

臺灣의 都市鑛山 再資源化産業[†]

[†]吳在賢 · 金俊秀* · 文碩敏** · 閔芝源***

延世大學校 名譽教授, *韓國地質資源研究院, **ACN, ***韓國資源리사이클링學會

Recycling Industries of Urban mine Resources in Taiwan[†]

[†]Jae-Hyun Oh, Joon-Soo Kim*, Suk-Min Moon** and Ji-Won Min***

Professor Emeritus of Yonsei University,

**Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, **ACN,*

****The Korean Institute of Resources Recycling*

요 약

대만의 도시광산 재자원화산업을 파악, 검토하기 위하여 대만의 도시광산 재자원화산업의 배경과 역사, 자원회수기금관리위원회 제도를 논하고 구리를 위주로하는 비철금속의 재자원화산업, 자동차의 리사이클링 및 전기로제강분진(EAF Dust) 분야를 중점적으로 조사하였다. 대만은 국토면적과 인구에 비해서 구리를 위시하여 전반적인 금속소비량이 많다. 따라서 도시광산자원이 많고, 도시광산재자원화산업이 활발하다

주제어 : 금속소비량, 리사이클링제도, 구리리사이클링, 자동차리사이클링, 전기로제강 더스트 리사이클링

Abstract

In order to review the recycling status of urban mine resources in Taiwan, background and history of recycling industries, system of the recovery fund management committee(RFMC), copper recycling with non-ferrous metals, recycling of ELV(end of life vehicles) and recycling of EAF dust were surveyed.

Taiwan is a leading country of the world in the metal consumption per capita. Therefore, a lot of waste metals were generated. In other words, urban mine resources are abundant in Taiwan and have some advantages in recycling. There are more than thousand recycling plants in Taiwan. Half of them are non-ferrous metal recyclers.

Key words : Metal consumption, Recycling system, Copper recycling, ELV recycling, EAF dust recycling

1. 머리말

대만을 생각할 때면 국토면적, 인구 그리고 철강소비 및 구리소비 등에 관해서 한국, 일본과 비교(Table 1 참조)해 보게 된다. 아세아지역에서 1인당 국민소득이 1만불이 넘고, 자동차와 철강을 생산하는 등 선진적인 경제체제를 갖추고, 환경문제에 대해서도 유효적절한 정책을 수립하고 있는 나라는 이 세 나라밖에 없기 때문

이다. Table 1에서 보는바와 같이 국민 1인당 철강소비는 각국 다 약 1.0톤/년인데 비하여 구리소비에 있어서는 일본이 약 10 kg/인, 한국이 20 kg/인이나 대만은 약 35 kg/인을 차지하고 있다. 즉 1인당 구리소비에 있어서는 대만이 세계 최고인 것이다. 대만은 구리소비뿐 아니라 국토면적과 인구에 비해서 전반적인 금속 소비량이 많다. 따라서 도시광산자원이 많고 도시광산재자원화 산업이 활발하다.

한편 대만정부에서는 1998년부터 「자원회수 기금관리 위원회제도」를 도입하여 환경과 리사이클링산업을 육성하고 있다. 필자는 1992년 6월부터 약 1년간 대만

[†] 2011년 6월 10일 접수, 2011년 7월 11일 1차수정

2011년 7월 22일 수리

*E-mail: kim@kir.or.kr

Table 1. Overview on the consumption of steel and copper in Taiwan, Korea and Japan(2008)

	대만	한국	일본
국토면적(1,000 km ²)	36	99	378
인구(1,000명)	22,000	48,000	126,000
전체 철강소비량(천톤)	21,290	50,000	120,000
국민1인당 철강소비량(톤)	0.97	1.0	0.95
전체 구리소비량(천톤)	760	907	1,200
국민1인당 구리소비량(kg)	34.5	19.0	10.0

남쪽 Tainan(台南)에 소재한 국립성공대학(國立成功大學)의 객좌교수로 재직하면서, 灣裡비철금속자원재생전업구(台南 소재) 및 大發비철금속자원전업구(高雄 소재)에서 많은 금속리사이클링 산업체를 접할 수 있었다. 대만은 그 당시부터 석유탄화폐촉매의 리사이클링플랜트를 가지고 있었고, 1998년부터는 전기로 제강분진에서 조산화아연(ZnO)을 생산하는 플랜트가 가동하고 있었다. 이들은 그 당시 우리나라에는 없었던 도시광산 리사이클링 산업체이다.

이와 같은 관점에서 본고에서는 臺灣의 도시광산(廢五金) 리사이클링시스템과 비철금속의 리사이클링산업 그리고 우수한 리사이클링산업의 사례를 기술하고자 한다.

2. 도시광산 재자원화 산업의 역사¹⁾

2.1. 선박해체와 「폐오금(廢五金)」 재생산업

대만에서는 1960년대 이후 금속 등 자원부족의 만성화로 인해, 대량의 금속스크랩을 수입하여 재생산업이 발달하였다. 특히 대량의 철 스크랩류를 산출하는 선박해체업은 대만 남부의 일대 중요산업으로 발달하여 한때는 고웅(高雄)항이 세계 선박해체의 중심지가 되었다.

선박해체업은 철 스크랩을 대량 산출할 뿐 아니라, 해체에 수반하여 선박에 유래하는 여러 가지 공업제품 및 일상용품의 중고품과 폐품을 대량 발생시켰다. 고웅항에서 번영한 선박해체업의 주변에서는 이런 잡다한 재료를 재이용·해체 처리하는 업체가 다수 존재하였다. 철 스크랩 이외의 잡다한 금속스크랩 혼합물을 「廢五金」으로 호칭하였다. 「廢五金」으로부터 유용금속을 재생하는 업체는 선박에 유래하는 원료뿐 아니라 미국과 일본 등 선진국으로부터 폐가전제품 및 금속스크랩을 대량 수입해서 처리하게 되어 폐오금재생업은 급속히 성장하였다.

2.2. 폐오금(廢五金) 재생업의 성장과 환경오염 규제정책

廢五金으로부터 비철 유용금속을 재생하는 업체의 활동에 의한 수질, 대기, 토양의 오염 및 잔사 방치 등의 환경문제가 대두하게 되었다. 廢五金의 금속재생업자에 의한 오염이 사회문제로 대두한 것은 1983년 전후 廢五金의 수입이 급증하였기 때문이며, 주 수입원은 미국과 일본이었다. 그 당시, 업체가 집중해 있는 남부의 Kaohsiung현(高雄縣)과 Tainan현(台南縣)에서는 합계 3-4만명이 廢五金처리업에 종사하고 있었다. 1980년대 후반에는 연간 40-50만톤의 廢五金이 수입되고 있었다(Fig. 1 참조). 수입이 최고조에 달했을 때 대만 내에서 발생한 부분을 합친 전체 처리량을 연간 70만톤 이상으로 추정하고 있다. 구체적으로는 냉장고 등의 대형가전제품, 전선, 모터, 컴퓨터 등의 폐기물이었다. 그리고 廢五金 처리업자의 대부분은 영세기업으로 노동집약적인 수작업으로 분해·회수를 하고 있었다.

환경오염문제가 심각하게 된 1983년부터, 정부는 「廢五金」에 의한 오염문제 대책으로서 예전부터 다수의 업체가 집중하고 있던 남부의 특정 공업구 「대발(大發)비

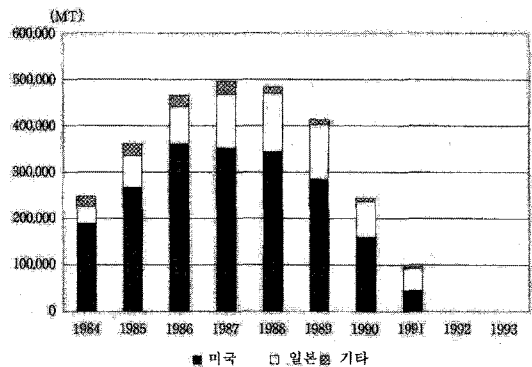


Fig. 1. Import of waste Non-ferrous metals in Taiwan.

철금속자원재생전업구 및 만리(灣裡)비철금속자원재생전업구」에 이전·집약시켜서 관리하는 정책을 시행하였다. 廢五金으로부터 금속회수를 합법적으로 할 수 있는 곳은 이 두 공업구 뿐이었다. 동시에 정부에서는 廢五金의 수입을 규제하고, 수입허가량을 단계적으로 삭감하였다. 1985년에는 大發전업구에서 200여 업체가 조업하고 전업직원·노동자가 약 1,800명 종사하였으며, 灣裡전업구에서는 188 업체가 조업하고 있었다. 1990년대 초까지만 하여도 약 400여 업체가 대만에서 활동하고 있었다.

한편, 廢五金의 수입은 1983년부터 처리과정에서 오염이 현저한 것부터 단계적으로 규제되어 1993년 1월까지는 거의 완전히 금지되었다. 이 조치에 의하여 활동이 제한된 대만의 廢五金 처리업자의 일부는 대만 외로 새로운 활동장소를 탐색하였다. 1990년대초 이미 중국대륙을 비롯한 동남아로 이전한 업체가 있었다. 특히 1993년 1월 廢五金의 수입이 금지된 이후 중국대륙으로의 이전이 진전되었다. 최종적으로 大發·灣裡재생공업구의 90%에 가까운 업체가 중국대륙으로 이전되었다.

대만에 있어서의 廢五金(도시광산) 재생업은 폐기물 및 중고품으로부터 다양한 산업발전을 초래한 의미에서 현재 리사이클링산업의 원천으로 생각할 수 있다. 그리고 대만에서 발달한 廢五金 재생업은 동남아시아지역의 각 국의 리사이클링산업과 국제자원순환의 기수역할을 하였다고 볼 수 있다.

2.3. 자원회수기금관리위원회²⁾

산업발전에 따라 산업폐기물뿐만 아니라 일반폐기물도 증대하였기 때문에 처리 곤란 물질, 유해물질, 회수 및 재이용가치 물품의 리사이클을 추진하기 위하여 1998년에 자원회수기금관리위원회제도가 도입되었다 (Fig. 2 참조).

이 제도에서는 리사이클을 추진하기 위한 비용을 생산자가 환경보호서(환경부) 내의 「기금관리위원회」에 납입하고, 회수 및 리사이클에 종사한 주체에게, 이 기금을 재원으로 하여 기금관리위원회(기관회)로부터 「보조금」이 지불된다. 생산자가 납입하는 금액은 리사이클에 필요한 금액(회수비용, 리사이클 플랜트에서의 리사이클비용) 및 재생자원의 가격을 고려해서 매년, 정부 관계자와 학술관계자, 소비자단체, 메이커 등으로 구성되는 요율심의위원회가 결정한다. 단, 보조금을 수령하는 리사이클업자는 심의위원회에 포함되지 않는다.

대상품목은 자동차, 타이어, 납배터리, 윤활유, 형광

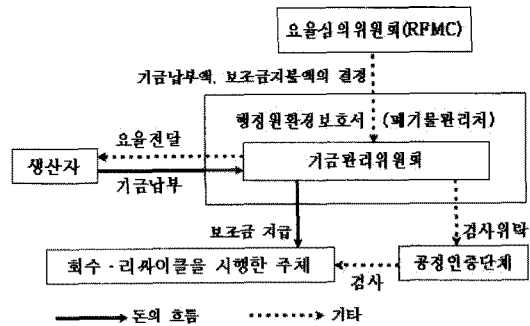


Fig. 2. System of the recovery fund management committee(RFMC).

등, 가전제품(TV, 냉장고, 에어컨) IT기기류이다. 기관회(基管會)의 특징은 생산자에게 부과된 책임은 기금의 납입뿐이고, 회수 및 리사이클의 책임은 없다는데 있다. 그리고 실제 회수 및 리사이클은 기금을 재원으로 보조금의 수령을 목적으로 한 회수업자 및 리사이클업자가 담당하고 있다.

3. 구리를 위주로 하는 비철금속의 재자원화 산업³⁾

전술한 바와 같이 대만은 국토 단위면적당 인구나 산업생산은 세계에서 상위에 속한다. 그러므로 많은 폐기물이 발생하며 연간 일반폐기물 4,300천톤, 산업폐기물 18,000천톤을 기록하고 있다.

한편, 대만은 천개 이상의 리사이클링 공장이 있고 그 중 50%는 비철금속 리사이클링업체가 차지하고 있다. 그 중 10개는 규모가 매우 크며, 3개는 주식시장에 상장되어 있다.

3.1. 구리의 리사이클링

일본, 한국과 마찬가지로 대만도 구리는 전량 수입에 의존하고 있다. Table 2는 대만의 년도별 구리소비량을 표시하고, Fig. 3은 년도별 구리 수입량과 소비량을 도시하였다.

Table 2에서 구리소비량이 800~900천톤/년이었으나 2008년 이래 700천톤대로 하락했음을 알 수 있다. 이것은 1인당 30~39kg/년간의 소비로 세계 1위의 기록이다. Fig. 3에서는 구리수입량이 구리소비량에 약 200천톤 부족함을 나타내고 있다. 이 부족분이 구리의 리사이클링에 의해서 충당하고 있음을 알 수 있다. 이 200천톤의 리사이클링 물량 중 약 50%(100천톤)는 구리합금(신동제

Table 2. copper consumption in Taiwan

(단위 : 톤)

년 도	전 선	구리합금	구리가공품	합 계
2001	517,371	79,625	196,355	793,351
2002	528,075	97,828	262,646	888,549
2003	459,288	128,071	308,528	895,887
2004	491,507	139,716	336,318	967,541
2005	452,777	124,650	329,311	906,738
2006	449,771	121,767	332,962	904,500
2007	423,353	122,892	306,517	852,762
2008	393,842	108,378	259,505	761,725
2009	377,134	99,083	235,655	711,872

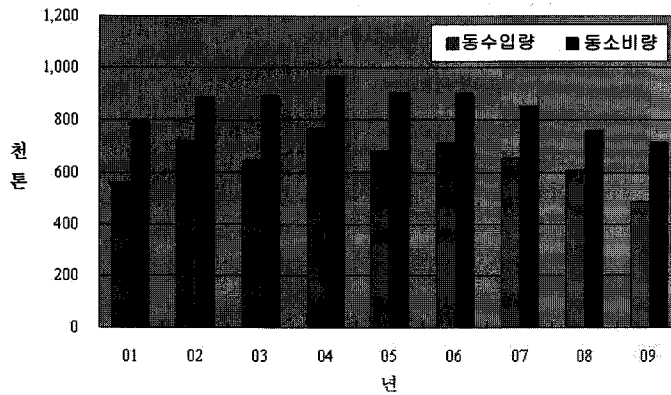


Fig. 3. Copper import and consumption in Taiwan.

품)의 용련제련에 의한 리사이클링이고, 그 반(100천톤)은 PCB 제조과정 폐기물의 리사이클링과 폐전선 및 폐가전·전자기기, 자동차 등의 리사이클링에서 담당하고 있다.

3.1.1. PCB 제조과정 폐기물의 리사이클링

대만의 PCB 제조산업은 30년 이상의 역사를 가지고 있으며 현재 500이 넘는 제조회사가 가동하고 있다. 그리고 이 PCB 제조회사가 배출하는 산업폐기물은 348,861톤(2008년도)에 이르고 있으며, 그 내역은 다음과 같다.

Sludge	127,758톤
Spent etching solution	119,367톤
Waste debris	26,904톤
Tin etching waste solution	13,291톤

이 네 가지 형태로 배출되는 산업폐기물의 합계는 287,320톤으로 전체 배출물량의 82.4%를 차지하고 있

다. Table 3은 이들 폐기물의 물성과 구리 회수물량 및 회수방법을 요약한 것이다. 아쉽게도 Tim에 관해서는 자료가 없다.

3.1.2. 폐전선의 리사이클링

대만에는 폐전선 리사이클링 플랜트가 10개 있으며, 처리량은 각 플랜트마다 2-5천톤이며 전체 처리용량은 40천톤이다. 대만의 발전회사와 전화회사에서 20천톤/년간 발생하고, 20천톤의 폐전선은 수입하고 있다.

3.1.3. 폐자동차 및 폐가전, 폐IT기기의 구리 리사이클링

Table 4는 폐자동차 및 폐가전, IT기기의 년도별 리사이클링량이고, Table 5는 그 리사이클링량에서 회수한 구리량을 표시한 것이다. 매년 폐자동차에서 6,000-9,000톤의 구리를 폐가전과 IT기기로부터 4,000톤의 구리가 회수되었다.

Table 3. PCB industry waste and copper recovery(2008)

폐기물	배출량 (천톤)	구리품위	추정 구리회수량	회수방법
Sludge	127.8	수분 : 75% Cu : 5-8%	7-10천톤	배소
Spent etching solution	119.4	Cu : 100-150g/L	12-18천톤	Cementation Solvent extraction
Waste debris	26.9	Cu : 10-65% 평균 35%	10천톤	분쇄-용해

Table 4. Recycling amount of due recyclable waste(general waste)

년도	폐자동차 (대)	폐이륜차 (대)	폐전기전자제품 (개)					폐 IT 기기 (개)				
			TV	세탁기	냉장고	에어콘	선풍기	노트북 PC	PC 본체	PC 모니터	프린터	키보드
2001	221,718	308,633	798,786	329,464	531,588	188,919	-	1,662	579,065	582,683	84,536	-
2002	198,024	344,570	515,844	261,098	333,307	189,986	-	2,866	686,985	805,235	206,251	-
2003	142,549	182,994	473,564	263,324	318,942	227,383	-	2,507	680,568	646,771	490,037	-
2004	155,026	260,741	410,175	282,751	327,460	264,957	-	10,460	823,000	536,173	560,421	-
2005	186,819	306,329	505,884	334,668	358,607	264,839	-	2,002	1,028,910	335,622	640,382	-
2006	221,137	356,577	545,621	272,385	360,052	287,351	-	4,712	1,112,364	259,841	760,609	-
2007	223,637	310,483	602,857	311,284	331,520	377,426	14,254	31,412	934,455	634,364	687,272	6,592
2008	205,644	309,163	484,454	293,731	318,943	360,046	16,860	38,255	988,087	691,416	690,237	371,952
2009	163,489	274,922	504,978	292,000	293,869	326,283	9,454	44,813	839,120	822,353	583,086	280,601

Table 5. The amounts of copper recycling from general waste

◎ 폐자동차로부터 회수 된 구리양 통계 (톤)

항목 \ 년	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
자동차	8,514.0	7,604.1	5,473.9	5,953.0	7,173.8	8,491.7	8,587.7	7,896.7	6,278.0
2륜차	493.8	551.3	292.8	417.2	490.1	570.5	496.8	494.7	439.9
합계	9,007.8	8,155.4	5,766.7	6,370.2	7,663.9	9,062.2	9,084.5	8,391.4	6,717.9

◎ 폐가전으로부터 회수 된 구리양 통계 (톤), [자료 : E & E 중량 × 구리함량]

항목 \ 년	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
TV	718.1	463.7	425.7	368.7	454.8	490.5	542.0	435.5	454.0
냉장고	948.4	594.6	569.0	584.2	639.8	642.3	591.4	569.0	524.3
세탁기	77.4	61.4	61.9	66.4	78.6	64.0	73.2	69.0	68.6
에어콘	965.4	970.8	1,161.9	1,353.9	1,353.3	1,468.4	1,928.6	1,839.8	1,667.3
PC 본체	514.8	610.7	605.0	731.6	914.7	988.9	830.7	878.4	746.0
PC 모니터	623.5	861.6	692.0	573.7	359.1	278.0	678.8	739.8	879.9
프린터	8.5	20.6	49.0	56.0	64.0	76.1	68.7	69.0	58.3
합계	3,856.1	3,583.4	3,564.5	3,734.5	3,864.3	4,008.2	4,713.4	4,600.5	4,398.4

Table 6. Consumption and recycling of the non-ferrous metals in Taiwan

	소비량	추정 리사이클링량	비고
Sn	22,000 톤	3,000 톤	recycling plant : 5
Al	600,000~700,000톤	260,000 톤	smelting plant : 20
Pb	100,000~150,000톤	40,000 톤	recycling-smelting plant : 6
Zn	260,000톤	EAF Dust ZnO ¹⁾ 60,000톤	EAF Dust recycling plant : 5, capacity : 300,000
V, Mo	페달황축매 11,000톤(HDS/RDS)	Table 7 ²⁾	recycling plant : 3 현재 20천톤 처리, 10천톤 수입

1) 본보 5절에서 상술함.

2) Table 7 참조

Table 7. The composition and recycling volume of waste HDS/RDS

Composition	V ₂ O ₅	MoO ₃	NiO	CoO	Al ₂ O ₃ , C, S
Weightt(%)	11.9	8.3	1.3	0.8	balance
Recycling amount(ton)	1,309	917	143	88	8,543

3.2. 기타 비철금속의 리사이클링

Table 6은 주요 비철금속의 소비량과 추정 리사이클링량을 표시하였다.

4. 자동차의 리사이클링⁴⁾

전술한 바와 같이 ELV(End of Life Vehicles) 리사이클링은 기관관리위원회(기관회) 제도에 의하여 운영되고 있다(Fig. 2참조). Fig. 4는 이 기관회 운영제도를 도입한 대만의 ELV 리사이클링시스템을 도시한 것이다. 즉 기관회(RFMC)에서는 회수·리사이클을 담당한 주체에게 보조금을 지불한다. 2010년 현재 4륜차의 경우 ELV 소유주(회수주체)에게 1,000NTD/vehicle(A"), 해체장에게 800NTD/vehicle(B"), 슈레딩공장에 3,800NTD/

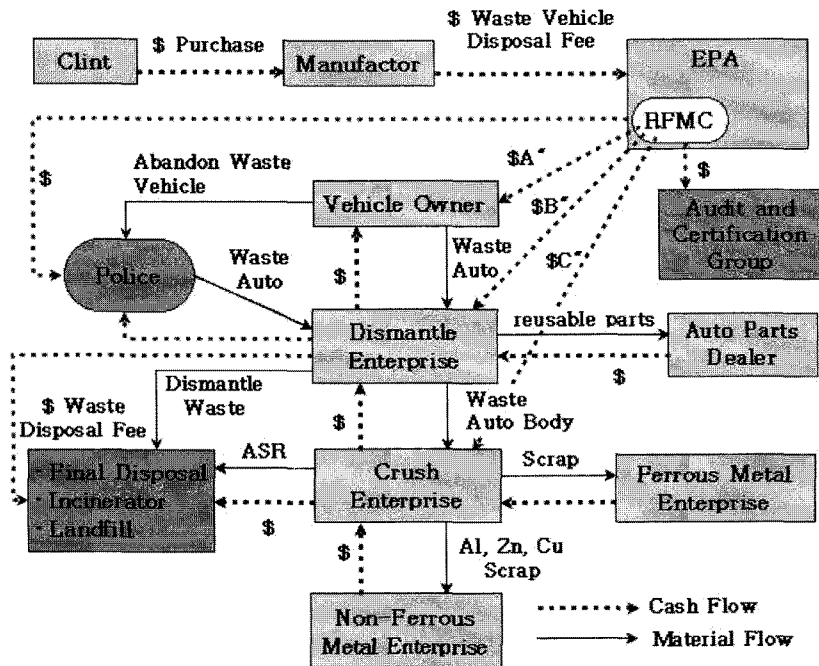


Fig. 4. The ELV Recycling System including subsidy in Taiwan.

Table 8. Historical automobile sales volume, estimated waste volume and auditing/certification recycling volume and rate

Year	Sales Volume	Estimated Waste Volume	A/C Recycling Volume ^{*a}	Recycling Rate ^{*b}
1998	456,577	320,612	52,031	16.2%
1999	329,404	400,200	102,257	25.6%
2000	425,552	185,334	137,668	74.3%
2001	393,359	261,041	221,718	85.0%
2002	404,202	212,837	198,024	93.0%
2003	411,747	201,153	142,549	70.9%
2004	479,502	224,110	155,026	69.2%
2005	517,328	238,972	186,819	78.2%
2006	365,544	282,917	221,137	78.2%
2007	331,281	313,169	223,637	71.4%
2008 ^(e)	226,488	254,968	201,045	88.8%

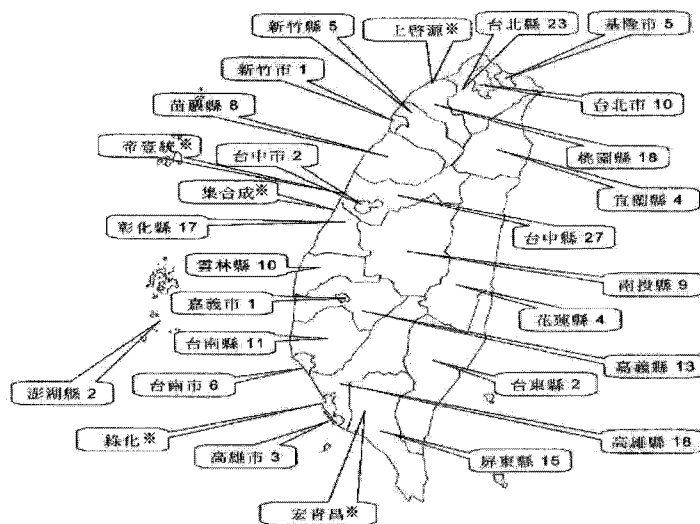
*a : A/C = Auditing and Certification

*b : Recycling Rate = A/C Recycling Volume / Estimated Waste Volume

ton of ASR(C")의 보조금을 지불하고 있다. 후자는 슈레딩공장에서 발생하는 ASR(슈레더 잔사)의 소각비 보조금으로 간주된다. 모든 금액은 제조자가 기금관리위원회(환경보호서 내에 납부한 것으로(3,800NTD/vehicle), 철저한 EPR제도를 실행하고 있다.

을 표시한 것이다. A/C Recycling Volume은 환경보호서가 인정한 폐차장에서 해체된 ELV 수, 즉 보조금을 수령한 ELV 대수이다. 현재, 보조금의 수령조건으로서 환경보호서가 지정한 일정기준의 리사이클링을 행하여 보조금을 수령하는 것 보다 그러한 기준의 시설(투자)을 하지 않고 리사이클링을 행하여再生资源과 부품을

Table 8은 대만의 년도별 ELV발생대수와 리사이클링



Dismantling Plants
 North Area : 112
 South Area : 102
 Shredding Plants : 5 *

Fig. 5. Distribution of waste vehicle dismantling and shredding plants.

을 판매하는 것이 금전적으로 유리한 것 같다. 따라서 보조금을 상대로 하지 않는 업자도 다수 존재하고 있는 것 같다. 그래서 추정 해체대수(Estimated waste volume)는 전자보다 많은 숫자를 보여주고 있다. 그러나 그 실태는 명확하지 않다. 이 표에서 리사이클링률을 “A/C Recycling volume/Estimated waste volume”로 산출하였으나 적절한 방법보다는 대만식 방법인 것 같다.

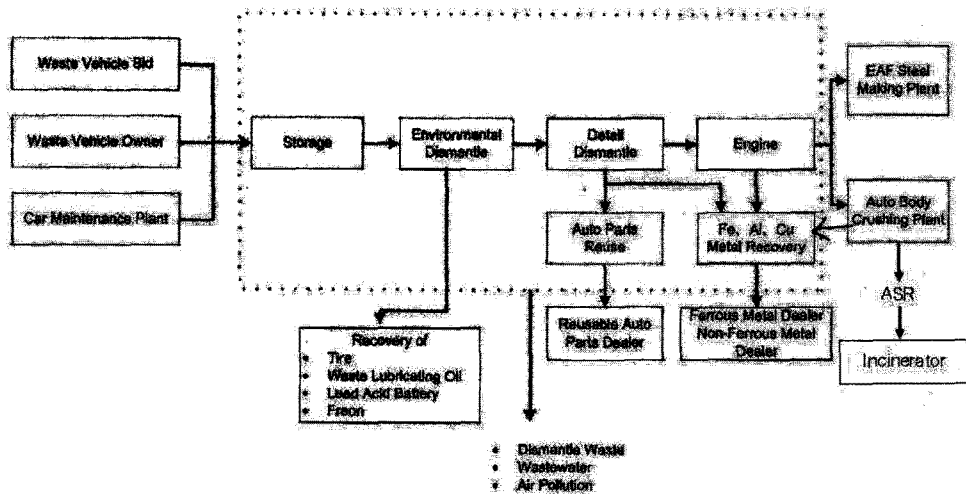
Fig. 5는 대만에서의 ELV 해체장 및 슈레딩 플랜트의 수와 소재지를 도시한 것이다. 해체장이 대만 북부에 112, 남부에 102, 합계 212개, 그리고 슈레딩 플랜트가 대만 전체에 5개 소재하고 있다. 해체장도 슈레딩 플랜트도 우리나라의 약 반수가 존재하여 매우 흥미롭다.

Fig. 6은 ELV의 리사이클링 및 처리시스템을 도시한 것이다. 이 시스템에서 등록인증 해체업자가 보조금을 받기 위해서는 적정처리를 감사하는 공정검사 인증단체

에 의한 검사를 받을 필요가 있으며, 구체적으로는 해체된 엔진의 번호가 실증되어야 한다. 이 엔진은 반드시 파쇄·스크랩되어야 하고 그 재이용은 금지되고 있다. ASR은 반드시 소각되어야하고 매립은 금지되어 있다.

5. EAF(전기로 제강) 더스트의 리사이클링⁵⁾

Table 9에 대만의 조강생산량을 표시하였다. 용광로·전로에서 10,090천톤, 전기로제강(탄소강) 9,760천톤 그리고 스테인리스제강에서 1,410천톤, 합계 21,260천톤을 생산하고 있으며, 국민 1인당 약 1.0톤을 소비하고 있다. 전기로제강업체는 26업체로 대만 남부쪽에 편재하고 있다. 이 전기로 제강업체에서 발생하는 더스트는 160,000톤/년(16.4/ton of carbon steel)이고 500,000톤의 미처리 더스트가 공장내에 축적되어 있다. Table 10은 탄소강 EAF 더스트의 화학성분을, Table 11은 스테



Recovery Process for Waste Vehicle

Fig. 6. The ELVs recycling and processing system in Taiwan.

Table 9. Production of crude steel in Taiwan (Unit : million ton/year)

Fiscal year	Blast furnace and converter process(1)	Electric arc furnace process			Total (1)+(2)+(3)
		Carbon steel(2)	Stainless, Alloy steel(3)	Sum (2)+(3)	
2005	9.85	6.92	1.60	8.52	18.37
2006	10.68	7.53	1.81	9.34	20.02
2007	10.88	7.80	1.62	9.42	20.30
2008	10.09	9.76	1.41	11.2	21.29

Table 10. Composition of dust generated in EAF carbon steel mill

EAFD(%)					
FeO	Zn	Pb	Cu	CaO	MgO
20~46	17~38	1.9~5.0	0.18~0.38	4.7~9.9	4.7~9.9
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Na	K	Cl ⁻	
1.8~4.8	0.9~2.4	1.6	1.2	3~10	

인리스강 더스트의 화학성분을 표시하였다.

Table 12는 대만에서의 주요 EAF 더스트 리사이클링 업체의 개요를 표시한 것이며, 이 중에서 두 업체만 상술하고자 한다.

5.1. Taiwan Steel Union Co., Ltd.(TSU), 臺灣鋼聯股份有限公司

이 회사는 彰化縣 彰濱工業區에 위치하며 EAF 더스트로부터 조산화아연을 회수하는 대만 최초의 회사이다.

- 공장면적 : 45,404 m²
- 프로세스 : Waelz Rotary Kiln Process
- 주요설비 도입처 : Lurgi Metallurgie GmbH, 독일
- 자본금 : NT \$ 915,600,000
- 공사 설립 년도 : 1995년 5월 24일
- EAF 더스트 처리용량 : 70,000 톤/년
- 조산화아연(ZnO) 생산용량 : 25,830 톤/년
- 종업원 : 44명

1996년부터 건설을 시작하여, 1998년에 시운전 그리고 2003년에야 50,000톤 처리가 달성되었으며 2007년에는 본래 설계용량인 70,000 톤/년을 처리하게 되었다. Fig. 7에 Waelz Rotary Kiln의 전경을, Fig. 8에 EAF 더스트의 처리흐름을 도시하였다.

현재, TSU에서는 70,000톤/년의 EAF 더스트를 처리하여 Zn 품위 57~62%의 조산화아연(ZnO) 25,000톤/년을 생산하고 있다. Table 13에 대표적인 조산화아연

Table 11. Composition of dust generated in EAF stainless steel mill

EAFD(%)					
Fe(tot)	Zn	Cr	Pb	CaO	MgO
25~30	6.0~10.0	8.0~12.0	2.5~3.0	6.0~8.0	2.5~3.5
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Ni	K	Cl ⁻	
5.0~7.0	0.5~0.7	0.5~0.7	1.0~1.5	2.0~3.0	

Table 12. Recycling status of the EAF dust in Taiwan

Type	EAF dust recycling mill	Process	Furnace	Design capacity (ton/year)	Crude ZnO
Joint ventures	Taiwan Steel Union(TSU)	reduction	Waelz Kiln	70,000 (90,000)* ¹	Crude ZnO
Issued Recycling Permit	Yieh Uited Steel Corporation (stainless steel mill)	reduction pyrometallurgy	Rotary Hearth Furnace Submerged Arc Furnace	60,000* ²	Steel billet (Ni, Cr, Fe) Crude ZnO
	Katec Creative Resources Corporation	ESRF* ⁵	Reducing Furnace Submerged furnace	40,000* ^{3*4}	Pig iron Crude ZnO
	Dragon Steel Corporation	reduction pyrometallurgy	Multiple-Hearth Furnace Electric Arc Furnace	100,000* ⁴	Steel billet Crude ZnO
	China Steel Corporation	reduction	Rotary Hearth Furnace	120,000* ⁴	DRI Crude ZnO

*1 : The second furnace of TSU

*2 : EAF dust for stainless steel

*3 : The stage of trial run

*4 : The capacity include EAF dust and other solid waste(dust/sludge/sinter) in mill

*5 : ESRF be defined(Electric Smelting Reduction Furnace) technology

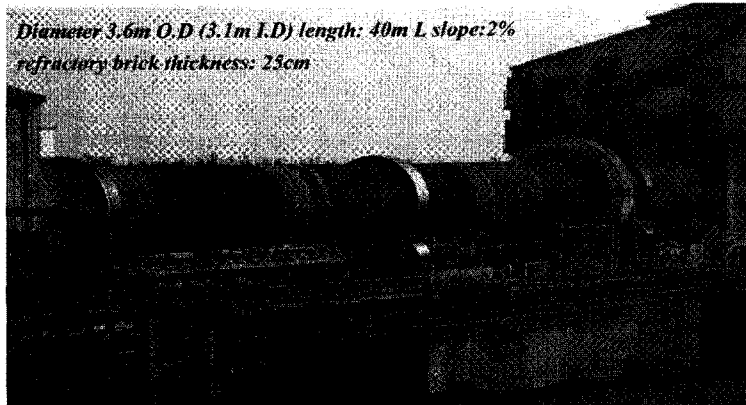


Fig. 7. View of the Waelz Rotary Kiln in TSU.

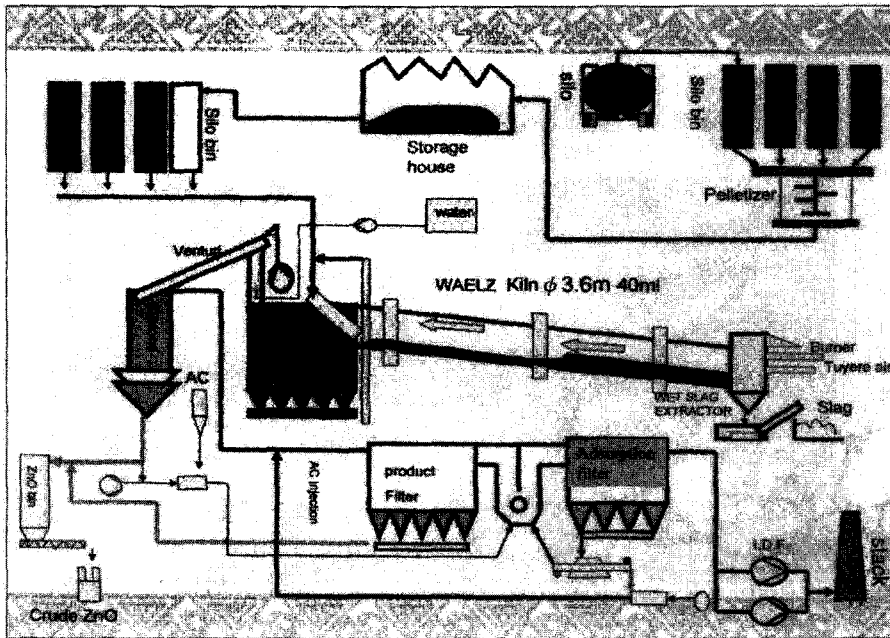


Fig. 8. Production flow of crude ZnO from EAF dust at TSU plant.

Table 13. Chemical compositions of crude ZnO and slag(TSU)

Crude ZnO (%)							
FeO	Zn	Pb	Cl	F			
1.9~3.2 (2.3)	56.8~61.8 (58.7)	4.4~6.8 (5.9)	5.4~8.7 (7.5)	0.29~0.33 (0.31)			
Slag (%)							
FeO	Zn	Pb	Cu	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃
21.4~49.5 (40.1)	0.6~5.1 (208)	0.01~0.38 (0.2)	0.19~0.29 (0.24)	5.5~8.4 (7.4)	0.8~1.75 (1.27)	28.4~48.3 (33.4)	2.9~4.9 (3.6)

및 슬래그의 화학성분을 표시하였다.

TSU에 있어서는 2009년도부터 90,000톤/년 처리용량의 2차 플랜트 건설공사를 서두르고 있어 불원간 160,000톤/년의 대규모 처리공장으로 변모할 전망이다.

5.2. Katec Creative Resources Corporation(KC RC), 嘉德創資源股份有限公司

EAF 더스트와 도금슬러지, 폐축전지, 폐탄화물, 폐플라ستيك 및 폐의료기기 등을 처리할 목적으로 2006년桃園縣 桃園環保科技園區에 KCRC가 설립되었다. 2008년에 공장이 준공되었으며, 2009년부터 시운전이 시작되었다. 필자가 방문시(2010. 12. 20) 상품이 생산되었으나 시운전을 벗어나지 못했다.

이 프로세스는 EAF 더스트 및 산업폐기물을 처리하여 고농도의 조산화아연과 철분을 회수하고, 산업폐기물을 무해화하려는 일석삼조의 신기술이다. Fig. 9)에 KCRC 프로세스의 공정흐름을 도시하였다. 더스트를 브리켓트상으로 만들어 환원제인 코크스 및 폐플라ستيك과 같이 용해로(ESRF, Electric Smelting Reduction Furnace)에 공급하여 전기에너지로 용융환원한다. 배가스 중에는 고농도의 산화아연과 염소가 함유되어 안전운전을 저해하지만, 1,300°C의 고온으로 완전 용해함으로써

문제를 해소하였다.

이 프로세스의 핵심은 전기용융환원로(ESRF)에 있다. 그 기본 원리를 Fig. 10에 도시하였다. KCRC의 처리설계용량은 EAF 더스트 40,000톤/년, 의료폐기물 5,000톤/년이고, 고품위 ZnO(Zn : 약 65%) 15,500톤/년, 선철 12,500톤/년이 생산되도록 되어있다. Table 14에 KCRC의 조산화아연, 선철 및 슬래그의 화학조성을 표시하였다.

6. 맺는말

1981년 Ginguashi(金瓜石) 구리광산(년간 Cu 50,000톤 생산)이 폐쇄됨으로서 대만에서도 비철금속(五金)은 전량 수입에 의존해야만 했다. 한편 1960년대 이후 대량의 금속스크랩을 수입하여 재생산업(리사이클링산업)이 발달하였다.

환경규제 강화로 리사이클링 공장이 중국대륙 및 동남아로 이전하여 리사이클링산업이 사양길에 들어 大發 및 灣裡의 금속재생공업단지가 공동화되는 현상조차 볼 수 있었다. 이러한 가운데 리사이클링 기술이 발달하고 투자도 늘어나 리사이클링산업이 다시 활발하게 소생되었다. 주석은 전해와 진공정제에 의해서 3N의 고 순도

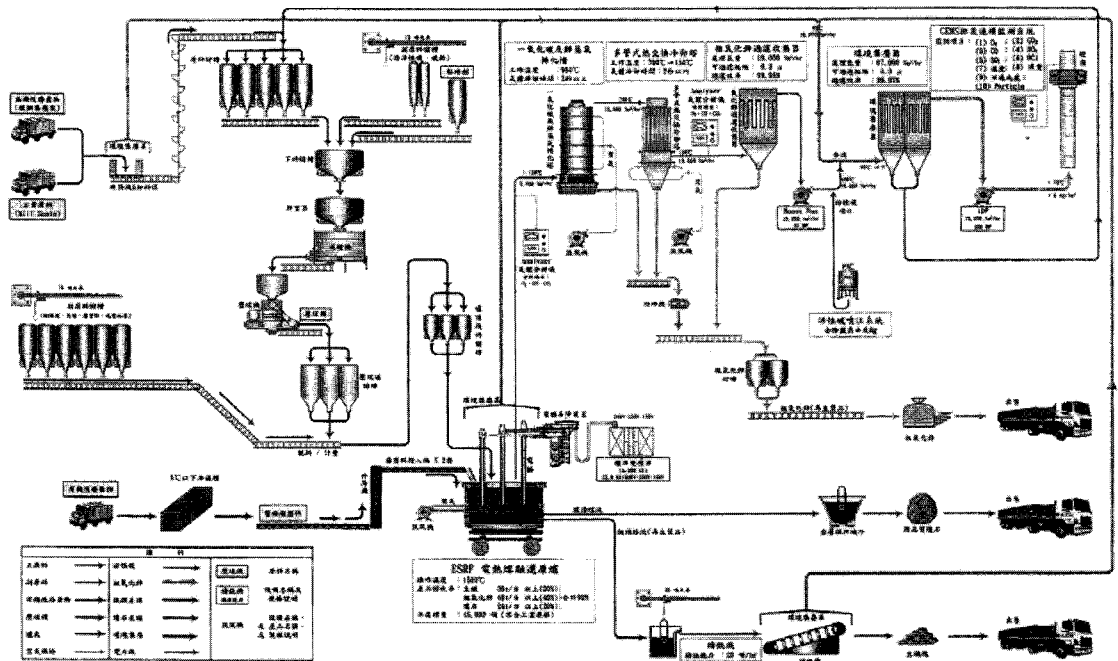


Fig. 9. Processing flow of the KCRC.

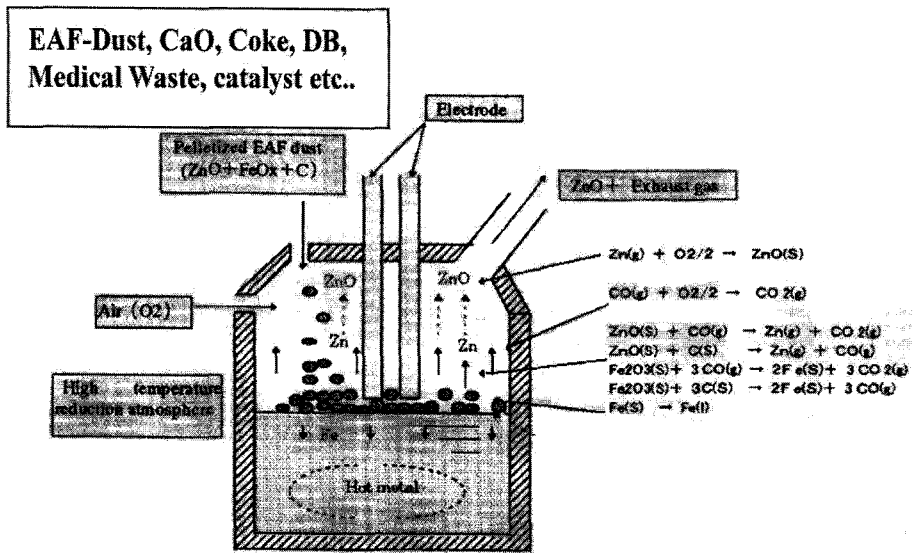


Fig. 10. Basic concept of ESRF.

Table 14. Chemical compositions of crude ZnO, pig iron and slag(KCRC)

Crude ZnO(%)									
Zn	Pb	Cd	Fe	Cu	Si	Ca	Cl	Na	K
63.30 (50.2~ 73.7)	4.21 (0.35~7.22)	0.06 (0.01~0.18)	3.49	0.13	1.12	5.18	6.51	2.46	2.35
Pig iron(%)									
C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr		
3.29	0.47	1.02	0.036	0.027	0.47	0.05	1.26		
Slag(%)									
CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	Zn	Pb	Cu	Cr	
28.61	9.16	20.86	9.02	2.86	0.48	0.04	0.03	0.54	

제품을 생산하고 있으며 귀금속의 리사이클링 플랜트도 건설되었다. 그러나 구리와 아연 등은 고순도로 대량생산하는 기술과 시설이 미비하여 중간제품 상태로 수출하고 있어 아쉽기만 하다.

한편, 대만은 도시광산 자원화산업에 있어서 몇 가지 특징을 지니고 있다. 국민 1인당 주요 비철금속 소비량이 월등히 많다. 따라서 재자원화산업도 활발하다. 그리고, 1982년에 준공한 福詒化學工業有限公司의 석유탈황 폐촉매로부터 V₂O₅ 및 MoO₃ 등의 회수공장은 EAF 더스트 리사이클링산업과 더불어 우리나라보다 훨씬 앞선 재자원화산업이라고 할 수 있다.

감사의 글

본 연구는 국가청정생산지원센터의 에너지정보화 및 정책지원사업의 일환으로 수행되었으며, 본 연구를 지원해주신 국가청정생산지원센터에 감사드립니다.

참고문헌

1. 小島道一 編, 2008 : 아시아におけるリサイクル, 第2章 臺灣の金屬廢棄物再生産業, 寺尾忠能, pp. 81~106, 아시아經濟研究所
2. 村上理映, 2007 : 韓國と臺灣の家電リサイクルシステム,

環境と公害, 36(4), p. 50.岩波書店

3. Min-Shin Tsai, 2010 : Recycling Status of Non-ferrous metals in Taiwan-focus on Copper and Tin, 2010년도 춘계임시총회 및 제34회 학술발표대회 자료집, pp. 30~51, (사)한국자원리사이클링학회
4. Chung-Liu Wa, Shih-Han Huang, Chi-Pwu Cheng, 2008 : Implementation and Future planning of ELV Recycling system in Taiwan, 2008년도 친환경 자동차부품관리 및

리사이클링기술 국제심포지엄 자료집, p. 19~33, (사)한국 자원리사이클링학회

5. Wei-Sheng Chen, Wei-Shan Chou, Min-Shing Tsai. 2011 : Status of EAF Dust Management in Taiwan, J. of KIRR, pp. 3~13, (사)한국자원리사이클링학회
6. ibid 5), p. 11
7. KCRC의 내부자료

吳 在 賢

- 현재 연세대학교 명예교수
- 현재 한국자원리사이클링학회 명예회장
- 당 학회지 제10권 5호 참조

金 俊 秀

- 현재 한국지질자원연구원 광물자원연구본부 책임연구원
- 당 학회지 제11권 2호 참조

文 碩 敏

- 현재 ACN 기술이사

閔 芝 源

- 현재 한국자원리사이클링학회 실장
-