

建設資材としての溶融スラグの流通化の条件に関する一考察

名古屋工業大学 学生員 ○板井 正宏 鹿島建設 魚住 敏和
 名古屋工業大学 正 員 秀島 栄三 鹿島建設 青山 和史
 名古屋工業大学 正 員 山本 幸司

1. はじめに

わが国は、廃棄物の減量化とリサイクルを基調におく循環型社会への転換を迫られている。溶融スラグは、一般廃棄物の焼却灰から生成され、かつ建設資材（既往骨材の代替品）としての利用が期待され、循環型社会のニーズとシーズを満たしている。しかし実用化技術は発展段階にありコスト面で既往骨材と比肩するものになっていない。現状では自然な形で市場に流通させることは不可能である。技術的初期段階で流通化の支援策を講じることが早期普及に繋がるだろう。文献¹⁾によれば既往骨材の流通状況、溶融スラグの生産量・利用可能量等は明らかになっているが、溶融スラグの価格については事例1件が示されるのみで価格設定に関する検討はなされていない。そこで本研究では、溶融スラグを骨材市場で流通させるための経済的条件について考察を行う。具体的には、供給主体（地方自治体または企業）に対する補助金施策、スラグ生成プラントの導入が有効となる経済的条件について検討を行う。

2. 溶融スラグの流通化のための補助金施策

溶融スラグが骨材市場に新たに参入する場合を考える。図1に既往骨材市場の需用側企業の限界費用曲線((1)式)と(供給企業の)供給曲線($P=P_F$)を描く。 $P=d/X$ ($P_F=X_F$ を満たす) (1)

なお変数として金額には P 、 Q 、財の数量には X 、 Z を用いる。添字の F は事前、 L は事後を意味する。

溶融スラグに(結果として)転換する需要の比率を k ($0 < k < 1$) とする。これより溶融スラグを用いる需要企業の限界費用曲線を次式のように定義する。

$$Q=kd/Z \quad (2)$$

溶融スラグは右上がりの供給曲線とする。

$$Q=a+bZ \quad (3)$$

既往骨材の限界費用曲線は次のようになる。

$$P=(1-k)d/X \quad (4)$$

溶融スラグを流通させるには(既往骨材との相対)価格を低下させる必要がある。そこで既往骨材に課税し、その税収を原資として溶融スラグの生成コストを補填することが考えられる。既往骨材の供給者

には減収となるが、供給量は比較的容易に調節できるものであり、利益率が低下することはない。他方、需要者には溶融スラグへの転換を促すことができる。なおここでは溶融スラグ供給の社会的メリットが課税の死荷重を上回るものと考えている。また実際の流通過程は多段階であるが、ここでは単純に供給者と需用者に二分できるものとして議論を進めている。

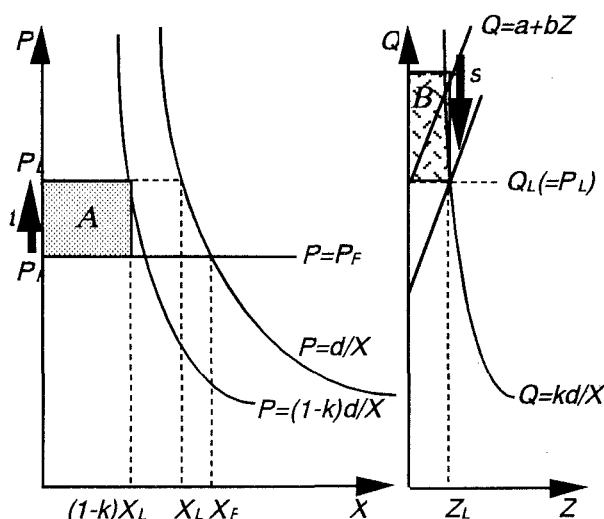


図1 既往骨材市場

既往骨材の課税された価格を、ある種の適正価格として両財の(課税後の)価格を一致させる。課税額を t とした場合の価格は次のようになる。

$$P_L = Q_L = P_F + t \quad (4)$$

溶融スラグの単位量当り補填額を s とすると溶融スラグ市場では供給曲線が s だけ下方にシフトし、これが限界費用曲線と交わるところで次式が成立する。

$$P_L = a + bZ_L - s = kd/Z \quad (5)$$

以上の施策が成立するには図1のAの面積が図2のBより大きければいい。これを諸変数で示す。

$$(1-k)tX_L \geq sZ_L \quad (6)$$

X_L , Z_L , s を消去すると次のようになる。

$$(1-k)t(P_F + t) \geq k(a(P_F + t) + kd(b - kd)) \quad (7)$$

これは t の2次式に変形される。

$$(1-k)t^2 + [(1-k)P_F - ak]t - akP_F - k^2d(b - kd) \geq 0 \quad (8)$$

この条件を満たす課税額 $t (> 0)$ は現行価格 P_F と諸

パラメータにより次のように表される。

$$t \geq \{ak - (1-k)P_f\} / 2(1-k) + [\{ak - (1-k)P_f\}^2 + 4(1-k)\{(akP_f + (b-kd))k^2d\}]^{0.5} / 2(1-k) \quad (9)$$

課税額 t は、スラグ転換率 k に応じて変化する。あるパラメータ値例では、図 3 のようになる。

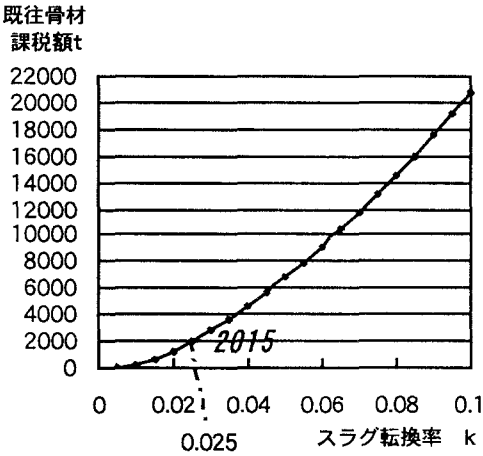


図 3 スラグ転換率 k と課税額 t

3. 自治体によるスラグ生成施設導入の経済的条件

自治体が溶融スラグ化を導入するために必要な条件を検討する。基本的に溶融スラグの生成費用から骨材としての販売収入を差引いた額が、一般廃棄物の焼却灰を埋立地に処分する場合の埋立・輸送費用を下回れば溶融スラグ生成は経済的に有効となる。

溶融スラグ生成量を X トン、生産費用 $CP(=aX)$ (円/トン)、プラント建設費用 $CC(=0.5bX^2+c)$ (円/トン)、販売価格 P (円/トン) とする。他方、廃棄物の処分量を W (トン)、焼却灰生成率を j 、灰の輸送単価と埋立単価を足し合わせたものを u (円/トン) とすると上述の条件は次のように表される。

$$CP(X) + CC(X) - PX \leq ujW \quad (10)$$

焼却灰からの溶融スラグ生成率を h とすれば、生成量 X は $X=hjW$ と表される。これより(10)式は次のように書き換えられる。

$$0.5bh^2j^2W^2 - (u+Ph-ah)jW + c \leq 0 \quad (11)$$

不等式を満たす W の条件は次の通りである。

$$W_1 \leq W \leq W_2 \quad (12)$$

ただし、 $W_1 = \{(u+Ph-ah) - D^{0.5}\} / bh^2j$ 、 $W_2 = \{(u+Ph-ah) + D^{0.5}\} / bh^2j$ 、 $D = (u+Ph-ah)^2 - 2bch^2j > 0$ である。

W_1 はプラント導入が効率的であるために最低必要なゴミ処分量を意味する。 W_1 以上のごみを処理しなければならない自治体であればプラントを導入すればよい。 W_2 以上になると逆に非効率となる。

$a=20,000$ 、 $b=0.05$ 、 $c=190,000,000$ 、 $j=0.15$ 、 $h=0.8$ としよう。表 2 に溶融スラグの販売価格 P 、輸送単価と埋立単価の和 u を様々に変えた場合の W_1 、 W_2 を示す。計算例として文献¹⁾に倣って人口 30 万人の都市での導入の可能性を検討する。一人あたりの可燃ゴミ発生量を 0.001 トン/人/日とすると 1 年では都市全体で 109,500 トンとなる。表 2 で下線を引いた行に示すようにゴミの輸送と埋立に 50,000 円かかり、溶融スラグが既往骨材（道路用砕石単粒度 5 号）の全国平均価格²⁾で販売されれば $W_1=333$ トン、 $W_2=134,715$ トンであるから生成プラントを導入することが効率的となる。しかし現在、地域にもよるが、輸送・埋立費はおよそ 25,000 円とされる。今後明らかに処分場適地は減少し、埋立費は高騰する。また現在はプラント建設に十分な補助があるという意味で、この結果は妥当といえる。なお実際には焼却灰を生成施設に輸送するための費用と一時保管費がかかるが、ここでは無視している。

表 2 自治体スラグプラント導入条件の計算例

販売価格	輸送・埋立費	最低基準	最大基準
P	U	W_1	W_2
円/トン	円/トン	トン	トン
1,500	20,000	2,578	17,390
2,000	20,000	2,339	19,165
2,500	20,000	2,145	20,895
1,500	30,000	778	57,590
2,000	30,000	758	59,146
2,500	30,000	738	60,702
1,500	40,000	465	96,303
2,000	40,000	458	97,846
2,500	40,000	451	99,389
<u>1,461</u>	<u>50,000</u>	<u>333</u>	<u>134,715</u>
1,500	50,000	332	134,836
2,000	50,000	329	136,375
2,500	50,000	325	137,915

4. おわりに

現状では溶融スラグは生成費用が高く十分に市場に出回っていないが、導入の必要性和可能性は間違いなく高まるであろう。補助金についてはさらに現実的妥当性の検討が必要である。またゴミ・スラグの輸送・保管方策の検討が急がれる。

参考文献 1)千葉県環境部生活環境課:溶融スラグ市場流通調査報告書,1998. 2)建設物価調査会:建設物価 98 年 12 月号