

비철금속 리사이클링 동향

†吳在賢 · 金美星* · 申熙德**

延世大學校 名譽教授, *에너지 관리공단, **한국과학기술정보연구원

Recycling of Non-Ferrous Metals

†Jae-Hyun Oh, Mi-Sung Kim* and Hee-Duck Shin**

Professor Emeritus of Yonsei University, *Korea Energy Management Corp.

**Korea Institute of Science and Tech. Information

Abstract

Prior to discuss on recycling status and future prospects for the non-ferrous metals in the Korea, Japan and U.S.A. respectively, worldwide resources of non-ferrous metals and characteristics with recycling of non-ferrous metals are reviewed. In case of recovery non-ferrous metals, recycling of automobile shredder dust and E.A.F. dust are illustrated. Finally, the problems and technological developments associated with recycling of non-ferrous metals are summarized.

Key words : Resources, Characteristics, Recycling, Dust, Developments

1. 서 론

비철금속은 전자, 자동차 정보화산업 등이 발전함에 따라 그 수요량이 크게 증대되고 있으나, 자원고갈의 심화, 환경규제로 인한 자원개발의 위축, 세계적인 메이저들의 과점화 등 여러 장애요소로 인하여 보다 공급이 불안정화 될 여러 가지 요소가 잠재되어 있다. 그러므로 보다 안정적인 자원확보를 견지하기 위하여, 자원을 효율적으로 이용함과 동시에 리사이클링에 의한 순환형사회로 전환해 나갈 필요가 있다. 한편 비철제련업계는, 동, 연, 아연, 알루미늄, 귀금속 등의 비철금속소재를 제조하고 있으며, 비철금속소재의 원료는 광석이지만, 스크랩 및 폐기물로부터도 비철금속을 회수하고 있고, 그 수량도 점차 증가하고 있다.

본론에서는 비철금속의 베이스메탈 인 동, 연, 아연, 알루미늄 등에 대해서 리사이클링 동향을 소개하고자 한다.

2. 비철금속의 리사이클링 특성

2.1. 비철금속의 자원

1969년 U.N의 우·탄트 사무총장이 지구환경과 인류의 파멸에 관해서 경고연설을 하였다. 그것을 바탕으로, 어느 기관과도 이해관계가 없는 세계적인 조직 “로마클럽”이 탄생하여, 미국 MIT의 메도우스(Meadows D.H.)¹⁾ 박사 등에 의뢰하여 인류의 장래를 계산하게 하였다. 그 보고가 “로마클럽의 보고”이고, 그림 1의 「인류의 장래상-메도우스의 계산도」이다.

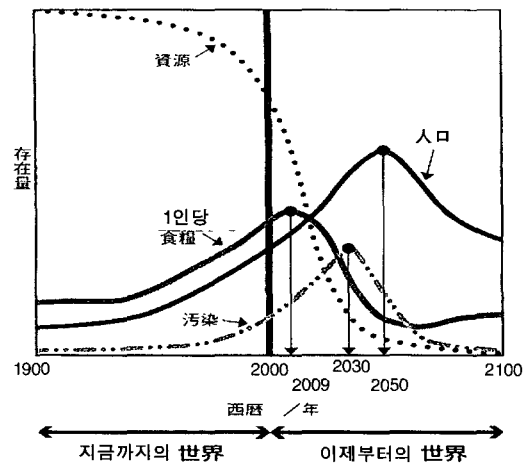


그림 1. 메도우스 박사의 미래예측

† 2003년 6월 13일 접수, 2003년 7월 3일 수리

† E-mail: kirr@kirr.or.kr

표 1. 주요 비철금속 매장량과 가채연수

금속자원	단위	확정매장광량 (R)	연간가채광량 (P)	가채연수 (R/P)	부존광량 (%)
연	천톤	125,000	5,772.4	22 년	1.5×10^{-3}
주석	천톤	4,280	183.5	23 년	4×10^{-3}
은	톤	435,779	14,412	30 년	1×10^{-5}
금	톤	48,210	1,538.0	31 년	5×10^{-7}
아연	천톤	295,000	7,254.6	41 년	4×10^{-3}
동	천톤	560,000	10,572.9	53 년	0.01
니켈	천톤	109,408	847.3	129 년	0.01
철광석	백만톤	213,000	918	232 년	5.00
보오크사이트	백만톤	23,200	99.6	233 년	7.56

표 2. 1940년대부터 1980년대의 주요비철금속 세계매장량의 추이 (단위 100만톤)

	1940년대	1950년대	1960년대	1970년대	1980년대
알루미늄	1,605	3,224	11,600	22,700	23,200
동	91	124	280	543	566
납	31~45	45~54	86	157	120
아연	54~70	77~86	106	240	295

메도우스 박사의 계산에 의하면 세계 인구는 증가하고, 지구상의 자원은 고갈하고, 지구의 오염은 진척됨을 알 수 있다. 그리고 결국은 식량부족, 환경악화에 의하여 사망률이 상승하여 인구가 감소하기 시작한다.

표 1은 역시 “로마클럽”에 의해서 발표된 주요 비철금속 매장량과 가채연수이다. 이 표에 의하면 대부분의 주요 비철금속은 멀지 않아 고갈되게끔 되어 있다. 표 2²⁾는 1940년대부터 1980년대의 주요 비철금속 매장량의 추이를 나타낸 것이다. 전반적으로 광량이 증가하는 추세이다. 표 1은 표 2와 같이 탐사에 의해서 매장량이 증가할 수 있다는 것을 고려하지 않았고, 또 하나는 화석연료와 달리 비철금속은 사용 후 축적되어 리사이클링 된다는 현실을 감안하지 않았다.

2.2. 비철금속 리사이클링 특성

그림 2는 20세기의 주요 금속 생산량의 추이³⁾를 도시한 것이다. 1940년대부터 생산량이 급증하고 있다. 한편 표 3과 같이 비철금속의 총수요량 중에 스크랩이 차지하는 비율⁴⁾도 만만치 않다.

그러나 지각 중의 금속분포는 그림 3⁵⁾과 같이 도시할 수 있고, Cu, Pb, Zn 등에 관해서는 그림 (b)와 같다. 즉 Fe, Ti, Al 등과 같이 지각 중에 다량으로

표 3. 비철금속의 총수요량 중에 스크랩이 차지하는 비율

금속	유럽	미국	일본
동	50%	60%	47%
아연	29	27	20
납	55	59	38
알루미늄	30	28	36

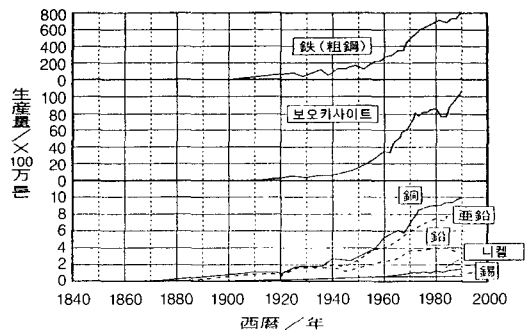


그림 2. 20세기의 주요 금속 생산량의 추이

존재하는 금속의 분포(a)는 품위를 낮추면 광량은 기하학적으로 증가한다. 그러나 (b)에서는 그렇지 않다. 궁극적으로 고품위 광량은 고갈 추이에 있고 저품위로 이

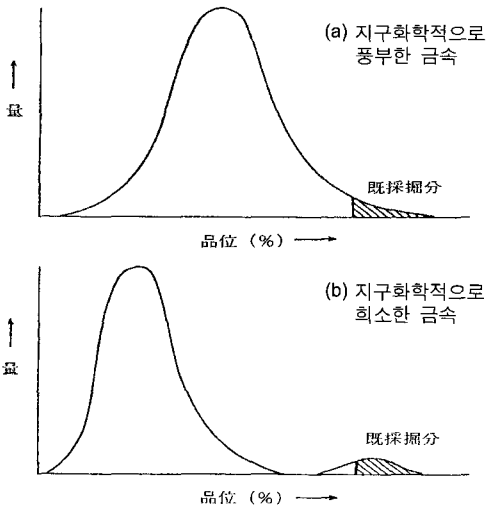


그림 3. 지각중의 금속의 분포

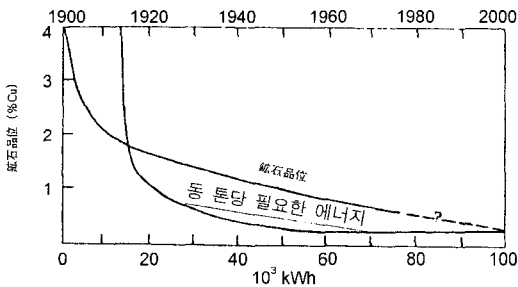


그림 4. 품위가 다른 광석으로부터 동 생산에 필요한 에너지량

행한다. 지각 중에 풍부한 금속이든, 희소한 금속이든 광석으로부터 금속을 추출하는데 필요한 에너지는 품위가 낮을수록 증가한다. 그 예를 그림 4⁶⁾에 도시하였다.

만일에 그림 3(b)의 분포곡선에 따라 광석품위가 저하한다면, 처리에 필요한 화석연료자원의 소비량은 가속적으로 증가하고, 연소배가스에 의한 환경부하는 물론 폐기되는 폐석 및 테일링(광미)의 량도 병행해서 증가함을 시사하고 있다. 이러한 까닭에 「성장의 한계」는 자원의 고갈보다는 오히려 대량생산, 대량소비 사회의 대기, 수질오염, 폐기물의 최종 처분에 의한 지구환경에의 부하 쪽이 더욱 우려 상황으로 되어 가는 것이 명백하다.

비철금속을 리사이클해야 할 이유는 자원의 고갈도 그 하나이지만, 그것 보다도 환경을 보전하기 위해서 더욱 절실하다. 대부분의 비철금속은 인체에 유해한 또는 독성 성분을 갖고 있다. 제강분진에도, 슈레더분진에도 그렇다. 만일에 이들 분진을 쉽게 매립하고 혹은 방치

한다면 지하수를 오염시킬 것이 분명하다.

1991년도의 세계 보오키사이트 생산량은 110,600천톤으로 그해 AI 생산량은 18,660천톤에 불과하다. 그 차량(差量) 91,940천톤은 적니(赤泥)로서 해양 투기되고 있다. 적니는 인체에 나쁜 영향을 미치는 것은 아니다. 그러나 투기한 해역이 오염되고 그 일대에 생식하는 해양생물의 성육환경을 열화시키는 것은 틀림없다. 가령 적니를 좋아하는 해양생물이 있다 하더라도 그것이 이상 발생했었다면 생태계에 영향을 미치게되는 것이다.

3. 우리나라 비철금속리사이클링 현황^{7, 8, 9, 10, 11)}

3.1. 주요 품목별 생산능력

2000년도 국내 주요 비철금속의 생산능력은 전기동 423천톤/년, 아연 460천톤/년, 연은 265천톤/년(전기연: 2000천톤, 재생연: 65천톤), 니켈 40천톤/년이며, 국내 자급율은 전기동 56.3%, 아연과 115.2%, 연과 73.0%, 니켈 30.7% 수준이다. 표 4에 주요 비철금속 지급 동향을 표시하였다. 그리고 표 5에 1차 비철금속산업 현황을 표시하였다.

3.2. 2003년 국내 비철금속 수요전망

한국비철금속협회에서 발표한 '비철금속산업의 위치와 2003년 경기전망'의 주요골자는 다음과 같다.

- ① 전기동-국내 전기동 생산은 LG-니꼬 동제련이 기존 47만 3,000톤의 생산능력을 2002년 5월말 51만톤 규모로 확장했으며, 이외 고려아연이 아연 제련 부산물로 2,500톤 정도를 생산하고 있다. 전기동 수요는 전선산업이 포화상태에 있고 광석유산업이 성숙단계에 진입하고 있는 상황이다. 동 가공은 전기·전자 및 반도체 등 수요산업의 호조로 지속적인 증가가 예상되고 있다. 전기동의 경우 국내 자급도가 60% 수준에 불과한 관계로 국내 수요업체와의 장기 계약공급이 주를 이루고 있으며 수출물량은 극히 일부에 한정되어 있는 상황이다.
- ② 연(鉛)-연의 생산은 정광 부족상태 지속에 따른 수급조절로 전기연 생산이 소폭 감소할 것으로 보인다. 국내 연 생산 감소량만큼의 물량이 내수시장이 아닌 수출시장에서 감소할 것으로 전망된다. 2002년 연의 연간

표 4. 국내 주요 비철금속 지급 수급동향

(단위: 천톤, %)

구분		'98		'99		2000(E)		생산능력 (2000)
			증감율		증감율		증감율	
전기동	내수	545	Δ8.7	764	40.2	823	7.7	LG-Nikko : 420 - 온 산 : 360 - 장 항 : 60 고려아연 : 3
	수출	291	Δ27.5	139	Δ52.2	20	Δ85.6	
	계	836	31.2	903	8.0	843	Δ6.6	
알루미늄	생산	373	40.2	448	20.1	463	3.3	계 : 423
	수입	463	24.8	455	Δ1.7	380	Δ16.4	
	계	836	31.2	903	8.0	843	Δ6.6	
아연	내수	514	Δ24.0	848	65.0	869	2.5	대한알루미늄 : 17.5 (91.1 이후 가동중단)
	수출	70	Δ26.3	32	Δ54.2	16	50.0	
	계	584	Δ24.3	880	50.7	885	0.6	
아연	생산	-	-	-	-	-	-	고려아연 : 350 영 풍 : 110
	수입	584	Δ24.3	880	50.7	885	0.6	
	계	584	Δ24.3	880	50.7	885	0.6	
연	내수	310	Δ11.2	389	25.5	408	4.9	고려아연 : 350 영 풍 : 110
	수출	167	83.5	163	Δ2.4	199	22.1	
	계	477	8.4	552	15.7	607	10.0	
연	생산	388	12.5	426	9.8	470	10.3	계 : 460
	수입	89	Δ6.3	126	41.6	137	8.7	
	계	477	8.4	552	15.7	607	10.0	
연	내수	245	Δ16.1	272	11.0	300	10.3	고려아연 : 200(전기연) 기 타 : 65(재생연)
	수출	45	80.0	Δ31	31.1	34	9.7	
	계	290	Δ8.5	303	4.5	334	10.2	
연	생산	191	7.3	190	0.5	219	15.3	계 : 265
	수입	99	Δ28.8	113	14.1	115	1.8	
	계	290	Δ8.5	303	4.5	334	10.2	
주석	내수	8.4	Δ27.6	12.3	46.4	15.1	22.8	LG 금속 : 1.2 고려아연 : 1.2 계 : 2.4 (93 가동중단)
	수출	3.7	516.7	0.3	Δ91.9	0.4	133.3	
	계	12.1	0.8	12.3	1.7	15.5	26.0	
주석	생산	-	-	-	-	-	-	계 : 265
	수입	12.1	Δ0.8	12.3	1.7	15.5	26.0	
	계	12.1	0.8	12.3	1.7	15.5	26.0	
니켈	내수	74.4	8.3	94.5	27.0	99.5	5.3	코리아니켈 : 40
	수출	-	-	-	-	-	-	
	계	74.4	6.9	94.5	27.0	99.5	5.3	
니켈	생산	20.1	10.4	23.2	15.4	30.5	31.5	코리아니켈 : 40
	수입	54.3	5.6	71.3	31.3	69.0	3.2	
	계	74.4	6.9	94.5	27.0	99.5	5.3	
계	내수	1,696.8	Δ14.9	2,379.8	40.3	2,514.6	5.7	
	수출	576.7	128.4	365.3	Δ36.7	269.4	Δ16.3	
	계	2,273.5	1.2	2,745.1	20.7	2,784.0	1.4	
계	생산	972.1	20.4	1,087.2	11.8	1,182.5	8.8	
	수입	1,301.4	Δ9.6	1,657.9	27.4	1,601.5	Δ3.4	
	계	2,273.5	1.2	2,745.1	20.7	2,784.0	1.4	

표 5. 1차 비철금속산업 현황(2000년도)

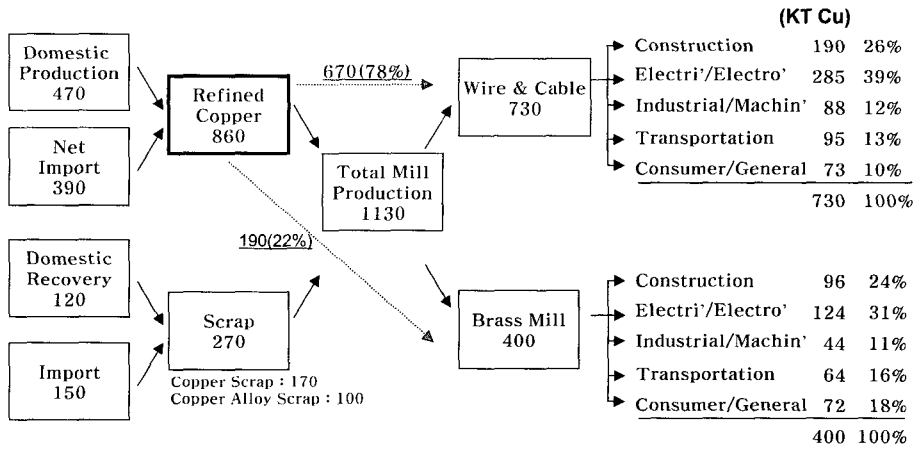
	업종	사업체수 (개)	종사자수 (명)	매출액 (10 억원)	생산액 (10 억원)	부가가치 (10 억원)
제련, 정련 및 합금	동	14	836	1,535	1,523	365
	알루미늄	100	1,568	757	761	147
	연, 아연	310	1,761	1,351	1,350	242
	기타	17	239	318	333	31
	소계	162	4,404	3,962	3,966	785

LME 평균가격은 2001년 수준을 유지하고 있으나 하반기부터 가격 하락세, 프리미엄 인상 등 판매조건 악화로 수지가 악화되고 있다. 하지만 중국의 연 공급부족으로 2003년 계약조건은 유리하게 전환될 것으로 예상된다.

- ③ 아연(Zinc)-아연생선은 2001년 10월 11만톤에서 20만톤으로 설비를 확장한 영풍의 영향으로 생산량이 지속적으로 증가하고 있다. 아연 국내 수요의 경우 도금강판용 수요는 지속적으로 증가할 것으로 보이는 반면 컬러도금강판용 등은 아연 원단위(함유율) 감소가 다소 우려되고 있다. 아연의 경우 국내 비철금속 중에 유일하게 생산량의 40% 이상을 수출하고 있다.
- ④ 알루미늄-알루미늄 껍은 전량 수입에 의존하고 있

다. 알루미늄 껍의 내수는 캔(can)재 생산증가 및 설비증설에 따른 알루미늄 압연 업체의 생산증가로 2003년 총 수요는 103만5,000톤으로 100만톤을 상회할 것으로 보인다.

- ⑤ 니켈-니켈 생산은 원료인 산화니켈 공급부족으로 2003년 생산량이 2,00톤 가량 감소한 2만 8,000톤 정도에 이를 것으로 예상된다. 반면 내수시장은 포스코 포항제철의 스테인리스 3공장 증설에 따라 1만톤 이상 수요가 증가한 7만 5,000톤 수준에 이를 것으로 보인다. 페로니켈의 생산능력 한계로 인해 니켈과 수입이 크게 증가할 것으로 전망된다.
- ⑥ 주석-주석의 경우 2002년 공급량이 1만 6,600톤 수준에서 2003년 1만 7,000톤 수준으로 소폭 증가할 것으로 보인다. 주석은 전량 수입에 의존하고 있다.



Source : 한국 비철 금속 협회, MERI-J

그림 5. 한국 동 시장 구조(2000년)

표 6. Copper Balance(2000-2002, LG-Nikko)

(단위 : Cu 千톤)

년도	CONC	SCRAP			BLISTER	수입 ANODE	전기동 3)
		국내 1)	수입 2)	소계			
2000	370	12	42	54	7	40	471
2001	386	6	20	26	14	44	470
2002	387	7	28	35	21	49	492

1) 국내 Scrap 평균 동품위: 93%(2000, 2001년), 90%(2002년)
 2) 수입 Scrap 평균 동품위: 95%
 3) 전기동물량 중 在工 및 在庫 미포함

그림 5는 한국 동 시장 구조(2000년)를 설명한 것이다. 전기동 수요의 8할은 전선업계에서 사용되며, 최종 수요산업측면에서 보면 전기·전자, 건설분야가 수요의 대부분을 차지하고 있다. 표 6은 LG-Nikko동제련의 Copper Balance를 표시하였다.

3.3. 우리 나라 비철금속의 리사이클링

비철제련업계에서의 리사이클은 스크랩 등을 원료로 해서 비철금속 신지금을 생산하는 리사이클과 폐기물부터 비철금속을 회수하는 리사이클이 있다. 여기서는 스크랩을 원료로하는 즉 종래형의 리사이클 상황을 검토하고자 한다.

① 동의 리사이클링

국내의 유통하는 동지금은, 전기동, 동스크랩, 동합금 스크랩의 세 종류로 분류할 수 있다. 전기동의 내수는, 전선제조, 신동품제조에 소비된다. 사용이 끝난 전선, 신동품은 회수되어 동스크랩, 동합금의 스크랩이 된다.(이 것들도 다시 가공되어 사용되고, 사용이 끝나면 다시 스크랩으로서 회수된다.) 동스크랩은 신동품 제조, 전선제조 등에 사용된다. 동합금스크랩은 신동품 제조, 전선제조 등에 사용된다. 동합금 스크랩은 신동품 제조, 동합금 및 주물, 동제련 원료로 사용된다.

이와 같은 물질 흐름에서 알다시피, 고순도일때는 주로 전선제조에 사용되며, 반복 사용하는 과정에서 순도가 저하하여, 신동품제조, 동합금, 주물, 동제련 원료에 카스케이트 리사이클되고 있음을 알 수 있다. 위에서 언급한 바와 같이 진정한 의미에서의 동리사이클을 산출은 어렵다. 거시적으로 생각한다면, 100% 가깝게 리사이클하고 있다고 볼 수 있다. 2차원료는 고동, 통계의 대상이 되지 않은 스크랩, 제련소 배출물(제련공장 내의 리사이클량)로 되어 있다. 여기서는 동제련소(LG-Nikko)의 내부자료를 기준으로 우리 나라 동리사이클링 추정치를 산출하면 다음과 같다

(가) 국내 발생 동스크랩량	120,000톤/년
(나) 수입 동스크랩량	150,000톤/년
(다) 전기동 생산량	423,000톤/년
(라) 전기동 수요	843,000톤/년
(마) (가)/(다)에 의한 리사이클링율	28.4%
(바) (가)+(나)/(다)에 의한 리사이클링율	63.8%
(사) (가)+(나)/(라)에 의한 리사이클링율	32.0%
(아) (가)의 품위를 60%로 가정할 때 2차 원료출 전기동량을 사용한 리사이클링율	$120,000 \times 0.6 / 423,000 \times 100 = 17\%$

② 연의 리사이클링

연의 수요처가 대부분 납축전지이고 그 외에 관이나 판 또는 전선 등으로 다른 금속성분이 적은 납의 스크랩은 수거되는 전량을 리사이클링하고 있다. 특히 폐납 축전지는 수직로와 수평로를 사용하여 국내에서도 활발히 리사이클링되고 있다. 이 방법은 전세계적으로 비슷한 기술이며 국내의 기술도 세계적인 수준으로 기술수출도 이루어지고 있다. 현재 국내의 재생연 업계는 국내에서 발생하는 폐납축전지나 납스크랩이 부족한 실정으로 원료를 수입하고 있는 상태이다. 문제는 재생연 공정의 2차 부산물에 대한 안정적인 경제적인 처리기술이 미흡하다는 것이다. 예로 제련로의 납분진의 처리문제, 배연가스의 청정처리 문제, 폐황산의 리사이클링문제 그리고 소규모의 폐납축전지 청정 해체공정기술 등이다. 앞으로 보다 깨끗하고 경제적인 공정을 운영하기 위해서는 상기한 기술이 개발되어 납의 리사이클링이 청정기술로 운전되는 것이 바람직하다. 2000년도 연의 생산은 전기연(고려아연)이 200,000톤이고, 재생연이 65,000톤이다. 따라서 리사이클링 추정치는 32.5% ($65,000 / 200,000 \times 100$)이다. 그러나 국내의 수요(수입을 포함)는 동년 334,000톤이므로 수요를 감안한 리사이클링은 19.5% ($65,000 / 334,000 \times 100$)이다.

③ 아연의 리사이클링

아연은 주 용도가 아연도강판과 도금용이 50%를 차지하므로 이 부분에서는 아연이 농축된 형태로 배출되지 못하고 고철을 처리하는 전기로의 분진으로 발생된다. 이 분진은 철분과 아연 및 연이 주성분으로 단순 매립하여 왔으나 선진국에서는 아연과 연을 회수하고 철을 철자원으로 활용한다든지 또는 일반폐기물로 처리하기도 한다. 이에 대한 처리법은 Wales법이 널리 일반화되어 있고 전기로법, 플라즈마법 등 많은 연구가 이루어지고 있다. 그 중에서도 Wales법이 외국에서 많이 실용화되고 있고 열화배소법도 적용되고 있으나 국내에서는 아직 전기로 분진의 처리가 이루어지지 않고 있으며, 플라즈마법에 의한 pilot시험이 진행중이다. 그 외의 아연 스크랩은 산화아연 제조에 활용되고 있으며, 합금 스크랩은 동종업계에서 재사용되고 있다. 아연의 리사이클링에서도 아연 및 합금 스크랩은 2차 자원으로 활용되지만 공정에서 발생하는 2차 부산물 즉 아연 dross 및 분진의 처리가 고충사항이며 이에 대한 효과적인 처리기술이 환경관리를 겸하여 필요하기 때문에 이에 대한 리사이클링 기술의 개발이 절실하다. 우리 나라 아연리사이클링에 관해서는 구체적인 통계치를 찾아볼 수

없다. 아연 스크랩은 아연 드로스를 포함하여 증류아연으로 재생되어 산화아연 제조(60,000톤)에 활용되고 있지만 자료를 얻을 수 없다. 또 고려아연에서 발생한 제련잔류물을, Ausmelt process에 의해 처리함으로써 아연 회수를 시도하고 있는 것으로 알고 있지만 구체적으로는 알 수 없다. 한편 년 30만톤 발생하고 있는 제강분진(Zn품위 약 20%)으로부터 아연을 회수한다면 년 5만톤은 생산할 수 있지만 현재로서는 그 기색을 엿볼 수 없다.

④ 알루미늄의 리사이클링

국내의 알루미늄 스크랩은 순금속으로 재용을 처리하여 알루미늄 ingot를 생산하거나 합금생산에 이용되고, 합금-스크랩은 사쉬나 각종 기계 부품 등으로 리사이클링되고 있어 발생하는 형태가 뚜렷한 스크랩의 경우는 수거만 된다면 리사이클링에 별 문제가 없다. 알루미늄 캔의 리사이클링은 수거가 관건으로서 국민 개개인이 분리 배출하여 쉽게 수거할 수 있는 환경이 조성될 때 가능할 것이며 또 국내에서는 캔을 재처리하여 캔의 원료로 사용하지 못하고 탈산재 등으로 활용되는 수준이다. 금속캔재활용협회의 자료에 의하면, 2002년도 폐알루미늄 캔발생량 17,000톤, 재활용량 12,000톤으로서 재활용율은 70.6%이었다. 2003년도 알루미늄 재활용계획에 있어서, 폐알루미늄캔 발생량 17,000톤, 재활용의 무량 15,000톤, 따라서 재활용율은 88.2%에 도달할 것으로 추정된다. 또 하나는 포장용 및 간이용으로 사용되는 알루미늄 박(foil)의 리사이클링이 전혀 이루어지지 못하는 점이다. 알루미늄박의 내수는 꾸준히 증가하여 1997년에는 65천톤에 근접하고 있어 그 양이 캔의 양보다 적지 않다. 문제는 수거가 해결되지 못하여 바로 매립되거나 소각공정으로 소실되어 자원이 낭비되고 있다.

국내에서 알루미늄 재생지금 생산 시 다량의 알루미늄 블랙드로스가 발생(20,000톤/년)되므로 이를 재처리하여 일부 미회수 재생 알루미늄 지금을 생산하고 있다. 나머지 폐기되는 알루미늄 드로스를 알루미늄나 시멘트, 물라이트 내화물, 내화벽돌, 내산도자기, 타일 및 알루미늄 나질 캐스타블 등으로 사용할 수 있는 소재로 개발하면 자원 재활용뿐만 아니라 환경오염을 줄일 수 있어 국가경제에 크게 이바지 할 것으로 판단된다. 또한 국내에서는 보오키사이트를 연간 36만톤 정도 수입해서 수산화알루미늄과 알루미늄나 등을 생산하고 있으나, 여기에서 발생된 폐기물은 Red Mud 형태로서 연간 10만톤 정도이며, 일부 벽돌소재로 이용되는 것 외에 다른 용도로

재활용할 수 있는 방법을 모색해야 할 것이다. 2000년도 우리나라 알루미늄 금속의 내수는 885,000톤이고, 재생지금량은 약 200,000톤으로 알려져 있다. 따라서 재활용율은 22.6%(200,000/885,000×100)로 산출된다.

⑤ 텅스텐(W)의 리사이클링

상동광산이 폐쇄됨에 따라 텅스텐원료 WO₃ 전량을 중국으로부터 수입하고 있다. 2002년도, 그 수입량은 2,400톤/년이며, W분말로 환산하면 1,900~2,000톤/년이 된다. 대한중석초경주식회사(Taegue Tec)는 수입된 WO₃를 W분말 혹은 WC분말로 가공하여, 수출도 하고 우리나라 초경(超硬)시장에 공급(840톤/년)하기도 한다. 이 840톤/년 중 50%는 대한중석초경(주)가 사용하고 나머지 50%는 우리나라 기타 초경업체가 사용한다. 현재 대한중석초경(주)가 배출하는 스크랩은 아래와 같다.

W분말	10톤/년
WC분말(W 95%)	6톤/년
grade powder(W 70%)	3톤/년
초경스크랩(불량품 혹은 테스트편)	4톤/년

수년 전에는 대한중석초경(주)가 초경스크랩 리사이클링 플랜트를 건설하여 기동하였으나 지금은 철수하였다. 따라서 현재 대한중석초경(주)에서 배출되는 이들 스크랩은 모두 외국에서 가지고가 처리된다고 한다. 우리나라 초경시장에서 사용되는 초경합금 840톤/년이 그 수명을 다하고 폐기되는 시점에서 초경합금 잔여량이 대략 70% 된다고 가정할 때, 그리고 100% 회수한다고 가정할 때 840×0.7×0.7(W품위)=411,6톤/년의 텅스텐을 얻을 수 있다. 그러나 기계공장에서 쓰고 남은 초경공구를 수거한다는 얘기를 듣지 못하였다. 결론적으로 우리나라에서는 텅스텐의 리사이클은 이루어지지 않고 있다.

3.4. 스크랩 발생현황과 재생지금의 생산

① 동 스크랩 발생현황

국내 동 스크랩 발생량은 대략 100,000~120,000톤으로 추정되나 중복 계산된 수량을 제외하면 100,000톤으로 종류별로는 상동 30,000톤, 파동 30,000톤, 저급동 30,000톤, 기타 잡급동 10,000톤으로 추정된다.

스크랩 수집업체는 국내 약 1,000개사 정도가 있으며 이중 규모가 다소 큰 대상(도매상)은 약 100개사이며 이중 서원 22,000톤, 비에이치산업 22,000톤, 성진리사이클링 22,000톤등이 있다.

수요업체로는 LG-Nikko가 약 4~50,000을 소비하고

있는데 제련시 냉매제로 사용하고 있으며 동가공업체로는 풍산, 대창공업, 일진, 능원금속등 공업용 파이프나 동박 제조업체와 로드(Rod) 생산업체인 선진금속 및 중소기업체등이 있다. 일부 잡피선과 저품위 합금 스크랩은 중국등에 수출되고 있다.

② 알루미늄 합금과 생산현황

알루미늄 합금과를 사용하는 업체로는 크게 알루미늄 합금과 생산업체와 제강용 탈산제 업체로 구분된다. 그 중 알루미늄 재생합금과 생산업체는 34개사(알칸대한은 알루미늄 순합금과 생산)로서 생산능력은 603,100톤으로 2002년도 324,820톤을 생산하였으며, 2003년에는 386,600톤으로 예상된다. 업체별로는 삼보산업 50,000톤, 우신금속 29,000톤, 아진금속 23,000톤의 순이다.

한편 제강용 탈산제업체로는 알텍스, 삼정 피엔에이 가 각각 생산능력 70,000톤, 50,000톤으로 실제 생산량에 비하여 예비공정을 별도로 갖고 있으며, 생산은 36,000톤, 24,000톤이며 기타 업체가 10,000톤 정도 생산하고 있다. 수요업체로는 포스코가 전체 60,000톤중 약 50,000톤 이상을 소비하고 있어 8~90%를 차지하고 있으며, 그 외 인천제철, 동국제강 등이 있으며 산업의 성장성은 국내 제강능력과 크게 연관되어 있다.

용해설비로는 반사로가 주를 이루고 있는데 연속작업이 가능하여 생산이 효율적임 반면 유도로는 배치방식으로 연속작업이 불가능하여 채택하지 않고 있다. 원료인 스크랩 중 약 80%를 수입에 의존하고 있는데 이는 국내 스크랩 발생량의 절대적인 부족과 등급별 스크랩 선별능력의 부재에 기인한다.

③ 재생연 생산실적

국내 재생연 업체는 현재 8개사로 생산능력은 94,200톤이며 2002년 생산은 63,900톤이며, 2003년은 60,000톤으로 예상된다. 업체별로는 중일 20,000톤, 상신금속 15,600톤, 삼지금속공업이 11,500톤 순이다.

4. 日本과 美國의 비철금속리사이클링 동향

4.1. 동 의 리사이클링

표 7에 국별 1인당 동 소비량과 전 소비량의 추이를 표시하였다. Williamson¹²⁾은, 세계 여러 나라의 1인당 동 소비량을 달러베이스의 GNP에 대해서 프롯트하면, GNP의 증가에 따라 10kg 부근에 수렴한다고 말하고 있다. 금후 발전도상국을 중심으로 하여 인구증가와 생활수준향상의 상승효과에 의한 동 소비량의 급증이 예상된다.

표 7. 국별 1인당의 동 소비량과 전소비량의 추이(1997)

	미국		일본		중국		인도	
	kg/인	천톤	kg/인	천톤	kg/인	천톤	kg/인	천톤
1985	8.2	1,958	10.2	1,226	0.39	420	0.11	82.5
1990	8.6	2,150	12.8	1,577	0.44	512	0.16	135
1995	10.3	2,716	11.4	1,415	0.75	911	0.12	114
2000	0.93*	1,207*	0.12*	134*				
2010	1.28*	1,784*	0.13*	161*				
2025	1.81*	2,738*	0.15*	209*				

*중국의 증가율 7.8%/년, 인도 0.8%/년을 가정

표 8. 일본의 동지금 수요량(2000년도)

용도	전기동	동 스크랩	동 합금스크랩
전선	844	221	-
신동품	474	476	628
동합금·주물	-	-	-
제련	-	-	149
기타	29	67	140
합계	1,347	765	918

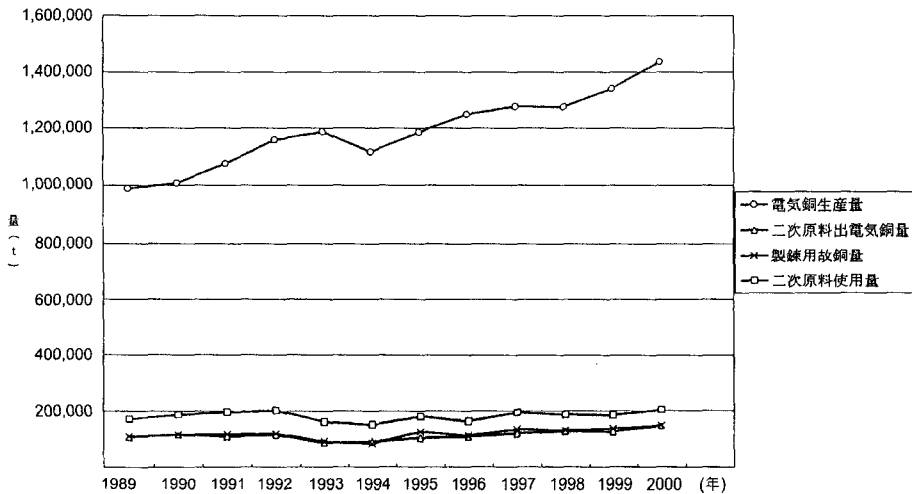
① 日本에 있어서의 동의 리사이클링

표 8¹³⁾에 일본의 동지금 수요량(2000년도)을 표시하였다. 전기동(Cu 99.9% 이상), 동 스크랩(Cu 97% 이상), 동 합금스크랩(Cu 50% 이상)의 세 종류로 분류해서 통계를 취하고 있다. 전기동의 내수는 1,347천톤이고, 전선 제조에 62%, 신동품 제조에 35%가 소비된다. 사용이 끝난 전선, 신동품은 회수되어, 동 스크랩, 동 합금의 스크랩이 된다. 이와 같이, 물질 흐름을 보면, 고순도의 경우는 주로 전선제조에 사용되고, 재사용하고 있는 과정에 순도가 저하해서, 신동품 제조, 동합금, 주물, 동 제련원료어로, 가스케이트 리사이클되고 있음을 이해할 수

있다.

그림 6¹³⁾는 일본 전기동 생산량과 2차 원료사용의 상황을 표시한 것이다. 전기동 생산량은 증가하고 있지만, 2차 원료에서 생산된 전기동 생산량의 증가는 볼 수 없고, 그 비율은 10% 정도이다. 2차 원료 사용량에 대한 2차 원료에서 생산된 전기동 생산량의 비는, 2차 원료의 대략의 동 품위를 나타낸다고 볼 수 있으며, 그 추정품위는 55~70% 정도이다.

그림 7¹⁴⁾은 日本의 동 노폐스크랩 회수흐름(1994년도)을 도시한 것이다. 폐제품의 배출에 따른 동의 배출량 추정치는 560천톤이고, 그 중 국내에서 337천톤, 해



第1圖 電気銅生産量と二次原料使用の状況

그림 6. 전기동 생산량과 2차원료 사용의 상황

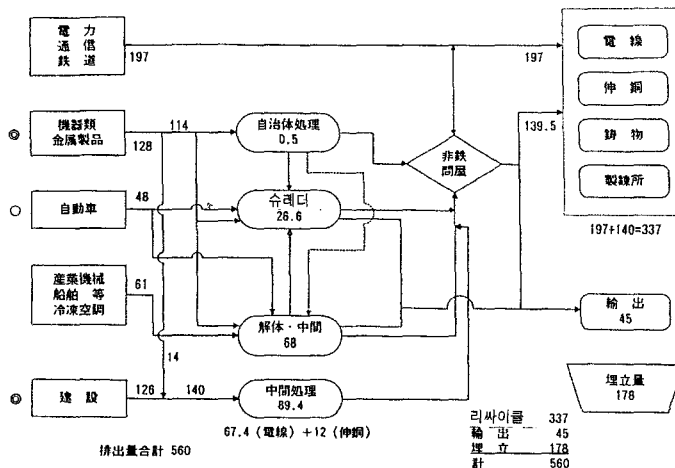


그림 7. 동의 노폐스크랩 회수흐름(1994, 천톤)

표 9. 미국의 동 생산량(단위: 천톤)

Refinery Production	1997	1998	1999	2000	2001
Primary	2,070	2,140	1,890	1,590	1,600
Secondary	396	349	230	209	170
All old scrap	498	466	381	353	310
Price(cents per pound)	107	78.6	75.9	88.2	76

표 10. 1996년도 납의 국내용도 (정연+재생연)

	소비량 (천톤 / 년)	비율 (%)
연관관	12	4
축전지	133	71
무기약품	41	12
땀	11	3
기타	34	10
합계	330	100

표 11. 영국에서의 납의 주요용도

	소비량 (천톤 / 년)	비율 (%)
연관관	91	29
축전지	107	34
화성품	56	18
땀	7	2
기타	50	7
합계	311	100

자료: World Metal Statistics(1996)

외에서 45천톤이 리사이클되고, 178천톤이 매립되고 있다. 노폐 동스크랩의 리사이클율은 $382/560 = 68.2\%$ 로 높다.

이것은 전력, 통신, 철도케이블 197천톤이 거의 100% 회수되어 리사이클되고 있기 때문이며, 케이블 이외 부분의 리사이클율은 높지 않다. 기기류·금속제품 21.9%, 자동차 53.0%, 산업기계·선박 등 냉동공조 81.0%, 건설 55.5%이다.

② 미국에 있어서의 동 리사이클링

표 9¹⁵⁾은 미국의 동 생산량을 표시한 것이다. 2001년도 동생산량은 1차지금(정광으로부터)이 160만톤이고, 2차지금(New scrap으로부터)이 17만톤, 모든 old 스크랩으로부터가 31만톤이다. 1차 지금에 대한 스크랩 동량은 약 30%에 해당된다.

표 12. 일본의 납지금의 수요량(2000년도) (단위 : 천톤)

용도	전기연	재생연	납의 스크랩
연관관	3	1	-
축전지	186	33	11
전선피복	5	-	-
무기약품	33	5	2
땀·연	7	2	-
합금 피			
제련	-	-	138
재생	1	7	85
기타	16	2	2
합계	251	50	237

4.2. 납의 리사이클링

① 일본에 있어서의 납의 리사이클링

표 10¹⁶⁾에 1996년도 일본에서의 납의 주요용도를 표시하였다. 납 축전지용이 71%, TV용 브라운관 및 PVC 안정제에 사용되는 산화납 등의 화성품에 12%, 기타 17%이다. 참고적으로 표 11¹⁶⁾에 영국에서의 납의 용도별 사용량을 표시하였다. 영국에서는 현재도 지붕용 이용이 많아 높은 비율을 차지하고 있다.

표 12¹³⁾에 2000년도 일본의 납지금의 국내수요량을 표시하였다. 전기납(Pb 99.95% 이상), 재생납(Pb 90% 이상), 납스크랩(Pb 50% 이상)으로 분류해서 통계를 취하고 있다. 동의 물질흐름과 큰 차이는, 동은 중간 재생을 하지 않고 순도가 저하할 때까지 재사용하지만 납은 「재생」이란 리사이클업이 존재한다. 이것은 납은 동보다 산화하기 쉽다는 이유인 것 같다. 따라서 납은 재사용이 드물고, 회수된 스크랩은 대부분 납제련을 하게 된다.

그림 8¹³⁾은 연도별 전기납 생산량과 2차원료 사용의 상황을 도시한 것이다. 전기납의 생산량은 서서히 감소하고, 2차 원료에서 생산된 전기납량은 증가하고 있다. 전 생산량에 대한 2차 원료 생산 전기납의 비율은

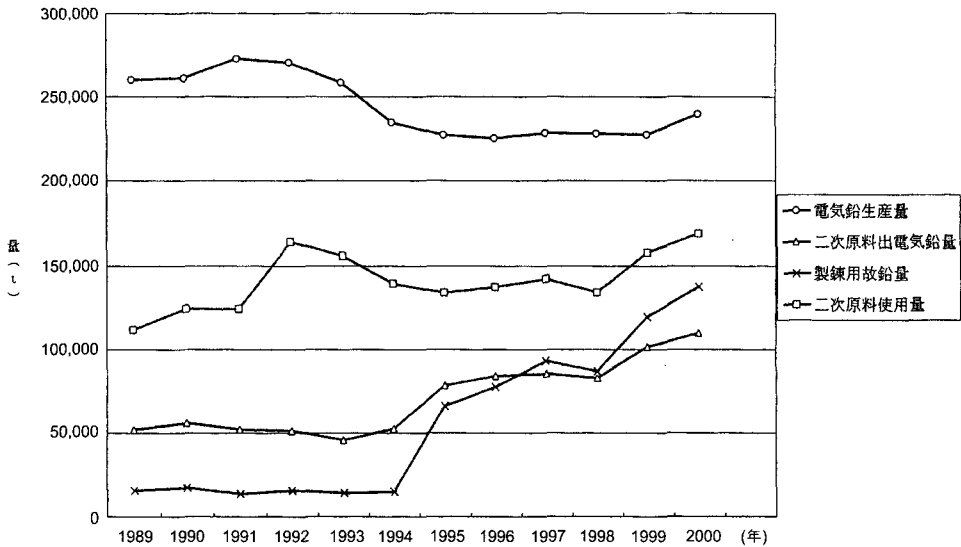


그림 8. 전기납 생산량과 2차원료 사용의 상황

표 13. 소형납축전지 구성재료의 1예 (단위: kg)

	형식	
	NS40Z	6M-8
전중량	11.0	1.6
납	5.2	1.0
안짜몬	0.15	-
휘황산	3.05	0.4
플라스틱 등	1.6	0.2

표 14. 미국에 있어서의 납 생산 (단위: 천톤)

Production	1997	1998	1999	2000	2001
Primary	343	337	350	341	300
Secondary	1,040	1,060	1,060	1,080	1,030
Price(cents per pound)	46.5	45.3	43.7	43.6	44

20%부터 45% 가까이 증가하고 있다. 따라서 2차 원료 중 납의 추정품위는 30~40% 정도였던 것이 65% 정도 까지 상승하고 있다.

이 급격한 변화는 (사)전지공업회가 「납 리사이클 프로그램」을 발표 추진하였기 때문이다. 이 프로그램은 사용된 축전지부터 납을 리사이클하는 비용을 축전지 메이커가 부담해서 축전지의 리사이클을 추진하는 사업이다. 참고적으로 표 13에 소형납축전지 구성재료의 1

표 15. 일본의 아연지금의 수요량(2000년도) (단위: 천톤)

용도	아연신지금	재생아연	아연스크랩
도금	415	39	12
신동품	75	17	-
아연다이캐스트	54	5	4
무기약품	36	10	19
아연판	5	-	1
제련	-	-	2
재생	-	-	-
기타	29	1	49
합계	668	74	88

예를 표시하였다.

② 미국에 있어서의 납의 리사이클링

표 14¹⁵⁾에 미국의 납 생산량을 연도별로 표시하였다. 2001년도 1차 지금량은 300천톤으로, 재생지금량 1,030천톤 보다 훨씬 적다. 이것은 오랫동안의 전통으로 되어 있다.

4.3. 아연의 리사이클링

① 일본에 있어서의 아연의 리사이클링

표 15¹³⁾에 일본의 아연지금의 수요량을 표시하였다. 국내에서 유통하는 아연지금은, 아연신지금(Zn 98% 이상, 전기아연과 증류아연의 2종류가 있기 때문에 아연

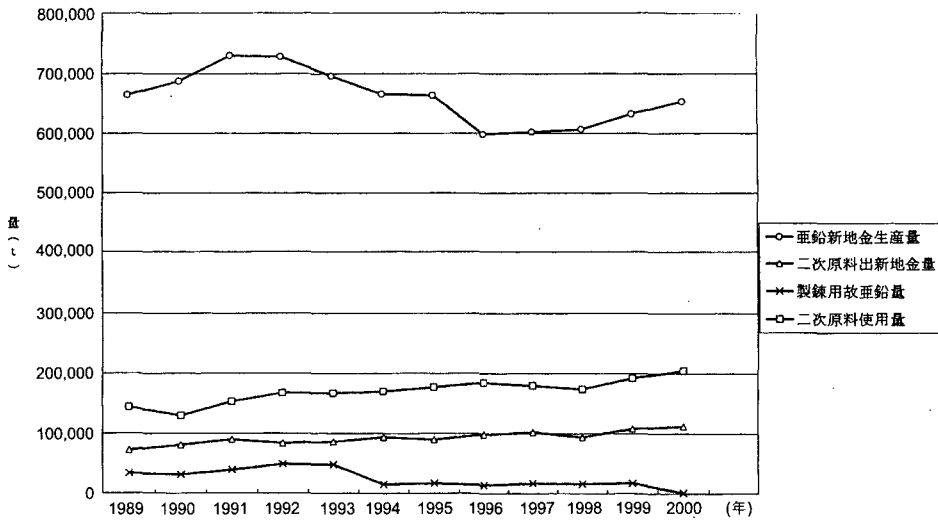


그림 9. 아연신지금 생산량과 2차원료 사용 상황

표 16. 1차 제련원료에 있어서 광석 이외의 원료(%)

	1차 제련원료에 있어서 광석 이외의 원료
동	9
납	38
아연	16

신지금으로 표현), 재생아연(Zn 90% 이상), 아연스그랩(Zn 50% 이상 90% 미만)의 3종류로 분류해서 통계를 취하고 있다. 아연신지금의 내수는, 도금용에 68%, 신동품제조에 12%, 다이캐스트제조에 9%, 무기약품제조에 6%이다

아연의 물질흐름의 형태는, 납과 닮았지만 납에 비해서 제련원료가 되는 것이 적은 것은, 통계대상 외의 아연스크랩이 많기 때문이다.(아연제련용 원료가 되는 스크랩의 중심은 제강분진이지만, 이것은 Zn 품위가 낮기 때문에 아연 스크랩으로 간주되지 않는다.)

그림 9¹³⁾은, 아연신지금과 2차원료 사용의 상황을 도시하였다. 아연신지금의 생산량은 약간씩 감소하는 경향에 있지만 2차원료 사용의 아연신지금량은 소량 증가하고 있다. 2차 원료중의 추정 Zn 품위는 50~60%으로 상승 경향에 있다.

표 16¹⁶⁾은 日本에 있어서 1996년도 1차 제련원료에 있어서 광석 이외의 원료비율을 표시한 것이다. 납은 38%를 나타내고 있는 반면 동 9%, 아연 16%이다.

표 17¹³⁾는 2000년도 日本 비철제련업계의 폐기물처리·리사이클링 실적을 참고적으로 표시하였다.

표 17. 비철제련업계의 폐기물처리·리사이클링 실적(2000년도)

A. 리사이클원료와 처리량		B. 재자원화량	
리사이클원료	량 (톤)	재자원화품	량 (톤)
고동	112,704	동	146,018
동슬래그	85,991	납	109,504
폐축전지	124,223	아연	110,041
납슬래그	22,606	금	39
아연슬래그	35,681	은	834
귀금속슬래그	35,681	니켈	270
폐감광제	3,960	주석	200
폐액	680	카드뮴	655
폐전자부재/부품	10,334	수은화합물	50
기타	5,520	페라이트원료	2,500
		유리카벳트	1,600
		화성품	6,121
		금속원료	2,060
합계	437,380	합계	379,892

② 미국에 있어서의 아연리사이클링

표 18¹⁵⁾는 미국에 있어서의 연도별 아연 생산량을 표시하였다. 2001년도 1차지금(전기아연, 증류아연) 생산량은 230천톤이고 재생아연량은 133천톤이다. 55%가 도금용으로, 17%가 아연합금용으로, 13%가 브라스 및 브론스용으로, 15%가 기타용이다.

표 18. 미국에 있어서의 아연생산량

(단위 : 천톤)

Production	1997	1998	1999	2000	2001
Primary	226	234	241	228	230
Secondary	140	134	131	143	133
Price(cents per pound)	64.6	51.4	53.5	55.6	45.0

4.4. 알루미늄의 리사이클링

① 日本에 있어서의 알루미늄리사이클링

日本은 미국 다음 세계 제2위의 AI 지금소비국이고, 신지금은 전량 수입하고 있다. AI산업은, 수입지금과 AI 2차지금(재생지금)을 원료로 하고 있으며, 1994년도 신지금 2,343천톤, 2차지금이 1,274천톤 사용되었다.

그림 10¹⁷⁾에 1994년도 日本의 AI제품 생산 및 리사이클 상황을 도시하였다. 1차지금량과 2차지금량의 비율은 약 65:35이다. 그림 11¹⁷⁾에는 AI스크랩의 회수루트를 도시한 것이다. AI의 리사이클은 량적으로 많은 부분을 차지하고, 더욱 AI 2차지금의 제조는, 보오키사이트로부터 신지금을 제조하는 경우의 약 3%의 에너지를

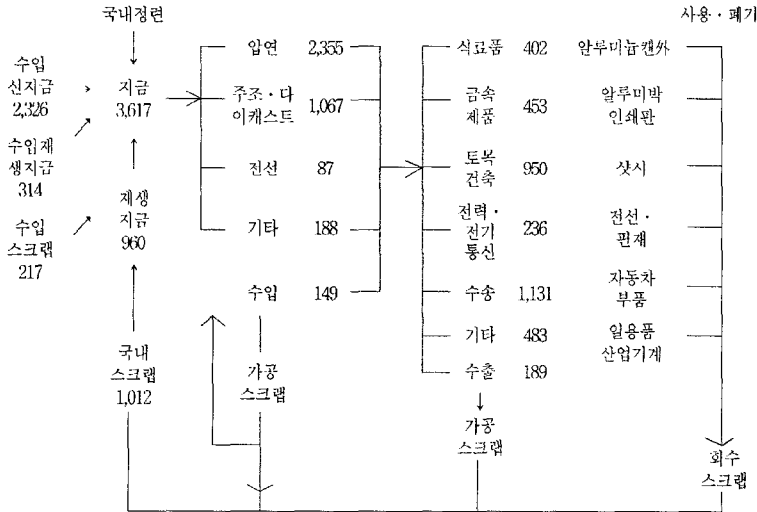


그림 10. 알루미늄제품의 생산 및 리사이클 상황(1994)

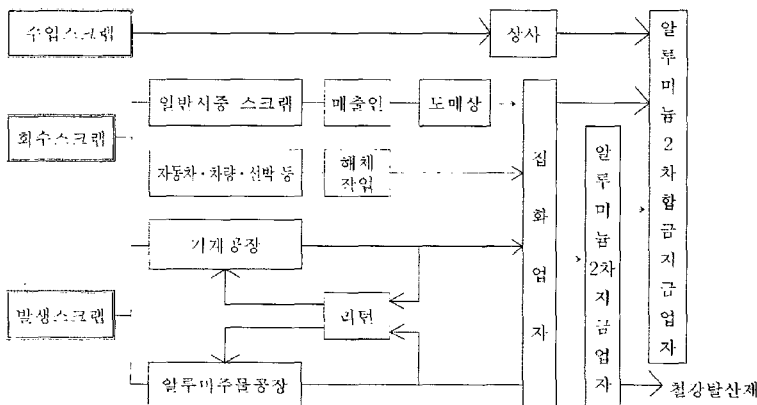


그림 11. AI스크랩의 회수루트

표 19. 미국에 있어서 AI생산량

(단위: 천톤)

Production	1997	1998	1999	2000	2001
Primary	3,603	3,713	3,779	3,668	2,600
Secondary	1,530	1,500	1,570	1,370	1,300
Price(cents per pound)	77.1	65.5	65.7	74.6	70

표 20. 자동차 생산용 원재료의 내역(승용차 평균치)

선철		35.7 kg
보통강 강재		691.7
특수강 강재		179.5
비철금속	전기동	9.9
	납지금	6.3
	아연지금	5.7
	AI 지금	29.4
	기타	1.1
	소계	52.4
비금속	고무	48.4
	석면	1.3
	유리	30.5
	합성수지계	40.0
	섬유	7.5
	목재	0.4
	기타	33.7
	소계	161.8
합 계		1,121.1

소모하기 때문에, 리사이클율의 향상은, 성에너지 · 리사이클 양면부터 중요하다.

② 미국에 있어서의 AI리사이클링

표 19¹⁵⁾에 미국에 있어서의 AI생산량을 표시하였다. 2001년도의 1차지금은 2,600천톤이고, 2차지금은 1,300천톤이다. 1차지금대 2차지금의 비율은 66.7:34.3으로 재생지금의 비율이 높은 편이다.

5. 일본에 있어서의 슈레더분진 및 제강분진으로부터 비철금속의 회수

5.1. 슈레더분진의 처리

표 20¹⁸⁾은 자동차 생산용 원재료의 내역이다. 동, 연, 아연, AI 등의 비철금속을 상당량 사용하고 있다. 사용 후 해체 시 이들 비철금속이 회수되기도 하나, 대부분 슈레더분진에 포함된다. 표 21¹⁹⁾은 슈레더분진의 분석예를 표시한 것이다. Cu 3.32%, Pb 0.40%, Zn 0.97%, AI 4.18% 등으로 비철금속이 포함되어 있다.

日鑛三日市리싸이클(주)에서는, 유희 아연제련시설을 활용해서 슈레더분진을 처리하고 있으며, 그 프로세스 개념도는 그림 12¹⁴⁾와 같고, 동, 연, 아연의 회수율은 표 22과 같다.

표 21. 슈레더분진의 분석 예

(단위 : %)

C	M	Cl	S	Cu	Pb	Zn	Al	Fe	SiO ₂	CaO
41.9	5.58	1.31	0.39	3.32	0.40	0.97	4.18	6.49	11.5	3.9

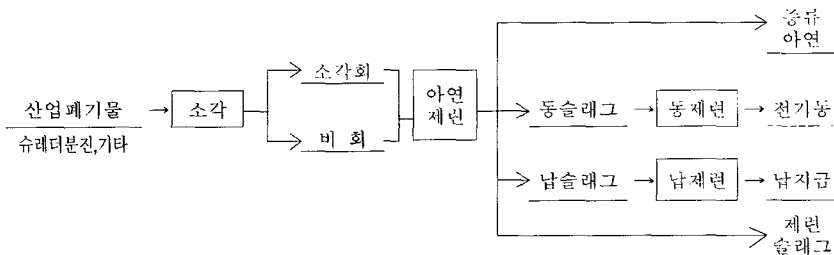


그림 12. 슈레더분진 처리 프로세스 개념도

표 22. 슈레더분진으로부터 동, 납, 아연의 회수율 (단위: %)

산출물	동	납	아연
증류아연	0.0	2.6	97.0
소연	0.0	75.4	0.0
전기동	92.0	0.0	0.0
아연제련슬래그	5.3	7.5	2.1
동제련슬래그	2.7	14.5	0.9
회수율	92.0	78.0	97.0

표 23. 전기로 제강분진의 조성 예(%)

성분	A	B	성분	A	B
Zn	32	24	Cd	0.04	-
Fe	20	31	Cu	0.24	-
Pb	2.8	1.7	CaO	1.4	3.1
Cl	6.8	3.6	SiO ₂	2.9	3.2
F	0.2	0.1	C	1.0	2.1
Na	-	1.0	S	2.9	0.3
K	-	0.8			



그림 13. 증액선별산물로부터 제조된 AI인곳트(靑南)



그림 14. 일곱가지 비철금속으로 선별되는 수선평경 (靑南)

자동차 슈레더분진을 처리하고 있는 (주)靑南商事는, 증액선별로부터 회수된 AI을 용해하여 인곳트로 만들어 (그림 13) 판매하고 있다. 한편 AI을 회수한 잔유물로부터 수선에 의하여 일곱가지 비철금속으로 선별(그림 14) 하고 있다.

5.2. 전기로 제강분진의 처리

日本에 있어서 전기로 제강량의 약 1.5%의 분진이 발생하여, 연간 50만톤의 분진이 발생한다. 표 23¹⁸⁾에 제강분진의 조성 예를 표시하였다. 단순 계산에 의하면 이 분진의 아연량은 15만톤이 된다. 日本의 연간 아연 생산량이 60~70만톤이니까 이 분진의 중요성을 느낄 수 있다. 표 24¹⁸⁾은 제강 더스트 처리 프로세스를 표시한 것이다. 최근 처리기술이 활발하게 개발되어 제안 혹은 실용화되고 있다.

6. 금후의 과제

6.1. 리사이클링의 문제점

리사이클링은 버진원료로부터 생산할 경우에 비해서 성

표 24. 제강분진 처리 프로세스

프로세스	로형식	에너지원 · 환원제	제품	규모
웰즈법	로터리킬른	코크스, 증유	조산화아연	공업규모
미쓰이법	MF 로	코크스, 증유	조산화아연	공업규모
전열증류법	진열증류로	코크스, 전열	JIS 산화아연	공업규모
Immetco 법	로터리헤스로	코크스, 석탄 · 증유	조산화아연	공업규모
Ausmelt 법	상취전로형로	코크스, 증유	조산화아연	공업규모
가와페스법	2 단트와이어 용융환원로	코크스	조아연	공업규모
아이찌제강법	진공환원로	(철분환원)	조아연	파이롯트
철환원휘발법	진공환원로	(철분환원)	증류아연	벤치스케일
JRCM 법	충전탑식	(코크스여과)	증류아연	파이롯트

표 25. 버진원료를 2차원료로 대체했을 때 얻을 수 있는 환경부하의 경감효과

환경부하의 경감효과	알루미늄	철강	종이	유리
에너지의 삭감	90~97%	47~74%	23~74%	4~32%
대기오염의 삭감	95	85	74	20
수질오염의 삭감	97	76	35	-
폐석의 삭감	-	97	-	80
사용수의 삭감	-	40	58	50

에너지임과 동시에 대기오염, 수질오염에 의한 환경부하를 경감시키는 가능성이 있다. 그 한 예를 표 25에 표시하였다. AI스크랩 리사이클링 예에서는 AI톤당 90~97%의 성에너지, 95%의 대기오염, 97%의 수질오염을 경감시킬 수 있음을 나타내고 있다. 그러나 근년 산업, 특히 전기기기분야의 혁신에 따라 기능성의 추구, 복합재료의 다양화, 제거 곤란한 회소금속을 첨가한 합금사용의 증가 등으로 리사이클링을 복잡하게 하는 경향이 있다.

이와 같은 폐기물부하의 재생에는 표 25과 같은 큰 폭의 환경부하의 경감은 기대할 수 없다. 비철금속의 리사이클링에는, 불순물이 혼입된 채로 적합한 용도로 사용하는, 소위 카스케이트의 이용방법과, 버진금속 가까운 조성으로 정제하는 경우를 고려할 수 있다. 후자의 경우 처리비가 높게되어 버진금속보다 고가일 때가 많다. 따라서 리사이클링의 연구에는, 보다 경제적인 정제 기술의 개발과 더불어, 리사이클링을 염두에 둔 재료조성의 선택, 그리고 제품의 소재별 분리를 용이하게 하는 설계가 필요하다.

6.2. 리사이클링 기술의 개발

리사이클링기술에는 선광기술이 널리 이용되고 있으나, 일부 독특한 기술, 가령 냉동파쇄, 와전류선별, 색채선별, 자성유체에 의한 비중선별 등이 개발되고 있다. 그러나 현재에 있어서 수선별(hand picking)보다 효과적인 선별수단은 없고, 인건비가 비싼 선진국에서는 경제성이 분해될 것이다. 따라서 금후 수선별 대체할 수 있는 성력적인 처리법의 개발이 기대된다.

천연광석의 처리에는 물리적인 선광기술과 화학적인 제련기술에는 개별적인 학문분야로서 발달해 왔다. 그러나, 폐기물의 처리에는 복잡한 합금을 함유한 금속의 조합뿐만 아니라, 플라스틱과 같은 유기물과의 혼합제, 복합재료 등의 폐기물이 있다. 그러므로 물리선별, 화학처리, 생물처리와 같은 효율적인 조합 및 경계영역의 연

구가 필요할 것으로 사료된다. 이와 같은 조합처리에 의해서 지금까지는 없었던 리사이클링 기술의 창출이 가능하게 될 것이다.

비철금속은 자원적인면에서나, 환경적인면에서나 100% 리사이클의 대상이 되어야 하고, 그러기 위해서는 이익을 얻을 수 있는 리사이클기술이 수반되어야 한다. 그러므로, 리사이클링 기술개발과 더불어 리사이클 시스템 구축을 향해서 노력을 경주해야 할 것이다.

참고문헌

1. Meadows, D. H., et al., 1972: *The Limits to Growth*, Potomac Associates(Washington, D.C.), 207p.
2. National Research Council, 1996: *Mineral Resources and Sustainability*, National Academy Press (Washington, D.C.), 26p.
3. 武田邦彦, 2000: *リサイクルしてはいけない* 71p. 青春出版社.
4. Gockmann, K., 1992: *The Canadian Mining and Metallurgical Bulletin*, 85.
5. Skinner, B. J., 1976: *American Scientist*, 64, 258-569p.
6. Govett, M. H. and Govett, G. J. S., 1978: *Resources Policy*, June, 106-113pp.
7. 김수봉, 2003, 6: 국내 비철금속 재활용 현황, 제7회 폐기물처리 및 재활용 워크샵, pp. 55-74. 한국지질자원연구원.
8. 비철금속 리사이클링의 현황과 발전방향, 1992: 산업연구원.
9. KOTIS 자료, 한국무역협회.
10. 알루미늄 재생합금과 생산현황, 한국비철금속협회.
11. 제생연 생산현황, 한국비철금속협회.
12. Williamson, D., 1997: *SME Annual Meeting Preprint 97-141*, Denver, Colorado, February 24-27.
13. 門前兼廣, 2002: *非鐵製鍊業界の環境事業について、資源處理技術*, 49(1) 23-31pp.
14. 岡田光生, 大山 繁 외 3人, 1997: *銅含有廢棄物の處理とリサイクルの實態*, 資源と素材, 113(12), 81-84pp.
15. Han, K. N., 2002: *The Recovery of Metals from Secondary*

Source A U.S. Perspective Part III, Geosystem Engineering, 5(3), 80-86pp.

- 16. 平野政雄, 櫻井文隆, 1997: 鉛のリサイクル `資源と素材, 113(12), 90-93pp.
- 17. 産業基盤整備基金, 1996: リサイクル事業事例調査, 18-

20pp.

- 18. 阿座上竹四, 2001: 非鐵重金屬のリサイクルはどうあるで
 いか, 金屬, 71(1), 72-76pp.
- 19. 日野順三, 宮林良次, 1999: 非鐵金屬リサイクルの現状につ
 いて, 資源處理技術, 46(2), 14-19pp.

學會誌 投稿 安內

種 類	内 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의 研究 機關의 見聞記 등
書 評	
談 話 室	會員相互의 情報交換, 會員 自由스러운 말, 階梯 등
Group 紹介	企業, 研究機關, 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.