

형광등 리사이클링 제도와 자원화 기술

*吳 在 賢

연세대학교 명예교수

Recycling Status of Fluorescent Lights in Korea

*Jaehyun 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 Yeogsam-dong,

Kangnam-ku, Seoul, 135-703, Korea

1. 형광등 처리제도의 변천

형광등은 폐기물 관리법에 의하여 생활폐기물로서 배출되고, 지자체에 의하여 수집·매립되어왔다. 1992년, 자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법(리사이클법)이 제정되어, 1993년부터 폐기물 처리부담금 5원/개를 부과하게 되었다. 1996년에는 폐기물 처리 부담금이 수정되어, 저수은 형광등은 6원/개, 기타 8원/개의 부담금이 2000년까지 부과해 왔다. 형광등에는 미량의 수은이 함유되어 있어 유해폐기물이지만, 2000년까지는 일반 폐기물로서 수집 처리되어 왔었다. 최근 OECD가 개발한 확대생산자책임제도(EPRS) 도입의 일환으로, 형광등 제조업체에서는 2000년 6월에, (사)한국형광등재활용협회를 설립하고, 2000년 11월에는 생산자와 정부간 자발적 리사이클 처리협약을 체결하였다.

이러한 일련의 조치 상, 2001년 1월부터 부담금이 예치금(88원/개)으로 바뀌고, 협회원에 한하여 생산자는 예치금이 면제되었다. 즉, 2001년부터 확대생산자책임제도(EPRS)가 예비적으로 시행되고 있으며, 2003년 1월부터 본격적으로 EPR제도에하여 폐형광등이 리사이클 될 전망이다. 이러한 형광등 처리제도의 흐름을 Table 1에 표시하였고, Table 2에 연도별 부담금 납부액을 표시하였다.

2. 형광등 출하동향과 유통

Table 3 은 우리 나라 최근 형광등 출하동향을 표시하였다. 2000년도 直管型+丸型의 출하량은 115,497 천개로 증가추세였으나, 2000년 9월 대비 2001년 9월의 출하동향은 직관형이 73.8%, 환형이 77.1%로, 전년도에

Table 1. 형광등 처리제도의 변천

1993.	폐기물처리부담금 5원/개
1996.	수정폐기물처리부담금 6원/개 저수은형광등, 8원/개 기타
2000. 6. 1.	(사)한국형광등재활용협회 설립
2000. 11. 6.	생산자와 정부간 자발적리사이클 처리협약체결
2001. 1. 1.	부담금이 예치금으로 바뀜. 예치금 88원/개 확대생산자책임제도 예비시행. 협회원 예치금 면제
2003. 1. 1.	확대생산자책임제도(E.P.R.S) 시행

자료 : 환경백서(2001)를 참고로 필자가 작성

Table 2. 연도별 부담금 납부액 (단위 : 천원)

'96	619,207
'97	655,211
'98	996,838
'99	772,456
2000	1,014,502

자료 : 환경백서(2001)

* 2001년 12월 15일 접수, 2002년 1월 23일 수리

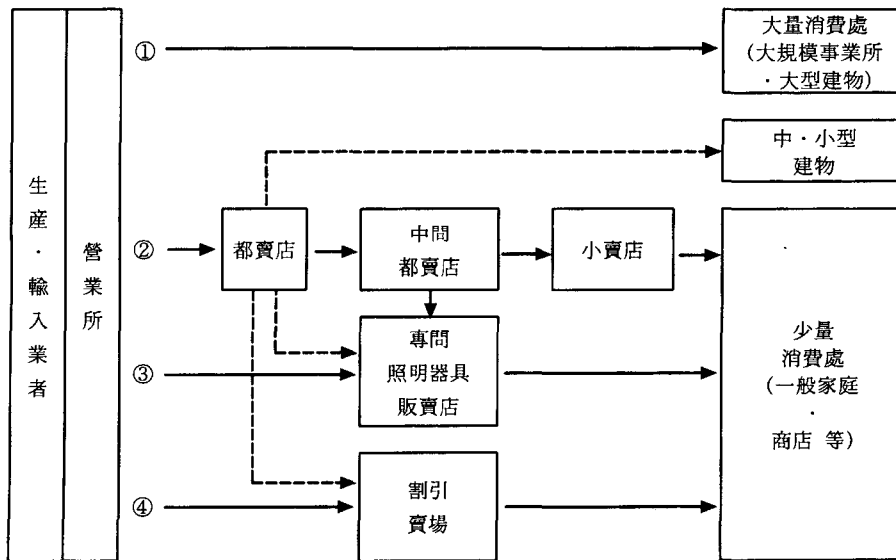
* E-mail: kirr@kirr.or.kr

Table 3. '97~2000년 형광등출하동향

(단위 : 천개)

DIV	1997	1998	1999	2000	2000. 09.	2001. 09.	前年對比
직관형	111,064	80,284	95,526	107,050	80,288	59,241	73.8%
환 형	12,646	8,771	10,402	8,447	6,335	4,884	77.1%
소 계	123,710	89,055	105,928	115,497	86,623	64,125	
증가율	0.00%	71.99%	118.95%	109.03%			
안정기내장형	5,673	6,086	4,520	5,224	3,918	4,965	126.7%
Compact형	6,546	7,007	7,849	10,118	7,589	9,656	126.8%
소 계	12,219	13,093	12,369	15,342	11,507	14,591	
증가율	0.00%	107.16%	94.46%	124.04%			
소 계	135,929	102,149	118,296	130,839	98,129	78,716	80.2%
(M/S)	0.00%	75.15%	115.81%	110.60%			

자료 : (사)한국형광등재활용협회



자료 : (사)한국형광등재활용협회

Fig. 1. 형광등유통체계

비해 감소되었다. 한편 안정기내장형과 콤팩트형은 같은 대비로 보면 각 126.0%의 신장을 보이고 있다.

형광등의 수명을 2년(KS : 8,000시간)으로 본다면 2002년에는, 직관형의 폐형광등이 약 1억개(약 2만톤) 배출될 것이다. Fig. 1은 형광등의 유통체계를 도시한 것이다. 영업소에서 대규모사업소나 대형건물로 직접 납품하는 경우, 도매상과 중간도매상, 소매상을 통해서 혹은 전문조명기구판매점을 통해서, 또는 할인매장을 통

해서, 일반가정에 판매된다. 도매상에서 중소형건물, 조명전문기구점, 혹은 할인매장에 납품하는 경우도 있다.

이러한 유통체계의 파악은, 형광등 리사이클링공장으로 폐형광등을 수거 반입하는 체계확립에 도움이 될 것이다. Table 4는 형광등 구성물질과 체원을 표시한 것이다. 무기수은이 형광등 개당 평균 30 mg 함유되어 있으나, 최근 평균 10 mg까지 줄이는 개발이 시도되고 있다. 직관형 폐형광등에서 개당 30 mg의 수은이 배출

Table 4. 형광등 구성물질과 제원

		직관형		환형
Watt		40W	20W	30W
유리관		230 g	110 g	160-170 g
형광체		5-7 g	2.5-3.5 g	2-3 g
전극		6-7 g		
봉입가스		5-8 mg	2.5-4 mg	2-3.5 mg
무기수은		10-50 mg(평균 30 mg)		
금속		5-6 g		15 g
금속 접착제		4-5 g		-
중량개		255 g	130 g	190 g
크기	관직경	32.5 mm	32.5 mm	32 mm
	길이	1,19 8mm	580 mm	230 mm (환내경)

자료 : (사)한국형광등재활용협회

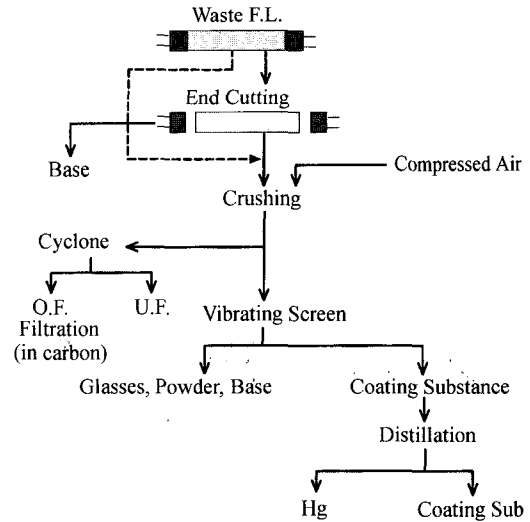
된다고 가정한다면, 1년에 약 300 kg의 수은이 환경을 오염시킨다고 생각된다.

3. 폐형광등의 자원화기술과 전망

3.1. 한국형광등재활용공사

Fig. 2는 한국형광등재활용공사(경기도 화성군 봉담읍 덕우리 소재, Tel 031-227-5833~4, 사장 : 김용출)의 폐형광등 처리공정도이다. 철도, 지하철공사 대형건물 혹은 지하체에서 반입된¹⁾ 폐형광등(주로 직관형)은 먼저 Flame에 의해서 End cutting을 행한 후 분쇄한다. 폐형광등을 파쇄해서 수송하는 것이 수송효율도 높지만, 깨져있을 경우에는 불순물이 혼입되기 때문에, 리사이클에 어려움이 있다. 따라서 깨지지 않은 것만, 또 깨지지 않도록 운반하고 있으며, 한편 이 plant(스웨덴의 MRT제)는 온전한 것만 처리하도록 설계되어 있다. 당사는 이 plant에 약간의 개조를 행하여, 환형 형광등도 점선에 보는 것처럼 분쇄기에 직접 넣어 처리하게끔 시도하고 있다.

외부와 차단된 End cutting실에서 Base(Tap)가 절단되고 유리관만이 분쇄기에 장입된다. 이때 분쇄기에 압축공기가 도입되어 관벽에 부착되어 있는 형광체를 박리하게끔 한다. 이 형광분체에는 수은이 흡착되어 있



자료 : (사)한국형광등재활용공사자료를 참고로 필자가작성

Fig. 2. 폐형광등 처리공정도

다. 이 분쇄장치에는 비산되는 미립분체와 공기가 cyclone에 흡입되도록 밀폐되어 있고, cyclone에서는 미립분체(U.F)와 공기(O.F)를 분리한다. 이 공기는 활성탄소에 여과되어 정화되며, 대기에 방출된다. 분쇄산물은 진동체에서 유리 와 형광분체로 분리되고, 형광분체는 cyclone의 U.F와 합해져 증류장치에서 수은과 형광분체로 분리된다. 유리와 수은은 재활용되고, 형광분체는 매립된다. 환형 폐형광등을 처리 시에는 진동체에서 유리, Base, 형광분체가 혼합되어 배출, 매립하게 된다.

이 공사는 금호전기가 도입했던 스웨덴 MRT제 Recycling plant를 양도받아, 1,350,000천원의 설치비를 들여, 2001년 3월 31일 1,000만개 처리를 목표로 이 plant를 가동하기 시작하였다. 현재 시간당 2,000개를 처리하고 있으며, 2001년 11월 7일 현재 20,000개일을 처리하고 있다.

3.2. 대만과 일본의 형광등 리사이클링현황

3.2.1. 대만

대만은 폐형광등이 현재 70,000천개/년 배출되고 있으나, 전부 매립하고 있다. 대만정부는 2002년 1월부터 형광등 생산자에게 23.98元/kg(약 900원/kg)의 예치금을 부과하고, 리사이클링업자(직관 만)에게는 44.62元/kg(약 1,670원/kg)의 처리비를 보조하도록 준비중이다.

¹⁾한국형광등재활용공사의 수거용 트럭으로 반입되기도 하지만, 수거비용은 배출자가 부담.

현재 台南에 소재하는 國立成功大學 資源·再生及管理研究中心(책임자 蔡敏行 교수)에서 형광등 리사이클링의 제도와 기술을 연구하는 프로젝트가 진행 중이다.

3.2.2. 일본

일본의 형광등 연간 생산량은 4.5억개(약 7만톤)로 추정하고 있다. 현재 형광등에 함유된 수은은 미량이기 때문에, 형광등은 유해폐기물로 지정되지 않고, 안정형 처분장에 폐기 매립되고 있다. 市, 町, 村에 따라, 수은이 함유되어 있다는 이유로, 분별해서 전문처리업자에게 위탁하고 있는 곳도 있다(년에 한번 회수). 가령 DENSO는 사내에 폐형광등 야드를 설치하여 모아서 野村興産으로 보낸다. 일본 전국의 폐형광등 대반이, 수은처리의 최강자인 北海道의 野村興産イトムカ工業所로 반입된다. 이 工業所에의 반입량은 다음과 같다.

1998년	3,300톤
1999년	4,000톤
2000년	4,700톤(예기량의 약 7%)

野村興産은 본래 수은 생산회사로, 건전지 처리를 중심으로 하여, 수은정제기술을 보유하고 있으며, 수은을 이용하는 메이커에 대해서 판매하는 독보적인 기업이다. 뿐만 아니라 최근에는 새로운 비즈니스로서 형광등 리사이클에 진출하였다. 따라서 일본 厚生省도 野村興産에 폐형광등 반입을 적극 지도하고 있다.

일본 전국에서 생산되는 재생수은의 양은 연간 25~30톤이고, 형광등에 사용되는 수은량은 약 3.6톤(수은 전체의 약 10%)이다. 일본 전국에서 규모가 큰 수은 처리 전문회사는 野村興産을 포함해서 8社이다. 처리뿐만 아니고, 리사이클을 행하고 있는 회사도 있지만, 기본적으로는, 수은을 함유한 폐기물 반입시의, 처리금액으로서, 거래가 성립된다. 그 이유는, 리사이클을 하여도, 판로가 없고, 처리 회사에서 처리산물 출하시 무효는 고사하고, 역유상의 경우도 있기 때문이다. 그러므로 회사측에서도, 리사이클을 적극적으로 추진하려고 하는 움직임은 크지 않다.

일본에서는 수은의 유통단위로서 2.6l(34.5 kg)의 철병이 공업용수은의 유통단위로 되어있고, 한때는 철병 하나에 17萬円~20萬円까지도 하였으나, 현재는 2萬円으로 거래되고 있다. 한편 회수된 유리도 암면용 혹은 로반재로서 한정되어 있기 때문에, 매립하는 경우가 많다.

4. 확대생산자책임제도하에서의 형광등의 리사이클링

4.1. 정부의 폐형광등 회수·처리 실행계획

환경부는 2001년 2월에 Table 5와 같은 폐형광등 회수·처리 계획을 발표한 바 있다. 즉 2001년과 2002년에는 8,778천개(배출량의 약 9.0%)의 폐형광등을 처리한다는 목표를 설정하였다. 이 목표치는 1999년도 형광등부담금납부액 772,457천원을 개당 처리비 88원(예치금/개)으로 나눈 값이다. 이 88원의 근거는 환경부 용역 보고서에 처리비 : 88원, 수거비 : 27원, 수송비 : 25원, 계 : 140원/개로 산정되어 있음에 있다. 즉 한국형광등재활용공사에서는, 772,457천원으로 폐형광등 8,778천개/년의 처리가 이루어지도록 목표를 정하고 있다.

이러한 실행계획의 일환으로 2001년 3월 한국형광등 재활용공사가 설립되고, 2002년에는 이 공사에 Line을 하나 추가하여 처리량을 배가하고, 이와 별도로 전라도와 경상도에 각 Line 하나씩을 설치할 계획이다.

Fig. 3 은 환경부가 제시한 폐형광등 회수, 처리 계통의 모델이다. 사업소 배출분의 회수·처리는 어렵지 않겠지만, 가정의 배출분은 이 모델이 제시한 것처럼 흐르기에는 어려운 점이 많다. 첫째, 폐형광등(깨지지 않도록 포장케이스에 넣은 것을)을 무상으로 형광등 판매점에서 받아, 조명대리점이나, 처리공장에 수송한다는 것이 실현성이 없다. 형광등 전문판매점이 있는 것이 아니고, 철물점, 일반가게 등에서 판매하고 있기 때문이다. Table 6 은 폐기물관리법에 폐형광등 처리규정을 신설한 내용이다. 수은과 잔류물에 대해서 규정짓고 있다.

4.2. 형광등 리사이클링의 문제점

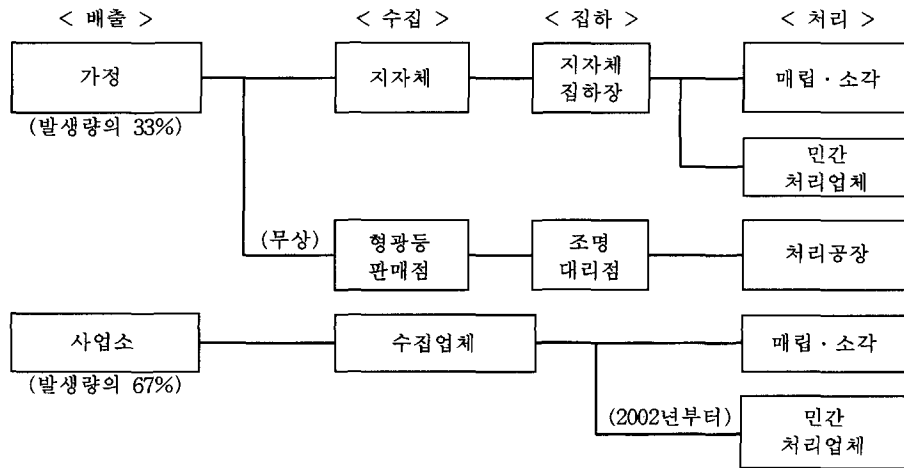
• 비경제적 재활용품목

Table 7 은 몇 가지 재활용 품목에 대해서 예치금과 제품 판매가를 대비하고 그 부담율을 산출한 것이다. 형광등은 타 품목에 비해서 부담율이 엄청나게 높다. 즉 형광등을 재활용하기에는 부담이 너무 크다. 제품의 값

Table 5. 폐형광등회수·처리실행계획

2001~2년	목표 8,778천개/97,221천개(9.0%) (8,778천개 = 772,457천원/88원)
2001. 3. 31.	1,000만개/년 처리공장설치 (설치비 1,350,000천원)
2002년	1 line 추가(공사) 전라도 1 line 경상도 1 line

자료 : 환경부



자료 : 환경부

Fig. 3. 폐형광등 회수·처리계통의 모델

Table 6. 폐기물관리법 폐형광등처리규정신설

◎ 수은	금속수은 혹은 수은화합물의 형태로 회수 재활용업자에게 매각 혹은 지정폐기물 최종처분장에 위탁처리
◎ 잔류물	유기물(유리, AI)은 재활용업자에게 매각 혹은 폐기물처리업자에게 위탁처리 기타잔류물(환형, 전구형유리)은 폐기물처리업자에게 위탁처리

자료 : 환경부

Table 7. 예치금과 판매가의 대비표

	예치금	판매가	부담율
타이어 중·소형	130 원/개	50,000 원/개	0.26%
TV 38원×20 kg	760 원/개	300,000 원/개	0.25%
냉장고 38원×30 kg	1,140 원/개	400,000 원/개	0.285%
형광등 FL-20W	88 원/개	500 원/개	17.6%
FL-40W	88 원/개	800 원/개	11.0%

자료 : (사)한국형광등재활용협회

과 구조상 재활용 품목으로서는 합당치 않다. 수은이 함유되어 있기 때문에 환경측면에서 재활용 해야한다면, 보조금 같은 지원책이 요망된다. 생산자 책임 하에서 리사이클링을 담당하기에는, 형광등 생산업체의 규모, 경영이 너무 어렵다.

• 수집·유통구조의 복잡성

앞에서 언급한 바와 같이 형광등은 유통체계가 복잡하여, 역경로로 수집한다는 것이 비현실적이다. 또 깨지

지 않게 운송한다는 것도 수집을 어렵게 하고 있다. 형광등의 리사이클링은 폐형광등의 수집과 운송이 절대적인 비중을 차지하고 있다.

부 기

형광등의 리사이클링에 관심을 가진 이후, 특히 EPR 제도하에서의 리사이클링에 있어서, 형광등은 부적당한 품목이 아닌가 하는 생각에 혼란을 느끼기도 한다. 이러한 불확실성에서 벗어나, 확실한 견해를 갖기 위해서, 더욱 많은 견문과 사고가 있어야겠다.

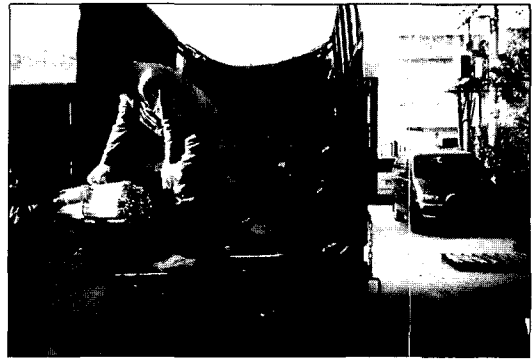
본고를 작성하는데 (사)한국형광등재활용협회 신평식 사무국장과, 한국형광등재활용공사 김용출 사장의 많은 도움을 받았다. 깊은 사의를 표한다.



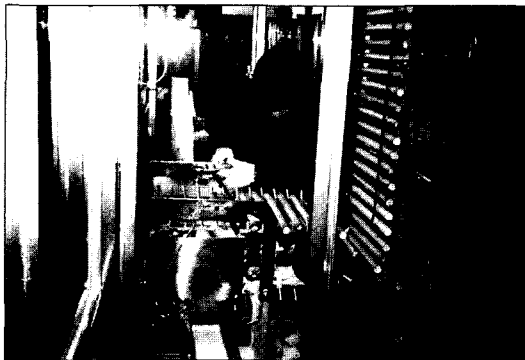
▲ 한국형광등재활용공사 공장입구



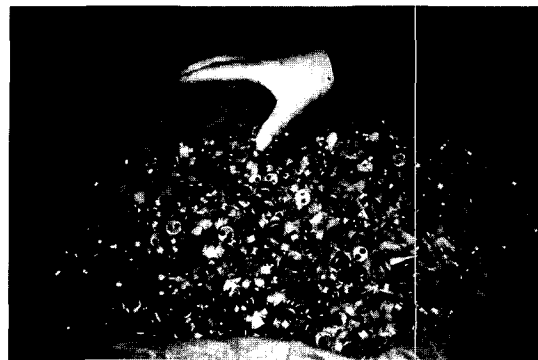
▲ 공사의 폐형광등 운반전용차



▲ 지자체 혹은 사업소에서 폐형광등의 반입



▲ End cutting실의 작업



▲ End cutting 산물의 Base



▲ 진동체의 Over size 산물인 유리(직관형)



▲ 진동체 Over size 산물인 유리, 형광분체 Base(환형)