

Study Note

국내 석탄재 재활용 확대 방안 연구

조한나 · 맹준호 · 김은영
한국환경정책·평가연구원

Studies on Expanding Application for the Recycling of Coal Ash in Domestic

Hanna Cho · Jun-Ho Maeng · Eun-young Kim

Korea Environment Institute

요약 : 매년 화력발전소에서 약 800톤이상 되는 석탄재가 발생되고 있다. 발생하는 석탄재 중 재활용되고 남은 석탄재는 회처리장에 매립되고 있다. 현재 회처리장 용량에는 한계가 있고, 석탄재 매립으로 인한 환경영향의 우려로 회처리장 신규 확보도 어려운 상황이다. 환경영향 최소화라는 측면에서 석탄재 재활용 및 유효이용이 향후 장기적·국가적으로 시급하게 해결해야 할 문제로 인식되고 있다. 따라서, 본 연구는 국내 석탄재 재활용 확대를 가로막고 있는 문제점을 분석하여 해외 사례를 바탕으로 친환경적 국토관리와 자원순환사회를 위한 석탄재 재활용 확대 방안을 제안 하고자 하였다. 국내 석탄재 재활용 확대 방안은 다음과 같다. 첫째, 석탄재를 재활용 할 수 있는 법적 근거를 마련하는 것이다. 이를 위해서는 환경성 예측·평가에 대한 기법과 기준 및 체계 개발이 필요하다. 둘째, 이해관계자들의 인식 전환을 유도하는 것이다. 석탄재의 환경 안전성에 대한 연구 및 홍보가 필요하며 이해관계자들의 적극적인 의사소통 및 정보 제공이 필요하다. 셋째, 석탄재 재활용을 활성화 할 수 있는 실제적인 지원방안이 필요하다. 정책방안으로는 석탄재 처리비 지원, 석탄재 공급센터 설치 등이 있다.

주제어: 석탄회, 석탄회 재활용 및 유효이용, 자원순환사회, 폐기물관리법

Abstract : Coal ash is generated from coal-fired thermal power plants every year. The remaining quantity of coal ash ends up in the landfills except for the recycled portion, and the existing ash pond capacity is limited almost. Currently, the difficulties are faced in building a new ash treatment plant because of the concerns about the environmental impacts of landfills at individual plant facilities. In terms of minimizing the environmental impact, the recycling and effective uses of coal ash are recognized as urgent issues to be challenged. Accordingly, this study examines the obstacles in expanding the recycling of the coal ash in South Korea and proposes solutions based on the case

First Author : Hanna Cho, Center for Environmental Assessment Monitoring, Korea Environment Institute, Sejong 30147, Tel : +82-44-415-7774 E-mail : hncho@kei.re.kr

Corresponding Author: Jun-Ho Maeng, Center for Environmental Assessment Monitoring, Korea Environment Institute, Sejong 30147, Tel:82-44-415-7653 E-mail: jhmaeng@kei.re.kr

Co-Author: Eun-young Kim, Center for Environmental Assessment Monitoring, Korea Environment Institute, Sejong 30147, Tel:82-44-415-7436 E-mail: eylee@kei.re.kr

Received: 26 July, 2017. Revised: 27 November, 2017. Accepted: 6 December, 2017.

study analysis. The analysis results are as follows: 1) specific recycling guidelines and standards are required to be established in accordance with the contact medium (soil, ground water, surface water and sea water) and the chemical. 2) by providing the recognition environmentally safe in recycling the coal ash, transparency in establishing the planning stages and active communication with the community through promotion and research are essentially needed. 3) practical support system is required to encourage the power plant companies to use the coal ash as beneficial use.

Keywords: Coal ash, Beneficial use of coal ash, A society of resource recycling, Waste control Act

I. 서론

국내 화력발전소에서 배출되는 석탄재는 연간 약 800만 톤 이상이고 이 발생량은 꾸준히 증가하고 있는 추세이다(Maeng et al, 2014). 재활용되는 석탄재를 제외한 나머지의 석탄재는 각 발전소의 회처리장에서 처리하고 있지만 대부분의 발전소 회처리장이 만지 상태이다. 석탄재를 처리하기 위해서는 회처리장의 신규 건설이 필요하다. 하지만 회처리장으로 인한 환경영향에 대한 우려와 사회적 수용성으로 인해 그 시행이 매우 어려운 실정이다.

이러한 대량의 석탄재 처리 문제를 해결하기 위해서는 근본적으로 석탄재의 재활용 확대가 필요하다. 즉, 석탄재 유효이용(Beneficial use) 및 신규 수요처의 발굴이 원활히 이뤄 질 수 있도록 석탄재 재활용에 대한 계획 및 방안 마련이 시급한 실정이다.

국내의 석탄재 재활용 현황을 살펴보면 현재 「철강슬래그 및 석탄재 배출사업자의 재활용지침」에 따라 총 15개 항목으로만 재활용 되고 있다(Ministry of Environment, 2016). 그러나 국내 실정과는 달리 해외 석탄재 활용용도는 매우 다양하다. 주요 선진국에서는 석탄재를 자원의 활용으로써 적극적으로 재활용하고 있으며 재활용을 유도하고 있다.

따라서 본 연구에서는 석탄재 재활용 확대를 위해서 국내 석탄재 재활용 현황을 진단하고 문제점을 분석하였다. 또한 해외 석탄재 재활용 현황, 환경관리 사례, 석탄재로 인한 갈등관리 사례 등을 파악하여 이를 바탕으로 국내 석탄재 재활용 제도의 개선방안, 적용 가능한 재활용 확대방안을 제시하고자 한다.

II. 연구의 방법

국내 석탄재 재활용 현황 파악을 위해 관련법 및 제도를 조사하였으며, 문제점을 분석하기 위해 국내 석탄재 재활용 업무 관련자 및 실무자의 면담을 실시하였다. 해외 석탄재 재활용 현황 및 제도를 파악하기 위해 미국, 호주, 일본의 관련법 및 사례를 분석하였다.

이를 바탕으로 국내 석탄재 재활용 현황 및 문제점을 분석하고 해외 사례를 비교 분석하여 국내 석탄재 재활용 확대를 위한 방안을 제시하였다.

III. 연구결과 및 고찰

1. 국내 석탄회 재활용 현황 및 문제점

1) 법적 활용용도 제약

석탄재는 「자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률」에 의거하여 '지정부산물'로 규정된다. 지정부산물이란 부산물 중 그 전부 또는 일부를 재활용하는 것이 그 자원을 효율적으로 이용하는데 특히 필요한 것으로서 대통령령으로 정하는 부산물이다. 석탄재 재활용 방법은 「폐기물관리법」, 「자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률」에 따르고 있으며, 환경부 고시 「철강슬래그 및 석탄재 배출사업자의 재활용 지침」에 따라 구체적 재활용 용도 및 시공 방법이 규정되어 있다(Ministry of Environment, 2016).

법률에서 규정한 석탄재의 재활용 용도는 매우 제한적이다. 환경부 고시 제2016-217호 「철강슬래그 및 석탄재 배출사업자의 재활용 지침」에서는 석탄재의 재활용 용도를 레미콘 등 콘크리트 혼화재, 시멘

트 원료, 경량골재, 시멘트 2차제품 원료, 성토용골재, 복토용골재, 도로용골재, 목재 접착재 원료, 시멘트클링커 제조원료 대체용, 배수층 골재, 요업용 재료, 고무·플라스틱 충전재, 도로·연마재·단열재 원료, 제철제강 원료(금속회수), 상토비료원료(바닥재에 한함) 총 15가지로 규정하고 있다. 석탄재의 재활용 용도가 과거 11가지(환경부 고시 제2012-209호)에서 4가지(환경부 고시 제2014-193호 이후)가 추가 되었으나 추가된 재활용 용도의 수요처는 한정적이다. 추가된 용도로는 연간 배출되는 석탄재의 양을 처리하기엔 매우 부족한 실정이어서 매년 배출되는 석탄재를 처리하기 위한 수요처 개발이 절실히 필요한 상황이다.

현재 국내 석탄재 재활용 용도는 소량만 재활용할 수 있기 때문에, 석탄재를 대량으로 재활용 할 수 있는 폐광산 채움재 등으로 용도 확대가 필요하다. 현재 미국, 유럽, 호주에서는 대량의 석탄재를 광해복구 사업에 활용하고 있다. 국내에서도 석탄재를 광해복구 사업 등 대량 활용할 수 있도록 하는 제도개선이 필요하다. 이러한 제도개선을 위해서는 석탄재의 재활용 시 환경적 위해성 및 안전성에 대한 규명이 선행되어야 할 것이다.

2) 환경성 평가 기법 및 기준 적용의 모호성

석탄회 재활용 시 적용되는 기준은 환경부 고시 제2016-217호「철강슬래그 및 석탄재 배출사업자의 재활용 지침」상에서 한국산업규격 및 도로공사표준시방서 등이다. 이를 살펴보면 제품 및 공사재료로서의 품질과 관련된 기술 규격 및 성분을 정의하고 있다. 하지만 환경관리 측면의 위해성이나 안전성은 규정하고 있지 않다. 실제로 석탄재 재활용에서 가장 큰 문제는 환경 안전성 및 위해성이다. 재활용에 있어 환경적 기준의 부재는 석탄재 재활용 확대에 가장 큰 문제로 사료된다.

현재 유사하게 적용 가능한 국내 기준은 「폐기물관리법」상의 지정폐기물 기준과 「토양환경보전법」상의 토양오염 우려기준이 있다. 국내에서 발생하는 석탄회의 오염물질 농도를 폐기물이나 토양과 같은 기준과 비교해 보면 대부분 기준치를 충족하고 있다. 기

준 충족에도 불구하고 석탄회에서의 중금속 용출 우려가 지속적으로 제기되고 있는 이유는 제시된 기준이 올바르게 적용되지 않았기 때문이다. 즉, 석탄재의 위해성을 판단하기 위해서는 석탄재의 특성을 감안한 오염물질 기준항목과 농도가 제시되어야 한다.

최근 폐기물 재활용에 있어 환경성평가의 중요성이 높아지면서 이와 관련된 조항들이 「폐기물관리법」에 개정 및 신설 되었다. 조항을 살펴보면, 제 13조의 2(폐기물 재활용 원칙 및 준수사항)(전문개정 2015. 7.20), 제 13조의 3(폐기물 재활용 시 환경성평가)(본조신설 2015. 7.20) 등이다. 「폐기물관리법」 제 13조의 3에 따라 환경부령으로 정하는 규모 이상의 폐기물 또는 폐기물을 토양 등과 혼합하여 만든 물질을 토양·지하수·지표수 등에 접촉시켜 복토재·성토재·도로기층재 등 환경부령으로 정하는 용도 또는 방법으로 재활용하려는 자는 해당 폐기물의 재활용이 사람의 건강이나 환경에 미치는 영향을 조사·예측하여 해로운 영향을 피하거나 제거하는 방안 및 재활용기술의 적합성에 대한 평가를 받아야 한다고 규정하고 있다. 재활용환경성평가서 내용에는 1. 대상 지역 현황, 2. 폐기물 또는 폐기물을 첨가하여 만든 물질의 침출 시 토양·지하수·지표수 등에 미치는 영향 등 폐기물 재활용에 따른 환경성의 예측·평가, 3. 환경위해성의 예방·제거 방안, 4. 환경변화 모니터링 계획, 5. 제13조의2에 따른 폐기물 재활용의 원칙 및 준수사항이 마련되지 아니한 폐기물의 재활용환경성 평가를 위하여 환경부령으로 정하는 사항이 포함되어야 한다.

재활용환경성평가에 대한 구체적인 사항은 환경부 고시 제2016-144호 「재활용환경성평가를 위한 절차와 방법 등에 관한 규정」에서 제시하고 있다. 규정에서 제시하는 재활용환경성 평가는 비매체접촉형과 매체접촉형으로 분류하여 유해특성평가, 상향류 투수방식의 유출평가, 모델링평가, 현장적용성시험 등 환경성 평가를 하도록 규정하고 있다. 일반적인 폐기물 재활용의 환경성 평가에는 활용될 수 있으나 폐광산과 같은 특정지역에서의 활용 또는 대량의 폐기물을 활용하는 경우 오염물질의 총량이나 장기적 환경영향에 대해서는 검증하기 힘든 부분이 있다. 평가의

기준에서도 토양오염물질에 관한 공정시험기준, 상향류 투수방식의 유출시험 기준, 폐기물에 관한 공정시험기준, 국제적으로 통용되는 시험방법 등으로 제시하고 있으나 매체특성과 활용용도에 따라 명확하지 않기에 판단 기준이 모호할 수 있다. 따라서, 석탄재 재활용의 환경성 예측·평가에 대한 매체별, 활용용도별 구체적인 기법과 기준 및 체계 개발이 요구된다.

석탄재 재활용 시 환경 안전성을 판단할 수 있는 환경기준의 모호성은 재활용 가능 여부의 불확실성을 유발하고 있다. 이러한 현실은 석탄재 배출사업자에게는 재활용 계획 수립에 어려움을 주고, 허가기관에게는 객관적인 행정집행이 어려워 석탄재 재활용 문제에서 매우 소극적일 수밖에 없게 된다. 또한 관련 이해당사자(주민 및 환경단체)에게 석탄재 활용에 따른 불신감을 야기하고 있다. 공유수면 매립재, 폐광산 채움재 등 물, 지하수, 토양과 직접 접촉하는 용도로 사용하기에는 배출사업자와 허가기관 및 재활용 구역 인근 이해당사자(주민 및 환경단체)의 의사결정에 혼란을 야기하고 있다. 따라서 무엇보다 석탄재 재활용의 환경 안전성을 객관적으로 판단할 수 있는 구체적이고 명확한 환경기준이 필요하다.

3) 이해당사자 수용성 부족

석탄재 재활용은 자원순환 정책에 있어 활성화되어야 사안이다. 석탄재 재활용 용도가 직접 환경매체와 접촉하게 되는 경우 많은 지역 환경단체 및 주민 반발에 직면하고 있는 실정이다. 대표적인 국내 사례는 새만금지구 산업단지에 석탄재를 매립재로 활용한 것이다.

새만금 산업단지는 한국농어촌공사가 조성 중인 사업으로 군산항의 항로유지 준설토를 매립재로 활용한 사례이다. 시공 시에 필요한 수평 배수층재를 모래로 계획하였으나, 경제성 등을 고려하여 인근 서천화력발전소(한국중부발전)에서 발생하는 석탄재 200만 톤을 배수층 골재로 활용하기로 계획하였다. 이를 위해 사업자와 배출사업자 간 양해각서를 2009년에 체결하였다. 그러나 석탄재의 배수층 골재 활용 시 중금속 등 유해물질 용출 문제를 제기한 지역 환

경단체의 반대에 부딪혔으며, 이를 해결하기 위하여 '새만금산업단지 석탄재재활용위원회'를 구성하였다. 해당 위원회는 이해당사자 및 각 분야 전문가로 구성된 민관협의체 성격의 단체이다. 위원회는 군산대학교 환경건설연구소를 선정하여 석탄재 활용 위해성에 대한 환경성 검토를 실시하였다. 환경성 검토 결과 석탄회의 중금속 농도는 모두 「토양환경보전법」상의 토양오염우려기준 및 「폐기물관리법」상의 유해물질 함유기준을 만족하였다. 석탄재 활용에 따른 위해성은 없는 것으로 결론이 났다. 하지만 유해물질 중 As 농도는 청정지역 기준치보다는 다소 높게 나타난 바 있다. 새만금 산업단지 건설에 석탄재의 반입은 시행되었으나 이후에도 시민단체의 지속적 반대로 추가물량 반입이 미뤄지기도 했다. 아직까지도 환경단체와의 합의가 도출되지 않고, 지속적인 갈등이 발생하고 있다.

새만금 산업단지의 사례에서 주목할 점은 석탄재의 환경안전성에 대한 우려가 해소되지 못할 경우 석탄재의 재활용이 한정적일 수밖에 없다는 것이다. 이에 대한 원인 중 가장 큰 요인은 석탄재 위해성에 대한 정보 부족 및 수용성 부재이다. 환경 안정성 판단에 있어 안정성을 검증하기 위한 객관적인 기준이나 체계가 미비하여 환경안전성에 대한 판단을 석탄재 배출사업자 및 환경단체의 주관적인 주장에 의존하여 왔으며, 이에 따라 환경안전성에 대한 불신으로 이어져 이해당사자들이 수용하기 힘든 현황이다. 경제성만을 생각하는 이해당사자와의 의사소통 부재도 문제로 지적될 수 있다.

4) 해외 석탄재 수입

국내 석탄재 재활용 확대 시 고려되는 문제점은 일본으로부터의 석탄재 수입이다. 국내 화력발전소에서 발생하는 석탄재의 양이 증가함에 따라 석탄재가 회처리장에 상당량 매립되고 있고 재활용이 시급한 시점에서 일본에서 발생한 석탄재를 국내 시멘트 업체가 지원금을 받고 수입하고 있기 때문이다. 수입양도 점차 늘고 있다. 이로 인해 국내 석탄재 수요처 부족 및 수입 석탄재로 인한 석탄재 재활용 문제가 발생하고 있다.

일본으로부터 석탄재의 수입은 2002년부터 시작되었다. 국내 시멘트 회사는 시멘트 제조과정에서 석탄재를 부원료로 사용하는데, 이 때 사용하는 석탄재를 별도의 보조금을 지원받으며 일본에서 수입하고 있다. 일본에서 석탄재를 수입하는 국내 4개 시멘트 업체를 기준으로 석탄재의 수입량을 산정했을 때 최근 4년간(2010년부터 2013년까지) 꾸준히 증가하였고 누적 지원 금액은 약 1,630억에 달하였다(Republic of Korea National Assembly, 2014). 2008년 이전에는 일본 석탄재가 수출입 허가 대상에 포함되지 않아 관세가 부과되지 않았고 이에 국내 시멘트 회사에서는 일본 석탄재 수입으로 인해 이익을 얻고 있었다. 일본 시멘트회사의 국내기업 제휴 및 자본투자증가가 석탄재 수입과 연결되어 있는 것으로 파악되고 있다(小島道一, 2014).

수입 석탄재에 대한 환경우려도 문제로 지적된다. 우리나라와 일본 간의 석탄재 무역은 OECD 규제의 적용을 받고 있는데, OECD는 가맹국 간에 폐기물의 이동을 규제하고 있다. 화력발전소에서 발생하는 석탄재는 국가간 이동 시 환경영향 및 건강위해도가 적다고 판단하여 클린리스트로 분류되어 국가 간 이동이 자유롭다. 일본 석탄재의 성상 및 용출 실험결과에 대한 검증과 활용 용도에 대한 모니터링이 필요하다.

2. 해외 석탄재 재활용 현황 및 사례

1) 미국

미국은 다양한 용도로 석탄재를 활용하고 있다. 가장 많이 재활용되는 용도는 콘크리트재, 광해방지용과 제방 및 구조물이다(Figure 1). 미국의 용도별 환경기준과 관리 방법은 주별로 다르게 운영되고 있다.

예로써, 미국 펜실베이니아주의 경우 석탄재의 유용한 사용은 1986년 고형폐기물관리법 개정에 따라 사용 가능하게 되었다. 2010년 12월 주법 25 제290장 “석탄재의 유용한 사용”이 추가되면서 석탄재의 유용한 사용과 석탄재 인증, 관리 등 모든 요건을 포함하여 관리하고 있다(Cho et al, 2016).

미국 산업에서 석탄재는 수익적 사용을 통하여 상업적 가치로서 상당히 인정받고 있으며, 자원으로 여

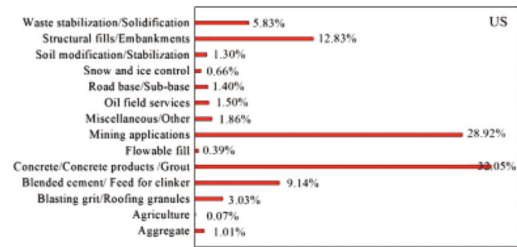


Figure 1. Coal ash utilization in US

Source: Yao, Z, T. et al, 2015

겨지고 있다. 석탄재의 재활용을 통해서 천연자원을 절약하고 에너지를 절약할 수 있음을 강조하고 있다. 또한 석탄재를 제대로 관리한다면 석탄재가 공중보건과 안전에 유해한 물질이 아닌 사회적, 환경적, 경제적 혜택을 제공할 수 있는 물질로 시사하고 있다. 미국석탄회협회(ACAA)에서는 다양한 분야의 석탄재 사용을 분석하기 위해서 배출과 활용에 관하여 매년 조사를 실시하고 있다. 조사결과, 석탄재 발생은 꾸준히 증가하고 있으며, 이를 재활용함으로써 환경 및 경제적으로 제한된 자원을 보존하며 여러 긍정적인 효과를 가지고 있다고 밝히고 있다(ACAA, 2013).

석탄재를 매립하는 회처리장은 발전소의 특성에 따라 위치를 결정하는데 국가의 부지선정 기준에 대한 승인사항에 맞아야 한다. 또한 국가 적용 요구사항의 허가 하에 운영이 되며 운영 시에는 침출수 관리, 유출제어 관리, 지하수 모니터링 등의 기준을 충족해야만 한다(EPRI, 2009).

석탄재 침출수에 존재할 수 있는 비소, 셀레늄, 크롬은 이동성과 독성 등에 영향을 주기 때문에 EPRI (Electric Power Research Institute)와 US DOE (Department of Energy)에서는 석탄재 관리 시 회처리장의 침출수 특성을 지속적으로 조사하고 있다. EPRI에서는 회 처리장 환경 조건에 따른 석탄재 침출수의 특성을 연구하였다(EPRI, 2006). 연구결과를 통해 석탄재 유형 및 관리방법으로 인한 침출수의 차이를 평가하고 실질적인 침출수 예측모델을 향상하기 위해 노력하고 있다. 또한 석탄재로 인한 대기 영향에 대해서도 연구하였다. 석탄재가 대기에 미치는 영향으로는 일반 시민보다는 발전소에서 일하는 근로자에게 초점을 맞추어 환경관리를 해야 한다고

제시하고 있다.

2) 유럽

유럽에서의 석탄재는 상당량의 많은 양이 개간이나 복구에 사용되고 있다. 뒤를 이어 콘크리트나 시멘트에도 많이 활용되고 있다(Figure 2). 유럽에서는 석탄재의 활용을 장기간의 경험과 기술뿐만 아니라 환경적인 이점을 기반으로 하고 있다. 유럽표준화위원회(CEN) 또는 국가기간에 의해 정기적으로 관리되며, 석탄재 활용은 표준화 및 환경규제, 규격 등 특정 요구 사항을 충족하도록 하고 있다(Maeng et al. 2015).

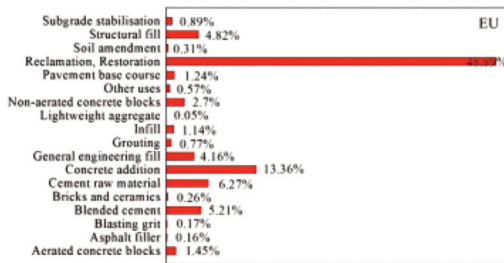


Figure 2. Coal ash utilization in EU

Source: Yao, Z. T. et al. 2015

네덜란드의 경우 석탄재의 매립처리가 법적으로 금지되어 있으므로 100% 재활용을 하고 있고, 독일의 경우도 역청탄 비회(Fly ash)는 콘크리트 혼화제로 대부분 사용하고 있으며, 갈탄의 경우 100%를 탄광충전에 활용되고 있다. 폴란드에서는 굴착이 종료된 경도에 석탄재 슬러리를 충전하여 채굴공동 충전용으로 석탄재를 활용하고 있다(Mine reclamation Corp. 2013).

유럽석탄연소제품협회(European Coal Combustion Products Association, ECOBA)는 석탄재 활용의 경제적, 생태학적인 이점을 제시하며 석탄회 재활용 확대를 위해 노력하고 있다(ECOBA <http://www.ecoba.org/>).

3) 호주

호주 또한 미국과 같이 주별로 석탄재 활용제도 및 기준을 다르게 적용하고 있다. 각 주마다 환경보호법

및 운영규정이 다르다. 동일한 특성을 가진 석탄재가 어떤 주에서는 “비활성 폐기물”로 분류될 수 있지만, 다른 주에서는 “규정된 폐기물”로 분류하여 석탄재를 다르게 취급한다(Cho et al. 2016).

예를 들어 호주 퀸즐랜드의 경우 Waste Reduction and Recycling Act 2011(WRR Act)에 의해 석탄재가 활용된다. 석탄재는 건설용(Bound), 직접 사용(Unbound), 토양 개량제(Soil ameliorant) 3가지로 분류되어 활용된다(Cho et al. 2016). 활용하기 위한 일반적인 조건도 상이하다. 이러한 조건은 활용에 따른 위해한 환경적 요소를 제한하기 위함이다. 또한 발전사, 수송자, 사용자별로 석탄재 관리 및 활용에 대한 승인이 필요하다. 승인을 받은 발전사, 수송자, 사용자는 석탄재 관리 및 활용에 대한 책임이 부여된다.

호주에서도 석탄재의 생산과 활용에 있어서 긍정적인 시각을 유도하고, 산업원료로서 석탄재의 다양한 활용도를 산업 생태학적인 개념으로 연계하여 석탄재 재활용 확대를 위해 노력하고 있다. 특히 ADAA(Ash Development Association of Australia)는 다양한 산업 분야에서 석탄재 재활용을 위한 시장 기회의 개발을 목적으로 형성되었다. ADAA에서는 석탄재 재활용 확대를 위해서 석탄재를 활용하여 제품을 만들고, 그 제품들이 다른 산업의 원료로서 활용되는 과정과 절차에 대한 긍정적인 시각과 방향성을 제시하고 있다. ADAA에서는 석탄재 처리 및 분석 등 사용에 대한 연구 개발을 추진하고, 국내외 정부 및 규제관련 산업 조직에서의 잠재적인 용도 및 사용에 관한 내용을 홍보하고 있다. 또한 관련 산업의 발전과 정보의 교환, 분석을 위해서 정기적인 포럼을 제공하는 등 석탄재 재활용을 기본 목표로 전략적으로 실행계획을 실천하고 있다(Table 1).

4) 일본

일본에서는 석탄재의 재활용이 다방면에서 실용가능 하도록 기술개발을 하고 있다. 석탄재의 재료로의 개발, 개발한 재료의 성능평가, 개발한 재료의 시공법 개발 등이 그 예이다. 또한 일본은 석탄재 재활용을 원활하게 하기 위해서 품질과 환경안전성 보장, 석탄회의 안정적인 공급 보장을 중요하게 다루고 있다.

Table 1. Effort plans for Coal ash awareness

Plan	ADAA Activity
Environmental Benefits	<ul style="list-style-type: none"> • Waste stream reduction and associated reductions in requirements for landfill; • The conservation of resources such as gypsum, limestone and natural gas when FA is used as a replacement in cement production; and • The reduction of greenhouse gas emissions when used as a cement replacement
Education Programs	<ul style="list-style-type: none"> • Advocate the environmental and performance benefits of Coal ash associated with current uses in cement and concrete via strategic collaboration within appropriate public and private institutions and/or forums • Identify and engage with relevant government agencies and industry associations that can support the utilisation of Coal ash.
Research Programs	<ul style="list-style-type: none"> • Review, consolidate and update currently held research information specifically on concrete; and support the dissemination of information to selected target audiences, which can lead to the beneficial use of Coal ash. • Investigate and recommend R&D that supports the increased use of Coal ash in cement and concrete. • Investigate, identify and recommend R&D into new use opportunities for Coal ash that lead to large volume and/or high value applications respectively.

Source: ADAA (<http://www.adaa.asn.au/>)

일본의 석탄재 재활용 환경관리 현황을 파악하기 위해 주코쿠(中國)전력, 시코쿠(四國)전력 및 홋카이도(北海道)발전사의 현황을 살펴보았다.

품질 확보를 위해 평가 및 관리방법을 확립하여 자체적으로 관리체계를 구축하고 있다. 석탄재 관련 기술을 활용하는 데 있어 공사착수 전 단계에서 컨설팅을 시행하고 있다. 공사 중에는 시공지도 및 품질관리에 관한 기술지도 등의 충분한 지원을 하고 있다. 완공 후의 품질을 확보하기 위해 공공 공사의 품질보증도 발전사 자체적으로 실시하고 있다. 또한 품질에 대한 책임구분을 석탄재 자체, 석탄재 가공품, 시공의 3단계로 명확히 하고 있다.

석탄재 환경안전성 기준은 일본에서 가장 엄격한 「토양오염의 환경기준」을 기본으로 자체적으로 관리를 하고 있다. 콘크리트 등의 경화제로부터의 용출과 가공제품의 제품으로부터의 용출이 기준치를 충족하는지 확인한 후 공공 공사에 활용하고 있다. 토양과 혼합하여 저장도로 활용하는 개량토의 경우 용출에 문제가 없는 석탄재를 선별하여 안전성을 확보하고 있다. 공공 공사의 개량토로 사용할 경우 공적기관에서 용출시험을 실시하고 그 안전성을 확인·보고하고 있다. 시코쿠(四國)전력의 경우 석탄재 안전성 보증을 위해 단계별 용출시험을 실시하고 있다. 1단계로 석탄재 단독수준에서의 용출시험을 실시하고, 2단계로 석탄재 사용제품수준에서의 용출시험을 실시하여

환경안전성을 보증하고 있다. 환경안전성에서의 책임소재는 석탄재 자체에 대해서는 발전사가, 석탄재 가공품에 대해서는 중간처리업자가, 개량토는 시공사가 책임지도록 하고 있다. 이렇듯 일본에서는 석탄재 재활용에 대한 기술개발뿐만 아니라 환경안전성에 대한 책임을 분명히 하여 재활용 확대를 시행하고 있다(日本土木学会, 2003).

석탄재의 안정적인 공급은 수요자의 필요수량을 납기에 공급하여 공사비용을 절감할 수 있기에 중요하다. 따라서 수요에 즉시 대응할 수 있도록 발전소 내의 저장 사일로뿐만 아니라 발전사 내 중간지역에 고정식 중계사일로를 배치하여 안정적인 공급이 가능하도록 책임을 다하고 있다. 수송수단은 육상 혹은 해상으로의 운반을 통해 경제적이고 효율적인 공급 체계를 지향하는 것을 목표로 하고 있다. 일본에서는 석탄재 안정적 공급체계를 위해 「폐기물처리법」상의 배출자, 즉 발전사 스스로가 석탄재를 수요자 또는 중계회사까지 책임을 지고 운반해 주고 있다.

3. 국내 석탄재 재활용 확대 방안

1) 석탄재 재활용 법적 확대

현재 국내에서 석탄재를 재활용하려면 「자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률」 및 환경부 고시 제 2016-217호 「철강슬래그 및 석탄재 배출사업자의 재활용 지침」에서 규정하고 있는 15개 용도 내에서 만

가능하다. 대량의 석탄회를 재활용하기 위해서는 법적으로 규정되어 있는 현재의 15개 용도를 확대할 필요가 있다. 용도확대를 위해서 우선 환경안전성이 보장되어야 할 것이다.

앞서 국내 현황에서 살펴보았 듯이 석탄재를 재활용하기 위해서는 환경부 고시 제2016-217호 「철강슬래그 및 석탄재 배출사업자의 재활용 지침」 제10조(석탄재의 재활용 용도)에 따른 한국산업규격 등 관련규격 및 설계 시공지침을 만족하여야 한다. 또한 활용용도가 비매체접촉형과 매체접촉형에 따라 환경부 고시 제2016-144호 「재활용환경성평가를 위한 절차와 방법 등에 관한 규정」에서 제시하는 재활용 환경성 평가를 받아야 한다.

일반적인 폐기물 재활용의 환경성 평가에는 활용될 수 있으나 폐광산과 같은 특정지역에서의 활용 또는 대량의 폐기물을 활용하는 경우 오염물질의 총량이나 장기적 환경영향에 대한 검증에는 한계가 있다. 평가의 기준에서도 토양오염물질에 관한 공정시험기준, 상향류 투수방식의 유출시험 기준, 폐기물에 관한 공정시험기준, 국제적으로 통용되는 시험방법 등으로 제시하고 있으나 매체특성과 활용용도에 따라 명확하지 않기에 판단 기준이 모호 할 수 있다. 따라서 석탄재 재활용의 환경성 예측·평가에 대한 매체별, 활용용도별 구체적인 기법과 기준 및 체계 정립이 요구된다.

일본의 경우는 석탄재의 재활용 확대를 위해서는 석탄회의 환경안전성이 보증되어야 하고, 석탄회의 환경 안전성을 도모하기 위해서는 환경검사를 철저히 실시하는 것이 무엇보다 중요하다고 생각하고 있다. 일본에서는 발전사가 자체적으로 단계별 환경 안전성 검사를 실시하고 있다. 일본에서 3단계에 걸쳐서 환경안전성검사를 실시하는 것처럼, 국내에서도 석탄재의 재활용 접촉매체에 따라 여러 단계에 걸쳐 석탄재 재활용 환경성검사를 실시하고, 단계마다 기준을 정해서 그 기준에 부합하지 않는 경우 추가 테스트를 실시하여 석탄재 재활용에 대한 환경 안전성을 입증하는 것이 바람직하다.

미국의 경우 석탄회의 재활용은 연방정부 차원에서 “발전소의 석탄부산물의 처리 규정(Disposal of

coal combustion residuals from electric utilities; 80 FR 21301)”에 따라 이행된다. 미국에서의 석탄재의 활용은 4가지 기준을 충족하여야 한다. 기능적인 혜택이 있어야 하고, 원재료의 사용을 대체할 수 있어야 한다. 또한 표준화 및 규격화된 기준에 맞아야 하고, 일정규모 이상의 석탄회가 밀폐되지 않게 사용될 경우 지하수, 수질, 토양, 대기 등의 환경영향을 고려해야 한다. 환경영향은 석탄재 외에 다른 유사한 물질을 사용했을 때의 환경영향보다 낮거나 인체 및 생태계 관련 환경기준보다 낮아야 한다. 연방정부 차원의 규정을 바탕으로 재활용 용도별 세부적인 사항은 주정부 차원의 규정이나 지침에 따라 환경안전성이 보장되도록 석탄회재 재활용 하고 있다.

국내에서도 석탄재 재활용에 있어 환경성 예측·평가의 객관성과 공정성을 확보하기 위해서는 예측과 평가를 위한 기술적인 방법과 환경기준 등이 필요하며 이를 관리할 수 있는 종합적인 체계가 필요하다. 예측 및 평가의 방법과 환경기준 개발에 있어 중요한 점은 재활용 대상인 석탄재의 유해물질 농도뿐만 아니라 석탄회가 접촉매체와의 반응을 통한 물질 특성을 고려해야 한다. 접촉매체(토양, 지하수, 지표수, 해수)별로 예측과 평가 기법이 다를 수 있다. 또한 단기간이 아닌 장기간 용출과 대량의 재활용으로 인한 배출 총량에 대한 환경영향에 대해서도 검증되어야 한다. 접촉되는 환경매체별 특성에 따른 구체적인 예측과 평가 기법 및 기준에 대해서는 지속적인 연구가 필요할 것으로 판단된다. 또한 석탄재 재활용을 전반적으로 관리할 수 있는 정보화 및 관리 체계마련이 필요하다.

2) 이해관계자의 인식 전환

석탄재 재활용의 가장 큰 장애요인인 석탄재 위험성에 대한 환경단체 및 주민의 인식을 전환하기 위해서는 환경성 검증과 함께 이에 대한 적극적인 정보제공 및 홍보가 이루어져야 할 것이다. 현재 국내에서 석탄재의 위험성 여부 및 재활용 시 환경안전성을 판단할 수 있는 사례는 매우 적어 향후 다수의 연구 및 해외사례 조사 등이 요구된다. 접촉되는 매체에 대한 석탄재의 용출 특성에 대한 규명도 중요할 것이며, 기존의 국내 및 외국에서 석탄재 재활용 사례에 대한

사후조사를 통해 환경안정성을 판단하는 것도 좋은 방법이 될 수 있을 것이다.

석탄재 재활용과 관련된 갈등양상을 보면 대부분 사업자 및 배출사업자는 지역사회와의 소통을 무시하고 법적인 사항에 의존하여 재활용을 추진하지만 이는 곧 지역사회와의 갈등을 야기한다. 결국 지역사회와의 소통을 통하여 문제를 해결할 수 밖에 없다. 갈등양상의 사례를 통해 볼 때 석탄재의 재활용 활성화를 위해서는 계획 초기단계부터 지역사회와의 적극적인 의사소통 및 정보제공 노력이 필요한 것을 알 수 있다. 즉, 석탄재 재활용계획 수립 시 석탄재 배출사업자, 재활용 사업자, 지역사회(환경단체, 주민)간의 협의체 구성, 설명회 개최, 사후관리 등을 시행하는 것이 석탄재 재활용을 활성화하고 갈등의 발생을 최소화할 수 있을 것이다. 새만금 산업단지의 석탄재 재활용 시 구성되었던 민관협의체가 좋은 사례가 될 수 있다. 민관협의체와 같이 지역사회 참여를 유발할 수 있는 여러 가지 방안을 도입하여 사업자가 계획수립단계에서부터 지역사회와의 공감을 유도하고 소통을 하려는 노력이 필요하다.

석탄재를 재활용함으로써 자원 및 에너지 절약을 추구할 수 있기에 석탄재를 자원으로 볼 수 있는 긍정적인 이유는 많다. 이러한 석탄재의 상업적 가치와 수익적 사용 및 경제적 혜택에 관한 긍정적인 효과를 사람들에게 홍보하여 인식을 전환하는 것이 석탄재 재활용에서 중요하다. 또한 석탄재의 생산과 재활용에 관해 석탄재의 발생출처, 인증실험 방법 및 그 결과, 재활용용도 등의 내용을 지속적으로 조사하고 그 내용을 공개하는 것도 일반인에게 석탄재 재활용의 긍정적인 효과를 인식시킬 수 있을 것이다. 석탄재에 대한 이해관계자의 인식 제고를 위해서는 정부기관, 연구기관, 발전사 등 여러 분야에서 서로 협력하는 것이 필요하다. 석탄재 활용 시 환경 안전성에 대한 홍보와 석탄재 재활용이 앞으로 필요할 수밖에 없는 현실에 관한 인식전환이 우선시되어야 한다. 석탄재의 재활용이 안전한 제도적 관리 안에서는 환경적으로 안전하다는 인식, 친환경적인 석탄재 재활용 제품에 대한 인식전환은 각 분야의 협력적인 노력에 따라 이뤄질 것으로 사료된다.

3) 석탄재 재활용 제도적 지원

(1) 석탄재 처리비(운반보조금)지원

국내 시멘트회사에서 일본의 석탄재 수입이 늘고 있는 가장 큰 원인은 일본 발전사로부터 폐기물처리비(운반보조금) 명목으로 약 5~7만원/톤을 받고 있기 때문이다. 시멘트회사의 입장에서는 시멘트의 재료 확보와 더불어 보조금도 받으니 일석이조의 효과를 얻는 것에 기인한다(Korea Cement Association, 2014). 일본에서는 석탄재 재활용을 자국 내에서 우선처리하고 있으며, 나머지 잉여량은 매립처리비용(약 20만 원/톤)을 주고 처리해야 한다. 하지만 자국에서 매립 처리하는 비용보다 한국으로의 수출이 경제적이거나 일본의 발전사 입장에서는 손해 볼 것이 없는 입장이다. 국내 화력발전소의 석탄재 재활용 지원 단가는 거리별로 지원을 하는 경우도 있고, 발전소의 재활용 수요처, 성수기와 비성수기, 건식처리와 습식처리, 발전사의 규정 등에 따라 다르다. 화력발전소에 현장답사 및 인터뷰를 진행해 본 결과, 공통적으로 비회를 기준으로 재활용을 많이 하고 있었다. 재활용 수요처가 많은 성수기에는 발전소별로 차이는 있겠지만 평균적으로 약 톤당 2만 원으로 입찰을 하여 판매하고, 비수기에는 운송비 명목으로 지원하고 있었다. 국내 시멘트회사가 일본 화력발전소로부터 석탄재를 수입함에 있어 폐기물처리비(운반보조금)의 명목으로 받고 있는 보조금은 국내발전소가 지원해 주는 거리별 지원비용과 대략적인 비교에도 높은 수치가기 때문에 국내 시멘트 회사의 입장에서는 매우 매력적인 조건임에는 틀림없다. 그러나 일본으로부터의 석탄재의 반입은 그 양만큼 국내 석탄재 재활용의 제한요소가 되고 석탄재의 투기장으로서의 매립처분이 불가피하므로, 국내 시멘트회사는 일본으로부터의 석탄재 수입을 자제하는 것이 바람직하다. 하지만 이를 강제적으로 막을 수 있는 방안은 없는 실정이다. 따라서 국내 발전사에서도 오염자 부담원칙에 따라 현재 운반 거리별로 지원하고 있는 석탄회 운반비 지원금을 늘리는 것도 적극 고려하여야 할 부분으로 판단된다.

(2) 석탄재 공급센터 설치

석탄재를 재활용하기 위해서는 경제성이 우선되어야 하며, 경제성을 좌우하는 가장 중요한 요인 중에 하나는 석탄재를 공급하는 발전소와 석탄회가 필요한 수요처 간의 거리이다. 공급처와 수요처 간의 거리가 멀수록 운반비용은 증가하며 이로 인해 비용증가는 석탄재의 재활용을 저해하는 주요 요인이 된다. 특히 석탄재의 대량공급이 필요한 대규모 사업장의 경우 안정적인 공급이 중요하며, 이를 위해서는 운송시간이 짧은 것이 안정적이며 경제적이다. 그러나 석탄재 수요처의 인접지역에 석탄재를 공급할 수 있는 발전소가 없는 경우가 많으므로 이러한 문제점을 해결하는 것이 필요하다. 이러한 문제를 해결하는 가장 좋은 방법은 화력발전소가 입지하지 않은 지역에 석탄재 저장장소를 조성하는 것이다.

일본에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 주요 항만시설에 사일로로 설치하여 중계 및 저장기능을 정비하였다. 이를 통해 일본 전국에 4만 원 정도 내에서 운송이 가능하도록 하였다. 공급체계가 전국적으로 확립되면 운송비용의 절감이 가능하고 자재로서 가격경쟁력이 높아 이용수량의 증대를 기대할 수 있기 때문에, 국내에서도 이와 같은 석탄재 공급 센터를 설치할 필요성이 있다.

설치장소는 석탄재가 필요한 주요 수요처의 현황 및 장소 등을 고려하여 발전소와 시멘트 회사가 서로 협력하여 결정할 필요가 있다. 현재의 국내 현황을 토대로 볼 때 새로운 장소에 석탄재 공급센터를 설치할 경우 새로운 민원이 발생할 가능성이 있으므로 영구시설은 발전소(LNG 발전소 포함), 항만시설 및 시멘트 회사 내에 설치하는 것이 바람직하며, 임시시설은 석탄회가 필요한 공사장 내에 설치하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

IV. 결론

본 연구는 국내 석탄재 재활용에 있어 현황을 파악하여 문제점들을 분석하고, 재활용 확대를 위한 개선 방안을 제시하였다. 석탄재 재활용 확대방안으로는 크게 세 가지 법적 확대, 이해관계자간의 인식제고,

제도적 지원으로 요약하고자 한다.

첫 번째, 석탄재 재활용을 확대하기 위해서는 법적 활용용도 확대가 필요하다. 현재 환경부 고시 제 2016-217호 「철강슬래그 및 석탄회 배출사업자의 재활용 지침」에서 규정하고 있는 석탄회의 활용용도를 확대하는 것이다. 확대 추가할 수 있는 대표적인 용도로는 폐광산 복구재를 예로 들 수 있다. 이러한 용도 확대를 위해서는 환경안전성이 검증되어야 한다. 용도별 환경성 예측·평가의 기술적인 방법과 환경안전성을 판단할 수 있는 구체적인 환경기준 등이 필요하며 이를 관리할 수 있는 종합적인 체계가 필요하다.

두 번째, 이해관계자간의 인식제고이다. 석탄재를 재활용하는 사업을 추진할 때 환경단체, 주민 등 이해관계자들은 석탄재가 환경적으로 안전하지 않다는 인식으로 인해 빈번하게 갈등을 겪고 있다. 관련 연구기관, 정부기관, 발전사 등은 석탄재의 환경적 안전성에 관한 검증 및 홍보의 노력을 지속적으로 해야 한다. 사업진행 시에는 계획 수립단계의 투명성을 확보하고, 지역사회와의 적극적인 의사소통 및 정보제공을 통해 갈등을 해결하도록 노력하여야 한다. 석탄재의 재활용이 안전한 제도적 관리 안에서는 환경적으로 안전하다는 인식과 앞으로 나아 가야할 방향이라는 인식전환은 각 분야의 노력에 따라 이루어질 것이다.

세 번째, 제도적 지원이다. 석탄재를 재활용하기 위해서는 경제성이 고려되지 않을 수 없다. 현재 자국에서의 국내 석탄재 처리도 힘든 상황에서 일본의 석탄재가 수입되고 있는 실정이다. 이를 해결할 수 있도록 석탄재 운반처리비용이나 석탄재 공급센터 설치 등 경제적인 지원이 제공된다면 석탄재 재활용 확대에 있어 큰 역할을 할 것으로 기대된다.

Acknowledgement

본 연구는 한국환경정책·평가연구원(KEI)의 지원으로 수행한 「화력발전소 회처리에 따른 환경영향 최소화방안 연구(II)」의 결과 중 일부임을 밝히며, 업무 지원에 감사드립니다

References

- ACAA. 2013. Beneficial Use of Coal Combustion Products_An American Recycling Success Story.
- ADAA. <http://www.adaa.asn.au/>
- ECOBA. <http://www.ecoba.org/>
- EPRI. 2006. Characterization of Field Leachates at Coal Combustion Management Site.
- EPRI. 2009. Coal Ash: Characteristics, Management and Environmental Issues.
- Hanna Cho, Jun-ho Maeng. 2016. A study on Eco-friendly Use of Coal Ash at Mine Reclamation Sites. J. of Korea Society of Waste Management. 33(4): 328-337. [Korean Literature]
- Japan Society of Civil Engineers, 2003. Effective Utilization of Coal ash [Japanese Literature]
- Kojima, 2014. Challenges and Regulation for International Trade in Recyclable Waste, Economic Studies, 63(2):71-84. [Japanese Literature]
- Korea Cement Association. 2014.10.2. Press Release. [Korean Literature]
- Maeng JH, Kim TY, Suh DH. 2014. Minimizing Environmental Impact in Accordance with the Thermal Power Plant Ash Management(I). Korea Environment Institute. [Korean Literature]
- Maeng JH, Kim TY, Cho HN, Kim EY. 2015. Minimizing Environmental Impact in Accordance with the Thermal Power Plant Ash Management(II)Ⅰ. Korea Environment Institute. [Korean Literature]
- Mine reclamation Corp. 2013. Research on the coal ash utilization at mine reclamation sites. 3rd year report. [Korean Literature]
- Ministry of Environment. 2016. The Guideline to Recycling for Steel Slag and Coal ash Discharger. [Korean Literature]
- Republic of Korea National Assembly. 2014.10.23. Press Release. [Korean Literature]
- Yao, Z. T. et al. 2015. comprehensive review on the applications of coal fly ash. Earth-Science Reviews 141:105-121.