

# 低炭素・中温化アスファルト舗装 エコファイン

吉中 保<sup>1</sup>・石田 正志<sup>2</sup>

<sup>1</sup>株式会社NIPPON 研究開発本部技術研究所（〒140-0002 東京都品川区東品川3-32-34）

<sup>2</sup>株式会社NIPPON 中国支店技術グループ（〒732-0824 広島市南区的場町1-2-19）



従来の舗装品質を保ちながら、アスファルト混合物を製造する際のCO<sub>2</sub>排出量を削減できる中温化技術「エコファイン」について、製造温度を30℃低減した場合の品質確認の事例や、CO<sub>2</sub>排出量の試算結果を紹介した。良好なアスファルト混合物が製造でき、現場ではローラ転圧での締固め性やワーカビリティが確保できるなど、製造温度の低減に対する品質や施工性への懸念を完全に払拭できるエコファインは、低炭素社会への取組みに貢献できる新しい技術である。

キーワード 低炭素，中温化技術，CO<sub>2</sub>排出削減，環境保全

## 1. はじめに

アスファルト舗装を構築する材料製造から現場での施工までの一連の過程において、排出されるCO<sub>2</sub>量の約84%が資材を製造する段階で発生しており<sup>1)</sup>、材料を加熱して製造するアスファルト混合物がその多くを占めている。「エコファイン」は、従来のアスファルト舗装の品質を保ちながら、アスファルト混合物を製造する際に発生するCO<sub>2</sub>量を大幅に削減できる、これからの低炭素社会にマッチした中温化アスファルト舗装である。

アスファルト舗装は、プラントでアスファルトと骨材とを適切に混合して、現地で十分に締め固めることで所要の舗装品質が得られる。常温では固く、高温では溶けて柔らかくなる熱可塑性のアスファルトを使うことから、良好な混合性と締固め性が得られるように、製造温度は155℃～175℃程度に設定される。プラントでは、この製造温度を得ることと水分除去を目的に、骨材をドライヤで高温に加熱しており、その際に燃料を消費してCO<sub>2</sub>を排出している。

エコファインは、当社が独自に開発した中温化技術であり、製造温度を通常（155℃～175℃程度）よりも約30℃低く設定しても、従来と同等の舗装品質が確保でき、材料加熱を抑制することによるCO<sub>2</sub>排出量の削減が可能である。ここでは、舗装品質を確保しながら製造温度の低減が図れるエコファインの概要や、製造温度を約30℃低減して品質を検討した事例（写真-1）、CO<sub>2</sub>排出量の削減効果に関する試算例について示す。

なお、エコファインは第2回建設技術開発賞の受賞技術（国土技術研究センター）であり、NETIS登録技術（登録番号 CB-980017-A）である。



写真-1 エコファインの適用事例

## 2. エコファインについて

### (1) 概要

エコファインは、アスファルト混合物の製造時における混合性や、舗設時における締固め性あるいは施工性等の向上を図ることによって、製造時および舗設時における温度条件を通常よりも低減することができる中温化技術である。

エコファインは、アスファルト混合物を製造する際に独自に開発した中温化剤を添加することで、骨材を被覆するアスファルト内にムース状の微細な泡（写真-2）を大量に発生させ、らに舗設が終了するまで保持させることで、製造から舗設において次のような効果が得られる。

①製造時には、微細泡が大量に発生することでアスフ

アールト容積が見掛け上増大するとともに、アスファルトが発泡することによって骨材被覆が容易となり、混合性が改善する

②舗設時には、混合物中に分散している微細泡による一種のベアリング的な働きによって、ローラなど締固め機械によるニーディング作用を効果的に増幅(図-1)させて、締固め性が向上する

③施工端部における人力施工など、微細泡がアスファルト混合物のワーカビリティを向上させて施工性が飛躍的に改善するとともに、良好な仕上がりが得られる

このように、エコファインは混合物の製造から舗設までの全ての過程にわたって微細泡の効果を最大限活用しており、特に、舗設時において高い締固め効果が得られることに特徴がある。この優れた効果を持つ微細泡は独自に開発した中温化剤によって得られ、効果の持続性については、これまでの多くの施工実績から一般的な舗装工事で必要とされる施工時間内においては全く問題の無いことを確認しており、二次転圧終了後の温度低下により効果の発現は収束する。



写真-2 中温化剤によるムース状のアスファルト発泡

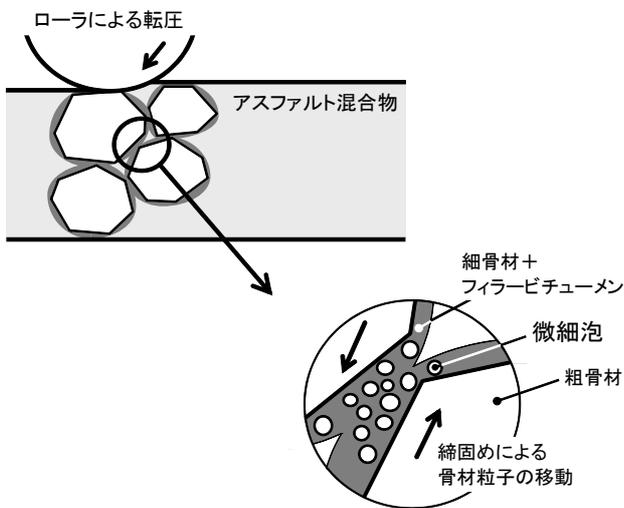


図-1 微細泡による締固め効果

## (2) 微細泡による締固め効果

エコファインの締固め特性について、ニーディングによる締固め(実施工のローラ転圧に類似)が可能なジャイレトリー試験機を用いた場合の、ジャイレトリー回転数と空隙率の関係を図-2に示す。

図より、同じ温度での中温化剤有無による比較(□と■)では、中温化剤を使用した方が同じ回転数での空隙率が小さく(a)締固め性が向上している。また、同じ空隙率を得るために必要な回転数は、中温化剤ありの方が少なく(b)、締固めに要するエネルギーが少ない。さらに、温度条件を30℃低減した中温化剤あり(■)は従来混合物(●)とほぼ同様の締固めカーブを描いていることがわかり、中温化剤を使用することによって、製造温度を30℃低減しても従来と同等の締固め特性が得られることがわかる。

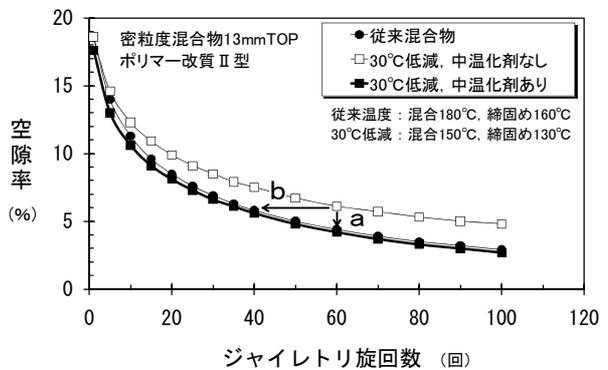


図-2 中温化剤による締固め効果

## (3) エコファインの適用方法と効果

表-1 に示すように、エコファインには2つの適用方法がある。アスファルト混合物の品質を確保しつつ製造温度を低減する場合と、製造温度を従来と同様にして高い締固め性を活用する場合である。これを使い分けることによって、CO<sub>2</sub>排出削減など環境対策や、厚層施工や交通規制時間の短縮など早期に舗装体温度を低下させたい場合、あるいは寒冷期施工など温度が低下しやすい状況で舗装品質を確保したい場合に使うことができる。

表-1 エコファインの適用方法と効果

製造温度	適用目的	効果
約30℃低減	製造時の材料加熱抑制	・製造時の省エネルギー ・CO <sub>2</sub> 排出量の削減
	舗設時の早期温度低減	・交通規制時間の短縮(工事渋滞の緩和) ・初期わたちの抑制(補修サイクルの延長) ・施工効率の改善(厚層施工, 夏期)
従来と同じ	寒冷期施工	・舗装の品質確保 ・施工性の改善
	橋面防水層アスコンの品質確保	・舗装体の防水性確保(持久的な舗装構築)
	舗装端部など人力施工 特殊アスコンの使用	・舗装の品質確保 ・施工性の改善 ・廃棄合材の削減

### 3. 実施工における舗装品質の検証

#### (1) 施工概要

ここでは、常磐自動車道の上り第一走行車線（三郷IC～土浦北IC間）でエコファインを適用した事例を紹介する。適用した主たる目的は、交通規制が伴う切削オーバーレイ工事において、アスファルト混合物の製造温度を低減することによって舗装体温度が所定温度に早期に低下することによる交通規制時間の短縮化、ならびに交通開放初期のわだち発生の防止である。

施工区割は図-3に示すとおりである。A・B工区は表層と基層の合計厚さが10cmで、C・D工区は表層と大粒径基層の合計厚さが14cmであり、それぞれ中温化工区と標準工区（従来混合物）を設定している。なお、各工区には舗装体温度を測定する熱電対を図-3のとおり設置した。

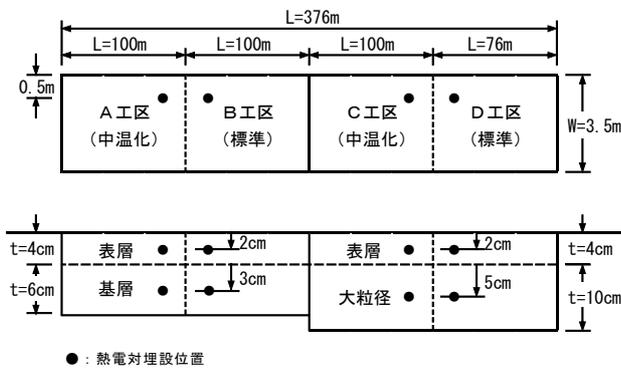


図-3 施工区割

#### (2) 混合物の配合

室内において各混合物の性状検討を行った結果を表-2に示す。使用した加熱アスファルト混合物は、表層用混合物（TypeA）と基層用混合物、ならびに大粒径基層用混合物の計3種類であり、中温化剤の添加量についてはこれまでの実績から設定した。

表より、各混合物のマーシャル特性値と動的安定度は標準（従来混合物）とほぼ同等であり、温度条件の低減に対するアスファルト混合物の品質は中温化剤を使用することで確保されている。

#### (3) 施工状況と舗装体温度の測定結果

プラントにおけるアスファルト混合物の製造は、室内試験で設定した配合で表-3に示す条件で行い、混合時間は同一であるため中温化の製造効率は変わらない。また、舗装は敷均しにTV型アスファルトフィニッシャーを使用し、転圧は表-4に示す条件として転圧回数は同一とした。熱電対で測定した舗装時の舗装体温度の経時変化を、A・B工区を図-4に、C・D工区を図-5に示す。これより、舗装体温度は敷均し直後から約1時間後まで急速に低下

表-2 混合物の配合と性状

項目	混合物種	表層 (TypeA)		基層		大粒径	
		標準	中温化	標準	中温化	標準	中温化
配合 (%)	砕石4号	-	-	-	-	27.0	-
	砕石5号	-	-	22.5	22.5	10.0	-
	砕石6号	34	34	22.0	22.0	24.0	-
	砕石7号	21	21	11.0	11.0	9.0	-
	スクリーングス	15	15	15.0	15.0	11.0	-
	粗砂	16	16	17.0	17.0	15.0	-
	細砂	7	7	7.0	7.0	-	-
アスファルト量 (%)	石粉	7	7	5.5	5.5	4.0	-
	アスファルト量	5.8	5.8	5.3	5.3	4.6	-
アスファルトの種類		ポリマー改質Ⅱ型		ストレートアスファルト60/80			
標準、中温化の別		標準	中温化	標準	中温化	標準	中温化
温度	混合 (°C)	180	150	155	130	155	130
	締固め (°C)	160	130	140	110	140	110
中温化剤の添加量 (%)		0	3.5	0	3.5	0	3.5
性状	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.369	2.360	2.368	2.369	2.403	2.401
	空隙率 (%)	3.3	3.7	4.1	4.1	3.6	3.7
	飽和度 (%)	80.1	78.3	74.4	74.6	74.8	74.3
	安定度 (kgf)	1592	1620	1498	1366	1124	1224
	残留安定度 (%)	89.3	93.6	86.6	89.4	86.2	87.9
	フロー (1/100cm)	35	37	30	30	36	36
	動的安定度 (回/mm)	4,600	4,400	800	900	1,100	1,100

注) 中温化剤の添加量は対アスファルト重量比  
マーシャル突固めは両面75回

表-3 プラントでの製造条件

項目	混合物種	表層 (TypeA)		基層		大粒径	
		標準	中温化	標準	中温化	標準	中温化
製造条件	混合量 (kg/バッチ)	2,000					
	ドライ混合 (秒)	5					
	ウエット混合 (秒)	35					
	混合温度 (°C)	180	150	155	130	155	130
	標準、中温化の別	標準	中温化	標準	中温化	標準	中温化

表-4 現場での転圧条件

混合物種	転圧条件	初転圧 7~8ton級振動ローラ				二次転圧 25ton級タイヤローラ			
		転圧回数 (回)	目標温度 (°C)		転圧回数 (回)	目標温度 (°C)			
			標準	中温化		標準	中温化		
表層	無振 3	160±10	135±10	7	120以上	100以上			
基層	無振 3	140±10	110±10	7	110以上	80以上			
大粒径	無振 2,有振 7	140±10	110±10	7	110以上	80以上			

したのち緩やかに低下していき、連続して舗装する厚さが厚いほど温度低下が鈍くなり、表層が所定の温度まで低下するのが遅くなっていることがわかる。表層内部温度が60°Cまで低下する標準工区と中温化工区との時間差は、A・B工区で中温化が約50分短く、C・D工区で約70分短い結果となった。表層を敷き均してから3~4時間が経過した時点（養生時間帯に相当）での温度低下が30分間で1~2°Cしか低下しないことを考えれば、敷均し時点で混合物温度を低く設定している中温化の効果は大きい。特に、舗装厚さが厚いほど、製造温度の低減は交通開放までの養生時間の短縮に有効である。

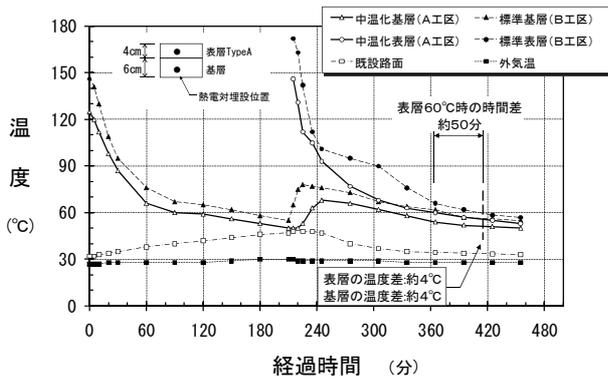


図-4 舗設時の舗装体温度の推移 (A・B工区)

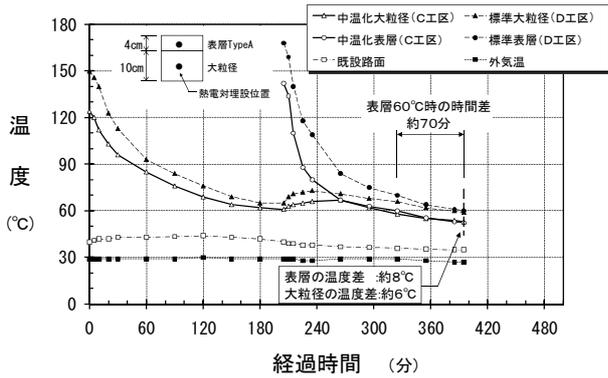


図-5 舗設時の舗装体温度の推移 (C・D工区)



写真-4 人力施工による混合物の敷均し



写真-5 起終点部の既設舗装との横断ジョイント



写真-3 転圧状況

一方で、標準工区の表層内部温度が60°Cまで低下した時点での中温化工区の温度は、A・B工区で約4°C、C・D工区で約8°C低い。舗装体の温度が低いほど動的安定度が増すことから考えれば、製造温度を低減して交通開放時の舗装体温度を少しでも低下させることは、交通開放初期のわだち掘れ発生を防止することにつながるものと期待できる。

施工状況を写真-3～5に示す。中温化工区の転圧時には、舗装面に適度なニーディングが観察されている(写真-3)。工区起終点部では人力で敷均しを行うが、アスファルト混合物の温度を低くしている中温化工区のエコファインは混合物が“さらさら”していて、レーキマン

など作業員からの評判も「扱いやすい」と良好だった(写真-4)。また、既設舗装面との横断ジョイントの接合面も密着した仕上がりとなっており(写真-5)、エコファインによる良好な締固め効果が発揮されたものと判断した。

#### (4) 供用時の路面性状

表-5に示す現場切り取りコアの測定結果から、中温化工区と標準工区の舗装体の締固め度はほぼ同等であり、製造温度の低減に対する締固め性は確保されていることを確認した。また、施工直後と供用後6ヶ月経過時に測定した路面性状の結果(表-6)から、初期わだちの発生はほぼ見られず、平坦性など特に問題は見られなかった。

表-5 現場切り取りコアの測定結果

項目	混合物種		表層 (TypeA)		基層		大粒径	
	標準	中温化	標準	中温化	標準	中温化	標準	中温化
現場コア密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.314	2.309	2.369	2.363	2.379	2.378		
現場コア空隙率 (%)	5.7	5.9	4.1	4.3	4.6	4.6		
現場コア締固め度 (対標準, %)	98.1	99.8	100.2	99.7	99.6	100.0		

表-6 供用6ヶ月後までの路面性状

項目	わだち掘れ量 (mm)		平坦性 標準偏差σ(mm)		すべり抵抗 (BPN)	
	施工直後	6ヶ月後	施工直後	6ヶ月後	施工直後	6ヶ月後
A(中温化)	1	1	0.86	1.03	70	72
B(標準)	2	2	0.74	0.82	73	68
C(中温化)	1	1	0.98	0.84	72	70
D(標準)	1	1	0.79	0.82	74	71



写真-6 供用6ヶ月後の路面状況

#### 4. CO<sub>2</sub>排出量の削減効果

アスファルト混合物の製造においては、骨材の乾燥と適正な製造温度を確保すべく骨材をドライヤで加熱し、加熱の程度は目標とする製造温度や骨材のストック含水比の状態によって調整される。アスファルト混合物を製造する際に発生するCO<sub>2</sub>は、骨材を加熱するためのバーナの燃焼、すなわち重油などの燃料の燃焼にともなって生成される。発生するCO<sub>2</sub>は材料を加熱するための燃料消費によるものがほとんどであり、CO<sub>2</sub>排出量は燃料の消費量に比例する。

アスファルト混合物を製造する際の燃料消費量は、プラントでの製造過程における各材料（骨材やアスファル

表-7 製造温度とCO<sub>2</sub>排出量の関係

アスファルト混合物の製造温度 (°C)	CO <sub>2</sub> 排出量 (kg/混合物トン)	ストレートアスファルト		改質アスファルト	
		製造温度の低減量	CO <sub>2</sub> 削減率 (%)	製造温度の低減量	CO <sub>2</sub> 削減率 (%)
180°C	20.3	標準温度	0	標準温度	0
170°C	19.4			—	4.4
160°C	18.5	標準温度	0	—	8.8
150°C	17.6	—	4.9	30°C低減	13.7
140°C	16.7	—	9.7	—	17.7
130°C	15.8	30°C低減	14.6	50°C低減	22.1
120°C	15.0	—	19.4	—	—
110°C	14.1	50°C低減	24.2		

注)プラントでの材料加熱にともなうCO<sub>2</sub>排出量の試算値  
骨材含水率は3%、外気温は30°Cの場合

ト)の熱交換を模式化することで可能であり、これに燃焼する際に生成されるCO<sub>2</sub>量を乗算することで、混合物製造時に発生するCO<sub>2</sub>排出量を試算することができる。

表-7は、その試算結果である。これより、製造温度を30°C低減すると、CO<sub>2</sub>排出量は約14%削減することがわかる。実際のプラントで製造温度を変化させた場合の重油消費量を把握すると、これと同様の傾向が見られることを確認している。

なお、エコファインを用いて建設から取壊し処分までを試算すると、8~10%削減する結果が得られる。

#### 5. おわりに

本文では、従来の舗装品質を保ちながら、アスファルト混合物の製造時におけるCO<sub>2</sub>排出量を削減できる中温化技術「エコファイン」について、現場での品質確認の事例やCO<sub>2</sub>排出量の試算結果の例を紹介した。

エコファインは独自に開発した中温化技術であり、発生させる微細泡が混合物製造時の単なるフォーム的な発泡効果だけでなく、現場で舗設する際のローラ転圧による締固め性の向上や、人力敷均しでのワーカビリティを確保するなど、低温化したアスファルト混合物でも従来と同様に容易に取り扱えるように中温化剤の開発においては工夫を施している。

当社におけるエコファインの施工実績は、平成21年3月末までに約70万m<sup>2</sup>となっており、厚層施工時の早期温度低減や規制時間短縮などを目的に製造温度の低減を図る、あるいは寒冷期など舗装品質を確保することを目的に製造温度を変えずに締固め効果を利用するものなど、さまざまな用途で活用されている。開発して以降、現場での不具合はほとんど発生しておらず、当社内では、現場で技術的な制約が特に無く使うことができる汎用技法として一般的に取り扱われており、技術的には安定していると判断している。

低炭素社会などCO<sub>2</sub>排出削減に向けた取組みが世界的に本格化してきている中で、欧米を含む道路舗装分野では中温化技術（英語名：Warm-Mix Asphalt）が脚光を浴びており、日本もその例外ではない。地球温暖化防止という環境保全の中でも最も中心的な位置にある課題に対して、道路舗装から対処することができる技術として、中温化技術「エコファイン」は、これからも貢献できるものと期待している。

#### 参考文献

- 1) 舗装性能評価法別冊, (社)日本道路協会