



Title	循環資源貿易における規制と課題
Author(s)	小島, 道一; 鄭, 城尤
Citation	經濟學研究, 63(2), 71-84
Issue Date	2014-01-24
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/54576
Type	bulletin (article)
File Information	ES_63(2)_71.pdf



[Instructions for use](#)

循環資源貿易における規制と課題

——日韓の石炭灰貿易を事例に——

小島道一・鄭城尤

はじめに

2000年代に入り、輸出国におけるリサイクル制度の整備および輸入国の経済成長などを背景に国境を越えた循環資源¹⁾の移動が活発に行われてきている。しかし輸出入国の法制度は、国内状況のみを考慮したもので、法制度の実効性低下および関連産業への悪影響など新たに発生した問題に適切に対応していると言いがたい。国際リサイクルを理解するためにはバーゼル条約を中心とした「国際的な規制」、「国内の規制とその執行状況」及び、リサイクルに影響を与える「経済情勢・環境問題」に関する分析が求められる²⁾。ある一面のみに注目した場合には全体像を掴むことができず、説得力のある結論を提示することが難しくなる。

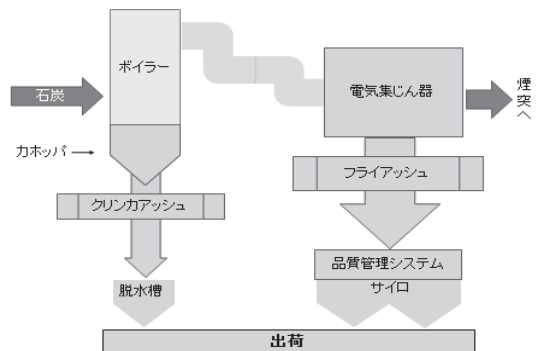
本稿では、日本と韓国における石炭灰の貿易を事例に上記の三つの要素をバランスよく考慮しながら循環資源貿易における現状と課題を明らかにする。また、低価格、あるいは、逆有償で廃棄物や再生資源を取引する場合、貿易統計では十分に実態をつかめない可能性があることを指摘する。第I章では、石炭灰の需要と供給に影響を与える要因について述べる。そして石炭灰の国際取引の状況についてまとめる。第II章では、石炭灰の国家間移動を規制する国際規制について論じる。とくに、有害廃棄物の国家

間移動を規制するバーゼル条約だけではなく、OECDのルールの内容もともに考察する。第III章では、日本と韓国における石炭灰の需給状況を関連づけて述べながら互恵的循環貿易に向けての政策提言をまとめる。

I. 石炭灰の需要と供給

1. 石炭灰の発生

石炭灰は石炭を燃焼させて発電や熱利用を行う過程で発生する。回収場所によって外観と性質が大きく異なる。図1は石炭灰の発生過程を示したものである。粉の状態に砕いた石炭をボイラーで燃焼させると灰の一部は、燃焼ガス中を浮遊し電気集じん器で回収される。回収された灰は「フライアッシュ (fly ash)」と呼ばれ



出典：中部電力 (www.chuden.co.jp)、日本フライアッシュ協会 (http://www.japan-flyash.com/process.html) ウェブページを参考に筆者作成。

図1 石炭灰の発生過程

1) 循環資源とは、廃棄物等のうち有用なもの (循環型社会形成推進基本法第2条第34項)。

2) 小島編 (2010) 参照。

表1 フライアッシュとクリンカアッシュの比較

	フライアッシュ	クリンカアッシュ
発生箇所	・ボイラ内の燃焼により溶融状態になった灰の粒子が、高温の燃焼ガス中を浮遊し、ボイラー出口で温度が低下することに伴い、球形微細粒子となって、集じん器で採取されたもの	・ボイラ内の燃焼によって生じた石炭灰の粒子が、相互に凝集し、多孔質の塊となってボイラー底部の水槽（クリンカホッパ）に落下堆積したものを、砂状に砕いたもの。
工学的性質	・主成分はシリカ、アルミナ・セメントの水和反応で生成する水酸化カルシウムとボゾラン反応を起こすなど長期的に密実な構造が形成され、耐久性が向上する。	・赤熱状態でボイラー底部の水槽に落下した石炭灰を破砕機で粉碎、粒度調整したもので、化学的に安定
物理的性質	・微細粒子で球形をしているためフライアッシュを混合したコンクリートやモルタルは流動性が向上	・粒子は締固め性能の高い砂と同じ粒度分布 ・高い排水性を有する他、表面に多数の細孔があり、水平保有率が一般土壌に比べ高い
成分	・SiO ₂ ：40.0～74.4%， Al ₂ O ₃ ：15.7～35.2%， Fe ₂ O ₃ ：1.4～17.55%， CaO：0.3～10.1%	・SiO ₂ ：51.6～64.0%， Al ₂ O ₃ ：17.3～26.9%， CaO：2.3～8.8%， FeO ₂ ：4.2～10.9%

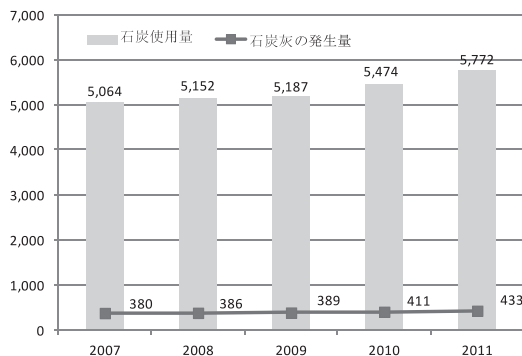
出典：土木学会(www.jsce.or.jp)、日本フライアッシュ協会 (<http://www.japan-flyash.com/process.html>) Web ページ、産業構造審議会[2005]を参考に筆者作成。

る。フライアッシュは土と同じくシリカとアルミナの成分で構成される。

一方、燃焼過程で石炭灰の粒子が溶融固化しボイラーの底部に落ちた塊を「クリンカアッシュ (clinker ash)」と称する³⁾。クリンカアッシュの主成分はフライアッシュと同じくシリカとアルミナである。ただ、クリンカアッシュの表面には小さなたくさんの穴があいているので保水性、排水性、通気性に優れた特徴がる。

フライアッシュとクリンカアッシュの工学及び物理的特長は表1に示されており、火力発電所でのフライアッシュとクリンカアッシュの発生割合は概ね9：1程度であると知られている⁴⁾。

当然ながら石炭灰は石炭の使用量に比例して発生する。ただし、石炭の種類、ボイラーのタイプ等の燃焼技術によって、ある程度の変動はある。図2は、世界全体の石炭使用量と石炭灰発生量の推移を示している。石炭使用量が増えるにつれ石炭灰の発生量も多くなっていることが分かる。2011年の場合、全世界で57.7億トンの石炭が燃焼され、約7.5%に該当する4.3



出典：韓国国会公聴会「わが国における鉱業の実態と発電方向」資料。

図2 世界の石炭使用量と石炭灰の発生量(単位:百万トン)

億トンの石炭灰が発生された。石炭の使用量に対する石炭灰の発生割合は7.5%前後で一定の傾向が示されている。

日本では、発電所での石炭に対する石炭灰の発生割合は、1990年代後半の13.0%前後から、2005年前後には11%前後に低下したが、2010年前後に11.5%前後への若干上昇している。また、電気事業者以外の一般産業における石炭の使用量に対する石炭灰の発生量は、1995年から2011年の間で見ると11.8%から13.3%の間で変動している⁵⁾。

3) ボトムアッシュと呼ばれる場合もある。

4) 四国電力会社のWebサイト (www.yonden.co.jp) より。

5) 石炭エネルギーセンター資料に基づく。<http://>

今後も石炭の需要は発電での使用増加などを背景に漸進的でありながら増加していくため、石炭灰の発生量も継続的に増えていくと考えられる⁶⁾。

2. 石炭灰の需要

石炭灰には、さまざまな需要がある。日本の石炭灰の利用状況をまとめた石炭エネルギーセンター「石炭灰全国実態調査報告書」では、セメント分野、土木分野、建築分野、農林・水産分野、その他と大きく5つに分類している。セメント分野では、セメント原材料、セメント混合材、コンクリート混和材の3つにさらに分類される。土木分野では、地盤改良材、土木工事用、電力工事用、道路路盤材、アスファルト・フィラー材、炭鉱充填材に分かれる。建築分野では、建材ボード、人工軽量骨材、コンクリート二次製品、農林・水産分野では、融雪材を含む肥料、漁礁、土壌改良剤として使うことができる。また、その他の利用方法として、下水汚水処理剤、製鉄用などの利用方法があげられている。セメント分野が全体の67.13%となっており、とくに、セメント原材料として利用されているものが、2011年度には、全体の65.13%を占めている。セメント混合材、コンクリート混和材として用いられているものは、それぞれ全体の1.32%、0.46%と非常に小さくなっている。

アメリカでは、フライアッシュについては、38.36%、クリンカアッシュ（ボトム・アッシュ）については36.87%しか利用されていない。利用されているフライアッシュ、クリンカアッシュのうち、コンクリート・コンクリート製品・グラウトとして用いられている量が41.5%、混合セメント・クリンカー原料として

用いられている量が10.93%となっている⁷⁾。欧州でもセメント原材料として用いられている量が、全体の利用量の16.9%、混合セメントとして用いられている量が13.4%、コンクリート混和材として用いられている量が32.1%となっている⁸⁾。

日本も、アメリカも、欧州も利用されている石炭灰の半分以上はセメント分野で利用されている状況である。カルシウム量など石炭灰の質によって、セメント分野での利用ができるもの、できないものに分けられる。石炭灰の質は、石炭そのものの質、ボイラーの能力などに影響され決まってくる。

フライアッシュを混合したセメントは、セメントだけの場合よりも長期強度が増進し、耐久性に富むと評価されている。また、乾燥後の収縮率が小さくなり、ひび割れが起りにくいという特長も有している。このようなメリットのため、ダム工事など大規模な建造物では、フライアッシュ・セメントが使われることが多い。

セメントの質を担保するため、石炭灰、特にその大部分をしめるフライアッシュについては、工業規格が作られている。田野倉（2005）は、アメリカ、欧州、カナダ、中国、日本などの工業規格の比較検討を行っている。

1999年に改定された日本のJIS（A 6201：1999）では、コンクリート用のフライアッシュの品質を、強熱原料、粉末度、活性度指数などをもとに4等級に分類しており、詳細は表2で示されている。後述するように、1999年まで1等級しかなかったが、多様な需要に応え、需要の拡大を図るために、等級の数が増やされた。

7) American Coal Ash AssociationのWebサイトの情報を参照した。[http://www.aaa-usa.org/associations/8003/files/Final 2011 CCP Survey.pdf](http://www.aaa-usa.org/associations/8003/files/Final%202011%20CCP%20Survey.pdf)

8) European Coal Combustion Products AssociationのWebサイトの情報を参照した。http://www.ecoba.com/evjm/media/ccps/ecoba_statistics_2009.pdf

www.jcoal.or.jp/coalash/pdf/CoalAsh_H21productiondata.pdf（最終アクセス日：2013年9月30日）

6) IEA（2012）参照。

表2 日本のコンクリート用フライアッシュ規格 (JIS A6201 1999)

項目	種類			
	フライアッシュⅠ種	フライアッシュⅡ種	フライアッシュⅢ種	フライアッシュⅣ種
二酸化珪素 (%)	45.0 以上	45.0 以上	45.0 以上	45.0 以上
水分 (%)	1.0 以下	1.0 以下	1.0 以下	1.0 以下
強熱減量 (%)	3.0 以下	5.0 以下	8.0 以下	5.0 以下
粉末度	網ふるい方法 (%)	10 以下	40 以下	70 以下
	ブレン方法 (cm ² /g)	5000 以上	2500 以上	2500 以上
フロー値比 (%)	105 以上	95 以上	80 以上	75 以上
活性度指数 (%)	材齢 28 日	90 以上	80 以上	70 以上
	材齢 91 日	100 以上	90 以上	60 以上
性能・用途等	高強度、流動性付与、アルカリシリカ反応抑制	水和発熱抑制、長期強度の改善	コンクリートの流動性、空気連行性に関して配慮必要	強度発現の点で低強度コンクリート、工場製品等に使用可能

出所：JIS A6201-1999 より作成。

表3 韓国のフライアッシュ規格 (KS L 5405)

項目	種類	
	フライアッシュⅠ種	フライアッシュⅡ種
二酸化珪素 (%)	45.0 以上	45.0 以上
水分 (%)	1.0 以下	1.0 以下
強熱減量 (%)	3.0 以下	5.0 以下
粉末度	網ふるい方法 (%)	10 以下
	ブレン方法 (cm ² /g)	4,500 以上
フロー値比 (%)	105	95
活性度指数 (%)	材齢 28 日	90 以上
	材齢 91 日	100 以上

出所：KS L 5405 より作成。

一方、韓国では再活用（再利用）される石炭灰のうち、59.5%がレミコン混合剤に、17.9%がセメントの原料に、22.6%がその他（成土剤）に再活用されている（2012年）⁹⁾。表3によると、フライアッシュの規格は大きく2つの等級に分けられており、日本と比べると、多様な需要にこたえられないものとなっている。

フライアッシュの質は、石炭の産出地、炉のタイプなどを含めた燃焼技術などでさまってくるため、同じフライアッシュといっても、セメント産業で使いやすいものと使いにくいものがでてくる点には、注意が必要である。

3. 石炭灰の貿易

石炭灰は、貿易統計上、HSコード262190に分類されている。HSコード2621は、「その他のスラグおよび灰（海草の灰（ケルプ）を含む）ならびに都市廃棄物の焼却によって生じた灰および残留物」である。HSコード2621はさらに、HSコード262110「都市廃棄物の焼却によって生じた灰及び残留物」とHSコード262190「その他のもの」とに分かれている。石炭灰は、HSコード262190のうちの“Ash and clinker of mineral origin (e.g., coal lignite or peat ashes)”とみなすことができる。HSコード262190に分類されるその他のものとして、ケルプおよび野菜の灰、カリウム塩（crude potassium salts）も分類されている。業界関係者は、貿易動向をつかむために、HSコードの分類を改定して、石炭灰をひとつの項目にするように求めている¹⁰⁾。

貿易統計のみからは、実態がつかめないものの、さまざまな資料から石炭灰が国際的に取引されている事実を観察することはできる。

Heidrichほか（2013）は、オーストラリア、

9) 南部発電（2013）「国内石炭灰の再活用現状及び増大方案」。

10) Wier（2011）参照。

表4 インドからの石炭灰と見られる輸出 (HSコード 262190)

地域	相手国	金額 (ドル)	重量 (千トン)	単価 (ドル)	石炭の消費量 (千トン) 2009年
南アジア	バングラデシュ	5010021	489	10.2	1239
	ネパール	1177266	177	6.6	4
	スリランカ	472689	113	41.6	75
中東	カタール	2946497	652	45.1	0
	アラブ首長国連邦	2593911	349	74.3	0
	オマーン	1783836	336	53.1	0
	サウジアラビア	1536072	255	60.1	0
	バーレーン	663309	136	48.7	0
	クウェート	207431	309	67.0	0

出所：UNCOMTRADE より作成。電力部門の石炭消費量については、IEA [2011] を参照。

表5 日本から韓国への石炭灰貿易状況 (単位：千トン)

		2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
韓国側の統計	総輸入量	36	192	484	501	664	691	803	812	987	1,138	1,259
	日本からの輸入量	6	109	231	396	636	643	768	791	961	1,108	1,227
日本側の統計	廃棄物処理法に基づく韓国への輸出確認量	7	136	273	689	666	1,015	1,146	1,283	1,462	1,422	2,355
	廃棄物処理法に基づく韓国への輸出報告量					625	601	763	784	941	1,172	1,280
	貿易統計上の韓国への輸出量	48	97	127	127	90	53	15	60	44	128	131

注：韓国側の統計のうち、総輸入量は関税庁(HSコード：262190)であり、輸入量は環境部から引用した。日本側の統計のうち、廃棄物処理法に基づく数字は、環境省の公表資料によるもの。貿易統計上の輸出は、税関 (HSコード：262190) の数字。

カナダ, EU 15, 日本, アメリカ, ロシアの6カ国地域のうち、回答のあった4カ国のデータをもとに、世界で年間350万トンの石炭灰が国際貿易されていると推定している。

Foner and Robl (1997) は、イスラエルのフライアッシュ処理についてまとめており、その中で、将来のフライアッシュの使い道として、中東地域への輸出をあげている。中東地域では、ボゾランが不足しており、質の良いフライアッシュは、多くの市場で1トン20ドルで売ることができ、紅海沿岸諸国ではさらに高い値段になると述べている。

インドの工業団体である Federation of Indian Chamber of Commerce and Industry の輸出入取引のデータによると、ジュッダやダンマーム (サウジアラビア), ドーハ (カタール) といった中東諸国の港へフライアッシュの輸出が確認できる¹¹⁾。また、ネパールやスリランカへの輸出もある。2013年7月下旬のデータでは、中東向けは1トンあたり35ドルから

60ドル程度の値段¹²⁾で輸出されている。ネパール向けは、1トン17ドルと中東向けに比べると安い値段となっている。

国連の貿易統計データベースで、2011年のインドからの輸出データ (HSコード：262190) で平均単価が70ドル以下の輸出先をとると、中東や南アジア向けがかなりの量となっていることがうかがえる (表4参照)。これらの輸出先では、電力・産業部門では石炭がほとんど使われておらず、石炭灰の供給がほとんどなく、粘土の代替物質としての石炭灰の価値が高いと考えられる。バングラデシュとネパール向けの価格が安いのは、両国に近いところの需給バランスや石炭灰の質などが影響しているものと考えられる。

11) <http://www.ficci-b2b.com/exim-data/export/products/fly-ash/index.html>. (最終アクセス日：2013年9月26日)

12) 1ルピー=0.016ドルで計算。

後述する日本と韓国の間の石炭灰の越境移動量と貿易統計には大きな乖離が見られる(表5参照)。これは、少額貨物については、貿易統計に計上しないことから生じていると考えられる。日本の場合、1品目20万円以下の場合、普通貿易統計上の除外貨物となる。日本から韓国への石炭灰の輸出の場合、逆有償となっており、小額貨物扱いとして日本の輸出統計には反映されていない。後述する廃棄物処理法の輸出許可が出されている石炭灰の量は、許認可を受けた輸出確認量と実際に輸出を行った実績に基づき、輸出報告量(2006年以降)の2種類の統計がとられている。

韓国では、貿易統計上、仲介貿易で再輸出される場合などは貿易統計で除外されることとなっているが、日本のように金額を基準とした除外規定は設けられていない¹³⁾。そのため、日本ほど、貿易統計と別途届出が行われている石炭灰の輸入量との差がほとんどない。

年末に輸出港を出た船が、年始に輸入港で輸入手続きをする場合があり、輸出側と輸入側の数字が完全に一致することはないが、日本の輸出確認量の数字と韓国の輸入量の数字は、およそ一致している。

II. 石炭灰に関する国際的な規制

有害廃棄物の越境移動を規制する主な国際的な規制として、経済協力開発機構(OECD)の理事会決定と有害廃棄物の国境を越える移動及びその処分の規制に関するバーゼル条約(以下:バーゼル条約)の2つがある。以下で説明するように、この2つの取り決めでは、石炭灰の取り扱い方が異なっている。なお、日本と韓国の間の石炭灰の取り決めについては、両国ともにOECD加盟国であるため、OECDルールが適用されている。

1. OECD

経済協力開発機構(OECD)は、その加盟国の中で、廃棄物を国際取引する場合のルールを定めている。2002年5月に採択された「回収作業が行われる廃棄物の国境を越える移動の規制に関する理事会決定」(C(2001)107)である。この決定では、石炭火力発電所から発生するボトムアッシュ及びフライアッシュは、越境移動の際の環境影響、健康リスクが小さいと考えられることからグリーン・リストに分類されている。他の商品と同様のかたちで国際取引ができると定められている¹⁴⁾。

より有害性の高い廃棄物は、アンバー・リストに分類され、事前通告・同意制度が適用されることになる。加盟国の判断で、グリーン・リストに分類されている廃棄物をアンバー・リストに分類することも認められているが、日本、および、韓国は、OECD決定に従っている。

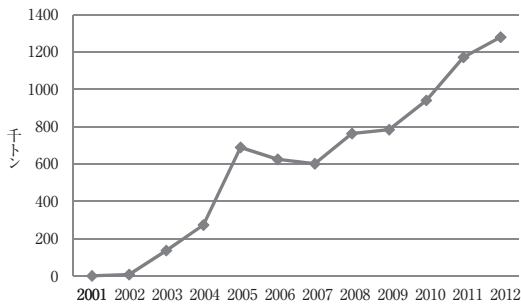
2. バーゼル条約

有害廃棄物の国境を越える移動及びその処分の規制に関するバーゼル条約(以下:バーゼル条約)では、貿易前に事前通告・同意の対象となるAリストの中で、「A2060石炭火力発電所の飛灰で附属書Ⅲの特性を示すのに十分な濃度で附属書Ⅰの物質を含むもの」として言及されている。附属書Ⅲでは、毒性、生態毒性など、有害性の種類を規定したものであり、附属書Ⅰでは、六価クロム、砒素など成分や廃棄の経路を規定している。ただし、バーゼル条約では、有害成分の計測方法や含有量などは規定しておらず、各国の判断に任せられる形となっている。

各国は、有害廃棄物の越境移動についての情報をバーゼル条約事務局に提出しているが、

13) 韓国関税庁傘下関税貿易開発院(貿易統計部)に問い合わせ(2013年9月26日)。

14) OECD(2009)を参照。石炭火力発電施設からのボトムアッシュ(GG030) Bottom ash and slag tap from coal fired power plants 石炭火力発電施設からのフライアッシュ。



出所：環境省資料より作成。2005年までは輸出確認量、2006年以降は輸出報告量に基づく。

図3 日本から韓国への石炭灰輸出货量

2004年から2006年の取引データでは、有害廃棄物として事前通告・同意のもとで国際取引されている事例はほとんどない。

Ⅲ. 日韓の石炭灰貿易

日本と韓国の間での石炭灰貿易は、2002年12月からはじまった¹⁵⁾。貿易量は、急速に増加してきている(図3参照)。本節では、日韓の石炭灰貿易の背景を日韓両国にわけて分析するとともに、その課題を明らかにする。

1. 日本の石炭灰に関する規制と需給

日本では、石炭灰は、逆有償で取引されるのが一般的であり、産業廃棄物として扱われてきた。石炭灰の利用は、1980年代には十分には進んでおらず、発生量の「70-80%は十分に活用さえることなく、埋立造成用とされたり、または単に灰捨て場に投棄処分されていた」という¹⁶⁾。1990年度の再資源化率は、39%にすぎなかった¹⁷⁾。

15) 県民福井新聞2002年9月14日および2002年12月11日の記事。

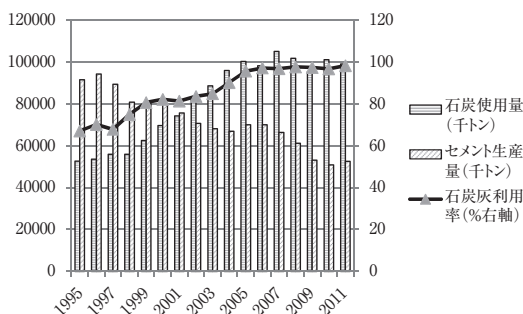
16) 資源素材学会資源リサイクリング部門委員会編(1991)132ページ。

17) 1990年度の石炭灰の発生量は、347万トン、再資源化量は137万トンであった。経済産業省(2005)p.116参照。

バブル経済期の廃棄物量の拡大、さまざまな不法投棄事件などを受けて、1990年に産業構造審議会でもとめられた「業種別廃棄物処理・再資源化ガイドライン」では、電気事業に関するガイドラインとして、「石炭灰の再資源化促進のため、各電気事業者において道路下層路盤、コンクリート材料等への利用拡大のための研究開発を推進するほか地方自治体に対して、石炭灰有効利用のための啓発活動を行う」ことが盛り込まれた。1991年に施行された再生資源利用促進法に基づき、リサイクルを進めるべき副産物として石炭灰が指定され、リサイクルの促進に向けた努力がはじまった。「電気業に属する事業を行う者の石炭灰の利用の促進に関する判断の基準となるべき事項を定める省令」が1991年10月にだされた。この省令では、電気事業者に対して、モルタル用若しくはコンクリート用の混和材又はフライアッシュ・セメントの原材料などとして石炭灰を有効利用できるように必要に応じて加工を求めるとともに、クリンカーホッパー、サイロ、灰輸送管、分級器などへの投資を求めている。1994年には「業種別廃棄物処理・再資源化ガイドライン」が改定され、「石炭灰の再資源化促進のため、フライアッシュのJIS規格を見直し等の規格・基準の整備、道路下層路盤等への利用拡大のための研究開発及び実需要・潜在需要の市場調査等のマーケティングを推進するほか、地方自治体等に対し、土地造成剤としての石炭灰有効利用のための啓発活動を行う」方針が示された。

1999年2月には、フライアッシュのJIS規格が改定され、それまで、ひとつの等級のみ規定されていたフライアッシュの品質を、4つの等級に増やし、さまざまな需要に対応できるようにした(I.2参照)。また、1999年3月には、JIS改正にあわせ、各品質等級の石炭灰を使用する場合の配合方法や施工方法等の指針が土木学会や日本建築学会でもとめられた¹⁸⁾。

18) (社)土木学会「フライアッシュを用いたコンク



出所：セメント生産量：『通産統計』『経済産業統計』，セメント協会資料より作成。

石炭使用量および石炭灰利用率：石炭エネルギーセンター資料 (http://www.jcoal.or.jp/coalash/pdf/CoalAsh_H21_productiondata.pdf 2013年9月25日最終アクセス)より作成。

図4 日本のセメント生産量・石炭使用量

このような取り組みの結果，石炭灰の発生量に占める利用量の割合は，1995年度には67.1%，2000年度には，82.2%に達している（図4参照）。

廃棄物処理法では，廃棄物の輸出については，環境大臣の許可が必要となっている。経済界が石炭灰の輸出をいつごろから考えるようになったのかは明らかでないが，2000年1月に厚生省がまとめた「厚生省所管行政に係る規制緩和要望及びその検討状況」では，経済団体連合会から「石炭灰の輸出に関する規制緩和」を求める要望が提出され，厚生省の見解として「廃棄物処理法改正が議論された平成4年の国会における附帯決議において国内処理原則の徹底を図ることとされ，また，廃棄物処理法上，国内で技術的に処理可能である廃棄物については輸出しない」ことから，規制緩和ができないという検討結果が記されている¹⁹⁾。経済団体連

合会がこのような要望を出した背景としては，1990年代後半のアジア通貨危機を背景に景気の低迷でセメント生産量が低下してきたことがあげられる。その一方で，火力発電所の増設で石炭灰は増加していた。1980年には3,176億kWhだった火力発電量が1990年には4,466億kWhへ40.6%も増加した²⁰⁾。石炭灰の利用率も高まってきたが，限界に近づいてきたとの認識から，輸出が模索されるようになったと考えられる。

また，日本のセメント会社の韓国企業との提携，資本参加が徐々に進んできたことも，石炭灰の輸出にもつながったと考えられる。小野田セメント（秩父セメントと合併し現在の太平洋セメント）は，双竜セメントと1994年1月に提携をし，人材交流，産業廃棄物の活用を含めた技術開発に取り組むことを発表している²¹⁾。2000年には，太平洋セメントが双竜セメントに350億円を出資し，普通株式の20%，優先株を含めると28%の株主となっている²²⁾。双竜セメントは，石炭灰の輸出先の一つであり，これらの技術提携，資本参加も石炭灰輸出の背景と考えられる。

実際の輸出に先立ち，環境省は，2002年8月に「一般（産業）廃棄物の輸出認定に係る技術基準」を定めた。主な内容としては「輸出の相手国において再生利用されることが確実であると認められるもの」については「国内における廃棄物の適正な処理に支障を及ぼさないもの」として輸出確認を行う（輸出を認める）こととされている。この規定は国内（日本）にお

23日)

20) 資源エネルギー庁資料 (<http://www.enecho.meti.go.jp/info/committee/kihonmondai/13th/13-7.pdf>)より。

21) 日本経済新聞1994年1月4日「韓国最大手の双竜洋灰工業と提携—小野田セメント，アジア市場で主導権」。

22) 日経金融新聞2000年9月22日「太平洋セメント，韓国大手メーカーに出資，海外へ攻勢350億円」。

リートの施工指針」，(社)日本建築学会「フライアッシュを使用するコンクリートの調合設計，施工指針」。

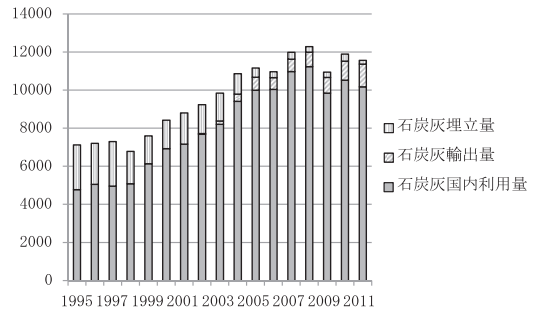
19) 厚生省「厚生省所管行政に係る規制緩和要望及びその検討状況」平成12年1月18日。http://www.1.mhlw.go.jp/houdou/1201/h0118-3_4/h0118-58.html (最終アクセス日：2013年9月

いて適正に処理されることが困難ではない場合にも適用されるため、基本的にはすべての廃棄物が対象となる。当時、セメントの生産が減少してきた中で、石炭灰の有効利用を進めるために、輸出のための条件を整えたものと考えられる。

このような中で、2002年12月に、韓国向けの石炭灰輸出がはじまった。輸出量（輸出報告量に基づく）は徐々に増加し、2011年は117.2万トン、2012年には128.0万トンに達している。2012年の輸出許可（輸出確認件数・量にもとづく）は、2012年には41件、235万トンと、2011年の26件142万トンを大きく上回った。背景としては、2011年3月11日の東日本大震災および福島第1原子力発電所の事故により、原発の多くが稼働を止めたままであること、原発の代わりに石炭火力の発電量が上昇したことがあげられる（図5参照）。

2. 韓国における石炭灰の規制と需給

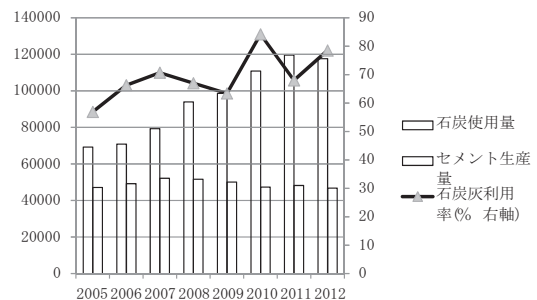
一方、韓国では火力発電からの石炭灰は有価でセメント会社へ売却されていたのだが、1990年代後半に入り建設業の不振などでセメントは需要減少の状態に陥った。セメント業界はこの問題を解決するために環境部（日本の環境省に該当）に焼成炉の燃料規制を緩和するように求めた。これに対し環境部は1999年再活用の促進という観点から石炭灰を含む事業場廃棄物（日本の産業廃棄物に該当）の焼成炉での利用を幅広く認めるようになった²³⁾。実際に1997年62.9%であった事業場廃棄物の再利用率が2005年には83.1%まで増加した²⁴⁾（図6参照）。しかし、焼成炉での処理が事業場廃棄物の再活用において重要性を増していたにもかかわらず、廃棄物の使用基準と廃棄物処理施設としての焼成炉の設置基準は設けられていなかった。焼成炉を有しているセメント製造業者は多



注：石炭灰の輸出量は、年単位で発表されており、年度データを当概年の四半期ごとの輸出量は一定とみなして、推定したものである。また、2002年から2005年までは輸出確認量を、2006年以降は輸出報告量のデータを用いている。

出所：石炭エネルギーセンターおよび環境省の資料より作成。

図5 日本の石炭灰の埋立量・輸出量・国内利用量
(年度, 単位: 千トン)



出所：石炭使用量：国家エネルギー統計情報システム (www.kcoal.or.kr)、セメント生産量：韓国セメント協会 (www.cement.or.kr)。

図6 韓国の石炭灰使用量・セメント生産量・石炭灰利用率
(千トン)

くの事業場廃棄物を焼成炉で処理する誘引を持つこととなった。

このような状況下で日本から有価の石炭灰輸入はセメント製造業者からみて一石二鳥の面があった。当時韓国のセメント製造業者は処理費の名目でトン当たり5万ウォンが支給された。つまり、石炭灰の輸入はセメント製造の原料確保と共に一定の処理費の取得も可能な選択だった。

23) 1999年2月「廃棄物管理法」の改正。

24) 環境白書 (2008年度)。

表6 韓国における輸出入申告対象廃棄物のリスト (告知 第2010-57号)

1. 廃合成高分子化学物 (廃合成獣樹脂など), 2. 汚泥類, 3. 鉍灰類, 4. 粉塵, 5. 廃耐火物及び陶磁器破片, 6. 焼却灰, 7. 安定化及び固化処理物, 8. 遷移金属などを含む廃触媒, 9. 廃吸着剤及び廃吸収剤, 10. 廃ペイント及びブラッカー, 11. 廃動植物油, 12. 廃石膏及び廃石灰類, 13. 燃焼残渣物 (石炭灰など), 14. 廃石材類, 15. 廃タイヤ, 16. 廃食用油, 17. 動植物性残渣物 (動物の死体など), 18. 廃電気電子製品のスクラップ及び部品, 19. もみ殻及び米糠, 20. 廃木材類, 21. 廃土砂類, 22. 廃鋳物砂及び廃砂, 23. 廃繊維, 24. 廃金属類, 25. 廃ガラス
--

注：試験分析及び研究目的に輸入される 25 kg 以下の廃棄物は申告対象から除外。

出所：環境部告知第 2010-57 号。

3. 石炭灰の輸入に対する韓国リサイクル法制の対応

日本から石炭灰が輸入される以前の時期には「バーゼル条約」(韓国は 1994 年加入)の国内実施法である「廃棄物の国家間移動及びその処理に関する法律」(以下、国移法)により越境移動する廃棄物が規制された。具体的な対象廃棄物はバーゼル条約と OECD の規定を考慮し環境部の「告知」で 86 品目がリスト化された。

ところが、石炭灰は上記の品目に含まれていなかったため、通常の商品と同様に輸出入が行われた。ただ、日本からの輸入がなかった 2001 年には 1.8 万トンの石炭灰が輸入されることにとどまるなど実際にはほとんど貿易されていなかった²⁵⁾。

しかしⅢ.1 節で確認した通り、日本からの石炭灰輸入量は 2002 年を基点に急激に増加しており、これは韓国廃棄物輸入の大きな流れを形成した。図 3 で示したように、韓国の廃棄物輸入量は 2002 年 3.6 万トンだったが 2007 年には約 23 倍に当たる 69.1 万トンでまで増加した。廃棄物輸入量における日本石炭灰の割合も 16.7% から 93.1% まで急増した²⁶⁾。2000 年代後半から大量の石炭灰が輸入され、それに伴い不適正処理による環境汚染への懸念が強まった²⁷⁾。これは石炭灰をはじめとした有害廃棄物

規制の見直しが国会で議論される要因の一つとして機能した²⁸⁾。

2008 年 8 月には廃棄物管理法の改正により 25 種類の廃棄物が申告対象廃棄物として指定された²⁹⁾。越境移動の廃棄物が国移法の許可対象廃棄物と廃棄物管理法の申告対象廃棄物という二つに分けられて管理されるようになった。火力発電所で発生する石炭灰(フライアッシュとクリンカアッシュ)は基本的には表 6 の燃焼残渣物に当てはまり申告対象廃棄物となる。ただ、フライアッシュが重金属など有害物質を含んでいる場合には廃棄物管理法の指定廃棄物に該当され許可対象廃棄物として扱われる。一方、セメント焼成炉での廃棄物再活用に関する基準など国内規制に違反する場合には輸入不可の廃棄物となる。

申告対象としての石炭灰を輸入する者は、輸入価格が CIF (Cost, Insurance and Freight) で記載されている輸入契約書または注文書コピー、輸入廃棄物の運搬計画書、輸入廃棄物の処理計画書、輸入廃棄物の分析結果を、廃棄物の処理施設が立地している地域を管轄する地方

石炭灰から韓国の廃棄物管理法における指定(有害)廃棄物規定に反する発ガン物質が検出された。

25) 監査院 (2009) 「セメントの有害性及び焼成炉廃棄物の搬入実態」。

26) これは韓国側の統計を基準とした数値である。

27) 2006 年、検察の調査により日本から輸入された

28) 日本から石炭灰輸入される以前からセメント製造の焼成炉に関して規制の不備で環境汚染が指摘されていた。本論では日韓における石炭灰の貿易に焦点を当てるためこの部分は触れない。詳細は「韓国における廃棄物貿易規制の現状と課題」(アジア経済研究所研究双書 No. 586) を参照されたい。

29) 環境部告知第 2008-105 号。

環境庁に提出しなければならない。また、輸入された廃棄物を処理せずに、そのままの状態でも再輸出することも禁止される。

輸入された申告対象廃棄物は、事業場廃棄物に求められる基準及び扱い方に従い、運搬、保管及び処理しなければならない。運搬及び処理に関する引受と引渡しに関することは、事業場廃棄物のマニフェストシステム（Albaro システム）への入力が必要である。

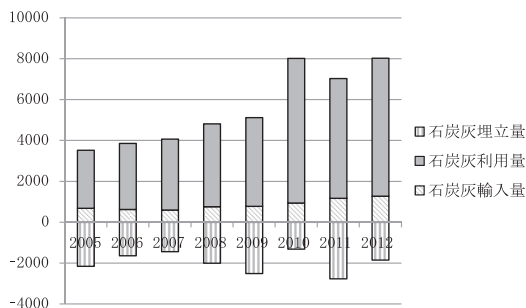
申告制度の実効性向上のために、罰則規定と共に課徴金規定も設けられている。輸入された申告対象廃棄物を埋立処理した者は3年以下の懲役または2千万ウォン以下の罰金が科される。また、申告対象廃棄物が廃棄物管理法の違反により周辺環境を汚染した場合には、2年以下の懲役または1千万ウォンの罰金を払わなければならない。他にも変更申告を行わずに申告事項を変更した者にも300万ウォンの罰金が科されることとなる。

申告制度は許可制度とは異なり、廃棄物の輸出入に直接的な影響を与えることはできない。ただ、越境廃棄物の運搬計画と成分に関する書類の提出義務などは申告廃棄物の適正処理の確保には一定の成果を挙げていると評価される。

申告制度の施行以来石炭灰の輸入は持続的に増加している。2008年の80.3万トンが2012年には125.9万トンまで石炭灰の輸入は増えた。

4. 石炭灰の輸入と韓国埋立処分場の逼迫

通常有害性を有している廃棄物の越境移動に関しては、輸出先（輸入国）での環境汚染問題が懸念される。日韓の貿易に関してはこれとは別途に石炭灰の輸入が韓国の埋立処分場に与える影響についても考察する必要がある。日本から大量の石炭灰が輸入される前には、韓国の火力発電所で発生した石炭灰のうち、フライアッシュの多くは焼成炉で再活用されており、クリンカアッシュは埋立処理されていた。



注：石炭灰利用量は、韓国国内発生のもの。

出所：石炭灰埋立率及び利用率：韓国火力発電所（5カ所）の公表資料を参照に筆者作成、石炭灰輸入量：関税庁（www.customs.go.kr）の輸出入統計。

図7 韓国の石炭灰 利用量・輸入量・埋立量（千トン）

ところが日本から2000年代後半から100万トンを上回る石炭灰が輸入されることになった。これは韓国の石炭灰発生量の10%を超える水準である。日本から輸入された石炭灰が逆有償の形態で取引されていることと景気低迷でセメント需要が伸びないことを考慮すると、焼成炉で処理されたはずの石炭灰の一部が埋立処分に回された可能性が高い。実際に韓国南部発電所の石炭灰の埋立率が2010年には8.8%だったが2012年には13.5%まで増加した。これは石炭灰の輸入により、韓国の石炭灰の再活用が滞る事態が発生したと同時に石炭灰の処分場を枯渇させているともいえる（図7、表7参照）。

韓国の例からみると、石炭灰の貿易は輸入国の再活用状況だけでなく埋立処分場の利用状況にも多く影響している。パーゼル条約では、埋立のための有害廃棄物の越境移動を禁止しているわけではないが、韓国の廃棄物管理法では、輸入された申告対象廃棄物を埋立処理することは懲役の対象として規制している。廃棄物の越境移動を議論する際、有害性による環境汚染だけではなく、（有害ではないとしても）越境移動する廃棄物が輸入国での再活用状況及び埋立状況に与える影響も合わせて検討する必要があるだろう。

表7 韓国の石炭火力発電所別石炭灰の処理状況 (注1) (単位:万トン)

		2010	2011	2012
南東発電	発生量	208.8	224.6	222.8
	埋立率	0% (注2)	35.8%	38.6%
中部発電	発生量	168.8	166.4	167.5
	埋立率	42.5%	43.9%	38.2%
東西発電	発生量	199.4	212.2	211.2
	埋立率	42.0%	35.5%	19.7%
西部発電	発生量	121.0	128.5	124.9
	埋立率	12.1%	16.9%	0% (注2)
南部発電	発生量	142.6	131.5	133.0
	埋立率	8.8%	19.9%	13.5%
総発生量		840.6	863.2	859.4
埋立率		16.8%	32.0%	21.5%

注1: 韓国では熱併給発電所でも一部石炭灰は発生があるが、その量は僅かであるため火力発電所のみでも全体を表していると考えられる。

注2: 通常韓国の火力発電所では発生した石炭灰のうち、再活用できない部分は埋立処理するが、需要がある場合には埋立された石炭灰を再活用に回している。そのため再活用量が発生量を上回る場合がある。この場合埋立率は0となる。(2010年に発電所の近くのゴルフ場の基盤構築の際、石炭灰が使用された経緯がある。)

出所: 韓国火力発電所の持続経営報告書など公表資料より。

表8 石炭灰の再活用義務率 (単位:%)

	2001年以降	2004年以降	2006年以降	2008年以降	2010年以降
再利用率	35%	65%	68%	70%	75%

出所: 鉄鋼スラグ及び石炭灰の排出事業者の再活用指針。

5. 互恵的再生資源貿易に向けて

韓国における石炭灰の再活用を促進する規制としては「鉄鋼スラグ及び石炭灰の排出事業者の再活用指針」がある。本指針は年間電力を1億kW以上供給する者を対象に、再活用義務を定めており、その水準は徐々に上がるようになっている(表8参照)。また再活用の用途はコンクリート混合剤、セメントの原料、盛土など11種類が指定されており、盛土及び複土用として使用する場合には土砂と体積基準で50%混ぜて使用することとなっている。

石炭灰の適正再活用を向上するためには、まず既存の11種類に限定されている用途を廃鉱山復旧など需要のあるところまで拡大して使用できるようにすることが必要である。また、石炭灰の再利用率をより効果的に向上していくための差等的な誘引策(リサイクル率による税制上の優遇措置など)が考慮された仕組みも合わせて検討しなければならない。

また、I.2節で述べたように、コンクリート

用のフライアッシュのコンクリートの規格の等級を日本のように広げ、さまざまな需要に応じて、フライアッシュを利用できるようにするのが望ましい。

東アジア地域は、比較的石炭灰の供給が需要に応じて過剰な地域と考えられ、III.2節で述べたように、石炭灰の日本から韓国への輸出で、韓国の石炭灰の埋立量が増えているようでは、あまり望ましい貿易とはいえない。I.3節で述べたような中東地域など、より広く需要先を探す必要があると思われる。

おわりに

石炭灰は、セメント産業での利用など、資源としての価値をもっている一方、再利用するには追加的な投資も必要であったり、用途にあった形で規格を整備したりする必要がある。国際的にも取引がされているが、貿易統計では、他の灰と一緒に分類されていること、また、少額

貨物については、貿易統計に計上されない場合があることなどから、統計上の把握が難しい。しかしながら、インドから中東へなど、フライアッシュが国際貿易され、資源として使われていることが観察できる。

2002年から、日本で使用しきれていない石炭灰が韓国に逆有償で輸出されるようになったが、韓国では、石炭灰の埋立率が上昇している。廃棄物が輸出され、直接、廃棄されているわけではないが、間接的に輸出先の廃棄物埋立処分量の増大を招いているとみることもできる。

一方、I.3節で述べたように、中東諸国やバングラデシュ、ネパール、スリランカなど石炭火力がほとんどない国は、インドから有償で輸入されている状況がある。貿易統計上、石炭灰の取引の規模を確認しにくい状況にあり、需給ギャップがどこで生じているかは推定しにくい状況にあるものの、より広い範囲で有効利用を図ることが、地球規模での資源の節約につながる可能性が高いといえよう。

日本から韓国への石炭灰輸出が始まる前には、韓国での石炭灰の再活用義務率が低かったことにみられるように、韓国での石炭灰利用はあまり高い水準ではなかったと見られる。日韓のセメント会社の提携、日本からの石炭灰の輸出を契機に、石炭灰の利用のための設備の導入が、韓国でも進んできたと考えられる。

韓国のフライアッシュの用途拡大については、規格の見直しを検討するべきであろう。現在の規格は、2つの等級しかなく、日本と比べると用途が限られている可能性がある。

これまで、石油価格の高騰などにより、日本も韓国も石炭火力の増設を行ってきたが、温暖化への対応、自然エネルギー分野の技術革新・投資が進めば、石炭の使用量が縮小していく将来像も考えられる。東アジア地域では、石炭灰の供給が需要を上回っているといえるが、将来もこのような状況が続くとは限らない。石炭灰は、セメント産業で利用できる資源であり、埋

立処分場に廃棄する場合でも、将来、利用する可能性も考えておく必要がある。

参考文献

<日本語>

産業構造審議会 (2005) 「廃棄物処理・リサイクルガイドライン (品目別編・業種別編)」経済産業省。

小島道一編 (2011) 『国際リサイクルをめぐる制度変容』, アジア経済研究所。

資源素材学会資源リサイクリング部門委員会編 (1991) 『資源リサイクリング』日刊工業新聞社。

田野崎隆雄 (2005) 「海外石炭灰規格の動向とその日本へのえいきょうについて」(2005年石炭灰有効利用シンポジウム 講演Ⅷ)。

通商産業省環境立地局編 (1994) 『今後の我が国の廃棄物処理・リサイクルシステムの在り方』通商産業調査会。

<韓国語>

韓国国会公聴会 (2013) 「わが国における鉱業の実態と発電方向」資料。

環境部 (2008) 『環境白書』。

監査院 (2009) 「セメントの有害性及び焼成炉廃棄物の搬入実態」。

<英語>

Foner, Henry A. and Thomas L. Robl (1997) "Coal Use and Fly Ash Disposal in Israel" *Energieia*, Vol. 8, No. 5, pp. 1-3.

Heidrich, Craig, Hans-Joachim Feuerborn and Anne Weir (2013) "Coal Combustion Products: A Global Perspective", presented at 2013 World Coal Ash Conference, April, 2013, Lexington, NY, US. <http://www.flyash.info/2013/171-Heidrich-Plenary-2013.pdf>. (最終アクセス日 2013年9月25日)

IEA (2012) *World energy outlook 2012*.

OECD (2009) Guidance Manual for The Implementation of Council Decision C(2001)107/Final, as Amended on The Control of Transboundary Movements of Wastes Destined for Recovery Operations Organisation, <http://www.oecd.org/env/waste/42262259.pdf>. (最終アクセス日 2013年9月24日)

Wier, Anne (2011) "World Customs Organization's Harmonized System can put Coal Ash in a Calss of its Own" presented at 2011 World of Coal Ash Conference, May 9-12, 2011 in Denver, USA. <http://www.flyash.info/2011/177-Weir-2011.pdf>.

(最終アクセス日 2013年9月26日)

IEA (2011) *Energy Statistics of Non-OECD Countries 2011*.