

廃アスファルトコンクリートの再資源化による 環境インパクト低減化の評価

中野加都子¹・三浦浩之²・和田安彦³

¹関西大学研究員 工学部土木工学科 (〒564 大阪府吹田市山手町3-3-35)

²正会員 関西大学助手 工学部土木工学科 (同 上)

³正会員 工博 関西大学教授 工学部土木工学科 (同 上)

代表的な建設廃棄物であるアスファルトコンクリート廃材は、路盤材やアスファルトコンクリート用骨材、アスファルト混合物に再生されている。この再資源化における環境負荷と環境に与える影響をLCA手法を用いて定量評価した。さらに、これらの環境インパクトと、アスファルトコンクリート廃材を回収して処分し、新たな資源から路盤材、アスファルトコンクリート骨材、アスファルト混合物を製造する場合の環境インパクトとの差を明らかにした。これより、路盤材への再生は約50%、骨材への再生は約10~40%環境インパクトを少なくすることを明らかにした。再資源化による環境インパクトをさらに低減させるためには、破砕選別プロセスとアスファルト混合物加熱プロセスの効率化、再生材使用比率の向上および輸送効率の改善が必要である。

Key Words : *construction and demolition waste, recycling, LCA, asphalt concrete, materials for subbase, aggregates for asphalt concrete, environmental load, environmental impact*

1. はじめに

今後、環境創造、地球環境保全を実現していくためには資源の有効利用とそのためのリサイクルの推進が必要となっており、深刻な問題である廃棄物最終処分地の不足に対処するためには、廃棄物処分量の大幅な削減が必要となっている。このような状況から、リサイクルに向けた計画が進められているが、今後それを活性化させるためには、リサイクルによる環境保全効果を定量的に示し、その意義の認識に努める必要がある。

一方、再資源化技術が未成熟であり、効率的な回収システムが整備されていないわが国の現状では、リサイクルの推進によって環境負荷の増大を招く危険性もある。この問題に対応するためには、現状の建設廃棄物の再資源化システムで環境負荷の高いプロセスを定量的に把握し、その低減化に向けた技術的対策を推進する必要がある。

このような状況を踏まえて、筆者らはLCA手法を用いて、PSPトレイ¹⁾、洗濯機²⁾、自動車バンパ³⁾のリサイクルによる環境保全効果の定量評価と環境負荷の高いプロセスの把握を行ってきた。

建設工事現場からの建設廃棄物は全国で約7,600万t/年(平成5年度)に達しており、産業廃棄物全体(40,300万t:平成4年度)の約2割を占める。しかし、建設廃棄物の再利用率は48%、減量化率は3%であり、両者を合わせても51%にすぎず、産業廃棄物全体の再利用・減量化率78%(厚生省調べ)と比べても低い値になっている⁴⁾。

道路舗装に使われているアスファルトコンクリートは代表的な建設廃棄物のひとつであり、建設廃材の約30%を占めている。本論文では、このアスファルトコンクリートの再資源化を促進することを目的に、その再資源化における環境負荷、環境インパクトの高いプロセスを明らかにする。

次に、再資源化する場合の環境負荷、環境インパクト

トと、廃棄物として処分してから再資源化量と同質の製品をバージン原料から製造する場合の環境負荷、環境インパクトを定量・比較し、再資源化することによる環境インパクト低減化効果を明らかにする。

2. アスファルトコンクリート廃材再資源化施設とマテリアルフロー

(1) アスファルトコンクリート再資源化施設

モデルケースとして関西で行われているアスファルト・コンクリートの再生、処理等に関する実態調査を行い、それによって得られた実測データを用いて分析、評価を行う。

このアスファルトコンクリート再資源化施設では、アスファルトコンクリート廃材から

- ①再生路盤材
- ②アスファルトコンクリート再生骨材
- ③再生加熱アスファルト混合物

が製造されている。そのフローを図-1～3に示す。

(2) 再資源化施設のマテリアルフロー

3通りのアスファルトコンクリート再資源化プロセスにおける再生物1トン当たりの投入物 (Input)、排出物 (Output) のマテリアルフローは図-1～3に示す通りである。

なお、本論文ではアスファルトコンクリート廃材からの再生品の名称は「プラント再生舗装技術指針(1992年12月)」⁹⁾に従った。

(3) 新骨材の生産 (採掘、砕石)

再生加熱アスファルト混合物は、再生骨材のみではなく新骨材が混合して用いられている。そのため、再生加熱アスファルト混合物の製造プロセスの環境インパクト評価では、上述した再資源化施設における関連プロセスの評価に加えて、新骨材の生産プロセスに係る環境インパクトを評価する必要がある。

筆者らが調査した骨材採石場における新骨材の生産 (採掘、砕石) のフローは図-4の通りであった。

なお、再生加熱アスファルト混合物製造における再生骨材の使用率は、建設省の基準に従って30%とする。

(4) 関連する輸送プロセス

a) 廃材輸送

アスファルトコンクリート廃材の回収は、経済的な視点から再資源化施設から比較的近い範囲で行われ

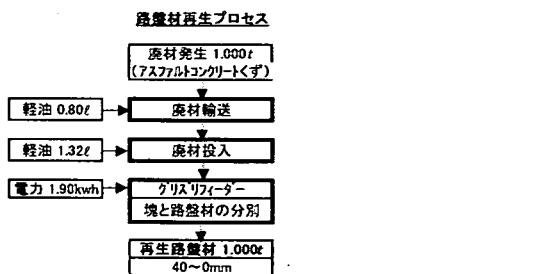


図-1 路盤材再生プロセスのマテリアルフロー

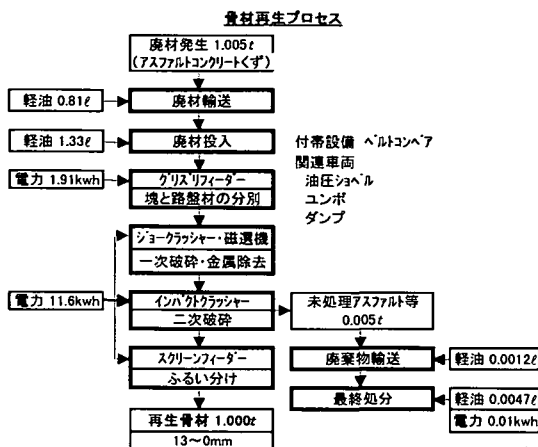


図-2 骨材再生プロセスのマテリアルフロー

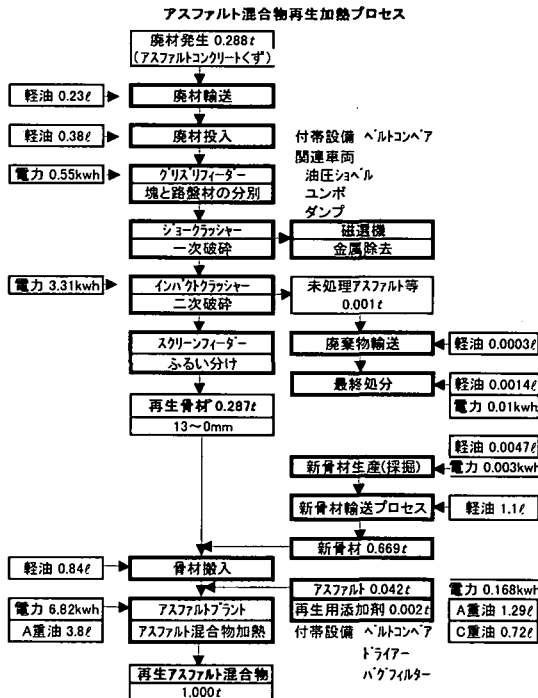


図-3 アスファルト混合物再生プロセスのマテリアルフロー

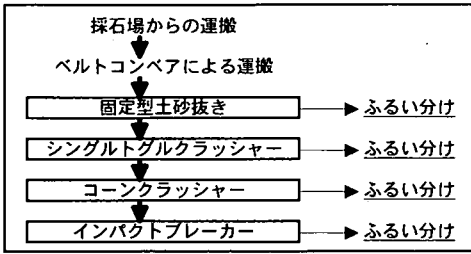


図-4 新骨材生産フロー

ている。また、アスファルトコンクリート廃材の重量と回収の効率化から運搬車両は大きなものが使われることが多い。そこで、アスファルトコンクリート廃材の輸送は10t車により20km輸送すると設定する。

b) 選別残渣輸送

アスファルトコンクリート廃材を一次選別した後発生する選別残渣は最終処分場に輸送される。今回調査した再資源化施設が市街地に立地していること、最終処分場は沿岸に立地していることから、輸送距離を6kmと設定する。輸送車両は10t車とする。

c) 新骨材輸送

採石場から再資源化施設までの骨材（碎石）の輸送には、アスファルトコンクリート廃材輸送と同様の理由から、大型車両が用いられている。そこで、輸送車両は10t車とする。また、輸送距離は採石場が通常、郊外の山間地に立地していることから、本論文では40kmとする。

d) 廃材を直接最終処分する場合の輸送

現場で発生したアスファルトコンクリート廃材を直接最終処分場に運び、埋立処分する場合の輸送距離は、再資源化する場合と同じ条件とするため、再資源化する場合の廃材輸送距離と選別残渣輸送距離の合計値26kmとする。また、輸送車両は他の輸送と同じ10t車とする。

3. アスファルトコンクリート廃材再資源化の環境インパクト評価方法

(1) 環境インパクトとカテゴリ

様々な人間活動が地球環境にもたらすインパクトを定量化する手法としてLCA（Life-Cycle Analysis）がある⁹⁾。LCAは、①LCI（Life-Cycle Inventory Analysis）：エネルギーと資源の利用および大気、水環境、陸地への環境排出を確認し定量化する、②影響分析（Impact Analysis）：環境への影響を技術的、定性的に特徴づけ、

表-1 環境インパクトカテゴリ^{10,11)}

資源消費	非生物資源消費、生物資源消費、エネルギー資源消費
環境中への排出	大気汚染、水質汚染、地球温暖化、酸性雨・酸性化、オゾン層破壊、廃棄物発生、有害廃棄物発生、土壌汚染
生態系への影響	生態毒性、富栄養化

表-2 環境負荷項目^{10,11)}

環境インパクトカテゴリ	関連する環境負荷項目
エネルギー資源消費	エネルギー資源（石油、石炭、…）
大気汚染	大気汚染物質（CO、NO ₂ 、SO ₂ 、…）
地球温暖化	温室効果ガス（CO ₂ 、CH ₄ 、N ₂ O、…）
酸性化	酸性化物質（NO ₂ 、NO、SO ₂ 、NH ₃ 、…）

表-3 評価指標の算出方法^{10,11)}

環境インパクトカテゴリ	評価指標算出方法
エネルギー資源消費	発熱量/可採年数
大気汚染	1/環境基準値または指針値
地球温暖化	地球温暖化ポテンシャル；GWP ₁₀₀ 指標（CO ₂ =1）
酸性化	酸性化ポテンシャル；AP値（SO _x =1）

また定量的に評価する、③改善評価分析（Improvement Analysis）：環境負荷を低減するための機会を評価し提供するの3要素から構成される。さらに、影響分析は①分類（Classification）：Inventory調査により定量化された環境排出を比較的同種の環境ストレス因子（環境インパクトカテゴリ）に割り当てて集計する、②特徴づけ（Characterization）：各々のストレス因子分類に対する環境の健全性、人間の健康、資源の枯渇への影響の分析と評価、③定量評価（Valuation）：関連する影響の範囲を十分に理解し考慮できるように相対的な値と重み付けを割り当てることから成る⁹⁾。本論文では影響分析の分類までを行う。

影響分析を行う環境ストレス因子、環境インパクトカテゴリとしては表-1に示すものがある。

これらの中から、アスファルトコンクリートの再生利用に関連する環境インパクトカテゴリを選択した。選択した環境インパクトカテゴリと関連する環境負荷項目を表-2に示す。

各インパクトカテゴリの環境インパクトは次式で算出する。

$$\text{インパクト} = \sum (\text{個別環境負荷} \times \text{評価指標})$$

算出に用いる評価指標は表-3の方法で算出したものを用いる。

(2) リサイクル効果の評価法

リサイクルの環境インパクト低減化効果は次の点から評価する。

- ①対象製品製造に係る環境インパクトの減少

②廃棄物処理・処分における環境インパクトの軽減したがって、関連するプロセスの環境インパクトを算出し、次式⁹⁾によりリサイクル効果を評価する。

$$ER = (EIP_v + EID_v) - (EIP_r + EID_r) \quad (1)$$

ここで、 ER ：リサイクルによる環境インパクト低減量、 EIP_v ：対象製品製造までのライフサイクルステージの環境インパクト、 EIP_r ：再生資源を用いた製品の製造までのライフサイクルステージの環境インパクト、 EID_v ：天然資源を用いた製品の製造プロセスからの廃棄物および廃棄された対象製品の処理・処分による環境インパクト、 EID_r ：再生資源を用いた製品の製造プロセスからの廃棄物の処理・処分による環境インパクトである。

(3) アスファルトコンクリート廃材の中間処理・最終埋立処分による環境インパクトの評価法

a) 環境インパクト評価式

アスファルトコンクリート廃材の中間処理・最終埋立処分による環境インパクトは次式で評価する⁹⁾。

$$EID = ECP + EP + ETC + ED + EE + EA \quad (2)$$

ここで、 ECP ：発生アスファルトコンクリート廃材の中間処理施設までの輸送における環境インパクト、 EP ：中間処理の環境インパクト、 ETC ：中間処理施設から最終処分場までの輸送の環境インパクト、 ED ：最終処分場に埋め立てる際に使用する機器の運用に伴う環境インパクト、 EE ：最終処分場に埋め立て後、対象廃棄物から排出される物質による環境インパクト、 EA ：最終処分するために、ある空間を占有することによる環境インパクトである。

b) 最終処分場への埋め立てによる環境インパクトの評価法

最終処分するための、ある空間を占有することによる環境インパクトとは、埋立処分により失われる自然環境資源によってもたらされていた恩恵の喪失による環境インパクトである。

本論文では、最終処分場への埋立に伴い失われる森林のもたらす種々の恩恵の中で、定量評価が比較的容易な〔光合成による CO_2 の吸収〕を評価対象とする。これらの環境インパクトは、筆者らの論文⁹⁾における手法により環境負荷を算出し、その結果と評価指標を用いて評価する。

なお、最終処分を行うことにより失われる面積は、埋め立て容量と埋め立て面積及び受入廃棄物量より、受入廃棄物単位重量当たりの平均埋め立て面積を求め、これを受入廃棄物重量に乗じることから求めた。

表-4 大気汚染物質排出係数¹⁴⁾¹⁶⁾

	CO_2	NO_x	SO_x
軽油	0.708 kg-C/l	0.008 kg/l	0.032 kg/l
A重油	0.7358 kg-C/l	0.002 kg/l	0.034 kg/l
C重油	0.8016 kg-C/l	0.002 kg/l	0.075 kg/l
発電	0.1492 kg-C/l	0.00017 kg/l	0.0002 kg/l

本論文では最終処分地の調査結果より、単位埋立容積当たりに失われる森林面積は $0.067m^2/m^3$ とした。

森林としては最終処分場を建設するような比較的低い山地において最も一般的である落葉広葉樹林とした。落葉広葉樹林の炭酸ガス固定能は平均 $5.1t-C/ha/年$ とし¹²⁾¹³⁾、供給される酸素量は固定する二酸化炭酸ガス量に対して 0.75 倍の $14.0t/ha/年$ ¹²⁾とする。また、埋立期間を 10 年、その後の 30 年間で元の落葉広葉樹林が形成されると想定し、合計 40 年間の CO_2 固定量により評価する。なお、埋め立て後の 30 年間では樹林が一定速度で回復すると仮定して CO_2 固定量を設定した。

(4) 資源採掘による環境インパクトの評価法

アスファルトコンクリート廃材からアスファルト混合物を再生する場合には、新骨材(碎石)が必要となる。原石山から骨材を生産する場合には、採掘、碎石、粒度調整等の作業でのエネルギー消費とこれに伴う CO_2 等の環境中への排出と共に、原石山を崩していくことによる環境負荷がある。これについて、本論文では埋立処分場建設と同様に原石山の地表面にある森林の消滅による CO_2 固定量と酸素供給量の減少により評価する。

骨材を採掘する原石山を高さ $50m$ 、斜面角度 30 度の正四角錐と想定し、表面積と容積を算出する。そして、単位容積当たりの表面積を求め、これより骨材を採掘することにより消失する森林面積(地表面積)を設定した。本論文では単位碎石量当たりの消失森林面積は $0.000019m^2/t$ とした。また、碎石期間を 50 年、その後の 30 年間で元の落葉広葉樹林が形成されると想定し、合計 80 年間の CO_2 固定量により評価する。

(5) 大気汚染物質排出係数

化石燃料の燃焼に伴う大気汚染物質の排出係数、および発電における大気汚染物質排出係数としては表-4に示す値を用いた。ここで、発電については電源構成を発電寄与率をもとに定めて求められた排出係数値¹⁴⁾¹⁶⁾を用いた。

表-5 電源構成比と発電必要資源量^{11),14),17),18)}

発電方法	資源	1kwhの発電に必要な資源量	電源構成比	構成比を考えた必要資源量
火力	石油	0.254 l/kwh	29.2%	0.0741 l
	LNG	0.176 kg/kwh	21.2%	0.0373 kg
	石炭	0.384 kg/kwh	9.5%	0.0365 kg
原子力	ウラン鉱石	0.00911 kg/kwh	26.6%	0.00242 kg
水力			13.5%	

(6) 電源構成と発電必要資源量

発電における資源の消費量は、表-5に示す各発電方法での1kwhの発電に必要な資源量と電源構成比から算出した値を用いた。

4. 環境インパクト評価結果

(1) インベントリ分析結果

調査解析した3通りのアスファルトコンクリート廃材再資源化プロセス（路盤材、骨材、アスファルト混合物への再生）でのインベントリ分析結果の一部を図-5に示す。これらは1トンの再生製品を製造する場合のものである。

a) 路盤材再生

アスファルトコンクリート廃材を路盤材に再生する場合には、廃材の輸送と再資源化施設内での搬入廃棄物の再資源化設備への廃材投入作業による環境負荷が多く、これらでCO₂排出量では全プロセスの84%を占め、NO_x排出量では98%、SO_x排出量では95%を占めている。

すなわち、アスファルトコンクリート廃材を路盤材に再資源化する際に環境負荷面から問題となるのは、発生した廃材の輸送であり、施設内での廃材投入作業も問題となる。したがって、これらの作業を効率化すれば、アスファルトコンクリート廃材の路盤材への再資源化は、非常に環境負荷の少ないリサイクル手法となる。

b) 骨材再生

アスファルトコンクリート廃材をアスファルトコンクリート用の骨材に再生する場合には、CO₂排出量は一次破碎・二次破碎・ふるい分けプロセスが最も多い（約50%）が、NO_x、SO_x排出量は廃材投入作業が最も多い（各々55%、45%）。このように環境負荷項目によって環境負荷の多いプロセスが異なるのは、骨材再生ではエネルギーとして電力消費が多いが、発電時のNO_x、SO_x排出量は同じエネルギーを軽油燃焼により得る場合に比較して極端に少ないことに起因する。

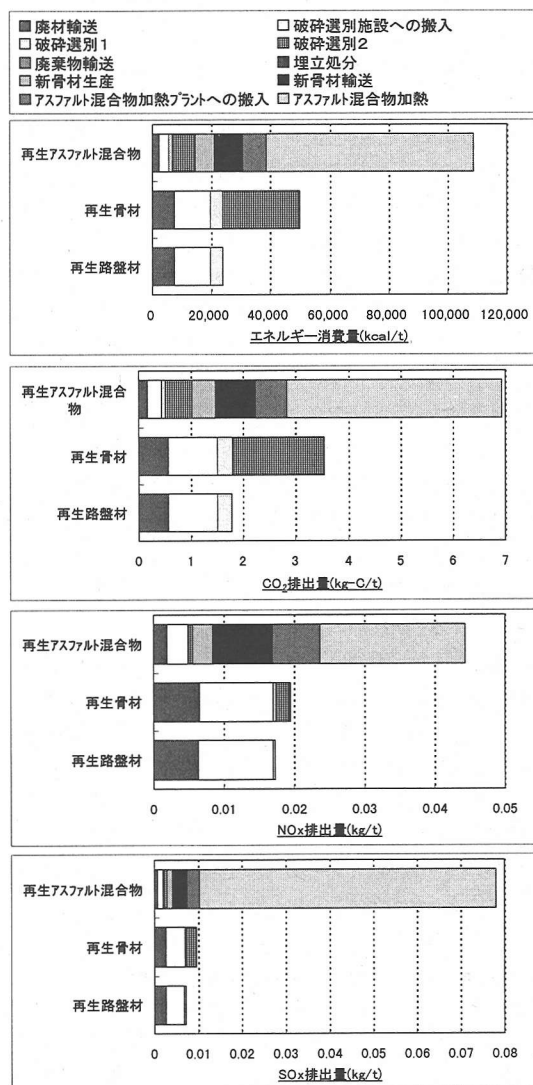


図-5 インベントリ分析結果の比較

(再生製品1トン当たり)

c) アスファルト混合物再生

アスファルト混合物を再生する場合には、相対的に環境負荷の多いプロセスは「アスファルト混合物加熱プロセス」であり、「廃材輸送」～「骨材再生」までのプロセスの環境負荷の比率は小さい。「アスファルト混合物加熱プロセス」プロセスは、CO₂排出量では全プロセスの排出量の約60%、NO_x排出量では約50%、SO_x排出量では約87%を占めている。

また、新骨材の輸送距離が長い（40km）、NO_x排出量ではこの輸送プロセスの占める割合も約20%と大きい。

(2) 再生製品の製品価値と環境インパクト

アスファルトコンクリート廃材には3通りのリサイクル方法がある。再生製品の製品価値を高めることによる環境インパクトの増加を明らかにするため、アスファルトコンクリート廃材の各再生品再資源化システム毎のエネルギー資源消費、温室効果、大気汚染、酸性化のインパクト分析結果を図-6に比較した。図は各プロセスの環境インパクト構成割合をアスファルト混合物再生の場合を1とした相対比で表している。また、アスファルト混合物への再資源化の環境インパクトを1とした場合の、各再生品への再資源化の環境インパクトの比率は表-5に示すものである。

路盤材への再資源化よりも骨材への再資源化の方が、さらにそれよりアスファルト混合物への再資源化の方が環境インパクトが大きい。再資源化では再生品の付加価値を高めることが環境インパクトを大きくしている。

路盤材再生の環境インパクトはアスファルト混合物再生の環境インパクトの18~26%、骨材再生は同じく21~51%である。特にエネルギー資源消費、大気汚染、酸性化の категорияにおいて、アスファルト混合物に再生する場合と路盤材、骨材に再生する場合との環境インパクトの差が大きい。これは、アスファルト混合物再生加熱プロセスのこれらカテゴリーの環境インパクトが大きいことに起因している。

(3) 環境インパクトの大きいプロセスの特定

いずれの再生品に再資源化する場合でも、環境インパクトカテゴリーによる環境インパクトの相違は少なく、環境インパクトが相対的に大きいプロセスを特定できる。

a) 路盤材再生

路盤材への再資源化ではアスファルトコンクリート廃材の破碎選別施設への投入作業による環境インパクトが全体の環境インパクトの50~60%と最も大きな割合を占めている。

b) 骨材再生

骨材への再資源化では廃材破碎選別（一次、二次）プロセスと廃材の施設への投入プロセスの環境インパクトが大きい。エネルギー資源消費、温室効果では廃材破碎選別プロセスの環境インパクトが最も大きな割合を占め（50%前後）、大気汚染、酸性化では破碎選別施設への廃材投入プロセスの環境インパクトが最も大きい（50%前後）。

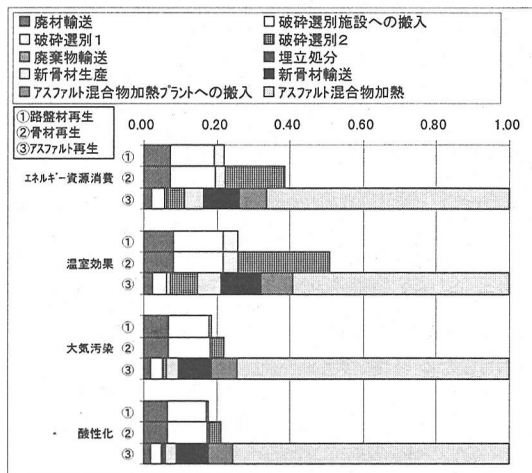


図-6 アスファルトコンクリート廃材再資源化の環境インパクト
(再生製品1トン当たり)

c) アスファルト混合物再生

アスファルト混合物への再資源化ではアスファルト混合物加熱プロセスの環境インパクトが最も大きく、60~75%の割合を占めている。

(4) リサイクルによる環境インパクト低減化効果

a) 路盤材再生

アスファルトコンクリート廃材の路盤材への再資源化による環境インパクト低減効果を図-7に示す。図における再生製品の環境インパクトと新製品の環境インパクトの合計値の差が式(1)のERとなる。

いずれの環境インパクトカテゴリーにおいても路盤材に再生する方が新たに岩石を採掘・破碎・選別して路盤材を製造するよりも環境インパクトを約50%に低減化できる。この環境インパクトの差は主として埋立処分プロセスと新骨材輸送プロセスの環境インパクトに起因している。埋立処分プロセスと新骨材輸送プロセスの環境インパクトの合計は、ほぼ路盤材再生時の総環境インパクトに匹敵するほど大きい。

b) 骨材再生

骨材への再資源化による環境インパクト低減効果を図-8に示す。アスファルトコンクリート廃材を骨材へ再資源化する際の環境インパクトは、新たに岩石を採掘して骨材を製造する際の環境インパクトに比較して小さい(ER>0)。骨材への再資源化により、大気汚染、酸性化では40%前後のインパクト低減化が可能となる。エネルギー資源消費では約10%、温室効果では約3%の低減化割合が小さい。これは、破碎選別

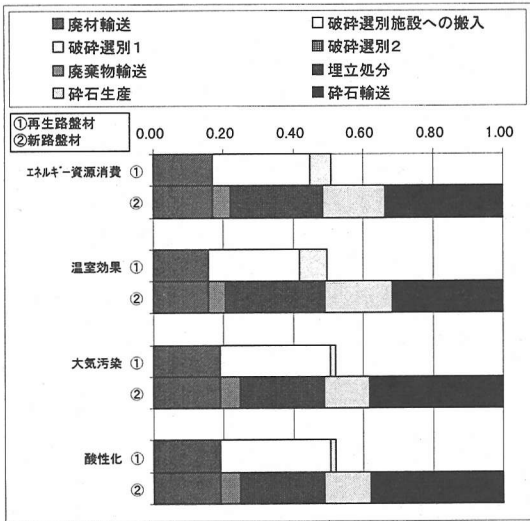


図-7 路盤材への再資源化による環境インパクト低減化効果
(製品1トン当たり)

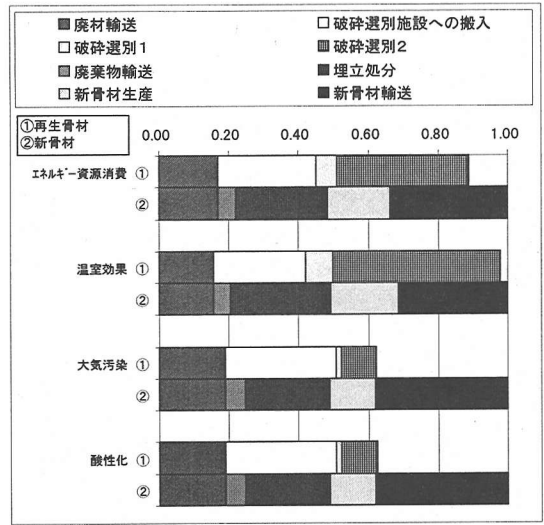


図-8 アスファルト混合物用骨材への再資源化による
環境インパクト低減化効果
(製品1トン当たり)

プロセスにおける電力消費量が多いことに起因する。

c) アスファルト混合物再生

アスファルト混合物への再資源化による環境インパクト低減効果を図-9に示す。アスファルトコンクリート廃材を再資源化することによる環境インパクト低減化効果は数%と小さい。これは、

- ①新アスファルト混合物製造と再生アスファルト混合物製造どちらの場合にも共通するプロセスであるアスファルト混合物製造プロセスの環境インパクトが、いずれの環境インパクトカテゴリーでも60~70%を占めている。
- ②再生アスファルト混合物製造に用いる骨材の内、再生骨材の占める割合が30%と低く、新骨材のみを使用する場合との差が生じにくい。

ことによる。

また、再生骨材を使用してアスファルト混合物を製造する場合に比較して、原油からアスファルト混合物を製造する場合に環境インパクトが大きくなるのは、

- ①発生したアスファルトコンクリート廃材を埋立処分することによる環境インパクトが生じる。
 - ②新骨材(砕石)の採掘場所から処理プラントまでの輸送プロセスの環境インパクトが大きくなる。
- ためである。

(4) リサイクル促進のための環境インパクト低減化方法

モデル地域における事例により、アスファルトコン

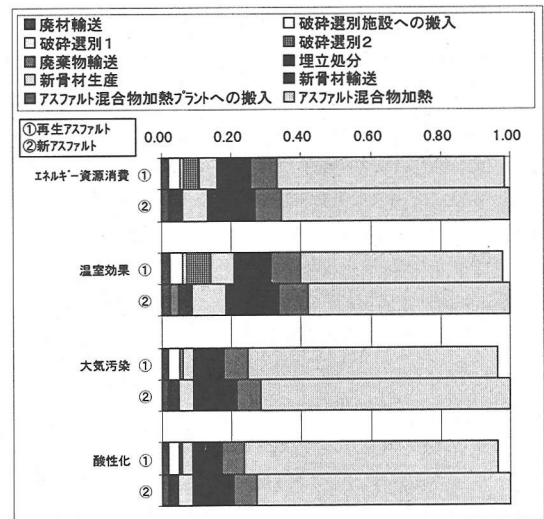


図-9 アスファルト混合物への再資源化による
環境インパクト低減化効果
(製品1トン当たり)

クリート廃材の再資源化を環境に与える影響面から評価した場合、路盤材、骨材、アスファルト混合物いずれの製品に再資源化しても、新たにバージン資源から生産するよりも環境インパクトを低減化できることを明らかにできた。

経済的価値の相対的に低い路盤材への再生では、再生に必要なプロセスが少なく(主として破碎選別のみ)、エネルギー消費量等も少ないため、大きな環境

インパクト低減化効果がある。反対に経済的価値の相対的に高い製品（骨材、アスファルト混合物）への再生は、必要なプロセスが増え、プロセス自体もエネルギー多消費型となるため、路盤材ほどリサイクルによる大きな環境インパクトの低減効果はなかった。これには、製品の品質レベルを高めるために、再生物だけで製品化できないことも影響している。

この事例からは、環境負荷、環境インパクトを低減化しつつ、建設廃棄物の再資源化を行うための具体的な課題として、次のようなことが言える。

- ① 建設廃棄物をより少ないプロセスで再資源化できる2次用途に利用する。
- ② 多数のプロセスを経て再資源化する場合は、相対的に環境インパクトの大きなプロセス（再生骨材の場合の破碎選別プロセス、再生アスファルト混合物の場合のアスファルト混合物加熱プロセス等）の効率化を図って、再資源化の環境インパクトの低減化を図る必要がある。
- ③ 環境負荷項目によっては、再資源化に必要な資源の輸送が環境に大きな影響を与えることがある。このため、輸送距離を最小にできる場所から資源調達を行うとともに、積載量や輸送手段、輸送経路を検討することによって輸送効率を向上させる必要がある。
- ④ アスファルト混合物への再生骨材の使用比率を現状の30%から50%に高めても所定の性能は発揮できるとされている。また、技術的には60~70%まで再生骨材混合率を高めることが可能となっている。製品への再生物の使用比率を高めれば、それだけ製造における環境インパクトを低減でき、さらに埋立処分等の廃材の処理に係る環境インパクトもなくすることができる。建設廃棄物の再資源化では、再生物の使用比率を高めることが、リサイクルによる環境インパクト低減化の効果をより大きくすることにつながる。

5. 結論

建設廃棄物の約1/3を占めるアスファルトコンクリートを例に、モデル地域で行われている再資源化の環境負荷、環境インパクトを定量評価した。すべての環境負荷を計上できなかったため、代表的な環境負荷に限定した評価を行ったが、廃材を再資源化することが、環境負荷、環境インパクトの低減化に効果のあること

を明らかにできた。

新たな資源から路盤材や骨材、アスファルト混合物を生産する場合には、発生したアスファルトコンクリート廃材を廃棄処分する必要がある、これによる環境インパクトが大きいことが、再資源化する場合に比較して、環境インパクトが相対的に多くなる要因となった。さらに、アスファルトコンクリート廃材は海面下には埋立処分できないこと、浸出水質への影響も懸念されること等を考慮に入れば、さらに再資源化が環境インパクト低減化において有利となると考えられる。

アスファルトコンクリート廃材等の建設廃棄物のリサイクルを促進するには、本論文中で述べた事項に加えて、再生骨材を洗浄して品質を新骨材並みとする等の再生品の付加価値を高めることが必要になる。

さらに、国や自治体が建設廃棄物をリサイクルすることを前提に建設廃棄物を再資源化するためのフローを考え、リサイクルが経済的にも環境負荷、環境インパクト低減化からも有利になるようなシステムづくりを行うことが必要である。

謝辞：最後に、本研究の遂行に当たり、貴重な資料、データを提供して下さいました関連事業者をはじめ、種々の面からお世話になった方々に心からの謝辞を申し上げます。また、調査データの解析に当たっては関西大学大学院学生原栄一君をはじめ研究室学生諸君の協力を得た。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 和田安彦, 三浦浩之, 中野加都子: LCAによるリサイクル効果の定量化—PSPトレイのリサイクルへの適用—, 土木学会論文集, No.533/II-34, pp.237-245, 1996.2.
- 2) 和田安彦, 三浦浩之, 中野加都子: LCAにおけるリサイクルと廃棄物処理・処分の評価手法とその適用, 土木学会論文集, II-35, 1996.5.
- 3) 和田安彦, 三浦浩之, 中野加都子: リサイクル効果の定量化とその自動車バンパへの適用, 廃棄物学会論文誌別冊, Vol.7, No.2, pp.49-57, 1996.
- 4) 総合的建設副産物対策(平成7年度版), 建設副産物リサイクル広報推進会議, 1995.7.
- 5) 処理・再資源化技術の評価報告書—主要産業廃棄物の処理・再資源化に関する技術課題の評価と対策, (財)クリーン・ジャパン・センター, 1991.3.
- 6) 日本道路協会: プラント再生舗装技術指針(1992).
- 7) 本多淳裕, 建設系廃棄物の処理と再利用, (財)省エネルギー

- ギーセンター, 1990.7.
- 8) B.W.Vigon, D.A.Tolle, B.W.Cornaby, and H.C.Latham (Battelle-Columbus) and C.L.Harrison, T.L.Boguski, R.G.Hunt, and J.D.Sellers (Franklin Associates, Ltd.) and U. S. E. P. A. Risk Reduction Engineering Laboratory, LIFE-CYCLE ASSESSMENT : INVENTORY GUIDELINES AND PRINCIPLES, LEWIS PUBLISHERS, 1994.
- 9) SOCIETY OF ENVIRONMENTAL TOXICOLOGY AND CHEMISTRY and SETAC FOUNDATION FOR ENVIRONMENTAL EDUCATION, INC. : A CONCEPTUAL FRAMEWORK FOR LIFE-CYCLE IMPACT ASSESSMENT, SETAC, 1993.
- 10) 環境への負荷の評価に関する予備的検討, 環境庁, 日本エコライフセンター, 1993.6.
- 11) 化学工業製品におけるトータルバランスの分析手法に関する調査(II), NEDO, (財)地球環境産業技術研究機構, (社)化学工業会, p.130, 1995.
- 12) 小島紀徳:地球環境セミナー5 緑がつくる地球の環境, 1993.
- 13) 日本林業技術協会編:森林の100不思議, 東京書籍, 1988.
- 14) プラスチック処理促進協会, プラスチック製品の使用量増加が地球環境に及ぼす影響評価報告書, 1993.
- 15) 北九州市:地球温暖化対策地域促進モデル計画策定調査報告書, 1992.
- 16) 平成4年度石油製品需給適正化調査, 三菱総合研究所, 1992年11月.
- 17) 世界の資源と環境, 1994-95, 中央法規出版.
- 18) 日本エネルギー経済研究所エネルギー分析センター編, エネルギー・経済統計便覧, 1995.

(1996. 5. 22受付)

THE EVALUATION OF ENVIRONMENTAL IMPACT REDUCTION BY THE WASTE ASPHALT CONCRETE RECYCLING

Kazuko NAKANO, Hiroyuki MIURA and Yasuhiko WADA

Environmental impact of the life-cycle of the materials for subbase remanufactured from the waste asphalt concrete is about 50% of the environmental impact of the life-cycle of the materials for subbase manufactured from the natural resource, and the environmental impact of the life-cycle of the aggregates for the asphalt concrete remanufactured from the waste asphalt concrete is 60-90% of the environmental impact of the life-cycle of the aggregates manufactured from the natural resource. In order to reduce the environment impact of the life-cycle of the waste asphalt concrete recycling further, an improvement of the efficiency of the re-manufacturing process and an improvement of the transportation efficiency of the waste asphalt concrete are necessary.