

폐PC 처리방안에 관한 고찰 (Disposition of the obsolete Personal Computers)

이 성 호*
(Sung-Ho Lee)

요 약 급속하게 발전하고 있는 pc는 그동안 환경에 거의 영향을 미치지 않는 청정분야로 인식되어 왔으나, 환경에 심각한 문제를 야기하고 있다. 몇 년 전만 해도 문제시되지 않았던 폐PC와 관련 장비는 건강과 생태시스템에 부정적인 영향을 미치고 있다. 본 논문에서는 우리 나라의 1999년말까지의 폐PC 발생량을 추산하고, 폐PC의 처리방안을 탐색하고자 한다.

Abstract Environmental problems arise from the rapidly developing personal computers and are gradually becoming a significant part of problems. Computer industry are usually viewed as relatively clean. However, discarded personal computer and related equipment which are piling up at warehouse, or going to landfills has on the negative effects of hazardous substance on health and the ecosystem are growing problems which did not trouble society a few years ago. This paper will estimate the quantity of the obsolete personal computer in 1999 and suggest the alternatives of its disposition.

1. 서 론

정보화 시대의 총아라 할 수 있는 PC는 급격하게 진행되고 있는 기술혁신에 의하여 종이없는 사무실을 가능하게 하였다. e-mail과 스크린 에디팅을 통하여 많은 양의 종이를 절감할 수 있게 되어있으며, 재택근무를 통하여 엄청난 양의 유류를 절감케 환경에 긍정하여 적인 영향을 미치고 있는 것으로 간주되어 왔다. 그러나 고성능의 컴퓨터가 출현함으로써 기존의 PC는 빠르게 진부화되어 새로운 PC로 대체되고, 진부화된 PC는 재사용, 재활용되거나 창고에 저장되어지고 마침내 폐기에 들어가고 있다. 제조단계에서의 폐기물발생 이상으로 제품 그 자체가 폐기물화되고 있으며, 발생량의 증가로 인하여 심각한 문제로 대두되고 있다. 카네기 멜론대의 예측에 의하면 미국에서는 2005년까지 5천5백만대의 PC가 매립되어질 것이고, 1억5천만대의 재활용 PC중에서 다시 1천5백만대의 PC가 매립되어져야 하기 때문에 엄청난 매립량과 매립후에 수계와 토양에 미치는 환경영향이 심각할 것으로 우려되고 있는 상황이다.[6] 우리 나라도 한국자원재생공사에 따르면 소각이나

매립을 통하여 폐기되는 중고 PC를 기준으로 1997년 20만대, 1998년 23만대, 1999년 27만3천대, 2000년 38만대로 예측하고 있으며, 버려질 PC는 1999년 91만1천대, 2000년 1백29만4천대로 예측하고 있어 이들이 환경에 미치는 영향을 분석하고, 이에 대한 대처방안을 마련해야 할 것이다.

컴퓨터 관련기술의 혁신에 의하여 컴퓨터의 크기는 줄어들고 있으나, 상대적으로 소비자들이 큰 모니터를 선호하는 관계로 컴퓨터 자체의 부피는 줄어들지 않고 있다. 또한 각종 주변기기들을 장착하는 관계로 이들의 수명주기가 다한 후 환경에 미치는 영향도 상당하리라 추측되어진다. 이와 같은 상황에서 폐PC에 대한 적절한 처리방안이 강구되어야 한다.

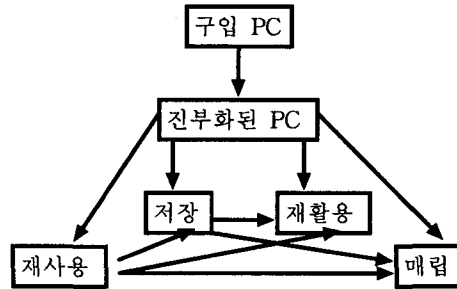
따라서 본 연구는 우리 나라의 폐PC의 발생량을 추산하고, 폐PC의 처리방안에 대하여 문헌을 중심으로 고찰하고자 한다.

2. 폐PC 발생량

2.1 PC의 수명주기

PC의 수명주기는 (그림 1)에서와 같이 새PC를 구입

* 상지대학교 산업공학과



(그림 1) PC의 수명주기 경로

(자료 : 카네기-멜론대 보고서)

하여 사용하다가 진부화되면 재사용, 저장, 재활용, 매립의 단계를 거치고 있다. 카네기 멜론대의 보고서에 의하면 이들 경로에서 재사용은 구입자에게 진부화된 후에 어느 정도 다시 사용하는 것으로 광범위한 개량없이 또 다른 사용자에게 되팔거나 양도하는 행태를 의미한다. 이는 비영리 단체나 자선단체 등을 통하여 PC가 수거되어 그대로 또는 약간의 수선을 통하여 시골 학교나 어려운 집단으로 보내지는 사례를 들 수 있다. 저장은 원래의 소유자가 진부화된 PC를 사용하지 않고 그대로 방치하여 저장의 양상을 보이는 경우이다. 이 경우에 약간의 공간을 차지하고 있는 이외에는 어떠한 목적에도 기여하지 않는다. 재활용은 PC가 분리되어 귀금속류 또는 금속류 등의 개별 물질을 추출하거나 또는 하부조립품이 폐물로 팔리는 것을 의미한다. 마지막 단계인 매립은 진부화된 PC가 재사용 또는 저장된 후 매립되거나, 곧바로 매립되어지는 것을 의미한다.

(그림 1)은 재사용과 저장은 PC 수명주기의 단지 중간단계이고, 재활용과 매립은 최종단계임을 보여주고 있다.

2.2 폐PC 발생량 추산

카네기 멜론대의 방법론을 우리 나라의 상황에 따라 수정하여 폐PC의 발생량을 추정하기로 하고, (그림1)의 수명주기경로에 따라 이들이 폐PC 발생량 추산에 이용된 가정과 자료를 언급하면 다음과 같다.[6]

첫째, 처음 구입자가 PC를 구입한 후 5년 이내에 PC가 진부화된다고 가정한다.(Data Quest, International Data Corporation, 컴퓨터업계의 자료) 여기서 PC가 진부화된 후에 매립이나 재활용되지 않는다면, 재사용과 저장단계에서 3년간 원래의 발생량대로 더 머물게 되는데, 이는 진부화된 PC가 총8년간 다음 수명주기단계로 머무르는 것을 의미한다. 저장된 PC는 8년 후에 재활용 또는 매립된다. 또한 재사용된 PC는 8년 후에 재활용되거나 매립되며, 재활용과 매립되기 전에 3년간 저장되어 질 수 있기 때문에

총11년간 저장되어 질 수 있다.

둘째, 진부화된 PC의 재사용, 재활용, 저장, 그리고 매립 비율의 결정은 정확한 자료가 없는 관계로 (그림 1)의 상위단계에서는 재활용과 매립은 거의 무시할 수 있는 것으로 가정하고, 관련업계와 개인 이용자들의 경험에 의하여 5년 후의 재사용 대 저장간의 비율을 1 : 1로 가정한다. 재활용된 PC는 소유자에게 더 이상 쓸모가 없는 8년된 PC이다. 이들 역시 재활용, 저장, 매립단계를 거치나 매립비율은 아주 작다고 가정한다. 유사하게 8년된 PC의 많은 양이 재활용되어지지 않고 있다. 그러므로 대다수의 PC는 차후의 폐기를 위하여 저장되거나 재활용된 단위로 남아있다고 가정한다.

셋째, 저장된 PC는 이용자가 진부화된 것으로 간주되었다고 가정하면, 이들 또한 재사용되어 질 수 있다. 유사하게 저장된 PC는 어느 정도 상대적 가치를 가지고 있다고 보아야 한다. 그러므로 저장은 단지 진부화된 PC로부터 잠재적으로 장래의 가치를 추출하기 위하여 이용자가 하는 행위이다. 초기 구입 후 8년에서 11년 사이인 이 시기에는 이 PC를 효과적으로 재사용할 확률은 거의 없어 보이며, 이들 PC의 대부분은 컴퓨터 재활용업체로 옮겨가는 것으로 끝나나, 여전히 얼마의 양은 매립된다. 대부분의 경우 이들 재활용 또는 매립에 관한 의사결정은 단위기준보다는 양기준에 의하여 이루어짐을 의미한다.

이러한 가정을 근거로 우리 나라의 폐PC 발생량을 추산하기 위한 기본 자료는 다음과 같다.

< 표 1 > 추산에 이용된 가정

변 수	값
PC의 초기 수명	5년
진부화된 PC의 재사용	45%
“ 재활용	5%
“ 저장	45%
“ 매립	5%
재사용 PC의 수명	3년
재사용 PC의 재활용	40%
“ 저장	50%
“ 매립	10%
저장된 PC의 수명	3년
저장된 PC의 재활용	75%
“ 매립	25%

< 표 2 > PC의 중량과 부피

기종	중량	부피
Desktop	23.00Kg	0.10 m ³
Notebook	3.5 Kg	0.005 m ³

가중평균(90/10) : 중량 21.05Kg

부피 0.09 m³

(Desktop vs Notebook = 90 : 10으로 가정)

<표 1> 폐PC 발생량 추산에 이용된 가정과 <표 2> PC의 중량과 부피 자료를 근거로 하여 1999년말의 우리

나라의 폐 PC 발생량을 추산하면 다음과 같다.

(자료 : ① 1990년부터 1999년까지의 PC 판매량은 한국 자원재생공사의 자료임. ② 1983년부터 1989년까지의 PC 판매량은 904,000대로 누계치의 자료이기 때문에 1983년을 기준으로 1 : 2 : 3 : 4 : 5 : 6 : 7 의 비율로 할당된 수치임. ③ 재활용 PC의 scrap율은 10%로 가정하였음. ④ Desktop 과 Notebook의 비율은 90 : 10으로 가정하였음.)

<표3-1>은 PC의 수명주기단계별로 연도별 새로운 PC판매량에 따른 진부화된 PC발생량과 진부화된 PC가 재사용, 재활용, 저장, 매립되는 양을 나타내고 있으며, 다시 재사용 PC가 재활용, 저장, 매립되는 양을 나타내고 있다. <표 3-2>는 저장된 PC가 재활용, 매립되는 양과 최종적으로 재활용, 매립, 저장되는 연간총량을 PC 대수와 매립량을 부피(m³)로 보여주고 있다. 이상과 같이 1999년말 폐PC 발생량과 매립량을 앞에서 언급한 가정과 상황에서 추산결과는 다음과 같다.

① 2000년에 매립되어야 할 폐PC 발생량은 459,100 대 정도로 추산된다.

② 2000년에 매립되어야 할 폐PC로 인한 총매립량은 부피기준으로 49,870 m³로 나타났다.

그러나 2000년에 매립되어야 할 폐PC의 발생량과 이의 공간의 문제는 각각 459,100대, 49,870 m³로 그다지 심각

< 표 3-1 > 폐PC의 발생량 추산 (단위 : 1,000대)

연도	PC 판매량	진부화된 PC	진부화된 PC의 처리				재사용 PC의 처리		
			재사용	재활용	저장	매립	재활용	저장	매립
1983	32								
1984	65								
1985	97								
1986	129								
1987	161								
1988	194	32	14.40	1.60	14.40	1.60			
1989	226	65	29.25	3.25	29.25	3.25			
1990	685	97	43.65	4.85	43.65	4.85			
1991	764	129	58.05	6.45	58.05	6.45	4.88	7.20	1.44
1992	911	161	72.45	8.05	72.45	8.05	11.70	14.63	2.92
1993	1,294	194	87.30	9.70	87.30	9.70	17.46	21.83	4.36
1994	1,490	226	101.70	11.30	101.70	11.30	23.22	29.03	5.80
1995	1,654	685	308.25	34.25	308.25	34.25	28.98	36.23	7.24
1996	1,890	764	343.80	38.20	343.80	38.20	34.92	43.65	8.73
1997	2,158	911	409.95	45.55	409.95	45.55	40.68	50.85	10.17
1998	2,465	1,294	582.30	64.70	582.30	64.70	123.30	154.13	30.17
1999	2,815	1,490	670.50	74.50	670.50	74.50	137.52	171.90	34.38

< 표 3-2 > 폐 PC의 발생량 추산

연도	저장 PC의 처리		연 간 총 량(대수)			매립량(m^3)		
	재활용	매립	재활용	매립	저장	매립으로 부터의 발생량	재활용으로 부터의 발생량	총계
1983								
1984								
1985								
1986								
1987								
1988			1.60	1.60	14.40	144.00	14.40	158.40
1989			3.25	3.25	29.25	292.50	29.25	321.75
1990			4.85	4.85	43.65	439.50	43.95	483.45
1991			11.33	7.89	65.25	710.10	101.97	812.07
1992			19.75	10.97	87.08	987.30	177.75	1,165.05
1993	5.40	1.80	32.56	17.72	109.13	1,594.80	293.04	1,887.84
1994	10.97	3.66	45.49	18.90	131.00	1,701.00	409.41	2,110.41
1995	16.37	5.46	79.60	46.95	344.48	4,225.50	716.40	4,941.90
1996	21.77	7.26	94.89	54.19	387.45	4,877.10	854.01	5,731.11
1997	27.19	9.04	113.42	64.76	460.80	5,828.40	1,020.78	6,849.18
1998	32.74	10.91	220.74	106.43	842.86	9,540.00	1,986.66	11,526.66
1999	38.14	12.71	327.62	121.59	855.11	10,943.10	2,948.58	13,891.68
누 계			955.10	459.10	3,370.46	41,274.20	8,595.62	49,869.82

하지 않은 상황으로 인식되기 쉬우나, 다음과 같은 상황을 고려하면 향후 발생량이 엄청나게 증가하기 때문에 매우 심각한 문제로 대두될 것으로 전망된다.

첫째, 1999년까지 저장된 PC 발생량이 3,370,460대로 PC의 수명주기단계에 따라 일부는 재활용되거나, 매립되어져야 하기 때문에 이로부터 발생하는 양이 매우 크다는 것이다. 물론 재활용 PC에서 발생하는 매립량도 포함하면 실질적인 매립량은 더욱 늘어날 것이다.

둘째, 기존 PC 이용자들이 새로운 기종으로 이전 보다도 더 빨리 대체하는 현실과 모니터가 점점 커져가고 있고, 또한 주변기기의 부착이 증가하고 있기 때문에 PC와 PC 관련 폐기물량은 빠른 속도로 증가할 것으로 예상된다.

셋째, 우리 나라의 폐PC 발생량의 문제는 2000년 이후에 지금의 PC 판매량의 증가율을 감안할 때, 빠른 속도로 엄청나게 증가하기 때문에 매우 심각한 상황이다.

2.3 PC가 환경에 미치는 영향

급속도로 발전하고 있는 컴퓨터 산업으로부터 예기하지 못했던 심각한 환경문제가 제기되고 있으며, 기술진보에 따라 점차적으로 중요한 문제도 대두되고 있는 상황이

다. 물론 아직까지 컴퓨터와 관련산업이 환경에 미치는 영향에 관한 명확한 결과는 없으나, 컴퓨터 시스템이 환경과 건강에 미치는 유해요소를 밝히려고 각계에서 노력하고 있다. 일반적으로 컴퓨터와 주변기기들의 가연성, 부식성, 반응성, 그리고 유독성 물질들이 마더보드, 디스크, 모니터, 프린터, 드라이버, 배터리, 케이블 등에 다량 포함되어 있는 것으로 알려지고 있다.[11] 발암물질인 페놀, 카드뮴, 납, 바륨 등의 맹독성 물질이 다량 함유되어 있기 때문에 매립 또는 소각 시에 수계, 토양, 그리고 대기의 오염을 가속시킬 것으로 예측하고 있으며, 이는 실리콘 밸리에서 심각한 상황인 것으로 알려지고 있다.

PCB에는 금, 은, 백금, 알루미늄, 구리, palladium, rhodium, tantalum, 프라스틱으로 구성되어 있고, 이들의 접착을 위해서 다량의 납이 사용되고 있다. CRT는 중금속과 기타 독성물질이 포함된 phosphor-based coating된 형광체와 납과 바륨이 포함된 유리로 구성되어 있으며, 컴퓨터의 핵심 부품인 chip의 경우에는 250 Pentium CPU용 8인치 silicon wafer 한 장을 제조하는데 벌크 개스 4,267 ft^3 , 탈이온수 3,023 ft^3 , 폐수 3,787 갤런, 화학물질 27 lb가 사용되며, 유해개스 29 ft^3 , 유해 폐기물 9lb가 발생한다고 텍사스 인스트루먼트사가 직접 밝힌 바 있다. 또한 PC의 전기 소모량은 1대당 8시간 사용을 기준으로 690Kwh(연간)나 되는 것으로 알려지고 있으며, 인체를 위

한 종이 사용량(미국의 경우 총매립폐기물의 33%가 종이류[17]), 플로피 디스크 사용량(매일 전세계적으로 400만장 정도가 사용됨[11]), 프린터용 카트리지, 리본 등의 사용에 의하여 환경에 미치는 영향은 매우 큰 것으로 알려지고 있다.[13]

3. 폐PC의 처리방안

3.1 각국의 동향

각국에서는 컴퓨터(전자산업 포함)분야의 환경문제가 이 분야에서의 주요 도전으로 인식하고 있으며, 이의 해결이 세계적인 경쟁력을 확보하기 위한 중요한 요소로 인식하고 있다.[12] 이 분야의 환경문제를 분석하기 위하여 관련산업, 정부, 그리고 학계에서는 컴퓨터 수명주기의 모든 단계에서의 환경문제를 분석하고, 경쟁력을 유지하면서 컴퓨터산업이 환경의식을 강화하는데 필요한 요인들을 밝혀내고, 환경의식을 보다 강화시키기 위하여 현행 방안을 조정하고, 새로운 방안을 강구하기 위하여 노력하고 있다.

3.1.1 일본

일본에서는 폐PC 처리에 대한 직접적인 방안제시는 없으나, 전자산업 분야와 포괄적인 환경문제에 대처하고 있다. 국제통상산업성(MITI)에서 이 분야에 대한 R&D를 지휘하며, 국영연구소, 현연구소, 대학, 그리고 산업체가 밀접한 협력체제 속에서 연구를 진행하고 있다. 1990년 MITI에서 "New Earth 21"이라는 이름으로 에너지의 효율적 이용과 보존, 청정에너지원의 대대적 도입, 혁신적인 환경지향기술의 개발, 그리고 에너지 관련기술 개발의 촉진 등을 주요 과제로 삼고 있다. 일본이 취하고 있는 정책은 조세감면제도의 시행이다. 이는 환경친화적인 설비, 장비, 제품, 그리고 공정의 고안을 조장하기 위한 것이다. 또한 에너지, 노동절감과 환경의식 장비에 대한 특별감면도 마련되어졌다. 반도체장비 제조업자에 대한 감면혜택률은 1991년 7%에서 1992년에 10%로 조정되었다. 1993년에 새로운 환경세감면을 도입하였는데 이는 소비제품의 재활용과 환경친화의식 기술의 이행을 조장하기 위한 것이다. 이 결과로 환경의식 기술과 제품을 변경시키는 지출된 특별적립금의 15%까지 감면할 수 있는 인센티브를 제시하고 있다. 그리고 CO₂ 공정, CFC 대체, 금속과 프라스틱의 재활용과 같은 환경 R&D 프로젝트의 연구비의 6%에 대하여 추가적인 세제감면 혜택을 주고 있다.

일본은 환경의식 기술연구활동의 대부분이 관련기업들이 수직적으로 통합되어 있어서 보다 효율적으로 진행되고 있다. 도시바의 'Environmental Engineering Lab', 소니

의 'Earth Environment committee', 산요의 'Save the Earth', 마쓰시다의 'Earth Environment Conservation Center', 히다치의 'Green Center'에서는 환경문제를 해결하기 위하여 활동하고 있다. 이러한 활동의 결과로 캐논은 수집된 레이저 카트리지의 95%를 재활용한 결과로 레이저 프린트의 유지보수비를 절약하고 있으며, 후지 제록스는 관련제품들의 중량기준 33%를 재활용함으로써 4억엔을 절약하고 있다. 히다치는 쉽게 분해되는 제품사양과 자연적으로 분해되는 물질 등과 같은 재활용과 관련된 150개의 특허를 받았으며, 자재의 재사용과 변경을 용이하게 할 수 있는 설계와 체제를 갖추었으므로 이 분야에서의 경쟁력을 높여가고 있다. 이러한 연구 성과는 폐PC 처리방안에 도 효율적으로 이용되어 질 수 있을 것이다.

3.1.2 유럽

유럽의 환경문제는 3P(polluter-pays principle)에 입각하여 엄격한 규제를 통하여 접근하고 있다. 또한 개별 국가와 유럽위원회에서 규제정책의 형식과 과정에 산업체와 협조적인 관계를 유지하고 있다. 가장 강력한 규제를 취하고 있는 국가는 독일로써 생산자와 공급자에 의한 컴퓨터와 전자제품의 의무적 수집과 최대 가능한 재활용을 요구하는 제도를 1994년부터 새행하고 있으며, 다른 회원국들도 비슷한 추세로 진행되고 있다.

유럽의 프로그램들은 제품과 공정에서의 재활용, 재활용과 환경의식 특성에 초점을 맞추고 있다. 환경의식 대안, 분해가 용이한 설계, 하부구조와 표준설정 분야에서 개별 국가와 산업, EC 조직과 산업, 학계내, 그리고 산업내에서 환경문제에 대하여 긴밀한 공조를 취하고 있다.

EC의 'EUREKA'라는 환경연구 프로그램은 21개 국가의 117개 환경 프로젝트로서 총 12억달러의 예산 규모이다. 이들 국가 중에서 독일은 연구기술부내에 분과를 두고 R&D의 국가예산의 5%인 4억7천만달러를 환경기술의 R&D에 배정하고 있으며, 네덜란드도 재활용 통합과 관련 공정분야의 청정기술 개발에 9천만달러를 제공하고 있다. 또한 영국도 CEST(The Centre for Exploitation of Science and Technology)에서 전자산업 실무그룹을 두고 전자제품에 대한 회수법을 제정하였으며, 환경문제에 대한 불확실성을 줄이기 위하여 제조업자, 공급자, 그리고 하청업자간의 협력과 파트너십을 통하여 유기적인 연계활동에 의한 이들 분야에서의 환경문제의 해결에 주력하고 있다.

3.1.3 미국

미국 산업내에서 컴퓨터와 전자관련 산업이 GDP의 11%를 차지하고 있고, 매년 4-5%의 성장을 예상하고 있다. 지금까지 이들 산업이 비교적 청정산업이라고 간주되어 왔으나, 이들 제품의 부산물 제조와 폐기에서 환경문제

의 중요성이 제기됨에 따라 이들 제품의 모든 수명주기에서의 대기, 수계, 토양에 미치는 영향에 대한 수많은 규제를 강화하고 있다. 이들 관련제품의 폐기물 이상으로 제품 자체가 가지고 있는 폐기문제의 심각성을 인식하게 됨에 따라 이들의 처리방안을 강구 중에 있다.

미국의 컴퓨터와 전자산업의 국제경쟁력은 폐기물 감소, 생산성 향상, 자재비 감소, 위험물질량의 감축, 그리고 제조시의 에너지 감축에 달려 있다고 간주하고 산업계, 정부, 그리고 학계간의 협력; 규제정책; 신기술의 개발과 이행; 기업실무; 교육면에서 환경적이고 에너지 의식 제조시스템을 구축하기 위한 국가적 목표를 설정하고, 이를 달성하기 위하여 노력하고 있다.

EPA와 MCC(The Microelectronics and Computer Technology Corporation)에서는 이 분야의 연구대상을 컴퓨터 워크스테이션으로 정하고 다양한 분야에서 환경문제를 해결하기 위한 연구진을 구성하였는데 이들 분야는 다음과 같다.

1. 화학제품/자재 : 자재의 제조와 폐기
2. 반도체 : 자재사용과 처리를 포함한 반도체 제조
3. 반도체 포장 : 웨이퍼 제조부터 모듈 /성형 포장까지의 1차 조립
4. PWB/컴퓨터 조립 : 구성품을 포함한 기판 조립 !
5. 컴퓨터 시스템 : 컴퓨터 조립과 내부주변기기(전력 공급, 외장과 드라이브)
6. 디스플레이 : 디스플레이 제조, 사용과 폐기문제
7. 교육 : 예비교육과 OJT까지의 전반적인 교육체제

3.2 폐PC 처리방안

폐PC의 처리방안은 크게 두 분야로 접근하여야 한다. 먼저 폐PC 발생량 자체를 줄이는 사전적 방안이며, 또 하나는 이미 발생된 폐PC를 효과적으로 처리하는 사후적 방안이다. 폐PC 발생량 자체를 줄이는 방안은 PC의 설계단계에서부터 모든 수명주기단계에서의 환경에 대한 영향을 고려하여 발생량 자체를 줄이는 방안과 환경에 미치는 영향을 최소화할 수 있는 방안을 고려하여야 하는 것이다. 또한 이미 발생한 폐PC에 대해서는 이를 재사용, 재활용을 통하여 사용수명을 늘리거나 발생량 자체를 줄이는 방안을 마련해야 한다.

3.2.1 사전적 방안 : 환경을 고려한 설계

컴퓨터의 설계단계에서부터 환경친화적인 접근방법에 의하여 원재료의 조달, 제조, 유통, 사용, 폐기의 모든 단계에서 환경에 미치는 영향을 최소화시킬 수 있는 방안을 강구하여야 한다. Design for Environmental(DFE) 또는 Green Design program이라 불리는 이 방법은 Apple,

HP, IBM, Compaq 등이 적극 참여하고 있다. 우리 나라도 1997년 환경부에서 컴퓨터 재활용설계 의무화를 1998년부터 실시하기로 계획한 바 있으나, 아직까지 실시되지 않고 있는 실정이며, 컴퓨터를 제1종 지정제품과 폐기물 예치금 제도 적용대상품목으로 지정될 예정이었으나, 이 또한 해당업체들이 폐기물 예치금이 준조세 성격을 띠고 있다고 반발하고 있어서 아직까지 실시되지 못하고 있다.

① 원재료 조달단계

환경친화적인 제품설계시 원재료의 조달단계에서부터 이를 고려하는 것이 중요하다.

이 단계에서는 환경부하가 낮은 자재를 이용하여 채취 단계에서의 자원고갈을 방지하고, 제조단계에서 환경부하를 줄일 수 있으며, 폐기단계에서 재사용과 재활용을 고려하여야 한다. 이는 제품개발시 환경을 배려할 수 있는 조치, 재생자원을 이용한 시장개척, 재생자원 사용 촉진을 위한 기술개발에 의한 재생자원, 미이용자원, 대체자재의 이용확대 방안을 강구하는 것이 요구된다. 또한 컴퓨터에 사용되는 자재의 선택은 독성물질의 사용을 예방한다는 차원에서 매우 중요하다. 컴퓨터의 설계시에 모든 독성물질을 제거하는 것은 불가능하다 할 지라도 CPU 케이스의 실딩을 납에서 프라스틱으로 대체, 배터리의 경우 수은에서 카드뮴 또는 니켈-카드뮴으로 대체, 반도체의 경우 실리콘과 비소에서 갈륨-비소기술 등의 보급 확산을 통하여 컴퓨터가 수명을 다한 후에 환경에 미치는 영향을 최소화시킬 수 있다.

② 제조단계

대부분의 오염은 주로 이 단계에서 발생하며, 환경적 배려에 의하여 환경오염물의 감량화를 고려하여야 하며, 만일 발생 시 이의 효율적인 처리방안도 강구되어야 한다. 제조단계에서 환경부하 저감을 위해서는 제조공정에서 배출된 오염물질의 처리에 의존하기 보다는 제조공정의 자체의 혁신에 의하여 에너지의 소비와 배출물의 근본적인 감량화를 유도하는 방식으로 추진되어야 한다.

제조공정의 개선과 혁신을 통한 사용 에너지의 절약, 폐열과 미이용 에너지의 이용극대화, 그리고 고효율 에너지시스템의 도입 등에 의하여 근본적으로 에너지 사용 총량을 줄이는 방안이 설비의 설계와 제품설계에 반영되어야 한다. 특히 반도체 제조시에 엄청난 양의 물과 에너지가 사용되며, 공정에서 많은 독성물질이 발생하는 상황이므로 공정내 재활용, 이를 위한 발생물 재생기술, 발생물의 재활용에 의한 용도의 확대 등에 의하여 제조단계에서 배출 폐기물의 저감과 이들의 유용한 이용방안이 강구되어야 한다. 제조공정의 개선을 통하여 공정에서 대기과 수계로 배출되고 있는 오염물의 제로화 방안도 고려되어야 하며,

제조단계에서 사용되는 유해물질의 사용량을 저감시키기 위한 노력과 기술의 개발이 요구된다.

③ 유통단계

유통단계를 고려한 제품의 설계에서는 유럽의 총체적인 "Packaging Plan"과 같은 제품의 포장재와 완충재의 사용의 합리화와 물류단계에서의 에너지 사용량의 저감방안이 고려되어야 한다.

이 단계에서는 포장재와 완충재의 사용량의 절감, 이들을 사용한 후의 회수 및 재사용, 그리고 이들에 환경부하가 적은 자재의 사용 등에 의하여 포장재 및 완충재의 합리화 방안이 고려되어야 하며, Green marketing을 통하여 생산자, 유통업자, 소비자가 함께 할 수 있는 분위기를 조장하여야 한다. 또한 체계적인 공급자관리는 매우 중요하다. 컴퓨터의 생산에는 수 많은 관련 업체들이 종적으로 횡적으로 참여하는 상황에서 어느 한 업체의 노력에 의하여 환경에 미치는 영향을 최소화시킨다는 것은 매우 어려운 상황이다. 이는 관련된 업체들이 유기적인 연계속에서 관련 정보를 공유하고 협조해나갈 때 비로소 환경에의 영향을 최소화시킬 수 있음을 의미한다. 공급자와 제조업자간의 정보연계를 강화시킴으로써 컴퓨터에 이용된 자재, 화학물질, 그리고 공정에 관련된 정보의 공유에 따라 전체 산업이 환경영향을 줄일 수 있는 방안을 탐색하고 실행할 수 있는 기회를 제공할 수 있는 것이다.

④ 사용단계

제품의 사용단계에서의 환경부하를 저감시키기 위해서는 그 제품의 사용 시에 수반할 수 있는 환경의 영향을 예측하여 평가한 후에 그의 저감대책을 고려하여 소비자가 사용하는 제품이 환경친화형의 제품이 될 수 있도록 개발되어야 한다.

이 단계를 고려한 제품설계에서는 미국의 'Energy Star' 계획과 같은 제품의 에너지 비효율의 개선을 통하여 에너지소비를 효율화할 수 있는 제품을 개발하고, 소재의 고기능화와 경량화를 통한 최종제품 사용 시에 에너지소비를 절감시킬 수 있는 방안이 마련되어야 하며, 제품의 기성능의 개선에 의해 오염 배출물을 절감시킬 수 있는 대책이 수립되어야 한다. 또한 제품의 사용시 고장 및 유지관리에 발생하는 폐기물의 발생을 억제하고, 유해물질의 억제와 회수방안도 고려해야 한다.

⑤ 폐기단계

제품설계시에 제품이 그 역할을 다한 후에 폐기물화에 따른 환경부하의 저감을 위하여 이들의 상황을 예측하여 재활용을 쉽게하고, 폐기물의 감량화, 제품수명주기의 확대, 유해물질의 발생억제 등의 대책을 수립하여야 한다.

먼저 제품의 재활용을 수월하게 하기 위하여 제품의 분해에 소요되는 시간을 단축하고, 분리·분해가 가능하게 해야 하며, 재활용화가 용이한 재료를 사용해야 한다. 또한 이것과 병행해서 제품의 소재가 재활용을 촉진할 수 있도록 소재 중에 포함되어 있는 각종 함유물 등을 적극적으로 저감시킬 방안도 제품설계시 고려되어야 한다. 그리고 제품수명주기의 확장과 모델변경주기의 적정화를 통하여 환경친화형 제품의 개발이 이루어 질 필요가 있다. 물론 모델변경주기는 자원의 유용한 이용을 저해하는 요인에 대한 신중한 고려를 의미한다.

3.2.2 사후적 방안

① 업그레이드 향상

업그레이드 향상은 지속적으로 장비를 업그레이드하기 용이하게 함으로써 잠재적 폐기물을 줄일 수 있게 한다. 대부분의 컴퓨터는 부분적으로 구성품들을 교체함으로써 업그레이드 가능하나, 적절한 가격 대비 성능과 비교할 때 업그레이드의 필요성이 줄어들거나, 신모델의 경우에는 업그레이드의 여지가 거의 없는 실정이다. 물론 완전한 업그레이드는 급속하게 변화하는 아키텍처로 인하여 곤란하지만 업그레이드의 향상과 같은 방안은 컴퓨터의 수명주기를 연장시킬 수 있기 때문에 폐PC의 처리에 매우 중요한 역할을 할 수 있다. 요즘은 우리 나라에서도 많은 업체에서 이 분야의 사업에 관심을 보이고 있으며, 인터넷 사이트도 개설되어 업그레이드에 대한 상세한 정보를 제공해주기 때문에 새로운 PC로 대체하는 대신에 기존 PC를 업그레이드하는 방향으로 분위기가 확산되어질 가능성도 있다.

② 구성품의 재사용

업그레이드가 용이하지 않다면, 다음 방안은 컴퓨터의 구성품들을 재사용하는 것이다. 드라이버, 메모리, 키보드 등의 서브시스템의 수명은 5년 정도인 컴퓨터의 사용수명보다도 길게 설계되어 있다. 이들 구성품들을 다른 컴퓨터나 새로운 컴퓨터에 재사용함으로써 이들 구성품의 가치를 높일 수 있으며, 폐기물 발생량을 줄일 수 있다.

③ 재활용 촉진

이용된 컴퓨터를 포함하여 전자제품은 급속도로 그 가치를 잃고 있으며, 컴퓨터의 경우에 연간 40% 정도의 감가상각률을 갖는 것으로 알려져 있다. 컴퓨터 생산업체들은 그들의 신제품에 대한 마케팅을 위하여 컴퓨터 재활용에 대하여 미온적인 태도를 보여주고 있는 실정이다. 1999년 3월에 IBM에서는 데스크 탑 PC에 100% 재활용 프라스틱 수지를 이용할 것으로 발표한 바 있으나, 이러한 영향이 관련 업계로 확산될 지는 미지수로 남아 있다. 또

한 매사추세추주에서는 폐PC를 도로의 패인 곳을 매우는 충전재로 활용키로 한 재활용계획을 1999년 4월에 발표한 바 있다. 미국은 EPA에서 Common Sense Initiative 프로그램 주도하여 폐PC에 대한 대책 및 재활용화방안을 강구중에 있다. 또한 연방, 주, 카운티에서도 폐PC의 재활용을 적극적으로 추진하고 있으며, 비영리단체와 재활용업체에서도 적극적으로 참여하고 있다. 수많은 The Computer Recycling Center에서 진부화된 PC의 재활용을 적극 유도하고 있다. 영국에서도 1995년부터 'Producer Responsibility' 접근방식을 채택하여 조직적으로 폐PC와 전자제품을 수거하여 재활용을 적극적으로 유도하고 있다. 우리 나라에서도 몇몇 재활용업체가 영업을 하고 있으나 경제성 등을 이유로 매우 미진한 실정이다.

컴퓨터의 재활용은 최종사용자가 알 수 있도록 모든 컴퓨터에 재활용 가능하며, 폐PC도 매우 중요한 가치를 가지고 있다는 사실을 매뉴얼 또는 스티커 부착을 통하여 알려야 한다. 또한 폐PC가 환경에 미치는 영향 또는 미래에 미칠 잠재적 영향을 널리 알게 함으로써 재활용율을 높일 수 있을 것이다.

4. 결 론

정보화 시대의 총아라 할 수 있는 PC는 제조단계에서의 폐기물발생 이상으로 제품 그 자체가 폐기물화되고 있으며, 발생량의 증가로 인하여 심각한 문제로 대두되고 있다. 이와 같은 상황에서 폐PC에 대한 적절한 처리방안이 강구되어야 한다.

1999년말 폐PC 발생량과 매립량의 추산결과 2000년에 매립되어야 할 폐PC 발생량은 459,100대 정도로 추산되며, 2000년에 매립되어야 할 폐PC로 인한 총매립량은 부피기준으로 49,870 m^3 로 나타났다. 그러나 2000년에 매립되어야 할 폐PC의 발생량과 이의 공간의 문제는 각각 459,100대, 49,870 m^3 로 그다지 심각하지 않은 상황으로 인식되기 쉬우나, 2000년 이후의 발생량이 엄청나게 증가하기 때문에 매우 심각한 문제로 대두될 것으로 전망된다.

따라서 폐PC(전자제품 포함)가 환경에 미치는 영향을 평가하여 이에 대한 종합적인 대책을 수립하는 것이 요구된다. 이를 위하여 연구체제, 국가, 산업, 개인 사용자들의 역할을 제시하고자 한다.

첫째, 폐PC가 환경에 미치는 영향을 정확하고 체계적으로 연구하기 위하여 관련 분야의 전문가들로 구성된 연구체제를 구축하여야 한다. 물론 보다 정확한 자료에 의한 폐PC 발생량을 추산하고, 향후의 환경을 고려한 폐PC에서의 관련물질 추출기술 등의 처리방안을 마련해야 할 것이

다.

둘째, 국가에서는 폐PC의 발생량을 줄일 수 있고, 재활용을 조장할 수 제도적 장치를 마련해야 한다. 컴퓨터에 대하여 재활용설계를 의무화해야 하고, 폐기물 예치금제를 통하여 의무적으로 폐PC 회수비율을 높여야 한다. 또한 국가차원에서 재활용센터를 운영함으로써 모든 사람들이 동참할 수 있는 사회적 분위기를 조장하는 것이 필요하다.

셋째, 관련업체는 PC의 모든 수명주기단계를 고려하여 환경에 미치는 영향을 최소화시킬 수 있도록 설계단계에서부터 고려를 하여야 하며, 재활용과 분해가 용이하도록 설계하여야 한다. 또한 폐PC가 환경에 미치는 영향에 관한 정보를 소비자에게 정확하게 알려려는 노력도 필요하다.

넷째, 일반 이용자들도 컴퓨터와 관련기기 사용이 환경에 미치는 영향을 인식하고, 컴퓨터를 효율적으로 사용하여야 한다. 또한 재활용품의 사용에 적극 동참하고, 사용하지 않는 컴퓨터와 주변기기들을 재활용센터를 통하여 처리함으로써 정상적인 방법으로 이들이 회수 및 처리가 가능하도록 협조하여야 한다.

본 연구는 우리 나라의 폐PC 발생량을 추산하고, 이의 처리방안을 사전적 처리와 사후적 처리방안으로 구분하여 고찰하였다. 그러나 폐PC 발생량의 추산에 필요한 자료가 제한적이고, 카네기 멜론대의 방법론을 수정하여 이용했기 때문에 추산량의 해석에 무리가 따를 수도 있다. 향후의 연구는 보다 정확한 자료와 우리 나라의 현실에 맞는 연구방법론에 의한 심층적 연구가 필요하며, 변수의 변화 상황에 따른 민감도분석을 병행하는 것이 요구된다.

참 고 문 헌

- [1] Bor, J.M., and Blom, J.A.G., "Environmental product development becomes business", *Journal of Engineering Design*, Vol. 4, No. 5, 1994, pp.55-64.
- [2] Enarsson L., "Environmental Strategies", *Logistics Spectrum*, Jul/Aug. 1997, pp.7-10.
- [3] Ha, A. Y., and Porteus. E. L., "Optimal Timing of Reviews in Concurrent Design for Manufacturability", *Management Science*, Vol. 41, No. 9, 1995, pp.1431-1447.
- [4] Hall, Kristine L., "Business and the environment", *EPA Journal*, Vol. 16, No. 4, 1990, pp.37-39.

[5] Mansdorf Z., "What is your Role in Sustainable Development?", Occupational Hazards, Sep. 1998, pp.33-36.

[6] Matthews, H. S. et al, Green Design Initiative Technical Report #97-10: Disposition and End-of-Life Options for Personal Computer, Carnegie Mellon University, July 7, 1997

[7] Tibbs H., "Humane Ecostructure", Whole Earth, Summer 1998, pp.61-63.

[8] Van der Horst, T.J.J., and Zweers, A., "Environmentally oriented product development", Journal of Engineering Design, Vol. 4, No. 1, 1994, pp.37-40.

[9] WISE, Design for Environment, World Industry Council for the Environment, 1993.

[10] Common Sense Initiative:Computers & Electronics Sector, www.epa.gov/ooaujeag/csi/prosumm2

[11] Corporate and End User Recycling Program, www.greendisk.COM/ril_4

[12] Environmental Consciousness: A Strategic Competitiveness Issue for the Electronics and Computer Industry, www.mcc.com/env/study/summary-report

[13] Green Computing, darkwing.uoregon.edu/~recycle/computer

[14] Greening the PC, www.fr.com/publis/f_broch4

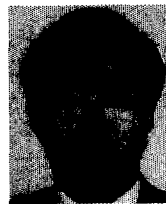
[15] Products of a sustainable future, sun1.mpce.mmu.ac.uk/pages/projects/dfe/pubs/dfe34/report34

[16] Quantitative assessment of design recyclability, sun1.mpce.mmu.ac.uk/pages/projects/dfe/dfe8/report8

[17] The Green PC Revisited, www.currents.net/magazine/national/1519

[18] The Next Revolution In Computers:Think Green, www.eweek.org/1999/News/Eweek/acers21

[19] The Remanufacturing Process, sun1.mpce.mmu.ac.uk/pages/projects/dfe/pubs/dfe24/report24



이 성 호

청주대학교 경영학과학사, 석사, 박사
학위취득

현재 상지대학교 산업공학과
관심분야 : 생산전략, 경제성평가,
LCA 등