

금속자원리사이클링의 필요성

오 재 현 (延世大學校 金屬工學科 教授, (社)韓國資源리사이클링 學會長)

I. 環境과 資源리사이클링

숲이 우거지고 맑게 흐르는 개울물에 아이들이 고기를 잡고 있는 행복스러운 자연환경을 그려본다. 우리의 삶의 궁극적인 목적은 행복에 있고 행복의 첫째 조건은 건강에 있는데, 이 건강은 자연환경과 너무도 밀접한 관계가 있기 때문에 우리는 항상 좋은 자연환경속에 살고 싶어 한다. 그러나 남산타워에서, 강남이 흐리게 보이는 탁한 공기 속에서 숨을 쉬고 안양천에서, 탄천에서 또는 중랑천에서 오물이 흘러 들어오는 한강물을 마시면서 우리의 환경을 걱정하는 사람이 나 하나만은 아닐 것이다.

그뿐만 아니라 우리들에게 돌도 없는 지구가 병들고 있다. 산성우(酸性雨)에 의한 삼림의 파괴, 남벌에 의해 소멸의 위기에 처해 있는 열대우림(熱帶雨林), 사막의 확대, 오존층의 파괴, 지구의 온난화(溫暖化)현상 등 지구의 위기는 지금 세계의 도처에서 일어나고 있다.

사람이 살고 있는 지구는 지금까지 무한한 포용력을 갖는 것처럼 생각되었다. 인류가 지구에 아무리 상처를 주어도 시간의 경과와 더불어 곧 자연의 정화능력과 복원력이 작용하여 원래의 건강한 모습으로 돌아갔었다.

그러나 과학기술을 배경으로 한 산업의 급속한 발전과 인류의 끊임없는 윤택한 사회의 추구 결과 무한으로 생각되었던 자연의 정화능력

과 복원력에도 한계가 드러나고 있다. 이 이상 계속해서 지구에 상처를 준다면 가까운 장래에 인류의 생존 그 자체가 위협받는 상태까지 이르리라고 우리는 피부로 느끼고 있다.

지구환경을 악화, 오염시키고 있는 가장 큰 요인은 에너지와 자원의 풍요로운 소비에 있다. 18세기 후반의 산업혁명 이래 에너지 및 천연자원은 무진장이고 자연의 정화능력에도 한계가 없는 것으로 알았다. 그리고 지하자원의 이용량과 이용형태의 고도화를 문명진보의 지표처럼 생각해 왔었다. 냉난방이 잘된 쾌적한 주택, 자동차, T.V, 냉장고 등의 내구소비재의 보급, 호화스러운 식사 그리고 해외여행. 왕년에는 왕족이나 귀족조차 향유할 수 없었던 풍요로운 생활을 우리들은 쉽게 누리고 있다.

그러나 이러한 번영의 이면을 볼 때, 산업활동과 활발한 소비행동의 결과로 폐기물이 다종다량(多種多量) 배출되고 있음을 가까운 우리 주변에서 쉽게 볼 수 있다. 그래서 이 폐기물을 처리하는 처분지의 확보등 가정에서 나오는 쓰레기를 처리하고 있는 지방자치체를 비롯하여 기업등에 심각한 문제로 대두되고 있다. 그리고 최근 신문, 방송등에서 보도되고 있는 자국의 폐기물을 타국에서 처리·처분하려는 쓰레기의 월경이동(越境移動)도 세계적인 문제로 화제가 되고 있다.

한편 우리 소비자들의 다양화된 요구에 의해서 상품을 생산하고 있기 때문에 많은 귀중한

천연자원을 소비하고 있다. 우리나라는 대부분의 자원을 해외로부터 수입하여 생산활동을 벌이고 있다는 것을 감안할 때 유한한 천연자원을 아껴야함은 매우 당연한 일이다. 이 자원의 절약과 폐기물에 의한 환경오염을 방지하는 처리·처분의 두가지 문제를 새로이 인식한다면 우리들의 생활에서 발생한 폐기물을 재이용, 순환적인 재자원화(Recycling)하는 의의가 얼

마나 중요한가를 알고도 남음이 있을 것이다. 우리들의 생활은 방대한 천연자원을 소비함으로써 성립되고 있다. 그러나 세계의 주된 천연자원은 무진장으로 매장되어 있는 것은 아니다. 세계의 주된 천연자원의 매장량과 생산량부터 가채(可採)년수를 다음 표에서 보자. <표 1>은 각각의 자원의 확인매장량을 연간 생산량으로 나누어 산출한 것이다.

<표 1> 세계에너지-자원매장량

구 분	매 장 량	연간생산량	가채년수(년)
석 유	6,974억 Barrel	204억 Barrel	34
천 연 가 스	102조m ³	180백억m ³	57
석 탄 (고 품 위 탄)	5,158억톤	29.6억톤	174
금	46,344톤	1,681톤	28
보 오 크 사 이 트	23,240백만톤	91,191천톤	255
구 리	566백만톤	8,465천톤	67
철 광	98,200백만톤	422,948천톤	232
코 발 트	8,346천톤	35,000톤	238
니 켈	100,926천톤	792천톤	127
주 석	3,080천톤	186천톤	17
납	142백만톤	3,390천톤	42
바 나 뎀	16,566천톤	27,294톤	607
회 토 류	47,000천톤	43,000톤	1,093

석유는 연료로서는 말할 것도 없고 우리들에게 불가결한 천연자원이다. 플라스틱, 의약품, 약품의 원료 등 여러가지 형태로 우리들의 생활에 이용된다. 그러나 지금과 같이 채굴을 계속한다면 이제 34년분 밖에 남아있지 않다.

천연가스는 57년, 금은 28년, 구리는 67년 등 많은 천연자원이 고갈의 위기에 직면하고 있다.

그뿐만이 아니라 우리들에게 목재와 산소를 부여하는 삼림이 급속히 줄고 있다. 우리나라는 대량의 열대목재를 동남아시아 등에서 수입하고 있다. 지구상에서 매년 약 1,130ha의 열대림이 선진국의 소비에 의하여 그 모습을 감추고 있다. 그 면적은 실로 우리나라와 거의

같은 넓이에 해당된다.

물질의 이용은 재사용이라는 사고를 수반하기 때문에 자원재활용은 인류탄생과 더불어 시작되었다고 생각된다. 그러나 21세기를 맞이하려고 하는 오늘날 자원리사이클링은 과거 어느 때 보다는 훨씬 중대한 과제로 되어 있고, 역사적으로 부과된 사명이라고 말할 수 있다. 그 까닭은 자원 다소비에 의한 “지하자원 매장량의 감소”와 “폐기물에 의한 환경 오염”이라는 인류가 과거 경험하지 못한 심각한 문제가 20세기 후반에 대두되어 있고, 이들의 해결에는 철저한 자원리사이클링이 첩경임을 우리들은 잘 알고 있기 때문이다. 그리고 폐기물을 소극적으로 처리하거나 혹은 그대로 매립한다면 식

수는 고사하고 공업용수조차 얻기 어려운 세상이 머지않아서 닥쳐올 것이 분명하다.

나는 일요일이면 빠짐없이 등산한지 20여년이 되었다. 북한산의 대성문에서 성벽을 따라 백운대로 이어지는 고색이 짙은 이 산길을 몇 번이나 오가고 한지 헤아릴 수 없다. 신록과 진달래, 철쭉의 타는 듯이 눈부신 단풍이, 낙엽과 설경이 산에 가지 않고서는 못 견디게 한다. 주중에 쌓인 짜증이나 스트레스가 거짓말처럼 깨끗이 가신다. 7일마다 리사이클(순환)되는 이 등산이 없었더라면 틀림없이 숨이 막히는 나의 생활이었을 것이다.

물질세계에 있어서도 자원의 리사이클링(반복재사용)을 하지 않는다면 우리가 스스로 쌓아올린 폐기물의 산더미 속에 파묻혀 숨이 막힐 것이다.

II. 金屬資源리사이클링의 必要性

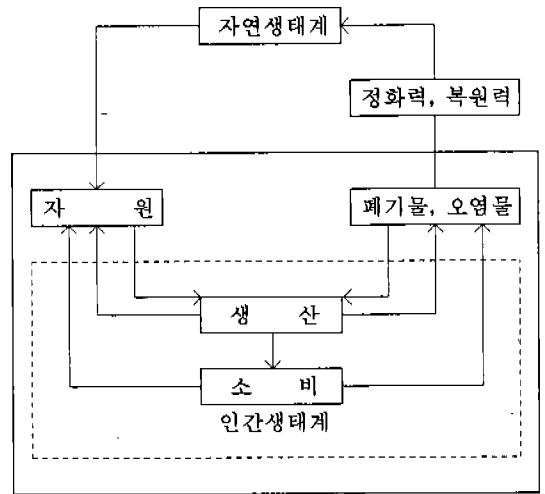
금속자원의 리사이클링은 “사회 시스템(system)의 일환으로서 즉 산업활동에 있어서 생산 루-트의 금속을 순환·사용하는 것”으로 정의할 수 있다. 리사이클링의 대상이 되는 금속자원은 당연한 일이지만 천연의 금속광물이 아니고 이차자원(二次資源)으로서의 금속질 혹은 금속 혼입 폐기물이다.

〈그림 1〉은 생태계와 폐기물의 관계를 나타낸 그림이다. 인간이 자연의 에너지와 자원을 이용해서 생산·소비 행위를 중심으로 〈그림 1〉과 같은 ‘인간생태계’를 창출하였다. 이 인간생태계의 생산·소비 및 폐기물, 오염물이 “인간·자연계의 물질대사”기구, 즉 평형을 파괴하고 자원 문제, 지구환경 문제가 인간 생존의 위기로 물고가고 있다.

따라서 이차자원의 최대한의 이용, 환언하면 철저한 자원리사이클링은 “자원의 연명”, “환경의 보존”이라는 인류가 直面하고 있는 두가지의 命題를 해결해주는 첩경이라 할 수 있다.

인류가 현재 이용하고 있는 금속지계는 약

70종에 달하고 있지만, 대부분은 산업혁명 후 19~20세기부터 이용하기 시작한 것이다. 또 금속의 1/3이상이 제2차 세계대전후 이용하게 된 것을 〈표 2〉로 부터 알 수 있다.



자연생태계 보존조건 : 정화력(복원력) > 인간생태계, 폐기물(오염물)

〈그림 1〉 생태계와 폐기물

〈표 2〉 세계에 있어서 금속 원소 이용의 역사

시 대	원 소 명
기 원 전	Cu, Zn, Ag, Sn, Au, Pb
기원전~1830	Na, K, Ca, Fe
1830~1840	Pt
1840~1850	Ba
1850~1870	Mn, Mg
1870~1880	Ni, Sr
1880~1890	Mg, Al
1890~1900	Si, W
1900~1910	Ti, V, Co, Cd, Th
1910~1920	As, Mo, Sb, Ra
1920~1930	Be, Cr, Te
1930~1940	Li, Nb, In, Os, Ir, Bi
1940~1950	Ga, Ge, Ta, Tl, U, Pu
1950~1960	Y, Zr, Cs, La, Hf, Re
1960~1970	Sc, Rb, Ru, Rh, Pd, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb

그리고 첨단 기술산업은 금후 최소 금속에 대한 수요를 증가시킬 것으로 생각하고 있다. (표 3, 4 참조) 즉, 자연계의 대부분의 금속원소가 우리들의 산업과 생활속에 이용되고 있다.

〈표 3〉 미국과 세계의 특수 금속에 대한 연간 수요 성장비(1983~2000)

(단위 : %)

금 속	미 국	세 계
Galium	10.1	10.2
Zirconium	5.7	5.6
Lithium	5.6	4.5
Germanium	5.4	6.9
Clumbium	5.3	5.1
Hanfrium	4.7	5.6
Iridium	4.2	3.7
Tellurium	4.2	2.7
Beryllium	4.1	4.5
Rhenium	3.5	3.4
Tantalum	3.3	3.2
Rare earths	3.1	2.6
Platinum	2.9	3.1
Rhodium	2.8	3.2
Thorium	2.6	3.1
Palladium	2.5	2.8
Gold	2.4	1.8
Ruthenium	2.2	2.1
Selenium	2.0	2.1
Titanium	1.8	2.8
Cadmium	1.7	1.8
Indium	1.5	1.6
Bismuth	1.4	1.3
Arsenic	1.2	1.5
Magnesium	1.2	1.1
Tin	1.2	1.0
Antimony	1.1	1.8
Silver	0.8	2.1
Thallium	0	(-1.5)
Mercury	(-0.4)	1.4

한편 지구환경 문제 및 폐기물 문제의 심각성은 모든 인간 활동과 모든 소재에 대해서 새로운 과제를 제기하고 있다. 즉 지금까지처럼 환경 및 폐기물 처리에의 영향을 충분히 고려하지 않고 추진한 생산과 소비, 생산 프로세스(process) 그리고 개개의 상품 및 기술과 재료에도 환경, 폐기물 처리 및 리사이클의 관점에서 재검토해야 될 시점에 와 있다.

〈표 4〉 미국내 사용재료의 연간 수요 성장 비율(1917~1985)

Basic Metals	Growth Rate(%)
Aluminum	2.3
Copper	0.7
Iron Ore	-3.6
Iron and steel	-0.7
Lead	-1.2
Zinc	-1.2
Agriculture Minerals	
Phoshate Rock	2.7
Potash	2.0
Sulfur	1.8
Building Materials	
Cement	0.4
Sand and Gravel	-0.8
Advanced Materials	
Cobalt	1.1
Gallium	8.7
Germanium	4.9
Plastics	6.2

인류의 기술발전의 방향은 자원을 이용해서 생산하는 기술(동맥계통)은 많이 발전하였지만 폐기물을 적정히 처리하는 재자원화 기술(정맥계통)은 발전이 늦다. 즉 동맥계통과 정맥계통이 언밸런스(unbalance)한 기술 발전을 해 온 것이다.

폐기물 자원화 및 감량화를 촉진하는 움직임은 선진 공업국 공통의 공공정책이다. 가령 구

라파에서는 리사이클 시스템(recycle system)을 포함한 LNWT(Low and Non-waste Technology)를 도입함으로써 생산체계를 근본적으로 자원·환경 보전형으로 변혁시켜 가는 일을 시행하고 있다.

대량 폐기사회부터 리사이클 사회의 전환이 요구되는 오늘날, 리사이클에 대한 사회적인 요청이 높아지고 있다. 리사이클 사회를 형성하기 위한 기술개발과 사회조직을 병행시키는 방법을 모색하는 것이 앞으로 중요한 과제가 될 것이다.

〈참고 문헌〉

- 原田種臣, 1987, “資源 リサイクルの展望”, 日本鑛業會關東支部金屬資源のリサイクルに關する研究會資料.
- 末石富太郎, 植田和弘, 1981, “社會金屬學の提唱—金屬移用の社會的評價に基づく金屬リサイクルの考之方—”, 日本金屬學會會報, 20(6), 465~471.
- H.Enzer, 1988, Miner. Proc. Ext. Met. Rev., 3, pp.11~28.
- Anon, 1992, “Mineral Commodity Summaries”, U.S. Bureau of Mines, 204.