

7-2 低炭素社会を実現する舗装技術の開発および評価技術に関する研究（3）

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 23～平 27

担当チーム：寒地道路保全チーム

研究担当者：木村孝司，丸山記美雄，
安倍隆二，上野千草，大山健太郎

【要旨】

本研究では、積雪寒冷地の舗装工事におけるCO₂削減が期待できる技術として、積雪寒冷地の低炭素型舗装技術の開発および舗装リサイクル技術の開発を行うことを目的としている。

平成26年度は、積雪寒冷地の低炭素型舗装技術の開発を目的に、中温化舗装技術を用いた試験施工より得られたデータから、中温化舗装技術の適用に関する指針（案）を作成した。さらに、過年度に実施した混合温度を低減する技術やリサイクル舗装技術のCO₂排出量の削減効果把握した。積雪寒冷地の舗装リサイクル技術の開発を目的に、他産業再生資材の適用方法の検討や、圧裂係数による品質管理や配合設計について検討を行なった。また、積雪寒冷地における舗装リサイクル技術等の耐久性検証については、中温化舗装技術や他産業再生資材の耐久性を把握した。

キーワード：低炭素型社会，中温化舗装，リサイクル，CO₂削減，他産業再生資材

1. 積雪寒冷地の低炭素型舗装技術の開発

温室効果ガスであるCO₂の排出量を抑制する舗装技術については、低炭素型舗装技術である中温化舗装技術（以下、中温化混合物）の試験施工箇所の試験結果を基に、「中温化舗装技術の適用に関する指針（案）」を作成した。また、中温化混合物の試験施工箇所の供用性状を把握した。

過年度に試験施工を実施した混合温度を低減する技術やリサイクル舗装技術のCO₂排出量の削減効果についても把握した。

1.1 積雪寒冷地の低炭素型舗装技術のCO₂排出量の削減効果

1.1.1 はじめに

温室効果ガスであるCO₂の発生量を抑制する舗装技術として、①加熱アスファルト混合物のアスファルトプラントにおける材料加熱温度を低減させ化石燃料使用量を抑える技術、②他産業廃棄物を舗装材料として利用することにより環境負荷を低減する技術（以下、リサイクル舗装技術）、③舗装発生材を再利用することにより環境負荷を低減する技術（以下、再生舗装技術）が知られている。

本章では、積雪寒冷地特有の気象条件および積雪寒冷地の仕様を満足した使用材料を用いた場合における①～③の各種低炭素舗装技術のCO₂排出量削減効果について報告する。

なお、②、③のリサイクル舗装技術、再生舗装技術に関する詳細については、第2章にて述べる。

1.1.2 CO₂排出量の削減効果

「舗装の環境負荷低減に関する算定ガイドブック」¹⁾（以下、ガイドブック）による手法を用い、低炭素型舗装技術のCO₂排出量の削減効果を算出した。

各材料の配合については、各技術の試験施工時における配合値を用いた。

その他の条件についてはガイドブックを参考に表-1-1に示す条件を用いた。なお、加熱アスファルト混合物については切削オーバーレイによる補修工事を、下層路盤は新設工事を想定し試算を行った。CO₂排出量の削減効果の算出条件を表-1-1に示す。

表-1-1 CO₂排出量の削減効果算出条件

施工面積	10,000m ²
アスファルト混合物運搬距離	20km
アスファルト混合物運搬速度	20km/h
骨材運搬距離	20km
骨材運搬速度	20km/h
重機運搬距離	40km
重機運搬速度	40km/h
アスファルト舗装厚	5cm
アスファルト混合物の密度	2.35g/cm ³
アスファルト混合物のロス率	7%
下層路盤厚	35cm
下層路盤の密度	1.57g/cm ³
下層路盤のロス率	27%

表-1-2 各種低炭素舗装技術のCO₂排出量の削減効果

	利用材料	利用方法	混合温度 低減(°C)	混合率 (%)	配合等	比較対象	CO ₂ 発生量 削減率(%)
混合温度を 低減する技術	中温化剤	加熱アスファルト混合物	30	—	密粒度アスコン13F(中温化混合物)	密粒度アスコン13F(通常)	4%
	セミホット型特殊バインダ	加熱アスファルト混合物	80	—	密粒度アスコン13F(セミホット混合物)	密粒度アスコン13F(通常)	13%
リサイクル舗装技術	焼却灰	凍上抑制層材	—	100	焼却灰を主材料とした再生骨材	切込砂利	—
	ガラスカレット	凍上抑制層材	—	100	ガラスカレット	切込砂利	14%
	溶融スラグ	下層路盤材	—	10	切込碎石と混合	切込碎石	6%
			—	30			19%
		加熱アスファルト混合物	—	10	密粒度アスコン13F	密粒度アスコン13F(通常)	11%
	ホタテ貝殻	加熱アスファルト混合物	—	7.7	密粒度アスコン13F	密粒度アスコン13F(通常)	2%
	鉄鋼スラグ	加熱アスファルト混合物	—	54.4	細密粒度G7アスコン13F55(改Ⅱ)	細密粒度G7アスコン13F55(改Ⅱ)(通常)	25%
	舗装発生材	再生加熱アスファルト混合物	—	20	再生密粒度アスコン13F	密粒度アスコン13F(通常)	3%
			—	30			5%
			—	50			9%
			—	20	再生密粒度アスコン13F(改Ⅱ)	密粒度アスコン13F(改Ⅱ)(通常)	9%
—			30	13%			
—			50	21%			
—			30	再生細密粒度G7アスコン13F55(改Ⅱ)			細密粒度G7アスコン13F55(改Ⅱ)(通常)
路上表層再生工法	—	56	ポラスアスファルト混合物(H)	ポラスアスファルト混合物(H)	32%		

研究対象とした各種低炭素舗装技術のCO₂排出量の削減効果を表-1-2に示す。

混合温度を低減する中温化混合物およびセミホット混合物の技術では、比較対象の加熱アスファルト混合物と比べて4~13%の削減効果が見られた。

リサイクル舗装技術では、材料に応じて削減率が異なる結果となった。これは、リサイクル材の製造方法が異なるため、製造時のCO₂排出量が異なることに起因する。

また、再生舗装技術では、混合率が高くなるほど、CO₂排出量を削減できる結果となった。

路上再生工法（HITONE工法）を用いたポラスアスファルト混合物は、通常のポラスアスファルト混合物を舗設する場合と比較して32%の削減率となっている。

1.2 中温化舗装技術

1.2.1 中温化混合物の試験施工

積雪寒冷地の低炭素型舗装技術の開発を目的に、中温化混合物の試験施工を寒冷期(平均外気温5℃以下の気象条件)に実施した。試験施工は表-2-1に示す18箇所を実施し、適用条件を検証した。

中温化混合物の出荷温度は通常混合物と比較し混合温度を30℃程度低減することを目標に出荷した。

中温化混合物と通常混合物の転圧回数や運搬時の保温対策は同じ方法で行い、施工方法は同一条件とした。

試験施工の調査項目を表-2-2に示す。調査項目は、①プラント出荷温度の計測、②現場到着温度の計測、③敷均し温度の計測、④締固め度の計測、⑤重油使用量の計測、⑥供用性調査に着目し現地調査を実施した。

締固め度の調査については、中温化混合物工区および通常混合物工区の路肩部から均等間隔で各10個のコアを採取し(以下、定点箇所)、締固め度を比較した。また、温度低下の品質への影響を把握するため、サーモグラフィーによる敷均し温度測定を行い、周辺部と比較し温度が低下した箇所(以下、温度低下箇所)を見つけ、その箇所からコアを採取し、締固め度を比較した。

図-2-1にストレートアスファルトを使用した密粒度アスコン13Fおよび粗粒度アスコンの定点箇所の締固め度を示す。中温化混合物の締固め度は通常混合物と同程度の締固め度を示した。図-2-2にストレートアスファルトを使用した混合物の定点箇所と温度低下箇所の締固め度を示す。寒冷期は外気温の影響による運搬時や施工時のアスファルト混合物の温度低下が早いため、中温化混合物を使用した110℃以下の転圧温度箇所においては仕様書の下限規格値94%以下のコアも見られた。

図-2-3にポリマー改質アスファルトI型を用いた密粒度ギャップアスコン13Fの定点箇所の締固め度を示す。中温化混合物は通常混合物と比較し、平均値で0.6%低い締固め度を示した。図-2-4にポリマー改質アスファルトI型を用いた混合物の定点箇所と温度低下所の締固め度を示す。100℃以下の転圧温度箇所においては仕様書の下限規格値94%以下のコアも見られた。

図-2-5にポリマー改質H型を用いた排水性舗装の定点箇所の締固め度を示す。中温化混合物は通常混合物と比較し、平均値で1.4%低い締固め度を示した。図-2-6に定点箇所と温度低下箇所の締固め度を示す。90℃以下の転圧温度箇所においては、仕様書の下限規格値94%以下のコアも見られた。

以上の調査結果から、寒冷期に通常混合物と比較し30℃温度低減した中温化混合物の品質は、通常混

表-2-1 中温化混合物の試験施工箇所(寒冷期)

調査箇所	混合物名	アスファルトの種類	厚さ(cm)	施工時期	中温化剤の種類	
帯広	密粒度アスコン13F	ストレートアスファルト	3	1月	粘弾性調整系	
稚内				3月	滑剤系	
函館				2月	発泡系	
札幌				11月		
札幌				11月		
釧路				12月		
釧路	1月					
網走	密粒度ギャップアスコン13F	改質アスファルトI型	4	2月	滑剤系	
旭川				12月	発泡系	
室蘭	排水性舗装	改質アスファルトH型	4	12月	発泡系	
室蘭	細密粒度ギャップアスコン13F55	改質アスファルトII型	5	2月	滑剤系	
網走	粗粒度アスコン	ストレートアスファルト	5	12月	発泡系	
留萌				12月		
室蘭	アスファルト安定処理	ストレートアスファルト	6	2月	滑剤系	
稚内				3月	滑剤系	
帯広				1月	粘弾性調整系	
網走				6	11月	発泡系
室蘭				9	2月	滑剤系

表-2-2 中温化混合物の調査項目

調査項目	調査目的	調査時期	調査方法
① プラント出荷温度の計測	プラント出荷時の温度の変動幅の把握	プラント出荷時	・ダンプトラックの荷台上で温度計測を行う。表面から2cm、15cmの位置において、棒状温度計を用い、5点計測を行う。 ・出荷時の温度の変動幅や運搬時の温度低下の程度を把握する。
② 現場到着温度の計測	運搬時の温度低下の把握	現場到着時	・敷均し温度の変動幅を把握する。中温化混合物工区および通常混合物工区の各18箇所を測定する。 ・サーモグラフィーにより、温度の均一性を計測する。
③ 敷均し温度の計測	敷き均し温度の変動幅の把握	敷き均し時	・熱電対を舗装体に埋設し、アスファルト混合物の敷均しから交通開放時間までの温度を計測する。
④ 締固め度の計測	締固め度の把握	施工完了後	・サーモグラフィーにより確認された温度低下箇所からコアを採取し密度を測定する。 ・舗装の端部から各工区10本のコアを採取し、密度を測定する。
⑤ 重油使用量の計測	CO2削減量の把握	混合物の製造時	・流量計により、重油使用量を計測する。 ・骨材の温度、含水比、骨材加熱温度、およびバグフィルター排気温度等の計測を行う。
⑥ 供用性調査	供用性状の把握	施工完了後	・施工完了後、横断凹凸量および平坦性調査等の供用性状を把握する。

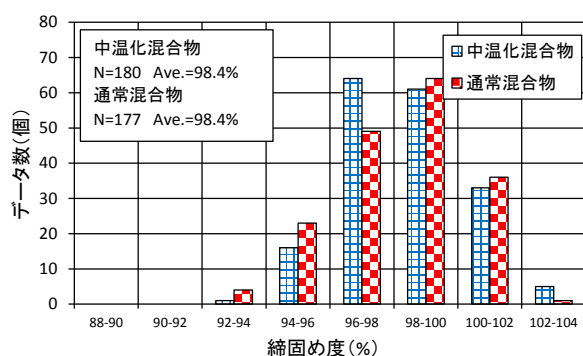


図-2-1 締固め度 (ストレートアスファルト・定点箇所)

合物と比較し、品質が低下するため、寒冷期にはCO₂排出量を削減する目的には適用しないこととした。

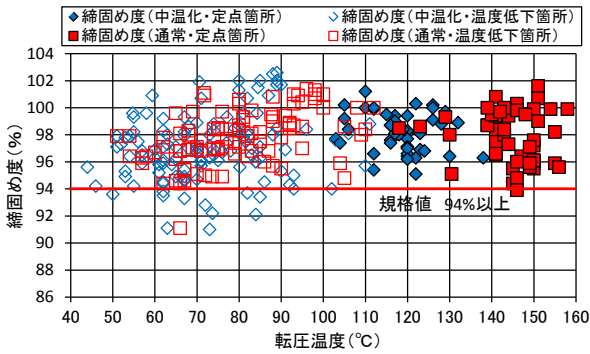


図-2-2 締固め度 (ストレートアスファルト・定点箇所+温度低下箇所)

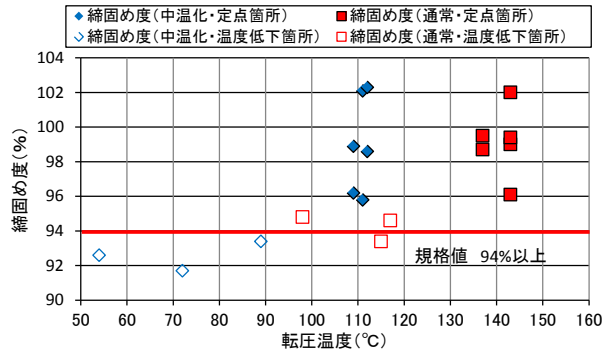


図-2-6 締固め度 (排水性・定点箇所+温度低下箇所)

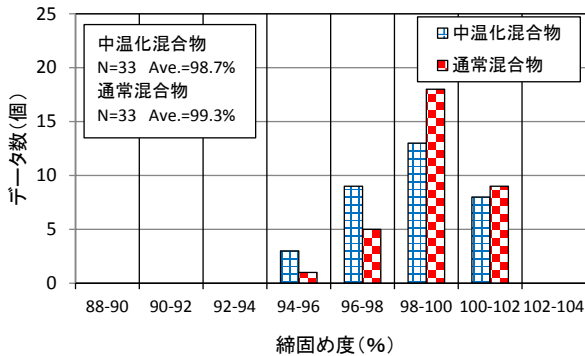


図-2-3 締固め度 (改質 I 型・定点箇所)

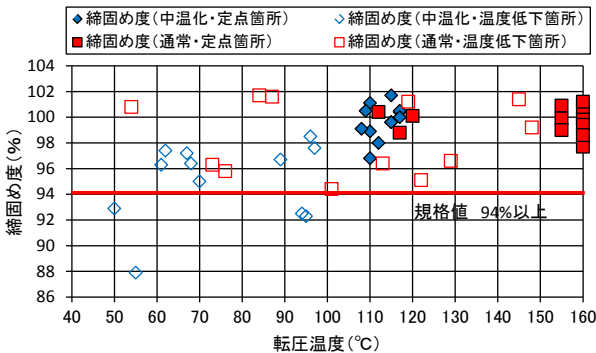


図-2-4 締固め度 (改質 I 型・定点箇所+温度低下箇所)

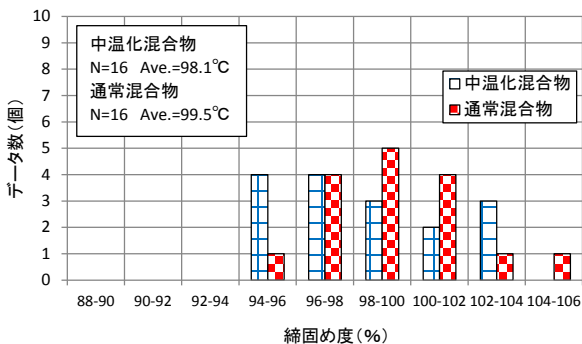


図-2-5 締固め度 (排水性・定点箇所)

1.2.2 中温化舗装技術の適用に関する指針 (案)

低炭素舗装技術である中温化舗装技術の積雪寒冷地における普及を目的として、「中温化舗装技術の適用に関する指針 (案)」を作成し、寒地土木研究所のホームページよりダウンロードできるようにした。以下に指針 (案) の概要を示す。

1. 総則

1-1. 目的

中温化舗装技術は加熱アスファルト混合物の製造温度を 30°C 程度低減できる舗装技術であり、この舗装技術を活用することにより、二酸化炭素排出量を削減することが可能となる。

本案は中温化舗装技術を利用し、二酸化炭素排出量の削減を目的として使用する場合の、適用方法を示すものである。

2. 二酸化炭素排出量の削減を目的に中温化舗装技術を使用する場合

2-1. 適用の範囲

通常期に二酸化炭素排出量を削減する目的で使用する場合、製造温度低減の目標は 30°C を基本とする。ただし、外気温等の気象条件、プラントの型式、ストックヤードの含水比、配合、運搬時間等の影響により、求められる品質が得られない恐れがある場合は、この限りではない。なお、通常期とは平均外気温が 5°C より高い気象条件とする。

以下の加熱アスファルト混合物を対象とする。

(対象混合物)

- ・ストレートアスファルトを用いた加熱アスファルト混合物
- ・ポリマー改質アスファルト (I 型・II 型・H 型) を用いた加熱アスファルト混合物
- ・再生加熱アスファルト混合物 (再生骨材混入率30%以下)

2-2. 中温化剤

中温化剤の種類は発泡系、粘弾性調整系、滑剤系の3種類に大別できるが、所定の品質を確保できるものであれば、どの種類の製品を用いるかは問わない。なお、水や水蒸気を利用し、アスファルトを泡状（フォームド状）にするフォームドアスファルトについては、発泡系の中温化剤に含まれる。

2-3. 配合設計

中温化混合物の配合設計に際しては、各アスファルトプラントで作成した通常加熱アスファルト混合物（以下、通常混合物：通常混合物とは中温化剤を用いない混合物と定義する。）の配合設計書が基本となる。中温化剤の性状については、中温化剤の各製造メーカーにより異なるため、各製造メーカーが推奨する添加量によることとする。なお、プレミックスタイプは事前に品質を得るために所定の添加量を混入した材料である。

中温化混合物の品質確認については、「北海道開発局 道路・河川工事仕様書」（以下、仕様書）に規定されたマーシャル安定度試験等により評価すること。

以下に中温化混合物の配合設計書作成時の留意事項を示す。

1) ストレートアスファルトを用いた混合物

- ① 配合設計を行うにあたっては、中温化剤の各製造メーカーにより配合設計方法や適用範囲が異なるため、製造メーカーに中温化剤の添加量等を確認すること。
- ② 中温化混合物の最適混合温度および最適突固め温度は、通常混合物と比較し30℃低減した温度条件とする。その試験条件でマーシャル安定度試験用供試体を作製し、マーシャル安定度試験結果が仕様書の規格値を満足していることを確認すること。なお、通常混合物のマーシャル安定度試験用供試体作製時の最適混合温度および最適突固め温度は、アスファルトの動粘度が $180\pm 20\text{mm}^2/\text{s}$ および $300\pm 30\text{mm}^2/\text{s}$ の範囲の温度を標準とする。
- ③ プレミックスタイプについては、製造メーカーが推奨する温度により混合温度、および突固め温度を設定すること。
- ④ 配合設計は必要に応じて、マーシャル安定度試験以外の混合物毎に求められるチェーンラベリング試験や水浸マーシャル安定度試験等の各種試験を実施し、中温化混合物の品質を確認すること。

2) ポリマー改質アスファルトを用いた混合物

- ① 配合設計を行うにあたっては、中温化剤の各製造メーカーにより配合設計方法や適用範囲が異なるため、製造メーカーに中温化剤の添加量等を確認すること。

- ② 通常のポリマー改質アスファルト混合物と比較し30℃温度低減した混合温度でマーシャル安定度試験用供試体を作製し、マーシャル安定度試験結果が仕様書の規格値を満足していることを確認すること。なお、通常のポリマー改質アスファルト混合物のマーシャル安定度試験用供試体作製時の最適混合温度および最適突固め温度は、プレミックスタイプの製造メーカー（プレミックスタイプの場合）や改質材の製造メーカー（プラントミックスタイプの場合）が推奨する温度を参考に最適混合温度および最適突固め温度を設定すること。
- ③ 配合設計は必要に応じてマーシャル安定度試験以外のホイールトラッキング試験や低温カンタブロ試験等の各種試験を実施し、中温化混合物の品質を確認すること。

2-4. 製造

通常期中温化混合物の混合温度を30℃低減する場合、2-3. 配合設計に記載した最適混合温度に外気温等の気象条件、プラントの型式、ストックヤードに保管している骨材の含水比、混合物の配合、運搬距離等の影響を考慮し、目標温度を設定し出荷すること。

2-5. 運搬

通常期においても、気象条件やアスファルトプラントから現場までの運搬距離が長い等の理由により混合物の温度低下が想定される場合は、二重シート等の保温対策を行うこと。

2-6. 敷均し温度（初転圧前温度）

製造温度を30℃低減した中温化混合物の敷均し温度は、製造温度は低減しつつも所定の締め固め度は確実に得られるよう、運搬から敷均しまでの過程で生じる温度低下を極力抑え、より高い温度で敷均しを行えるようにすること。

2-7. 転圧温度

事前の準備を行い、所定の締め固め度を得られる温度範囲で速やかに早期転圧に努めるものとする。

2-8. 二酸化炭素排出量の削減効果

通常期に施工する30℃温度低減した中温化混合物の二酸化炭素の排出量削減効果は、15%程度と見なすことができる。

2-9. 施工管理

中温化混合物の施工管理は通常混合物と同一の項目について提出すること。

2-10. 工事記録の保存

中温化混合物の品質管理データを蓄積するために、

工事記録を保存すること。

1.3 供用性状について

「中温化舗装技術の適用に関する指針（案）」を作成し、その耐久性を評価するために追跡調査を実施している。以下に調査結果を示す。

中温化混合物を、通常期（平均外気温が 5℃より高い気象条件）に施工した箇所の供用性状調査を実施した。

図-3-1 は平成 23 年 8 月に施工した一般国道 452 号夕張市（交通量区分 N5）における中温化混合物（再生密粒度アスコン 13F：ストレートアスファルト使用・発泡系）のわだち掘れ量の経年変化を示す。供用後 3 年程度の時点では、隣接して施工した比較工区と比べて同程度のわだち掘れ量で推移している。

図-3-2 は平成 23 年 7 月に施工した一般国道 273 号上士幌町幌加（交通量区分 N5）における中温化混合物（密粒度アスコン 13F：改質 I 型・発泡系）のわだち量の経年変化を示す。供用後 3 年程度の時点では、比較工区と比べて同程度のわだち掘れ量で推移している。

図-3-3 は平成 23 年 9 月に施工した函館江差自動車道（矢不來 交通量区分 N5）における中温化混合物（排水性舗装：ポリマー改質アスファルト II 型）のわだち量の経年変化を示す。供用 3 年程度の時点では、比較工区と比べて同程度のわだち掘れ量で推移している。

図-3-4 に 10 年間供用した中温化混合物（密粒度アスコン 13F：ストレートアスファルト使用・発泡系）の供用性状調査結果を示す。中温化混合物の施工は、平成 13 年 9 月に一般国道 239 号下川町（N5 交通）で実施されたものである（写真-1）。中温化混合物は通常混合物と比較し同程度のわだち掘れ量の推移を示し、良好な路面性状を示している。

中温化混合物の供用性状は現時点では比較工区と同程度で推移している。

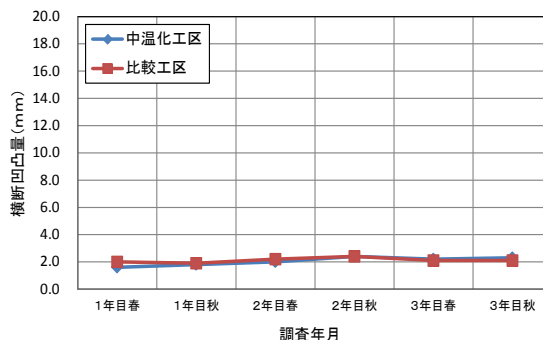


図-3-1 わだち掘れ量の経年変化
(通常期施工・再生密粒度アスコン 13F)

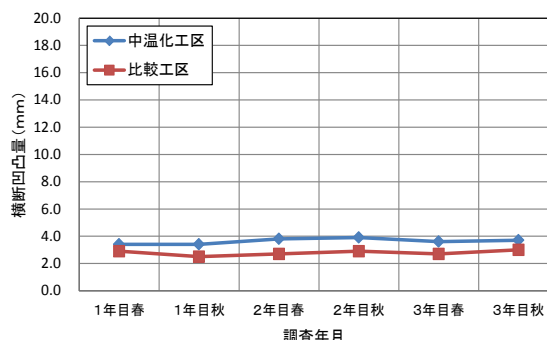


図-3-2 わだち掘れ量の経年変化
(通常期施工・密粒度アスコン 13F)

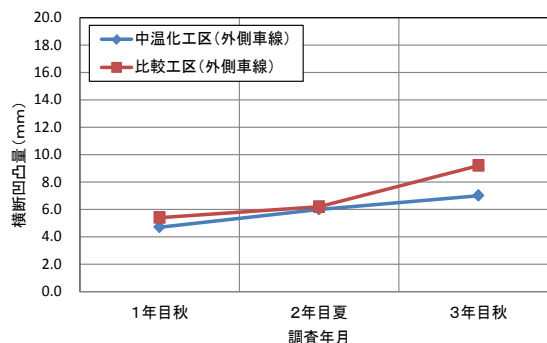


図-3-3 わだち掘れ量の経年変化
(通常期施工・排水性舗装)

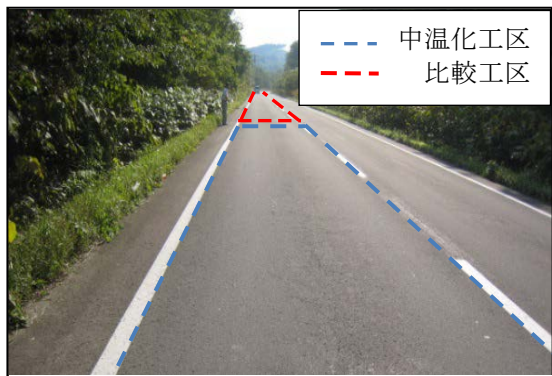


写真-1 下川町（中温化混合物）

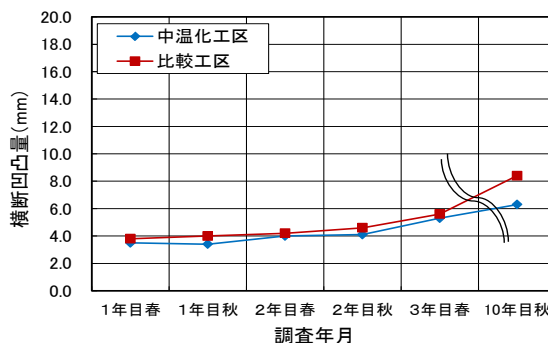


図-3-4 わだち掘れ量の経年変化
(通常期施工・密粒度アスコン 13F)

2. 積雪寒冷地の舗装リサイクル技術の開発

積雪寒冷地の舗装リサイクル技術の開発を目的に、他産業再生資材の道路舗装材としての適用性について検討した。また、アンケート調査による北海道内の再生骨材の品質に関する実態把握、および圧裂試験を用いた品質管理手法や配合設計について検討した。

2.1 積雪寒冷地における他産業再生資材

2.1.1 はじめに

他産業再生資材とは、建設産業以外の生産活動にともなう発生源を原料とした再生資材である。

平成24年度の全国の産業廃棄物排出量は、3億7,914万トンであり、3%にあたる約1,310万トンが最終処分されている²⁾。図-1-1に全国の産業廃棄物処理状況を示す。産業廃棄物は再生利用され減量化が進められている。最終処分量は鉍さいで約5%程度、燃え殻、ガラス等のくず、ゴムくずで約25%程度である。図-1-2に北海道の産業廃棄物処理状況³⁾を示す。最終処分量は、鉍さいで約24%程度、燃え殻で約5%程度、ガラス等のくずで約29%であり、リサイクル推進の観点から積極的に活用していくことが望ましい。

2.1.2 他産業再生資材の検討方法

図-1-3に舗装再生便覧⁴⁾に記載されている他産業再生資材を舗装用材料として活用する場合のフロー図を示す。フロー図では、①素材の安全性、②舗装材料としての性状、③製造、加工の問題点の有無、④供用性の安全性、⑤満足な供用性能の5項目を確認し、満足すれば活用可能となっている。

しかし、積雪寒冷地で他産業再生資材を活用するためには、寒冷地特有の気象条件がもたらす凍上や凍結融解の発生が材料の性能に与える影響の検討の他にリサイクルを促進するための安定供給や経済性の検討も必要である。

本研究で検討を行った他産業再生資材は、ガラス瓶のワンウェイ瓶を細かく砕いたガラスカレット(写真-1-1)、バイオマスボイラーから発生する焼却灰とセメント等を混練機で製作した再生資材(写真-1-2)、家庭などから排出される一般廃棄物を加熱・熔融し、冷却・固化した熔融スラグ(写真-1-3)、鉍石から金属を製錬する際に、冶金対象で金属から熔融によって分離した鉍石母岩の鉍物成分などを含む

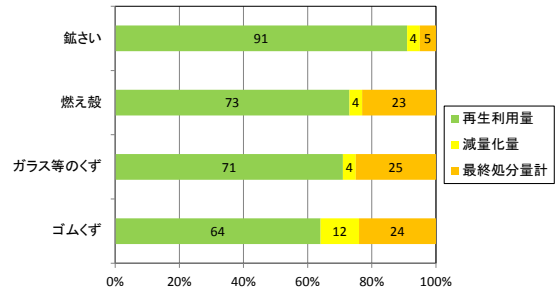


図-1-1 産業廃棄物処理状況 (全国)

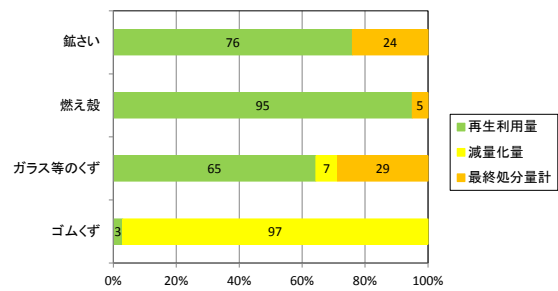


図-1-2 産業廃棄物処理状況 (北海道)

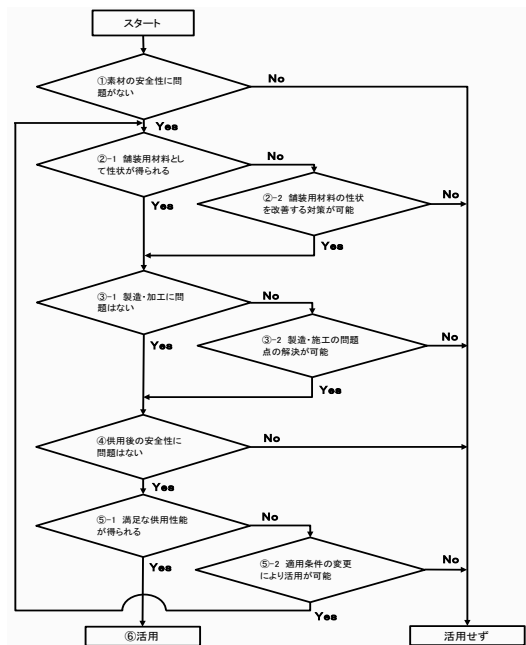


図-1-3 他産業再生資材を舗装用材料として活用する場合

物質の鉄鋼スラグ(写真-1-4)、舗装用の石粉として用いられる石灰石と同じ炭酸カルシウムを主成分とするホタテ貝(粉状)(写真-1-5)である。それぞれの使用箇所を表-1-1に示す。

2.1.3 舗装用素材の安全性

他産業再生資材全般に共通する環境安全性の評価基準は、現在定められていない。環境基準を超える環境汚染物質が含まれている他産業再生資材を舗装材料に用いた場合は、環境汚染物質の溶出による地下水汚染や、粉塵などを直接摂取することによる人体への健康被害なども考えられる。土壌汚染対策施行規則においては、第二種特定有害物質の溶出量と含有量が規定されている。舗装再生便覧では、スラグ類を含む他産業再生資材単体で有害物質の溶出量と含有量基準を満足することが望ましいとされている。

このことから試験施工で用いた他産業再生資材単体の溶出試験を実施し、その結果を表-1-2に示す。溶出試験については土壌環境基準の基準値を満足しており問題はない結果となった。

表-1-3に含有量試験結果を示す。溶融スラグ以外には基準値を満足した。溶融スラグは鉛の項目が基準値を超えていた。しかし、「JIS A 5032:2006 一般廃棄物、下水汚泥又はそれらの焼却灰を溶融固化した道路用溶融スラグ」では、“溶融スラグを他の道路用材料と配合したものによって当該基準を満足する場合は、この規格の適用を妨げるものではない”と記載されているため、溶融スラグ単体の使用を避け、道路用材料と混合（溶融スラグを最大30%の混合割合）し使用するものとした。

表-1-4に示す鉄鋼スラグの成分は、酸化カルシウム（CaO）、二酸化ケイ素（SiO₂）および鉄（T-Fe）であり、有害物質は含まれていない。

表-1-5に示すホタテ貝成分は石炭、石粉と成分が同程度であり、性状については問題がないことが確認された。

2.1.4 製造方法・材料性状・供用性状

他産業再生資材を舗装用材料として使用する場合、満足な品質性状が得られる必要がある。「北海道開発局 道路・河川工事仕様書」（以下、仕様書）では積雪寒冷地で使用できる品質規格値が設けられており、舗装用材料の表層混合物、下層路盤材料、凍上抑制層材料としての適用の可否を評価する室内試験および試験施工を実施した。試験および追跡調査の結果は次項以降に各個別資材毎に示す。



写真-1-1 ガラスカレット



写真-1-2 焼却灰を利用した再生資材

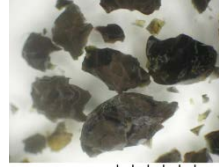


写真-1-3 溶融スラグ



写真-1-4 鉄鋼スラグ

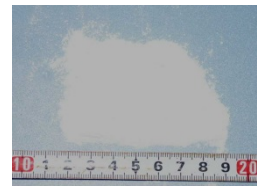


写真-1-5 ホタテ貝（粉状）

表-1-1 他産業再生資材の使用箇所

	ガラス	焼却灰	溶融スラグ	鉄鋼スラグ	ホタテ貝
表層混合物	—	—	○	○	○
下層路盤	—	—	○	—	—
凍上抑制層	○	○	—	—	—

表-1-2 溶出試験

重金属等（第二種特定有害物質）					
溶出試験	溶出基準 (mg/l)	ガラスカレット	焼却灰	溶融スラグ	鉄鋼スラグ
カドミウム及びその化合物	0.01以下	0.001	0.001	0.005	—
六価クロム化合物	0.05以下	0.002	0.044	0.04	—
シアン化合物	検出されないこと	不検出	不検出	不検出	—
水銀及びその化合物	0.0005以下	0.0001	0.00016	0.00002	—
アルキル水銀	検出されないこと	不検出	不検出	不検出	—
セレン及びその化合物	0.01以下	0.001	0.007	0.004	—
鉛及びその化合物	0.01以下	0.003	0.001	0.006	—
砒素及びその化合物	0.01以下	0.001	0.001	0.003	—
ふっ素及びその化合物	0.8以下	0.1	0.62	0.17	—
ほう素及びその化合物	1以下	0.1	0.5	0.06	—

試験無し(—)

表-1-3 含有量試験

重金属等（第二種特定有害物質）					
溶出試験	含有量基準 (mg/kg)	ガラスカレット	焼却灰	溶融スラグ	鉄鋼スラグ
カドミウム及びその化合物	150以下	—	15	2	—
六価クロム化合物	250以下	—	25	2	—
シアン化合物	50以下	—	5	—	—
水銀及びその化合物	15以下	—	15	0.001	—
セレン及びその化合物	150以下	—	15	9	—
鉛及びその化合物	150以下	—	33	415	—
砒素及びその化合物	150以下	—	15	20	—
ふっ素及びその化合物	4,000以下	—	400	—	—
ほう素及びその化合物	4,000以下	—	400	150	—

試験無し(—)

表-1-4 鉄鋼スラグ成分表

種類	CaO	SiO ₂	T-Fe
鉄鋼スラグ	45.8	11.0	17.4

単位(%)

表-1-5 ホタテ貝成分表

単位(%)	炭素(C)	酸素(O)	カルシウム(Ca)
ホタテ粉末	12.0	43.6	43.8
石灰石粉	12.0	44.0	44.0
単位(%)	ナトリウム(Na)	硫黄(S)	ストロンチウム(Sr)
ホタテ粉末	0.2	0.2	0.1
石灰石粉	—	—	—

2.1.5 経済性

他産業再生資材の単価を表-1-6に示す。再生骨材と同程度あるいは、再生骨材より安価であるものが多いが、ホタテ貝（粉状）は石粉より高い。また、他産業再生資材の製造元から工事現場までの運搬距離が長くなると、トラック運搬費が高くなるので、経済性を考慮すると、製造元から近い地域で利用することが望ましい。

表-1-6 他産業再生資材の単価

品名	単価
ガラス	再生骨材と同程度
焼却灰	〃
熔融スラグ	〃
鉄鋼スラグ	再生骨材と同程度または安価
ホタテ	石粉の2倍程度

2.1.6 供給量

表-1-7に他産業再生資材の供給量を示す。他産業再生資材の供給量は、試験施工で使用した製造会社から確認を行ったが、大規模工事で下層路盤材等に使用した場合等、製造会社により製造能力が異なるため、他産業再生資材の供給量が不足になることも考えられるので、使用に当たっては保管量を確認する必要がある。

表-1-7 他産業再生資材の供給量

品名	供給量(年間)
ガラス	約10,000t
焼却灰	約30,000t
熔融スラグ	約4,000t
鉄鋼スラグ	206,000t
ホタテ	(最大 300kg/日)

2.2 舗装発生材の利用

2.2.1 再生加熱アスファルト混合物

循環型社会の構築に向け、舗装発生材の再生利用が進められている。積雪寒冷地である北海道においても、本格的な再生利用が進められてきている。今後、リサイクルを繰り返し行っていくことにより、これまでよりも更に劣化の進んだ再生骨材が発生してくることが予測される。

また、現在の表層混合物には改質剤（ポリマー改質アスファルト）を使用した排水性舗装や、耐流動対策舗装など様々の種類が多く利用されてきており、これらの舗装切削材が混入することにより再生骨材の品質が多様化している。

これらの状況を踏まえ、現在、再生骨材の旧アスファルトの規格は、針入度規格によるものと、圧裂係数によるものが舗装再生便覧に示されている。

しかし、これらの規格値は本州等で使用されている針入度60-80 (1/10mm)、40-60 (1/10mm) のアスファルトバインダが用いられた再生骨材に対する試験舗装の結果から決定されたものであり、北海道内で使用されている針入度80-100 (1/10mm) のアスファルトバインダに対しては検討が行われていない。

このため、アンケート調査により北海道内のアスファルトプラントにおける再生骨材の針入度の把握、改質アスファルト切削材の受け入れ状況の把握、および圧裂試験の品質管理の実績の把握を行った。また、室内で劣化させた試料やプラント採取試料を用い、圧裂試験を実施した。

2.2.2 アンケート調査

積雪寒冷地に適した再生骨材の品質規格値、および配合条件について検討することを目的として、北海道内のアスファルトプラントに対してアンケート調査を実施した。結果を以下に報告する。

a) 調査方法

北海道舗装事業協会・北海道アスファルト合材協会を通し、北海道内の約半数(106プラント中54プラント)の再生アスファルトプラントに対しアンケートを配布し、回答を得た。

また、同様のアンケートを平成19年にも行っており、この結果と今回の調査結果を比較した。なお、平成19年においても当時の北海道内の約半数(149プラ

ント中77プラント)の再生アスファルトプラントを対象としている。

b) アスファルト再生骨材の針入度の平均値の推移

表-2-1に示すようにH26, H19調査とも半数以上のプラントが、30~35 (1/10mm) の範囲と回答している。ただし、H19よりもH26で低針入度の割合が増加していることから、リサイクルを繰り返すことによる劣化の影響が現れてきていることが推測される。

c) アスファルト再生骨材の針入度の最低値の推移

表-2-2に示すようH26, H19調査とも、再生骨材の旧アスファルトの規格値である針入度20(1/10mm)を下回る値を確認しているプラントは1箇所のみであった。

H26とH19を比較すると、針入度30 (1/10mm)を下回る値を確認しているプラントの割合が多くなっている(62%→85%)。

この結果より、舗装発生材の利用を続けていくと、将来、現行の規格値である針入度20(1/10mm)を下回る舗装発生材が増加してくるものと考えられる。

表-2-1 再生骨材の針入度（平均値）

	H19		H26	
	数	割合	数	割合
25未満	1	1.3%	2	3.7%
25~30	15	19.5%	15	27.8%
30~35	49	63.6%	32	59.3%
35~40	10	13.0%	4	7.4%
40以上	2	2.6%	1	1.9%
合計	77	-	54	-

表-2-2 再生骨材の針入度（最低値）

	H19		H26	
	数	割合	数	割合
20未満	1	1.3%	1	1.9%
20~25	16	20.8%	8	14.8%
25~30	31	40.3%	37	68.5%
30~	29	37.7%	8	14.8%
合計	77	-	54	-

表-2-3 改質アスファルト切削材受け入れ状況

	H19		H26	
	数	割合	数	割合
受入あり	25	32.5%	27	50.0%
受入なし	26	33.8%	9	16.7%
不明	5	6.5%	4	7.4%
受入施設無	21	27.3%	14	25.9%
合計	77	-	54	-

d) 切削材の受入状況

表-2-3に示すよう排水性舗装の切削材や、重交通箇所用の耐流動対策舗装の切削材（以下、改質アスファルト切削材）の受入状況を確認した。

H19 調査では、改質アスファルト切削材受け入れを行っているプラントと、受け入れを行っていないプラントはほぼ同程度の 30%程度であったが、H26 は改質アスファルト切削材を受け入れたプラントの割合が増加し、50%となっている。

e) 圧裂係数による品質管理について

「アスファルト再生骨材の旧アスファルトの品質規格として「圧裂係数」による品質管理を実施した実績があるか否か」についてアンケートを行った。結果を表-2-4に示す。

品質管理実績のあるプラントは全道で 6%(3 プラント)、試験設備を備えているプラントは 7%(4 プラント)と少ない状況であった。

また、「アスファルトプラントの試験室において圧裂試験を実施できる設備を備えているか否か」についても併せてアンケートを行った。結果を表-2-5に示す。

圧裂試験を実施できる設備を備えていないと回答したプラントに対し「不足設備」についてアンケートを行った。アンケート結果を表-2-6に示す。

回答50プラント中最も多かったものは、変位測定用計器（47プラント）であり、次いで載荷荷重測定用計器（45プラント）となり、両者はほぼ全てのプラントで配備されていないことがわかった。

また、アスファルトプラントより、「今後、改質アスファルトの入った廃材の増加、かつ、再生改質アスファルト舗装廃材も増え、低針入度の廃材の利用を考えなければならない中、現再生舗装便覧には、80～100(針入度)の圧裂係数と針入度の関係が明記されていない。関係性が確認でき、品質管理・配合設計に利用できるのであれば、再生骨材の品質変動に対し、迅速に対応できると考える。」との意見があった。

2.2.3 圧裂係数による配合設計に関する検討

アスファルトプラントからの意見もあった通り、舗装再生便覧には、ストレートアスファルト80-100に対する圧裂係数と針入度の関係が明記されておらず、圧裂係数を用いた配合設計ができない状況にある。

そのため、ここではストレートアスファルト80-100に対する圧裂係数と針入度の関係の把握を行った。

a) オープン劣化した試料に対する検討

再生加熱アスファルト混合物をほぐしたものを110℃の恒温槽で所定の時間養生し、劣化させた試料⁵⁾でマーシャル供試体を作製し圧裂試験を実施し、圧裂係数を確認した。また、劣化させた試料よりアスファルトを回収し針入度を確認した。

針入度と圧裂係数の関係を図-2-1に示す。オートグラフ、およびマーシャル試験機を用いて行った試験結果は、ともに舗装再生便覧に示された曲線とほぼ同様の位置にプロットされた。

表-2-4 圧裂係数による品質管理の実施有無

圧裂試験実施実績あり	3	5.6%
圧裂試験実施実績なし	51	94.4%
合計	54	

表-2-5 圧裂試験設備保有の有無

圧裂試験設備あり	4	7.4%
圧裂試験設備なし	50	92.6%
合計	54	

表-2-6 不足設備

恒温槽: 供試体を20±1℃に養生可能なもの	15
載荷装置: 29KN以上で載荷可能な装置	33
載荷荷重測定用計器: 100N単位で測定が可能なもの	45
変位測定用計器: 最小目盛が1/100mmで変位量を自動記録できるもの	47

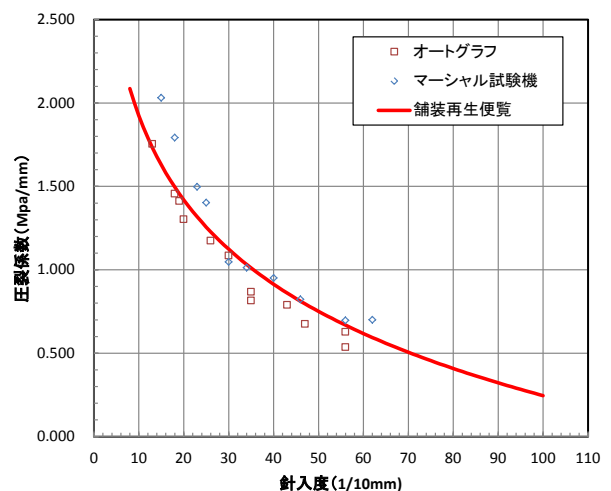


図-2-1 針入度と圧裂係数の関係(オープン劣化)

b) プラント採取試料に対する検討

北海道内の再生アスファルトプラントより提供を受けたアスファルト再生骨材およびポリマー改質アスファルトⅡ型、H型を使用した舗装の切削材を用いて、圧裂試験を実施し、圧裂係数を確認した。また、それぞれの試料より旧アスファルトを回収し針入度を確認した。

針入度と圧裂係数の関係を図-2-2に示す。アスファルトプラントより提供を受けた試料は、ほぼ舗装再生便覧に示された曲線よりも上側にプロットされた。

また、ストレートアスファルト80-100を用いた場合、針入度30 (1/10mm) を下回ると圧裂係数の規格値である1.7(MPa/mm)を上回る材料が発生し、針入度20 (1/10mm) を下回ると概ね全ての材料で1.7(MPa/mm)を上回ることが確認された。

ストレートアスファルト80-100を使用している北海道においても圧裂係数による品質管理・配合設計が行えるよう検討を行ったが、劣化の進んだ針入度の低い材料において、オープン劣化と実際の供用による劣化を受けた材料との間に圧裂係数の差が見られた。

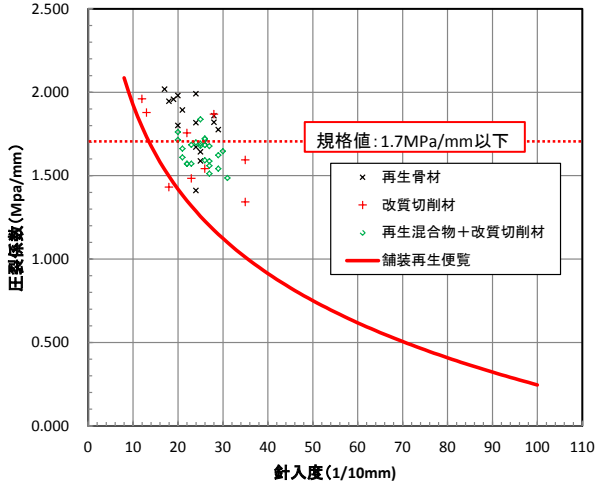


図-2-2 針入度と圧裂係数の関係(プラント試料)

3. 積雪寒冷地における舗装リサイクル技術等の耐久性検証

ガラスカレット、焼却灰を利用した再生資材、熔融スラグ、鉄鋼スラグ、およびホタテ貝を利用した他産業再生資材を用いたリサイクル材料の耐久性を検証した。

3.1. ガラスカレット

ガラスカレットについて材料試験を実施し、凍上抑制層に一般的に用いられる80mm級切込砕石との材料物性値を比較した結果を表-1-1に示す。骨材の微粒分量試験の規格値15%以下に対して、ガラスカレットは0.7%、切込砕石は14.3%を示した。ガラスカレットは凍上に影響を与えるシルト分は少ない結果となった。凍上試験の凍上様式でもコンクリート状凍結となり、非凍上性の材料であることが確認された。

また、ガラスカレットを凍上抑制層に用いた箇所の供用5年後までの供用性状を確認した。

写真-1-1は供用後5年目の試験施工箇所の供用状況を示す、クラック等が見られず良好な状態を維持している。

図-1-1にFWD試験による支持力調査結果、図-1-2に凍上量の調査結果を示す。ガラスカレット工区及び一般的な切込砕石を用いた比較工区を用いて各調査を行った。

D0たわみ量について、ガラスカレット工区は比較工区と同程度の支持力を有していることが確認できた。舗装診断研究会の「FWDによる舗装診断⁶⁾」によると舗装計画交通量100台以上250台未満の交通量区分N4で、新設時のD0の許容たわみ量が800 μm 、供用時のD0の許容たわみ量が900 μm とされているが、本試験施工箇所ではいずれの工区もこの値満足する値となっている。

凍上量について、平成22年2月～平成26年5月で計測を行っているが、ガラスカレット工区は、比較工区よりも凍上量が小さく、舗装表面にも凍上による縦断方向のクラックや、路床の凍結融解による支持力低下が影響したと考えられる亀甲状のひび割れ等発生していない。

以上の調査結果より、ガラスカレットを凍上抑制層に用いても、良好な供用状況が得られることを確認した。

表-1-1 材料試験結果

試験項目		ガラスカレット 5-0mm	切込砕石 80-0mm
骨材の微粒分量試験 (%) (規格値:15%以下)		0.7	14.3
凍上試験	試験方法	$\phi 15$	$\phi 15$
	凍上率 (%)	0.3	0.8
	凍結様式	コンクリート状	コンクリート状



写真-1-1 供用5年後のガラスカレット工区の状況

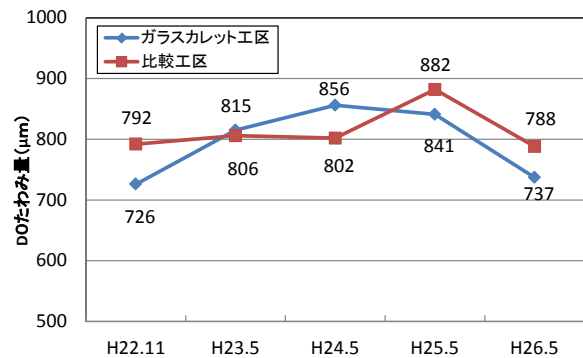


図-1-1 FWD試験による支持力調査結果

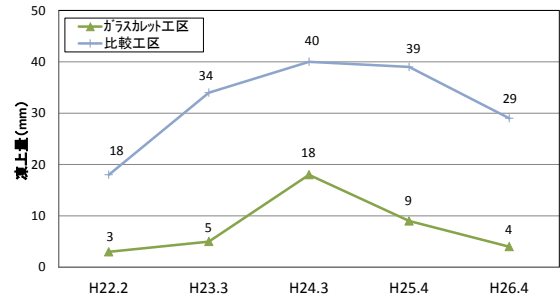


図-1-2 凍上量の調査結果

3.2. 焼却灰を利用した再生資材

表-2-1に材料試験結果を示す。焼却灰を利用した再生資材の微粒分量試験結果は、7.4%を示し、規格値15%以下を満足している。また、焼却灰を利用した再生資材の凍上試験においてもコンクリート状凍結となり非凍上性の材料であることが確認されている。

焼却灰を利用した再生資材を凍上抑制層に用いた箇所の供用4年後までの供用性状を確認した。

写真-2-1は、供用4年目の試験施工箇所の供用状況を示す、クラック等が見られず良好な状態を維持している。

図-2-1にFWD試験によるD0たわみ量、図-2-2に凍上量を示す。焼却灰再生資材工区及び一般的な切込砂利を用いた比較工区を用いて各調査を行った。

D0たわみ量について、焼却灰再生資材工区は比較工区より支持力を有していることが確認できた。舗装診断研究会の「FWDによる舗装診断」⁵⁾によると舗装計画交通量100台以上250台未満の交通量区分N4で、新設時のD0の許容たわみ量が800 μ m、供用時のD0の許容たわみ量が900 μ mとされているが、本試験施工箇所ではいずれの工区もこの値満足する値となった。

凍上量について、平成24年および平成26年で計測を行っているが、焼却灰再生資材工区は、比較工区よりも凍上量が小さく、舗装表面にも凍上による縦断方向のクラックや、路床の凍結融解による支持力低下が影響したと考えられる亀甲状のクラックは発生していない。以上の調査結果より、焼却灰を主材料とした再生資材を凍上抑制層に用いても、良好な供用性状であることを確認した。

表-2-1 材料試験結果

試験項目		焼却灰再生資材 80-0mm	切込砕石 80-0mm
骨材の微粒分量試験 (%) (規格値:15%以下)		7.4	1.3
凍上試験	試験方法	ϕ 15	-
	凍上率 (%)	0.88	-
	凍結様式	コンクリート状	-



写真-2-1 供用4年後の焼却灰再生資材工区

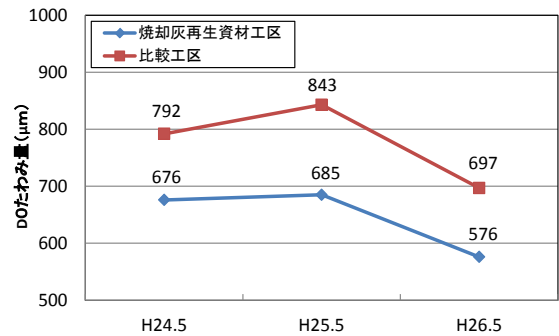


図-2-1 FWD 試験による支持力調査結果

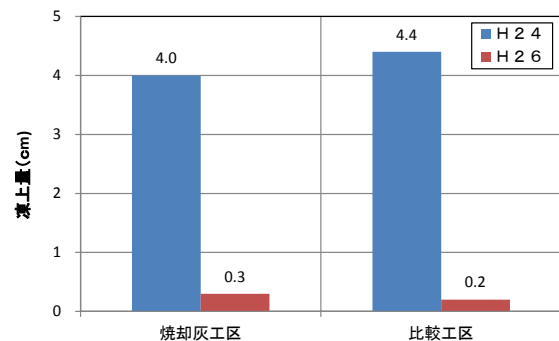


図-2-2 凍上量の調査結果

3.3. 溶融スラグ

材料試験結果を表-3-1に示す。溶融スラグを10%混合したアスファルト混合物は、耐流動性を評価する動的安定度や耐摩耗性を評価するすり減り量が通常混合物と比較し同程度である。

溶融スラグを表層用アスファルト混合物（密粒度アスコン13F）に用いた箇所の供用7年後までの供用性状を確認している。

写真-3-1に現在（供用後7年目）の試験施工箇所（溶融スラグ10%工区）の路面状況を示す。一部舗装の剥離・飛散が見られるが、概ね良好な状態を維持している。図-3-1にわだち掘れ量，図-3-2に平坦性，図-3-3にひび割れ率，図-3-4にDFテストによるすべり抵抗値(μ_{40})の推移を示す。

試験施工箇所は生活道路のため舗装厚が薄く（ $t=3\text{cm}$ ），平坦性の値にばらつきが見られるが，溶融スラグ10%工区は，比較工区と同等の平坦性を有している。わだち掘れ量，ひび割れ率，すべり抵抗性については両工区とも概ね変わらない推移を示している。

以上より，生活道路においては溶融スラグを表層用混合物（密粒度アスコン13F）に10%の混入率で用いても，通常加熱アスファルト混合物と同等の供用性状であることを確認した。

表-3-1 材料試験

		通常	スラグ10%	規格値
マーシャル安定度	(KN)	9.93	9.34	4.90以上
水浸マーシャル安定度	(KN)	8.60	7.94	-
残留安定度	(%)	86.6	85.0	75.0以上
動的安定度	(回/mm)	233	210	-
すり減り量	(cm^2)	0.97	0.97	1.30以下
曲げ強度	(Pa)	9.1	8.8	-
曲げひずみ	(10^{-3})	3.6	3.2	-
凍結融解後の空隙増加率	(%)	2.3	2.5	-



写真-3-1 供用7年後の溶融スラグ工区の状況

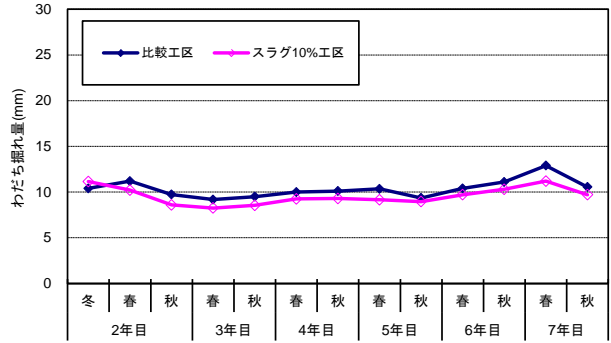


図-3-1 わだち掘れ量(溶融スラグ・表層)

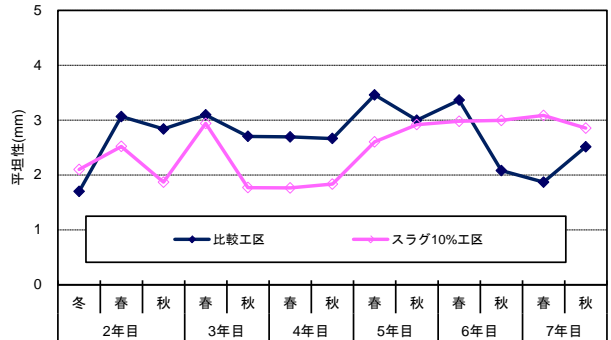


図-3-2 平坦性(溶融スラグ・表層)

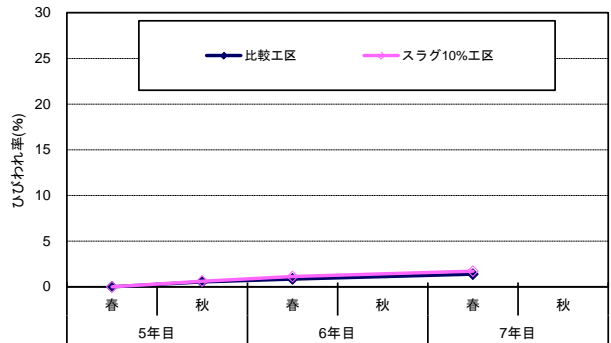


図-3-3 ひび割れ率(溶融スラグ・表層)

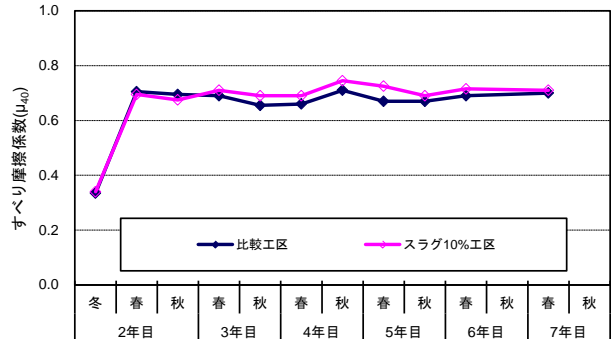


図-3-4 すべり抵抗性(溶融スラグ・表層)

3.4 鉄鋼スラグ

材料試験結果を表-4-1に示す。鉄鋼スラグのすり減り減量は、6号(13-5mm)および7号(5-2.5mm)ともに砕石よりも小さく、耐摩耗性に優れている。また安定性試験損失量においても砕石と同程度以上の値を示し、凍結融解に優れた材料である。

鉄鋼スラグを表層用アスファルト(細密粒度ギャップアスコン 13F55)に用いた箇所の供用11年後までの供用性状を確認している。なお、交通量区分はN7である。

写真-4-1に供用後11年目の試験施工箇所(鉄鋼スラグ54.4%工区)の舗装状況を示す。概ね良好な状態を維持している。図-4-1にわだち掘れ量、図-4-2に平坦性、図-4-3にひび割れ率、図-4-4にDFテストによるすべり抵抗値(μ_{40})の推移を示す。

鉄鋼スラグ54.4%工区は、比較工区と比較し、わだち掘れ量は少なく、平坦性は同程度で推移しているが、ひび割れ率が若干高い値で推移している。すべり抵抗性については0.1程度低い値で推移しているが、供用に問題となる値ではない。(維持修繕要否判断の目標値0.25)⁷⁾

以上より、すべり抵抗値はやや劣るものの供用には問題の無い範囲であり、供用11年目においてもひび割れ率は6%程度であり、鉄鋼スラグを54.4%の混入率で用いても、通常の加熱アスファルト混合物と比較し同等以上の供用性状であることを確認した。

表-4-1 材料試験

サイズ 種類	6号(13mm~5mm)		7号(5mm~2.5mm)		規格値
	鉄鋼スラグ	砕石	鉄鋼スラグ	砕石	
単位容積重量(kg/L)	2.04	1.56	2.10	1.47	-
密度(g/cm ³)	3.65	2.62	3.57	2.61	2.45以上
吸水率	0.62	1.90	1.03	1.89	3.0以下
すりへり減量(%)	11.1	19.6	14.1	19.2	30以下
安定性試験損失量(%)	0.8	2.3	1.3	1.2	12以下
水浸膨張比(%)	0.04	-	0.08	-	2.0以下



写真-4-1 供用11年後の鉄鋼スラグ工区の状況

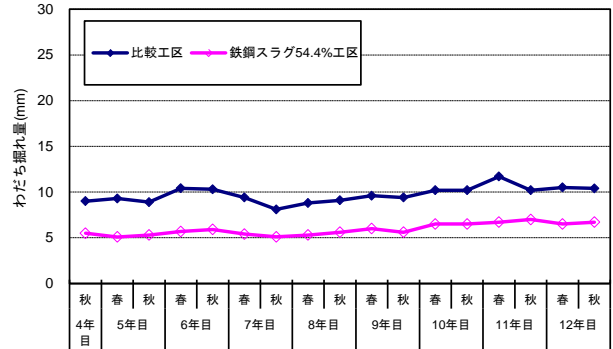


図-4-1 わだち掘れ量(鉄鋼スラグ・表層)

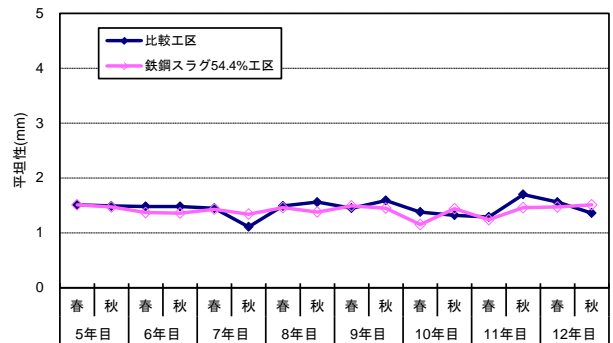


図-4-2 平坦性(鉄鋼スラグ・表層)

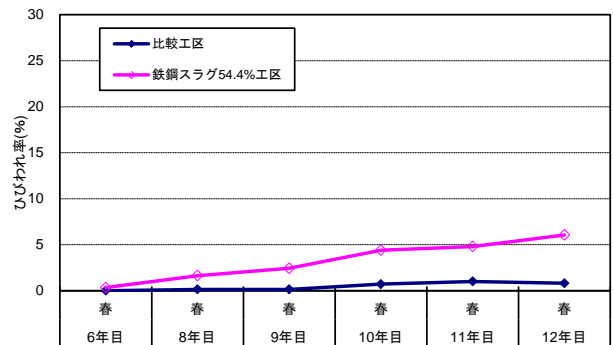


図-4-3 ひび割れ率(鉄鋼スラグ・表層)

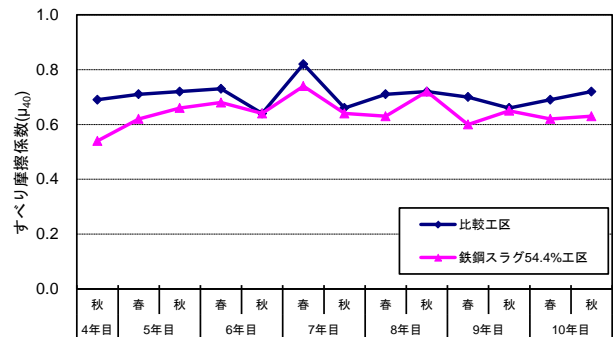


図-4-4 すべり抵抗性(鉄鋼スラグ・表層)

3.5 ホタテ貝殻

ホタテ貝殻の粉末を表層用アスファルト混合物(密粒度アスコン13F)のフィラーとして用いた箇所の供用9年後までの供用性状を確認している。なお、交通量区分N5である。

材料試験結果を表-5-1に示す。ホタテ貝殻の粉末を混入したアスファルト混合物は、耐流動性を評価する動的安定度や耐摩耗性を評価するすり減り量が通常混合物と比較し同程度以上の値を示した。また、表-5-2にフィラーの規格値との比較を示す。加熱変質試験では色の変質は見られたが、固結は見られず、粉体の状態であるのでフィラーとしては性状に問題は無い結果となった。

写真-5-1に供用9年目の試験施工箇所(ホタテ工区)の舗装状況を示す。大きなひび割れ等は見られず、概ね良好な状態を維持している。また、舗装表面は通常の密粒度アスコン13F(反対車線)と見分けのつかない状況である。

図-5-1にわだち掘れ量、図-5-2に平坦性、図-5-3にひび割れ率、図-5-4にDFテストによるすべり抵抗値(μ_{40})の推移を示す。

ホタテ工区は、通常の石灰石の石粉を用いた加熱アスファルト混合物を舗装した比較工区と同程度のわだち掘れ量、ひび割れ率で推移している。

平坦性については、調査を行った9年間で大きな変化はなく常に1.00mm程度であり良好な状態を維持している。

すべり抵抗性については、比較工区と比較してほぼ同程度の値となっている。

以上より、安全な走行に支障を及ぼすようなすべり抵抗性の低下も見られず、供用9年目においてもひび割れ率は4%程度であることから、ホタテ貝殻を石粉の代替として表層用アスファルト混合物のフィラーに用いても、通常の加熱アスファルト混合物と同等の供用性状であることを確認した。

表-5-2 フィラーの規格値との比較
(ホタテと新材の比較)

試験項目	規定	ホタテ貝殻	石粉(比較)
粒度試験	600 μ m	100	100
	150 μ m	90~100	97.4
	75 μ m	70~100	91.5
比重	2.60以上	2.711	2.685
加熱変質	変質無し	表面の蛋白質の変色有り	変質無し
塑性指数(PI)	4以下	NP	NP
水分量	1%以下	0.55%	0.10%
フロー試験	50%以下	37.20%	35%
膨張率試験	3%以下	0%	3%
剥離試験	合格	合格	合格



写真-5-1 供用9年後のホタテ貝殻工区の状況

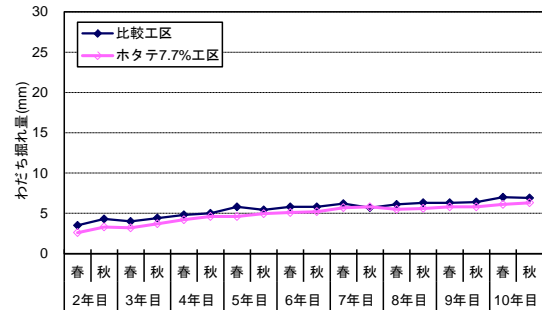


図-5-1 わだち掘れ量(ホタテ貝殻・表層)

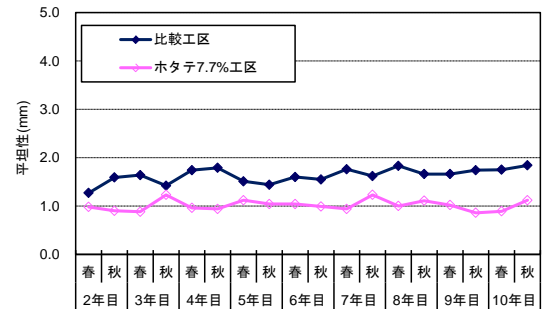


図-5-2 平坦性(ホタテ貝殻・表層)

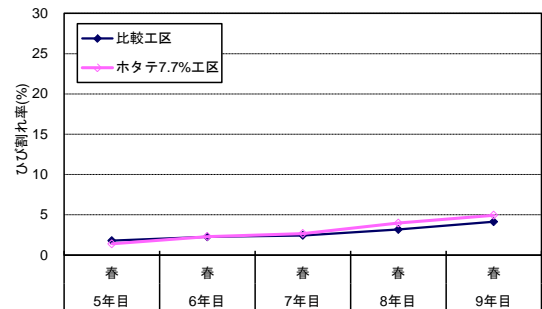


図-5-3 ひび割れ率

表-5-1 材料試験

混合物種類	密粒度アスコン13F		基準値	
	石粉10 μ m	ホタテ5 μ m		
	新材	新材		
	ストアス			
基本性状	理論密度(g/cm^3)	2.501	2.500	-
	基準密度(g/cm^3)	2.410	2.414	-
	空隙率(%)	3.6	3.4	3-5
	飽和度(%)	77.8	78.3	75-85
	マーシャル安定度(KN)	9.0	11.4	4.8以上
耐久性	フロー値(1/100cm)(KN)	32	34	20-40
	水浸マーシャル安定度	-	9.2	-
	残留安定度(%)	-	80.7	75以上
	動的安定度DS(回/mm)	220	287	-
	すりへり量(cm^2)	0.98	0.72	1.3以下

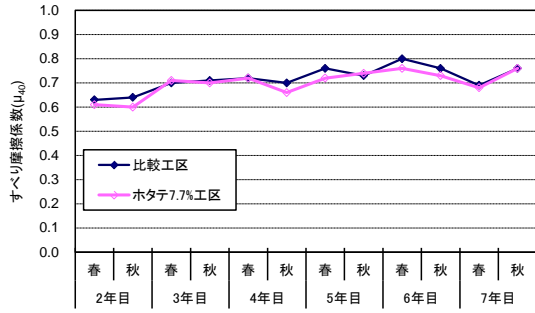


図-5-4 すべり抵抗性

参考文献

- 1) 公益社団法人 日本道路協会：舗装の環境低減負荷に関する算定ガイドブック，2014.1
- 2) 環境省：平成24年度 産業廃棄物の排出・処理状況について,<http://www.env.go.jp/press/19022.html>
- 3) 北海道：北海道における産業廃棄物の処理状況（平成24年度），
http://www.pref.hokkaido.lg.jp/ks/jss/sanpaityousaH24_kouhyou.htm
- 4) 社団法人 日本道路協会：舗装再生便覧、pp.116-122、2010.11
- 5) 日本改質アスファルト協会 技術委員会：改質アスファルト混合物発生材の再生混合物への適用性、改質アスファルト，No.12，pp27-31，1999.
- 6) 特定非営利活動法人 舗装診断研究会：FWDによる舗装診断，p17，2014.1
- 7) 社団法人日本道路協会：舗装修繕要綱，p68，1978.7

RESEARCH ON PAVEMENT TECHNOLOGY REALIZING A LOW CARBON SOCIETY AND EVALUATION METHOD (3)

Budgeted : Grants for operating expenses general account

Research Period : FY2011-2015

Research Team : Road Maintenance Research Team

Author : KIMURA Takashi

MARUYAMA Kimio

ABE Ryuji

UENO Tigusa

OOYAMA Kentarou

Abstract :The purposes of this study are to develop pavement recycling technology and developing low carbon pavement technology for reducing CO₂ in pavement construction in cold snowy regions. In FY 2014, with the purpose of developing low-carbon pavement technologies for snowy cold regions, the Guideline for Application of Warm-mix Asphalt Pavement Technologies (draft) was formulated based on the data obtained from test construction using warm-mix technologies. The CO₂ reductions afforded by the technologies for lowering the mixing temperature and using recycled materials were clarified in tests done during that year. To develop technologies for pavement that incorporates recycled materials in snowy cold regions, methods for applying recycled materials generated by industries other than the road construction were examined. Quality control and mix design based on the coefficient of compression splitting were also examined. The durability of pavement constructed using warm-mix asphalt technologies and that constructed using recycled materials from industries other than road construction was clarified to verify the feasibility of the subject technologies in snowy cold regions.

Key words : low-carbon society, warm mix pavement ,recycle, carbon reduction, other industrial wastes