

제강(E.A.F)더스트리사이클링에 있어서 臺灣과 韓國

*吳 在 賢

延世大學校 名譽教授 (社)韓國資源리사이클링學會 名譽會長

E.A.F. Dust Recycling in Taiwan and Korea

Jae Hyun Oh

*Dr., Professor Emeritus of Yonsei University, Honorary President of
The Korean Institute of Resources Recycling, Room 1106,
The Korea Science and Technology Center, 635-4,
Yeongsam-dong, Kangnam-ku, Seoul, 135-703, Korea*

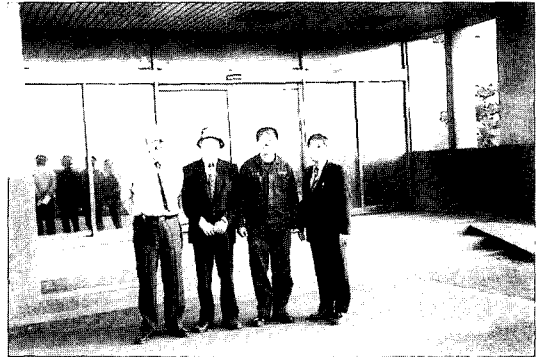
1. 臺灣鋼聯有限公司(Taiwan Steel Union Co., Ltd)

2001년 11월 28일, 國立成功大學 蔡敏行 교수의 안내로 日本 九州大學 外川健一교수와 같이 臺灣鋼聯有限公司(Taiwan Steel Union Co., Ltd)의 E.A.F. Dust Recycling Plant를 방문하였다. 본 Plant는 彰化縣彰濱工業區에 위치하며, 伸港과 鹿港의 중간지점인 線西의 서해안 매립지에 자리잡고 있다. 이 회사는 1995년 5월에 설립하여, 오랜 준비기간을 거쳐, 독일의 Lurgi Metallurgical GmbH로부터 Waelz Rotary Kilm Process를 도입하였다. 공장면적 45,404 m², capacity 50,000톤/년, 주설비비 450,000천원, 전체(토지포함) 10억원의 건설비를 투입하였다. 그리하여 1999년 9월에 운전을 개시하였다.

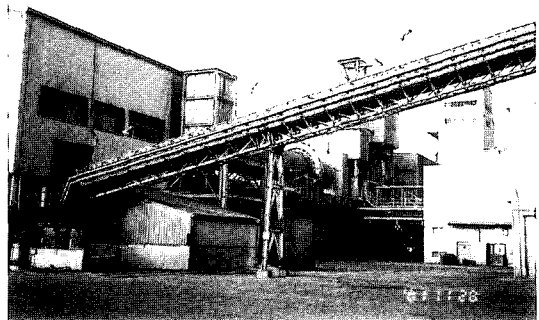
필자가 방문 시에는 42,000톤/년의 E. A. F. 더스트를 처리하고 있었으며, 조산화아연(ZnO) 년 14,000톤(320~350kg/더스트톤)을 생산하여, 日本 三井金屬鑛業·八戶製鍊所에 4,000원/톤(max. 7,000원)을 받고 팔고 있다. 그리고 슬래그 발생량은 더스트 처리톤당 65~70%로 슬래그 조성 중 유해성분은 Zn 0.8~1.2%이하, Pb 0.01%이하, Cd 없음 등으로 로반재 혹은 골재로 이용하고 있다.

제강업체에서 더스트 인수시 처리비로 운송비 250원/톤을 포함하여 5,000원/톤을 받고 있다. 그러니까 이 회사의

총수입은 대략 년 93억원(1원=35원)으로 간주되며, 만일 이 수입 전체가 처리에 소요된다면, 더스트 톤당처리비는 22만원에 해당된다. 실제 이 회사의 주주는 12개의



회사현관에서 왼쪽부터 蔡敏行교수, 필자, 翁明豊사장, 外川健一교수



공장전경

* 2002년 12월 5일 접수, 2002년 12월 21일 수리

* E-mail: kirr@kirr.or.kr



사장실에서 翁明豊사장(오른쪽)과 蔡敏行교수



현장을 안내하는 翁사장

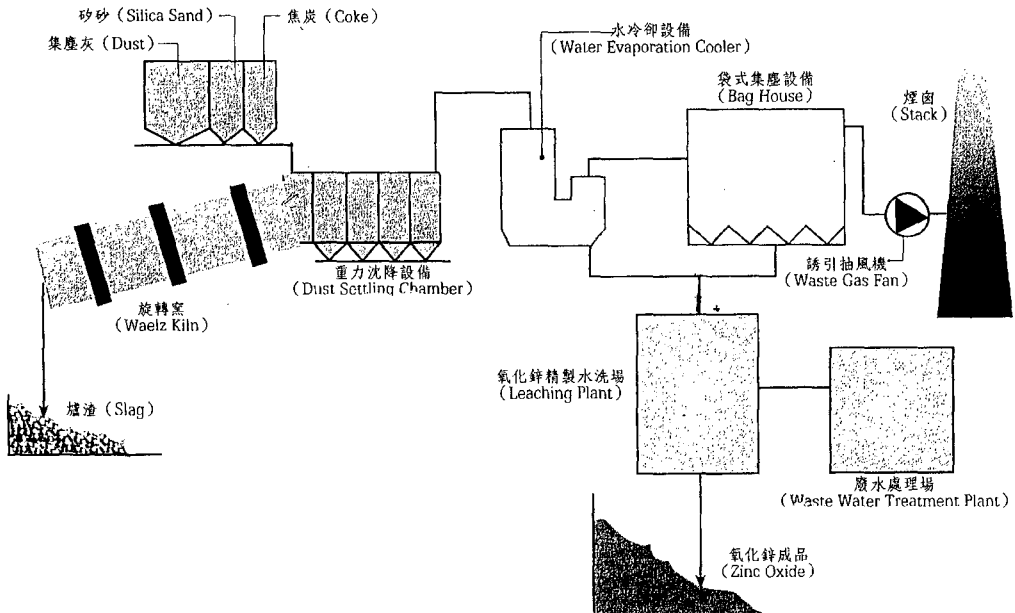
전기로 제강업체이기 때문에, 더스트 처리비 징수는 회사수지와 관련해서 연동제를 적용하고 있다.

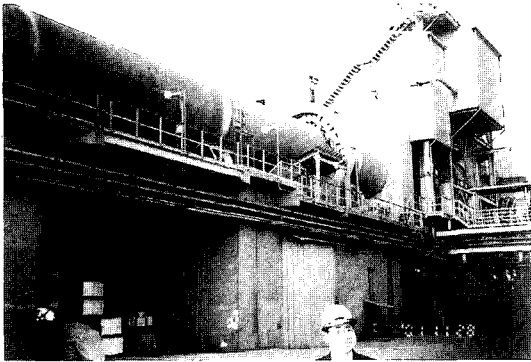
翁明豊사장과 위와 같은 얘기를 나눈 다음 필자는 더 자세한 것을 알고 싶어 조심조심 많은 질문을 던졌다. 그러나 회답을 얻은 것은 두 가지 뿐이었다. 하나는 조업의 애로점으로서, bag filter의 구멍이 막히는 것과, kiln내벽의 더스트 유착현상이다. 또 하나는 약 40,000톤으로 추산되는 잔여 더스트(臺灣의 더스트 발생량은 약 80,000톤/년)의 향방이다. 翁사장의 추측에 의하면, on site에서의 이용, 즉 전기로에 되돌려 주는 것과, 공

장 내에 어딘가 저장하고 있을 거라고 하였다.

翁사장은 대충 얘기를 끝내고는, 필자에게 이제 韓國 E.A.F. 더스트 처리에 관해서 얘기를 들을 차례이니 얘기해달라고 하였다. 1999년 1월말 필자는 “고로슬래그 미분말 제조사업 타당성조사”차 Singapore의 모 시멘트 회사를 방문한 일이 있다. 그 때 그 곳 사장으로부터 얘기를 듣기만 하고 별로 얘기를 해준 것이 없었다. 그랬더니 그 회사 사장이 자기는 아무 것도 얻은 것이 없다면서 화를 낸 일이 있었다. 그로부터 정보를 얻으려고 회사를 방문할 때에는 이 쪽 정보도 주고, 받고

主要設備及製程 (Main Equipment and Process)

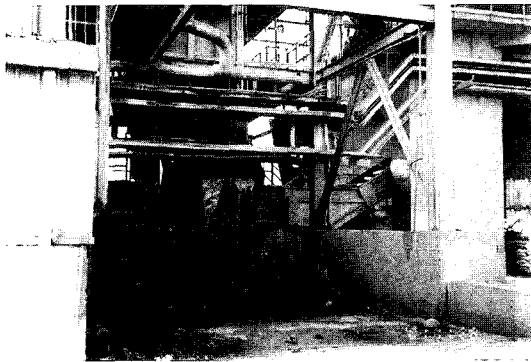




Rotary Kiln



E.A.F. 더스트 저장소



슬래그 배출구



제품 조산화아연

해야 한다는 것을 실감하였다. 두 시간 가량의 대화시간이 끝나고, 翁사장은 우리들을 현장으로 안내하고, 사진도 자유롭게 촬영하게 하였다.

이 Recycling Plant에 대해서 필자는 남다른 관심을 가지고 있다. 1997년 3월 3일~12일, 근 10일간 고인용 교수와 같이 臺灣의 전기로제강 더스트 처리에 관한 조사를 하였다. 그때 이미 이 회사는 설립되어 있었고, 그 당시의 기록은 다음과 같이 설명하고 있다.

현재까지 대만의 철강업체들은 발생하는 전기로 더스트를 모두 Pellet화 해서 근거리에서 있는 처리업체에 위탁처리해왔다. 이 경우에는 처리비용은 회사마다 조금씩 차이는 있으나 평균적으로 6,000元/ton-dust 이라고 한다.

현재 더스트 76,000톤/년이 발생하고 있으나 2년 후에는 10만톤을 초과할 것으로 예상하고 있다. 1996년 새로운 환경보전법이 발효하게 됨에 따라 더 이상 전기로 더스트의 안정화 매립처분은 불가능하게 되었고 발생량 전체를 회수하여 자원화하는 것이 의무화 되었다.

대만 철강업계에서는 수 년 전부터 이에 대응하기 위해서 1995년도에 12개 철강회사들이 공동 출자하여 전기로더스트 자원화처리 전문회사인 臺灣 鋼聯有限公司(社長: 豐興鐵鋼 總經理: 林明儒씨, 工場長: 東和 鐵鋼-李文勇씨)를 설립하였다.

Table 1에 이들 주주회사들의 자본참여 상황을 나타내었다. 이와 같이 설립된 대만강연은 약 3년여의 심사숙고한 준비기간을 거쳐 건설사를 선정하고 현재 공장 건설을 추진 중에 있다.

현재 건설중인 전기로 더스트 처리공장의 개요는 다음과 같다.

- 더스트 처리방식 : 로터리-킬른법(독일 루-루기사)
- 처리용량 : 50,000톤/년
- 공장위치 및 면적 : 彰化縣 서해 매립지
40,000 m³(현재) → 85,000 m³(장차)
- 건설비 : 주설비-4억5천萬元, 전체(토지포함) 10억
- 예상처리비 : 3,000元/톤-더스트
- 최종제품 : 조산화 아연(일본, 독일에 수출)
클링커-(시멘트원료, 路盤材)

Table 1. 臺灣鋼聯 관련회사 자금분배 비례표

회사명칭	주식비례		비 고
	비례 (%)	분배자금 (萬元)	
東和鋼鐵企業	20	6,000	
豐興鋼鐵	20	6,000	
桂宏企業	19	5,700	
威致鋼鐵企業	10	3,000	
龍慶鋼鐵企業	8	2,400	
協勝發 鋼鐵廠	6	1,800	
震臺鋼鐵企業	6	1,800	
海光企業	3.25	975	
聯誠鋼鐵	3	900	
金興鋼鐵	2	600	
悍華鋼鐵	1.75	525	
金永勝鋼鐵	1	300	
合計	100	30,000	

주) 자본등록액 5億元, 실제 거둔 자본 금액 3억원을 3천만원 株로 나누면 한 株당 10원

전기로 더스트 처리공장 건설에 따른 처리공정과 공장건설을 위한 국제 경쟁입찰에서 세계 각국의 우수한 공법들이 경쟁했으나 대만 철강업체들은 Waelz process 를 선택하였다. 처리공법을 선정하기 위하여 참여한 회사들은 오랜 시간 토론을 거쳤다는 後聞이다.

1997년 3월 東和鐵鋼에서 李文勇씨(臺灣鋼聯有限公司 工場長내정자)와 만나 공장입지 선정 및 앞으로의 계획 등 여러 가지 얘기를 듣고 또 의견을 나누었다. 그러나 그때만 하여도 불확실한 사안이 많았다. 그로부터 2년 6개월만에 공장이 건설되어 운전이 시작되었고, 오늘 현재 약간의 트러블이 있어도 착실한 조업을 하고 있다.

공장을 일순하고, 우리나라의 처지를 생각할 때 臺灣의 행정이, 업계의 대응이 부럽기만 하였다.

2. 우리 나라의 E.A.F.더스트의 리사이클링

2.1. 업계의 E.A.F. 더스트 처리의 발자취

다음글은 1991년 5월 8일자 매일경제 신문에 실린 기사이다.

- 鐵鋼분진 재활용, 처리 전담 法人 연내 설립
- 300억 투입, 아연추출
- 업계공동 고려아연참여 여부 협의

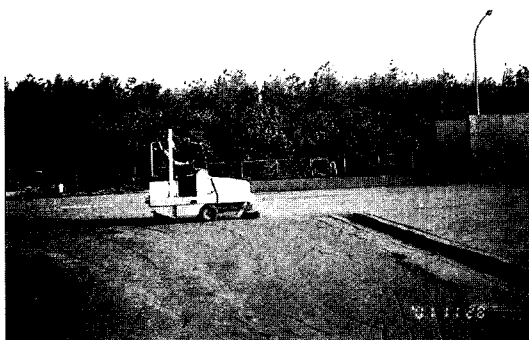
철강업계가 환경오염방지를 위해 鐵鋼과정에서 나오는 분진의 재활용사업을 추진키로 했다. 철강협회는 8일 철강환경위원회를 열고 날로 심각해지는 환경오염에 대해 업계 스스로 공해방지에 앞장서기로 했다. 이를 위해 업계는 東國製鋼 仁川製鐵 江原産業등 전기로 제강업체들을 주축으로 제강집진분진의 적정처리사업을 전개키로하고 산업폐기물인 분진에서 아연을 추출, 재활용키로했다. 현재 철강업계가 배출하는 분진은 연간 10만 톤 규모로 전량 환경관리공단에 의뢰해 고용화처리돼 매립하고 있다.

철강업계는 분진재활용을 위해 연내 분진처리전담법인을 설립키로 하고 제강업계 공동으로 추진하는 방안과 高麗亞鉛의 참여방안을 놓고 협의중이다. 이 사업에는 약 3백억원의 시설투자비가 소요되는데 도입설비로는 美國의 지이社, 濠洲의 시로스멜트社, 美國의 프라스미社제품중에서 선택할 것으로 알려졌다.

한편 철강업체들의 분진재활용사업에서 발생하는 아연을 구매할 방침을 세운 高麗亞鉛측은 연간 발생분진 10만 톤 중 2만 톤 정도는 亞鉛으로 추출이 가능할 것



원료(E.A.F.더스트) 운반차량



공장 내 청소차

으로 보고 이 사업에 적극 참여할 움직임을 보이고 있다. 철강업계관계자들은 현재 분진을 처리하는대는 환경관리공단에 톤당10만원의 처리비를 지불하고 있는 사실과 관련, 분진재활용사업시 톤당 활용비용은 이보다 낮춰야 할 것으로 보고 있다. 日本등 선진제국은 이미 제강과정에서 나오는 분진의 재활용사업을 적극 추진하고 있다.

한편 철강업계는 이날 회의를 통해 새로 입법된 환경보전법시행규칙 중 전기로 분진의 배출허용기준이 日本보다도 강화돼 최신 집진 시설로 대체하더라도 이를 준수하기 어렵다고 지적, 이의 완화를 관계당국에 건의키로 했다.

위와 같이 E.A.F. 더스트 리싸이클링에 매우 고무적인 기사에 접한 지 13년 가까운 세월이 흘렀다. 이 13년간에 우리 사회는 리싸이클링 사회, 순환형 사회 및 지속 가능한 사회 등으로 말을 바꾸어 가면서 환경을 걱정하고 환경에 대처해왔다.

그러나 실제 E.A.F.더스트 처리에 있어서, 리싸이클링에 있어서 이 13년간은 무엇이 었는가. 먼저 E.A.F.더스트 리싸이클링에 의욕적이었던 업계부터 살펴보자. 다음 Table 2는 1997년 고인용교수(전북대학교)가 한국철

강협회와 각 제강회사를 방문하여 작성한 우리 나라 회사별 1996년 기준 제강분진 발생량, 발생원단위, 재활용을 현황을 표시한 것이다. 이 표의 비교를 보면 재활용방법으로 위탁처리, 안정화매립, 아스콘채움재, 시멘트원료 등으로 되어있다. 놀랍게도 대부분의 회사가 아스콘채움재용으로 활용하고 있다. 필자의 조사에 의하면 1999년 전국의 분진 발생량은 297천톤으로 131천톤(40%)이 아스콘채움재로 활용하고 있으며 나머지 196톤이 매립되고 있었다.

다음은 “철강보”2000년 5월호에 게재된 「철강산업의 환경관리실태와 현안과제」에서 전기로 더스트와 관계된 부분만을 전재한 것이다.

『넷째, 전기로 먼지의 적정 처리기술 개발이 시급하다. 폐기물 문제에 있어서 연간 전기로분진 발생량 327천톤 중 아스콘채움재 24%, 공정재 사용 15% 등으로 재활용되고 있으나 60%가 매립 처리되고 있는 실정이다. 게다가 아스콘채움재, 공정재사용 모두 청정처리 방법이라 할 수 없으며 매립되고 있는 부분도 정부측에서의 지속적인 허용을 보장할 수 없다. 현재 국내에서 개발된 가장 안정된 처리기술로는 환경부에서 포항산업과 학연구원을 통해 95년부터 플라즈마법을 개발하였으며 상용화를 위한 준비단계에 있다. 그러나 동 기술에 대

Table 2. 회사별 제강분진 발생량, 발생원단위, 재활용을 현황 (1996년기준)

회사별	발생공장	분진발생량 (ton)	제품생산량 (ton)	분진발생원단위 (kg/ton)	재활용율 (%)	비고
포항제철	STS	19,200	732,500	26.2	100	위탁처리
mini mill	2,200	84,000	26.2	0		
인천제철	제강	53,300	3,543,500	15.0	82.9	안정화, 아스콘
동국제강	제강	38,600	2,318,200	16.7	45.6	아스콘
강원산업	제강	29,900	2,341,000	12.8	85.8	시멘트, 아스콘
한보철강	제강	30,600	2,902,000	10.5	49.5	시멘트, 아스콘
한국철강	제강	33,300	1,479,000	22.5	19.8	아스콘
삼미특수상	제강	7,200	435,000	16.6	3.8	아스콘
기아특수강	제강	8,000	331,000	24.2	16.6	아스콘
서울제강	제강	2,800	150,800	18.6	0	-
한국제강	제강	6,800	359,900	18.9	81.4	아스콘
대한제강	제강	8,200	450,700	18.2	0	-
한국중공업	제강	1,600	339,000	4.7	0	-
환영철강	제강	4,500	493,000	9.1	91.7	아스콘
합계		246,200	15,959,700	평균 15.43	-	-

한 전기로업계의 평가는 처리비용이 고가(톤당 20만원 내외)일 것으로 예상되어 관심이 적으나 경제적인 적정 처리기술을 전기로 업계가 제시하지 못할 경우에는 처리비용이 고가이더라도 플라즈마법을 수용하지 않으면 안 될 상황이다. 따라서 전기로 업계가 공동으로 동 기술개발에 적극 나서야 할 것이다.」

철강업계가 언제부터 제강분진을 아스콘채움재로 활용하고 있었는지는 확실치 않지만, 1995년 이전에는 틀림없다. 불과 3,4년만에 분진의 재활용사업은 아스콘 채움재라는 그 각도를 180도 달리하는 방향으로 변신하여 10년 가깝게 철강업계는 도로에 함중금속분진을 비산시키면서 달리고 있다.

2.2. 학계의 E.A.F.더스트리사이클링에 관한 학술활동

다음에는 (사)한국자원리사이클링학회(KIRR)를 주축한 E.A.F.더스트리사이클링에 관련된 학술활동을 살펴 보자.

(1). 1995년 4월 7일 산업과학기술연구원(RIST)강당에서 KIRR주최로 E.A.F.더스트 처리기술에 관한 세미나

를 개최하여 Table 3과 같은 특별강연과 학술발표 및 종합 토론이 있었다.

위 표에서 알 수 있는 바와 같이 다양한 더스트 리사이클링 연구와 기술이 발표되었고, E.A.F.더스트의 물성에서 더스트에 함유된 유해성분의 예시도 있었다. 그리고 종합 토론에 있어서는 더스트가 아스콘 채움재로 활용되는 비환경적인 처사임을 지적하기도 하였다.

(2). POSCO 지원으로 1996~1997년 「日本 및 臺灣의 전기로 제강더스트 처리현황 조사」를 실시하여 이 조사 결과를 바탕으로

① 필자는 한국철강협회 철강환경위원회 주최, “97 상반기 철강업 환경교류회”에서 「外國의 전기로 분진 처리기술」 강연(장소 POSCO)에서 더스트의 아스콘 채움재 활용의 부당성을 호소하였음

② 고인용교수는 1998년 출판된 “日本の 리사이클링 산업”(문지사)에서 日本의 제강 더스트리사이클링산업을 자세하게 소개하고, 우리 나라의 향후 더스트 리사이클링 추진 방향을 제시하기도 하였다.

(3). 2002년 5월 23일 한국자원리사이클링 춘계학회

Table 3. E.A.F.더스트처리기술에 관한 세미나 (1995년 4월 7일)

- 特別講演 -	
E.A.F. dust 의 物性에 關하여	臺灣 國立成功大學 蔡 敏 行 教授
프라스마를 利用한 E.A.F.dust 의 處理技術	RIST 辛 亨 基 博士
E.A.F. dust 를 D.C ARC 電氣爐를 利用한 處理技術	順天大學校 潘 奉 贊 教授
Rotary kiln 法의 特徵과 粗酸化 亞鉛의 處理技術	東亞大學交 黃 龍 吉 教授
Romelt 法에 依한 E.A.F.dust 의 處理技術	三星重工業 (株) 技術研究所 朴 賢 緒 博士
E.A.F.dust 의 前處理技術	仁川大學校 尹 起 柄 教授
綜合討論	

Table 4. 전기로 분진 재활용 특별 심포지엄 (2002년 5월 23일)

전기로분진 처리 정책 및 방향	이희선 (환경정책평가연구원), 이제천 (한국지질자원연구원)
전기로 더스트 재활용에 대한 최근의 연구동향	고인용 (전북대학교)
전기로분진의 관리방향	오길중 (국립환경연구원)
전기로 제강분진 중의 아연 회수기술과 염화물 거동	최영윤, 김병규, 유연태 (한국지질자원연구원)
염산을 사용한 전기로 제강분진 처리기술	백동수 (상원 E&C)
고온환원 및 전해법을 조합한 전기로 제강분진 처리기술에 관한 연구	윤기병 (인천대학교)
RAPID SYSTEM 에 의한 전기로 분진 처리기술	문석민, 정성실, 신형기 ((주) 자원리사이클링연구소)
제강분진을 이용한 건자재 제조기술	이기강 (경기대학교)
종합토론	

중 전남대학교 국제회의동 제1세미나실에서 제강분진 재활용 방안 및 활성화를 주제로 전기로 분진 재활용 특별심포지움이 개최되었다. 본 특별 심포지움에서는 Table 4와 같이 제강분진의 발생, 수거, 처리 현황 파악 및 전망, 문제점, 대책 수립, 제강 분진 재활용산업 활성화 및 경쟁력 강화방안 수립, 국내의 관련 기술동향 및 연구개발 현황 파악, 적용 가능성 점검 등 광범위한 내용이 발표되었다. 종합토론에 있어서는 7년 전의 세미나보다 훨씬 성숙한 토론과 리사이클링에 대한 의욕을 엿볼 수 있었다.

2.3. 환경에의 우려와 우리의 대응

필자는 오랜 연구실 생활에서 어떤 물질이든, 어떤 결정이든 물에 오래 담가두면 반드시 녹는다는 확신을 가지고 있다. 단단한 석영(SiO_2)도 미분말로 만들어 수용액 중에 오래 담가두면 규소성분이 용출하는 것을 확인한 일도 있다. 인체에 독성성분인 Pb(1.0~4.0%), Cr(0.2~0.4%), Cd(수백에서 수천 ppm)등이 함유되어 있는 이 제강분진을 어떠한 가공을 했다한 들 안전할 리 없다. 도로가 마모되어 이 더스트가 미분말로 비산되어 지중에 스며들 때 산성우, 지중에서의 여러 가지 반응들을 추상할 때 지하수를 오염시킨다는 것은 자명한 일이다. 10년, 20년 앞을 내다 볼 때 실로 끔찍한

일이다. 산업 지정 폐기물을 이런 식으로 활용해서는 안 된다는 것은 아주 기초적인 상식이고 세계 어느 나라도 이런 예를 본 일이 없다.

아스콤 채움재로 활용하는 것이 아연을 추출하는 활용보다는 그리고 매립비보다는 저비용으로 처리할 수 있다는 이유만으로 또 이런 식의 처리 프로세스를 규격화 하는 KS제정, 이것은 환경 불감증에 빠진 행정과 철강업계의 합작품으로 볼 수 있다. 이러한 E.A.F. 더스트 처리 시스템이 운영되고 있는 한 아스콤채움재에 대한 제동은 거리지 않는다. 매년 그 활용이 신장 될 지 모른다.

최근 日本의 미쓰이(三井)금속 광업주식회사와 아미다주식회사가 MF프로세스에 의한 E.A.F.더스트 리사이클링을 적극 추진 중에 있다. 처리비용은 년 10만 톤 처리 시 8만원/톤 이하를 책정하고 있는 것 같다. 이 처리비용은 우리가 추산한 처리비용보다 밀들고 있다.

20세기는 환경의 세기라고 한다. 우리가 또 우리 자손들이 마실 지하수를 더 이상 오염시키는 일을 범해서는 안된다. 철강업계는 1991년 5월 8일자의 매일경제신문 기사를 다시 한번 음미하고 진정한 제강분진의 활용에 대한 의지를 보여주어야 한다. 그리고 대만을 공부하고 대만을 본받아야 한다.