

機能性SMAについて

2025年10月30日(木)

於 札幌サンプラザ

(国研)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

丸山 記美雄



本日の項目

○ SMA舗装について

- SMAとは、北海道型SMAとは
- 配合と材料
(使用するアスファルト、植物性繊維など)
- 特徴と性能

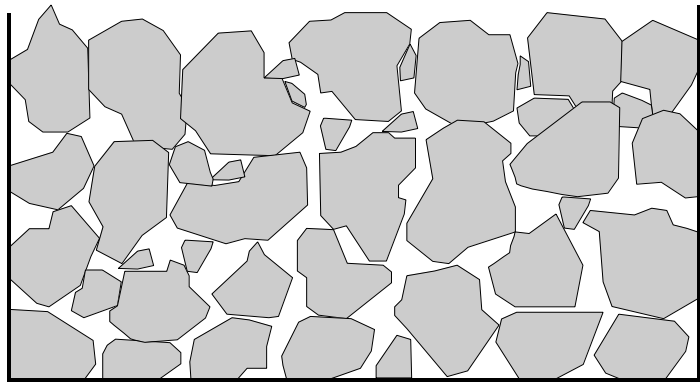
1. SMA舗装について

SMA (Stone Mastic Asphalt、碎石マスティックアスファルト)とは

粗骨材とフィラーの量が通常の密粒系混合物よりも多く、碎石のかみ合わせ効果とアスファルトモルタルの充填効果により、耐久性に優れるAs混合物

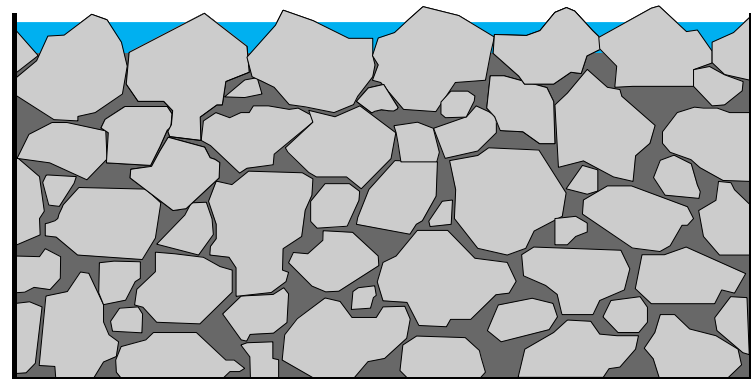
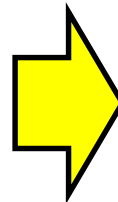
北海道型SMA、機能性SMAとは

舗装表面付近にはきめ深さ(凹凸)を有する構造をもちつつ、内部の骨材間隙にアスファルトモルタルが満たされた密実な構造をもつSMA。雨天時や凍結路面時などの走行安全性を確保しつつ、耐久性も高い。



排水性舗装




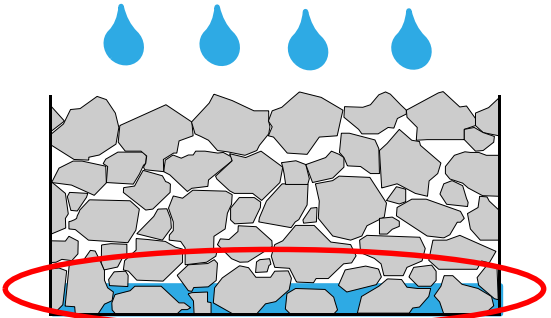
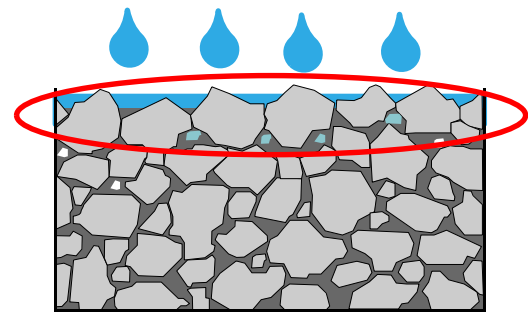
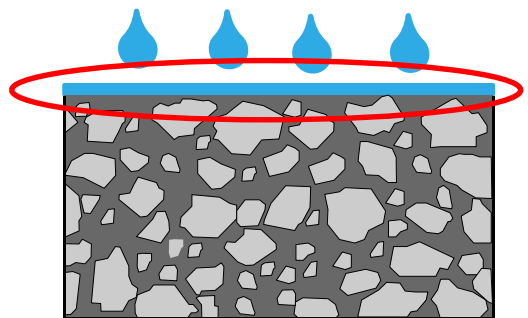
表面のきめが深い
内部に連続空隙がある
耐久性劣る



北海道型SMA、機能性SMA

表面のきめが深い
内部が密実
耐久性が高い

他の舗装との違い？

粗面系舗装		一般的な舗装
<p>排水性舗装 (ポーラスアスファルト混合物)</p> 	<p>北海道型SMA (機能性SMA)</p> 	<p>密粒系舗装 (密粒度アスコン13F)</p> 
 <p>表面 ⇒ きめが粗い 内部 ⇒ 隙間が多い構造 (空隙率約17%)</p>	 <p>表面 ⇒ きめが粗い 内部 ⇒ 密実な構造を持つ (空隙率約5~7%)</p>	 <p>表面 ⇒ きめが細かい 内部 ⇒ 密実な構造を持つ (空隙率約3~5%)</p>

北海道型SMA 開発の経緯

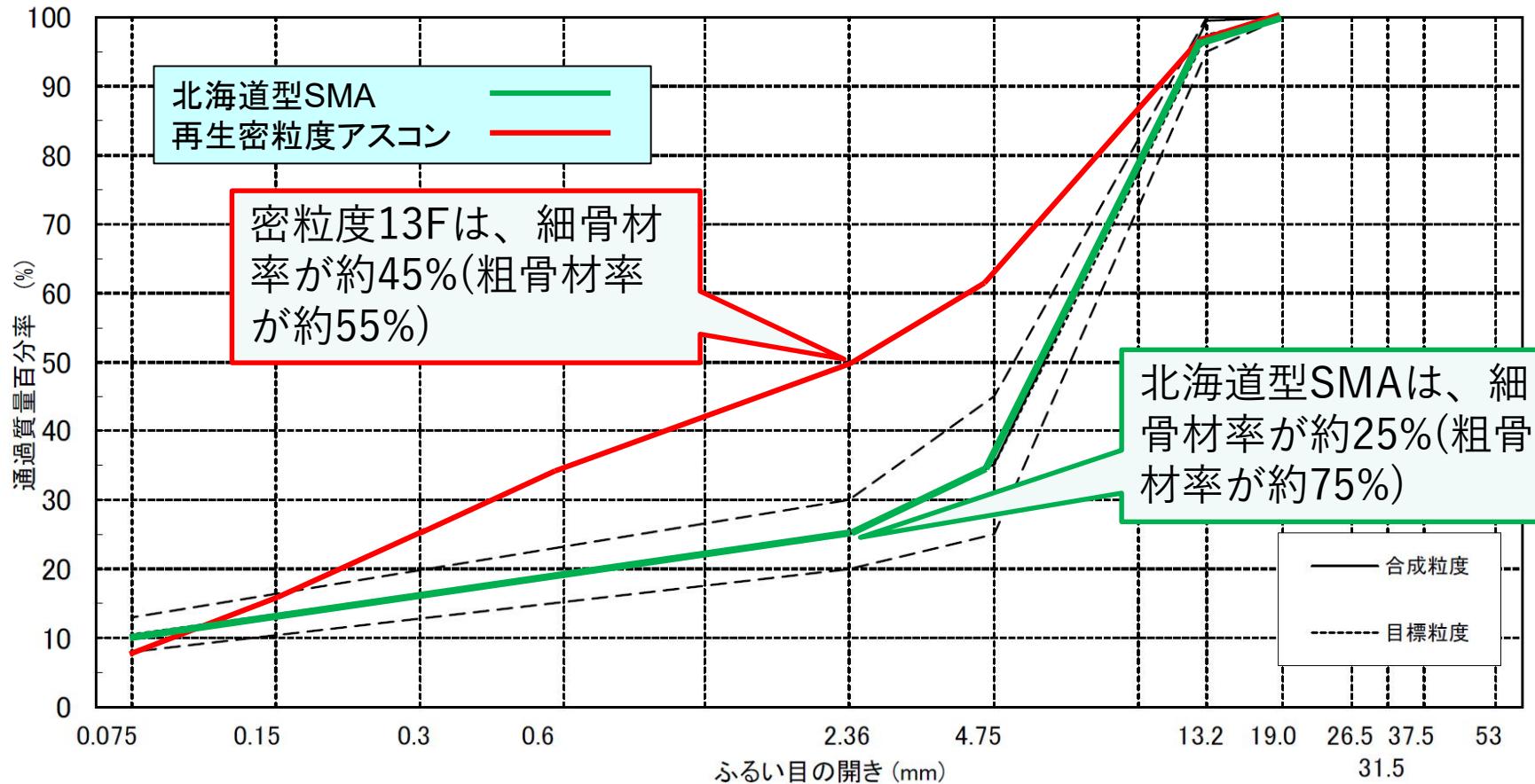
- ・排水性舗装は、当初、騒音対策や雨天時の走行安全性を高めることを目的として導入された。
- ・凍結路面对策として効果を発揮する面もあり、車両走行の安全性を維持する効果が認められた。
- ・ただし、排水性舗装は骨材飛散しやすい点が課題であった。
 - ⇒ 排水性舗装の良い面を持ちつつ、骨材飛散しにくい舗装として北海道型SMAを開発。



北海道型SMAの配合と材料

【配合設計】

室内配合表	アスファルト		石 粉		粗骨材					細骨材		-		合 計
	改質Ⅱ型	植物繊維	石灰石粉	-	6号碎石	7号碎石	-	-	-	スクリーニングス	細目砂	-	-	
骨 材 配 合	-	-	11.5	-	69.5	6.3	-	-	-	6.5	6.2	-	-	100.0
全 配 合	6.1	0.3	10.8	-	65.3	5.9	-	-	-	6.1	5.8	-	-	100.30



○北海道型SMAは、密粒度系の混合物と比較して、粗骨材が多く砂などの細骨材が少ない。

特徴②
植物性繊維を添加
 添加量は重量比で全体重量に対して
0.3% (外割) を標準

【アスファルト】

ニチレキ(株) ポリマー改質アスファルトⅡ型	針入度	軟化点	伸度	蒸発 針比	薄膜 変化	薄膜 針入	可溶分	引火点	密度	粘 混合	伸度	針入	針入	脆化点		
	1/10mm	℃	cm	%	%		%	℃	g/cm ³	℃	N/m	N/m	1/10mm	1/10mm	℃	
規格値	40以上	56.0以上	30以上	-	0.6以下	65以上	-	260以上	報告	175	166	8以上	4以上	-	-	-
性状値	60	63.5	84	-	0.01	80	-	321	1.025	163	16.8	11.7	-	-	-	-

特徴①
ポリマー改質アスファルトを使用
 ・高規格幹線道路および地域高規格道路(第一種)
 ⇒改質Ⅱ型を標準
 ・大型車交通量が著しく多い箇所および交差点
 ⇒改質H型を適用

【植物性繊維】

(株)ジャペット スーパーファイバー	真比重	最長繊維 長(μm)	平均繊維 長(μm)	平均繊維 径(μm)	耐酸・アルカリ性
規格値	1.45~1.55	-	-	-	安定
性状値	1.50	約3500	約1200	約45	PH1~11

【石粉】

項目	産地	納入者	旧アス 含有 %	旧アス 針入 1/10mm	最大 密度	洗い 損失 %
細骨材規格値			-	2.55以上	-	10以下
スクリーングス	七飯町	松田砕石	2.771	2.694	1.78	2.2
細目砂	せたな町	八大総業	2.666	2.59	1.78	1.9

口入 減量 %	粒 度									
	19.0 mm	13.2	9.5	4.75	2.36	600 μm	300	150	75	
20以下	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16.8	100.0	99.3	-	7.7	0.6					
18.8	-	100.0	-	88.8	10.6	0.7				

特徴③
再生骨材は使用しない

【再生骨材】

項 目	産 地	納入者	旧アス 含有 %	旧アス 針入 1/10mm	最大 密度	洗い 損失 %	粒 度									
							19.0 mm	13.2	9.5	4.75	2.36	0.6 μm	0.3	0.15	0.075	
規 格 値	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
性 状 値	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

食物性繊維

- 植物性繊維を混入することで、アスファルトが骨材に厚く皮膜し安定する(ダレにくい)。原料は木材チップ。



綿状タイプの植物性繊維

- 投入・攪拌が容易
- 少量、スポット的な使用にも適する

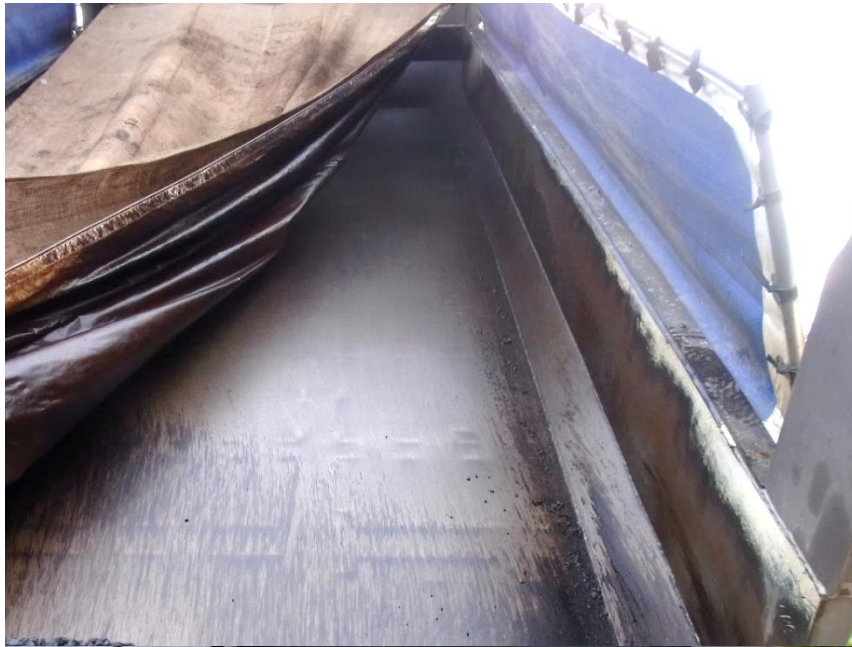


粒状タイプの植物性繊維

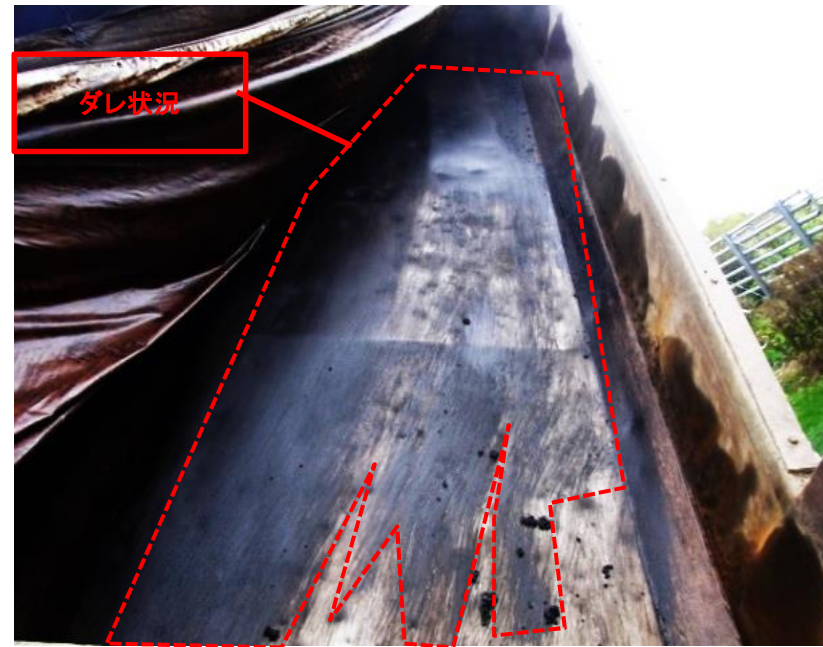
- 混合時の分散性が良く品質が安定する。
- 混合物出荷量が非常に多い場合に有利

植物性繊維を入れる理由

植物性繊維有



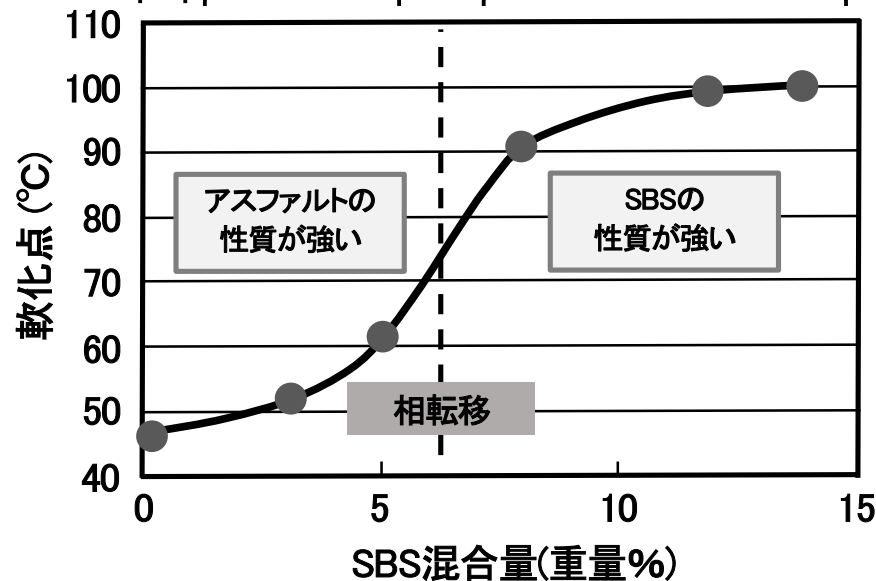
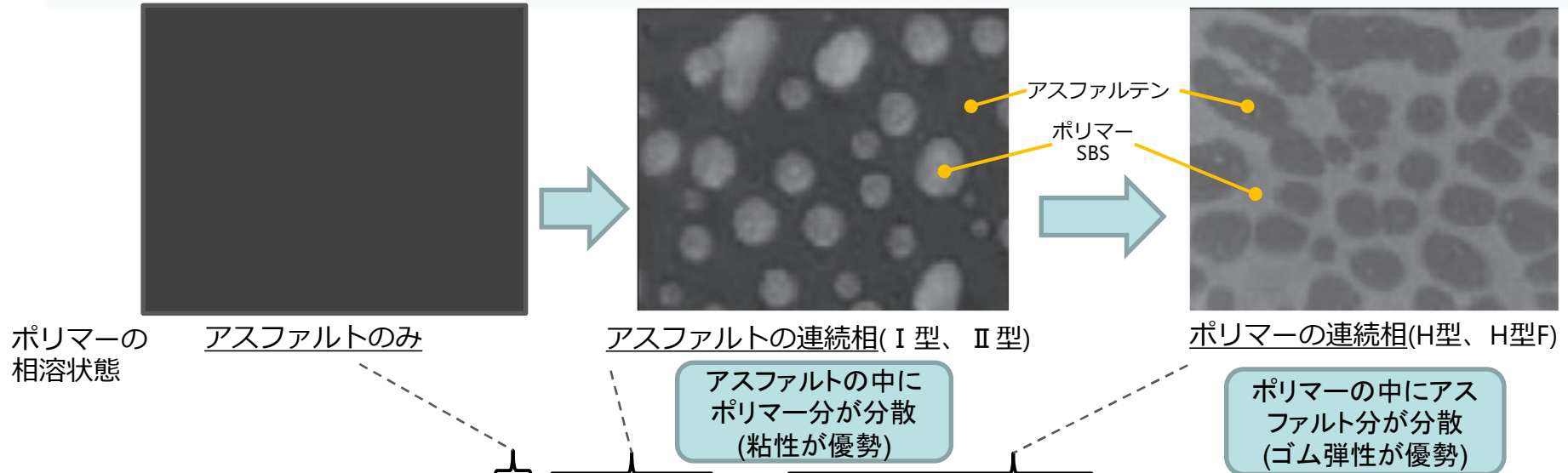
植物性繊維無



植物繊維がないと、運搬時にアスファルトのダレが発生
※ダンプトラックの荷台にダレたアスファルトが残存

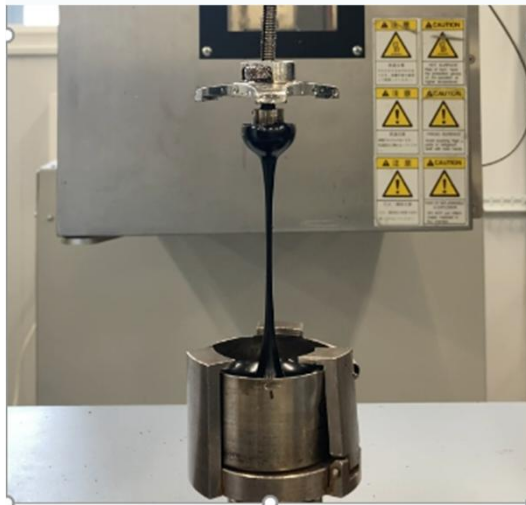
ポリマー改質アスファルトとは？

石油アスファルトにポリマー(熱可塑性樹脂,SBS等)を加え、各種の性能を向上させたアスファルト。SBS添加量が増加すると、アスファルトの性質が変わる。



ポリマー改質アスファルトの違い①

試験動画① タフネス・テナシティ試験(+25°C)：粗骨材の把握力を評価



ストレートアスファルト

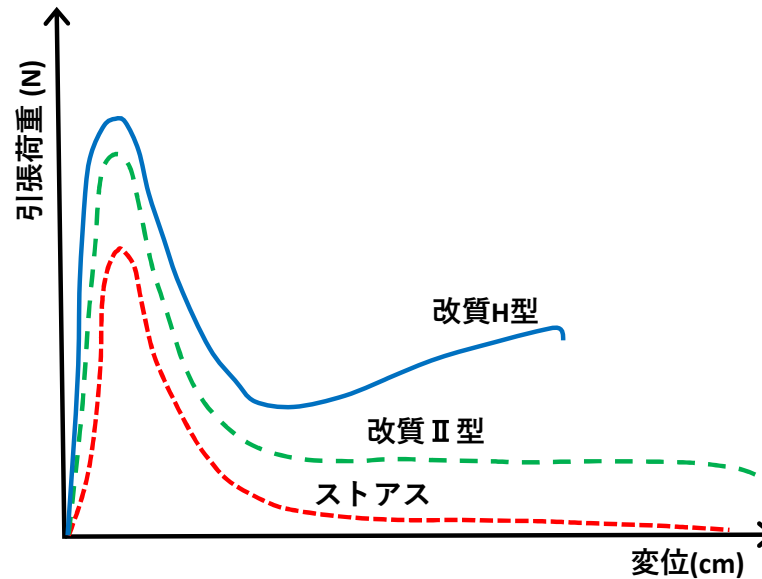


改質Ⅱ型



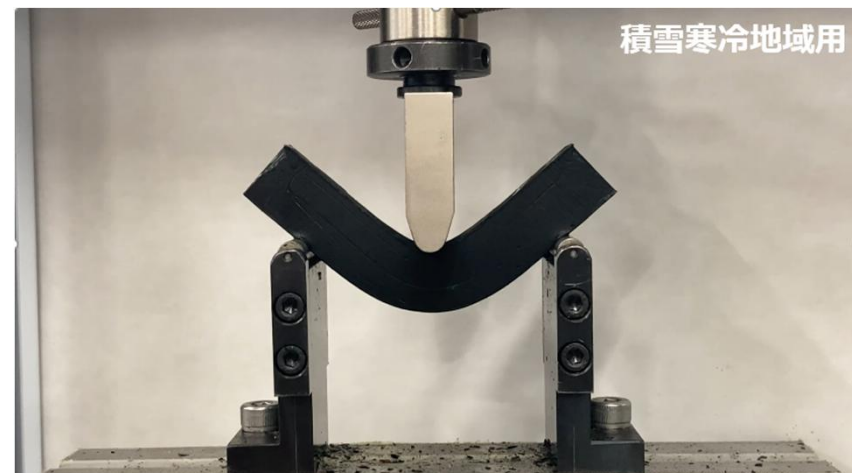
改質H型

骨材把握力, 粘結力が強い



ポリマー改質アスファルトの違い②

試験動画② 曲げ試験 (試験温度：-20℃) (低温時のしなやかさ)



配合設計時の規格値と留意点

試験項目	試験方法	規格値
ホイールトラッキング試験	舗装調査・試験法便覧（第3分冊） 試験温度60℃	3000回/mm以上 （供試体3枚の平均）
低温カンタブロ試験	装性能評価法 別冊 試験温度・供試体温度-20℃	16%以下（コア3個の平均）
きめ深さ	舗装調査・試験法便覧（第3分冊） CTメータ MRP（マルチロードプロファイラ） サンドパッチング方法	0.9mm以上（供試体3枚の平均）

・北海道型SMAのアスファルト量ときめ深さおよび骨材飛散抵抗性には関係性がある。アスファルト量を減らすと、きめ深さは大きくなるが、耐久性を低下させることになりかねないため、安易にアスファルト量のみを減らしてきめ深さの規格を満足することのないようにする。

北海道型SMAの特徴、性能

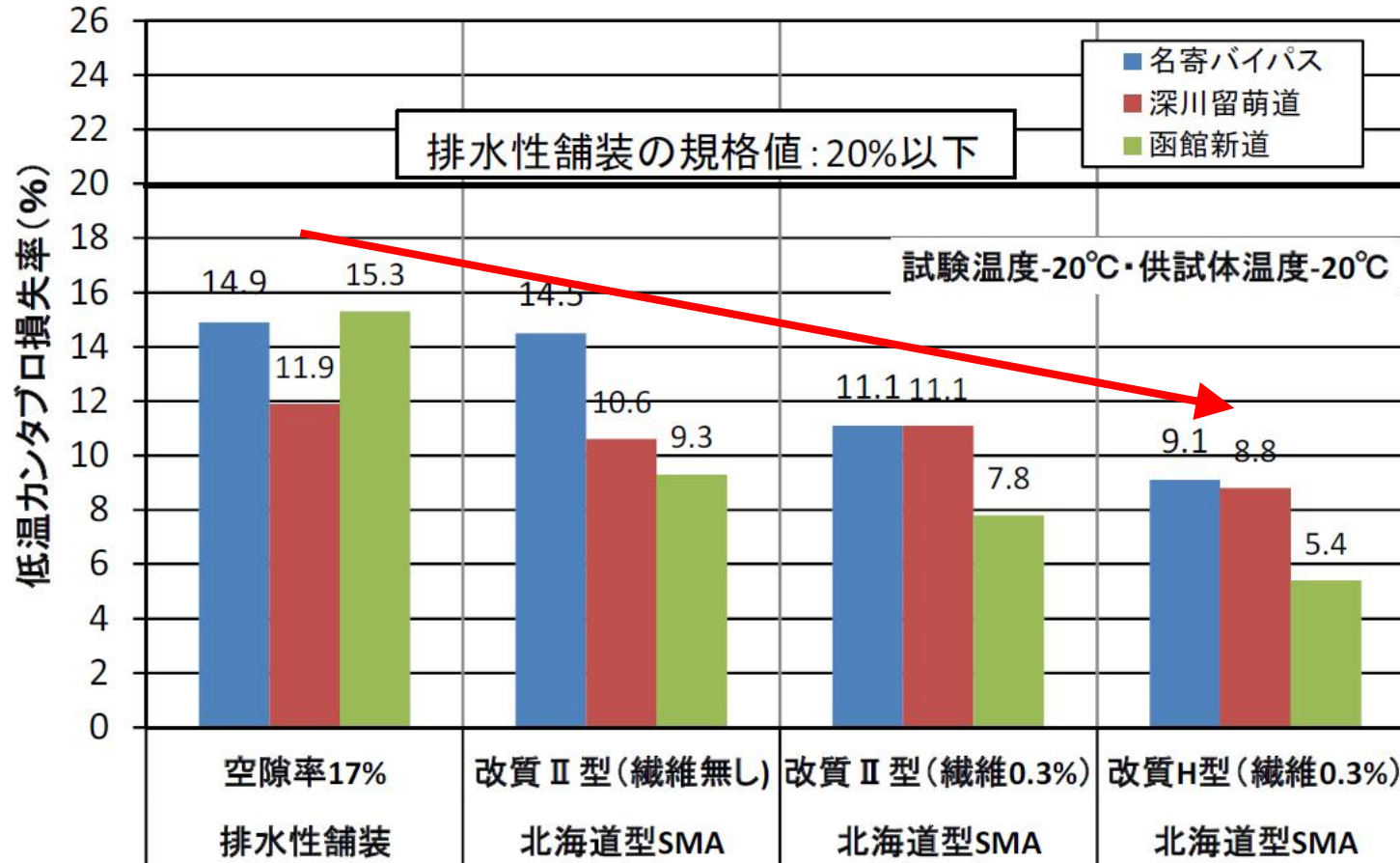
1. 耐久性

- ① 骨材飛散抵抗性の向上
- ② 耐摩耗性の向上
- ③ 耐流動性の向上

2. 機能

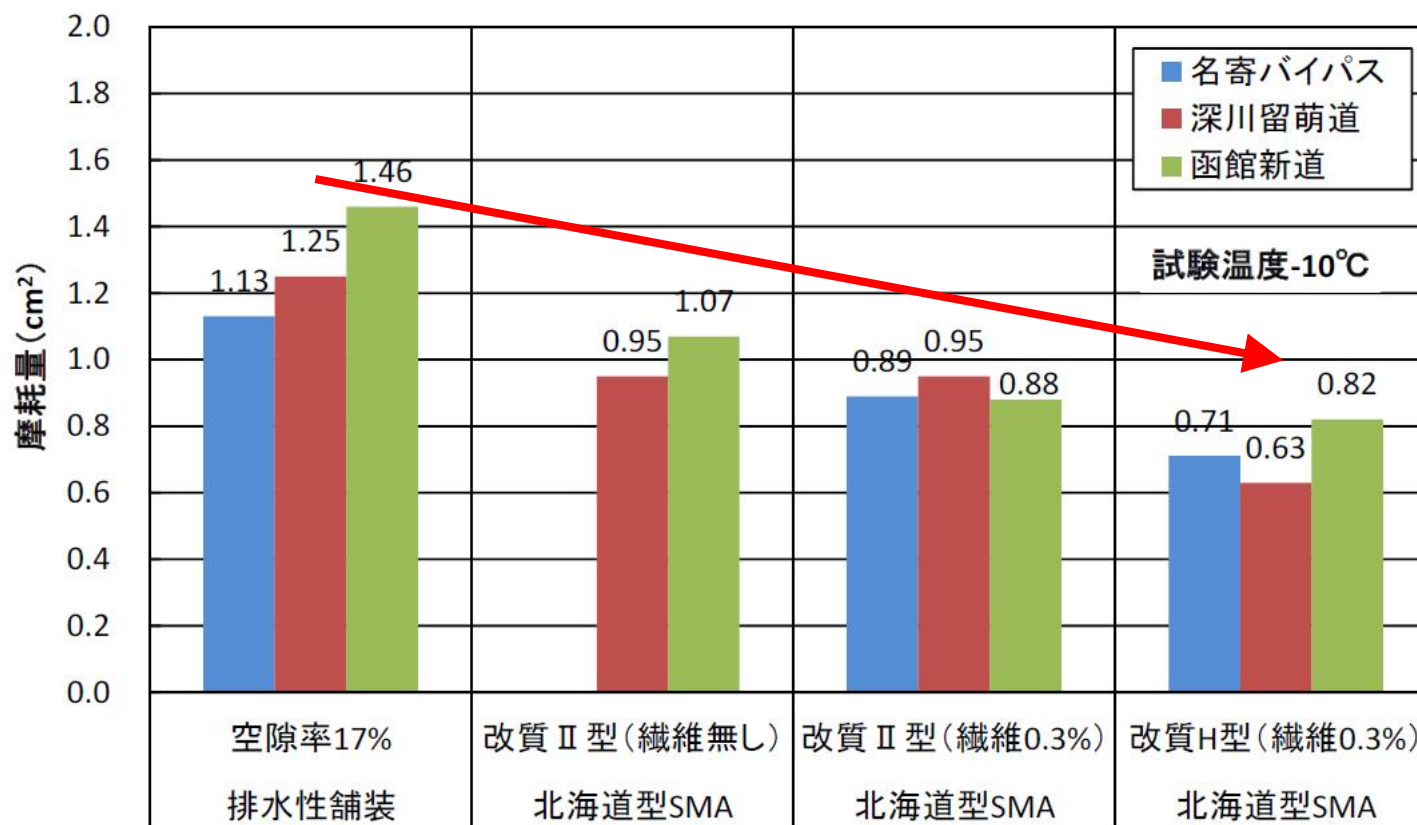
- ① 沿道環境の保全
 - ・道路交通騒音の低減
 - ・沿道への水はねの低減
- ② 走行安全性への寄与
 - ・雨天時の水膜形成を抑制
 - ・雨天時や夜間の視認性の向上
 - ・冬期路面時のすべり抵抗性の向上

骨材飛散抵抗性



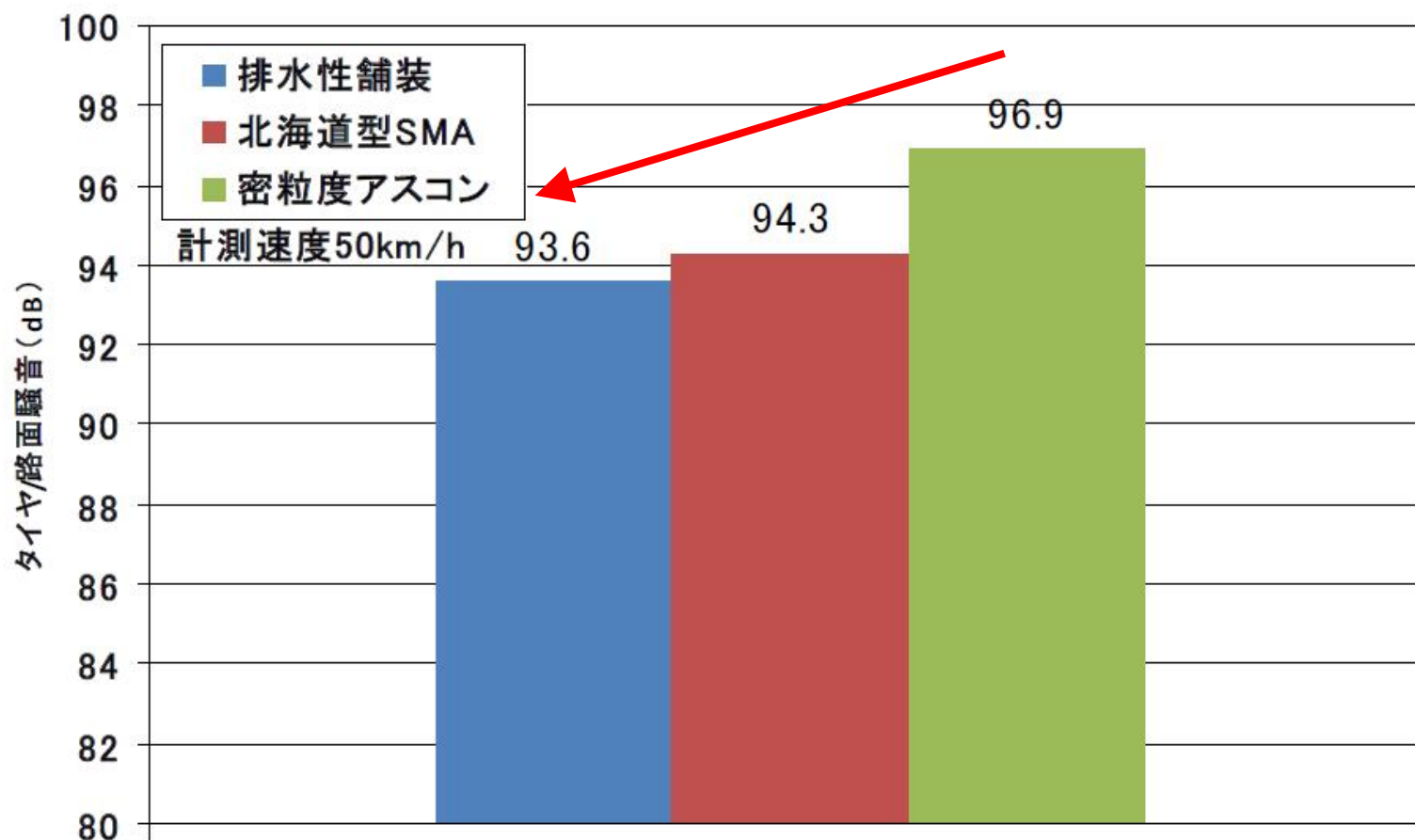
北海道型SMAは、排水性舗装よりも低温カンタブロ損失率が低く、骨材飛散抵抗性が高い舗装となります。植物性繊維を入れることでさらに骨材飛散抵抗性が向上します。

摩耗抵抗性



北海道型SMAは、排水性舗装よりも摩耗量が小さく、摩耗抵抗性が高い舗装となります。

沿道環境の改善(騒音低減効果)



北海道型SMAは、密粒度舗装と比較して、排水性舗装劣るものの路面騒音を低減する効果が確認されています。

雨天時(昼間)の水膜形成, 水けむり

撮影: 函館新道 平成25年7月25日9-10時
1時間当たり降雨量: 5mm



走行車の水けむりの比較
(密粒度アスコンと北海道型SMA)



走行車の水けむりの比較
(密粒度アスコンと排水性舗装)

- ・北海道型SMAは排水性舗装と同様に水けむりが発生していない。
 - ・密粒度アスコンは水けむりが発生。
 - ・水膜が形成されにくく、ハイドロプレーニング現象の発生を抑制
→高速走行時でも高い走行安全性を確保
- ※北海道型SMAは表面のきめ深さにより水けむりの発生を抑制するが、降雨量が多い場合は排水性舗装に比べて水けむりが発生しやすくなる。

雨天時(昼間)の視認性



雨天時昼間の路面視認性

- ・排水性と北海道型SMAは路面への空の反射光が少なく、視認性が良い
- ・密粒度アスコンは路面への空の発射が、視認性が悪い。

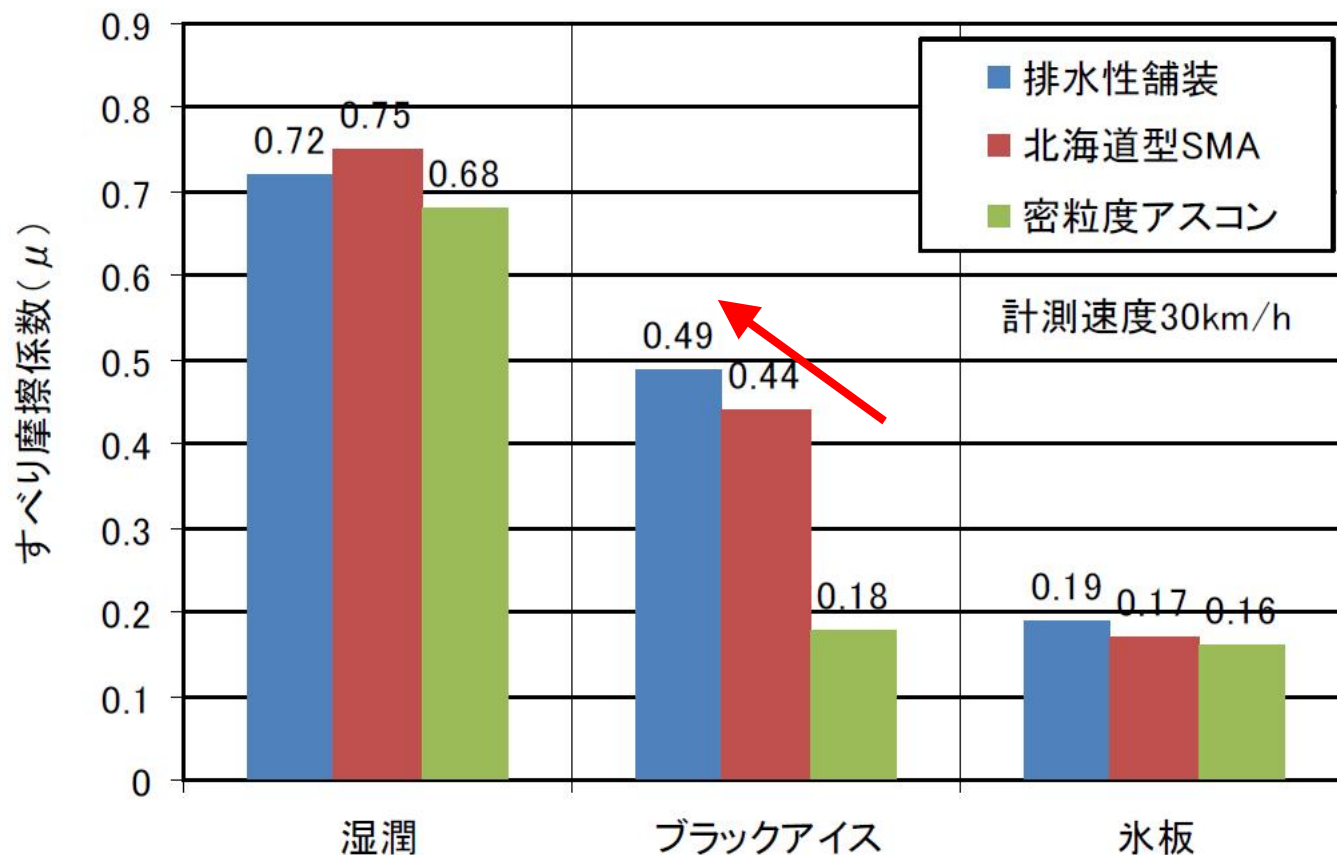
雨天時(夜間)の視認性

※観測時の時間雨量:1mm/h

	排水性舗装	北海道型SMA	密粒度アスコン
対向車ライト点灯時			
対向車ライト消灯時			

- ・排水性と北海道型SMAは対向車ヘッドライトの路面反射光が少なく、視認性が良い
- ・密粒度アスコンは対向車ヘッドライトの路面反射が強く、視認性が悪い。
- ・排水性と北海道型SMAは自車のライトにより路面が明るく、視認性が良い

北海道型SMAの冬期路面時の効果



ブラックアイスのように氷膜厚が薄い場合、北海道型SMAは表面の粗いテクスチャによって路面粗度が確保されるため、密粒度アスコンと比較し、高いすべり摩擦係数が測定され、冬期路面対策としての効果が期待できます。

北海道型SMAの冬期路面時の効果（凍結時）



水分が溝に落ち、一様な氷膜が形成されにくく骨材頂部が露出しやすい



北海道型SMA 凍結防止剤(塩化物)散布時の効果発現性

検証方法:

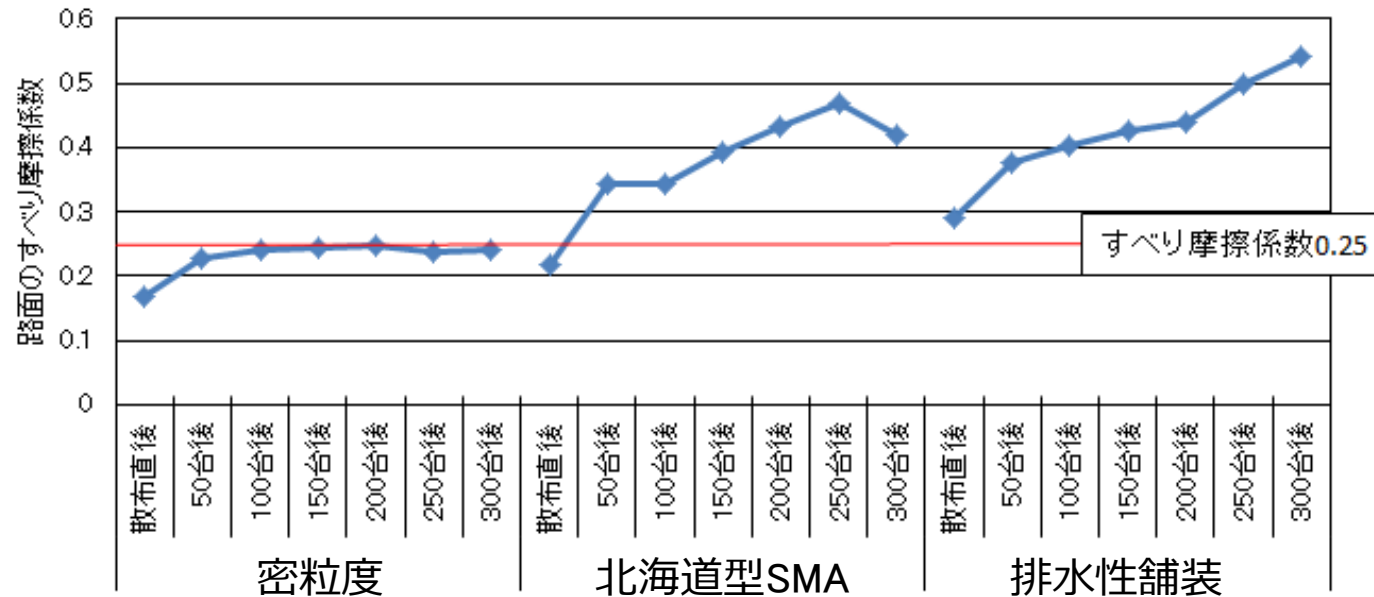
散水して凍結路面を作製した後に、凍結防止剤を散布して、路面のすべり抵抗値を測定。さらに一般車両を走行させて、すべり抵抗値の変化を検証。

結果:

密粒度舗装では凍結防止剤を散布してもすべり抵抗値の回復は見られない。

一方、粗面系舗装は、凍結防止剤散布後にすべり抵抗値が回復し、車両走行後も、高いすべり抵抗値を維持することを確認。

(一般国道において、都市部で日交通量20000台以上の区間の冬期管理目標は0.25以上。)



粗面系舗装と凍結防止剤の複合効果

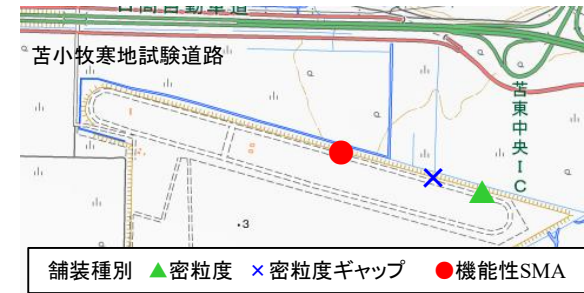
北海道型SMA 凍結防止剤(塩化物)散布時の効果発現性

(検証方法)

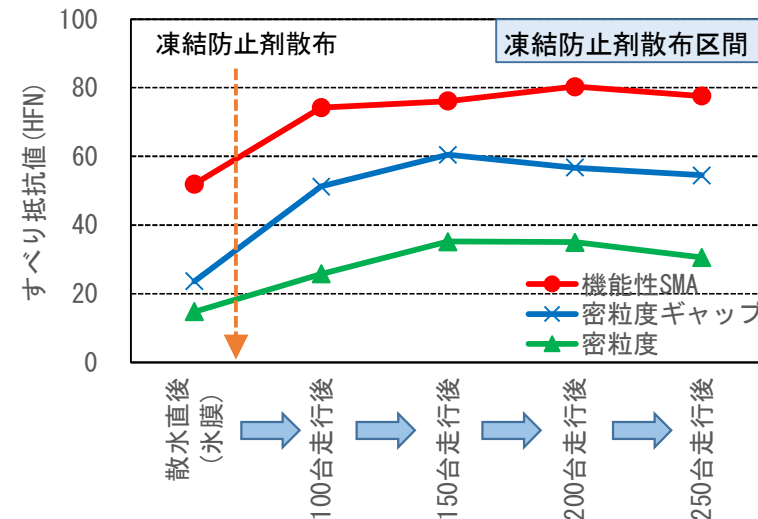
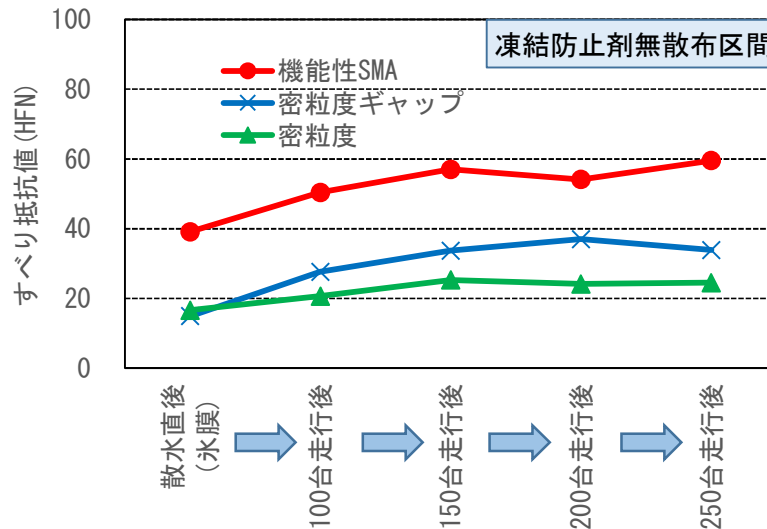
- 密粒度舗装、密粒度ギャップ舗装、機能性SMA舗装の冬期路面時の路面すべり抵抗を試験道路にて測定し、比較検証。

(結果)

- 機能性SMAの路面すべり抵抗値が密粒度ギャップ舗装や密粒度舗装よりも優位である状況を確認。
- 凍結防止剤を散布しない場合でも機能性SMA舗装の冬期路面時のすべり抵抗値は優位に推移。凍結防止剤を散布する場合は、すべり抵抗の改善が得られやすい。

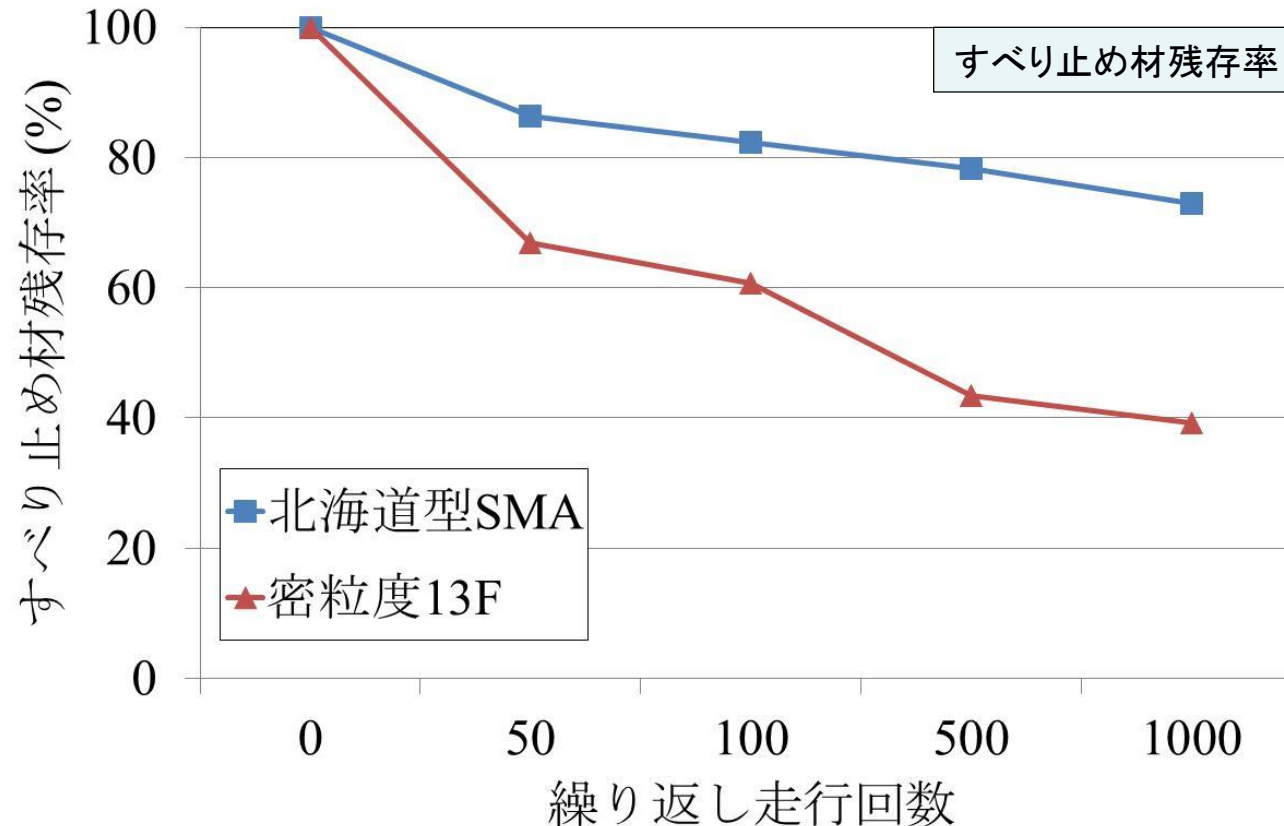


試験手順:
 苫小牧寒地試験道路の各舗装区間において、下記1~2の各段階でのすべり抵抗をCFT-Cにて測定
 1.散水して氷膜を形成
 → すべり抵抗測定
 ↓
 2.散布区間では凍結防止剤を散布し、無散布区間では処置をせず(氷膜のまま)、その後、車両を規定回数(100台,150台,200台,250台)走行させる
 → 規定回数到達時にすべり抵抗測定



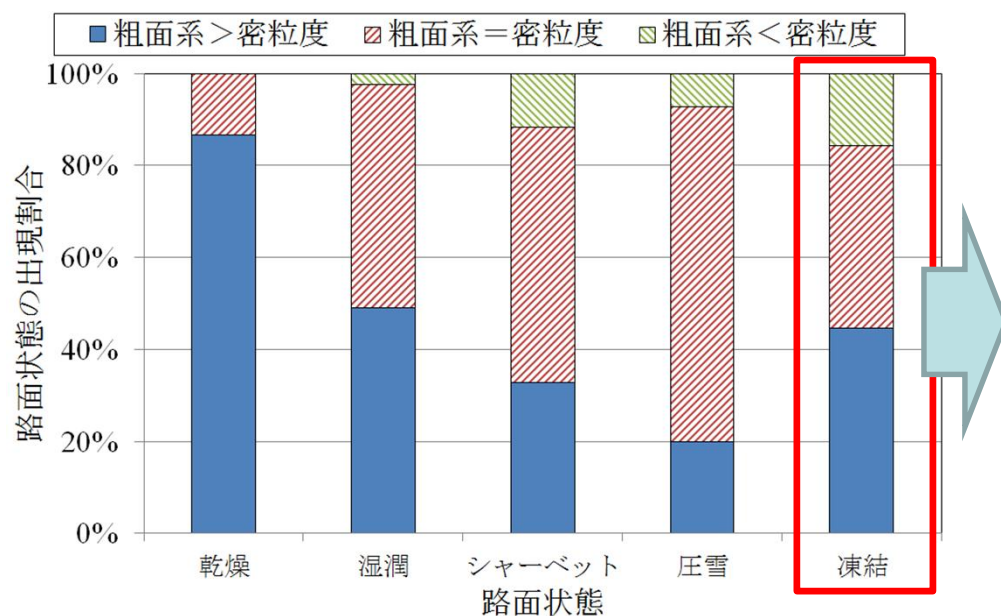
北海道型SMA すべり止め材(砂、7号碎石)散布時の効果発現性

- 北海道型SMAにおけるすべり止め材(砂、7号碎石)の残留状況
北海道型SMAの方が密粒度13Fに比べて残存率が高い。
北海道型SMAは表面に凹凸が残った状態となるため、すべり止め材が残存しやすかったと考えられる。



実道調査による粗面系舗装の冬期路面対策効果の検討

- 一般国道230号、札幌～定山溪間、粗面系舗装と密粒度舗装が混在する区間
- 一冬の間、路面すべり抵抗値をCFTで計測



HFNの出現傾向と路面状態

- 粗面系 > 密粒度になった日および粗面系 = 密粒度になった日が大半を占め、粗面系 < 密粒度の日はわずかであった。
- 凍結路面時は、粗面系 > 密粒度の割合が約40%と高く、粗面系 = 密粒度を含めた割合は80%を超えており、粗面系舗装の効果が認められる。

北海道型SMAの冬期路面管理方法

北海道型SMAや排水性舗装は、特にブラックアイス（氷膜路面）時において、密粒度系の舗装に比べ、冬期路面対策に有効。北海道型SMAは凍結防止剤（塩化物）、すべり止め材（砂）の両方に効果を発揮。

粗面系舗装と凍結防止剤等冬期路面対策の複合的効果

舗装の種類	凍結路面	凍結防止剤 (塩化物)	すべり止め材 (砂)
密粒度系	通常効果	通常効果	通常効果
北海道型SMA	ブラックアイス（氷膜） 路面で効果有り	密粒度系より 散布効果有り	密粒度系より 散布効果有り
排水性舗装	ブラックアイス（氷膜） 路面で効果有り	密粒度系より 散布効果有り	散布不可 (排水機能が低下して いる場合、散布可能)

北海道型SMAの特徴と性能に基づく用途

期待される効果

- ・凍結路面や湿潤路面時の走行安全性確保
- ・排水性舗装よりも高い耐久性
- ・騒音低減等の沿道環境改善

用途

- ・高速走行時の安全性が求められる区間
⇒ 高規格幹線道路など
- ・車両の減速・停止が要求される場所
⇒ カーブ, 急勾配部, 交差点付近など
- ・路面状況の変化が著しい箇所
⇒ トンネル・スノーシェッド等の出入り口付近, 橋梁部, 山間部の日陰など
- ・騒音低減など沿道環境の改善が求められる区間

混合物単価

- ・北海道型SMAは、一般的なアスファルト混合物より数千円(tあたり)高くなる。

北海道型SMAの初期コスト, ライフサイクルコスト

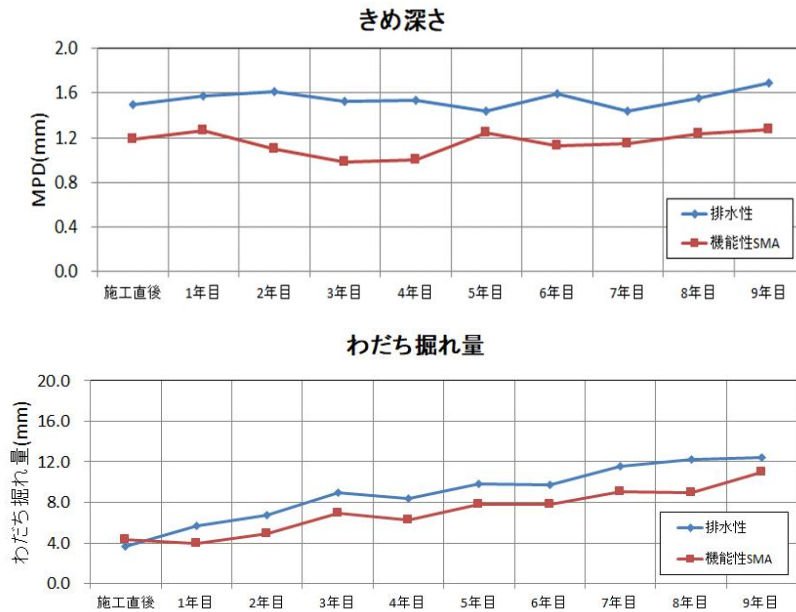
北海道型SMAの初期コスト

混合物	品質規格等	単位	価格比
密粒度アスコン(13F)	ストアス80-100	t	1.00
排水性	ポリマー改質H-F型 13mmトップ／空隙17%	t	1.27
北海道型SMA	ポリマー改質Ⅱ型 植物性繊維入り	t	1.51
	ポリマー改質H型 植物性繊維入り	t	1.63

※平成29年4月1日札幌開建S-4ゾーン (滝川地区)

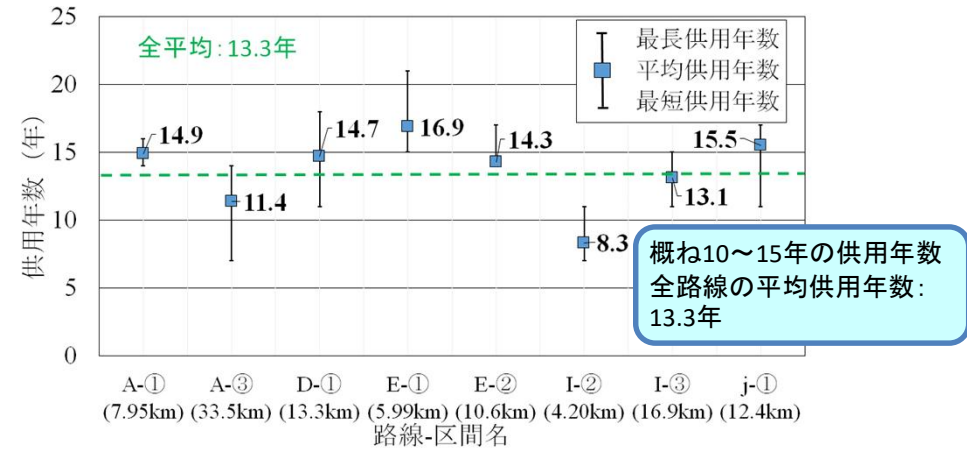
コストが高いものの、耐久性が高いためLCC優位性が見込まれる

北海道型SMAの長期耐久性

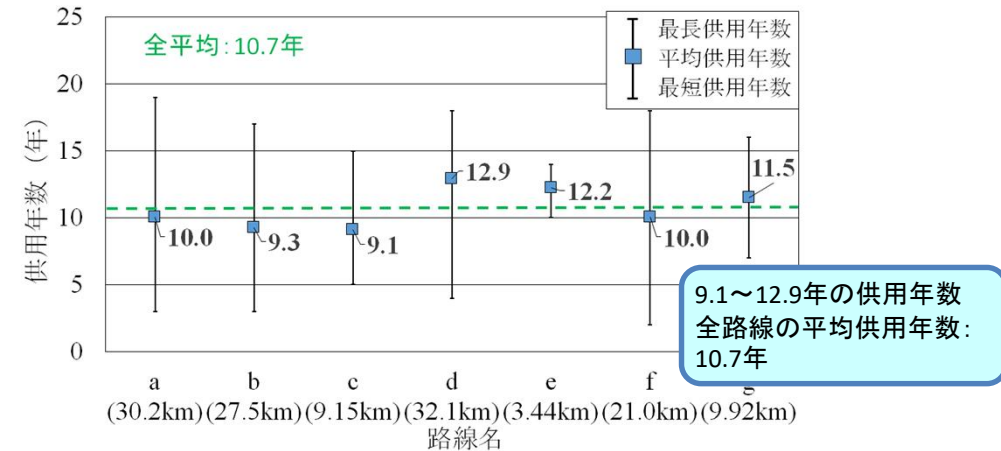


高規格道路（道北地方）における機能性SMAの路面性状

供用開始後約9年経過で、きめ深さは施工直後程度の値を維持し、わだち掘れ量も1cm程度と良好な路面性状を保持。
機能性SMAは積雪寒冷地の高規格道路に適した表層用アスファルト混合物と判断。



高規格道路における排水性舗装の供用年数



一般国道における排水性舗装の供用年数

・路面性状調査を実施して供用後の状況を把握。十分な供用性状と耐久性を示していることが確認されたため、**H29年より北海道開発局道路設計要領に反映され、本運用開始。**

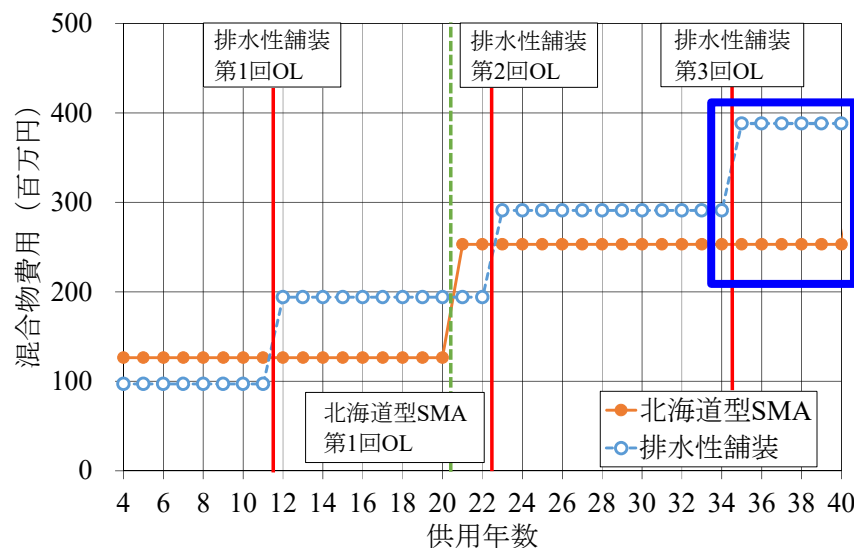
北海道型SMAのライフサイクルコスト分析

LCC分析に用いた混合物単価

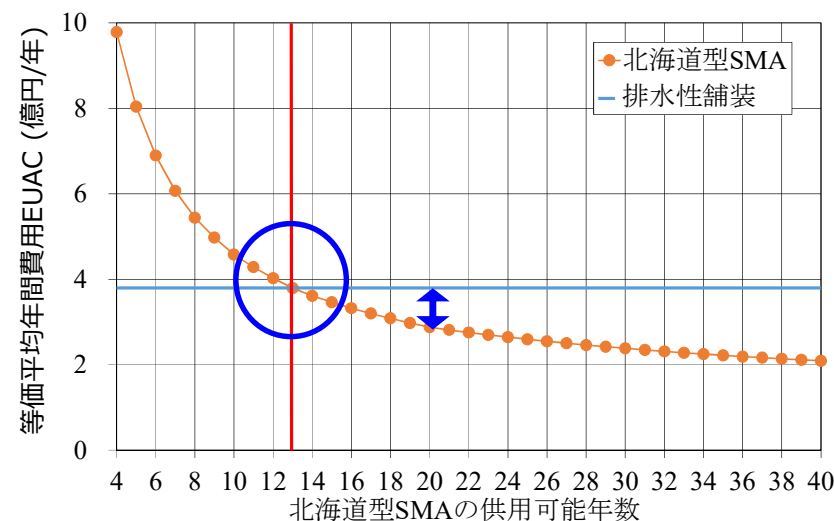
混合物	品質規格等	単位	価格
密粒度アスコン(13F)	ストレートアスファルト	1,000kg	¥14,450
排水性舗装(ポーラスアスコン)	ポリマー改質H-F型 13mmトップ/空隙17%	1,000kg	¥18,350
北海道型SMA	ポリマー改質Ⅱ型 植物性繊維入り	1,000kg	¥21,800

LCC分析路線の環境条件

区間延長	4,960m(往復9,920m)
供用年数	平均11.5年 (最短7年, 最長16年)
道路区分・交通区分	第4種第1級・N6
道路構造	片側2車線(両方向4車線) 1車線あたり幅員3.25m



LCC分析期間の混合物費用の累積値



EUACの算出結果に基づくLCC分析の結果

初期費用は機能性SMAが高いが、オーバーレイ回数が少なくでき、長期的には逆転する

北海道型SMAの供用可能年数が約13年の時に排水性舗装のLCCとほぼ同値となる。北海道型SMAが13年以上供用できれば、排水性舗装よりも有用

・北海道型SMAが13年以上供用できればLCCで有利になることを確認。

