

폐전지 재활용 동향

1. 폐전지 발생 현황

폐전지는 우리가 일상적으로 사용하는 핸드폰, 노트북, 카세트, 완구, 비상용 전원 등 각종 전자기기의 전원으로 사용되는 1차 전지, 2차 전지가 수명이 다하여 발생하는 폐기물을 일컫는다. 전 세계적으로 일년에 사용되는 전지는 약 30만톤으로 전지 1개를 평균 40그램으로 계산하면 1년에 약 75억개의 전지가 판매된다는 것으로 전 세계 인구가 1인당 1개 이상의 전지를 사용하고 있다는 것을 의미한다. 한번 사용하고 버려지는 1차 전지는 전체 총량의 약 80%를 차지하고 있으며, 충전하여 200~400회까지 재사용이 가능한 2차 전지로 납축전지가 10%, 니켈-카드뮴전지, 리튬이온전지 등이 나머지 10%를 차지하고 있다.

이와 같은 폐전지에는 유해금속인 납, 카드뮴, 수은 등이 포함되어 있고 또한 KOH, NH₄Cl, 리튬염, H₂SO₄ 및 유기용액 등이 전해액으로 사용되고 있어 환경에 미치는 영향을 무시할 수 없으며, 또한 표 1. 과 같이 은, 코발트, 니켈, 아연, 망간, 리튬 등의 유가금속이 포함되어 있으므로 환경을 보호하고 유한한 자원을 효율적으로 사용하기 위해서 폐전지의 재활용이 요구되고 있다.

표 1. 2003년 일본의 1차, 2차 전지 생산량, 판매금액 현황

구분	망간 전지	알칼리 망간전지	산화은 전지	리튬 1차 전지	기타 2차 전지	NiCd 전지	NiMH 전지	납 축전지	리튬이온전지
사용량(억개)	9.7	14.4	10.0	11.4	0.7	3.9	3.8	0.4	7.6
개수비율(%)	16	23	16	19	1	6	6	1	12
생산액(억엔)	185	760	102	478	31	471	511	1,426	2,978
금액비율(%)	3	11	1	7	0.4	7	7	21	43
단가(엔/개)	19.1	52.8	10.2	41.9	44.3	120.8	134.5	356.5	391.8

표 2. 1, 2차 전지에 사용되는 금속의 구성비율(단위: wt%)

battery type	Fe	Zn	Mn	Ag	Hg	Li	Pb	Ni	Cd	Co	rare earth
Zinc-Carbon	25	20	20								
Alkaline Manganese	25	15	30								
Li-Mn primary	50		25			2					
Silver oxide	40	10		30	0.5						
Lead acid							65				
Ni-Cd	35							20	20	1	
NiMH	35							25		2	4
Li-ion	31					2				12	

표 3. 은 연도별 1, 2차전지의 종류별 수출입 통계를 나타낸 것으로 최근 들어 리튬이온전지와 알칼리망간전지의 수입량이 증가하고 있음을 알 수 있다. 또한 각 전지 종류별로 연도별 수출입 물량과 개수를 평균하여 전지 개당 중량을 함께 나타내었는데 납축전지를 제외하고는 전지 개당 무게가 수십 그램 정도라는 것을 알 수 있다.

표 3. 연도별 1, 2차 전지의 종류별 수출입 현황(단위: 개)

전지별 수출입	2000		2001		2002		전지 중량 (g/개)
	수출	수입	수출	수입	수출	수입	
망간	277,632,588	86,702,520	266,799,348	80,594,493	265,859,452	75,994,086	39.0g
알칼리망간	41,796,961	147,625,450	85,798,674	136,647,227	111,782,575	181,344,393	18.9g
수은	1,420	3,343,225	20,830	619,360	362,955	1,270,621	22.4g
산화은	103,420	9,817,650	59,103	13,323,120	3,070	9,301,150	0.8g
리튬일차	3,908,806	28,112,857	4,446,581	22,187,512	9,432,865	29,057,766	9.9g
기타 일차	279,376	13,916,472	1,520,246	13,667,772	2,969,631	22,159,383	
리튬이온	9,067,557	65,719,136	15,136,105	88,371,290	51,023,668	129,672,195	28.3g
리튬폴리머	402,860	1,870,726	271,324	2,479,789	2,001,735	3,481,218	32.0g
납축전지	11,482,467	138,645	12,536,723	274,273	14,166,237	639,107	13.8kg
기타 납축	2,762,848	961,689	2,790,139	1,242,074	2,066,881	1,031,007	4.2kg
니켈수소	195,766	28,818,231	324,014	29,360,319	514,171	29,245,061	33.9g
니켈카드뮴	870,458	24,914,633	792,630	23,179,982	405,095	21,690,323	62.4g
기타 이차	10,116,133	17,447,416	7,640,972	11,778,295	12,211,276	13,677,150	

자료: 무역통계연감, 통계청

한편 표 4. 로부터 우리나라에서 연간 사용되는 전지의 양이 8억개가 넘는 것으로 추정할 수 있으며, 2000년의 경우 종류별 폐전지 발생량은 망간전지 약 2억5천만개, 알칼리망간전지 약 2억개, 납축전지 약 930만개, 산화은전지 2,000만개, 니켈카드뮴전지 2,200만개, 리튬전지 약 1,000만개 정도일 것으로 추정된다. 한편 리튬이온전지의 경우 2001년 4,000만 셀에서 2003년 1억2천만 셀로 급증하였다.

표 4. 1, 2차 전지의 국내 사용량

(단위: 천개)

구분	1차 전지			2차 전지		
	2000	2001	2002	2000	2001	2002
생산량	570,491	591,642	660,869	19,595	21,194	22,554
수출량	296,010	269,722	327,798	11,419	12,512	13,589
수입량	289,518	267,039	320,987	139,870	156,686	199,436
국내사용량	563,999	588,959	654,058	148,046	165,368	208,401

자료: '광공업 동태조사', 통계청 경제통계국 산업동향과

2. 국내 폐전지 재활용 현황

국내에서는 2002년까지 「자원의절약과재활용촉진에관한법률」(제18조)에 의거하여 예치금 및 부담금 제도를 적용하여 수은전지 개당 120원, 산화은전지 개당 75원, 니켈카드뮴전지와 리튬일차전지는 개당 16원(20g 미만)과 g당 0.8원(20g 초과)의 예치금을 부과하였으며 리튬전지 중 이산화망간 및 플루오르화 탄소리튬전지는 폐기물부담금으로 개당 2원씩을 부과하였다. 2003년부터는 폐기물 예치금 제도를 생산자책임재활용제도(EPR)로 전환하였으며, 생산자나 수입업자에게 일정량의 재활용 의무를 부여하여 이를 재활용하게 하고 이를 이행하지 않을 경우 재활용에 소요되는 비용 이상의 재활용 부과금을 생산자에게 부과하는 제도이다. 폐전지의 재활용 기준비용은 다음 표 5. 와 같다.

표 5. EPR대상 폐전지의 재활용 의무총량 및 기준비용(단위: kg)

폐전지 종류	2001년 총출고량	2002년 총출고량	2003년 의무총량	2004년 의무총량	재활용 기준비용
수은전지	-	-	-	-	g당 39.6원
산화은전지	2,284	1,391	2,056	1,252	g당 35.5원
니켈카드뮴전지	134,400	627,766	26,880	145,276	g당 0.78원
리튬일차전지	166,026	255,063	33,205	74,174	g당 0.80원

망간전지 및 알칼리망간전지는 1996년도까지 부담금 품목이었으나, 품질경영촉진법의 건전지 안전검사(1996년도) 항목설정으로 부담금에서 제외되어 현재는 전지 안전검사에 따라 제조단계에서 함유량이 수은 1ppm, 카드뮴 10ppm 이하가 되도록 품질을 관리하고 있고 사용 후 폐기되는 폐전지는 생활폐기물로 분류되어 처리되고 있다. 그 외에 공기아연전지, 니켈수소, 니켈철, 리튬폴리머전지는 일반폐기물로 처리되고 있으며, 휴대폰에 사용되는 리튬이온전지는 2005년도까지 EPR 대상에서 유예되어 있다. 한편 납축전지는 재생연합회에서 자율 관리되고 있다.

3. 국외 폐전지 재활용 현황

미국에서는 납축전지의 매립을 금하는 법안을 1989년부터 시행하였으며 1989년 이후 가정용 건전지의 폐기에 대한 대책을 수립하기 시작하였다. 유럽에서는 1980년대 후반부터 Hg, Cd, Pb를 포함하는 건전지들에 대한 폐기 및 재활용에 대

한 훈령을 수립하는 등 가장 적극적인 관심을 보여 왔는데, 이 당시에는 알칼리전지에 수은이 포함되어 있었으며 1993년도에는 0.1wt% 이하인 건전지만 시판되도록 규제하였다. EC에서는 1990년부터 4년에 걸쳐 폐전지의 폐기 및 재활용 프로그램을 개발, 이후 매 4년마다 개정을 하고 있으며 프로그램 내용에는 재활용을 가능한 처리공정의 개발, 폐전지의 분리수거 시스템 확립, 폐전지의 분리 폐기에 대한 내용을 포함하고 있다.

가. 유럽의 재활용

유럽에서는 46억개 연간 15만6,000톤의 전지를 사용하고 있으며 개수로 망간 전지 39%, 알칼리 51%, 단추형 2%, 2차 전지 8%이고 양으로는 각각 30%, 47%, 0.2%, 22%이다(밀폐형 납축전지 포함). 1993년부터 무수은전지가 시판되었으며, 전지 배출이 10년 걸리므로 구형 전지는 2003~2005년까지 배출될 전망이다. 무수은전지에도 2ppm 이하의 수은이 포함되어 있다(자연 상태의 존재량 정도). 2002년 2월 프랑스에서 5,000kg의 폐전지를 조사해보니 92%가 무수은이고 8%만이 구형 전지였으며 유럽에서는 생산 및 수입업자들이 폐전지 재활용을 위해 협회를 결성(CRO: National Collection and Recycling Organization)하였는데 EU에서는 국가별로 수거, 재활용 체계가 조금씩 다르게 이루어져 있다. 유럽의 재활용업체에는 프랑스의 SAVAM, SNAM, 스웨덴의 SAB NIFE 등이 가동되고 있다.

나. 스위스의 재활용

세계적으로 연간 30만톤의 battery가 사용되고 있으며 오스트리아, 덴마크, 스위스는 수거율이 60% 이상으로 높다. 아연은 소각되면 일부는 슬래그로 이동되는데 이는 도로노반재로 재이용되고, 기화된 아연은 전기집진장치에서 비산재로 회수되며 이 비산재는 아연과 납이 주성분으로 제네바에서 소각비용은 300스위스프랑/톤이다. 매립되는 경우에는 일반폐기물로 취급되면 150~300스위스프랑/톤, 특정폐기물로 콘크리트에 차단매립하면 1000스위스프랑/톤이다. 건식처리는 Sumitomo-Batrec 프로세스[월 160톤 처리시설 설치, 처리비용 6,700달러(수은처리포함), 2,380달러(제외)]에서 행해지고 있고, Recytec에서는 분말을 2차 아연제련소에 보내는 것으로 처리비용을 줄이고 있다(300~700달러/톤).

다. 미국의 재활용 현황

미국에서는 연간 30억개의 건전지가 사용되고 있으며 미국가정은 연간 35개에서 90개의 건전지를 사용하는데 무게로는 약 8만3,500톤에 이른다. 폐전지를 재활용하는 기술이 없고 수거의 어려움과 수거에 비용이 많이 드는 문제 때문에 폐전지

를 수거하는 지방자치단체가 없으며 재활용업체에서 수거가 이루어지고 있다. 건전지 제조업체로는 Duracell, Rayovac, Energizer 등이 있고 폐전지 재활용업체로는 INMETCO(니카드폐전지 수거, 처리), MERECO(수은, 산화은, 공기아연전지 처리), Recovery and Reclamation Inc(모든 건전지 재활용) 등이 있다.

라. 일본의 재활용 현황

1990년대 초반의 경우 연간 7만톤을 사용하고 있고 6,000톤을 재활용하고 있다. 1984년 일본보건복지부에서는 폐전지가 환경에 영향을 주지 않으므로 일반폐기물로 처리해도 된다고 발표하였지만, 폐전지를 처리해야 한다는 요구에 의해 1986년 3월 폐전지 수거처리협회가 결성되었다. 처리설비로는 노무라흥산의 이토무카 광업소에서는 수은을 처리해 왔으며, 1984년 클린저팬센터에서 함수은폐기물 처리를 위해 지원을 받아 1985년 연간 6,000톤(하루 20톤)을 처리할 수 있는 시설을 완성하였다. 1986년 3,276개 자치단체 중 295개가 참여하여 2,550톤의 폐전지를 수거하였으며, 이토무카 공장은 전처리로 산화은전지를 제거하고 회전로에서 600~800℃에서 수은을 증류시키고 잔사는 회전로에서 냉각시킨 후 분쇄, 자력선별되어 철과 아연 스크랩으로 나누어지도록 하였으며 처리비용은 폐전지 톤당 750달러, 운반비용은 거리에 따라 60~330달러 정도였다. 최근에는 Toho Zinc Co., Kansai Catalytic Co., Nippon Recycle Center 등에서도 재활용이 이루어지고 있다.

4. 향후전망

1, 2차 전지의 사용은 앞으로도 휴대용 전자장비가 단소경박형으로 발전함에 따라 그 사용량이 꾸준히 증가할 것으로 예상되며 사용 수명에 따른 차이는 있을지 몰라도 사용 후 버려지는 폐전지의 양도 계속 증가할 것을 예측할 수 있다. 유럽연합을 비롯한 선진 각국에서는 이미 2004년도부터 모든 전지류를 재활용하도록 법제화하였으며 우리나라에서도 2003년 수은, 산화은, 니켈-카드뮴 및 리튬 1차 전지를 EPR대상에 포함시켜 재활용을 의무화하였으며 2005년도부터는 리튬이온전지를 휴대전화에 포함시켜 EPR대상에 추가하고 있다. 또한 사용량이 가장 많은 망간전지, 알칼리망간전지를 EPR대상에 포함시키는 사항을 검토하기 위하여 제조업체, 환경부 및 폐전지재활용 협동조합등과 면밀한 협의가 진행되고 있다.

이와 같은 폐전지 재활용의 필요성에 따라 다양한 재활용 공정이 제시되었으며 그 중 일부는 상용화되어 플랜트가 가동되고 있다. 폐전지를 재활용하는 목적은 폐기물의 감소, 환경보호 및 유가자원의 재이용 등을 들 수 있지만 경제적, 생태학적인 면에서 폐전지 재활용공정이 경제성을 갖기 위해서는 다음과 같은 조건을 만족시켜

야한다.

- ① 충분한 양의 폐전지가 확보되어 있어야 한다.
- ② 재활용하고자 하는 폐전지 내 성분이 함량이 높고 가치를 가지고 있어야 한다.
- ③ 적용하고자 하는 처리기술이 에너지 사용량이 낮고 배가스 배출량이 적으며 처리 후 잔사가 적게 발생하여야 한다.
- ④ 폐전지로부터 회수되는 물질의 시장성이 높아야 한다.

그러나 현재 외국에서 상용화된 공정들은 대부분 기존의 금속제련 공정에 폐전지를 혼합 처리하는 공정으로서 기존의 설비를 활용하는 이점이 있는데 반하여 폐전지의 특성을 감안하지 않은 공정이라 회수율이 낮고 비교적 저가의 산물로 회수되는 단점을 갖고 있다. 또한 재활용해야 할 폐전지의 양이 최대 1만5,000톤 내외의 비교적 소규모 처리대상이므로 열처리, 연소, 건식고온 용융처리 등을 행하는 경우 초기 투자비용이 크고 대기환경오염 방지를 위한 시설비용이 과다해지고 정확한 물질수지 식의 정립이 어려우므로 소량의 폐전지를 고부가가치화 하기에 알맞은 습식 처리 공정을 개발하는 쪽으로 연구가 진행되고 있는 추세이다.

이와 같이 국내·외적으로 경제성 있는 폐전지재활용 기술이 여전히 요구되고 있는 실정이고 특히 사용량이 증가하고 있는 리튬이온전지, 니켈수소전지 등은 선진국에서도 완전한 상용화가 이루어져 있지 않으므로 이에 대한 적극적 연구개발이 필요하다. 또한 사용량이 가장 많은 망간전지, 알칼리망간전지는 비교적 저가의 금속들로 이루어져 있으므로 재활용기술이 경제성을 갖기 위해서는 고부가가치 제품을 얻을 수 있는 공정개발과 함께 생산자 또는 공공기관으로부터 적절한 보조금 지원이 요구된다.

보다 경제성 높은 폐전지 재활용 공정을 갖기 위하여 X-ray 선별기, UV 선별장치 등 혼합폐전지 들로부터 각각의 전지를 분리해내는 전처리 공정의 개발이 필요하다. 아울러 향후 시판 또는 개발 중인 최신전지동향을 주시하면서 향후 폐기물로 발생이 예상되는 연료전지, 태양전지 등을 대상으로 이에 대한 재활용기술을 지속적으로 연구개발해야 하겠다.

출처:리사이클링백서, 한국지질자원연구원 손정수박사