

## 舗装資材の環境負荷原単位に関する検討

独立行政法人土木研究所 正会員 ○新田 弘之  
正会員 西崎 到

## 1. はじめに

舗装分野における環境負荷の検討においては、これまでアスファルトプラントのような舗装材料の生産過程における環境負荷についてのみ論ぜられることが多く、資材の原料調達から輸送などを含めての検討は少ない。これに対し、土木研究所においては、以前から原料調達からの構造物の構築までのエネルギー消費や CO<sub>2</sub> 排出量を算出してきたが、産業連関表に基づく方法（産業連関法）を中心として行ってきた<sup>1)</sup>。産業連関法は、事業単位での評価や大きな構造物での評価には非常に有効であるが、貨幣価値に基づき環境負荷量を按分していく方法であるため、個別の資材を評価する場合に、実際の負荷量とは大きく異なることが多い。

そこで、個別の資材でも環境負荷量が適切に評価できるように積み上げ法による環境負荷原単位を作成することにした。

## 2. 方法

積み上げ法による方法では、個別の生産体制について全てを把握していなければ算出できない。しかし、個別の事例過ぎては平均的な値が分からない。そこで、基本的に平均的な値を作成するようにし、不可能な場合に限り、ヒアリングなどにより個別の事例を調査した。また、エネルギー消費などによる環境負荷については(財)産業環境管理協会の JEMAI-LCA Pro の値を用いることにした。

計算にあたっては図-1 に示すように原料調達から輸送、材料生産を考慮した。また、輸送距離は図-2 に示すような設定をした。モデル都市の面積は、政令指定都市の平均面積とし、県境の設定も都道府県の面積の平均値から求めた。各資材の生産拠点は現状調査を行い、合材工場や改質アスファルト工場等は都市内に1つはあり、また碎石工場は都道府県内に1つはあると仮定した。

## 3. 素材の原単位の試算

素材の原単位の算出にあたって使用した燃料等の基本的な原単位を表-1 に示す。

## (1) アスファルトの環境負荷原単位

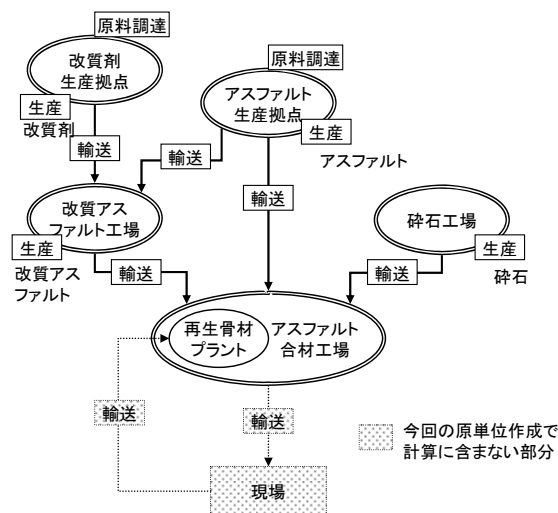


図-1 原単位作成において考慮した範囲

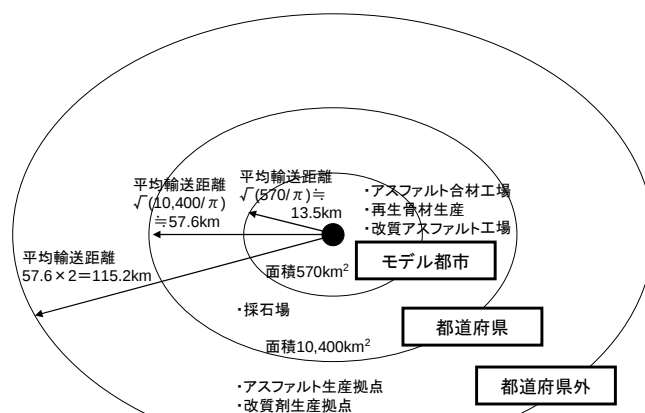


図-2 輸送距離の設定

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-2 のようになった。

Key word: 環境負荷原単位、CO<sub>2</sub> 排出原単位、舗装材料、リサイクル

連絡先: 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 Tel: 029-879-6763 Fax: 029-879-6733

(2)改質アスファルトの環境負荷原単位

改質アスファルトは、改質剤（SBS）の原単位が必要であるが、SBSの原単位は公表されていない。そこで、公表されているもので製造工程が近いSBRの原単位を用いることとした。また、アスファルトや改質剤を製造工場まで運搬する必要があるのも考慮した。結果を表-3に示す。

(3)砕石の環境負荷原単位

砕石の環境負荷原単位は、統計値等で利用できるものがなかったため、3500t/日クラスの採石場のヒアリング結果をもとに試算した。結果を表-4に示す。

(4)再生骨材の環境負荷原単位

再生骨材については、文献に再生骨材製造プラントにおける運転例を参考にし試算した。結果を表-5に示す。

4. 混合物製造の環境負荷原単位

アスファルト合材プラント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、合材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-6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-6の下段に示し、表-6と表-1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。

5. おわりに

以上、舗装資材に関する環境負荷原単位を積み上げ方式で求めた。しかし、砕石や再生骨材などは統計的なデータがなく、平均的とおぼしき事例で求めざるを得なか

表-1 燃料等の環境負荷原単位

|      | エネルギー量<br>(MJ) | CO <sub>2</sub> 排出量<br>(kg-CO <sub>2</sub> ) | SO <sub>x</sub> 排出量<br>(kg-SO <sub>x</sub> ) | NO <sub>x</sub> 排出量<br>(kg-NO <sub>x</sub> ) | SPM排出量<br>(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-2 アスファルトの環境負荷原単位の試算

|                          | エネルギー量<br>(MJ) | CO <sub>2</sub> 排出量<br>(kg-CO <sub>2</sub> ) | SO <sub>x</sub> 排出量<br>(kg-SO <sub>x</sub> ) | NO <sub>x</sub> 排出量<br>(kg-NO <sub>x</sub> ) | SPM排出量<br>(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-3 改質アスファルトII型の環境負荷原単位の試算

|                |             |                                     | エネルギー量<br>(MJ) | CO <sub>2</sub> 排出量<br>(kg-CO <sub>2</sub> ) | SO <sub>x</sub> 排出量<br>(kg-SO <sub>x</sub> ) | NO <sub>x</sub> 排出量<br>(kg-NO <sub>x</sub> ) | SPM排出量<br>(kg-SPM) | 出典                      |          |
|----------------|-------------|-------------------------------------|----------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------|-------------------------|----------|
| 改質アスファルトI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                                     | 6.18E-04           | 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                                     | 6.10E-04           |                         |          |
|                | 電力(kWh)     | 89.00                               | 8.09E+02       | 3.56E+01                                     | 4.58E-03                                     | 1.44E-02                                     | 1.53E-04           |                         |          |
| 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                                | 3.68E+02       | 1.50E+02                                     | 1.58E-06                                     | 6.65E-05                                     | 1.97E-05           | JEMAI-LCAのSBRの値を流用      |          |
|                | 輸送          | アスファルト輸送(115.2km)<br>改質剤輸送(115.2km) | 軽油             | 6.62                                         | 2.53E+02                                     | 1.78E+01                                     | 5.46E-04           | 5.49E-03                | 6.22E-04 |
| 改質剤輸送(115.2km) |             | 軽油                                  | 6.62           | 2.53E+02                                     | 1.78E+01                                     | 5.46E-04                                     | 5.49E-03           | 6.22E-04                |          |
| 小計(1tあたり)      |             |                                     | 6.30E+03       | 4.92E+02                                     | 1.57E+00                                     | 1.12E+00                                     | 2.64E-03           |                         |          |
| 改質アスファルトII型    |             |                                     | kg             | 6.30E+00                                     | 4.92E-01                                     | 1.57E-03                                     | 1.12E-03           | 2.64E-06                |          |

表-4 砕石の環境負荷原単位の試算

|                                      |         | エネルギー量<br>(MJ) | CO <sub>2</sub> 排出量<br>(kg-CO <sub>2</sub> ) | SO <sub>x</sub> 排出量<br>(kg-SO <sub>x</sub> ) | NO <sub>x</sub> 排出量<br>(kg-NO <sub>x</sub> ) | SPM排出量<br>(kg-SPM) | 出典       |
|--------------------------------------|---------|----------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------|----------|
| 砕石3500tあたり消費量                        |         |                |                                              |                                              |                                              |                    |          |
| 重機消費<br>燃料消費<br>電力消費<br>小計(3500tあたり) | 軽油(L)   | 263.55         | 1.01E+04                                     | 6.51E+02                                     | 2.00E-02                                     | 2.01E-01           | 2.27E-02 |
|                                      | ガソリン(L) | 232.05         | 8.15E+03                                     | 5.73E+02                                     | 1.76E-02                                     | 1.77E-01           | 2.00E-02 |
|                                      | 電力(kWh) | 4861.50        | 4.42E+04                                     | 1.94E+03                                     | 2.50E-01                                     | 7.88E-01           | 8.36E-03 |
|                                      |         |                | 6.24E+04                                     | 3.17E+03                                     | 2.88E-01                                     | 1.16E+00           | 5.11E-02 |
| 砕石生産<br>(=合計/3500t)                  |         | t              | 1.78E+01                                     | 9.05E-01                                     | 8.23E-05                                     | 3.33E-04           | 1.46E-05 |

表-5 再生骨材の環境負荷原単位の試算

|                        |    | エネルギー量<br>(MJ) | CO <sub>2</sub> 排出量<br>(kg-CO <sub>2</sub> ) | SO <sub>x</sub> 排出量<br>(kg-SO <sub>x</sub> ) | NO <sub>x</sub> 排出量<br>(kg-NO <sub>x</sub> ) | SPM排出量<br>(kg-SPM) | 出典       |          |                                    |
|------------------------|----|----------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------|----------|----------|------------------------------------|
| 再生骨材66,000tあたり消費量      |    |                |                                              |                                              |                                              |                    |          |          |                                    |
| 重機消費                   | 破碎 | 軽油(L)          | 33,000                                       | 1.26E+06                                     | 8.88E+04                                     | 2.72E+00           | 2.74E+01 | 3.10E+00 | 「建設副産物の再生・処理の積算」<br>((財)建設物価調査会)より |
|                        | 分別 | 軽油(L)          | 20,900                                       | 7.99E+05                                     | 5.62E+04                                     | 1.72E+00           | 1.73E+01 | 1.96E+00 |                                    |
| プラント消費                 | 破碎 | 電力(kWh)        | 214,500                                      | 1.95E+06                                     | 8.58E+04                                     | 1.10E+01           | 3.47E+01 | 3.69E-01 |                                    |
|                        | 分別 | 電力(kWh)        | 128,700                                      | 1.17E+06                                     | 5.15E+04                                     | 6.63E+00           | 2.08E+01 | 2.21E-01 |                                    |
| 小計(66,000tあたり)         |    |                |                                              | 5.18E+06                                     | 2.82E+05                                     | 2.21E+01           | 1.00E+02 | 5.65E+00 |                                    |
| 再生骨材生産<br>(=合計/66000t) |    |                | t                                            | 7.85E+01                                     | 4.28E+00                                     | 3.35E-04           | 1.52E-03 | 8.56E-05 |                                    |

表-6 合材種類の資源消費量の試算

|            | 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

った。従って、今後これらの資材では参考にする事例を増やし、より平均的な値を求めて行くとともに、ここにはない資材についても原単位の整備を行っていく予定である。

参考文献

- 1) 例えば、建設省土木研究所：資源・エネルギー消費、環境負荷の算定手法の開発と実態調査報告書（その1）、土木研究所資料、第3167号、平成5年2月