

조명과 환경오염

李 鎮 雨<호서대학교 전기공학과 교수>

1. 조명에 의한 환경오염

인류는 산업발전에 따라 생활의 풍요로움을 누릴 수 있게 되었다. 그러나 풍요로움의 대가로 삶의 환경을 파괴시키고 말았다. 사람들은 점차 환경에 대한 위기의식을 느끼게 되었고 환경을 보호하기 위하여 많은 관심을 기울이며 막대한 투자를 하기에 이르렀다. 환경은 한 번 파괴되면 복구되는 데는 오랜 시간과 막대한 비용이 필요하다. 현재 우리나라는 산업화가 한창 진행 중이라고 본다. 산업선진국들은 고도의 산업화를 이루기 위하여 환경을 그 대가로 지불하였으며, 이제와서 환경을 복구하기 위한 노력을 기울이고 있다고 본다. 그러므로 우리나라는 산업선진국 정도의 환경파괴가 발생하기 전에 현재 산업선진국들 정도의 환경보호를 한다면 그들보다 더 나은 환경을 유지할 수 있다고 생각한다.

실제로는 여러가지 산업에 의한 환경오염이 발생하나, 본고에서는 조명에 의한 환경오염에 한하여 오염의 원인파 오염 물질의 문제점을 살펴보고, 환경보호 선진국들의 재생 및 재활용, 정책에 대한 예를 조사하였다.

2. 조명시스템과 공해

조명시스템에서 발생하는 공해물질로는 polyc-

hlorinated biphenyl(PCB)화합물, 산화질소, 안티몬, 이산화황, 부틸아세테이트, 수은, 납, 비소, 카드뮴, 구리, 탈륨, 토륨, 우라늄 등이 있으며, 환경에 영향이 비교적 적은 물질로는 크롬, 몰리브덴, 니켈, 세슘, 바나듐, 아연 등이 있다. 조명에 의한 공해는 램프, 안정기 및 조명용 전력과 관계가 있다. 그러므로 각각 요소의 독립적인 공해문제를 살펴보고 다시 전체 시스템으로의 공해문제를 살펴보도록 하겠다.

2.1 램프에 사용된 수은

대부분의 램프는 수은에서 발생되는 자외선 방사를 이용하고 있다. 형광램프의 경우 전류가 흐를 때, 형광램프 내의 여기된 수은 원자는 자외선을 방사하고 이 자외선은 곧 관벽의 형광체에 흡수된다. 그리고 이 형광체는 가시광을 재방사한다. 수은램프, 메탈할라이드램프, 고압 나트륨램프도 수은을 사용하고 있다.

환경 중으로 방출된 수은은 먹이사슬을 통하여 결국은 사람과 다른 생물 안으로 들어가게 된다. 수은은 독성이 있는 중금속이며 생체 내에 축적되며, 일정량 이상이 되면, 중추신경계에 손상을 입히며, 생식장애 및 건강에 해로운 영향을 미친다. 콤팩트 형광램프 내의 수은에 대한 문제가 종종 논란의 대상이 되는데 이것은 콤팩트 형광램프가 수은을 사용하지 않는 백열전구를 대신하

기 때문이라고 생각된다. 그러나 다른 방전램프들은 램프당 상당량의 수은을 사용하며 전국적으로 보면 상당한 양의 수은이 사용되고 있는 실정에 있다. 예를 들면, 유럽의 경우 콤팩트 형광램프에 사용되는 수은은 전체 램프에서 사용하는 양의 5[%]정도를 사용하고 있다. 주된 수은 사용품목은 직관 형광램프이다. European Lighting Council에 따르면 램프에 사용되는 수은은 유럽에서 판매되는 제품에 포함된 수은의 0.2[%](연 5.2t)를 차지하는 것으로 되어 있다. 램프당 수은을 적게 사용하려는 것이 현재의 기술 경향이다. 예를 들면, 미국의 경우 직관 형광램프에 사용하는 수은량은 최근 십 년 사이에 1/2~1/3로 줄어들었다. 미국의 National Equipment Manufacturers Association의 프로젝트에서는 1990년부터 1995년 사이에 T12(38mm)램프에 사용하는 수은량의 35[%]이상을 줄이는 연구를 하고 있다. 스웨덴의 Chalmers University에서는 램프의 판매 수량이 증가하더라도 전체 램프에서 사용하는 수은량은 계속 감소할 것이라는 분석을 발표한 바 있다. 앞으로는 효율의 희생없이 수은이 전혀 사용되지 않는 램프제조 기술이 나올 수도 있을 것이다.

형광램프 및 고휘도 방전램프(HID lamp)에는 미량의 수은, 카드뮴과 안티몬이 포함되어 있다. 미국의 경우 수은이 포함된 램프의 폐기는 수은이 Resource Conservation and Recovery Act에서 허용된 수치를 초과할 경우에 한하여 미국 연방법에 따르게 되어 있다. 램프에 포함된 수은의 양을 결정한다는 것은 매우 어려운 일이다. 왜냐하면 같은 기구라 할지라도 각 램프에 들어 있는 양이 다르기 때문이다. 물질 중 하나라도 위험 특성 검사(독성, 가연성, 부식성과 폭발성)를 통과하지 못하면, 위험한 쓰레기로 처리되어야 한다. EPA(Environmental Protection Agency)의 실험결과에 따르면 형광램프는 독성검사를 통과하지 못하여 위험 쓰레기로 분류된다. 미국의 몇몇 주에서는 형광램프의 폐기에 관한 정책을 갖고 있다. 그러한 주에서는 사용한 수은이 포함된 램프는 위험한 쓰레기로 분류하며, 이러한 것들의 폐기가 규제대상이 된다. 다른 주에서도 비슷한

입법을 고려하고 있다.

수은함유량을 줄이기 위한 노력에도 불구하고 오스트리아, 벨지움, 독일, 네덜란드, 스위스와 미국의 몇몇 주(캘리포니아와 미네소타)에서는 수은이 포함된 램프는 위험 쓰레기로 분류하고 있다. 몇몇 국가에서는 수은온도계와 수은전지의 제조가 금지되고 있다.

네덜란드 정부는 램프에 표지를 부착하는 방법을 제안하였다(일반 쓰레기와 분리하여 처리하여야 하는 물질이 포함된 다른 가정용품 포함). 그러나 이러한 방법도 소비자에게 여러가지 형태의 램프를 구별하도록 하는 데는 어려움이 있다. 콤팩트 형광램프의 경우 표지를 부착하는데 딜레마에 빠지게 되는데, 이유는 콤팩트 형광등이 대체하는 백열전구는 사용하는 동안에 수은 배출과 관련이 있으나(백열전구가 소비하는 전력 생산 시 수은 방출의 관계)표지가 부착되지 않는데 있다. 어느 경우든, 간단하게 소비자가 사용하는 물건에 포함된 수은 문제를 풀 수는 없게 된다.

2.2 안정기에서 누출되는 PCB

형광램프용 안정기의 처리시 고려하여야 할 가장 중요한 것은 안정기가 polychlorinated biphenyl(PCB)화합물을 포함하느냐 하는 문제이다. 이 물질은 접착성을 향상시키는 성질이 우수하여 여러 곳에 사용되는 물질이다. 이 물질은 동물에서 암을 유발시키며, 사람에게서도 암을 유발시킨다고 추정되고 있다. 미국의 경우 1979년까지 제작된 모든 안정기에서 볼 수 있는 커패시터에는 약 30에서 90[g]의 PCB액체가 들어 있었다. 1976년에 Toxic Substances Control Act(TSCA)를 통해, 미국정부는 PCB를 위험 쓰레기로 공포하고 이들의 제조 및 판매를 금지한 바 있다.

미국의 여러 주에서는 PCB안정기는 도시의 쓰레기 매립장 사용을 금지하고 있으며, 더욱 많은 주에서 이러한 입법을 고려하고 있다. 다른 주에서도 대부분의 쓰레기 매립장에서 안정기를 포함한 모든 PCB 쓰레기의 반입을 통제하고 있다. 이유는 PCB 누출이 전체 매립장을 오염시킬 우려가 있기 때문이다.

캐나다에서는 PCB를 포함한 모든 물건을 쓰레기 매립장에 처분하는 것을 금지하고 있다.

PCB가 없는 안정기라면 도시의 매립장에서 처분하거나 소각하는 방법이 가장 값싼 방법이 된다.

미국의 법에 따르면, PCB가 누출되는 안정기는 위험한 쓰레기로 분류하며, EPA가 허가한 고온 소각로에서 소각시켜야만 한다. 안정기의 상태는 안정기가 조명기구에서 분리되기 전에 결정되어야 한다. 이유는 누출된 안정기에 접촉된 모든 물질은 위험한 쓰레기로 구분되며 연방법에 따라 처리되어야 하기 때문이다. PCB가 누출되는 안정기의 처리는 숙련되고 공인된 사람에게만 허가되어 있다.

안정기가 PCB가 들어있지 않고 누출되지 않는다면 안정기를 조명기구에서 분리하여, 쓰레기 매립장, 위험한 쓰레기 처분장, 고온 소각로와 고온 소각로 및 재생의 방법으로 폐기시킬 수 있다.

2.3 조명용 전력 발전에 따른 공해

발전에는 공해가 수반된다. 에너지 소비를 줄이는 것이 장기간에 걸쳐 공해를 줄이는 중요한 방법이 된다. 이것이 미국 EPA의 Green Light Program의 기본 개념이다. 이러한 이유로 인해 미국의 많은 기관들이 더욱 에너지 효율이 높은 조명으로 바꾸도록 장려하고 있다.

많은 발전소에서 석탄, 기름 혹은 천연가스를 연소시켜 발전하고 있으며, 이렇게 하는 과정에서 이산화탄소(CO₂), 이산화황(SO₂)과 산화질소(NO_x)를 대기 중에 방출하고 있다. 이산화탄소는 지구의 온난화를 일으키며, 이산화황은 산성비를 내리게 하고, 산화질소는 산성비와 스모그의 원인이 된다. 미국의 경우 평균적으로 전력 1 [kWh]당 680[g]의 CO₂, 5.8[g]의 SO₂와 2.5 [g]의 NO_x 화합물이 배출된다고 한다. 미국정부는 적절한 에너지 효율이 높은 조명으로 개선헌 경우 2000년까지 CO₂는 2억2백만 metric ton (자동차 4천4백만 대가 배출하는 양에 해당) : SO₂는 130만 metric ton : NO_x 화합물은 6십만 metric ton 정도 그 배출량이 감소될 것으로 평

가하고 있다.

발전에 사용되는 모든 화석연료에는 수은이 포함되어 있으며, 포함된 양은 연료에 따라 상당히 다르다. 수은은 저급갈탄에 가장 많이 포함되어 있는데 그 양은 천연가스에 포함된 양의 약 20 배에 달한다.

발전에 관련된 수은방출에 대하여는 잘 알려져 있지 않다. 석탄은 다른 화석연료에 비하여 수은을 많이 포함하고 있다. 그러나 정확한 농도는 연료 사이클에 관계되므로 정확히 알기가 어렵다 (예를 들면 수은이 종종 천연가스 파이프라인 내에 응축되기도 한다). 미국 석탄에는 수은이 0.01에서 8(ppm) 포함되어 있다. 독일에서는 이 값을 0.1(ppm)으로 본다. 독일의 경우를 기준으로 하여 계산하여 보면, 석탄을 사용하는 1,000 [MW] 화력발전소에서는 매년 150[kg]의 수은을 배출하는 것이 된다. 이렇게 배출된 수은은 집진 장치의 종류에 따라 바람에 날려 방출되거나 재의 형태로 방출된다.

2.4. 조명시스템과 수은

수은사용량과 램프 에너지 효율의 관계는 조명을 시스템의 관점에서 보는 것이 중요한 이유를 설명하여 준다.

램프는 단위 광량당의 수은량에 기초하여 비교할 수 있다. 이러한 비교에 의하면, 수명이 긴 램프가 연간 환경으로 배출하는 수은량이 적다고 할 수 있다. 그림 1은 미국의 경우인데, 수은이 포함된 화석연료를 사용하는 경우 조명효율을 높이는 것이 수은 배출량을 줄이는 효과를 얻는 것

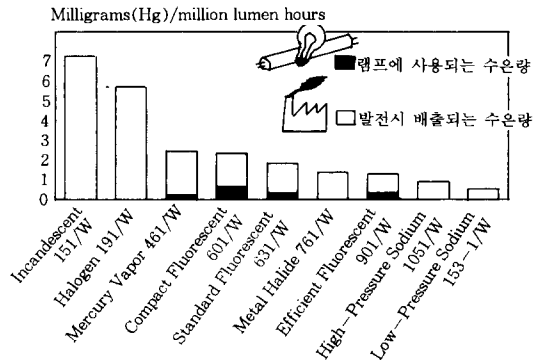


그림 1. 램프별 단위 광량당 발생되는 수은량

이 된다. 예를 들어 미국의 경우, 콤팩트 형광램프는 약 5(mg)의 수은이 사용되고 있으나 백열전구에는 사용되지 않는다. 콤팩트 형광램프와 백열전구를 발전에 사용되는 연료의 혼합에 기초하여 비교하면, 백열전구가 사용되는 동안에 발전소에서 배출하는 수은량은 콤팩트 형광램프에 비하여 3배가 된다. 따라서 폐기처분된 램프와 조명으로 사용되기 위한 발전에서 방출되는 수은량을 합하면, 백열전구를 사용하는 경우가 2배이상 많다.

사용시스템에서는 방출되는 수은량은 발전소 효율과 연료 혼합비에 따라 다르게 된다. 고효율 조명은 핵폐기물과 기타 유해 중금속의 발생을 줄일 수 있고, 온실효과를 초래하는 이산화탄소 및 전력생산의 여러 문제들을 줄일 수 있다. 물론 이러한 계산 결과는 각국의 사정에 따라 다르다. 그림 2에서 서방 18개국의 경우 백열전구 대신 콤팩트 형광램프를 사용하는 경우 수은량의 감소 백분율을 표시하고 있다. 감소 범위는 12[%](프랑스)부터 67[%](덴마크)인데 이 수치는 발전에 사용되는 화석연료의 종류에 따라 달라진다. 수력과 원자력 발전의 비율이 높은 다섯 나라(룩셈부르크, 아일랜드, 노르웨이, 스웨덴, 스위스)는 발전에 사용되는 화석연료가 콤팩트 형광램프에 포함된 수은량을 상회하지 못한다. 우리나라의 경우 발전에 사용되는 연료혼합을 고려하여 계산하면 그림 2의 경우에 60[%]정도의 수은 감소가 발생하게 된다.

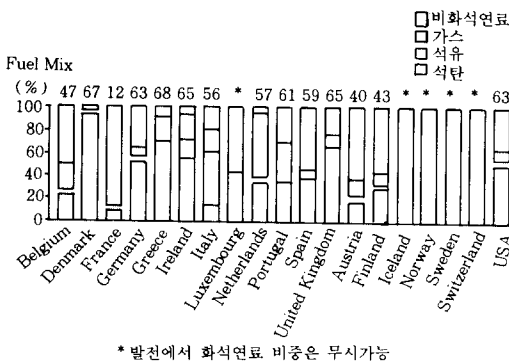


그림 2. 각국의 발전용 연료 혼합비와 백열전구(60W)를 콤팩트 형광램프(15W)로 교체한 경우의 수은 감소비율

3. 램프자재의 재생과 재활용—수은을 중심으로

발전소나 소각로의 재 혹은 굴뚝의 가스가 실제로는 구분될 수 없음에도 불구하고, 램프에서의 수은-유리와 다른 금속의-회수 시설이 급속히 일반화되고 있다. 독일, 네덜란드, 오스트리아, 네덜란드 등에서는 이미 모든 폐램프를 처리하기에 충분한 능력을 확보하고 있다. 램프 수집용 차량이 사용되는 나라도 있다. 벨지움, 핀란드와 스웨덴은 자국 내의 모든 램프를 처리하기에는 부족하지만 폐램프 처리시설을 보유하고 있다. 미국에는 20개 정도의 시설이 가동되고 있다.

램프의 수은 문제를 해결하기 위하여는 몇 가지 문제를 풀어야 한다. 이러한 문제 중 하나는 폐램프의 수집 및 수은 회수의 문제이다. 가장 발달된 폐램프 수집과 수은 회수 프로그램은 독일에서 시행되고 있는데, 폐램프의 70에서 80[%]가 수집되고 있다.

제조사, 소비자와 정부가 수은 오염을 줄이는데는 여러가지 방법이 있다. 간단하게는 램프의 수명을 늘리거나 적당한 조명에 필요한 램프의 수와 크기를 줄이는 방법 「예를 들면 조명제어, 기구효율의 증가와 주광의 이용」등으로 램프와 전력에 관계된 수은 배출량을 줄일 수 있다. 이와 함께 램프 개발자들은 램프 동작에 필요한 수은량을 줄이기 위한 노력을 계속하고 있다. 또한 수은의 재생과 재활용을 위한 수집방법에도 많은 관심을 갖고 있다.

회수된 수은이 재사용되지 않으면 수은은 저장하거나 위험쓰레기로 분류하여야 한다. 재활용의 가능성은 폐램프의 처리비용, 회수된 수은의 순도, 폐기비용과 다른 요인들에 따라게 된다. 램프에 따라 처리방법과 비용이 달라지는데, 분리된 콤팩트 형광램프는 일체식에 비하여 비용이 반정도로 적게 든다. 수집, 수송과 회수비용은 램프종류에 따라 달라진다. 대부분의 국가에서 직관형광램프의 처리비용은 1m당 0.2에서 0.5달러 정도인 반면 고휘도 방전램프의 처리비용은 약 4에서 5달러 정도가 된다. 램프에서 회수되는

자재의 가치는 이보다 훨씬 적어 램프당 0.01달러 정도에 불과하다. Minnesota Office of Waste Management에 따르면 직관 형광램프의 쓰레기 처리비용은 수은회수 비용보다 비싼 0.69에서 1달러가 된다고 한다.

재생비용은 램프의 가격에 비하면 상당히 비싸지만, 고효율 램프로 교체하여 절약되는 비용과 연계시키면 상당히 경제적이라 할 수 있다. 예를 들어 미국의 경우, 전기요금인 0.1달러(kWh)라면, 직관 형광램프(32W대 40W)는 전체 수명중에 약 15달러가 절약되며 콤팩트 형광램프(15W대 백열전구 60W)는 약 40달러가 절약된다.

스웨덴의 경우, 한 수은 재처리 회사에서는 국내 형광램프 쓰레기의 14(%)와 다른 방전램프 쓰레기의 1(%)를 처리하고 있는데, 이것은 연간 150만개의 직관 형광램프와 4만2천개의 콤팩트 형광램프와 다른 방전램프를 처리할 수 있는 양이다.

네덜란드에서는 50(%)이상의 램프 수집율을 올리기 위한 프로그램이 진행되고 있는데, 이것은 가정에서 사용한 형광램프 수거에 편리함을 주기 위한 새로운 위험한 쓰레기 분리 프로그램이다. 오스트리아의 수거율은 50(%) (연간 램프 약 250만개)이며, 스위스는 60에서 70(%) (연간 램프 약 500만개)이다.

지난 몇 년간의 경험에서 보면, 독일은 세계에서 가장 큰 램프 수거 조직을 갖고 있다. 소비자를 위한 폐램프 수거장소가 약 220개가 있고, 여기에서 전국의 20개의 수은 재처리 공장 중 하나로 수송된다. 국가 전체로는 연간 9천만개의 램프 처리능력을 갖게 된다. 1994년에는 70에서 80(%)의 폐램프가 재처리 되었는데 이는 약 5에서 6천만개의 램프에 해당한다.

이러한 유럽의 실정에 비하여 미국에서는 약 2(%)의 방전램프만이 재처리되고 있다. 미국의 캘리포니아주에서는 15(%)연간 약 750만개의 램프가 회수되고 있다. 미네소타주에 있는 Recyclight company에서는 연간 약 5백만개의 램프를 처리하고 있다. 회수된 수은(순도 99.998%)은 전량 시카고에 있는 계기 제조회사에서

재사용되고 있다.

형광램프의 폐유리는 음식물에 사용하지 않는 용기나 시멘트와 아스팔트의 첨가재로 재사용된다. 캡의 알루미늄은 재생하여 사용하며, 수은은 수은증류기로 재생하여 온도계와 다른 제품에 재사용한다. 하나의 형광램프를 재활용하거나 폐기하는 비용은 0.5에서 1달러 정도가 된다. 이 비용은 램프 구입, 설치와 사용에 드는 비용과 비교하면 대단히 적다.

PCB를 사용하지 않는 안정기 처리 방법 중, 환경적으로 신뢰할 만한 방법은 PCB를 사용하지 않는 안정기에 포함된 아스팔트, 구리, 철과 알루미늄을 수거하여 재사용하는 것이다. 미국의 경우 이러한 비용이 안정기 개당 약 1에서 2달러가 든다.

조명 개선 계획시에는 조명기구의 폐기방법이 철저히 연구되어야 하는 점을 간과하여서는 안된다.

4. 회수비용의 부담문제

램프에 사용된 수은 회수 비용을 누가 부담할 것인가의 문제는 상당히 중요하고 또한 논란의 여지가 있는 문제가 된다. 미국의 National Association of Lighting Management Companies (NALMCO)는 소비자에게 램프 보증금을 부담하도록 하는 실행 가능한 국가 프로그램을 추천하고 있다. 보증금제도는 이미 오스트리아에서 실시되고 있는데, 소비자가 램프를 살 때 1.25달러까지 환불가능한 보증금을 지불한다. 뿐만 아니라 소비자들은 램프 종류에 따라 1.25에서 2달러의 환불불가능 “램프 회수비”도 부담해야만 한다. 이런 부담금에서 나오는 수입은 소매상들에게 다시 들어오는 폐램프를 재활용하는데 사용된다. 기업들이 재활용 회사와 계약을 맺고 있다면 이러한 보증금과 회수비용을 물지 않아도 된다. 보증금제도는 스위스에서도 역시 고려되고 있는데, 여기서는 소비자들 수은전지를 구입할 때 이미 보증금을 지불하게 된다.

캘리포니아에 근거를 둔 Applied Materials, Inc.는 하나의 형식적인 프로그램에서 1,800명을

고용하여 폐형광등을 수집하게 하여, 이것들을 각 회사의 램프들과 함께 처리하도록 회사에 보내고 있다.

에너지 효율이 높은 조명기기를 보급하기 위하여는 전기관련 단체들도 중요한 역할을 할 수 있다. 미국의 경우, Arizona Public Service와 San Diego Gas and Electric에서는 폐램프 처리비용을 보조하기 위한 조명 리베이트를 확대시키고 있다.

램프 대량 구매자들도 필요한 램프를 파는 업체에 수명이 다한 램프를 회수하도록 하는 방안을 검토하고 있다. 국가적인 차원의 비슷한 방법으로, Swedish Environmental Protection Agency는 램프 제조자에게 수은 관리의 경제적인 책임을 지우는 "cradle-to-grave" 정책을 논의하고 있다.

이 기구는 제조자가 램프에서 수은량을 줄이기 위한 충분한 진전을 보이지 않았다고 판단되면 문제에 개입을 하게 된다. 스웨덴의 램프제조회사인 Lumalampan AB는 자발적으로 소비자들로부터 폐램프를 수거하고, 수은 재활용 비용을 지불하고 있다. 그들은 회수된 자재를 새 램프 제조에 사용하고 있다.

우리나라의 경우도 회수비용의 부담문제에 대하여 정책적인 검토와 연구가 수행되어야 한다.

5. 정부의 역할

중앙과 지방의 정부는 단순한 쓰레기 처리정책 결정 이상의 중요한 역할을 할 수 있다.

이러한 역할 중에는 입법, 촉진책, 정보 프로그램을 통한 조명관련 수은량을 줄일 수 있는 에너지 효율이 높은 조명 장려책이 있다. 또한 정부가 지원하는 R&D는 수은을 사용하는 광원의 교체를 위한 업계의 노력을 보완할 수 있다. 이러한 노력의 한 예는 미국의 Department of Energy의 조명 프로그램에서 볼 수 있다. 대규모 램프 소비자로서 정부는 정부 내의 폐램프의 적절한 처리를 통한 선례를 보일 수 있고, 그렇게 함으로써 수은 재활용을 위한 하부조직과 교육 프로그램제작을 도울 수 있다. 그리고 독자적인

시험과 자료수집을 통하여 정부는 수은과 조명에 대한 불안전한 통계 개선에 중요한 역할을 할 수 있다.

6. 결론

대부분의 램프는 수은이 사용되고 있으며, 안정기에 사용되는 PCB는 환경오염을 일으킨다. 또한 발전소에서 발전을 하는 과정에서도 많은 공해물질이 배출된다. 효율적인 조명을 통하여 발전소에서 배출하는 수은과 다른 공해물질을 줄일 수 있으며, 또한 폐램프를 재생 및 재활용함으로써 자원의 절약 및 수은의 방출을 줄이는 효과를 얻을 수 있다.

현재 우리나라는 소득증대에 힘입어 조명산업이 크게 성장하고 있다. 따라서 조명에 관련된 공해물질의 방출도 크게 늘어나고 있다. 또한 전체 전력사용량 중 조명의 비중이 15[%] 이상을 차지하고 있다. 따라서 조명에 관련된 환경오염을 줄이는 것이 앞으로의 환경정책에 중요한 부분이 될 것이다. 환경오염이 더 심해지기 전에 환경에 대한 중요성을 인식하고 즉각적인 대책을 마련하여야 한다.

이러한 노력과 이를 실천하기 위한 법률의 제정 및 여러가지 촉진책이 조명에 의한 환경오염을 막는데 중요한 부분이 될 것이다.

참고 문헌

- 1) Chr. Meyer and H. Nienhuis, "Discharge Lamps", Philips Technical Library, 1988.
- 2) IES Lighting Handbook 8th Edition.
- 3) IAEEL newsketter 3/93.
- 4) IAEEL newsketter 1/94.

◆ 著 者 紹 介 ◆



이진우(李鎭雨)

1961年 2月 4日生. 1984年 서울工大 電氣工學科 卒. 1986年 서울大 電氣工學科 卒(碩士). 1990年 서울大 電氣工學科 卒(博士). 세명백트론(株) 研究室長 勤務. 現在 湖西工大 電氣工學科 教授. 當學會 理事.