

## 국내외 철강슬래그의 발생 및 이용 현황

The Present Situation of Production and Utilization of Steel Slag in Korea and Other Countries



최상원\*  
Sang-Won Choi



김빅토르\*\*  
Viktor Kim



장우석\*\*\*  
Woo-Seok Chang



김은영\*\*\*  
Eun-Young Kim

### 1. 철강슬래그란?

제철산업은 대량의 원료와 에너지를 소비하며 철강을 생산할 뿐 아니라 다양한 종류의 부산물과 폐기물을 다량 발생시켜 양적으로는 주제품인 철강의 약 50%에 이르고 있다. 일관제철공정을 갖춘 제철소의 경우 원료, 제선, 제강, 압연 및 스테인리스 등 복잡한 연결 생산 체제를 거치면서 수많은 종류의 부산물 및 폐기물을 다량으로 발생시키고 있으며 이러한 폐기물은 철, 탄소 및 석회석 등의 재활용이 가능한 유효한 자원을 다량 함유하고 있어 이들을 그대로 매립해 버리는 것은 자원 및 에너지의 낭비이다. 더구나 지구환경이 큰 이슈가 되고 있는 요즘 각종 제철 폐기물의 발생량을 가능한 줄이고, 발생된 것은 자원화를 도모함으로써 재활용을 피해 폐기물 처리비용을 경감하는 동시에 환경공해를 방지해야 한다. 특히 건설사업에 투입되는 콘크리트 골재의 요구량은 매우 막대하며, 따라서 고갈되어 가는 천연자원의 보충측면에서 제철 부산물과 슬래그는 천연자원의 대체재로 최대한 활용되어야 한다.

제철 산업의 주된 부, 폐산물은 철강슬래그로서, 철강슬래그는 고로슬래그와 제강슬래그(전로슬래그, 전기로슬래그)로 구분된다(그림 1). 이와 같이 생산된 고로 및 제강슬래그는 그 화학적 성분과 물리적 성질이 다르므로 그 응용 분야도 다르다.

#### 1.1. 고로슬래그(blast furnace slag)

제철소 고로에서 선철을 제조하는 과정에서 발생하는 생성물을 말하는 것으로, 주원료(철광석)와 부원료(코크스, 석회석)의 회분에 존재하는  $\text{SiO}_2$ 와  $\text{Al}_2\text{O}_3$  등이 고온에서 석회와 반응하

여 생성되며, 구성 원소는 일반 암석과 같고 성분은 시멘트와 유사하다. 발생량은 1톤 조강 시 약 300 kg 가량 발생한다.

냉각방식에 따라 급냉슬래그(수냉슬래그 - 용융슬래그를 고압의 물을 이용하여 급냉, water cooled)와 서냉슬래그(피재슬래그 - 용융슬래그를 대기 중에서 서서히 냉각, air cooled)로 구분된다.

이중 급냉슬래그는 화학성분이 포틀랜드시멘트와 유사하여 수경성이 있으므로 슬래그 시멘트의 원료로 사용된다.

#### 1.2. 제강슬래그(steel making slag)

철에서 강을 만들기 위해 쇳물에 녹아있는 탄소, 규소성분 등을 제거하는 공정에서 발생하며 전로슬래그와 전기로슬래그로 구분된다.

제강슬래그에는 미반응  $\text{CaO}$ (free- $\text{CaO}$ )가 포함되어 있으므로, 콘크리트 골재 등으로 이용시에는 수개월 정도 야적(野積)하거나 뜨거운 증기를 이용한 숙성(aging) 과정이 요구된다.

##### 1.2.1. 전로슬래그(convert slag)

전로에 사용하는 원료는 크게 주원료, 부원료, 합금철의 3가지이다. 주원료로는 철의 원료로 용융 선철(용선), 고철 등이 있는데 이 가운데 용선 배합률이 높은 경우에 이용하는 것이 전로제강법이다.

부원료로는 생석회( $\text{CaO}$ ), 석회석( $\text{CaCO}_3$ ) 및 dolomite ( $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$ ) 등이 있다. 전로에서는 용융선철에 포함된 순탄소를 99.5%이상 제거하기 위하여 용선에 포함된 탄소 등 불필요 성분을 산화 연소시킨다. 생성된 산화물은 슬래그를 형성하고 철과의 비중차로 분리시킨다. 전로슬래그의 발생량은 원료 배합비에 따라 용강 1톤당 150~180 kg으로 고로슬래그에 비하여 발생량이 적다.

\* 전남대학교 생명화학공학과 화학시스템공학전공 교수  
sunchem@chonnam.ac.kr

\*\* 우즈벡 과학원 일반및무기화학연구소 수석연구원

\*\*\* 전남대학교 생명화학공학과 화학시스템공학전공 선임연구원

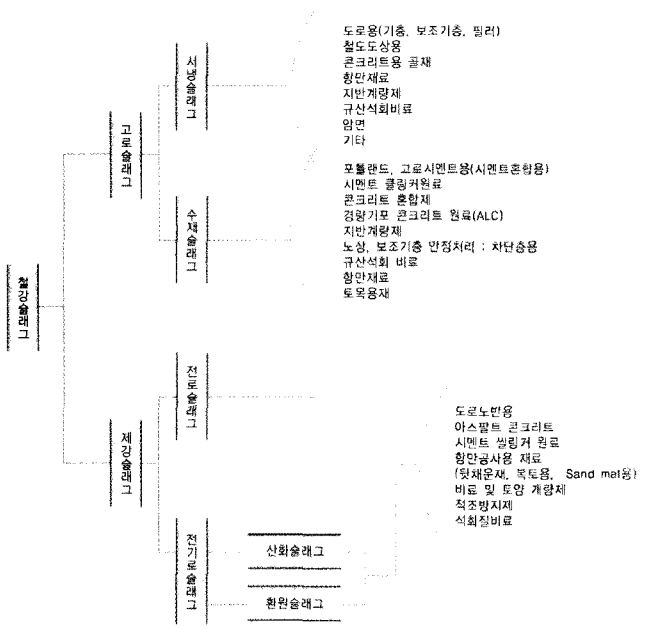


그림 1. 철강슬래그의 종류 및 재활용 용도

를 형성하여 용강과 분리된다. 생성불순물의 용강으로의 복원을 방지하기 위하여 생성된 슬래그를 환원정련에 앞서 배출하여야 한다. 산화슬래그는 조강 1톤 당 약 120 kg~150 kg이 생성한다.

(2) 환원슬래그(EAF reducing slag)

산화 과정에서 강제적으로 혼입한 과잉의 산소제거와 탈황을 위하여 환원제로 알루미늄, 코크스 가루를 살포하고 생석회 등의 용제를 투입하여 환원처리하면 용강과 슬래그가 형성된다. 이때 발생하는 환원슬래그는 조강 톤 당 약 50 kg이다.

2. 철강슬래그의 발생 현황(국내·외)

현재 세계 조강 생산량은 연간 약 10억톤에 이르고 있다. 조강 기술에 따라 나라별로 차이는 있으나 고로슬래그는 1톤 조강 시 약 300 kg, 제강슬래그는 전로슬래그의 경우 약 170 kg의 슬래그가 발생되고 있다. 따라서 철강슬래그의 산출량은 적어도 4억톤 이상으로 추산할 수 있다.

〈표 1〉에서 보는 바와 같이 국내 철강슬래그 발생량은 약 1,700 만톤 정도이다. 이중 포스코의 발생량이 고로슬래그와 제강슬래그(전로)를 합하면 80% 이상으로 절대량을 차지한다. 그러나 국내의 철강슬래그 발생량은 현대제철이 포항제철과 같이 철광석을 원료로 하는 일관 제철 공정을 추진하여, 2010년에는 조강 생산 능력 2,250 만톤으로 대규모 확장(이 경우 국내 슬래그 산출량은 30% 정도 증가 예상)을 서두르고 있으며, 중국을 필두로 한 다수의 국내, 외 제철 업체가 설비 투자확대를 추진하고 있는 추세이므로, 이에 따라 슬래그 발생량도 급격한 증가 양상을 나타내고 있다.

1.2.2. 전기로슬래그(electric arc furnace slag)  
 전기로는 전로와는 달리 주원료로는 스크랩(고철)을 주로 사용하는 것으로 외부에서 열을 가하여 원료를 용해하여 정련한다. 전기로의 특징은 로 내의 분위기를 산화성, 환원성으로 자유로운 변화가 가능하고 이때 각각의 경우에 발생하는 슬래그가 산화슬래그, 환원슬래그이다. 국내에서는 포항종합제철의 경우만 전로를 이용하고 그 외 제철소는 전기로 공정을 이용한다.

(1) 전기로산화슬래그(EAF oxidation slag)  
 용강을 교반하면서 산소를 흡입하면 강중의 탄소가 반응하여 일산화탄소의 기포가 생성되나 이때 불필요한 성분의 산화물이 부상하게 되는데 용제(flux)로 혼입한 생석회와 반응, 슬래그

표 1. 철강슬래그의 재활용 현황(2005년)

슬래그 구분		계	고로슬래그		제강슬래그	
			소계	전로	전기로	
용도별 재활용량	계	16,811,220	8,525,932	8,285,288	4,891,192	3,394,096
	공정재사용	1,359,484(8.1)	-	1,359,484(16.3)	1,271,283(26.0)	88,201(2.6)
	시멘트원료	5,997,738(35.7)	5,909,733(69.3)	88,005(1.1)	83,189(1.7)	4,816(0.1)
	성토용골재	3,742,142(22.3)	20,710(0.2)	3,721,432(44.9)	1,505,700(30.8)	2,215,732(65.3)
	도로용골재	4,591,091(27.3)	2,043,389(24)	2,547,702(30.8)	1,958,144(40)	589,558(17.4)
	기초잡석용	155,628(0.9)	-	155,628(1.9)	-	155,628(4.6)
	규산질비료	590,973(3.5)	484,957(5.7)	106,016(1.3)	-	106,016(3.1)
	벽돌용골재	31,627(0.2)	-	31,627(0.4)	-	31,627(0.9)
	기타	342,537(0.8)	67,143(0.8)	275,394(3.4)	72,816(1.5)	202,518(6.0)

※( )는 용도별 재활용 비율

### 3. 철강슬래그의 재활용 현황(국내·외)

철강슬래그는 크게 고로슬래그와 제강슬래그로 나눌 수 있으며, 본고에서는 고로슬래그와는 달리 불안정한 화학적 성상으로 인하여 재활용에 있어서 여러 가지 어려움이 있는 제강슬래그에 대하여 좀더 자세히 논하고자 한다.

상기 <표 1>에서 보는 바와 같이 국내 고로시멘트는 70% 정도가 앞서 언급한 바와 같이 잠재 수경성이 있으므로 부가가치가 높은 고로시멘트의 원료로 재활용되고 있다. 또한 일본의 경우 신일본제철 등에서 고로슬래그를 이용하여 콘크리트용 세골재, 미분말 등을 생산하고 있으며, 고로슬래그 미분말의 경우 강도증진, 수화열 감소, 알칼리-골재 반응 억제 등 콘크리트 혼화제로서의 뛰어난 성능이 있는 것으로 알려져 있다. 그러나 제강슬래그의 경우는 거의 전량이 성토용 또는 도로용 골재 등의 단순 매립제로 사용되고 있다. 이러한 이유는 다음 <표 2>에서 보는 바와 같이 제강슬래그의 화학조성이 고로 슬래그와는 크게 달라서 시멘트로의 응용이 불가능하며 또한 제강슬래그에 포함된 높은 유리석회로 인하여 콘크리트 골재로의 사용이 제한되기 때문이다. 따라서 재활용에 대한 국내·외의 연구는 주로 제강슬래그에 집중되고 있다. 2005년 국내에서 발생한 철강슬래그 중 제강슬래그의 양은 약 830만톤으로 매우 막대하다. 또한 이러한 제강슬래그의 산출은 국내 조강 설비의 확장에 따라 10년 내에 배증될 것이 확실하다.

<그림 2>에서 보는바와 같이 국내, 외를 막론하고 제강슬래그는 주로 도로용 골재, 성토용 골재 등 단순 매립재료의 사용을 주로하고 있다.

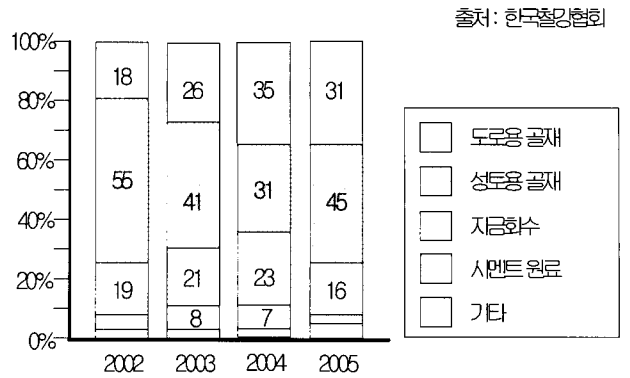
#### 3.1. 제강슬래그 재활용의 문제점

제강슬래그 중의 전로슬래그는 포항제철의 포항제철소와 광

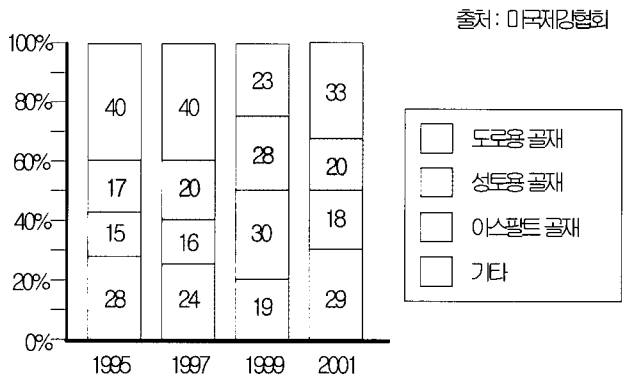
표 2. 슬래그의 화학 조성(예, 단위 : %)

구분	고로 슬래그	제강슬래그		
		전로 슬래그	전기로슬래그	
			산화슬래그	환원슬래그
SiO <sub>2</sub>	33.8	13.8	17.7	27.0
CaO	42.0	44.3	26.2	51.0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.4	1.5	12.2	9.0
Total Fe	0.3	17.5	21.2	1.5
MgO	6.7	6.4	5.3	7.0
S	0.84	0.07	0.09	0.5
MnO	0.3	5.3	7.9	1.0
TiO <sub>2</sub>	1.0	1.5	0.7	0.7

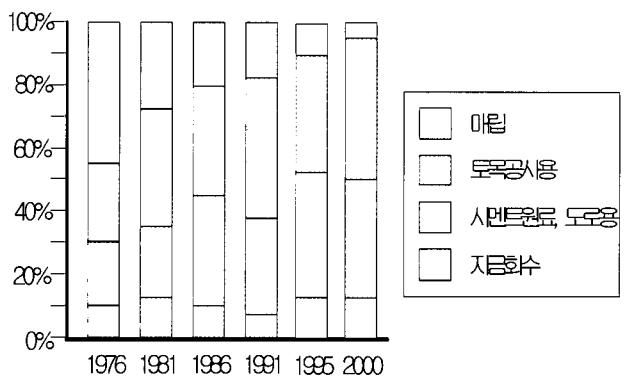
\*제강슬래그의 유리석회(free CaO) 조성 : 0.1~20%



(a) 한국의 제강슬래그 활용 현황



(b) 미국의 제강슬래그 활용 현황



(c) 일본의 제강슬래그 활용 현황

그림 2. 슬래그 활용 현황

양제철소에서만 생성되고 그 외의 공장에서는 대부분 제강슬래그 중 전기로슬래그가 생성된다. 제강슬래그의 일부 철을 회수하여 사용하고 나머지는 야적장에서 장기 숙성 시킨 후 골재로도 이용되나 많은 양이 매립 처분되고 있다. 활용에 따른 문제점을 열거하면 다음과 같다.

- 양이 많은 슬래그를 매립하므로 매립지 부족난을 가중시킨다.
- 국내의 경우 새로운 용도개발이나 제품의 개발을 위한 연구나 투자가 부족하다.

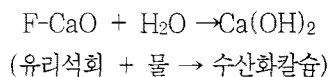
- 현재 저가의 성토용, 도로용 골재로 재활용 되고 있다.
- 재활용 용도가 토목용 골재이기 때문에 계절적 영향을 많이 받는다.
- 중량물이고 교통수단의 제한에 의해 수송비가 상승된다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 최근 철강 회사는 공정 개선을 통한 제강슬래그의 산출량 저감 그리고 재활용을 통한 환경 보전 및 부존 자원의 효율성 증대를 위한 연구와 투자를 적극적으로 추진하고 있다.

#### 4. 철강슬래그 중 제강슬래그의 환경적 문제점

##### 4.1 숙성(aging)이 필요한 이유

제강 공정에서 발생하는 슬래그는 일반적으로 공기 중에서 상온으로 냉각하여 굳힌 다음 분쇄하여 처리하고 있다. 이러한 공정으로 발생하는 제강슬래그에는 미반응 유리석회 CaO(free-CaO 또는 F-CaO)의 함량이 0.1% ~ 20%까지 다양하게 변화한다.

F-CaO의 함량은 제강슬래그에서 매우 중요한데, 그 이유는 이것의 함량이 1% 이상이 되면 팽창성 반응의 발생에 의해 스스로 붕괴하게 되며, 이러한 경향은 F-CaO 함량이 증가할수록 커지는 경향을 보인다. 즉, F-CaO는 환경 오염원이자 슬래그 용도를 제한하는 화합물이다.



F-CaO가 물(H<sub>2</sub>O)과 반응하여 알칼리 화합물인 Ca(OH)<sub>2</sub>를 생성하게 되는데(그림 3) Ca(OH)<sub>2</sub>는 해수, 공기오염 등 환경악화 요인이자 화학적 풍화작용을 일으켜 결과적으로 제강슬래그의 사용용도(콘크리트용 골재로의 사용 등)를 제한한다.

따라서 기존의 방식으로 생산되는 제강슬래그는 약 1개월 ~ 3개월의 야적에 의해 에이징하거나 증기에 의한 촉진 에이징 과정을 거쳐야 한다. 그러나 이러한 공정은 오랜 시간과 넓은 야적장의 요구, 환경문제(침출수, 비산먼지 등) 및 부가적인 문제가 발생한다.

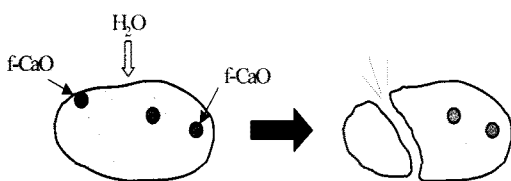
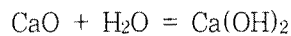


그림 3. Ca(OH)<sub>2</sub>를 생성 과정

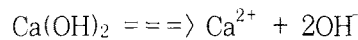
#### 4.2. 야적 또는 성토재료 사용 시 문제점 (침출수, 비산먼지 등)

##### 4.2.1 침출수

야적장에서 숙성(aging)을 시키는 과정이나 물(지하수, 해수)과 접촉하는 성토재료 사용될 경우 침출수에 의한 환경오염이 우려된다. 침출수(강 알칼리 수) 발생 경로는 아래와 같다. 숙성 시킨다는 것은, 화학적으로 불안정한 미반응 유리석회(CaO)가 물과 반응하여 안정한 수산화 칼슘(Ca(OH)<sub>2</sub>)이 되는 것을 말하며, 이러한 반응을 통하여 부피가 약 2배 정도 팽창하게 된다.



이 상태로 다량의 물과 만나면 다음의 현상이 나오게 된다.



이때의 OH<sup>-</sup> 이온이 수중에 녹아드는데 평상시의 경우 H<sub>2</sub>O = H<sup>+</sup> + OH<sup>-</sup> 상태가 평형을 이루고 이때의 용해도 곱 상수는 약 K<sub>sp</sub> = 1 × 10<sup>-14</sup>의 값을 가지게 된다.

즉, 평형상태에 경우 H<sup>+</sup> 이온과 OH<sup>-</sup> 이온이 평형을 이루어 10<sup>-7</sup> 썩 갖게 되고 pH 측정 시 7이라는 평형 값(중성 수)을 가지게 되는데 야적된 슬래그에서 OH<sup>-</sup> 이온이 다량 유입이 되면 평형이 깨지게 된다. 이 경우 [H<sup>+</sup>] × [OH<sup>-</sup>] = [10<sup>-7</sup>] × [10<sup>-7</sup>] = 10<sup>-14</sup> 에서 [OH<sup>-</sup>]이온의 농도가 상승하여 10<sup>-4</sup>가 되면 10<sup>-14</sup> = [H<sup>+</sup>] × [OH<sup>-</sup>] = [X] × [10<sup>-4</sup>] 이므로 [H<sup>+</sup>] 농도는 10<sup>-10</sup>이 되고 pH 는 10(강 알칼리 수)이 된다.

##### 4.2.2 비산먼지

슬래그의 파쇄 및 야적 시 발생하는 비산먼지는 대기환경보전법 제28조, 동법시행규칙 제62조 재활용지침에 의해 관리되고 있다. 대기환경보전법 시행규칙의 규정에 의하면 '제1차 급속제조업' '비급속물질의 채취·제조·가공업 등 10개 업종을 비산먼지 발생 대상 사업으로 분류하고 있어 파쇄, 야적, 운송 등의 작업에는 집진시설, 방진덮개, 방진펜스, 살수시설 등 철저한 관리가 필요하다.

#### 4.3. 콘크리트용 골재로의 이용 시 공학적 문제(부피 팽창성 화학반응에 의한)

위에서 언급한 대로 제강슬래그에 포함되어 있는 유리석회(F-CaO)가 물과 만나게 되면 팽창을 일으키게 된다. 제강슬래그의 콘크리트 골재로의 용도가 제한적인 이유가 여기에 있다.

### 5. 철강슬래그의 재활용에 있어서의 법적 보완 요소

1997년 제정된 「철강슬래그 및 석탄재배출 사업자의 활용 지침」은 2004년 개정(환경부 고시 2004-39호)되면서, 고로 슬래그와 제강슬래그의 재활용 용도가 합쳐진 바(표 3), 이는 두 종류의 슬래그의 화학적 구성과 안정성이 크게 다른 점을 감안하면, 오히려 개정 전의 구분된 형태가 더 발전적이라고 볼 수 있다.

### 6. 제강슬래그의 재활용에 대한 최근 연구 동향

철강슬래그는 현재의 막대한 산출량과 향후의 점증하는 산출량을 고려하면 그 재활용의 연구에 있어서도 다량 이용과 함께 환경적 고려(침출수 등)가 필수적이다. 이러한 요구에 따라 현재 다음 두 가지 형태의 연구가 구체적이며, 실제화 되고 있다.

#### 6.1 인공어초로의 이용

- 개요 : 제강슬래그를 이용하여 인공어초를 개발, 해역에 투입하여 재활용하는 방안.
- 장점 : 현행 야적장의 위치가 해안에 위치하므로 제작과 수송이 용이함, 철분 등의 무기물에 의한 해양 생태계 개선 효과(해조초로의 부착 실험 양호).
- 장애요소 :
  - ① 슬래그 사용 제품에 대한 일반인 및 어민들의 거부감 등 사회적인 부정적 인식.
  - ② 어초 제조 시에 충분한 숙성(6개월 이상)이 요구됨에 따른 야적장의 장기적치 등의 어려움.
  - ③ 환경부 해수부 지자체 등의 다양한 관련기관의 법적(현행 재활용 용도 고시 내용 추가 등)행정적 지원 요구됨.

· 연구 및 실용화 현황 :

- ① 일본, 캐나다 등 바다 목장화 사업 등에의 다양한 연구(90년도 후반부터).
- ② 우리나라는 포항산업과학연구소(RIST)를 중심으로 동해안과 남해(거문도)지역에 2002년부터 해역에 투입, 자연부착 해조류 실험 등 수행(긍정적 결과).
- ③ 국내 전 해역에 대한 본격적 해중립초에 대한 응용 연구 진행 중(2007년 9월 현재).

#### 6.2 신소재 제조(풍쇄에 의한 친환경적 처리)

· 개요 : 제강슬래그를 용융상태에서 강한 바람에 의하여 밀립 화하여 숙성 과정을 초 순간에 완료함, 이를 고강도콘크리트 제조용 모래(세골재), 연마제 및 수처리 여재 등으로 이용.

· 장점 :

- ① 제강슬래그 산출 즉시 에이징이 완료되므로, 이후 침출수, 분진 발생 등의 환경문제를 야기하는 방대한 면적의 야적장 불필요.
- ② 실제적 유용한 신소재 물질의 생산에 의한 경제성 양호.

· 장애요소 :

- ① 기존 제강 설비 외에 별도의 일관설비 필요.
- ② 해당 철강 기업의 적극적 의지와 협력이 필수적 요소임.

· 연구 및 실용화 현황 :

- ① 국내 E 기업에서 개발, 국내의 특허보유, 해외 기반 기술 수출(남아공 : 반테르파크제철, 말레이시아 : 말라야 와타스틸, 인도네시아 : 크라카타우제철) 현재 포항제철(포항의 제강 공정에 pilot 연구 완료, 세아베스틸, 대 한제강 설비 중)에서 생산 판매 중.


표 3. 철강슬래그의 재활용 용도

철강슬래그 재활용 용도(1997)		철강슬래그 재활용 용도(2004)
고로슬래그	제강슬래그	
가. 시멘트원료(혼화제, 증량제)	가. 시멘트원료(혼화제, 증량제)	가. 시멘트원료(혼화제, 증량제)
나. 규산질 비료원료	나. 규산질 비료원료	나. 콘크리트용 혼화제
다. 벽돌용 골재	다. 벽돌용 골재	다. 규산질 비료원료
라. 성토용 골재	라. 성토용 골재	라. 벽돌용·콘크리트용 골재
마. 복토용 골재	마. 복토용 골재	마. 성토용 골재
바. 호안공사용 골재	바. 호안공사용 골재	바. 복토용 골재
사. 공유수면매립지 뒷채움재	사. 공유수면매립지 뒷채움재	사. 호안공사용 골재
아. 도로용 골재	아. 도로용 골재	아. 공유수면매립지 뒷채움재
자. 요업용 골재	자. 미끄럼방지용 골재	자. 도로용·아스콘용 골재
차. 배수층 골재	차. 옹벽 및 뒷채움재	차. 요업용 골재
타. 옹벽 및 뒷채움재	카. 기초 잡석용	카. 배수층 골재
파. 기초 잡석용		타. 미끄럼방지용 골재
		파. 옹벽 및 뒷채움재
		하. 기초 잡석용

## 7. 결론

철강슬래그의 산출량은 매우 막대(국내 : 1,700만톤, 세계 : 약 4억톤 이상)하다. 국내(2005년 기준) 고로슬래그는 850만톤, 제강슬래그는 830만톤 정도 산출된다. 이중 고로슬래그는 고로시멘트의 원료로 다량(70% 정도) 재활용 되고 있다.

그러나 제강슬래그는 그 화학적 조성과 미반응 유리석회 CaO(free-CaO)의 높은 함량 때문에 침출수 등, 환경적 우려가 크며 또한 그 재활용이 매우 제한적(주로 단순 매립제로 이용, 대규모 야적장 및 장기 숙성이 요구됨, 팽창 현상에 의한 콘크리트 골재로의 사용에서의 어려움 등)이다. 막대한 양의 철강슬래그는 좁은 국토와 높은 인구 밀도로 인하여 천연골재의 부족에 시달리고 있는 국내 콘크리트 산업에 있어서는 중요한 대체재로서 활용 가능성이 높다.

따라서 향후 철강 공업의 지속 가능한 발전을 위하여서는 철강슬래그의 산출량의 저감 또는 친환경적 재활용성을 높이기 위한 해당 기업의 적극적인 연구 및 투자와 함께 정부의 행정, 재정적인 지원이 매우 중요하다. 

### 참고문헌

1. 김지동, "철강슬래그 활용 기술 동향", 한국과학기술정보연구원, 2003. 4.

2. 김형석, "환경연구팀제강슬래그를 활용한 인공어초/해조초의 실용화", 보고서, 포항산업과학연구원, 2004. 3.  
 3. 박광석, "오염저질 개선을 위한 제강슬래그 복토정화법의 활용", 보고서, 포항산업과학연구원, 2004. 3.  
 4. 박기영, "제강슬래그의 생물 친화성에 관한 연구", 보고서, 강릉대학교, 2004. 3.  
 5. 김형석, 한기현, 변태봉, 배우현, "인공어초용 슬래그 콘크리트의 제조", RIST 연구논문, 16권 12호, 2002, pp.155~159.  
 6. 박광석, 전희동, "해저 퇴적물 오염 개선을 위한 제강슬래그 복토정화법의 활용", RIST 연구논문, 16권 12호, 2002, pp.132~139.  
 7. (주)에코마이스터, "하천 정화 및 호소 부영양화 저감기술 특수 가공된 슬래그를 이용한 하천 및 호소 정화 상용화 기술 개발", 환경부 보고서, 2003. 7.  
 8. 대전대학교 환경문제연구소, "PS볼을 이용한 여과공정개발", (주)에코마이스터 최종 보고서, 2002. 8.  
 9. (주)에코마이스터, "풍쇄 슬래그를 이용한 폐기물 매립지 복토제 및 집배수재 재활용 방안", 한국건설기술연구원, 2005. 3.  
 10. 한국전력공사 전력연구원, "풍쇄 슬래그를 이용한 방사선 차폐 콘크리트 개발", (주)에코마이스터 최종 보고서, 2003. 7.  
 11. 유정훈, "축진 에이징 처리 제강슬래그 골재를 사용한 콘크리트의 특성 평가", 한양대학교대학원 박사학위 논문, 2002. 12.  
 13. RIST 자원활용연구팀, "전로 풍쇄 Slag의 활용용도 개발", KIST 보고서, 1998. 6.  
 14. 국회산업자원위원회, "철강슬래그 재활용 활성화 방안 마련을 위한 토론회", 2006년 토론회 자료집, 2006. 8.

## 학회지 광고 게재 안내

콘크리트학회지는 격월간으로 발행되어 6,000여 회원을 비롯한 콘크리트 관련 업계, 학계, 유관 기관 및 단체 등에 배포되고 있습니다. 귀사의 미래를 위한 광고가 저렴한 가격과 가장 효과적인 방법으로 활용될 수 있도록 광고를 모집합니다.

### 1. 광고게재면

게재면	광고 협찬금	게재면	광고 협찬금
표 2	80만원	간지	70만원
표 3	70만원	내지(전면)	50만원
표 4	100만원	박스 광고	30만원

2. 할인혜택 : 본 학회의 특별회원사가 게재하는 광고 또는 연간 6회 이상 게재 시 상기 협찬금을 아래와 같이 할인하여 드립니다. 단, 일시불로 납부하여야 적용 가능합니다.

1년 계약 : 10% 할인     2년 계약 : 20% 할인     회원사 : 추가 5% 할인