

12.2 溶融スラグ等の舗装への適用性評価に関する研究(1)

研究予算：運営交付金(道路勘定)

研究期間：平17～平20

担当チーム：材料地盤研究グループ(新材料)

研究担当者：西崎到、新田弘之

【要旨】

近年、資源の有効活用、最終処分場の枯渇などを背景として、溶融スラグをはじめとした再生資材の開発が盛んとなっており、中でも舗装用として他産業からの再生資材の開発が発生者を中心に多くなっている。しかし、これらの他産業再生資材は、リサイクルにはなっているものの、製造時から廃棄に至るまでの全過程での環境負荷低減に寄与しているかが不明なのが現状である。

そこで、平成19年度は、廃タイヤ、廃プラスチックを対象として、舗装へ利用した場合の資源消費、資源保全、環境負荷について試算を行い、適用性について検討を行った。また、再生資材を利用する際にどのような環境的配慮を行う必要があるかを把握するため、舗装へ利用する際の環境条件について整理した。その結果、廃タイヤ利用ではわずかに環境負荷が小さくなる可能性が見られたが、廃プラスチックでは環境負荷は増大する傾向が見られた。また環境条件の整理では、熱や磨耗への配慮、溶出への配慮が必要と考えられた。

キーワード：アスファルト、リサイクル、廃タイヤ、廃プラスチック、LCA

1. はじめに

近年、資源の有効活用、最終処分場の枯渇などを背景として、溶融スラグをはじめとした再生資材の開発が盛んとなっており、中でも他産業の廃棄物発生者による舗装用再生資材の開発事例が多くなっている。しかし、これらの他産業再生資材は、リサイクルにはなっているものの、製造時から廃棄に至る全過程を考慮した場合でも環境負荷低減に寄与しているかが不明なのが現状である。これを解明するには、LCA(ライフサイクルアセスメント)分析が有効であるが、舗装用途に使用する資材や、再生資材では原単位が整備されていないものが多く、これを整備して解析する必要がある。また、再生資材を利用する際には環境安全性に配慮する必要があるが、舗装へ利用する場合の環境条件が明らかではなく、どのような環境に対して配慮する必要があるのか明確にする必要もある。

平成19年度は、再生資材として、廃タイヤ、廃プラスチックを取り上げてLCA分析を行うとともに、再生資材を利用するときの環境的配慮の範囲の整理を行った。

LCA分析においては、資源消費、資源保全、環境負荷の算出では、前年度までと同様に、一般的に算出できることを目指し、既存のLCAソフトをできるだけ利用し、整備されていない原単位などを補充した上で試算を行い、適用性について検討を行った。LCA分析で取り上げた再利用方法としては、廃タイヤにおいては、通常の舗装と共通の部分が多いアスファルトの改質剤として利用する

方法を取り上げた。廃タイヤの再利用法の中には、多孔質弾性舗装のように特殊な製法で構築する利用方法も検討されているが、研究段階であり耐久性など不明な部分が多くあるため今回は対象としていない。廃プラスチックにおいては、アスファルト混合物の骨材への利用の検討事例があったため、これを取り上げた。

再生資材の環境的配慮範囲の整理においては、路盤材料およびアスファルト混合物へ利用する際の環境条件について整理した。環境条件の整理に当たっては、文献調査やプラントでの現状をヒアリング調査した上で整理を行った。

2. 廃タイヤ、廃プラスチックの舗装への利用のLCA評価

2.1 評価手順

評価は、以下のような手順で行った。

評価モデルの設定(モデル空間の設定、舗装資材の需要量の算定等)

資源需要量の算定、原単位補充

環境負荷の算定

2.2 評価モデルの設定

2.2.1 評価モデル

モデル都市空間の条件は、都市部での利用を想定し、表-1に示すように前年度と同じ14の政令指定都市

表-1 モデル都市空間

	設定条件
対象面積	570 km ²
道路率	3.1 %
道路面積	17.67 km ²

備考1) 道路率% = 250.32km² (道路面積合計) ÷ 8006.87km² (都市面積合計)

備考2) 道路面積 km² = 570km² (対象面積) × 3.1% (道路率)

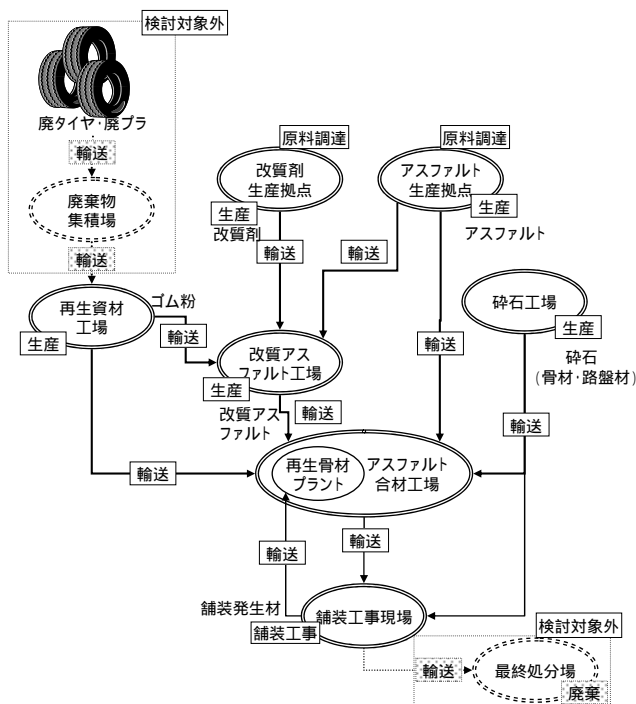


図-1 評価対象範囲

(H17.3時点)の平均値を用いることとした。

評価対象範囲は図-1に示すとおり、道路舗装事業に関連する原材料生産、資材製造、資材輸送、舗装工事とした。ただし、廃タイヤ・廃プラスチックは、再生する、しないに関わらず、集積場に集められるものとし、その一次加工及び輸送は評価対象範囲外とした。なお、耐用

期間を超えた舗装材は、ほぼ100%再利用されることから最終処分場への廃棄については評価対象としなかった。

舗装に用いられる材料の平均的な輸送距離を設定するために、各資材の生産拠点の配置、分散状態を調査し、それらの配置を図-2のように設定した。この結果、各材料の輸送距離は、表-2に示すとおりとなった。

表-2 材料輸送距離の設定値

経路	輸送距離
アスファルト合材工場 モデル都市	13.5km
再生骨材(モデル都市内生産)	13.5km
改質アスファルト工場 アスファルト合材工場(モデル都市)	13.5km
採石場 アスファルト合材工場(モデル都市)	57.6km
アスファルト生産拠点(製油所) アスファルト合材工場(モデル都市)	115.2km
アスファルト生産拠点(製油所) 改質アスファルト工場	115.2km
改質剤工場 改質アスファルト工場	115.2km
廃タイヤ再生資材(ゴム粉)工場 改質アスファルト工場	115.2km
廃プラスチック再生資材(骨材)工場 アスファルト合材工場(モデル都市)	115.2km

2.2.2 検討ケースの設定

検討ケースとしては、文献調査やヒアリング調査の結果、廃タイヤも廃プラスチックもアスファルト混合物への利用の可能性が高く、特に廃タイヤはアスファルトの添加剤としての利用、廃プラスチックは混合物の代替利用の可能性が高いものと考えられた。そこで、検討ケースは表-3のように設定した。

表-3 検討ケース

検討ケース	ケース1 (比較用)	ケース2 (比較用)	ケース3	ケース4	ケース5
表層	密粒度アスファルト混合物 13 (ストリートアスファルト)	密粒度アスファルト混合物 13(改質アスファルトII型)	密粒度アスファルト混合物 13(ゴム粉15%アスファルト)	密粒度アスファルト混合物 13 (プラスチック骨材5%)	密粒度アスファルト混合物 13(プラスチック骨材10%)
基層	粗粒度アスファルト混合物 20 (ストリートアスファルト)	粗粒度アスファルト混合物 20(改質アスファルトII型)	粗粒度アスファルト混合物 20(ゴム粉15%アスファルト)	粗粒度アスファルト混合物 20 (プラスチック骨材5%)	粗粒度アスファルト混合物 20(プラスチック骨材10%)

2.3 基本資材の需要量の設定

2.3.1 舗装資材の需要量

再生資材の利用は混合物への利用としての利用に絞り、ストレートアスファルト使用の混合物の耐用年数を5年、改質アスファルト使用の混合物の耐用年数をこの6倍とし、アスファルト混合物層10cmとした。この条件と表-1から舗装資材の需要量を算出すると、表-4のようになった。なお、耐用年数6倍の設定は、ストレートアスファルトと改質アスファルトは同じ交通条件下では使用しないので、単純に耐用年数を割り出すことができないが、比較検討のため同じ交通条件下で使用したと仮定して計算

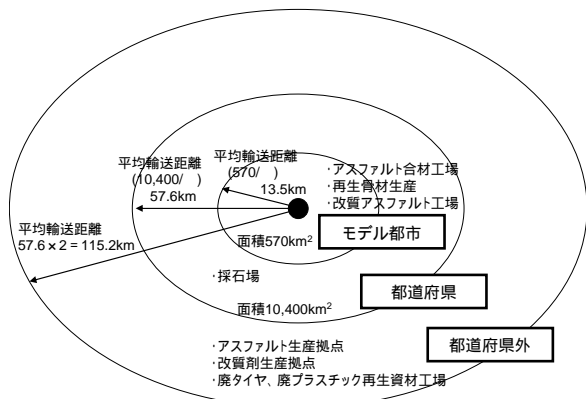


図-2 各種資材の生産地の配置と輸送距離の設定

し、改質アスファルト混合物(改質アスファルトⅡ型)の動的安定度がストレートアスファルトのそれと比べて6倍程度あることからそのように設定した。

表-4 舗装資材の需要量

混合物種	項目	設定値	単位	備考
ストレートアスファルト混合物	年間舗装面積	3,534,000	m ² /年	道路面積 ÷ 耐用年数
	アスコン需要量	353,400	m ³ /年	年間舗装面積 × アスコン層厚
改質アスファルト混合物	年間舗装面積	589,000	m ² /年	道路面積 ÷ 耐用年数
	アスコン需要量	58,900	m ³ /年	年間舗装面積 × アスコン層厚

2.3.2 基本資材の需要量

表-4をもとに、必要な資材を算出した。表層、基層ともに5cmとしている。算出結果を表-5,6に示す。

表-5 各種資材のモデル都市内での需要量(表層)

	単位	ケース1 ストレートアスファルト混合物	ケース2 改質アスファルト混合物
需要量(容積)	m ³ /yr	176,700	29,450
表層材密度	t/m ³	2.37	2.37
需要量(質量)	t/yr	418,779	69,797
アスファルト	t/yr	21,832	3,457
改質剤	t/yr	0	182
粗骨材	t/yr	226,260	37,710
細骨材・石粉	t/yr	170,687	28,448
備考(配合) (ストアス混合物) (改質混合物)			
バインダー配合率(対骨材)	質量%	5.5	5.5
改質剤配合率(対アスファルト)	質量%	0.0	5.0
空隙率	容積%	4.0	4.0
粗骨材	質量%	57.0	57.0
細骨材・石粉	質量%	43.0	43.0

表-6 各種資材のモデル都市内での需要量(基層)

	単位	ケース1 ストレートアスファルト混合物	ケース2 改質アスファルト混合物
需要量(容積)	m ³ /yr	176,700	29,450
表層材密度	t/m ³	2.36	2.36
需要量(質量)	t/yr	417,012	69,502
アスファルト	t/yr	19,858	3,144
改質剤	t/yr	0	165
粗骨材	t/yr	285,951	47,659
細骨材・石粉	t/yr	111,203	18,534
備考(配合) (ストアス混合物) (改質混合物)			
バインダー配合率(対骨材)	質量%	5.0	5.0
改質剤配合率(対アスファルト)	質量%	0.0	5.0
空隙率	容積%	5.0	5.0
粗骨材	質量%	72.0	72.0
細骨材・石粉	質量%	28.0	28.0

2.3.3 トラック輸送による燃料消費量

トラックの燃費については経済産業省告示第66号「貨物輸送事業者に行わせる貨物の輸送に係わるエネルギー消費量の算定方法」より0.0575L/t・kmとした。算出結果を表-7に示す。

表-7 トラック輸送量と燃料消費量(基本資材)

輸送量(行き先)	単位	ケース1	ケース2	輸送距離(設定値)
		ストレートアスファルト混合物	改質アスファルト混合物	
アスファルト(プラント)	t	41,690	0	115 km
アスファルト(改質アス工場)	t	0	6,601	115 km
改質剤(改質アス工場)	t	0	347	115 km
改質アス(プラント)	t	0	6,948	13.5 km
砕石(プラント)	t	794,101	132,350	57.6 km
アスファルト合材(現場)	t	835,791	139,299	13.5 km
軽油消費量				
アスファルト(プラント)	L	276,153	0	
アスファルト(改質アス工場)	L	0	43,724	
改質剤(改質アス工場)	L	0	2,301	
改質アス(プラント)	L	0	5,394	
砕石(プラント)	L	2,630,063	438,344	
アスファルト合材(現場)	L	648,783	108,130	
合計	L	3,554,999	597,893	

2.4 廃タイヤ、廃プラスチックの需要量の設定

2.4.1 廃タイヤ、廃プラスチック舗装の需要量

廃タイヤ、廃プラスチックの再生資材を使用した舗装をモデル都市内で利用したときの各資材の需要量を算出した結果を表-8,9に示す。なお、廃タイヤ利用混合物は、ヒアリング調査より改質アスファルト型相当の性

表-8 再生資材等のモデル都市内での需要量(表層)

	単位	ケース3 廃タイヤ利用混合物(アスファルトにゴム)	ケース4 廃プラ利用混合物(骨材の代替5%)	ケース5 廃プラ利用混合物(骨材の代替)
需要量(容積)	m ³ /yr	29,450	176,700	176,700
表層材密度	t/m ³	2.38	2.22	2.16
需要量(質量)	t/yr	70,091	392,274	381,672
アスファルト	t/yr	3,106	19,966	20,078
粗骨材	t/yr	37,869	186,073	165,258
細骨材・石粉	t/yr	28,568	156,098	156,126
ゴム粉(廃タイヤ)	t/yr	548	0	0
プラ骨材(廃プラ)	t/yr	0	10,038	20,078
備考(配合) (ストアス混合物) (改質混合物) (改質混合物)				
バインダー配合率	質量%	5.5	5.4	5.6
空隙率	容積%	4.0	4.0	4.0
粗骨材	質量%	57.0	50.0	45.7
細骨材・石粉	質量%	43.0	41.9	43.2
ゴム粉(対アスファルト)	質量%	15.0	0.0	0.0
プラ骨材	質量%	0.0	2.7	5.6

表-9 再生資材等のモデル都市内での需要量(基層)

	単位	ケース3 廃タイヤ利用混合物(アスファルトにゴム)	ケース4 廃プラ利用混合物(骨材の代替5%)	ケース5 廃プラ利用混合物(骨材の代替)
需要量(容積)	m ³ /yr	29,450	176,700	176,700
表層材密度	t/m ³	2.37	2.19	2.15
需要量(質量)	t/yr	69,797	386,973	379,905
アスファルト	t/yr	2,812	18,055	18,250
粗骨材	t/yr	47,860	239,514	221,405
細骨材・石粉	t/yr	18,612	101,111	138,390
ゴム粉(廃タイヤ)	t/yr	499	0	0
プラ骨材(廃プラ)	t/yr	0	9,866	19,950
備考(配合) (ストアス混合物) (改質混合物) (改質混合物)				
バインダー配合率	質量%	5.0	4.9	5.0
空隙率	容積%	5.0	5.0	5.0
粗骨材	質量%	72.0	65.0	61.2
細骨材・石粉	質量%	28.0	27.4	38.2
ゴム粉(対アスファルト)	質量%	15.0	0.0	0.0
プラ骨材	質量%	0.0	2.7	5.5

状が見込めるということで改質アスファルトII型と同じ耐用年数に、廃プラスチック利用混合物は、通常の舗装と同じ程度の耐久性であると仮定して耐用年数も同じに設定した。

2.4.2 トラック輸送による燃料消費量

2.3.3 と同様に各ケースの燃料消費量を算出した。結果を表-10に示す。

表-10 トラック輸送量と燃料消費量(再生資材利用)

輸送量(行き先)	単位	ケース3	ケース4	ケース5	輸送距離(設定値)
		廃タイヤ利用混合物(アスファルトにゴム)	廃プラ利用混合物(骨材の代替5%)	廃プラ利用混合物(骨材の代替)	
アスファルト(プラント)	t	0	38,021	38,328	115 km
アスファルト(改質アス工場)	t	5,918	0	0	115 km
ゴム粉(改質アス工場)	t	1,047	0	0	115 km
ゴム粉入りアス(プラント)	t	6,964	0	0	13.5 km
砕石(プラント)	t	132,910	682,796	681,179	57.6 km
ブラ骨材(プラント)	t	0	19,904	40,028	115 km
アスファルト合材(現場)	t	139,888	779,247	761,577	13.5 km
軽油消費量					
アスファルト(プラント)	L	0	251,852	253,883	
アスファルト(改質アス工場)	L	39,198	0	0	
ゴム粉(改質アス工場)	L	6,933	0	0	
ゴム粉入りアス(プラント)	L	5,406	0	0	
砕石(プラント)	L	440,197	2,261,421	2,256,066	
ブラ骨材(プラント)	L	0	131,841	265,148	
アスファルト合材(現場)	L	108,588	604,890	591,174	
合計	L	600,322	3,250,006	3,366,272	

2.5 各種資材に関する環境負荷原単位の作成

舗装用に使用される資材のほとんどの環境負荷原単位が公表されておらず、詳細な生産方法などを調査することが難しいことから、土木研究所をはじめとして、これまで産業連関表の分析による原単位作成が行われてきた。しかし、産業連関法による原単位は、貨幣価値に基づき環境負荷を按分して求めたもので、様々な資材の総合物である大きな構造物の評価には有効であるが、細かな資材を比較する場合には実際と異なる場合が多い。そこで、本検討では積み上げ法により原単位作成を行うことにした。

2.5.1 燃料等の原単位

電力燃料等の原単位は、(財)産業環境管理協会のLCA算出ソフトJEMAI-LCAの値を用いた。表-11に値を示す。

2.5.2 アスファルトの原単位

アスファルトの環境負荷原単位算出にあたっては、原油生産から輸送、精油所での精

製を考慮する必要があるが、石油精製によりアスファルトだけが生産される訳ではなく、複数の製品が同時に生産される。これらの製品に環境負荷を相応に負担させるが、全てが目的物であるため、負担率を簡単に決定できない。ここでは全ての石油製品を等分の負担率にして計算することにした。結果は、表-12のようになった。

改質アスファルト型の生産に係わる環境負荷原単位を求めるとは、主な改質剤であるSBS(スチレンブタジエンスチレン)の原単位が必要となるが、公表されているデータはない。しかし、SBSと製法に共通点の多いSBR(スチレンブタジエンゴム、合成ゴム)の原単位が公表されていたので、これをSBSの原単位として使用した。また、改質アスファルトの生産にあたってアスファルトとSBSを混合する工程が必要であったため、ヒアリング調査を行い、改質アスファルトメーカー数社のプラント運転状況の平均値をプラント消費量として環境負荷原単位を求めた。結果を表-13に示す。

2.5.2 砕石の原単位

砕石の環境負荷原単位も公表されたものがなく、適当な統計値も見あたらなかったため、採石工場にヒアリング調査を行い求めた。結果を表-14に示す。

2.5.3 廃タイヤ再生資材(ゴム粉)に係わる原単位

廃タイヤからゴム粉を生産するプロセスは、「ビートワイヤ除去」、「切断」、「破砕」、「粉砕」の4つの工程か

表-11 燃料等の環境負荷原単位

	エネルギー量(MJ)	CO ₂ 排出量(kg-CO ₂)	SO _x 排出量(kg-SO _x)	NO _x 排出量(kg-NO _x)	SPM排出量(kg-SPM)	出典
電力 kWh	9.09E+00	4.00E-01	5.15E-05	1.62E-04	1.72E-06	JEMAI-LCA
ガソリン L	3.51E+01	2.47E+00	7.57E-05	7.61E-04	8.62E-05	JEMAI-LCA
軽油 L	3.82E+01	2.69E+00	8.24E-05	8.29E-04	9.39E-05	JEMAI-LCA
重油 L	3.91E+01	2.77E+00	1.30E-05	8.07E-04	9.50E-05	JEMAI-LCA

表-12 アスファルトの環境負荷原単位

	エネルギー量(MJ)	CO ₂ 排出量(kg-CO ₂)	SO _x 排出量(kg-SO _x)	NO _x 排出量(kg-NO _x)	SPM排出量(kg-SPM)	出典
石油製品合計						
原油生産 kL	9.44E+02	5.24E+01	7.23E-01	1.15E-01	-	石油製品のLCIデータの概要、石油連盟、平成15年1月
原油輸送 kL	4.63E+02	3.15E+01	6.87E-01	8.51E-01	-	
石油製品生産 kL	2.68E+03	1.50E+02	1.43E-01	1.16E-01	-	
石油製品合計 kL	4.09E+03	2.34E+02	1.55E+00	1.08E+00	-	
アスファルト(=合計×2.2%/20.8kg) kg	4.33E+00	2.48E-01	1.64E-03	1.14E-03	-	

表-13 改質アスファルトII型の環境負荷原単位(輸送除く)

	エネルギー量(MJ)	CO ₂ 排出量(kg-CO ₂)	SO _x 排出量(kg-SO _x)	NO _x 排出量(kg-NO _x)	SPM排出量(kg-SPM)	出典	
改質アスファルト1tあたり							
プラント消費	A重油(L)	6.50	2.54E+02	1.80E+01	8.45E-05	5.25E-03	日本改質アスファルト協会へのヒアリング調査結果
	灯油(L)	6.50	2.48E+02	1.75E+01	5.36E-04	5.39E-03	
	電力(kWh)	89.00	8.09E+02	3.56E+01	4.60E-03	1.44E-02	
原材料	アスファルト(t)	0.95	4.11E+03	2.35E+02	1.56E+00	1.09E+00	上記計算より
	改質剤(SBS)(t)	0.05	3.70E+02	1.50E+02	1.58E-06	6.65E-05	JEMAI-LCAのSBRの値を流用
小計(1tあたり)		5.79E+03	4.57E+02	1.57E+00	1.11E+00	-	
改質アスファルトII型	kg	5.79E+00	4.57E-01	1.57E-03	1.11E-03	-	

らなる。各工程において使用する機械の単位処理量あたりの電力・燃料消費量をメーカーヒアリングより、2tあたりビートワイヤ除去11kWh、切断11kWh、破碎75kWh、粉碎75kWhということであったので、これをもとに計算した。結果を表-15に示す。

表-14 砕石の環境負荷原単位(輸送除く)

	エネルギー量 (MJ)	CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂)	SO _x 排出量 (kg-SO _x)	NO _x 排出量 (kg-NO _x)	SPM排出量 (kg-SPM)	出典	
砕石3500tあたり消費量							
重機消費	軽油(L)	263.55	1.01E+04	6.51E+02	2.00E-02	2.01E-01	砕石工場へのヒアリング調査結果より
	ガソリン(L)	232.05	8.15E+03	5.73E+02	1.76E-02	1.77E-01	
プラント消費	電力(kWh)	4861.50	4.42E+04	1.94E+03	2.50E-01	7.88E-01	8.36E-03
小計(3500tあたり)		6.24E+04	3.17E+03	2.88E-01	1.16E+00	5.11E-02	
砕石生産 (=合計/3500t)	t	1.78E+01	9.05E-01	8.23E-05	3.33E-04	1.46E-05	

表-15 ゴム粉の生産に関する環境負荷原単位

	数量	エネルギー量 (MJ)	CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂)	SO _x 排出量 (kg-SO _x)	NO _x 排出量 (kg-NO _x)	SPM排出量 (kg-SPM)
電力消費(kWh/kg)	0.086	7.80E-01	3.00E-02	4.45E-06	1.39E-05	1.48E-07

表-16 再生POペレットの生産に関する環境負荷原単位

	エネルギー量 (MJ)	CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂)	SO _x 排出量 (kg-SO _x)	NO _x 排出量 (kg-NO _x)	SPM排出量 (kg-SPM)	出典
再生POペレット(kg)	7.14E+00	5.90E-01	1.78E-05	1.86E-04	1.62E-05	JEMAI-LCA

表-17 アスファルト混合物生産に関する燃料等の消費

	ストレートアスファルト合材	改質アスファルト合材	再生アスファルト合材
生産割合	15%	15%	70%
燃料消費率 ¹	100%	115%	110%
電力消費率 ¹	100%	100%	110%
重油消費量L/t	8.88	10.21	9.77
電力消費量kWh/t	4.11	4.11	4.52

¹燃料消費率、電力消費率は、ストレートアスファルト合材を100%とした場合の数値

表-18 舗装工に関する環境負荷原単位

	数量	エネルギー量 (MJ)	CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂)	SO _x 排出量 (kg-SO _x)	NO _x 排出量 (kg-NO _x)	SPM排出量 (kg-SPM)
軽油(L/m ²)	0.1212	4.63E+00	1.25E+01	1.03E-03	8.51E-07	7.99E-11

表-19 環境負荷量の算定結果

		エネルギー量 (MJ)	CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂)	SO _x 排出量 (kg-SO _x)	NO _x 排出量 (kg-NO _x)	SPM排出量 (kg-SPM)
ケース1	材料計	5.16E+08	3.30E+07	6.88E+04	5.45E+04	7.23E+02
	舗装工	8.19E+06	2.20E+07	1.81E+03	1.50E+00	1.41E-04
	輸送(軽油)	1.36E+08	9.56E+06	2.93E+02	2.95E+03	3.34E+02
ケース2	材料計	7.95E+07	5.69E+06	5.79E+03	5.48E+03	2.10E+02
	舗装工	1.36E+06	3.67E+06	3.02E+02	2.51E-01	2.35E-05
	輸送(軽油)	2.29E+07	1.61E+06	4.93E+01	4.96E+02	5.61E+01
ケース3	材料計	7.77E+07	5.11E+06	5.17E+03	4.86E+03	1.39E+02
	舗装工	1.36E+06	3.67E+06	3.02E+02	2.51E-01	2.35E-05
	輸送(軽油)	2.29E+07	1.61E+06	4.95E+01	4.98E+02	5.64E+01
ケース4	材料計	6.40E+08	4.37E+07	6.31E+04	5.40E+04	1.04E+03
	舗装工	8.19E+06	2.20E+07	1.81E+03	1.50E+00	1.41E-04
	輸送(軽油)	1.24E+08	8.74E+06	2.68E+02	2.69E+03	3.05E+02
ケース5	材料計	7.85E+08	5.57E+07	6.40E+04	5.81E+04	1.37E+03
	舗装工	8.19E+06	2.20E+07	1.81E+03	1.50E+00	1.41E-04
	輸送(軽油)	1.29E+08	9.06E+06	2.77E+02	2.79E+03	3.16E+02

2.5.4 廃プラスチック骨材の生産に係わる原単位

廃プラスチック骨材については、再生プラスチックペレットの生産と同様の工程で生産されるものと仮定し、「再生POペレット」として公表されているデータを流用した。値を表-16に示す。

2.5.5 アスファルト混合物生産に係わる原単位

アスファルト混合物生産における環境負荷原単位については、(社)日本アスファルト合材協会より、混合物1tあたりの資源消費の統計値(電力消費量10.2kWh/t、重油消費量9.7L/t)が公表されている。しかし、これは新規合材、再生合材、再生骨材の生産が全て混ざったものであり、これらを分離しないと使用できない。

そこで、まず、いくつかのプラントに対しヒアリングを行い、再生骨材の生産を除いた資源消費を調査したところ、重油/電力比の平均値が2.2となった。重油消費が全て合材生産に使用されたとすれば、統計値の重油消費量から合材生産分のエネルギー消費が求められ、電力消費4.4kWh/t、重油消費9.7L/tとなった。これをもとにして、さらに表-12に示すようにストレートアスファルト合材、改質アスファルト合材、再生合材の3つの生産割合、燃料消費率、電力消費率を設定し、それぞれの資源消費を求めた。その結果も表-17の下段に示し、表-17と表-11から、各種合材生産の環境負荷原単位は求めることができる。

2.5.6 舗装工事に係る原単位

舗装工(表層、基層の施工)で使用する重機は、国土交通省「土木工事標準積算基準書」を基に、アスファルトフィニッシャー(ホイール型2.4~6.0m)ロードローラ、タイヤローラを各1台とした。ただし、舗装は2層として計上した。

- ・1日の燃料(軽油)消費量=65+35+41=141(L)
- ・1層1000m²あたりの施工日数=1/2.300=0.43日

・1層1000m²あたりの燃料(軽油)消費量
=141×0.43=60.6(L/1000m²)

・2層1000m²あたりの燃料(軽油)消費量
=60.6×2=121.2(L/1000m²)

これらより、舗装工に係わる軽油消費原単位は0.1212(L/m²)となることから、環境負荷原単位は表-18のようになった。

2.6 再生資材利用舗装の環境負荷量の算定

上記までの調査を基に、廃ゴム、廃プラスチックを舗

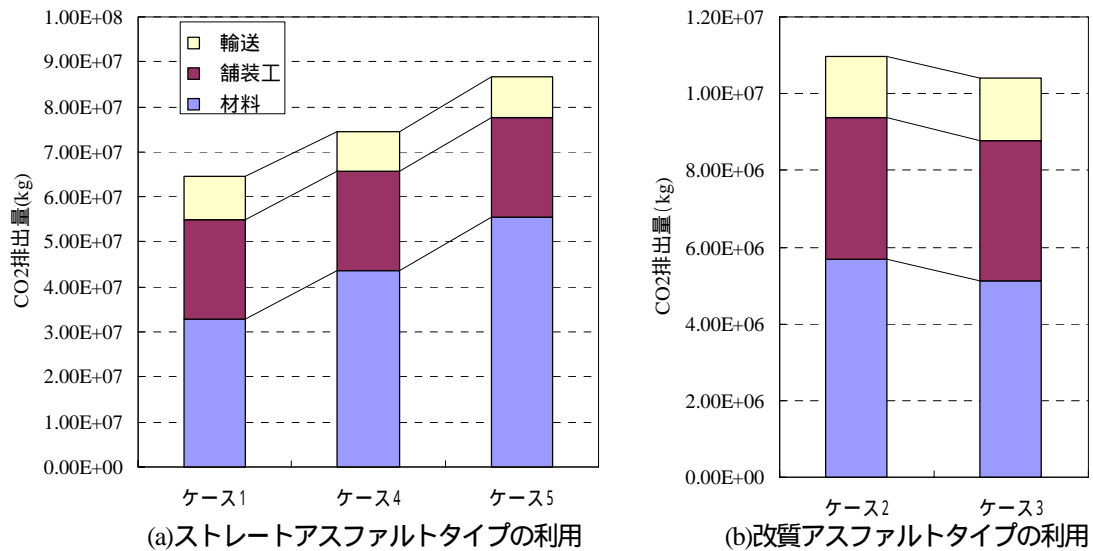


図-3 CO₂排出量の算出結果

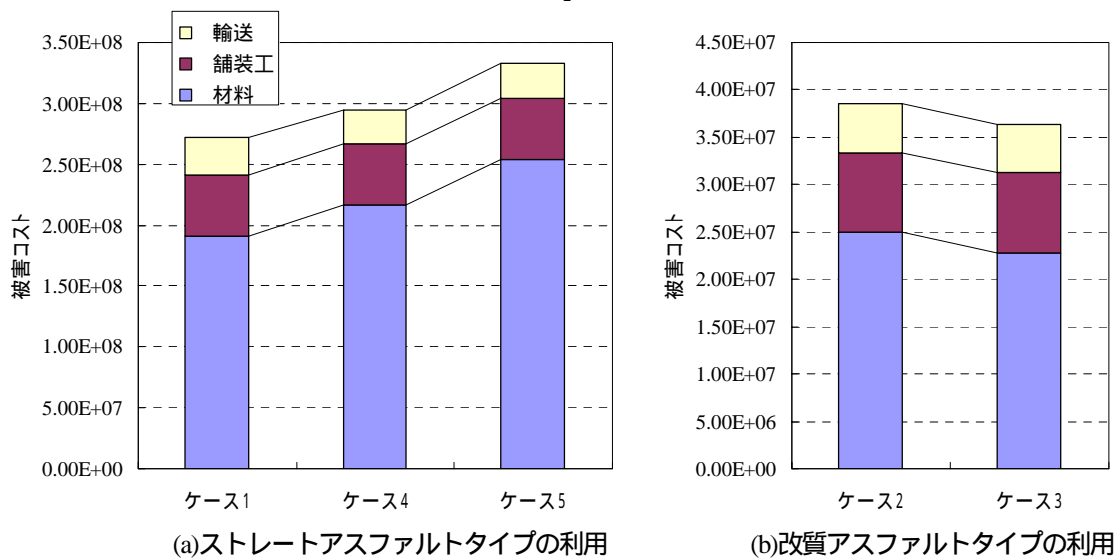


図-4 統合化評価の結果

装に使用した場合の環境負荷量を算定した。結果を表-19に示す。この表を基にCO₂排出量について図示すると図-3のようになった。(a)は、ケース1が通常材料で、ケース4、5が骨材の一部を廃プラスチックに置き換えたものであるが、トータルで見ると廃プラスチックを利用することによりCO₂排出量は増大している。アスファルト混合物の密度が小さくなることにより輸送によるCO₂排出がわずかに減少しているが、材料生産に係わる排出量がそれよりも多くなるためであることが分かる。(b)は、ケース2が改質アスファルト型使用、ケース3が廃ゴム(ゴム粉)使用であるが、この場合、改質アスファルトを利用するよりゴム粉を利用したほうがトータルのCO₂排出量が若干減少している。これは、改質アスファルトに用いられる改質剤(SBS)の原単位が大きく、ゴム粉はリサイクル品のため原料の調達などが含まれないためと考えられる。

表-19を基に、LIME係数による各指標の統合化評価を行った。LIME係数とは、経済産業省LCAプロジェクトにより開発されたもので、被害算定型影響評価手法をとっている。温暖化、オゾン層破壊、健康被害、生態系へ影響などを考慮して、被害コストを算出できるのが特徴である。結果を図-4に示す。傾向としては、CO₂排出量とほとんど同じであるが、材料生産の比率が大きくなっている。これは舗装工と輸送は軽油の消費による排出であるのに対し、材料生産は様々な工程の合計であり、重油などの使用も多いためと考えられた。

これらの結果は、あくまでも廃プラスチック利用舗装はストレートアスファルトを用いた舗装と同じ耐久性、廃ゴム(ゴム粉)利用舗装は改質アスファルト型を用いた舗装と同じ耐久性があり、同様にリサイクル可能と仮定した場合であるが、環境負荷を低減させることができる可能性が示された。

3. 舗装用資材の環境条件の整理

再生資材を利用する際に、使用方法によりどのような環境条件に留意する必要があるか、文献調査などをもとに取りまとめた。結果を表-20,21に示す。

表-20ではアスファルト混合物層に利用する際に環境的配慮が必要なものをまとめているが、製造時に高温にさらされるため、これによる性状変化などが無いことが必要である。また、供用中には交通により、ポリッシング、ラベリングを受けることもあるため、微細な粒子に

なった場合にも配慮が必要である。さらに再生時にまた過熱されるので、その際の熱への対応も必要である。

表-21では路盤として利用する際の環境的配慮事項をまとめているが、路盤まで雨水が浸透する場合は、特に溶出物質への配慮が必要である。路盤まで雨水が浸透しない場合は、ほとんど水に接触することが少ないと思われるが、これを確認したデータは見受けられず、今後さらに調査する必要があると考えられた。

表-20 アスファルト混合物(主に表層)に使用される材料の貯蔵から廃棄までの行程における環境条件

ライフ	分類	アスファルト混合物		まとめ
		雨水が浸透しない場合	雨水が浸透する場合 排水性舗装 透水性舗装	
貯蔵時	水質	ヤードにおける雨水等による溶出物質の地盤等への浸透		通常、ストックヤード底部に水抜き(排水処理)を設けており、地盤深部への雨水の浸透は少ない
	大気	ヤードにおける風等による粉塵の大気中への飛散		粉塵の飛散防止のため、プラントの周囲を囲んだり、サイロ方式の貯蔵による対策を取っている。
製造時	水質	回収ダストからの雨水等による溶出物質の地盤等への浸透		回収ダストは集塵機あるいは沈殿槽に回収されるため、プラントから発生するダストは少量であり、地盤等への浸透する量も少ない。
	大気	加熱による揮発成分の大気中への飛散 粉塵の大気中への飛散 回収ダストの大気中への飛散		・加熱によるアスファルトの揮発成分の蒸発が周囲に影響を与えることはほとんどない。 ・ドライヤで発生する粉塵は、集塵機により大気放出ガス中の煤塵濃度を規制値の10分の1まで低下させており、飛散の影響は少ない。 ・回収ダストは集塵機あるいは沈殿槽により回収されるため、大気中へ飛散する量は少ない。
運搬時	水質	-		-
	大気	加熱による揮発成分の大気中への飛散(ただし、可能性は低い)		通常、シートによる保温を行っているため、揮発成分の大気中への飛散は少量であり、周囲への影響はほとんどない。
施工時	水質	-		-
	大気	加熱による揮発成分の大気中への飛散(ただし、可能性は低い)		熱の発散や揮発成分の蒸発があるが、周囲に与える影響は少ない。
	その他	転圧時の骨材の細粒化		上層路盤に用いる砕石はすり減り減量が規定されており、ローラー転圧時に極端な細粒化は起こらないと考えられる。ただし、下層路盤に石炭灰(クリンカッシュ)を使用したケースでは、ローラー転圧により粗粒部分が細粒化している例がある。
供用時	水質	雨水等による溶出物質の下水・河川等への流出	雨水等による溶出物質の地盤等への浸透	建設廃材や他産業再生資材を使用している場合には、ラベリング等摩耗によるアスファルト舗装の細粒分は降雨によりパウダー状となり、下水・河川等への流出水の水質の影響が懸念される。また、路盤に雨水が浸透する場合、「路盤材料」と同様に、路盤層での雨水の耐水時間が長くなるため、路盤からの溶出水についても水質の影響が懸念されることから、「環境庁告示第46号」に基づく環境安全性の確認が必要である。
	大気	ポリッシング、ラベリング等摩耗による粉塵の大気中への飛散		一般のアスファルト舗装の摩耗量は、1.8cm ² /yr、摩耗深さは0.6mm程度である(国道27号)。排水性舗装の摩耗量は10.2~20.4cm ² /yr(ただし、摩耗量20.4cm ² はタイヤチェーン装着時)、摩耗深さは1~2mm程度である(国道49号)。また、摩耗による粉塵は、細かいもので0.074mm通過量が20%程度、粗いもので10%程度である。
	その他	交通荷重によるアスファルト皮膜のはく離(骨材の露出) 交通荷重による骨材の飛散		一般のアスファルト舗装については、調査事例が少ない。他産業再生資材のガラス入りアスファルト混合物では、舗装路面に露出しているガラスが若干飛散している。あるいは廃プラスチック入りアスファルト混合物で細粒分(砂分)の飛散が見られ、路面が粗くなるケースがある。
再生時	水質	掘削時の散水等による溶出物質の下水・河川・地盤等への流出	ヤードにおける雨水等による溶出	掘削時における散水は、スプレーによる散水を行っており、散水量も少量のため、側溝等へ流出することもない。 通常、舗装廃材はプラント敷地内に野積みでストックされるため、降雨により浸透することが考えられることから、建設廃材や他産業再生資材等が混入している場合は、有害物質を含んでいないか溶出水の確認が必要である。
	大気	掘削時に発生する粉塵の大気中への飛散	ヤードにおける風等による粉塵の大気中への飛散	掘削時にビット部にスプレーによる散水しているため、粉塵はほとんど発生しない。 通常、廃材が乾燥状態にあるときはホース等で散水しており、粉塵の発生はほとんどない。
廃棄	水質	処分場における雨水等による溶出物質の地盤等への浸透		通常、処分場は泥水が地下へ浸透しないように不平等水性の粘性土やゴムシート等で遮水している。
	大気	処分場における風等による粉塵の大気中への飛散		廃材が乾燥状態にあるときは、適宜散水するため、周辺に影響を与える粉塵の飛散はほとんどない。

表-21 路盤材に使用される材料の貯蔵から廃棄までの行程における環境条件

ライフ	分類	路盤材料		まとめ
		路盤に雨水が浸透しない場合	路盤に雨水が浸透する場合(透水性舗装)	
貯蔵時	水質	ヤードにおける雨水等による溶出物質の地盤等への浸透		通常、ストックヤード底部に水抜き(排水処理)を設けており、地盤深部への雨水の浸透は少ない
	大気	ヤードにおける風等による粉塵の大気中への飛散		粉塵の飛散防止のため、プラントの周囲を囲んだり、サイロ方式の貯蔵による対策を取っている。
製造時	水質	-		-
	大気	粉塵の大気中への飛散(ただし、可能性は低い)		プラントでの路盤材製造時は、スプレーやスプリンクラー等による散水により粉塵発生を抑えており、大気中への飛散はほとんどない。
運搬時	水質	-		-
	大気	粉塵の大気中への飛散(ただし、可能性は低い)		運搬時の粉塵発生は少量であり、大気中への飛散は少ない。(通常、シートで覆っており、粉塵発生はほとんどない。
施工時	水質	表・基層施工前における雨水等による溶出物質の地盤等への浸透		通常、路盤材を長時間放置しておく舗装工事はあまりないため、通常、溶出物質の地盤への浸透や粉塵発生はほとんどない。
	大気	表・基層施工前における風等による大気中への飛散		-
	その他	転圧時の路盤砕石の細粒化		上層路盤に用いる砕石はすり減り減量が規定されており、ローラー転圧時に極端な細粒化は起こらないと考えられる。ただし、下層路盤に石灰灰(クリンカアッシュ)を使用したケースでは、ローラー転圧により粗粒部分が細粒化している例がある。
供用時	水質	同上(ただし、可能性は低い)	雨水等による溶出物質の地盤・下水・河川等への浸透	路盤に雨水が浸透する場合、路盤は表層、基層のアスファルト混合物より、雨水拘束量が1.3~3.0倍、貯留量が1.4~3.0倍と大きい。そのため、その分路盤層での雨水の耐水時間も長くなる。このため、路盤材料に建設廃材や他産業再生資材等を使用している場合には、路盤からの溶出水について「土壌の汚染に係わる環境基準」(環境省告示46号)に基づく確認が必要である。
	大気	-		-
	その他	交通荷重による路盤材料の細粒化		通常、市街地の舗装工事に於いて路盤の状態が開放する期間は短時間であり、路盤材の品質規格を満足する材料を使用していれば、交通荷重による骨材の細粒化はほとんどないものと考えられる。ただし、他産業再生資材等で軟質な材料を路盤材に適用する場合には、品質性状の吟味が必要である。
再生時	水質	掘削時の散水等による溶出物質の地盤等への浸透(ただし、可能性は低い)		路盤の掘削時に、粉塵飛散防止のために散水する量は少量であり、地盤に浸透することはほとんどない。
		ヤードにおける雨水等による溶出		通常、舗装廃材はプラント敷地内に野積みでストックされるため、降雨により浸透することが考えられることから、建設廃材や他産業再生資材等が混入している場合は、有害物質を含んでいないか溶出水の確認が必要である。
	大気	掘削時に発生する粉塵の大気中への飛散		市街地等では、掘削時に散水により粉塵発生を抑えており、大気中へ飛散する粉塵は少ない
廃棄	水質	処分場における雨水等による溶出物質の地盤等への浸透		通常、処分場は泥水が地下へ浸透しないように不平等水性の粘性土やゴムシート等で遮水している。
		処分場における風等による粉塵の大気中への飛散		廃材が乾燥状態にあるときは、適宜散水するため、周辺に影響を与える粉塵の飛散はほとんどない。
	大気	-		-

4. まとめ

平成19年度は、廃プラスチックと廃ゴムを舗装へ利用した場合の環境負荷について、LCA手法を用いて評価するとともに、再生資材を舗装に利用した場合の配慮すべき環境条件についてとりまとめた。その結果、以下のように考えられた。

- ・ 廃プラスチックをアスファルト混合物層へ利用する場合は、耐久性の向上などがないと環境負荷は増大する可能性が認められた。
- ・ 廃ゴムは改質アスファルトと同程度の性能が得られれば、わずかではあるが環境負荷を低減させられる可能性が認められた。

- ・ 環境条件についてとりまとめ、混合物では熱や磨耗への配慮が必要であることと、路盤材では溶出への配慮が必要であることなどが分かった。

今回の検討では、以下に示すいくつかの課題があり、今後これらの解決が必要と考えられた。

- ・ 廃プラ、廃ゴムを利用した舗装がリサイクル不可能な場合は、環境負荷が増大するため、リサイクルの可否の確認
- ・ 輸送距離の設定の妥当性の確認
- ・ 雨水を浸透させない場合の路盤材の雨水との接触状況の確認(周辺からの水の影響があるかどうか)

A STUDY ON THE APPLICABILITY OF MOLTEN SLAG TO PAVEMENT MATERIALS

Abstract : Recently, the development of the recycled resource such as molten slag is active in the background of effective use of the resource and the depletion of the final disposal dump, etc. Especially, the development of the technology used for the pavement of those recycled resources is active. Using these recycled resources comes to recycle certainly. However, whether it has contributed to the environmental load decrease in total until abandoning since using these manufactures it is not clarified. Then, the resource consumption, the saving resource, and the environmental load when using it for pavement were provisionally calculated for scrap tire and waste plastics, and applicability was examined in fiscal year 2007. As a result, it is clarified that using the waste plastic increases the environmental impact though using the scrap tire has the possibility of somewhat decreasing the environmental impact. In addition, when the environmental condition requested from the pavement was arranged, it was clarified that consideration to heating and wearing was necessary and consideration to detriment solubility was necessary.

Key words : Asphalt, Recycle, Scrap tire, Waste plastics, LCA