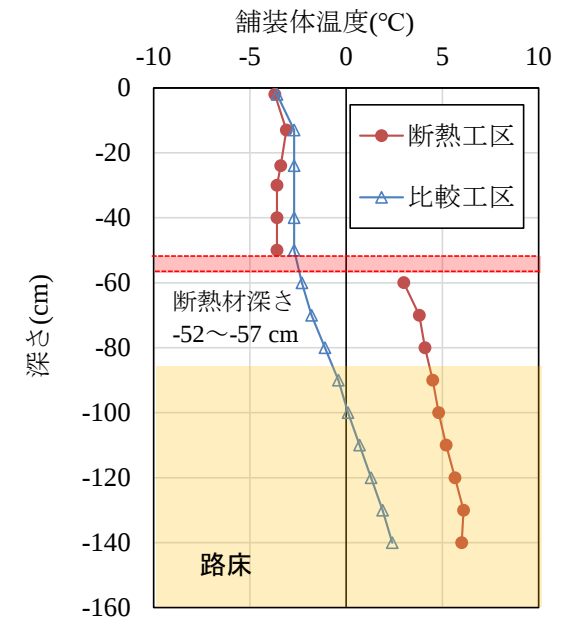
施工時に埋設した熱電対温度計を用いて舗装体温度を計測。



2019



2020



2021

比較工区(置換工法)は2020、2021で路床まで凍結が侵入
断熱工区は3カ年とも断熱材以深はプラスの温度を保持

2.2 コンクリート舗装の凍上対策技術(断熱工法)

○断熱材を用いたAs舗装からCo舗装への打換え

凍結深さの大きい地域ではAs舗装からCo舗装に換え用とした場合に置換厚が不足する場合がある。

(As舗装の置換率：70%、Co舗装の置換率：100%)

既設舗装において路床土を入れ替え置換厚を増やすことは困難である。

このため、凍上の三要素（材料・熱・水）のうち、熱に対する対策を行い凍上を抑制する工法を検討した。

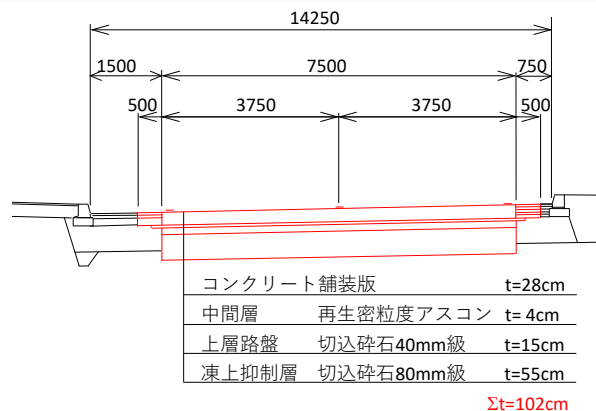
本施工箇所におけるコストおよび施工日数の比較

コスト：断熱工法を用いることにより4%縮減

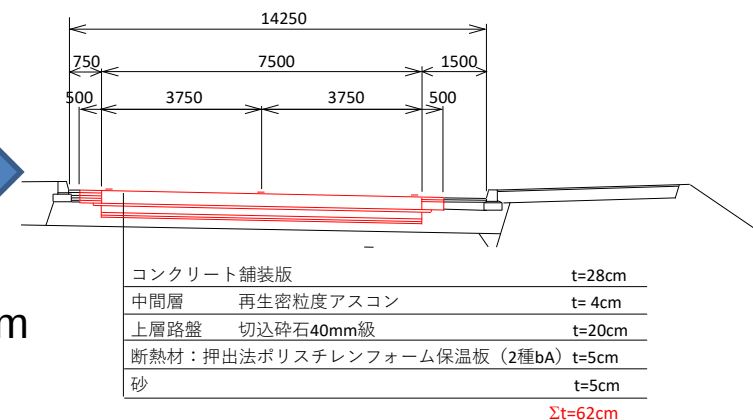
施工日数：断熱工法を用いることにより19日短縮



断熱材の施工状況



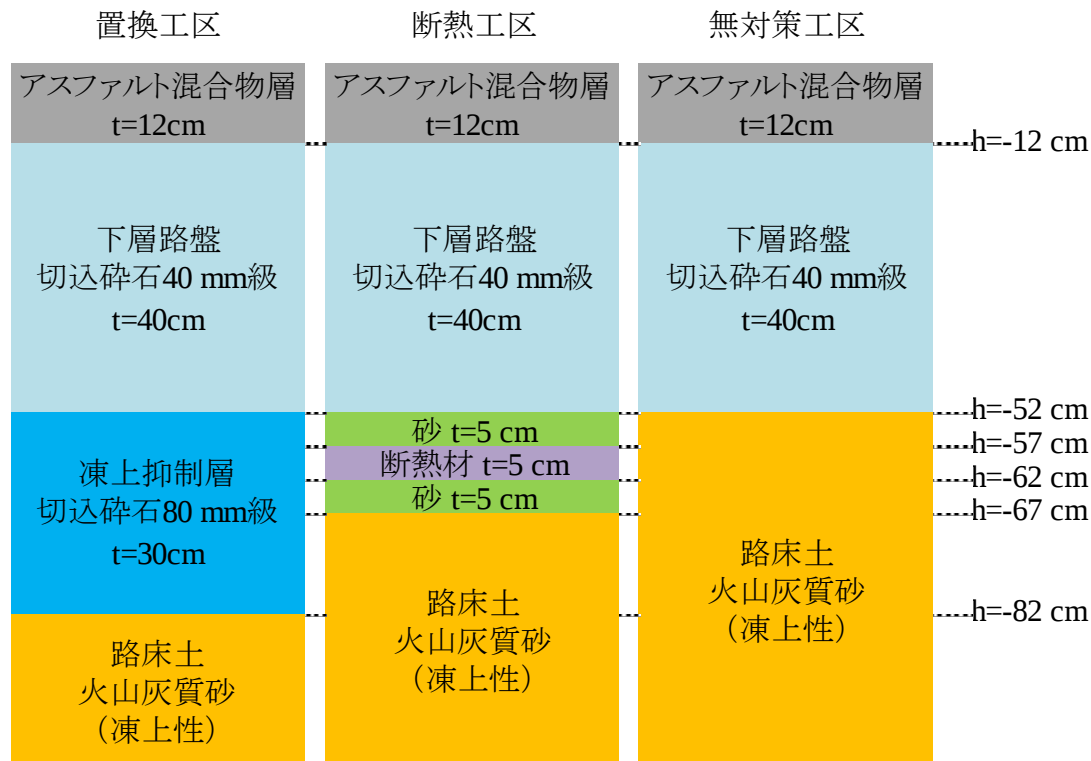
$$102 - 62 = 40 \text{ cm}$$



置換工法を用いた場合の舗装断面
(従来工法)

断熱工法を用いた場合の舗装断面

試験施工断面(アスファルト舗装の断熱工法)



試験施工断面概要図
(苫小牧寒地試験道路)



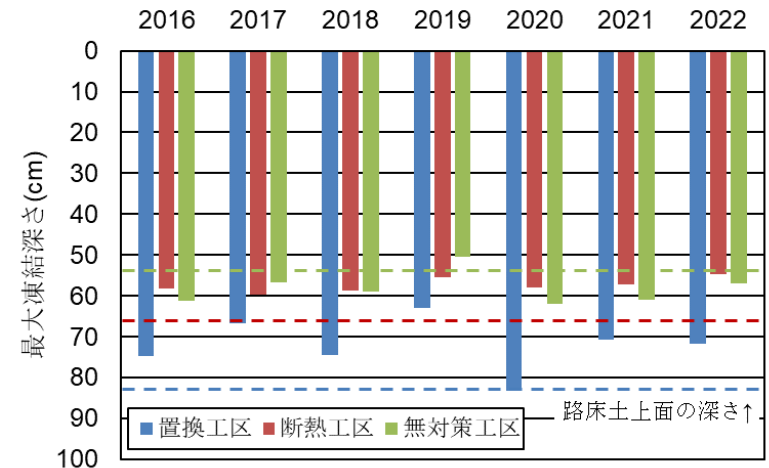
断熱材の設置の様子
(苫小牧寒地試験道路)

2.2 アスファルト舗装の凍上対策技術(断熱工法)

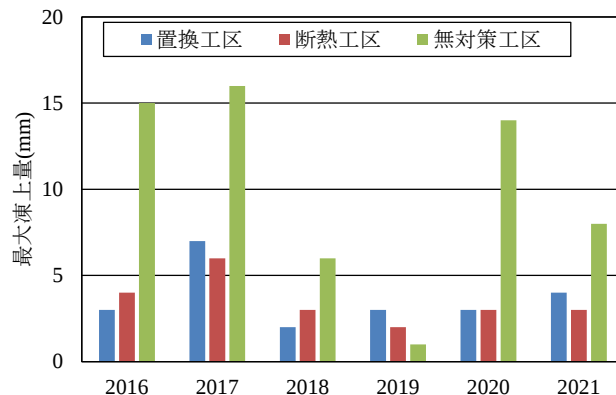
試験施工の追跡調査

調査項目

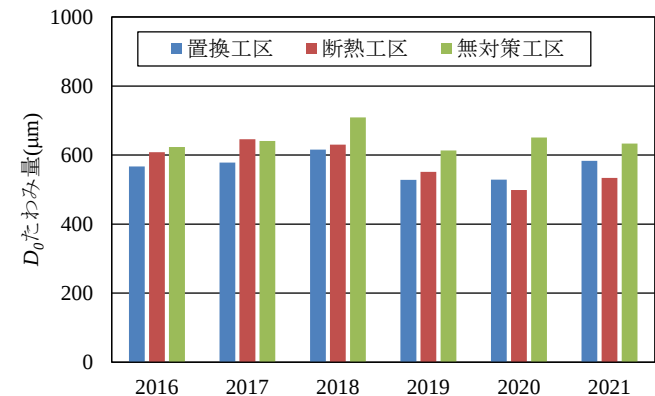
調査項目	評価項目	使用機器
凍結深さ測定	最大凍結深さ	メチレンブルー凍結深度計
凍上量調査	最大凍上量	レベル
支持力調査	D_0 たわみ量	FWD測定車



・断熱工法によって、路床への凍結の侵入が抑制されている。



・断熱工区は置換工区と同程度の凍上抑制効果が得られている。



・融解期における断熱工区の D_0 たわみ量は、当初は置換工区より若干大きな値を示すものの、その後は置換工区と同程度以上。

コンクリート舗装およびアスファルト舗装の断熱材による凍上対策の普及

- 研究成果を反映した「断熱材を活用したコンクリート舗装修繕工法の設計・施工マニュアル(案)」および「断熱工法を用いた既設アスファルト舗装の凍上対策に関する設計・施工マニュアル(案)」を当所ホームページに掲載し、ダウンロード可能としており、成果の普及を推進。

断熱材を活用した コンクリート 舗装修繕工法の 設計・施工マニュアル(案)

令和4年12月

積雪寒冷地における道路舗装の
長寿命化と予防保全に関する検討委員会

3.3 施工性・品質確保が可能な上層路盤厚の確保

断熱材の上面は平滑であるため、断熱材の直上の層を施工する時に材料のすべりが生じ、適切に締固めできない懸念がある。このため、断熱材直上の必要な層厚を確保する対策が必要である。

【解説】

断熱材の直上層に粒状材料を施工する場合、断熱材上面が平滑なため、粒状材料の層厚が薄い場合は、転圧時にすべりが生じ、適切な仕上がり面あるいは締固め度が得られない懸念がある。

試験施工による検証の結果、断熱材直上に切込砕石(40mm級)の粒状材料の層を設けた場合、層厚が15cm以下の条件においては必要な締固め度が得られたが、写真-2に示すとおり転圧方向に対し垂直方向に材料のすべりに起因されると考えられる陥凹の割れが転圧面に確認された。一方、層厚が20cmの場合においてはこのような状況は確認されなかった。このことから、断熱材の直上に切込砕石40mm級などの粒状材料の層を設ける場合においては20cm程度の層厚を確保する必要がある。



写真-2 路盤状況 (路盤厚 t=15cm)

断熱工法を用いた 既設アスファルト舗装の 凍上対策に関する 設計・施工マニュアル(案)

令和7年4月

積雪寒冷地における道路舗装の
長寿命化と予防保全に関する検討委員会

寒地土木研究所HPからダウンロードできます。
<https://www2.ceri.go.jp/jpn/iji/index.htm>

積雪寒冷地では、凍上や、路床・路盤の凍結融解の影響により、道路舗装にひび割れやポットホールなどの被害が発生。

損傷部から水が浸入すると、不陸や沈下、亀甲状のひび割れなどが走行安全性・舗装寿命が低下する。



これらの被害を防止するため、舗装体内の水を迅速に排水することが有効と考える。



新型のジオシンセティックス排水材（ウィッキングファブリック排水材, Wicking Fabric排水材）を用いた路床・路盤の排水技術について検討



ひび割れ・ポットホール



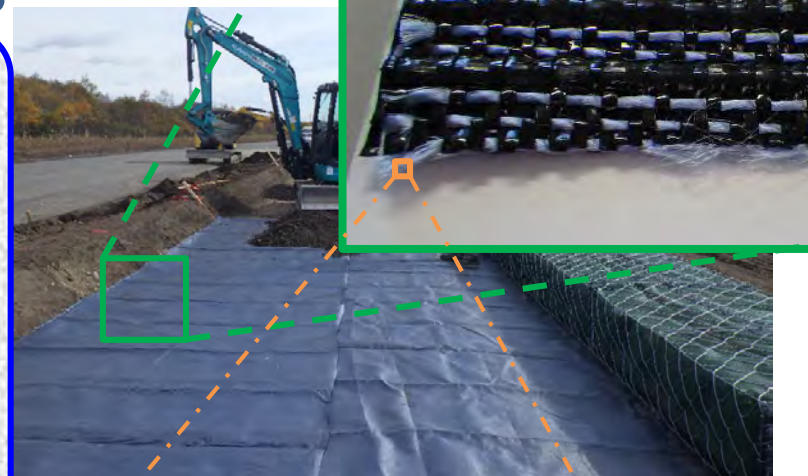
沈下・不陸



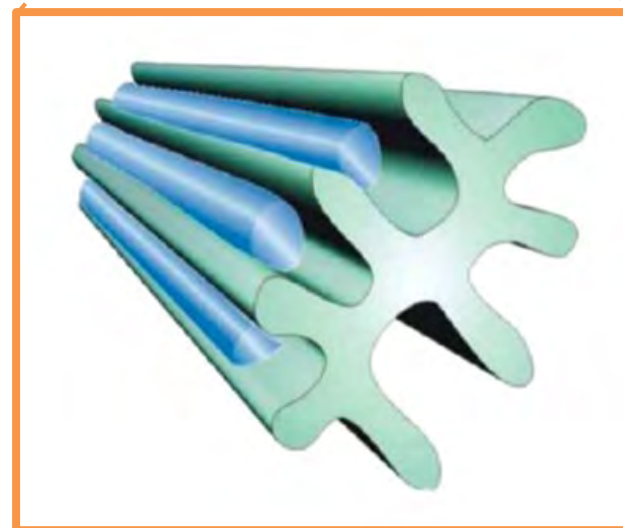
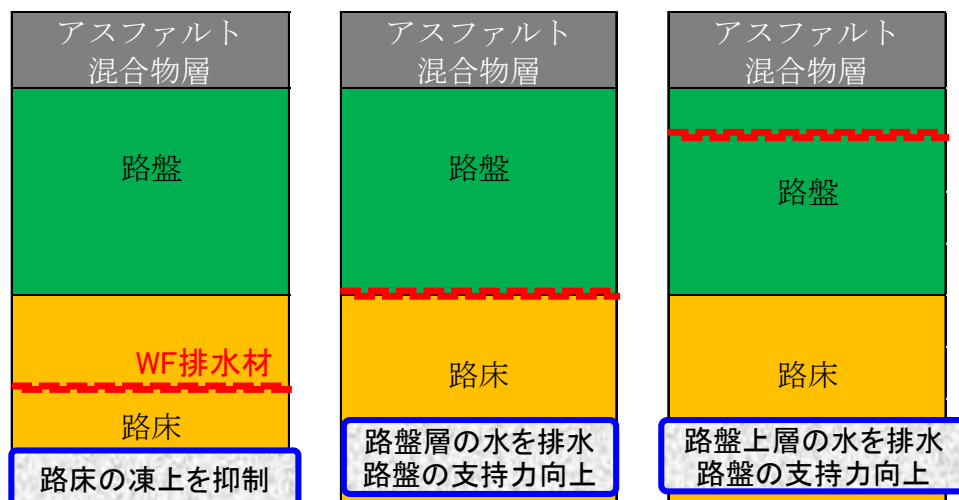
沈下・亀甲状ひび割れ

ウィッキングファブリック(WF)排水材の概要

- ・シート状
- ・ポリプロピレンの繊維→補強を目的
- ・ナイロン素材のウィッキング繊維(水色)
→排水を目的(高い吸水性を有する)
- ・繊維に沿って複数の溝が形成
大きな表面積を有する
→効率的に水分を誘引



WF排水材

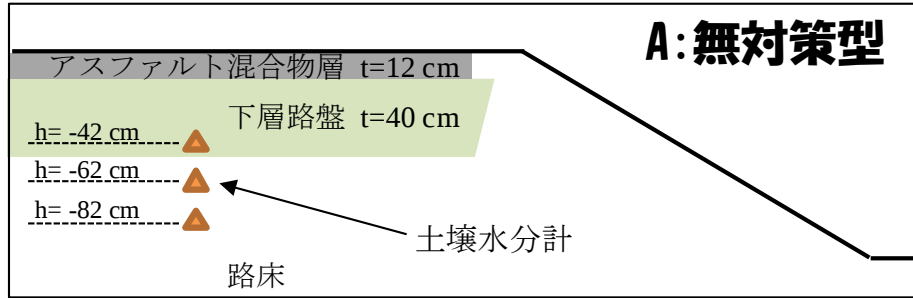


ウィッキング繊維の断面

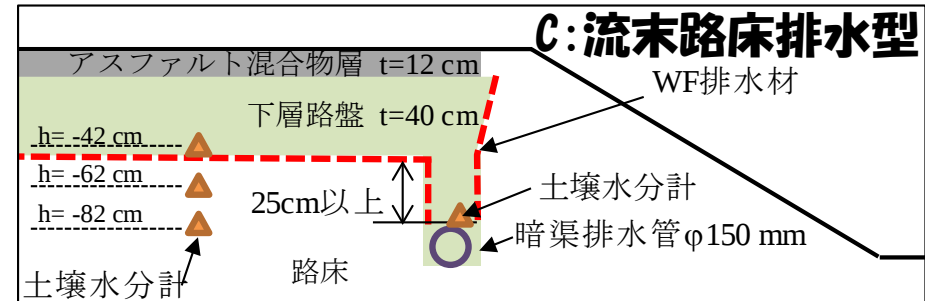
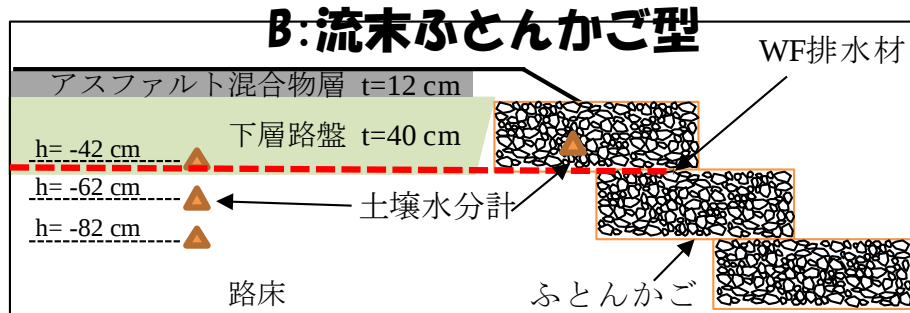
出典：Installation Guidelines for MIRAFI H2Ri Moisture Management System

WF排水材の敷設深さ例

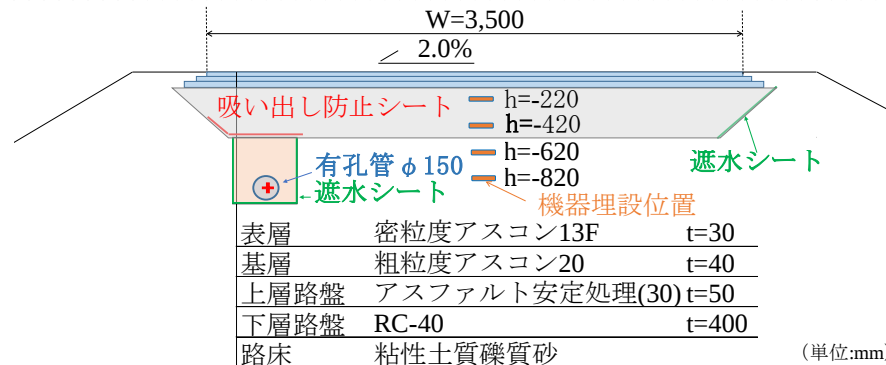
試験施工断面①(流末構造検討)



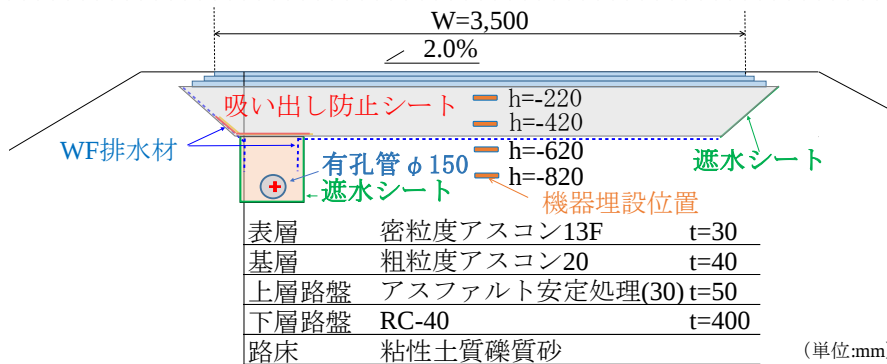
土壌水分計 (METER社 EC-5)



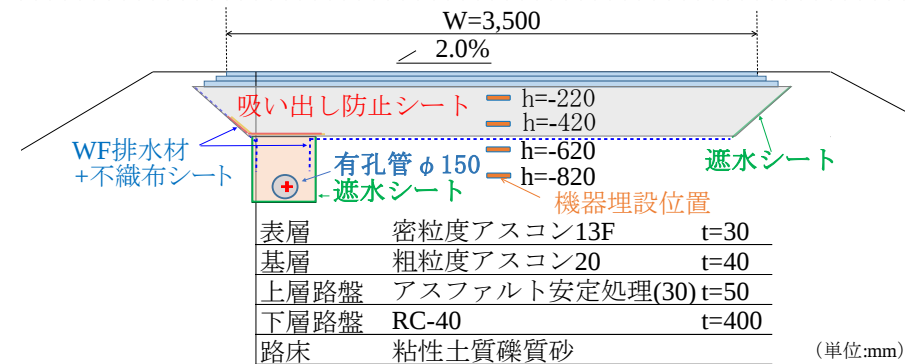
施工断面②(排水能力向上の検討)



A工区 無対策(排水材なし)



B工区 WF排水材敷設

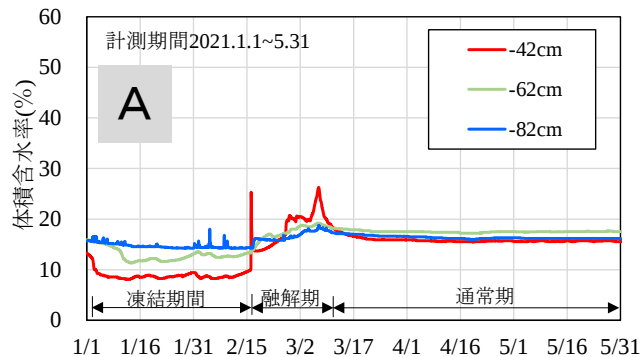
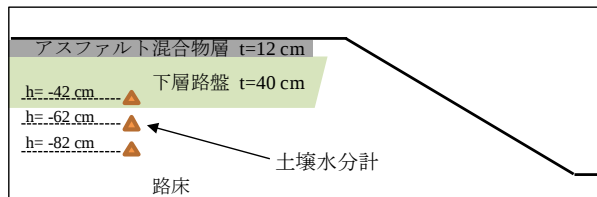


C工区 WF排水材＋不織布シート敷設

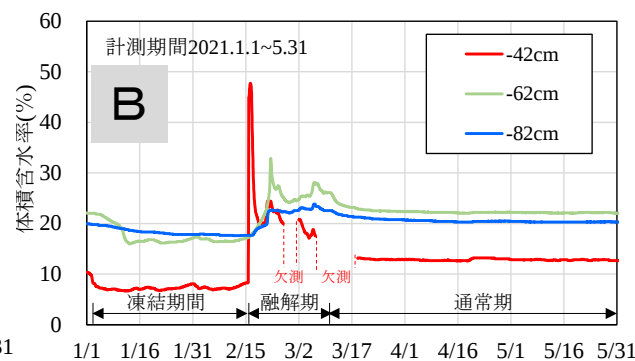
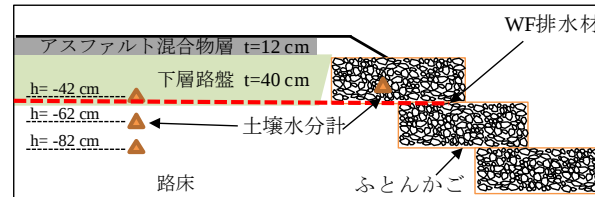


体積含水率計測結果

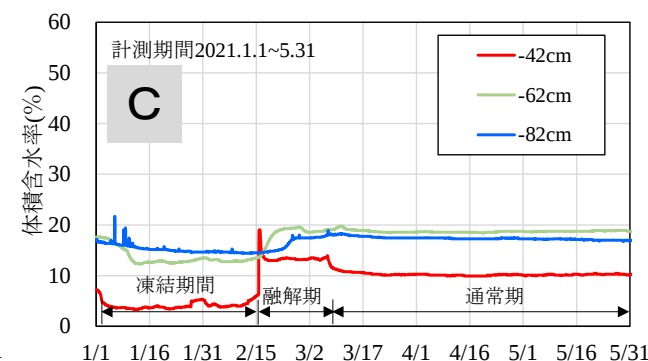
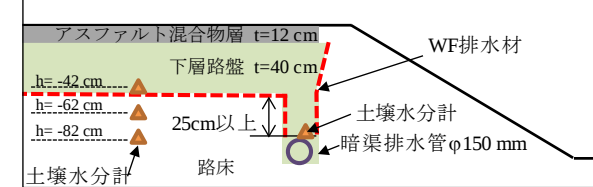
A: 無対策型



B: 流末ふとんかご型



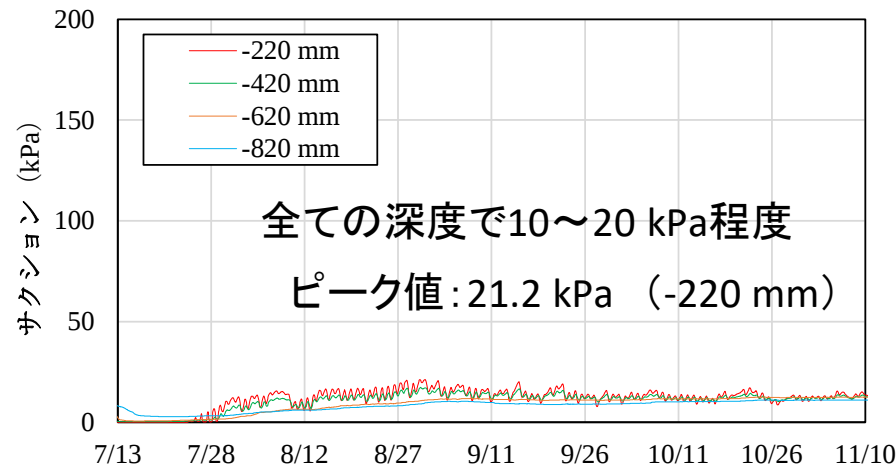
C: 流末路床排水型



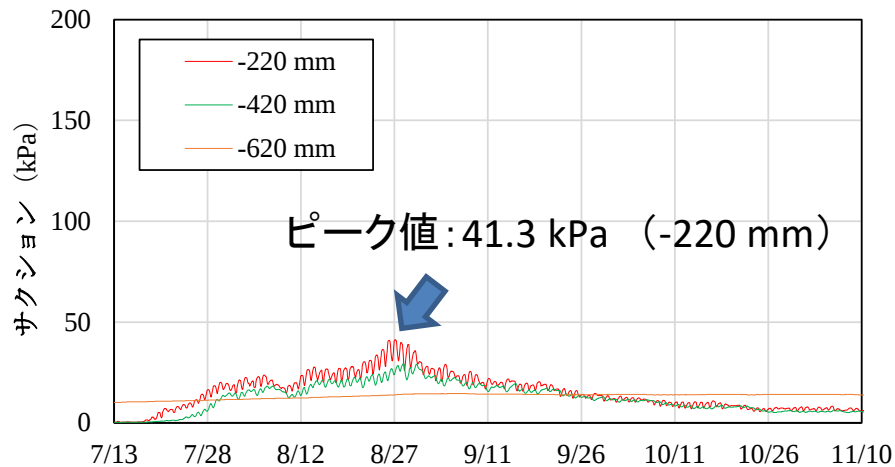
BはAと比較して-42cmで低い、-62cm、-82cmで高い
ただし、融解期には、ふとんかご上の堆雪の融雪水を内部に引き込み含水比が上昇

CはAと比較して-42cmで低い、-62cm、-82cmでほぼ同等

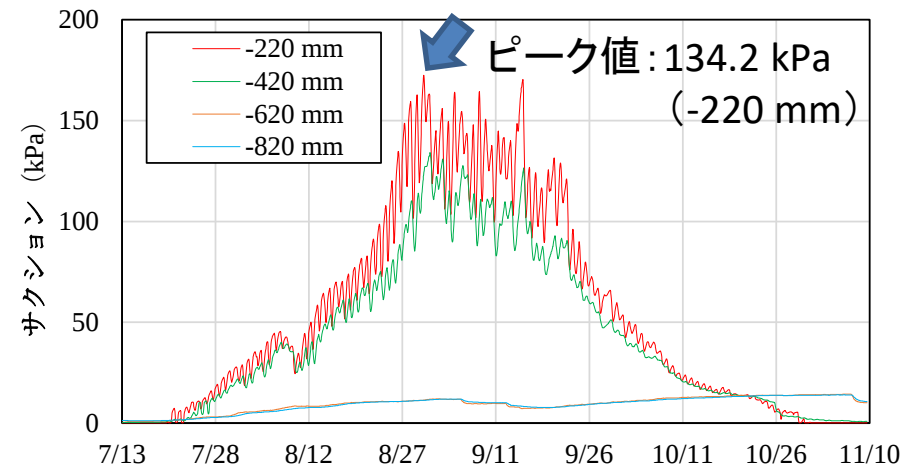
サクション計測結果(工区別)



A工区 無対策(排水材なし)



B工区 WF排水材敷設



C工区 WF排水材＋不織布シート敷設

A < B < C の順で下層路盤内のピーク値が大きい

試験施工を実施し、WF排水材の流末構造について検討



ふとんかご（法面排水）：天候の影響を大きく受ける
湿潤な地域に不向き
暗渠排水：天候の影響を受けにくい
湿潤な地域でも適用可
→湿潤な地域では暗渠排水が有利

試験施工を実施し、無対策、WF排水材単体、WF排水材と不織布シートを重ねて敷設した工区を設けて、排水材の敷設方法による排水効果への影響を検討



WF排水材を単体で敷設するよりも、WF排水材と不織布シートを重ねて敷設することで排水能力（サクション）が大きく向上する結果を得た。



「凍上および融解期の支持力低下対策を目的としたジオシンセティックス排水材の施工に関する手引き（案）」を作成。

主な研究成果参考文献等

【凍結融解、ポットホール対策に関する文献】

- ・ 丸山記美雄、上野千草：水浸や凍結融解作用がアスファルト混合物に及ぼす影響に関する実験的検討、土木学会論文集E1（舗装工学）、79巻11号、2023. 11
- ・ 国土交通省：積雪寒冷地域における道路舗装の損傷に関する有識者会議、事務局として参画、https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/snow_cover/index.html

【凍上対策、断熱工法に関する文献】

- ・ 上野千草、松本第佑、丸山記美雄：断熱工法を用いたコンクリート舗装の凍上対策に関する一検討、土木学会論文集E1（舗装工学）、Vo1. 78-2、2023. 3
- ・ 松本第佑、上野千草、丸山記美雄：断熱工法を用いた既設アスファルト舗装の長期的な凍上抑制効果に関する研究、土木学会論文集特集号（舗装工学）、2025. 3

【ジオシンセティックス排水材による対策に関する文献】

- ・ 上野千草、丸山記美雄、松本第佑：ジオシンセティックス排水材の敷設方法に関する一検討、第59回地盤工学研究発表会、2024. 7
- ・ 上野千草、丸山記美雄：ジオシンセティックス排水材を用いた路床・路盤の排水技術の検討、寒地土木研究所月報第868号、2025. 4