

POSCO의 資源리사이클링

*柳 景 烈

POSCO 副社長

Current Status and Future Prospects for Resources Recycling in POSCO

*Kyeong Ryul Ryoo

POSCO

1. 머리말

일반적으로 POSCO는 전통적인 굴뚝산업으로 원료와 에너지를 많이 소모하여 철강제품을 생산하는 회사로 알려져 있으나, 실은 유효한 공정부산물도 많이 생산하는 기업이다.

POSCO 같이 고로(용광로)를 기반으로 하는 일관제철공정은 철광석에 포함되어 있는 철 성분을 코크스와 석회석으로 환원하여 선철(Iron)을 생산하는 제선공정과 이 선철을 전로에 넣고 산소를 불어넣어 강(Steel)을 만드는 제강공정을 거치게 되므로 필연적으로 다양한 공정부산물이 발생된다.

철을 생산하기 위해서 사용되는 철광석과 유연탄은 전량 외국에서 수입하는 값비싼 자원이다. 따라서 부수적으로 발생하는 부산물도 외화를 들여 사온 값비싼 물건인 셈이다. POSCO의 전통 있는 슬로건으로 “자원은 유한, 창 의는 무한”이 있다. 값싸고 질 좋은 철강제품을 만드는 것 외에도 부산물을 유용한 자원으로 만드는 데에도 창의력이 요구된다. 사실 POSCO에서 발생하는 부산물의 대부분은 환경법에서만 폐기물로 분류할 뿐 국내 어디에서도 생산되지 않는 독특하고 우수한 원자재이다.

POSCO에서는 조강생산 1톤당 0.67톤의 많은 부산물이 발생되며, 98% 이상을 자원으로 재활용하고 있다. 98%가 넘는 재활용수준은 일본, 유럽의 선진국 철강회사보다 우수한 수준으로 평가 받고 있다. 그림 1에서 보는 바와 같이 IMF이후 재활용 산업의 침체에도 불구하고 POSCO의 재활용률은 계속 상승하고 있으며, 조만간 99% 수준에 도달할 것으로 예상된다. 부산물이 한해 천 7백만 톤 이상 발생하는 회사에서

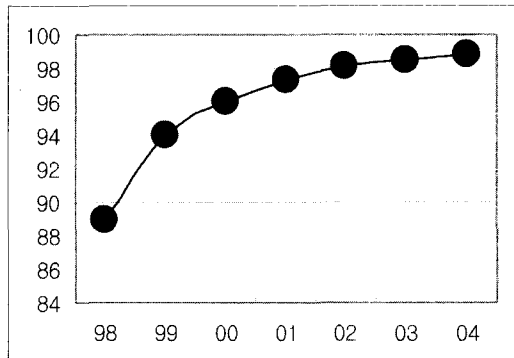


그림 1. 연도별 POSCO의 재활용률

표 1. 부산물 종류

공정	제선 (용광로)	제강 (전로, 전기로)	압연 (열연, 냉연, 후판, 선재)	코크스
종류	고로슬래그	제강슬래그	스케일, 산화철	조경유, 콜타르
분진, 슬러지, 폐유, 폐내화물, 폐콘크리트, 폐합성수지 등				

* E-mail: krryoo@posco.co.kr

99% 재활용은 기술적, 경제적으로 달성하기 곤란한 꿈의 수준일 것이다.

2. POSCO의 부산물.

부산물의 종류는 표 1에 나타낸 바와 같고, 종류별 발생량은 고로슬래그 48%, 제강슬래그 27%, 분진 8%, 슬러지 7%, 기타 부산물(폐내화물, 산화철, 스케일)이 10% 정도이다.

이와 같은 다양한 부산물은 다음과 같은 전략적 우선순위에 따라 리사이클링한다.

- 1) 철강산업의 원료로 사용 (자체 재이용)
- 2) 천연자원을 사용하는 기간산업의 원료로 사용 (시멘트산업, 비료산업)
- 3) 천연자원의 대체 골재로 사용 (도로골재, 토목골재, 철도 및 항만 골재)
- 4) 기타 자원재활용 산업 (석탄화학 등)

POSCO의 부산물은 현재 시멘트, 비료업체 등 100여 개 이상의 업체에서 원료로 사용하고 있다. 저렴하고 우수한 철강제품으로는 자동차, 가전 및 조선산업 등 국가 기간산업을 지원하고, 철강 생산과정에서 나온 부산물로는 시멘트, 비료 및 석탄화학 등 또 다른 배후산업을 육성하고 있는 것이다.

2.1. 지속 가능한 개발의 상징인 슬래그

연간 1,200만 톤 발생하는 슬래그는 용광로와 전로에서 쇳물을 뽑아내고 남은 고체성분 (슬래그)으로서 표 2에서 보는 바와 같이 Ca 및 Si 등 유용한 성분이 많은 반면, 유해물질은 없어 철강산업에서 가장 우수한 부산물이다.

용광로에서 발생하는 고로슬래그는 시멘트원료, 비료원료 및 도로 노반재로 사용되고, 제강슬래그는 고철, 시멘트원료, 도로용 골재(그림 2 참조), 항만공사 골재, 벽돌용 골재 및 토목공사 골재 등으로 활용되고 있다.

슬래그는 주로 외국에서 사온 철광석의 처리과정에서 부산물 형태로 나온 것이다. 따라서 슬래그가 없었다면 국내 광산과 하천에서 그만큼 양의 자원을 채취해야 하므로 국토보전과 환경오염 저감에 기여하고 있는 셈이다. 국내에서 조달 받는 석회석도 슬래그 형태로 다시 되돌리므로 채굴된 자원의 낭비는 없는 셈이다.

고로슬래그중 물로 급랭시킨 수재슬래그는 그림 3에서 보는 바와 같이 주로 시멘트클링커 혼화제나 슬래그 미분



그림 2. 슬래그의 도로골재로 이용

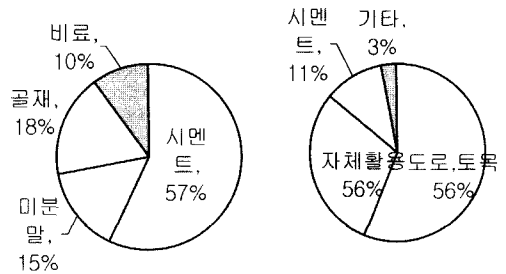


그림 3. 슬래그의 활용분야

표 2. 슬래그의 주요성분 (%)

종류	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	T.Fe	MgO	MnO	S	TiO ₂
고로슬래그	33.5	41.8	13.6	0.4	6.4	0.5	1.0	1.3
제강슬래그	14.8	46.1	1.5	16.4	6.3	5.4	0.08	1.5

*슬래그 용출시험: 전 항목(Cd, Hg, Cr⁶⁺, Pb, Cu, As) 불검출

표 3. 슬래그의 해양활용 연구시험경과

추진시기	내 용
1998.10~1999.6	<ul style="list-style-type: none"> • 슬래그 해양활용 연구 착수 <ul style="list-style-type: none"> - 요소기술: 슬래그 인공어초, 슬래그 해저복토제 - 실내실험 (국립수산과학원), 해저복토제 Pilot test (강릉시 주문진항)
2000.3~2001.5	<ul style="list-style-type: none"> • 봉영 원문만 굴 양식장 전로슬래그 복토시험 (0.5ha)
2000.11	<ul style="list-style-type: none"> • 전남 거문도 슬래그 인공어초 시험 (179 기)
2001.1	<ul style="list-style-type: none"> • 경남 사천시 실안 어촌계 슬래그 인공어초 시험 (30 기)
2001.2	<ul style="list-style-type: none"> • 제주도 서귀포 법환 전로슬래그 해중립초 시험
2002.1	<ul style="list-style-type: none"> • 포항 구룡포 석병리 전로슬래그 해중립초 시험 (5 톤)
2002.4	<ul style="list-style-type: none"> • 삼척시 호산어촌계 전로슬래그 해중립초 시험 (50 톤)
2002.6~2002.12	<ul style="list-style-type: none"> • 고성 당동만 황토대체용 전로슬래그 복토제 시험 (2ha, 2,000 톤)
2002.6~2002.12	<ul style="list-style-type: none"> • 전로슬래그 복토 시 생물영향 실내시험 (수과원 양식환경연구소)
2002.11	<ul style="list-style-type: none"> • 강릉시 정동진 전로슬래그 TTP 해중립초 시험 (20 기)
2003.4~2003.7	<ul style="list-style-type: none"> • 남해 대하양식장 전로슬래그 복토제 활용 (200 톤)
2004.2~2004.6	<ul style="list-style-type: none"> • 남해 대하양식장 전로슬래그 복토제 활용 (450 톤)
2004.4~2004.12	<ul style="list-style-type: none"> • 고성 피조개 양식장 전로슬래그 복토제 활용 (0.5ha, 150 톤)
2004.10	<ul style="list-style-type: none"> • 강릉시 마을해조장 사업 전로슬래그 해중립초 활용 (450 톤)

말로 시멘트를 대체하여 사용함으로써 시멘트를 생산하기 위한 석회석 자원과 CO₂ 방출을 줄이는 효과도 있다. 일반적으로 시멘트 클링커 1톤을 생산하는데 석회석 1.36톤이 사용되고, 0.8톤의 CO₂가 발생된다. 2002년도 기준으로 시멘트원료 및 슬래그 미분말로 사용된 수재슬래그 양은 총 589만 톤에 달해 800여만 톤의 석회석 채굴과 470만톤의 CO₂ 발생을 감소시키는 효과가 있었다.

2.2. 전로슬래그의 해양생태계 복원재로 재활용

제강슬래그중 전로에서 생산되는 전로슬래그는 도로골재로 많이 사용하고 있으나 최근 해양환경에서 그 우수성이 더욱 부각되고 있다. 국내 연안환경은 오염물 유입으로 더욱 황폐해져 가고 있고, 갯녹음(백화)현상으로 생물이 살수 없는 환경으로 변해가고 있다. 연안해안환경의 파괴는 수산생물과 어획고 감소로 이어져 어민들에 큰 피해를 주고 있다. POSCO는 어민들에 도움이 되고자 포항산업과학연구원, 국립수산진흥원, 강릉대학교와 공동으로 1998년부터 슬래그 인공어초, 오염된 바닥을 정화하는 해저복토제 및 백화현상을 제거하는 해중립초 등 해양환경 복원재로 슬래그를 활용할 수 있는 기술을 개발하였다(표 3 참조).

일반 천연골재 대신 전로슬래그 골재를 사용한 인공어초를 거문도 해역에 179개 투하한 후 효과를 관찰한 결과, 일반 인공어초보다 해조류 부착속도와 생육이 우수하고 해중립(海中林) 조성이 단축되는 효과를 보였다(그림4 참조).

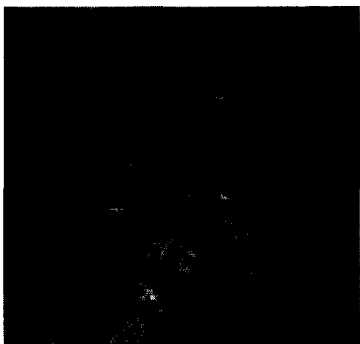


그림 4. 슬래그를 활용한 인공어초



그림 5. 슬래그를 이용한 해저복토

이러한 효과는 전로슬래그에서 천천히 용출되는 철 성분이 해조류나 식물 플랑크톤의 단백질 구성과 광합성에 필수적인 주 영양소로 사용되기 때문인 것으로 풀이 된다.

백화현상으로 인해 사막화 현상이 심각한 동해안의 삼척 및 정동진 등에 30cm이상의 굵은 전로슬래그로 해중립초를 조성한 결과, 천연 암석보다 우수한 해조류 부착과 성장능력을 보여주고 있어 백화현상을 치유할 대안으로 부각되고 있다.

양식장 및 항구 등 유기물질 침전으로 오염된 곳에 전로슬래그를 복토하면 해저바닥에서 올라오는 H₂S등 유해물질을 흡착 제거할 수 있다. 또한 경남 통영의 굴 양식장에서 실험한 결과 굴 생산량이 20% 증가하고, 굴에 포함된 유용한 지방산 함량도 증가하는 것으로 밝혀졌다(그림5 참조).

2.3. 철분이 많은 분진 및 슬러지의 철광석원료와 시멘트 원료로 재활용

각종 집진기에서 포집한 분진과 폐수처리 과정에서 나오는 슬러지도 철이나 석회성분이 많아 그림 6에서 보는 바와 같이 94% 이상 재활용하고 있다. 그리고 일부 철분과 석회성분이 매우 낮은 분진과 슬러지는 시멘트로 단단히 고형화한 후 안전매립하고 있다.

철 성분이 많은 분진 및 슬러지는 여러 가지 형태로 만들어 철강원료로 재사용하는데, 철강원료로 활용하기 위해서는 용광로나 전로조업에 영향을 주지 않으면서 분진으로 다시 비산되는 것을 막는 특수한 기술이 필요하다.

용광로는 위에서는 철광석과 코크스가 차곡차곡 내려오고 밑에서는 열풍을 불어 넣어주는 고압의 공정이므로 원료의 입도가 작거나 가루상태라면 씻물로 녹아나지 않고 그대로 용광로 가스에 섞여 날아가 버린다. 따라서 용광로에 재사용하는 분진과 슬러지는 용광로 안에서 깨지지 않도록 150kg/cm²의 강도를 갖는 냉간성형펠릿(Cold bonded Pellet)으로 만들어야 만이 재사용이 가능하다.

전로는 용광로에서 생산된 쇳물과 수입고철을 넣고 산소를 불어넣어 불순물을 없애는 공정이다. 여기에는 철분 함량이 높고 불순물이 적은 분진, 슬러지를 압축벽돌(Sludge Pressed Brick)이나 단광형태로 만들어 재활용한다. 이 재활용품은 고철과 함께 장입됨으로 비싼 고철의 수입대체 효과를 거두고 있다.

철강원료로 사용하지 않는 분진 및 슬러지는 시멘트 제조시 첨가되는 철성분원료로 공급한다. 시멘트의 4대 필수 성분 중 산화철은 2~3% 수준으로 함유량은 낮지만 국내 수요량은 연간 125 만 톤에 이른다. POSCO에서 생산되는 분진 및 슬러지는 철분 함량이 높고 불순물이 낮아 첨가제로 전체 시멘트 철성분원료의 60% 수준을 공급하고 있다.

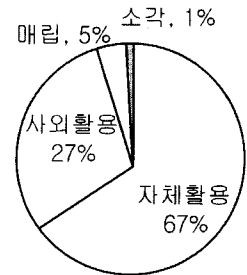


그림 6. 분진 및 슬러지의 처리분포

2.4. 석회성분 슬러지의 값비싼 원료로 가공

석회성분이 많은 분진 및 슬러지는 비료원료, 레미콘원료와 폐수처리제 원료로 공급하고 있다. 특히 석회성분의 슬러지는 과거 슬러지 상태로 공급하였으나, 최근에는 POSCO에서 자체 건조하여 분말로 만든 후 비료나 레미콘 제조회사에 미분말 형태로 판매하고 있다(그림7 참조).

STS(Stainless steel) 생산공정에는 STS 슬래그중의 유가 금속을 회수할 때 슬래그를 물로 세척하는 과정에서 많은 양의 석회 슬러지가 발생되고 있다. 이 슬러지는 이제까지 수분이 많아 재활용 수요가 제한적이었으나, 2003년 5월 STS 제 3 제강공장을 건설하면서 STS슬래그를 건식으로 처리하는 기술을 세계 최초로 개발하여 생산설비를 도입



그림 7. 석회분말의 생산설비

하였다. 이 기술은 STS슬래그를 물로 세정하는 대신 건조로에서 서서히 분화시키는 기술로 슬러지가 발생되지 않는 대신 분말상태의 석회가루가 생산되어 레미콘 원료 등으로 판매되고 있다.

2.5. 철저한 분리수거에 의한 리사이클링이 필수

제철소는 슬래그, 분진 및 슬러지외에 폐유, 폐내화물, 폐콘크리트, 폐목, 사무쓰레기와 생활쓰레기 등도 발생된다. 폐유는 발생공장에서부터 품질별로 분리수거하여 용광로에 연료로 투입하거나 외부에 매각하고 있으며, 스크 및 기름걸레 같이 재활용이 불가능한 것은 자체소각로에서 소각하여 열형태로 회수하고 있다. 용광로 폐유 투입기술은 고압으로 유지되는 고로내부에 미세하게 폐유를 분무하는 기술을 자체 개발한 것으로 연간 900여 톤의 폐유를 활용하고 있다.

사무실쓰레기는 소각, 재활용 및 판매 등 3가지 종류로 분리처리 되고, 공장에서 발생하는 각종 조업쓰레기인 폐목, 기름걸레와 고철 등은 종류별로 색상이 각기 다른 대형 쓰레기함으로 분리 및 고정 비치하여 수거한 후 각각의 중앙 처리장소로 운반된 다음 처리된다.

3. 향후 자원리사이클링 전략

첫째, 철강 신기술을 개발하여 자원소비량을 줄이는 노력을 계속하고자 한다. POSCO는 철강을 기본으로 하는 기업이므로 철강 혁신기술을 통한 자원리사이클링은 가장 효율성이 높은 활동에 해당된다. 대표적인 예가 기존 고로기술을 대체할 차세대 철강기술인 FINEX기술이며, 2006년 말까지 연산 150만 톤의 상용화 설비가 최초 준공될 예정이다. FINEX 기술은 기존 고로법과 대비하여 소결공정 및 COKE공정이 생략되어 SOx, NOx 등 대기오염물질이 고로법의 10% 이하로 대폭 낮아지고, 매장량이 풍부한 분철광석과 저가의 일반석탄을 사용할 수 있어 자원 사용도 더 효율적이다(그림 8 참조).

둘째, 부산물의 부가가치를 높이는 기술에 중점을 둘 예정이다. POSCO에서 발생하는 부산물 중 일부는 아직도 저가로 판매되거나 단순한 원료형태로 공급되고 있다. 부산물의 물리, 화학적 특성을 유효하게 사용할 수 있는 고

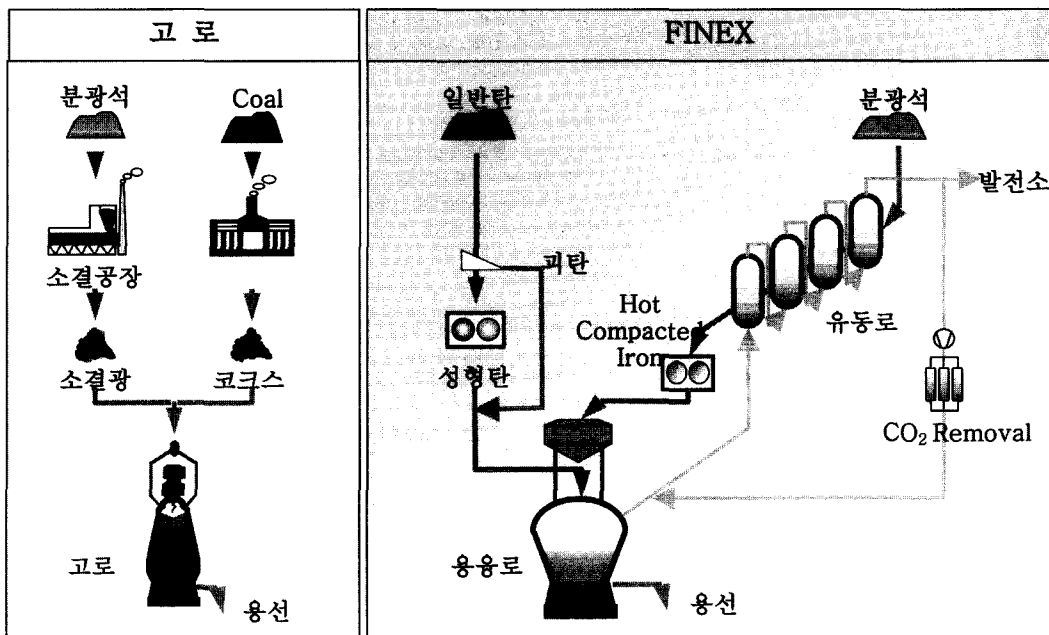


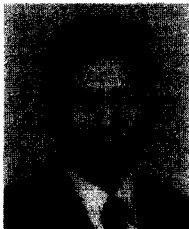
그림 8. 고로 및 FINEX 공정의 비교

부가가치 수요산업을 적극 발굴할 것이다.

셋째, 부산물에 포함된 불순물 제거기술이 필요하다. 세계철강업은 극한의 기술경쟁시대에 진입하였는데, POSCO는 이러한 기술경쟁에 맞서기 위해 자동차 강판, 고급 API강재, STS 400계 및 고급전기강판 등 고급강 생산체제로 체질을 강화하고 있다. 고급강 생산에는 불순물이 포함된 부산물원료를 많이 재활용할 수 없으므로 미량 불순물을 사전에 제거하는 기술이 필요하다.

이상과 같이 POSCO에서는 고급 철재의 생산을 위한 기술개발은 물론, 청정생산공정운영을 위해 리사이클을 100%를 달성하기 위산 기술개발에 최대 노력을 경주할 것이다. 이에 리사이클링 분야 전문가들이 함께 참여하여 POSCO의 Zero-discharge process를 달성하는데 기여해 줄 것을 당부합니다.

柳 景 烈 (Kyeong Ryul Ryoo; 1947. 07. 24)



- 74. 02 연세대학교 금속공학과 졸업
- 73. 12. 12 포항종합제철(주) 입사
- 90. 08 광양 생산관리부장
- 96. 08 기술본부 기술실장
- 98. 12 PI실장
- 99. 03. 16 상무(정보시스템, PI담당 CIO)
- 02. 03. 15 전무이사(마케팅부문 관장, PI, P지원실, 판매생산계획실, 품서서비스실담당)
- 03. 03. 14 전무이사(마케팅부문, PI, P지원실관장)
- 04. 03. 15 부사장(포항제철소장)

學 會 誌 投 稿 安 內

種 類	內 容
論 說	提案, 意見, 批判, 時評
展望, 解説	現況과 將來의 견해, 研究 技術의 綜合解説, Review
技術 報告	實際的인 試驗, 調査의 報告
技術, 行政情報	價値있는 技術, 行政情報를 간결히 解説하고, comment를 붙인다.
見 聞 記	國際會義의 報告, 國內外的 研究 幾關의 見學記 등
書 評	
談 話 室	會員相互의 情報交換, 會員 自由스러운 말, 隋霜 등
Group 紹介	企業, 研究幾關, 大學 등의 紹介
研究論文	Original 研究論文으로 本 學會의 會誌에 掲載하는 것이 適當하다고 보여지는 것

수시로 원고를 접수하오니 많은 투고를 바랍니다.