

舗装の長寿命化・延命化による CO₂排出量の抑制効果について

川上篤史¹・新田弘之²・久保和幸³

¹正会員 独立行政法人土木研究所道路技術研究グループ（〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6）

E-mail : kawakami@pwri.go.jp

²正会員 博(工) 独立行政法人土木研究所材料地盤研究グループ（〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6）

³正会員 工修 独立行政法人土木研究所道路技術研究グループ（〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6）

CO₂排出抑制機能を有する舗装技術は、加熱アスファルト混合物の製造温度低下技術、常温製造技術、リサイクル技術、長寿命化技術等が考えられている。本研究では、このうち長寿命化技術（コンポジット舗装）、延命化技術（マイクロサーフェシング等）について、ライフサイクル（材料製造、材料輸送、施工、廃棄）を通じたCO₂抑制効果を明らかにした。その結果、コンポジット舗装のCO₂排出量は普通コンクリート舗装に比べ、新設時には多くなるが、60年間の総排出量は約16%抑制できることがわかった。また、アスファルト舗装では、延命化技術に加え、中温化技術やプラント再生工法、路上再生路盤工法を併用した場合、通常の補修工法（切削オーバーレイ）を繰り返す場合に比べ、50年間の総排出量で約29%抑制出来ることが分かった。

Key Words : CO₂ emission, Life-cycle CO₂, Long-life pavement, Extended-life technologies, Composite pavement

1. はじめに

近年、地球温暖化に対する国民の意識が高まる中、わが国のCO₂排出量は2008年時点で12億8,000万(t-CO₂)である¹⁾。これは、京都議定書の基準年である1990年の12億6,100万(t-CO₂)に比べ、実際には1.6%増加していることとなり、低炭素社会に向けた様々な取り組み・技術開発が一層求められている。

舗装分野においても例外なく低炭素社会に向けた取り組みがますます重要となってくるが、それには低炭素舗装技術の新開発や更なる高度化を行うとともに、既存技術を低炭素技術としての可能性を見出すため、CO₂排出量の定量的評価を行う必要があると考えられる。

「環境に配慮した舗装技術に関するガイドブック(日本道路協会、平成21年6月)」²⁾では、CO₂排出抑制機能を有する舗装技術として、加熱アスファルト混合物の製造温度低下技術、常温製造技術、リサイクル技術、長寿命化技術が挙げられている。このうち、加熱アスファルト混合物の製造温度低下技術に位置づけられている中温化技術、リサイクル技術であるプラント再生舗装工法、路上再生舗装工法については、これまでの研究^{3)~5)}によりCO₂排出量の低減効果を明らかにしてきた。一方、常温製造技術や長寿命化技術については、これまでにCO₂排

出量の試算^{6,7)}は行っているものの、古いデータに基づくものであり、現在の技術での効果は明確でない。

常温製造技術には、チップシーラやマイクロサーフェシングが含まれ、これらの技術は表面処理によって既設舗装を延命化しようとするものである。近年、クラックシーラも延命化を期待されており、こうした延命化によるCO₂排出抑制効果の明確化が求められている(本論文では、これらを延命化技術と呼ぶ)。また、コンポジット舗装のように新設時から長寿命化を図るものにもCO₂排出抑制効果の明確化が求められている。

本研究では、長寿命化技術であるコンポジット舗装、延命化技術のマイクロサーフェシングおよびチップシーラ、クラックシーラに着目し、ライフサイクルを通じたCO₂抑制効果を明らかにする。また、これらCO₂削減に資する舗装技術や工法を選択・活用することによって、ライフサイクルを通じた長期間のCO₂排出量を明らかにすることを目的とする。

2. 検討概要および試算条件

本研究では、まず、長寿命化技術および延命化技術について、後述するように材料使用量や燃料消費量を文献

やヒアリング等により明らかにし、CO₂排出量を試算した。次に、これら長寿命化技術および延命化技術は工法によって補修までの期間が異なることから、ライフサイクル（材料製造、材料輸送、施工、廃棄）を通じたCO₂排出量を試算するため、各排出段階のCO₂排出量を累積し、比較・検討を行った。

最後に、長寿命化技術、延命化技術の他に、加熱アスファルト混合物の製造温度低下技術やリサイクル技術も含め、舗装工事におけるCO₂排出量抑制効果の可能性について検討した。

(1) 各舗装技術のCO₂排出量の試算

長寿命化技術および延命化技術のCO₂排出量の試算にあたっては、表-1に示す舗装技術を対象とした。通常舗装としてアスファルト舗装（以下、As舗装）、コンクリート舗装（以下、Co舗装）、長寿命化技術としてコンポジット舗装、延命化技術としてマイクロサーフェシング、チップシール、クラックシールである。このうち、長寿命化技術であるコンポジット舗装は、表・基層にアスファルト混合物、下層に普通コンクリート版を用いる舗装構成である。延命化技術であるマイクロサーフェシング、チップシール、クラックシールについては、これらの基盤となる舗装は表-1のAs舗装と同様である。なお、マイクロサーフェシングは1技術、チップシールは3技術、クラックシールは4技術について、CO₂排出量の算出を行った。

(2) 試算ケースの設定

舗装のライフサイクルを通じたCO₂排出量の試算においては、図-1に示すように、As舗装、Co舗装、コンポジット舗装において、新設から打換えまでの期間を対象とした。As舗装、Co舗装の設計期間は、それぞれ10年および20年である（ケースA、ケースB）。舗装構成は図-2に示すとおり、N₆（舗装計画交通量1,000台以上3,000台未満）である。

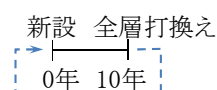
コンポジット舗装の舗装構成は、表・基層に8cmのアスファルト混合物、下層に普通コンクリート版を用いる構造である。コンポジット舗装の打換え期間に関するデータは見あたらないことから、舗装の構造に関する技術基準・同解説⁹⁾においてCo舗装の新設から補修までの期間がC,D交通で24.3年であったことを参考とした。新設から上層路盤の打換えまでの期間を30年間とし、その間2回のアスファルト混合物層の切削オーバーレイ（以下、切削OL）を繰り返す試算条件とした（ケースC）。

また、実際のAs舗装においては、交通量や予算の都合等により、切削OLを繰り返しており、結果として打換え期間が設計期間より長くなっているのが現状である。舗装の構造に関する技術基準・同解説⁹⁾では、As舗装の新設から補修までの期間を全国で調査した結果、L,A,B交通で20.2年、20.5年、16.8年となったと報告がある。

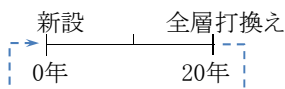
表-1 CO₂排出量を試算した舗装技術

種類	試算対象技術	適用
通常舗装 (比較)	アスファルト舗装	密粒度アスファルト混合物
	コンクリート舗装	普通コンクリート舗装
長寿命化技術	コンポジット舗装	Co舗装にAs層8cmオーバーレイ
延命化技術	マイクロサーフェシング	施工厚:5mm
	チップシール	a. 一層乳剤タイプ
		b. 二層乳剤タイプ
		c. フォームドタイプ
	クラックシール	a. 高弾性タイプ1
		b. 高弾性タイプ2
		c. 低弾性タイプ
		d. 汎用タイプ

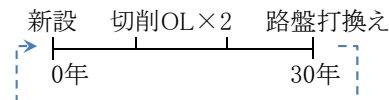
a) ケースA: As舗装 設計年数 10年
新設後、10年後に全層打換えを行う



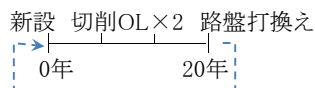
b) ケースB: Co舗装 設計年数 20年
新設後、20年後に全層打換えを行う



c) ケースC: コンポジット 切削OLを繰り返して30年
新設後、10、20年目にAs層(8cm)の切削OLを行い、30年目にAs中間層以上を打換え



d) ケースD: As舗装 切削OLを繰り返して20年
新設後、表・基層を2回切削OLを行い、20年目に上層路盤以上を打換え



e) ケースE: ケースDに延命化技術を適用して1.2倍に延命
新設後、切削OLおよび打換えの間に延命化技術を適用し、打換えまでの期間を1.2～1.5倍に延命(図は1.2倍)

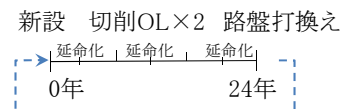


図-1 試算ケース

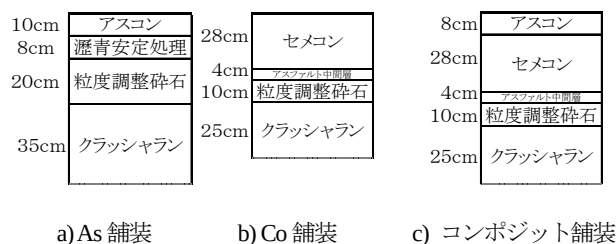


図-2 舗装断面

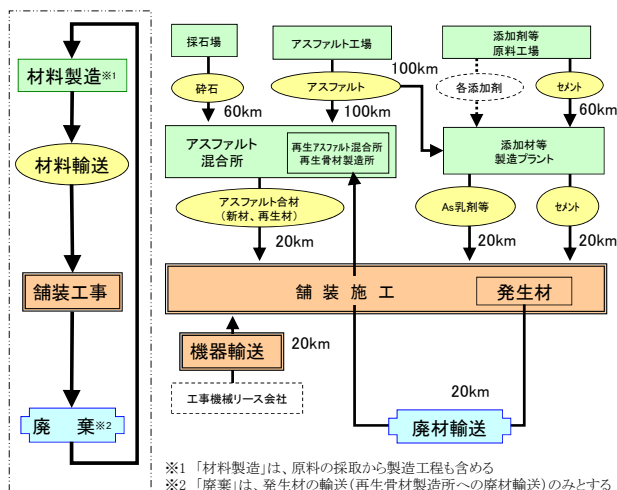


図-3 試算段階および輸送距離

C, D 交通といった重交通路線においては、路盤までの打換えが行われるケースが少なかったとして明確なデータは得られていないが、本試算ではこれらを参考に路盤の打換え期間を20年とし、その間2回の切削OLを行う試算条件とした(ケースD)。

延命化技術については、基盤となるAs舗装やCo舗装の補修までの期間を延長させたという明確なデータは得られていない。ここで、直轄国道の舗装管理を行うにあたって試行的に行われている予防的修繕工法(シーリング材注入工や切削工法)では、3年程度以上の効果持続性が期待されている⁹⁾。ケースDの路盤打換えまでの期間は20年であり、延命化技術を適用した結果4年延長した場合(延命効果=1.2倍)をケースE(1.2)とした。また、比較として更なる延命効果として1.5倍についても、そのCO₂排出量を試算した(ケースE(1.5))。なお、延命化技術のうち、チップシーリングは重交通道路に通常適用していないが、CO₂抑制効果の把握のため試算対象とした。

(3) 試算範囲の設定

舗装のライフサイクルを通じたCO₂排出量の試算においては、検討範囲および輸送距離を図-3に示すとおり設定した。この輸送距離については、都道府県や都市の各資材の生産拠点の配置、分散状況等の検討事例¹⁰⁾を参考に設定した。

CO₂の排出段階として、材料製造、材料輸送、舗装工事、廃棄である。廃棄においては、既設のアスファルト舗装発生材およびコンクリート舗装のセメント・コンクリート塊を現状においてほぼ全て再利用していることから、廃材輸送(再生骨材製造所に輸送)のみとした。

(4) 使用資材および機器等の数量

工事に使用する資材の物質・材料条件(表-2)および機器等の燃料消費量(表-3)については、土木工事標準積算基準書⁹⁾に掲載している舗装工(アスファルト舗装工やコンクリート舗装工、路盤工など)や道路維持修

表-2 材料条件

名 称	材 料 条 件
As 混 合 物	基準密度:2.35t/m ³ , ロス率:0.07, As量:5.5%, 骨材比重:2.7t/m ³
As 乳 剤	プライムコート散布量:1.26L/m ² , タックコート散布量:0.43L/m ²
瀝青安定処理路盤材	基準密度:2.35t/m ³ , ロス率:0.07, As量:4.0%, 骨材比重:2.7t/m ³
セメントコンクリート	セメント量:305kg/m ³ , ロス率:0.04, 骨材比重:2.7t/m ³

表-3 使用機器および燃費

使用機器	使用燃料	燃料消費率※1
路面切削機	軽 油	0.132 L/m ²
路面清掃車	軽 油	0.039 L/m ²
アスファルトフィニッシャー	軽 油	0.019-0.053 L/m ²
ロードローラー	軽 油	0.015-0.030 L/m ²
タイヤローラー	軽 油	0.018-0.036 L/m ²
コンクリートフィニッシャー	軽 油	0.057 L/m ²
コンクリートレベラー	軽 油	0.031 L/m ²
ラフテレーンクレーン	軽 油	0.024 L/m ²
ダンプトラック(2t-25t)	軽 油	4.90-19.72 L/h
コンクリートカッター	ガ ソ リ ン	0.055-0.186 L/m
スタビライザー	軽 油	0.166 L/m ²
モータグレーダ	軽 油	0.056 L/m ²
バックホウ	軽 油	0.210 L/m ²
散水車	軽 油	4.720 L/h

※1 燃料消費率は、日当たり施工量、運転日あたりの燃料消費量により算出

表-4 CO₂排出量原単位

燃料および素材・材料の種類	単位	CO ₂ 排出量(kg-CO ₂)	出典
電 力	kWh	4.46×10 ⁻¹	JEMAI-LCA※1
ガ ソ リ ン	L	2.47	
A 重 油	L	2.83	
軽 油	L	2.72	
灯 油	L	2.60	
ア ス フ ァ ル ト	kg	2.48×10 ⁻¹	文献10
アスファルト乳剤	kg	1.60×10 ⁻¹	文献3
ポルトランドセメント	kg	7.88×10 ⁻¹	文献12
骨 材 生 産	t	5.39	文献13
再 生 骨 材 製 造	t	2.08	
新規混合物製造 ^[注]	t	2.89×10 ¹	
再生混合物製造 ^[注]	t	3.25×10 ¹	

[注]アスファルト混合所の稼働に係るCO₂排出量であり、アスファルトや骨材等素材の生産に係るCO₂排出量は含まれない

※1 LCA算定ソフトウェア((独)産業技術総合研究所・(社)産業環境管理協会)

繕工(路面切削工、道路打ち換え工など)に従い算出し、同基準書に掲載していない舗装技術(マイクロサーフェシング、チップシーリング、クラックシーリングなど)については、ヒアリング等により積み上げを行うこととした。

(5) CO₂排出量原単位

舗装工事において使用する資材等のCO₂排出量原単位を表-4に示す。原単位は基本的に積み上げ法により求めたものとし、これまでに公表されているものや既存のデータベースなどの値を用いた。なお、生コンクリートの製造等については、メーカー等に消費燃料等に関するヒアリングを行い、CO₂排出量原単位を作成した。

3. 試算結果

(1) 新設時のCO₂排出量

a) 長寿命化舗装

As 舗装, Co 舗装, コンポジット舗装を新設する際の材料使用量および燃料消費量を積み上げた結果を表-5に示す。これに, CO₂排出量原単位を乗ずることで, CO₂排出量を算出することが出来る。

ここで, 生コンクリートの製造に係る燃料消費量について, 生コンクリート工場等にヒアリングを行った結果を表-6に示す。生コンクリートの製造に係る燃料消費量については, 2 工場から年間(2008 年)の生コンクリート製造量と電気使用量の実績値, 1 工場から理論値を得ることが出来た。ただし, 今回, 理論値での回答を得た 1 工場(プラント C)は, 実績値と大きく異なることから CO₂排出量原単位の設定根拠からは除外し, 2 工場のデータを平均した。その結果, 生コンクリート製造に係る CO₂排出量原単位は, 1.79kg-CO₂/m³であった。なお, 生コンクリート工場の消費燃料が電力だけであるのは, 採石場等から搬入した骨材は, そのまま受け入れホッパに搬送し, プラント内はベルトコンベアで搬送されるため, ほぼ全てが電力でまかなわれているからである。ここで, 既往研究¹⁴⁾において, 電気使用量は 2.0~8.0kWh/m³の範囲であったという報告がある。今回の調査データ(4.0, 4.1kWh/m³)は中間を位置していることから, 妥当であると考えられる。

セメント混和剤(AE 減水剤)については 1 メーカーからヒアリングにより, 鉄鋼については文献¹⁵⁾からデータを得ることができた(表-7)。

これらの CO₂排出量原単位と表-5 で積み上げた材料使用量および燃料消費量を乗ずることで, CO₂排出量を算出することが出来る。

As 舗装, Co 舗装, コンポジット舗装を新設する際の CO₂排出量試算結果を図-4に示す。いずれのケースも材料製造が多くを占めており, 施工時の CO₂は少ないことが分かる。また, コンポジット舗装の新設時の CO₂排出量が一番多く, As 舗装は Co 舗装およびコンポジット舗装の CO₂の約半分であった。

b) 延命化技術

マイクロサーフェッシングは 1 技術, チップシールは 3 技術, クラックシールは 4 技術について, 標準材料使用量(表-8)および特殊材料の配合(表-9)をメーカー等へのヒアリングにより明らかにした。

なお, これら技術のうち, 特殊材料や特殊機械を用いる場合の輸送については, 図-1に示した輸送距離では調達不可能なことから, ヒアリングを参考に表-10 のとおりとした。

表-5 材料使用量および燃料消費量

排出段階	材料使用量および燃料消費量(1,300m ² あたり)					
		As舗装	Co舗装	コンポジット舗装		
材料製造	As舗装	As混合物	t	326.9	—	261.5
		アスファルト	t	17.2	—	10.7
		砕石	t	309.7	—	250.8
		As乳剤	L	559.0	—	559.0
	Co舗装	生コンクリート	m ³	—	378.6	378.6
		セメント	t	—	115.5	115.5
		砕石	t	—	713.2	713.2
		混和剤	t	—	0.3	0.3
		鉄筋	t	—	3.9	3.9
	As中間層	As混合物	t	—	130.8	130.8
		アスファルト	t	—	7.2	7.2
		砕石	t	—	123.6	123.6
		As乳剤	L	—	1638.0	1,638.0
	瀝青安定 処理路盤	As混合物	t	261.5	—	—
		アスファルト	t	10.7	—	—
		砕石	t	250.8	—	—
		路盤材	t	—	1188.7	1,188.7
材料輸送	As舗装	軽油	L	1705.8	—	1,344.0
	Co舗装	軽油	L	—	4910.5	4,910.5
	As中間層	軽油	L	—	732.3	732.3
	瀝安	軽油	L	1285.2	—	—
	路盤材	軽油	L	8216.4	5264.4	5,264.4
	舗装施工	軽油	L	726.0	590.5	746.5
舗装工事	機器輸送	軽油	L	101.2	239.8	232.4

表-6 生コンクリート製造に係る CO₂排出量原単位

プラント	生コンクリート製造量[A] (m³/年)	電気使用量[B] (kW/h)	単位体積あたり電気使用量 [C=B/A] (kWh/m³)		CO₂排出量 [C×原単位] (kg-CO₂/m³)
				根拠	
プラントA	176,433	699,228	4.0	2008年実績	1.79
プラントB	111,879	454,698	4.1	2008年実績	
プラントC	-	-	1.2	理論値	
					除外

表-7 セメント混和剤および鉄筋の CO₂排出量原単位

項目	単位	原単位	根拠
セメント混和剤(AE減水剤)	t	1.30E+03	メーカーヒアリング
鉄筋	t	1.66E+03	文献15

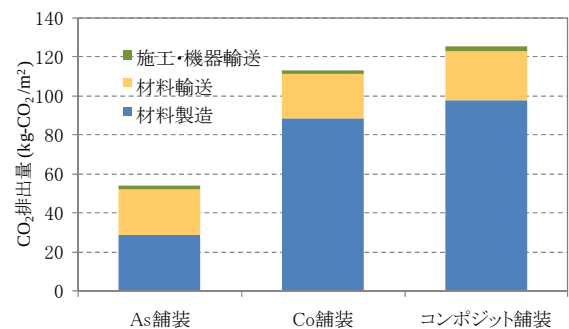


図-4 新設時のCO₂排出量

表-8 延命化技術の標準材料使用量

技術名	日標準施工量(m ²)	標準材料使用量(kg/ m ²)			
		使用材料	使用量	使用材料	使用量
マイクロサーフェッシング	1,500	乳剤	1.04	セメント	0.16
		骨材	7.98	調整剤	0.80
チップシールa	1,900	トップコート	0.61	乳剤	1.22
		骨材	7.35	—	—
チップシールb	1,500	トップコート	0.4	骨材(下層)	16
		骨材(上層)	10	乳剤(下層)	0.8
		乳剤(上層)	1.2	—	—
チップシールc	1,050	プレコートチップ	7.88	添加剤	0.12
		改質アスファルト	0.94	—	—
クラックシールa	1340	シール材	0.17	プライマー	0.01
クラックシールb	770				
クラックシールc					
クラックシールd					

表-9 特殊専用材料の配合

技術名	特殊乳剤の配合 (%)				
	蒸発残留分	改質As	工業用水	塩酸	界面活性剤
マイクロサーフェシング	60	60	38	1	1
チップシールa	65	65	33		
チップシールb	65	65	33		

技術名	シール材の配合 (%)		プライマーの配合 (%)	
	アスファルト	改質剤	ポリエチレン	キシレン
クラックシールa	90	10	70	30
クラックシールb				
クラックシールc	92	8		
クラックシールd	100	0		

表-10 特殊材料等の輸送距離

技術名	材料	輸送距離(km)	適用 (図-1との対応)
マイクロサーフェシング	改質アスファルト	200	原料工場→製造プラント
	特殊乳剤	100	製造プラント→施工現場
	骨材	300	採石場→施工現場
	施工機械	300	機器輸送
チップシールa,b	縦取り機	300	機器輸送
	特殊乳剤	100	アスファルト工場→現場
	エマルジョンフィニッシャー	300	機器輸送
	乳剤供給車	100	機器輸送
チップシールc	骨材	100	採石場→施工現場
	フォームドレッシング	300	機器輸送
	アスファルト供給車	100	機器輸送
	注入材	100	製造プラント→施工現場
クラックシールa,b,c,d	注入機械・釜	300	機器輸送

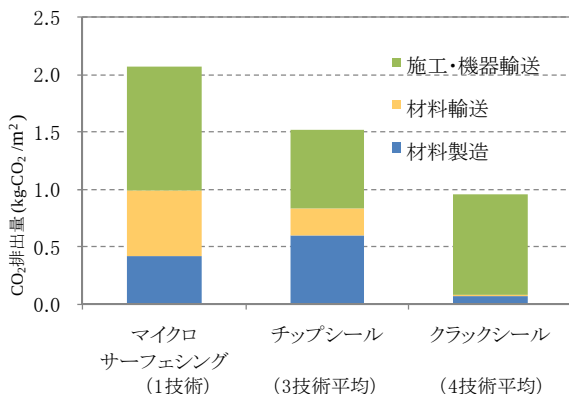


図-5 延命化技術のCO₂排出量

これら延命化技術のCO₂排出量を試算した結果を図-5に示す。チップシール、クラックシールはそれぞれ3技術および4技術の平均値である。その結果、これらのCO₂排出量は約1.0～2.0kg-CO₂/m²であった。

(2) ライフサイクルを通じたCO₂排出量

a) 長寿命化技術のCO₂排出量抑制効果

2.(2)で示した試算ケース(ケースA～D)に従い、CO₂排出量を試算した結果を図-6に示す。ここでは、各ケースの打換え期間が揃う60年間のCO₂排出量を示す。

As舗装(ケースA)とCo舗装(ケースB)については、3.(1)a)においてAs舗装の新設時のCO₂はCo舗装に比べて約50%であったが、全層打換えまでの期間がAs

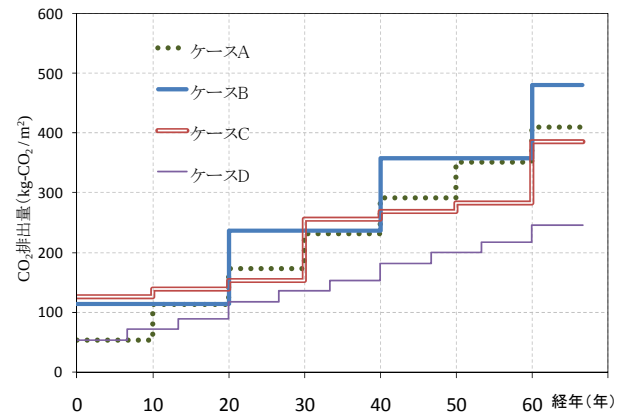


図-6 ライフサイクルを通じたCO₂排出量

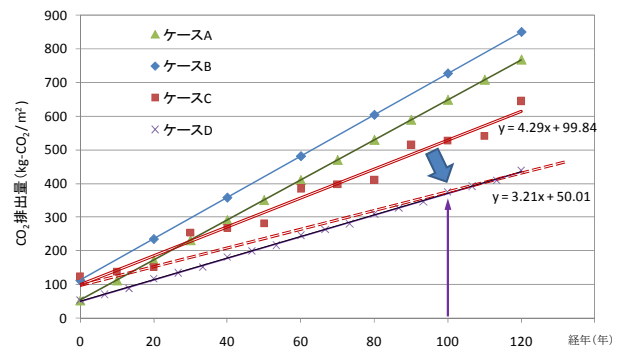


図-7 長寿命化舗装のCO₂抑制効果

舗装はCo舗装の半分であることから、Co舗装のライフサイクル期間(20年間)でみれば全層打換え前のCO₂排出量はほぼ同じ値になる。なお、全層打換え後のCO₂排出量は、新設時同様、Co舗装の方が先行して多くなる。

次に、ケースD(As舗装+切削OL工法)では、切削OLを繰り返し、打換えまでの期間を長くしていることで、60年時点(打換え後)でケースAより約33%抑制していることが分かった。

コンポジット舗装(ケースC)は、60年時点(打換え後)でケースB(Co舗装)より約16%少なくなっており、新設時のCO₂排出量が多いものの打換えまでの期間が長くなることでCO₂排出量を抑制するが示された。ただし、As舗装に比べコンクリート版の打換えに係るCO₂排出量が大きいため、ケースDに比べると、その差は広がっていくことになる。

ここで、上記試算では、コンポジット舗装(ケースC)は、打換えまでの期間を30年として試算した結果である。したがって、次にケースDと比較し、このコンポジット舗装がどの程度長寿命化が図れればCO₂排出量を抑制することが可能か、検討を行った。ケースCのCO₂排出量がケースDより少なくなる年数の設定にあたっては、試算例として新設から50、100、150年後を対象とした。

まず、ケースCおよびケースDの近似式は以下のとおりである(図-7)。

$$\text{ケース C : } y = 4.29x + 99.84 \quad (1)$$

$$\text{ケース D : } y = 3.21x + 50.01 \quad (2)$$

ここで、100年後を例にとると、ケース D の CO₂ は式(1)より、371.01kg である。次に、ケース C が 100 年後に 371.01kg となる近似式の傾き α を求める。

$$\text{ケース C' : } y = \alpha x + b \quad (3)$$

ここで、 $y=371.01$, $x=100$, $b=125$ (新設時の CO₂) を与えれば、 $\alpha=2.46$ となる。したがって、近似式の傾きが 4.29 から 2.46 となるには、打換えまでの期間(x)が約 1.74($\div 4.29/2.46$)倍になれば良い。よって、コンポジット舗装(ケース C)の打換えまでの年数が 52.2($=30 \times 1.74$)年、つまり約 52 年の長寿命化が図れれば、100 年後にはケース D(As 舗装+切削 OL)より CO₂ 排出量が抑制されることになる。同様に 50 年後、150 年後にケース C がケース D より CO₂ 排出量が抑制されるためには、約 75 年、47 年の長寿命化が必要となった。既存の文献¹⁶⁾では、Co 舗装が供用 60 年で修繕履歴が一度もない区間も存在していることから、長寿命化舗装の CO₂ 排出量抑制効果も期待出来ると考えられる。

b) 延命化技術の CO₂ 排出量抑制効果

ケース E では、ケース D (As 舗装+切削 OL) に延命技術を適用することによって、補修までの期間を 1.2 倍および 1.5 倍とし、その CO₂ 排出量の抑制効果を試算した。適用した延命化技術は、延命化技術の中で一番 CO₂ 排出量の多いマイクロサーフェシングを代表させた。

その結果(図-8)、延命効果を 1.2 にさせた場合(図中、ケース E (1.2))、ケース D に比べ 50 年後および 100 年後の CO₂ 排出量は約 10%抑制されることが可能となった。また、補修までの期間を 1.5 倍にさせた場合(図中、ケース (1.5))、50 年時点で約 23%、100 年後に約 25%の CO₂ 排出量の抑制が可能となり、延命効果が大きくなることが分かった。チップシール、クラックシールで同様に延命化された場合、更なる CO₂ 排出量の抑制効果が大きくなると考えられる。これら延命化技術については、延命効果を 1.5 倍にすることは現在の技術では容易なことではないが、今後の延命技術の更なる改良・高度化によって CO₂ 排出量の抑制効果は大きくなると考えられる。

c) CO₂ 抑制に寄与する舗装技術の CO₂ 排出量抑制効果

3.(2)a)および b)において、長寿命化技術と延命化技術がライフサイクルを通じた CO₂ 排出量抑制効果があることが明らかになった。しかし、これら以外の CO₂ 抑制に寄与する舗装技術によっては、同時に(またはライフサイクルを通じて順番に)適用することができることから、技術を組み合わせることによって CO₂ 抑制効果が大きく

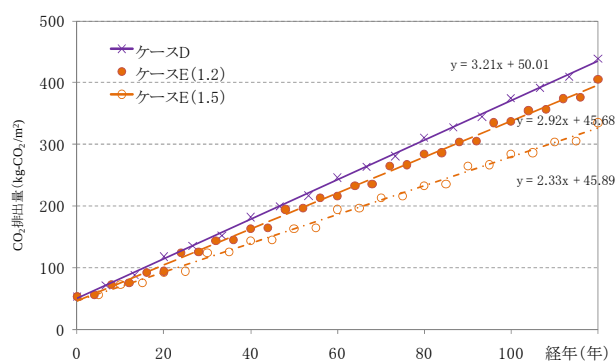


図-8 延命化技術の CO₂ 抑制効果

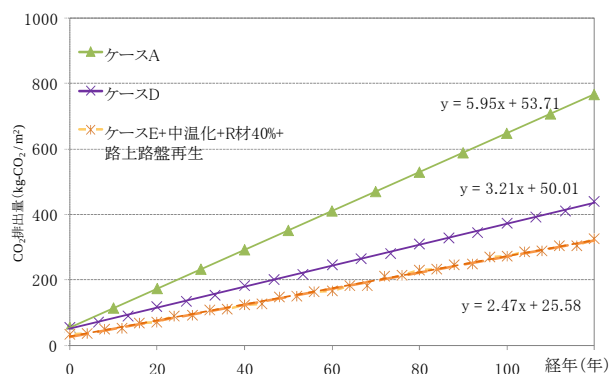


図-9 延命化・中温化・路上路盤再生を適用した舗装工事の CO₂ 抑制効果

なることが考えられる。よって、ここでは、長寿命化技術、延命化技術を始め、加熱アスファルト混合物の製造温度低下技術やリサイクル技術等を適用した効果を検討した。

検討ケースは、ケース E (ここでは 1.2 倍を使用)をベースに、使用する加熱アスファルト混合物を全て中温化技術および再生骨材(プラント再生で再生骨材配合率 40%)を用いて製造することとし、上層路盤の打換え工事を路上路盤再生工法(セメント・瀝青安定処理)を適用することとした。なお、中温化剤の製造に係る CO₂ 排出量は、過去の研究結果⁴⁾より発泡剤系の平均値 9.12[Kg-CO₂] (アスファルト 1t に対して添加した際の排出量を算出)を用いた。また、路上路盤再生工法の材料条件は、過去の試算³⁾同様、セメント添加量 2.5%、アスファルト乳剤添加量 4.7%である。

試算結果を図-9 に示す。50 年後の CO₂ 排出量はケース D に比較して約 29%抑制する試算結果となった。現状の舗装工事がほぼケース D に近いことを考えれば、これからの CO₂ 排出量を抑制する可能性が十分あることを示している。ただし、今回の試算では、延命化技術、中温化技術、路上路盤再生工法を一定間隔に適用し、繰り返す工事を行うことに起因する長期耐久性の劣化は既存の知見がないため、考慮に入れることはできなかった。しかし、これら CO₂ 排出抑制に資する舗装の個々の技術の高度化を図り、技術を組み合わせることによって、更な

るCO₂排出量を抑制できることを示すものと考えられる。

4. まとめ

今回の試算で得られた結果をまとめると以下の通りである。

- 1) 生コンクリート製造に係るCO₂排出量を生コンクリート工場(2工場)に消費燃料をヒアリングして求めた結果、1.79kg-CO₂/m³であった。
- 2) As舗装(新設後、10年で全層打換え:ケースA)とCo舗装(新設後、20年で全層打換え:ケースB)のCO₂排出量は、新設時はAs舗装ではCo舗装の約半分となるが、Co舗装のライフサイクル(20年間)ではCO₂排出量はほぼ同程度となった。なお、Co舗装の打換え後には、Co舗装のCO₂排出量が先行して増加する。
- 3) 長寿命化技術であるコンポジット舗装(新設後、2回切削OL、30年後上層路盤から打換え:ケースC)のCO₂排出量は、新設時にはCo舗装(ケースB)より多いが、60年後にはケースBに比べ約16%CO₂排出量を抑制する。また、As舗装+切削OL(新設後2回切削OLを繰り返し、20年後に上層路盤から打換えを行った場合:ケースD)との比較ではCO₂排出量は多くなるが、コンポジット舗装の上層路盤の打換え期間を約52年以上にすれば、100年後にはケースDよりCO₂排出量を抑制することが出来る。
- 4) 延命化技術であるマイクロサーフェシング、チップシール、クラックシールのCO₂排出量を試算した結果、約1.0~2.0kg-CO₂/m²であった。この延命化技術を、As舗装+切削OL(ケースD)に適用し、補修までの期間が1.2倍になった場合(ケースE)、CO₂排出量は50年後のCO₂排出量は約10%抑制される。
- 5) As舗装+切削OL(ケースD)において、延命化技術に加え、中温化技術および再生骨材、路上路盤再生工法を併用した場合、50年後のCO₂排出量はケースDより約29%抑制される。

5. おわりに

今回の試算により、長寿命化技術、延命化技術のCO₂排出量を定量的に試算し、CO₂抑制効果があることを明らかにすることが出来た。これにより、今後の低炭素材料の開発や製造方法の改良、機械の低燃費化、代替燃料の開発等においては、同様にCO₂排出量を定量的に評価し、CO₂排出量削減効果の比較や組み合わせを行うことによって、さらなる低炭素化が図られると考えられる。

土木研究所では平成22年から民間企業9グループと「低炭素舗装技術の高度化に関する研究」を始めており、これらCO₂排出抑制に寄与する舗装技術の新たな開発および既存技術の高度化、並びにCO₂排出量の評価手法の開発を行っている。今後もこれら共同研究を始め、CO₂排出抑制に寄与すると考えられる舗装技術についてCO₂排出量を明らかにし、低炭素社会の実現に向け、舗装工事全体のCO₂排出量抑制方法について、研究を進めていく予定である。

参考文献

- 1) 環境省ホームページ:2008年度(平成20年度)温室効果ガス排出量, <http://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg/index.html>
- 2) (社)日本道路協会:環境に配慮した舗装技術に関するガイドブック, 2009.
- 3) 川上篤史, 新田弘之, 加納孝志, 久保和幸:舗装再生工法の環境負荷評価について, 土木学会舗装工学論文集, 第13巻, pp.71-78, 2008.
- 4) 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係る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.
- 5) 川上篤史, 新田弘之, 加納孝志, 久保和幸:舗装工事における中温化技術の適用によるCO₂削減効果について, 第5回日本LCA学会研究発表会講演要旨集, P2-29, 2010.
- 6) 建設省土木研究所:常温型舗装利用技術マニュアル(案), 土木研究所資料第3473号, 1997.
- 7) 田井文夫, 長谷川淳也:CO₂排出量に着目した舗装技術の方向に関する調査研究, アスファルト, vol.43, No.204, pp.43-51, 2000.
- 8) (社)日本道路協会:舗装の構造に関する技術基準・同解説, 2001.
- 9) 国土交通省道路局国道・防災課:直轄国道の舗装における「予防的修繕」工法の導入について, 道路, 2006.
- 10) 新田弘之, 西崎到:廃タイヤ, 廃プラスチック再生資材の舗装利用に関するLCA, 土木学会舗装工学論文集, 第14巻, pp.79-86, 2008.
- 11) 国土交通省:平成20年度土木工事標準積算基準書, 2008.
- 12) (社)セメント協会:セメントのLCIデータの概要, 2007.6
- 13) 新田弘之, 川上篤史, 西崎到:舗装材料の生産に関する環境負荷原単位について, 北陸道路舗装会議, 2009.
- 14) 藤本郷史, 野口貴文, 兼松学, 北垣亮馬, 長井宏憲, 古井博:直接測定に基づく生コンクリート工場の電力消費原単位の動的分析, 第4回日本LCA学会研究発表会講演要旨集, P48-49, 2009.
- 15) (社)日本鉄鋼連盟:鉄鋼業における地球温暖化対策の取り組み(平成20年11月), 2008.
- 16) (社)日本道路協会 舗装委員会舗装設計施工小委員会:コンクリート舗装に関する技術資料, 2009.

CO₂ REDUCTION EFFECTS OF LONG-LIFE PAVEMENT AND EXTENDED-LIFE TECHNOLOGIES

Atsushi KAWAKAMI, Hiroyuki NITTA and Kazuyuki KUBO

The pavement technologies that reduce the CO₂ emission are thought that consisted of the technologies of reducing production temperature of HMA, cold mix asphalt, recycling technologies, long-life pavement. The CO₂ reduction effects of pavement technologies such as WMA, plant recycling and in-situ recycling were developed.

In this study, the reducing life-cycle CO₂ emissions of long-life pavement (composite pavement), extended-life technologies (microsurfacing, chip seal, crack seal) were confirmed. Consequently, composite pavement can reduce the CO₂ approximately 15% compared with cement concrete pavement for 60 years after construction, while it has a lot of CO₂ when it is constructed first time. The asphalt pavement that adapted the extended-life technologies, WMA, RAP, in-situ recycling were estimated that can reduce CO₂ emissions approximately 29% for 50 years.