

二酸化炭素排出抑制型アスファルト混合物の評価

辻本陽子・新田弘之・西崎 到・川上篤史・久保和幸

1. はじめに

低炭素社会の早期実現に向け、各分野において二酸化炭素排出量の削減技術・工法の開発が進められている。舗装分野でも、低炭素化に有効と考えられる技術が材料や施工の面から多く実用化されている。しかし、これらの舗装技術は、元々は施工効率やリサイクル性能の向上などを主な目的として開発されてきたため、二酸化炭素排出量削減の観点からの取り組みは十分とは言えない。

そのため、土木研究所ではプロジェクト研究「低炭素社会を実現する舗装技術の開発および評価手法に関する研究」(平成22年~平成27年)を実施している。本プロジェクトでは、舗装材料のさらなる低炭素化を図るべく、技術開発を進めるとともに、より有効な利用や確実な効果を得るために、適用範囲、評価方法などを検討している。本報では低炭素化に有効な中温化技術を取り上げ、プロジェクト研究で開発した中温化技術の二酸化炭素排出量の削減効果について報告する。

2. 中温化技術の概要

2.1 中温化技術とは

一般的な舗装補修工事において、加熱アスファルト混合物は高温で製造、輸送、施工されており、それぞれの過程において燃料の消費により多くの二酸化炭素が排出されている。二酸化炭素排出量のうち、約6割が材料製造段階に起因するとの試算が報告されている¹⁾。アスファルトの種類にもよるが、加熱アスファルト混合物を製造する際に、およそ150℃から180℃で材料を加熱・乾燥する必要があるため、燃料の消費により多くの二酸化炭素が排出される。図-1に示すように、加熱アスファルト混合物の通常製造温度である160℃に対して、製造温度を下げることで燃料の消費量が抑えられ、二酸化炭素排出量を低減することができる。そのため、製造温度を下げる技術として中温

化技術が注目されている。

中温化技術とは、加熱アスファルト混合物を通常よりも30℃程度低減させて製造・施工する技術である。平成22年に「国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律」(グリーン購入法)に基づく特定調達品目に指定されたこともあり、中温化技術の普及に向けた取り組みが促進されている。

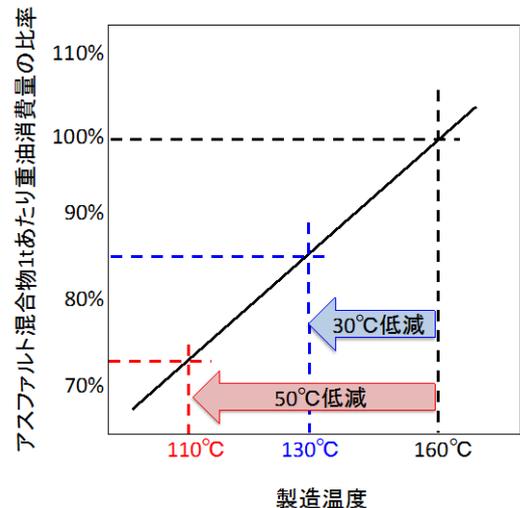


図-1 製造温度の低減による燃料消費量の変化¹⁾

2.2 中温化剤の効果

国内における中温化技術として、一般的に中温化剤とよばれる添加剤を製造時に添加するものが広く使われている。国内の中温化剤にはいくつか種類があり効果発現のメカニズムの違いから発泡系、粘弾性調整系、滑剤系に分類される。現在、一般に利用されているのは製造温度を30℃下げられるものである。中温化剤による製造温度低減効果は、メカニズムの違いに関わらず、中温化剤を添加したアスファルト混合物の締固め特性によって評価される。つまり、図-2に示すように、締固め温度を下げたときに得られる締固め度が、通常のアスファルト混合物と同等の性状を示すことを確認する。

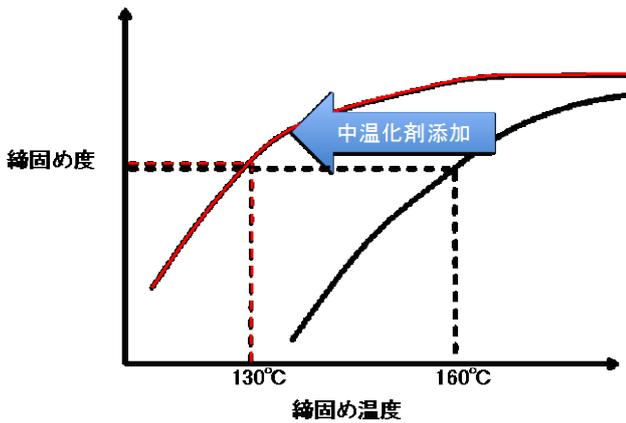


図-2 中温化剤添加による締固め度の変化

2.3 各中温化剤の効果発現メカニズム

2.3.1 発泡系

発泡系は図-3のように、アスファルトモルタル内に微細泡を発生、分散させるプラントミックスタイプの中温化剤である²⁾。図-4のように、アスファルト中の微細な泡により見かけ上のアスファルト容積が増加するため、製造時の混合性が向上するとともに、気泡がベアリングとしての役割を果たし、施工時の締固め性向上に寄与している。

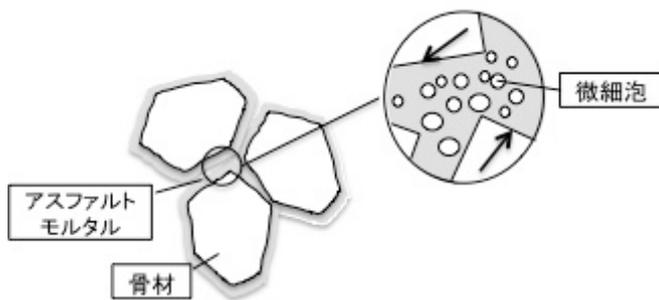


図-3 発泡系中温化剤の概念図

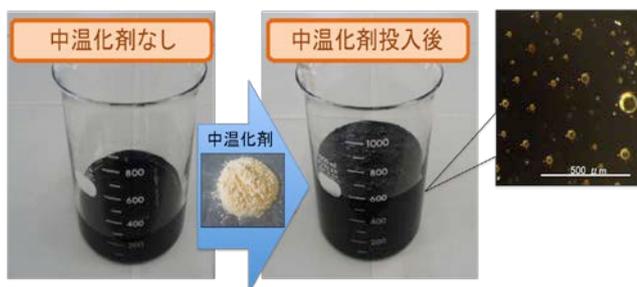


図-4 発泡系中温化剤を添加したアスファルト

2.3.2 粘弾性調整系

粘弾性調整系は、製造温度にあたる高温領域での粘弾性を調整する中温化剤である。常温では固体のようにふるまい、一定の温度以上になると急

激に液体となって骨材を被膜しているアスファルトの表面部分の粘弾性を低下させる。また、このタイプの中温化剤には、アスファルトの組成と分子量分布を調整して、高温域でのアスファルト混合物の粘弾性状を調整するものもある²⁾。いずれにせよ、図-5に示すように、製造・施工温度領域でのアスファルトの粘弾性状を調整することで、混合物の製造・施工温度を低下させることを可能にしており、供用温度領域では、通常の混合物と同等の品質を確保している。

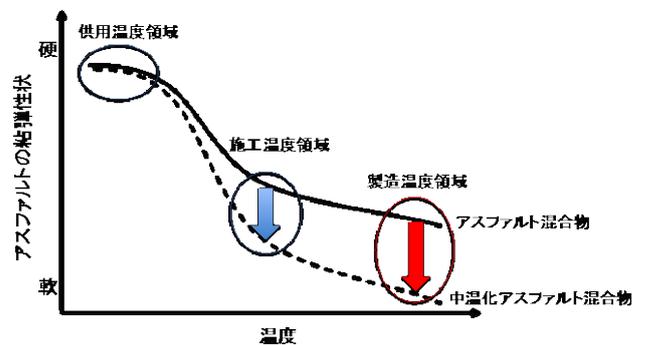


図-5 粘弾性調整系中温化剤によるアスファルトの性状変化の概念図

2.3.3 滑剤系

滑剤系は界面活性剤系ともよばれ、骨材表面に吸着した界面活性剤の効果により、アスファルトと骨材間の潤滑を向上させる中温化剤である (図-6)。アスファルトと骨材界面のすべり性を向上させる滑剤効果により、通常よりも低い温度かつ少ないエネルギーでアスファルトを骨材に被膜させることが可能である。

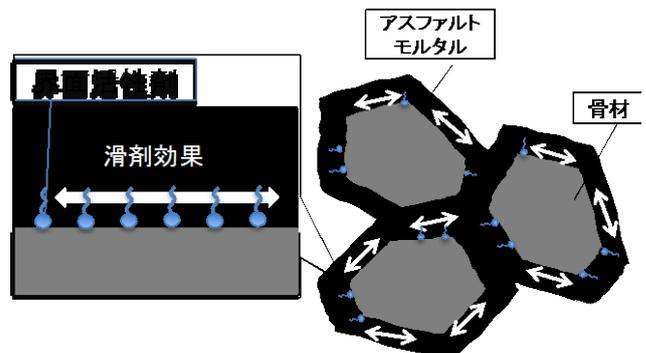


図-6 滑剤系中温化剤の概念図

3. 開発した二酸化炭素排出量抑制型アスファルト混合物の評価

3.1 開発した二酸化炭素排出量抑制型アスファルト混合物

3.1.1 ポリマー改質アスファルト向け中温化剤

ポリマー改質アスファルト(以下「改質アスファルト」という。)は、製造温度がストレートアスファルトよりも20℃近く高い。そのため、製造温度低減効果による二酸化炭素排出量削減効果も高くなることが見込まれる。本研究では、さらなる低炭素化のために、50℃低減効果のある中温化剤を民間企業と共同研究により開発した。

3.1.2 再生混合物向け中温化剤

近年では、既設の舗装からリサイクルした舗装材料(再生骨材)に新しい材料を加えて製造した再生アスファルト混合物(以下「再生混合物」という。)の出荷量が8割を越えている³⁾。再生混合物の製造そのものは、低炭素社会実現に寄与するリサイクル技術のひとつである。そのため、再生混合物に中温化技術を適用することで、技術の普及とさらなる二酸化炭素排出量低減効果が期待される。本研究では、再生混合物に対して適用可能な発泡系中温化剤を民間企業と共同開発した。

ここで、評価対象とした開発品の特徴を下記にまとめる。

- (1) 開発品 A ... 改質アスファルト混合物に対して発泡系中温化剤を添加したもの。製造温度を 50℃低減する効果が見込まれるもの。添加量はアスファルト量の 1.5%
- (2) 開発品 B ... 再生混合物(再生骨材 40%)に対して中温化剤を添加したもの。添加量はアスファルト量の 1.5%
- (3) 開発品 C ... 再生混合物(再生骨材 60%)に対して中温化剤を添加したもの。添加量はアスファルト量の 1.5%

3.2 CO₂排出量原単位による算出方法

開発品の二酸化炭素排出量を算出することで、低炭素化の効果を検証した。算出に必要なCO₂排出量原単位は「舗装の環境負荷低減に関する算定ガイドブック」⁴⁾に準拠した。例として、中温化剤を含まない再生混合物のCO₂排出量原単位の計算例を表-1に示す。

3.3 二酸化炭素排出量の削減率の算出結果

図-7に示すように、新規の改質アスファルト混合物に従来品の中温化剤を添加した場合、二酸化炭素排出量の低減率は3.8%であった。中温化剤の製造による燃料消費が係るため、図-1のように単純に燃料消費量が減るわけではない。しかし、中温化剤製造に伴う二酸化炭素排出量の増加よりも、製造温度の低減に起因する排出量の低減量が上回るため、結果的に二酸化炭素排出量の削減効

表-1 再生混合物のCO₂排出原単位計算例

名称	単位	数量	原単位 (kg-CO ₂ /単位)	CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂)	数量の引用元、根拠		
素材	6号砕石	t	114.92	7.98	917.06	配合設計書	
	7号砕石	t	48.38	7.98	388.07	配合設計書	
	砕砂	t	48.38	7.98	388.07	配合設計書	
	粗砂	t	48.38	11.54	558.31	配合設計書	
	細砂	t	24.19	11.54	279.15	配合設計書	
	石粉	t	18.15	5.41	98.19	配合設計書	
	再生骨材(60%)	t	480.00	2.24	1075.20	配合設計書	
	アスファルト	t	17.80	107.58	1893.06	配合設計書	
輸送	軽油	砕石輸送 20 km	L	243.43	4.19	1019.97	運搬総質量529.2 [t]×輸送距離20 km×運搬トンキロあたり燃料消費量 0.0575 [L/t/km]、改良トンキロ
	軽油	砂輸送 20 km	L	83.46	4.19	349.70	運搬総質量181.44 [t]×輸送距離20 km×運搬トンキロあたり燃料消費量 0.0575 [L/t/km]、改良トンキロ
	軽油	石粉輸送 20 km	L	20.87	4.19	87.45	運搬総質量45.36 [t]×輸送距離20 km×運搬トンキロあたり燃料消費量 0.0575 [L/t/km]、改良トンキロ
	軽油	アスファルト輸送 240 km	L	143.62	4.19	601.77	運搬総質量44 [t]×輸送距離240 km×運搬トンキロあたり燃料消費量 0.034 [L/t/km]、改良トンキロ
製造	電力	kWh	8000.00	0.46	3680.00	アスファルトプラント消費実績	
	A重油	L	7760.00	2.91	22581.60	アスファルトプラント消費実績	
	軽油	L	256.00	2.95	755.20	アスファルトプラント消費実績	
未集計等見込み (アスコン)	t	800.00	7.72	6176.00			
計					40844.79		
1tあたり					51.06		

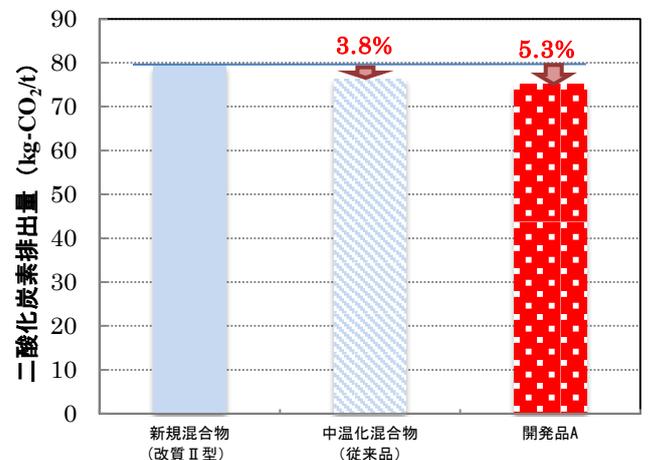


図-7 開発した中温化技術の二酸化炭素低減効果

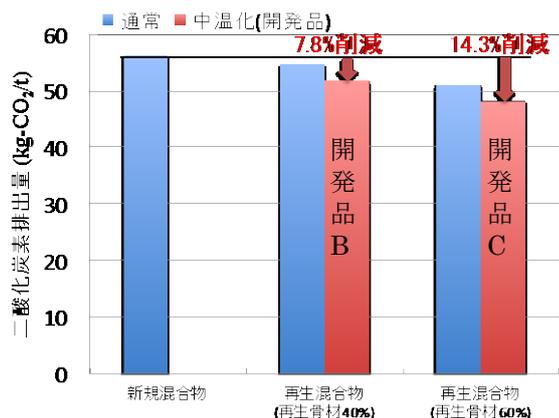


図-8 中温化技術を適用した再生混合物の二酸化炭素排出量の比較

果が得られた。一方、開発品Aは従来品よりも製造温度を50℃低減させることに成功したため、二酸化炭素排出量の低減率は5.3%に達した。

再生混合物についても二酸化炭素排出量を試算し、低減率を算出した。図-8に示すように、再生混合物そのものでも十分に二酸化炭素排出量の削減効果が得られ、再生骨材の配合率が高いほど、削減効果が顕著であった。二酸化炭素排出量の低減率を算出したところ、再生骨材率が40%の場合では2.7%、再生骨材率を60%とした場合では9.2%であった。これらの再生混合物に対して開発した中温化剤を添加することで、それぞれの再生混合物において7.8%、14.3%の二酸化炭素排出量の低減効果があることが明らかとなった。

今後は、他の舗装材料の二酸化炭素排出量も併せてまとめ、データベース化する予定である。

4. まとめ

本報では、開発した二酸化炭素排出抑制型アス

ファルトに対して、CO₂排出量原単位に基づき、二酸化炭素排出量の低減率を算出した。通常のアスファルト混合物だけでなく、再生混合物への適用により、低減効果が高まることが明らかとなった。したがって、他の低炭素技術を積極的に取り入れることで二酸化炭素低減効果のさらなる向上が図れる可能性が示唆された。しかし、再生混合物への中温化技術適用については、品質や耐久性に関する確認が取れておらず、使用実績が少ないのが現状である。今後、技術の普及とさらなる二酸化炭素排出量抑制に貢献するために、中温化技術を適用した再生混合物の耐候性や長期供用性等の性能や品質の検証を行う予定である。

謝 辞

本研究の成果は、プロジェクト研究「低炭素社会を実現する舗装技術の開発および評価手法に関する研究」にて、民間企業との共同研究により得られたものである。ここに記して関係各位に謝意を示す。

参考文献

- 1) 川上篤史、新田弘之、加納孝志、久保和幸：加熱アスファルト混合物製造に関わるCO₂排出量とその影響要因について、土木学会舗装工学論文集、第14巻、pp.67~75、2009
- 2) 日本道路建設業協会：中温化(低炭素)アスファルト舗装の手引き、2012
- 3) 日本アスファルト合材協会：アスファルト合材年報、2014
- 4) 舗装委員会 舗装性能評価小委員会：舗装の環境負荷低減に関する算定ガイドブック、日本道路協会、2014

辻本陽子



土木研究所先端材料資源研究センター材料資源研究グループ 研究員、博(農)
Dr. Yoko TSUJIMOTO

新田弘之



土木研究所先端材料資源研究センター材料資源研究グループ 上席研究員、博(工)
Dr. Hiroyuki NITTA

西崎 到



土木研究所先端材料資源研究センター材料資源研究グループ 上席研究員、博(工)
Dr. Itaru NISHIZAKI

川上篤史



土木研究所道路技術研究グループ舗装チーム 主任研究員、博(工)
Dr. Atsushi KAWAKAMI

久保和幸



土木研究所道路技術研究グループ舗装チーム 上席研究、工修
Kazuyuki KUBO