

日本の 都市鑛山(사용후제품) 資源과 金屬 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

Urban Mine Resources and Metals Recycling Industries in Japan†

†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

일본의 도시광산자원과 금속재자원화산업을 파악하기 위하여, 일본의 금속소비량, 금속리사이클링률을 논하고, 철스크랩, 사용이 끝난 자동차, 폐가전제품 및 폐전자정보기기 등의 대표적인 재자원화산업의 개요를 조사하였다. 일본은 금속자원 소비대국이고 각종 금속 축적량 대국이기도 하다. 도시광산자원의 리사이클링률은 자금률로 계산할 때 Pb 50%, Fe 33%, Al 25%이고, Hg, Au, Cd, Mn, Mo, Ag 등이 이어지고 있다. 그러나 기능재료에 첨가되는 레어메탈 및 REE 등은 리사이클링 기술개발 단계라고 할 수 있다. 자동차, 가전제품 PC 등 사용이 끝난 제품의 리사이클링산업은 활발하고, 리사이클링률은 법정기준치를 상회하고 있다.

주제어 : 금속소비량, 금속리사이클링, 자동차리사이클링, 가전제품의 리사이클링, IT기기의 리사이클링

Abstract

In order to review the recycling status of urban mine resources in Japan, metal consumption, metal recycling rate and metal recycling industry such as iron scrap, end of life vehicles(ELV), waste home appliances and spent IT equipments were surveyed. Japan took rank of top class in the world on the metal consumption and urban mine stock reserve. Metal recycling industries in Japan have been developed through excellent technologies for mineral processing and non-ferrous smelting. On the other hand, the technologies for recycling of rare metals are being developed now. Recycling rate of ELV, waste home appliances and personal computer are higher than the guidelines of the legislative standard.

Key words : Metal consumption, Metal recycling, ELV recycling, Home appliances recycling, IT equipments recycling

1. 머리말

본 연구에서는 일본의 금속소비량, 금속리사이클링시스템 및 리사이클링산업을 논하였다. 금속소비량은 도시광산자원량을 추정할 수 있고, 리사이클링시스템은 리사이클링산업과 연관시킬 수 있다.

日本은 금속 소비대국이다. 철은 세계 2위의 생산국이고, 레어메탈은 세계 톱 클래스의 소비국이다. 한편 日本은 광업, 철강, 비철제련, 조선 등 중공업으로부터 발전해 왔다. 특히 비철금속제련업계는 환경오염의 극복에 긴 역사를 가지고 있으며, 우수한 선광·제련기술과 더불어 세계 최고의 환경오염방지설비와 기술을 구사하여 자원의 리사이클링과 환경보전에 기여하고 있다.

21세기를 맞이하여 자원순환형 경제사회, 저탄소녹색성장이라는 구호가 사회에 깊이 침투하고 있으며, 도시광산자원의 경제적인 순환기술개발이 지상과제로 대두

† 한국자원리사이클링학회 제35회 학술발표대회(2010. 11.

11. 한국지질자원연구원, 대전에서 발표

† 2010년 11월 5일 접수, 2010년 11월 15일 1차수정

2010년 11월 25일 수리

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

되고 있다. 이러한 차제에 일본의 도시광산 리사이클링 기술과 리사이클링산업의 탐색은 아세아 국가간의 리사이클링 시스템구축에 그 의의가 매우 크다고 할 수 있다.

2. 일본의 금속 소비량

Table 1^{a)}은 일본의 금속소비량(주로 2007년도)을 표시한 것이다. 수출량을 뺀 소비량이 도시광산 자원량이라고 할 수 있다. 따라서 금속소비량의 조사를 통하여 도시광산 자원량을 추산할 수 있다. 소비량은 생산량 + 수입량 - 수출량 ± α 로 간주된다. α는 재고량, 기타이다. 가장 소비량이 많은 것은 철강(1.2억톤)이고, 소비량이 가장 적은 것은 Hf(1.5~2톤)이다. Fig. 1에 금속 소비량 순위를 도시하였다.

Fig. 2¹⁾는 일본의 금속소비추이를 나타낸 것이다. In의 소비는 1983년도의 34배로 신장되었다. 액정디스플레이의 투명전극에 불가결한 소재이기 때문이다. 일본에서 금속 소비의 신장률이 현저한 레어메탈은 Ti, REE, Li, Ta, Co, Al, Ni, Pt 등이다. Fig. 3²⁾은 일본의 금속 소비량이 세계의 금속 소비량에서 차지하는 비율을 도시한 것이다.

세계의 50% 이상을 소비하고 있는 금속은 Ga, In 이고, 50~25%에는 Ta, 25~10%에는 Be, Pt, Co, Bi, REE, Cd, Mo, Ni, Si, Nb, Cr, W, V 등의 많은 금속이 있다. Ga, In과 Co의 소비는 일본이 세계 1위이고, REE, Pt, W 등도 세계 상위의 소비국이다. 이와 같이 일본은 현재 세계 톱클래스의 레어메탈 소비국이다.

하이테크산업에서 활용되는 기능재료는, 일반적으로 첨단지식을 구사하고 실패를 거듭하면서 보급되고 있

Table 1. Metal consumption in Japan(2007)

(a) 베이스메탈

종류	단위	소비량	생산량	수입량	비고
Fe	천톤	120,203	전기로 31,090		
Al	천톤	4,400	2차 1,150	299	
Cu	천톤	1,250	1,580		수출 320
Zn	천톤	650			2006년도
Pb	천톤	300	2차 172		

(b) 독성이 강한 레어메탈

Sb	톤	금속 Sb 880 Sb ₂ O ₃ 7,300	270	7,500(Sb ₂ O ₃)	2006년도
Cd	톤	3,300	1,900	1,400	
As	톤	1,000	40	960	
Se	톤	268	830	562	세계 최대생산국
Hg	톤	229			국내수요 10.7 수출 218.5
Be	톤	200(수산화 Be) Be 36%			2006년도

(c) 고가이고 역사가 있는 레어메탈

Ag	톤	4,490	2,230	1,810	수출 2,238
Au	톤	280			
Pt	톤	32.5			

^{a)} 표 1은 西山孝 著 : 레아메탈·자원-38元素의統計と展望에서 주로 인용하고, 鑛物資源マテリアルフロー(石油天然가스·金屬鑛物資源機構發行)를 참고로 하여 필자가 작성하였음.

Table 1. Continued

(d) 기타 레어메탈

Si	천톤	821.8(순분)			전량수입(중간제품)
Cr	천톤	630	7	555	
Mn	천톤	고탄소 FeMn 399 저탄소 FeMn 77	SiMn 342 금속 Mn 75		2006년도 전량수입
Ni	천톤	236	150	70	2006년도
REE	천톤	40			금속 및 산화물 총량
Ti	천톤	38.5	38.5	6.4	수출 11.4
Sn	천톤	36.3	0.88	33.5	
Sr	천톤	30(SrCO ₃)			
Mo	천톤	27.7		MoO ₃ 38 FeMo 4.6	
B	천톤	22			2006년도
Co	천톤	14.5	9.2	12.7	2006년도
Zr	천톤	12.5(ZrO ₂)			
W	톤	9,600			2006년도, 전량수입
V	톤	6,400		V ₂ O ₅ 2,660 FeV 5,493	
Nb	톤	5,000(순분)			전량수입 FeNb로는 8,900톤
Li	톤	3,468			
Bi	톤	1,400	400	1,000	2006년도
In	톤	905	1차 리사이클링 623	282	
Ta	톤	629(Ta ₂ O ₃)			
Ga	톤	166	8	62	1차 리사이클링 96
Te	톤	93.5			
Ge	톤	65.3			
Pd	톤	47.5			
Hf	톤	1.5-2			

다. 개발에는 시간이 소요되고, 고도지식의 축적을 필요로 한다. 따라서 선진국이라 하더라도, 하이테크산업의 모든 분야에서 뛰어나기는 어려우므로 국가에 따라서 우수한 과학분야, 기업분야가 조성되어 있다. 금속 소비량은 각국의 하이테크산업에 대한 집중분야를 반영한 것으로 볼 수 있다. 그런 관점에서 볼 때 日本은 전자·통신분야에 현저한 발전과 진출을 엿볼 수 있다.

3. 日本의 금속리사이클링

Fig. 4³⁾는 日本의 금속소비량에서 차지하는 리사이클

링량(자급률)^{b)}을 도시한 것이다. 日本의 베이스메탈 자급률부터 살펴보자. Fe, Cu, Zn, Pb의 제련소에 공급되고 있는 원료 중, 2차 스크랩이 차지하는 비율은 Fe의 경우 조강생산량의 31%, Cu는 7%, Zn은 1.7%, Pb는 51%로 되어 있으며 Al은 25%이다. 독성이 강한 레어메탈은 대부분 10~30%, As의 경우는 수%이다.

고가이고 역사가 있는 레어메탈에 있어서는, Pt의 경우 日本 국내에서의 리사이클링률은 40% 전후에 달하지만, 日本의 수요량과 비교하면 18%(자급률)가 된다.

^{b)} 제련소에 공급되는 2차 스크랩량부터 계산한 것임.

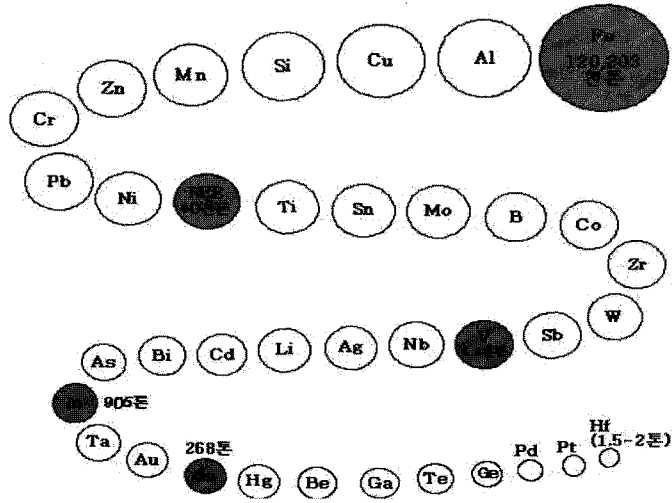


Fig. 1. The amount order of the metal consumption in Japan.

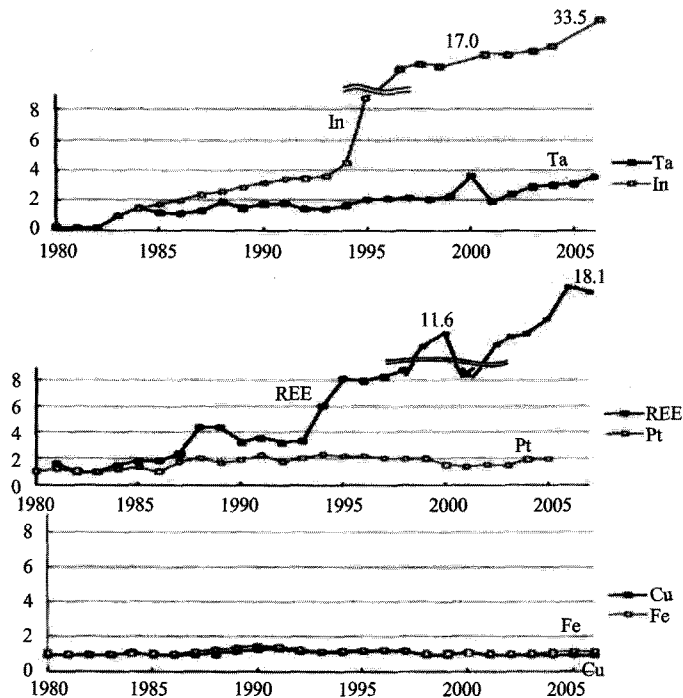


Fig. 2. Trend of the metal consumption in Japan(1983=1).

이와 같이 Ag에 관해서 계산하면 13%(자급률)이다. 기타 독성이 약하고, 가격이 낮고, 첨가제로서 소량 사용되고 있는 레어메탈은 경비가 드는 리사이클링을 피해 매립 처분되던지, 모체의 레어메탈에 혼입되어서 유통되는 것이 일반적으로 거의 리사이클링되지 않고 있다.

스테인리스의 경우는 100% 가깝게 리사이클링되어 Ni 및 Cr의 수요를 경감시키고 있지만, 세계 생산량의 10~15%의 버진 Ni 및 Cr을 소비하고 있다. 빈번이 쓰이는 리사이클링물은 애매한 점이 많다. 광석에서부터 소재를 거쳐 제품이 만들어지고, 사용 후 폐기물로 되

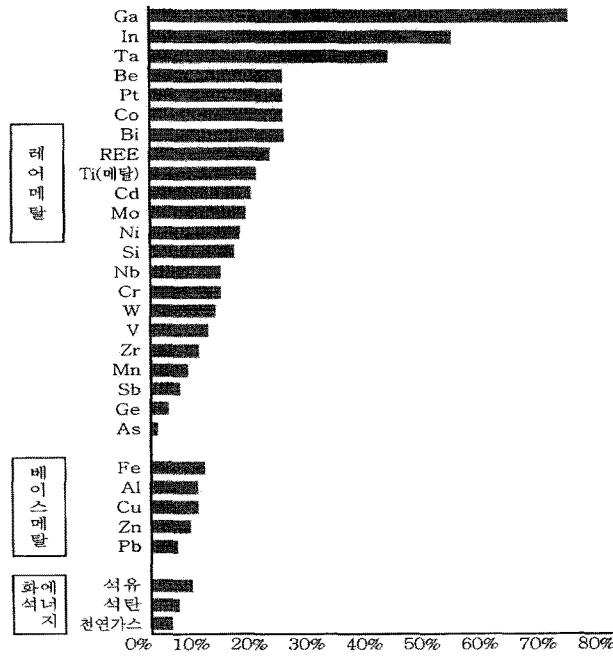


Fig. 3. Metal consumption share of Japan to the world metal consumption.

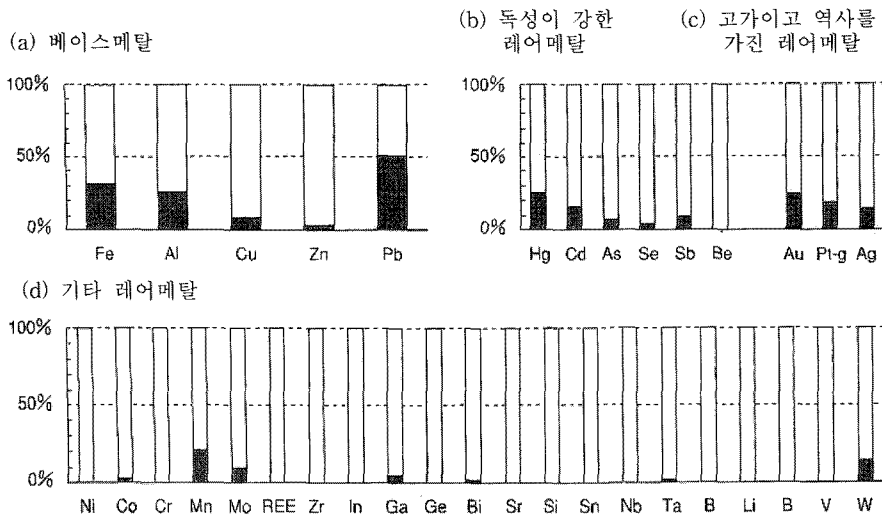


Fig. 4. Recycling rate of the metals in Japan.

는 경로와 시간이 복잡하기 때문이다. Fig. 4와 같이 자급률로 계산한 경우와 단순 리사이클링률(폐기물의 순환이용률)과도 차이가 있다. Fe의 경우 자급률은 31%이지만, Fe스크랩의 리사이클링은 후술한 바와 같이 90%에 가깝다. 일본의 물질흐름에 의하면 일본 금속계

자원의 투입량은 1.7억톤, 순환이용량은 0.4억톤으로, 금속계 자원의 총 물질투입량에 차지하는 순환이용량의 비율은 17%이다. Fig. 5⁴⁾는 일본의 도시광산 축적량을 도시한 것이다. Fe는 12억톤, Al, Cu, Cr, Zn 순으로 축적량이 많으며, 모두 1,000만톤을 넘고 있다.

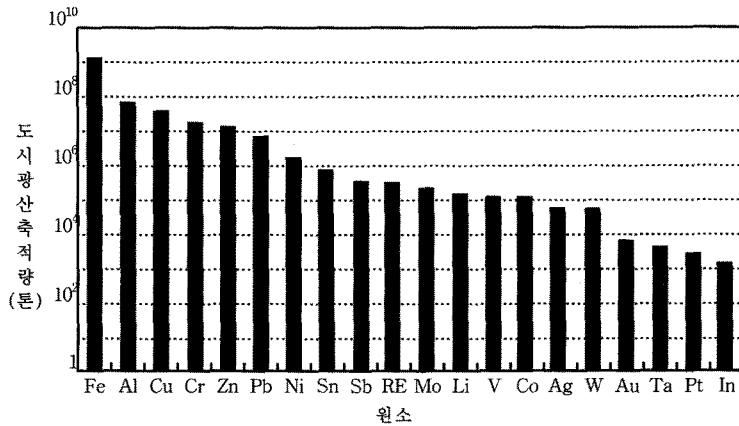
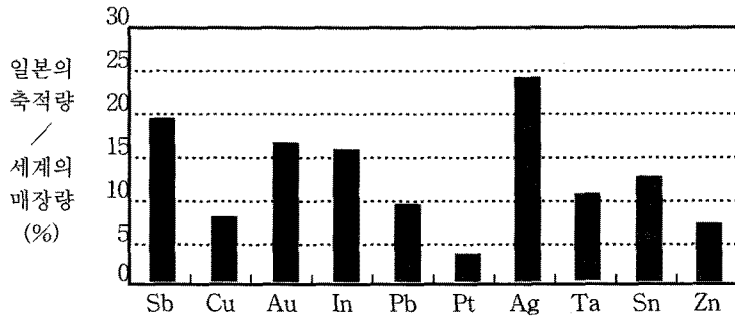


Fig. 5. Stock reserves of urban mine resources in Japan.



주 : 매장량은 아메리카광산국 Mineral Commodity Summaries(2007) 자료임
 자료 : 독립행정법인 물질·재료연구기구

Fig. 6. Urban mine stock reserves of Japan to the mineral reserves of the world.

Fig. 6⁵⁾은 각종 금속의 세계 매장량에 차지하는 日本의 축적량을 도시한 것이다. 금속에 따라 차이는 있지만 수 %부터 수십 %의 막대한 축적량을 가지고 있다. 이러한 잠재적인 금속량은 지속적인 도시광산 리사이클링산업의 개발과 추진을 예고하고 있다.

4. 日本 도시광산 재자원화산업

4.1. 철의 리사이클링

철의 리사이클링은 150년 이상의 역사를 가지고 있으며, 가장 리사이클링률이 높은 금속의 하나이다. 2007년 日本의 조강생산량은 1.2억톤으로 세계 2위의 생산국이다. 용광로에서 생산된 선철을 탈탄해서 용강으로 하는 전로법이 74%, 선철을 만들지 않는 전기로법이 26%의 비율로 되어 있다.

전기로의 원료는 철 스크랩이다. 2006년도에는 스크

랩 3,109만톤이 전기로에서 재생되어 한국, 중국, 대만에 765만톤 수출되었다. 수입도 18만톤 있었다. 12억톤의 철이 축적되어 있으며, 앞으로도 스크랩 발생량은 증가될 전망이다. 스크랩으로부터 만든 강에는 Cu 등의 성분이 혼입되어 있기 때문에 고급제품의 생산은 어렵다. 전술한 바와 같이 철강의 사용 후 강재(철 스크랩)는, 리사이클링률이 90% 정도이다.

철스크랩의 소비는 전기로 메이커가 주력이고 일부는 고로제철메이커 및 주물메이커에서 여러 가지 철강제품으로 생산된다. 철스크랩을 회수해서 가공처리를 하여 제철메이커에 판매하고 있는 소위 철스크랩업자는 전국에서 약 1,500사 정도라고 한다. 최종 수요자인 제철메이커는 용광로 제철이 新日鐵, JFE 등 5사, 전기로 제

⁵⁾ 석유천연가스·금속광물자원기구:광물자원머티리얼프로 2008, p. 66(2009)

철회사가 홋카이도(北海道)부터 오키나와(沖縄)까지 전국에 약 40사로 사업소(제철소) 수로는 약 60사 정도 있다.

4.2. 자동차의 리사이클링

4.2.1 사용이 끝난 자동차(ELV)의 행방

자동차메이커에서 만들어진 자동차는 사용자에게 의하여 평균 13년 사용된 후 수명을 다하고, 사용이 끝난 자동차가 된다. ELV는 먼저 해체업자에 의해서 엔진, 트랜스미션, 타이어, 배터리, 축매, 프레온가스 등이 해체되어 회수·리사이클링된다. 차체는 슈레더업자에 의하여 슈레딩되어 철·비철금속이 회수되고, 남은 슈레더잔사(ASR)는 사용된 자동차의 재자원화 등에 관한 법률(2005년 1월 시행, 통칭 자동차리사이클링법)에 의하여 자동차메이커가 인수, 리사이클링 또는 매립으로 적정 처리되고 있다.

4.2.2 자동차 리사이클링법의 시행상황

자동차 리사이클링법은 사용된 자동차의 리사이클링과 적정처리를 추진하기 위하여 자동차메이커와 관계자에게 각각 역할 분담을 하도록 되어있다. 먼저 자동차 소유자는 신차구입 시 1만엔/대 전후의 리사이클요금⁴⁾을

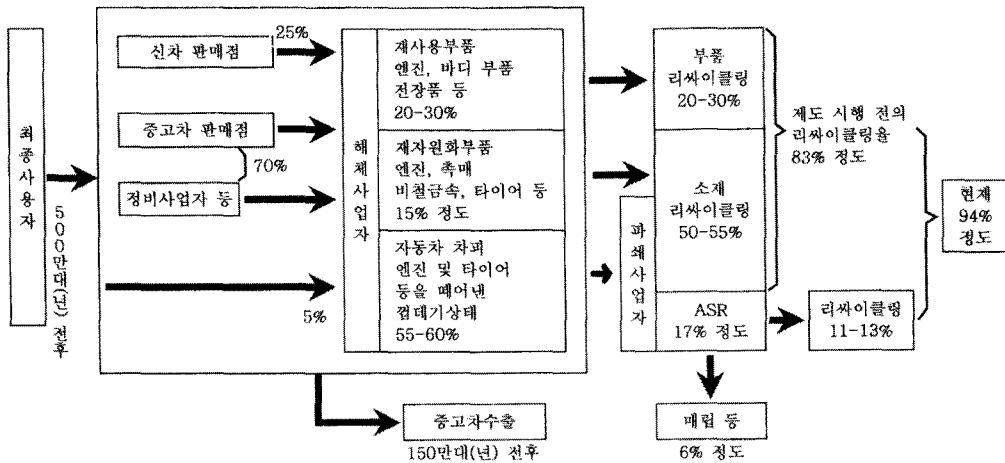
납부해야 한다. 자동차메이커는 사용된 자동차로부터 발생하는 프레온류, 에어백류, ASR 등 특정 세 물품을 인수하여 리사이클 또는 적정 처리하도록 하였다. 그러기 위하여 2003년 6월에 지정 3법인(자금관리, 정보관리, 재자원화)을 설립하여, 특정 3물품의 인수, 적정처리, 리사이클링을 위한 기구·운영 그리고 전자매니페스트제도의 설계 등에 중심적인 역할을 하였다. 그 중에서도 ASR의 인수·리사이클링에 있어서는, 자동차메이커가 두 그룹(ART팀, TH팀)으로 나누어져 경쟁관계를 가지면서 리사이클링률의 향상에 노력하고 있다.

4.2.3 ELV의 회수·리사이클링 실적

Fig. 7은 2007년도 환경성이 발표한 ELV 처리의 흐름⁴⁾을 나타낸 것이다. 자동차 1대당 중량비로 20~30%가 해체업자에 의해서 중고부품(reuse)으로 회수되고, 50~55%가 소재로서 리사이클링(material recycling)되고 있다. 중량비로 ELV의 약 17%가 슈레더잔사(ASR)로 발생하며, 이중 11~13%가 리사이클링되고 약 6%가 매립 등으로 처리된다. 따라서 ELV의 리사이클링률은 약 94%로 산출된다.

2005년 1월부터 자동차리사이클링법이 본격 시행됨에

자동차리사이클링법의 시행에 의하여, 리사이클링률이 94%정도까지 향상



자료 : 08년 5월 중앙환경심의회 폐기물·리사이클링부회 자동차리사이클링전문위원회, 산업구조심의회 환경보호 폐기물·리사이클링 소위원회, 자동차리사이클링 WG 제13회 합동회의 배부자료에 의함.

Fig. 7. ELV processing flow(2007).

⁴⁾ 자동차리사이클링법·비즈니스해설·제8탄(주식회사 日刊市況 通信社, 2009.10), p.29에 자동차메이커별 주요 차종별 리사이클요금 일람표 참조

따라 인수업이 약 97,000사, 프레온류회수업이 약 18,000사, 해체업이 약 6,600사, 파쇄업이 약 1,300사가 등록 또는 허가를 취득하고 있다. 2008년도에는 인수업자에 의한 사용이 끝난 자동차의 인수보고(전자매니페스트 보고) 건수는 약 358만건이다. 그리고 리사이클링요금이 예탁된 차량은 2005년 1월부터 2009년 3월간의 시행 후 누계로 약 9,277만대, 예탁금액이 9,121억엔이 되었다.

4.3. 가전제품의 리사이클링

4.3.1 폐가전처리의 개요

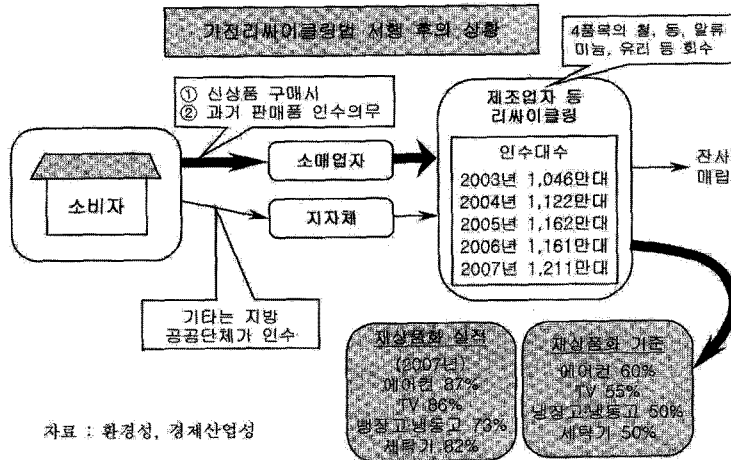
가정으로부터 배출되는 가정용 에어컨, 브라운관 TV, 냉장고·냉동고 및 세탁기의 4품목은 2001년 4월에 시행된 “가전 리사이클링법”에 의하여 특정 가정용기기 폐기물로서 규정되어, 제조업자 등에게 일정수준 이상의 재생품화율이 의무화되어 있다. Fig. 8⁷⁾에 폐가전 처리상

황을 도시하였다. 소비자가 폐가전 배출시 리사이클링요금을 부담하도록 되어 있다. Table 2에 리사이클링요금, 재생품화기준(thermal recycling은 불포함) 및 재생품화 실적(2007년도)을 표시하였다. 재생품화 실적은 모두 법정기준을 초과달성하고 있다.

2009년 4월 1일부터는 액정·프라즈마TV, 의류건조기가 대상기에 추가돼서 제조업자 등에 의무화되었다. 그리고 재생품화 기준에 있어서도, 중·고품질의 플라스틱이 산정대상에 추가됨으로써 가정용 에어컨 70% 이상, 브라운관TV 55% 이상, 액정·프라즈마TV 50% 이상, 냉장고·냉동고 60% 이상, 세탁기·의류건조기 65% 이상으로 되었다.

4.3.2 폐가전의 재자원화

Table 3⁸⁾에 가전 4품목 본래의 소재구성을 표시하였다. Table 4⁹⁾에 폐가전 4품목의 재자원화율의 실적



자료 : 환경성, 경제산업성

Fig. 8. Recycling processing flow of home appliances.

Table 2. Recycling fee and recycling state of home appliances

품 목	에어콘	TV	냉장고·냉동고	세탁기	* 플라즈마 액정 TV	* 의류 건조기
리사이클링요금 엔/대	3,675	2,835	4,830	2,520		
재생품화 기준 (%)	60 (70)	55 (55)	50 (60)	50 (65)	50	65
재생품화 실적 (%)	87	86	73	82		

* 2009.4.1.부터 시작, ()는 2009. 4. 1. 재책정

(2007년도)을 표시하였다.

Table 5¹⁰⁾은 재사용이 가능한 중고품 혹은 중고부품을 회수한 후의 재료의 구성 예를 표시하였다. Table 6은 Table 4와 Table 5로부터 산출한 상품 재료별 중량을 표시한 것이다. 2007년도 폐가전 4품목 12,112천대를 인수하여 recycling plant에서 12,017천대(중량 : 466,862톤)를 처리하여 378,338톤의 재자원화상품을 얻었다. 철 147,056톤, 구리 9,442톤, 알루미늄 8,952톤,

금속혼합물 62,790톤 등이다.

Fig. 9¹¹⁾에 주요 가전리사이클링 플랜트의 배치현황을 도시하였다. 가전메이커를 A group(파나소닉, 도시바 등)과 B group(Hitachi, Sharp, 미쓰비시전기, 산요전기, 소니 등)으로 나누어 인수지정장소 및 리사이클링 플랜트를 지정하고 있다.

인수지정장소 : A Group 전국 190개소
B Group 전국 190개소

Table 3. Example on material composition of home appliances

소 재	에어컨	TV	냉장고·냉동고	세탁기
철(%)	46	12	46	50
구리(%)	17	3	3	3
알루미늄(%)	10	0.1	2	3
플라스틱(%)	18	14	44	36
기타(%)	9	9	5	8
유리(%)		62		

자료 : (재)가전제품협회 자료로 환경성 작성

Table 4. Recycling processing results of home appliances (2007)

품 목	에어콘	TV	냉장고·냉동고	세탁기
지정 인수장소에 인수대수(천대)	1,890	4,613	2,725	2,884
재자원화 처리대수(천대)	1,872	4,542	2,724	2,879
재자원화 처리중량(톤)	78,715	134,283	159,763	94,101
재자원화 중량(톤)	68,861	115,563	116,683	77,231
재자원화율(%)	87%	86%	73%	82%

자료 : 환경성, 경제산업성

Table 5. Example on material composition after recycling processing of the home appliances

재료의 구성	에어콘	TV	냉장고·냉동고	세탁기
총중량(톤)	68,861	115,563	116,683	77,231
철(%)	34	12	59	53
구리(%)	7	4		
알루미늄(%)	13			
구리 및 알루미늄(%)			2	2
알루미늄 및 혼합물(%)		1		
혼합물	36		17	17
브라운관 유리		59		
기타	10	24	22	28

자료 : 환경성, 경제산업성

Table 6. Recovered material weight from home appliances in Japan (2007)

품 목	에어컨	TV	냉장고 · 냉동고	세탁기	계
철(톤)	23,413	13,868	68,843	40,932	147,056
구리(톤)	4,820	4,622			9,442
알루미늄(톤)		1,156			1,156
구리 및 알루미늄(톤)			2,334	1,545	3,879
알루미늄 및 혼합물(톤)	8,952				8,952
혼합물(톤)	24,790		19,836	13,129	57,755
브라운관 유리(톤)		68,182			68,182
기타(톤)	6,886	27,735	25,670	21,625	81,916
총중량(톤)	68,861	115,563	116,683	77,231	378,338

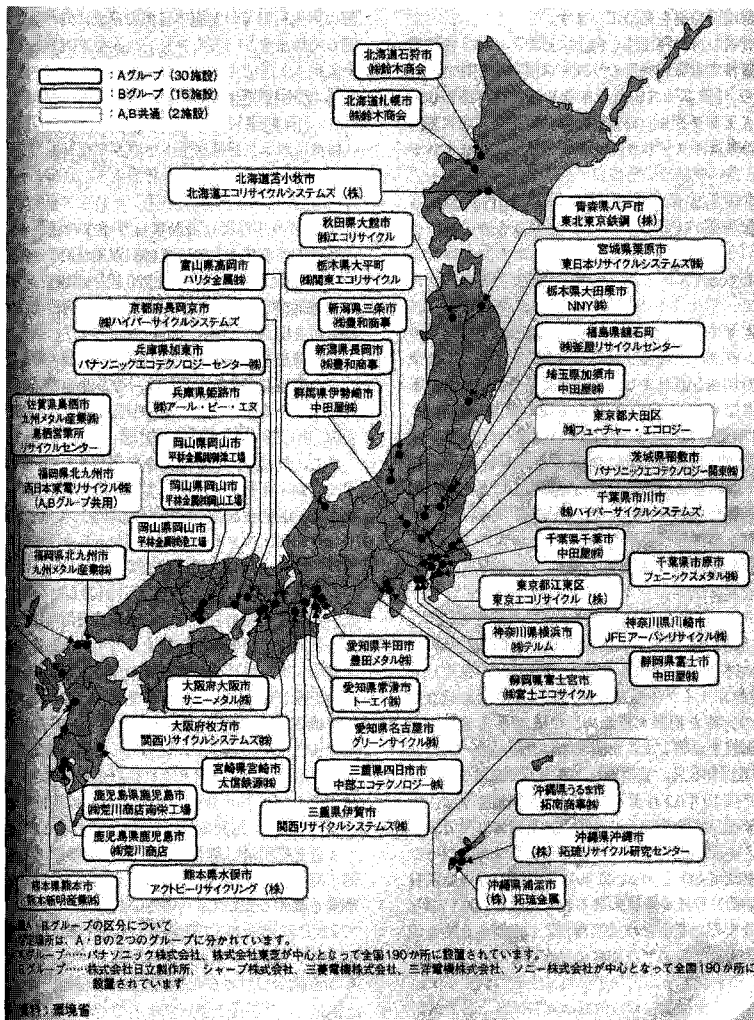


Fig. 9. Location map of the home appliances recycling plants in Japan.

- 리사이클링 플랜트 : A Group 전국 30시설
- B Group 전국 16시설
- A, B 공동 전국 2시설

4.4. 전자정보기기의 리사이클링

4.4.1 IT기기의 발생량

본 절에서 취급되는 IT기기의 종류는 범용컴퓨터, 미들레인지컴퓨터, 워크스테이션, PC 및 디스플레이(표시장치), 프린터 등의 주변기기를 말한다. 자원유효이용촉진법에서는 2001년 4월부터 사업용 PC, 2003년 10월부터는 가정용 PC의 재자원화를 제조사업자에게 의무화하였다. 그리고 그 재자원화율을 데스크톱 PC(본체) 50% 이상, 노트북PC 20% 이상, 브라운식 표시장치 55% 이상, 액정식 표시장치 55% 이상으로 정하고 리사이클링을 추진하고 있다.

2007년도에 제조사업자의 재자원화율은 데스크톱 PC(本體) 75.1%, 노트북 PC 53.7%, 브라운관식 표시장치 78.1%, 액정식 표시장치 70.7%이며, 모두 법정 기준을 상회하고 있다.

Fig. 10¹²⁾은 사업용 PC의 회수리사이클시스템, Fig. 11¹³⁾은 가정용 PC의 회수기본시스템을 도시하였다. Fig. 12¹⁴⁾에 사용이 끝난 IT기기의 예측발생량을 도시하였다. 이 예측발생량은 IT기기의 출하량과 폐기시까지의 년수분포 및 평균 보유년수로부터 추계한 결과이다.

2001년도까지 급격히 증가한 사용이 끝난 IT기기 전체의 발생량은 2001년 이후 2006년도까지는 거의 일

정량 유지하였다. 그러나 2006년도 이후는 액정 디스플레이의 보급 등에 의하여 발생량이 조금 감소한 것으로 판단된다. Fig. 13¹⁴⁾에 사용이 끝난 IT기기 전체의 회수·처리 루트와 물량의 개요를 도시하였다. 사업계와 가정계로 대별된다.

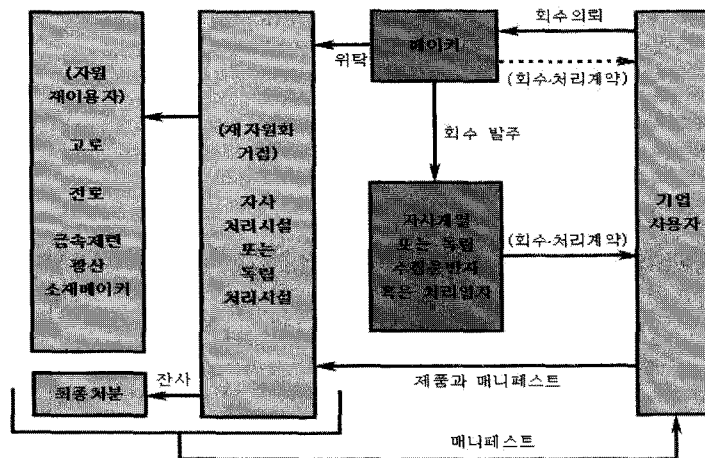
사용이 끝난 IT기기 전체의 발생량은 IT기기가 폐기될 때까지의 년 수 분포에 따라 2004년도는 15.6만톤이 되는 것으로 추정된다. 그 내역은, 범용PC, 미들레인지PC, 워크스테이션이 약 2.4만톤, PC와 프린터가 약 13.2만톤(PC 약 9.9만톤, 프린터가 약 3.3만톤)이다. 한편, 사업용과 가정용으로 나누면 리스, 렌탈, 판매가 포함된 사업용이 11.6만톤, 가정용이 약 4만톤이다.

4.4.2 리사이클기술

IT기기의 리사이클은 PC. 등의 리사이클링과 기본적으로 큰 차이가 없으며, 분해·선별후 소재별로 리사이클링(material recycle, chemical recycle, thermal recycle)이 시도되고 있다. 최근에는 회수금속에도 주시하고 있으며, In, W 등의 리사이클 기술개발을 추진하고 있다. 참고로 Fig. 14¹⁵⁾에 (주)리-템 水戸工場의 리사이클링 프로세스를, Fig. 15¹⁶⁾에 Kosaka(小坂) 제련소의 리사이클링 프로세스를 도시하였다.

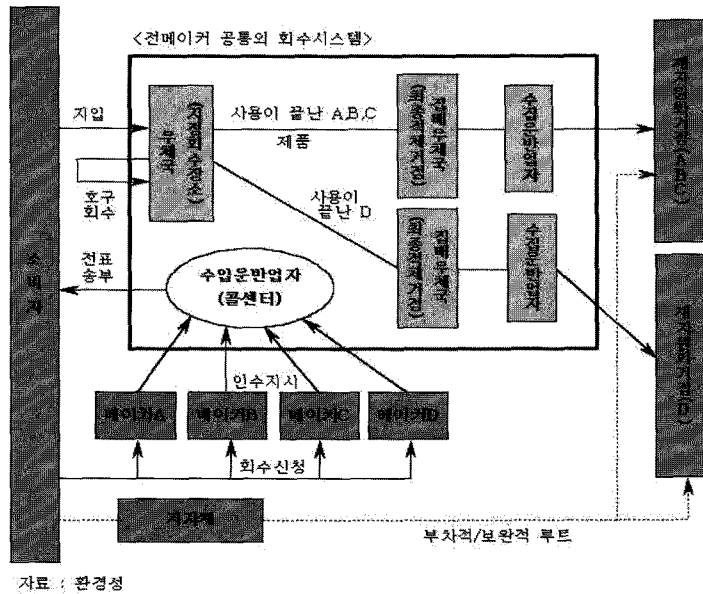
4.5. 에코타운사업

4.1~4.4에서 언급한 리사이클링산업 이외에도 다음 종류의 리사이클링 산업이 경영되고 있다.



자료 : 환경성, 경제산업성

Fig. 10. Collection and recycling system of PC for business.



자료 : 환경성

Fig. 11. Collection scheme of household.

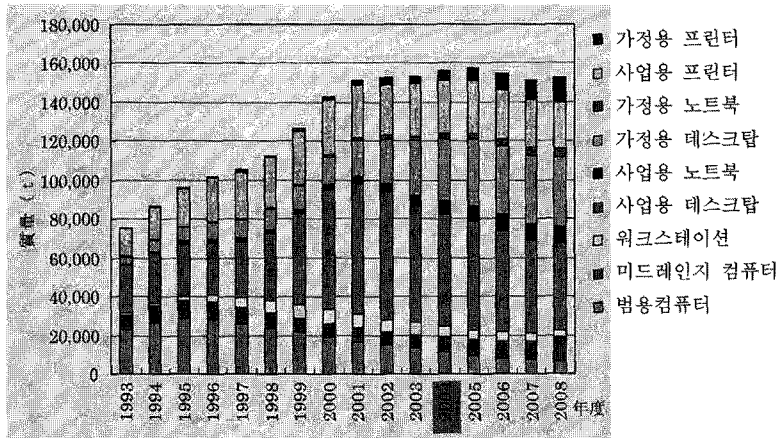


Fig. 12. Change in the estimated amount of spent IT equipment.

- 전선의 리사이클링
- 복사기의 리사이클링
- 신동품의 리사이클링
- 휴대전화 · PHS의 리사이클링
- 페가스 축매로부터 백금족 금속의 리사이클링
- 각종 표면처리공정 폐액으로부터의 금속 리사이클링
- 하이브리트카용 전지의 리사이클링
- 건설부산물의 리사이클링
- 소형 2차전지의 리사이클링
- 석유정제용 폐촉매의 리사이클링

- 건전지 · 형광관의 리사이클링
 - 전기로 제강분진에서 아연의 리사이클링
- 한편, 이러한 도시광산자원과 생활계폐기물을 처리·재자원화하는 산업단지 즉, 에코타운사업이 전개되고 있다. 일본 경제산업성에서는 Zero Emission 구상을 추진함에 있어 리사이클링정책에서의 파트너인 환경성과 연계하여 1997년도부터 21세기를 향한 새로운 환경도시만들기 계획, 「에코타운사업」을 창설하였다. 그리고, 2008년 현재 26지역에 에코타운사업을 승인하고 있다. 에코타운사업의 목적은 ① 개개의 지역에 있어서 지금까지의

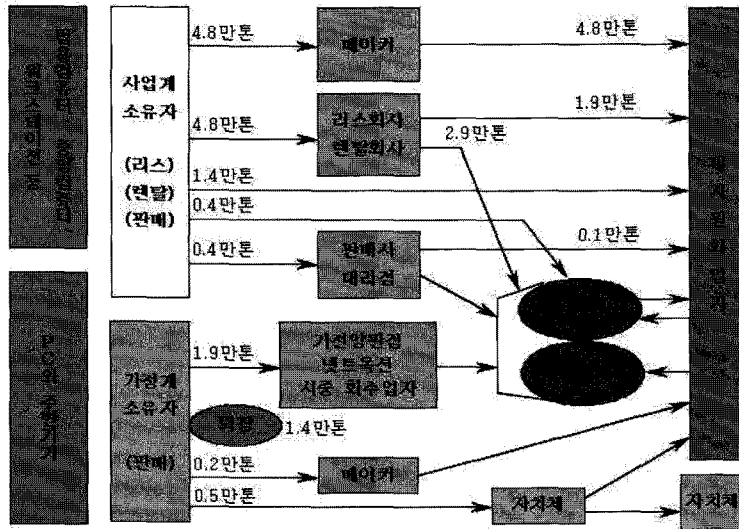


Fig. 13. Collection and processing routes of spent IT equipments and the amount in each route.

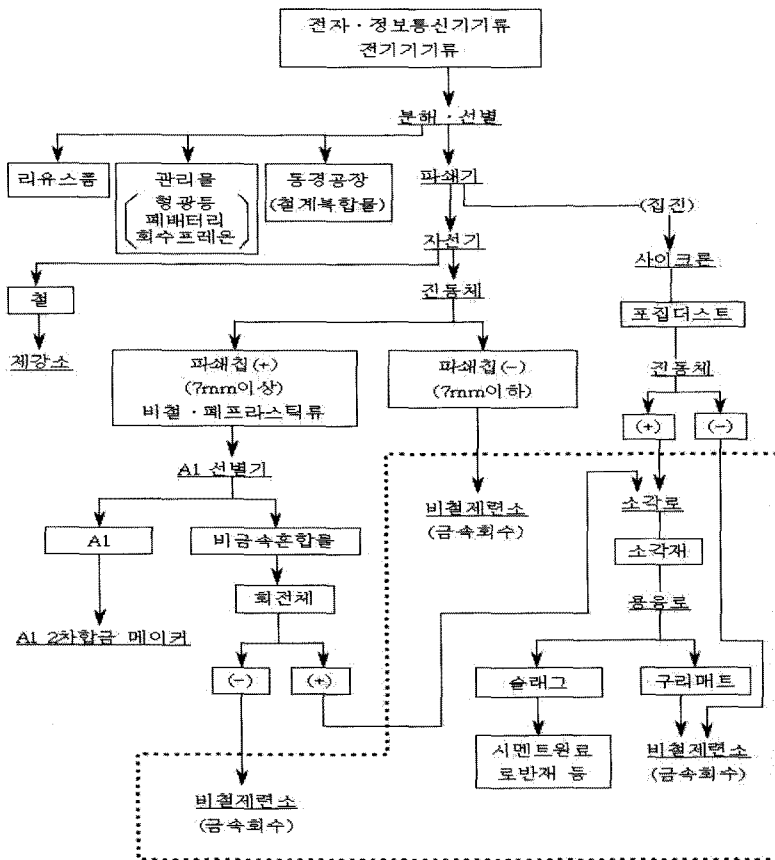


Fig. 14. Processing flowchart of Mito plant, Re-Tem Corporation.

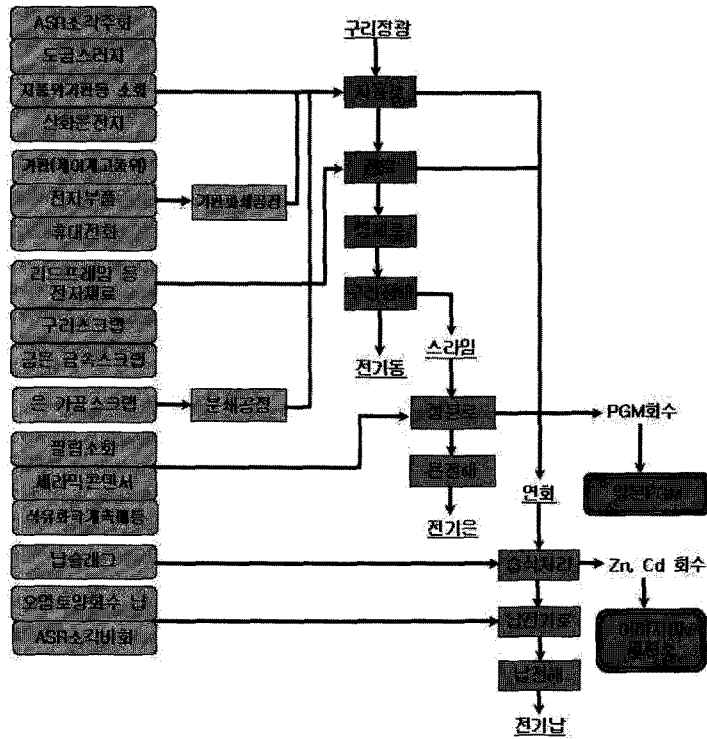


Fig. 15. Recycling process of KOSAKA Smelter Co., Ltd.

산업 축적을 살린 환경산업의 진흥을 통한 지역진흥 및 ② 지역에 있어서 자원순환형사회의 구축을 목표로 한 산업, 공공부문, 소비자를 포함한 종합적인 환경조화형 시스템의 구축이다.

구체적으로는 지방공공단체가 추진계획(Eco-Town Plan)을 작성한 경우, 승인을 받으면 하드면에서는 「환경조화형지역진흥시설정비비보조금」에 의하여 민간 등이 건설하는 제조플랜트 및 리사이클설비 등의 리사이클 관계설비 정비에 필요한 보조금을 받는다. 소프트면에서는 환경조화형지역진흥사업비보조금에 의하여 정보제공사업에의 조성, 환경관련 연수 및 환경관련 강습회의 실시, 환경지도의 조성 등 지역특성에 응해서 종합적·다면적인 지원을 받는다.

Fig. 16¹⁷⁾에 일본 전국 에코타운사업의 승인지역 지도를 도시하였다. 이 지도에서는 각 지역 에코타운사업의 종류, 에코타운 사업의 승인일시 및 에코타운사업비의 보조금 지원처 등이 수록되어 있으며, 아키다현(秋田縣)과 기타큐슈(北九州市)의 에코타운사업은 도시광산 리사이클링단지를 조성하고 있음을 알 수 있다. 예를 들면 北九州市의 에코타운에는 다음과 같은 리사이클링사

업체가 입주하여 도시광산 재자원화를 전개하고 있다.

① PET병 리사이클사업(西日本 PET병 리사이클(주), 1998년 7월 조업)

- PET병의 리사이클
- 처리능력 : 8,000톤/년
- 출자자 : 新日鐵, 三井物産, 北九州市 외

② 폐OA기기 리사이클사업((주)리사이클테크, 1999년 4월 조업)

- Fax, 복사기, 프린터, PC의 리사이클
- 처리능력 : 1,800톤/년
- 출자자 : 리코, 新菱

③ 사용 된 자동차 리사이클사업(西日本오토리사이클(주), 2000년 2월 조업)

- 사용 된 자동차의 리사이클
- 처리능력 : 12천대(당초), 24천대(계획)/년
- 출자자 : 吉川工業(株), 三井物産, 新日鐵 외

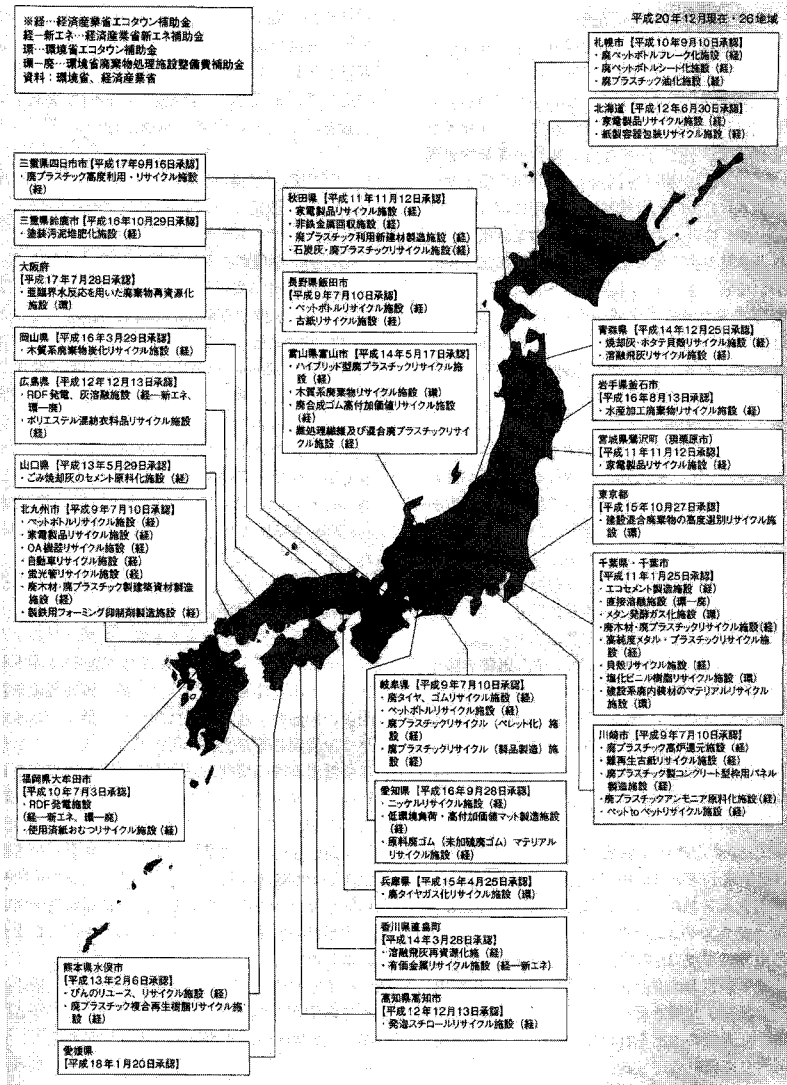


Fig. 16. Location map of Eco-Town business in Japan.

④ 폐가전 리사이클사업(西日本가전리사이클(주), 2000년 4월 조업)

- 가전리사이클법에 의한 특정가정용기기(TV, 에어컨, 세탁기, 냉장고)의 리사이클
- 처리능력 : 50만대/년
- 출자자 : 東芝, テルム, 松下電器 외

- 출자자 : (주)キャピタル・キューテン, 西日本プラント工業(주)

(*) 기타, 複合中核施設の 정비, 물류시스템의 형성, 건설자재리사이클, 中小리사이클산업단지 등도 계획.

⑤ 페브라운관 리사이클사업((주)ジェイ・リライツ, 2000년 5월 설립, 2001년 5월 조업)

- 페브라운관의 리사이클
- 처리량 : 2,900만개/년(최대)

본 「에코타운사업」은 지금까지의 컨셉으로 제창해 온 「Zero Emission 구상」을 상기와 같이 실제 지역의 환경조화형경제사회 형성을 위한 기본 구상으로 자리 매김하고 있다. 에코타운은 지역 진흥의 기축으로 추진함으로써, 환경조화형 지역경제 형성의 관점으로부터

기존의 틀에 구애받지 않은 선진적인 환경조화형 도시 만들기를 시행함과 더불어 민간의 힘에 의해서 환경대책의 효율화를 추진하는 의의를 갖는 것이다.

5. 맺는 말

日本은 금속자원 소비대국이고 각종 금속 축적량 대국이기도 하다. 레어메탈 세계소비량에서 차지하는 日本의 비율은, In 60%, Co 25%, REE 24%, W 12%이다. 그리고 日本의 도시광산 자원량과 각 자원국의 레어메탈 총 매장량과의 비율은, In 16%(세계 2위), Ta 10%(세계 3위), Pt 4%(세계 3위)를 나타내고 있다. 이러한 잠재적인 금속량은 지속적인 도시광산 리사이클링 산업의 개발과 추진을 예고하고 있다.

도시광산 자원의 리사이클링율은 자급률로 계산할 때 Pb 50%, Fe 33%, Al 25% 이고, Hg, Au, Cd, Mn, Mo, Ag 등이 이어지고 있다. 그러나 기능재료에 첨가되는 레어메탈 및 REE 등은 리사이클링 기술개발 단계라고 할 수 있다. 사용이 끝난 제품(자동차·가전제품·PC 등)의 리사이클링업계에서는 법정 기준치를 상회해서 재자원화하고 있다.

본고는 日本의 도시광산자원의 재자원화산업의 전반을 파악·탐색하기 위한 것이며, DOWA그룹, 日鑛金屬 그룹 등과 같이 재련소를 핵으로 한 종합적이고 탁월한 리사이클링시스템과 기술에 관해서는 다음 기회에 언급하고자 한다. 또, 日本은 지금 “도시광산 - 폐기물의 산을 자원으로 바꿀 수 있는가”의 구호를 내걸고 레어메탈의 리사이클시스템 연구사업을 추진하고 있다. 이 사업의 내용도 후일 소개할 예정이다.

부 기

본 연구는 국가청정생산지원센터의 에너지 자원순환 촉진을 위한 기반구축사업 과제의 일환으로 수행되었으며, 본 연구를 지원해 주신 국가청정생산지원센터에 감사드립니다.

참고문헌

1. 西山 孝, 2009: 레아메탈 자원 - 38원소의統計와展望, p. 7, 丸善株式會社, 日本.
2. ibid 1) p. 71.
3. ibid 1) p. 50.
4. 馬場研二, 2008: 地上資源が地球を救う, p. 66, 技報堂出版.
5. 日本環境省編, 2009: 環境白書, p.165, 日經印刷株式會社, 日本.
6. ibid 5) p. 193.
7. ibid 5) p. 190.
8. 日本 환경성 편, 2007: 環境白書, p. 184, (株)ぎょうせい.
9. ibid 5) p. 191.
10. ibid 5) p. 191.
11. ibid 5) p. 217.
12. ibid 5) p. 194.
13. ibid 5) p. 195.
14. Shigeo Tsujioka, 2007: Recycling of Electronic Equipments, J. of MMIJ, Vol. 123, pp. 793-795.
15. Kenich Nakajima(中島賢一), Kosuke Yoshikawa(吉川浩助), 2007: Recycling Technology of Electronic and Electric Equipments, J. of MMIJ, Vol. 123, pp. 796-798.
16. Takashi Morise(森瀬崇史), Masayuki Naka(仲雅出), Toshikazu Shiratori(白鳥壽一), 2007: Metal Recycling Efforts of Dowa Group, J. of MMIJ, Vol. 123, pp. 758-762.
17. ibid 5) p. 225.

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
-