

# 환경보호를 위한 RoHS 관리와 제품신뢰성 확보 방안

## RoHS management and product reliability ensure method for the environmental preservation

이종범\*, 조재립\*\*

\*한국표준협회 신뢰성기술경영센터 수석전문위원, \*\*경희대학교 공과대학 산업공학과 교수

Jong-Beom Lee, Ph.D.\* Jai Rip Cho, Ph.D.\*\*

\* Reliability Engineering Management Center, KSA,

\*\* Department of Industrial Engineering of Kyung Hee University

### Abstract

This study set the hypothesis to develop the method that was analysis and application of a reliability evaluation method of environmental material for the Computer, Color TV, Monitor, Microwave oven, Electric Refrigerator, Automobile parts, other goods. RoHS management and product reliability ensure method for the conservation of environment.

Especially, this study emphasis on regulate export of the EU and North America that it's a environmental material problem.

Therefore, this study emphasis on the application of a reliability ensure method of environmental material and the use of other parameter by environmental reliability test data.

The result of this study is as follows. 1) There is relationship between regulate material and technical protecting system.

2) Characteristics of hazard material is operating a healthcare damage factor as well as regulate environmental factors.

### I. 서론

향후 2030년의 기후 및 환경변화에 대한 각종 경고 메시지가 최근 들어서 증가하고 있으며, 최근에 영국이 2050년까지 이산화탄소 배출량을 60% 줄이고, 2020년 까지 26%~32%를 줄이기로 하면서 관계 장관들에게 목표치 달성의 책임을 지우는 내용의 법안을 마련하는 등 2030년을 경계로 하는 각종 기후환경변화에 대응하는 움직임이 현실화 되고 있는 추이에 있다. 일본의 경우는 자국내 대기환

경을 개선하기 위한 움직임으로 에코로드(ECO ROAD) 개념의 환경친화적인 도로 운영 시스템을 도입하고 있는 실정이다. 이러한 움직임은 로버트 헌터의 CONFRONTING THERMAGEDDON IN OUR LIFETIME<sup>[1]</sup>(국내에서는 “2030 기후대습격”)에 보면 일명 쥬스 캔 국가로 분류되고 있는 일본(JAPAN), 미국(U.S), 캐나다(CANADA), 호주(AUSTRALIA), 뉴질랜드(NEW ZEALAND)등 5개 국가의 환경과 이력과 이산화탄소 배출 규모와 양을 공개하고 있는데 통계자료를 인용하여 발표한 내용을 보면 캐나다의 3천만 인구가 인도에 사는 10억 인구만큼의 에너지를 소비하고, 전 세계 온실가스 배출량의 3%를 배출하며, 캐나다인 기준으로 볼 때 한사람이 1년에 평균 1만8천 킬로미터를 운전한다고 한다. 대한민국도 비슷한 수준일 것으로 예상된다. 그리고 1995년 기준으로 볼 때 지구상에는 약 5억대의 자동차가 다니고 있었다고 하니 지구온난화의 주범은 아마도 자동차일 가능성이 높다는 것은 부인할 수 없는 현실이 되어 있다.

그리고 선진국에 해당하는 캐나다인 1명이 네팔에 사는 보통사람의 293배의 온실가스를 배출한다고 한다. 이러한 사실 또한 2007년 시점에서는 한국과 캐나다의 차이가 별로 없을 듯하다. 그렇다면 환경을 지키면서 산업을 발전시키고 궁극적으로 부유한 삶을 영위하기 위한 목표를 어떻게 달성할 수 있을 것인가? 환경을 유지하면서 선진국으로 거듭날 수 있을까 하는 의문을 제기하지 않을 수 없다.

환경문제의 실상은 가혹한 기후변화에 의해 대가를 치를 것으로 예상되지만 국내외 경제 및 다양한 사회적 욕구분출과 한반도의 지정학적인 정치적 문제점 등 복잡한 여건 속

에서 지금당장 국가적인 환경문제의 대안을 강구하고 이에 상응하는 국가 시스템적인 대안을 제시하거나 이러한 문제점을 개선하려는 시도는 미비한 실정인 것으로 예측되고 있다. 대한민국의 자연생태계를 복원하고 후손들에게 산업화 강국을 물려주기 위한 보다 적극적인 대안을 강구하기 위해서는 유럽에서 전개되고 있는 산업분야의 유해물질규제 정책을 잘 분석하고 체계적인 접근 대안을 강구하면서, 사회 인프라스트럭처를 친환경적인 시스템으로 변경하여야 할 것으로 본다. 특히, 경전철과 같은 도심 이동수단 혹은 수도권과 비수도권간의 다양한 전철 혹은 경전철 시스템의 도입 등으로 화석연료를 직접 사용하는 교통수단의 사용을 최대한 줄이도록 권고하고, 자동차 보유자에게는 다양한 홍보를 통하여 반드시 필요한 상황에서 자동차 운행을 권고하여, 다양한 환경정책을 입안함으로써 화석연료의 사용을 효율화 하는 정책적 대안을 강구할 때이다.

국가의 운명과 자연생태계의 복원은 별개의 문제일 수 없으며, 나날이 증가되는 각종 유해물질에 의한 오염수준은 IPCC(inter-governmental panel on climate change)의 홈페이지나 관련 자료를 통해서 확인할 수 있는데 이미 심각한 상황에 있는 것이 주지의 사실이다.

그동안의 노력으로 생태하천 등 수질개선에는 많은 진보가 이루어졌으나, 대기중의 각종 유해 환경물질에 관한 대책은 미비한 상황에 있다고 볼 수 있겠으나, 가장 두렵고 우려할 상황은 대기오염에 있다고 볼 수 있으며, 대기오염을 최소화하기 위해서는 각 분야별로 유해환경물질이 최소화 될 수 있도록 다양한 관리 프로그램을 실행하여야 할 것으로 예상된다.

## II. 이론적 배경

### 1. RoHS에 대한 제품신뢰성 평가 분석 이론의 개요

제품생산이 기후 및 환경에 미치는 영향은 상당히 심각한 상태에 있으나 피해정도나 수준을 일반인들이 이해하기 쉽게 측정하거나 환경오염실태를 파악하기에는 매우 난해한 실정이다.

이러한 오염의 실태를 일반인들이 쉽게 인식할 수 있는 시스템을 정립하고, 관리할 수 있도록 지원할 수 있는 방법을 체계적으로 구체화 하는 작업이 필요하다.

“RoHS”에 대한 대체물질을 개발한 이후의 신뢰성 평가와 분석 이론은 화학적, 물리학적, 공학적 요소가 총동원 되어야 실무 영역에서 접근 가능한 사항들이며, 이런 특성으로 인

하여 제품의 개발과정을 통한, 부품 및 제품의 문제점을 규명함과 동시에 기업의 기술적인 Knowhow를 축적하기위한 활동을 강화할 때 비로소 접근 가능한 평가 및 분석기법이 정립 될 것으로 예상된다.

제조업계 측면에서 볼 때 친환경 제품을 생산한다는 사실자체가 원가혁신을 위한 노력과 상충되는 부분이 발생하게 된다. 물론 원가에 미치는 영향을 최소화 하거나 원가상승 영향이 적은 환경대체물질을 채용한 각종 부품의 Outsourcing 과 고가의 환경대체물질 Resource에 대한 회피는 우리제품의 경쟁력을 저하시킴과 동시에 근본적인 환경물질 규제 사항의 원천적인 대비에 걸림돌이 되고 있는 실정이다. 이러한 기업내부의 흐름이 장기적인 대안을 강구하는데 있어서 가장 심각한 장애요인으로 인식되고 있고, 실제로 방해 요인으로 작용하고 있다.

본 연구의 목적인 환경물질에 대한 신뢰성을 평가하고, 빠른 기간 내에 문제점을 검출 및 평가함으로써 원부자재의 신뢰성을 개선함과 동시에 부품설계 및 제품설계의 오류를 짧은 기간에 개선하여 부품과 제품의 신뢰성을 높이는데 역점을 두고 다음과 같이 환경물질에 대한 제품의 신뢰평가기법을 전개하고자 한다.

환경물질을 분류하고 개선하기 위한 환경부문의 신뢰성 평가기법으로는 Environmental FMEA를 실행해야 할 것으로 판단되며, 환경부문에서 발생하는 각종 문제점들은 전반적으로 잠재적인 요소가 강하고 환경과피의 영향은 매우 심각한 영향을 끼치기 때문에 기술경영개념으로 관리 시스템을 재구성해야 한다고 본다.

환경보호를 전제로 하는 제품개발부문에서 기술경영개념의 관리시스템을 구축 하여야 하는데 시스템의 구성은 다음의 절차를 따라야 한다.

1) 환경 측면의 기술개발영역 설정  
: 환경 측면의 기술개발영역 설정은 현재 진행되고 있는 제품을 얼마나 환경 친화적인 제품으로 전환할 수 있는가에 있으며, 이것은 환경영향평가를 기반으로 기술개발영역이 과연 제조원가를 고려하였을 때 가치성이 있는가에 기반하여 영역을 설정하여야 한다.

2) 환경기술의 가치평가와 원가관리를 위한 BSC의 실행  
: 품질, 비용, 납기라는 3가지 요소를 충족시킬 수 있는 환경보존 측면의 기술적 대체 설계에 기반하여 원가관리를 실행하되, BSC 실행을

근간으로 업무를 진행 하여야 한다.

3) 환경위해성분석 및 예비위험분석  
: PHA에 기반하는 환경 위해요인을 분석하고 치명인자를 검출함으로써 환경 친화적인 제품을 생산하고, 이산화탄소 배출량을 최소화 하여야 한다.

4) 환경 FMEA 실행  
: FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS를 잠재적인 환경위해요인 측면에서 잠재적 영향을 분석함으로써 미래의 우리 후손들에게 미칠 환경적인 위해 요소를 분석하고 문제점에 적합한 대안을 마련함으로써 부끄럽지 않은 위대한 조상이 되어야 하겠다.

5) 환경측면의 제품관리 핵심요소를 결정  
: 환경에 위해한 부분을 철저하게 관리하고 통제함으로써 제품관리의 핵심요소에 대한 환경위해요소를 제거하고 친환경적인 제품생산에 최선을 다하여야 하겠다.

6) 사후관리 및 제품의 환경친화성 평가(사후관리중심)  
: 환경 친화적인 제품을 개발하고 판매에 성공하였다고 해도 사후관리에 실패하거나 제품의 환경친화성 평가에서 부적합 하다면 즉각 폐기조치 할 수 있는 평가체계를 구축하여야 하겠다.

환경FMEA의 실행 형태는 기존의 TS16949 혹은 IEC 규정을 참고하여 환경물질 분류체계에 적합한 형태로 재설계하여 적용하여야 하겠다.

특히, 환경물질의 오염형태를 근거로 대기분야 / 수질분야 / 토질분야로 대별하여 오염의 RISK PRIORITY NUMBER(위험우선 수(혹은 순위))를 결정하여야 한다.

## 2. 환경물질에 대한 신뢰성평가기법의 현장 적용을 위한 응용형태 연구

환경물질에 대한 신뢰성평가기법의 현장 적용을 위한 응용형태로서는 가속수명시험과 화학적인 분석기법의 활용 및 응용통계처리의 방법론을 적용하여야 할 것으로 판단되며, 기존의 화학분석 중심의 사고방식에서 탈피한 방법론을 적용하여야 할 것으로 예견된다.

## III. 현업적용을 위한 PATTERN연구

현업적용을 위한 환경물질의 신뢰성평가

에 대한 응용PATTERN은 실무중심으로 전개 되어야 하며, 공학적인 배경을 반드시 유지하여야 한다.

환경물질의 속성을 고려할 때 실무중심의 분석절차는 물질분석의 유효성을 근간으로 이루어져야 하므로 실무적인 관점의 시험분석과 사용상의 문제점을 근거로 접근하여야 하며, 제조생산 현장에서의 문제점을 개선하기 위한 실질적인 문제해결에 집중하여야 할 것으로 판단된다.

## 1. 환경물질 분석을 위한 조사 및 연구

### 1.1 환경물질의 재질별 특성분류 일반

1.1.1 Bisphenol-A (BPA)는 폴리카보네이트, 에폭시수지의 원료로서 광범위하게 사용되고 있는 공업원료의 하나이다. 최근, BPA의 내분비 교란 작용이 지적되었고, 한편 환경중 또는 식품 등에서 BPA의 검출이 보고되고 있다. 그러므로, 저 농도의 BPA를 측정하기 위해서는 시료의 전 처리에 많은 노력과 시간, 더불어 기술이 필요하다고 보고되었다.

실험에서 mili-Q수를 사용한 95. C, 30분 동안의 용출시험 등에서 폴리카보네이트의 우유통, 머그컵, 급식용 식기에서 N.D-8.6ppb의 BPA가 검출되었다. 신제품에 비해 사용하던 제품에서 검출 양이 많았는데 그 이유로는 세척 또는 표면의 마모에 의해 표면적이 넓어진 것으로 판단된다. 그리고, 용출 온도가 높을수록 고농도의 BPA가 용출 되었다는 보고가 있다

1.1.2 '내분비계 장애물질(Endocrine Disrupter)'에 관한 문제이다. 내분비계 장애물질 문제처럼 과학적인 불확실성을 많이 안고 있으면서 예측되는 피해가 치명적인 환경문제도 없을 것이기 때문이다. 내분비계 장애물질은 아직 과학적으로 완벽하게 규명되지 아니한 연구 분야이다. '내분비계 장애물질'이란 이론적으로 환경중의 화학물질이 생물체 내에 들어가 정상적인 호르몬의 작용을 방해함으로써 암수교란, 발암, 기형유발 등의 악영향을 미칠 수 있는 물질로 일컬어진다. 그러나 어떠한 화학물질이 인체에 대하여 그러한 작용을 가지는지에 대해서 완벽하게 증명된 물질은 없는 상황이다. 그럼에도 불구하고 내분비계 장애물질에 관한 많은 연구들은 그 피해가 치명적일 수 있음을 시사하고 있다.

"첫째"는 내분비계 장애물질로 추정되는 물질의 상당수가 잔류성이 있어 사람이나 생물체의 몸속에 쌓인다는 사실이다. 장기적으로 이러한 물질에 노출되었을 때의 영향은 쉽게 예측하기 어렵다.

| 부품 및 소재   | 잠재적 위험 mode                                | 잠재적 위험의 영향                    | 분류 | 치명도 (SEV) | 잠재적 위험의 원인                    | 발생도 (OCC) | 현재 환경물질 관리                 | 검출도 (DET) | 위험우선순위 (RPN) | 권고조치 사항                                  |
|-----------|--|-------------------------------|----|-----------|-------------------------------|-----------|----------------------------|-----------|--------------|--|
| Micom IC  | 리더부위의 납성분 및 Package부위의 bromide성분           | 납성분 및 bromide로 인한 인체 유해 문제 발생 | CC | 5         | 리더부위의 도금 및 package부위의 bromide | 7         | 납 도금 및 bromide사용을 억제하는 수준임 | 6         | 210          | 시급하게 납성분 및 bromide성분의 제거를 위한 조치를 취하여야 함. |
| OP AMP IC | 리더부위의 납성분 및 Package부위의 bromide성분           | 납성분 및 bromide로 인한 인체 유해 문제 발생 | CC | 5         | 리더부위의 도금 및 package부위의 bromide | 7         | 납 도금 및 bromide사용을 억제하는 수준임 | 6         | 210          | 시급하게 납성분 및 bromide성분의 제거를 위한 조치를 취하여야 함. |
| Diode 류   | 리더부위의 납성분 및 Package부위의 bromide성분           | 납성분 및 bromide로 인한 인체 유해 문제 발생 | CC | 5         | 리더부위의 도금 및 package부위의 bromide | 7         | 납 도금 및 bromide사용을 억제하는 수준임 | 6         | 210          | 시급하게 납성분 및 bromide성분의 제거를 위한 조치를 취하여야 함. |
| 전해 콘덴서    | 리더부위의 납성분 및 알루미늄 박막과 리더와의 접합면의 납성분으로 인한 문제 | 납성분으로 인한 인체 유해 문제 발생          | CC | 5         | 리더부위의 도금 및 접합부 납성분            | 5         | 납 도금 및 접합부 납사용을 억제하는 수준임   | 6         | 150          | 시급하게 납성분의 제거를 위한 조치를 취하여야 함.             |

“둘째”는 최근 활발히 논의되고 있는 저용량에서의 악영향(Low-dose adverse effect)에 관한 가설이다. 일반적으로 생각하는 화학물질의 독성은 노출량이 많으면 강해지고 노출량이 적으면 적어진다고 알려져 있다. 그러나 어떠한 화학물질이 내분비계에 미치는 영향은 그러한 패턴을 따르지 않는다는 것이다. 즉 높은 농도에서는 전혀 나타나지 않던 악영향이 오히려 낮은 농도에서 나타나는 경우가 있다는 것이다.

“셋째”는 피해가 예측되는 분야가 생식, 면역, 성장 등 내분비계의 작용이 미치는 모든 분야로 매우 다양하고, 축적되는 물질의 경우 후손에게까지 영향을 미칠 수 있다는 가설이다. 이러한 이유로 내분비계 장애물질의 문제는 많은

부분이 과학적으로 규명되어 있지 않음에도 불구하고 1990년대 후반부터 전세계인의 비상한 관심을 끌고 있는 것이다.

이러한 상황에서 세계 각국의 정책당국이 이 문제를 해결하는 방식은 사정예방 원칙의 적용이라는 관점에서 시사하는 바가 크다. 세계 각국은 우선적으로 내분비계장애물질에 관한 시험, 검색법의 개발과 같이 내분비계장애물질을 과학적으로 규명할 수 있는 연구, 조사에 일차적으로 주력하고 있다. 아울러 내분비계장애물질 중 잔류성이 강하여 사람의 몸 속에 축적되거나 후세에까지 전달될 수 있는 물질들을 엄격하게 관리하고 있다. 또한 TBT(유기주석류의 일종, Tributyl Tin)와 같이 생물체에 임포섹스 등의 악영향을 일으키는 물질



에 대하여 연근해 등에서의 사용을 규제함으로써 자국의 생태계를 보호하고 있다. 내분비계장애물질이라는 일반적인 범주로 문제를 해결하는 것이 아니라 추정물질을 과학적인 증거에 따라 분류한 잔류성이 있어 피해가 축적되거나 피해를 주는 것으로 상당 부분 입증된 것에 대해서는 적극적인 규제조치를 취하고 아직 과학적인 증거가 부족한 부분에 대해서는 연구를 지속하는 것, 이 정도면 사전예방의 원칙을 적절하게 적용하였다고 볼 수 있을 것도 같다.

물론 상기 물질이외에도 우리가 잘 알고 있는, Pb, Bromide 등은 당연히 인체에 유해한 성분을 가지고 있으며, 고온에 노출될수록 치명적인 문제를 야기 한다는 사실을 이해하여야 하겠으며, 이러한 문제를 사전에 개선하고 제거하기 위해서는 사전예방원칙인 위해성평가(Risk Assessment) 및 위해성 관리(Risk Management)가 매 단계별로 과학적인 불확실성을 확인해 나가면서 적용되어야 함을 제시하고 있다. 또한 정책결정자는 모든 가용한 과학적인 정보를 활용하여 해당 문제에 대하여 과학적인 불확실성이 어느 정도인지를 인지할 필요가 있으며, 어느 정도 수준이 수용가능한지 (Acceptable), 위해수준(Hazards Level)인지는 사회적인 합의가 필요한, 정치적인 사안임을 지적하고 있다.

사전예방의 원칙이라는 것이 과학을 뛰어 넘어 환경만을 최고의 가치로 하는 '환경지상주의'의 논거가 아니라는 사실을 자명하다. 또한, 많은 환경문제들이 그 원인과 영향이 분명히 밝혀지지 않은 상황에서도 우리는 우리의 환경을 보호하기 위해서 무엇인가를 하여야 하고, 사전예방 원칙은 그러한 문제를 해결하는 좋은 이론적 도구가 될 수 있다. 지금이라도 우리사회에서 사전예방 원칙이 보다 합리적이고 과학적으로 정책에 적용되기 위해서는 많은 연구와 합의 그리고 정책 실험이 시작되어야 할 것이다.

## 1.2 환경물질에 대한 선진국의 관리형태 조사

1.2.1 오스트리아에서는 '94년 기준으로 일부 발생원에 대하여 총 28.7g I-TEQ의 다이옥신류가 배출된 것으로 예측하고 있다(UBAVIE 1996). 비산업계 연소발생원에서 전체의 58%인 16.7g I-TEQ가 배출되었으며 가정용 연소시설(보일러 등)에서도 많은 양이 배출되고 있다.

오스트리아는 현재 환경매체나 식품에 대한 공식적인 가이드라인은 없다. 그러나 과거에는 각 경우에 대하여 최고허용농도를 설정하였고 토양에 대해서는 독일의 기준을 그대로 사용

하였다. 우유에 대한 다이옥신류 오염을 우려하여 젖소에게 공급되는 목초에 대하여 최고 3ng I-TEQ/kg-건조중량을 권고하여 왔으나 현재까지 정보로는 가이드라인으로 발전될 가능성은 적은 것으로 파악되고 있다.

일일내용섭취량(TDI 슬러지 Tolerable Daily Intake)은 10pg 2,3,7,8-TCDD/kg-체중을 권고하고 있으며 이를 초과할 경우 폭로를 저감시키기 위한 조치를 취하여야 한다. TDI의 목표치는 1pg 2,3,7,8-TCDD/kg-체중으로 설정하고 있다.

1.2.2 덴마크에서는 북유럽국가들에 의해 권고된 일일내용섭취량 5pg N-TEQ/kg-체중을 자국에 적용하고 있다.

1.2.3 핀란드에서는 도시폐기물소각시설에 대해서만 다이옥신류를 규제하고 있다. '95년에 기존시설 1.0ng I-TEQ/m, 신규시설('90. 12. 1부터)도 1.0ng I-TEQ/m으로 정하고 목표치로서 0.1ng I-TEQ/m을 설정하였다.

핀란드는 '90년 이전에 설치된 시설도 포함시켜 모든 도시폐기물소각시설에 대하여 다이옥신류의 목표배출농도를 0.1ng/m으로 설정하였다. 오염토양에 대해서는 2ng I-TEQ/kg의 가이드라인과 500ng I-TEQ/kg의 법적 기준을 제안하고 있는 상태이다. 핀란드도 북유럽국가들에 의해 권고된 일일내용섭취량 5pg N-TEQ/kg-체중을 적용하고 있다.

1.2.4 프랑스에서 다이옥신류에 대한 법적 규제는 신규 도시폐기물소각시설에 대하여 '97년 2월 24일부터 유럽연합지령에 따라 0.1ng I-TEQ/m으로 설정하였다.

'97년 2월에 기존 도시폐기물소각시설에 대하여 0.1ng I-TEQ/m의 다이옥신류 가이드라인을 설정하였고, 지방정부에서는 각 사안에 따라 법적 규제치를 별도로 설정하고 있으나 국가적 차원에서 다이옥신류 배출농도를 0.1ng/m을 초과하지 않도록 권고하고 있다.

금속산업 및 제지산업에 대해서는 배출 권고치로 1ng I-TEQ/년이 설정되어 있고, 이 농도를 초과하면 저감조치를 취하고 시설주변 3km이내의 생산되는 우유의 분석을 실시하여야 한다. 이외에 시멘트 및 석회제조시설에서 폐기물 혼합 소각시 0.1ng I-TEQ/m의 권고치가 설정되어 있다.

프랑스 농업부는 우유 및 유제품에 대하여 최대농도로서 5pg I-TEQ/g-지방을 권고하고 있으며 이 농도이상이면 판매를 금지하고 있다. 목표치는 1pg I-TEQ/g-지방이하이다. 일일내용섭취량은 Conseil Suprieur d'Hygiene Publique of France에서 권고한 1pg I-TEQ/kg-체중이다.

1.2.5 '97년에 독일환경청(UBA)은 과거 및 장

래의 다이옥신류 배출량을 추산, 예측하여 보고하였다 (Johnke 1997). 80년대에는 독일연방의 총 다이옥신류 배출량이 1~2kg I-TEQ/년으로 추정되었으며, 90년대초까지 다이옥신류의 배출은 지속적으로 감소하였다. 90년대초에는 총 다이옥신류 배출량이 1,000g I-TEQ/년 이상으로 추정되었으며 '94/'95년에는 약 300g I-TEQ/년으로 추정하고 있다. 그리고 2000년에는 다시 70g I-TEQ/년이하로 크게 감소할 것으로 예측하고 있다.

'90년대초 이러한 다이옥신류 배출량의 급격한 감소는 폐기물소각시설에 대하여 기존 소각시설을 '97년부터는 모든 도시폐기물소각시설이 0.1ng I-TEQ/m(17th BImSchV, 1990)의 다이옥신류 규제를 받게 됨에 따라 도시폐기물소각시설에서 배출되는 다이옥신류의 배출량은 4g I-TEQ/년이하가 될 것으로 예측되고 있다. 평균 배출농도 0.015ng I-TEQ/m을 토대로 전체 용량 15.9백만톤/년을 곱하면 도시폐기물소각시설로부터 배출량은 1.3g I-TEQ/년 또는 전체 인벤토리의 약 2%가 된다(70g I-TEQ/년이하)(Johnke 1997, 1998). '98년에는 평균 배출농도 0.05ng I-TEQ/m과 총 소각용량 13.6백만톤/년을 기준으로 배출량을 약 4g I-TEQ/년로 추정하고 있다.

1.2.6 영국의 농수산 식품부(Ministry for Agriculture, Fisheries and Foods, MAFF)에서는 우유중 다이옥신류(Co-PCB포함)에 대하여 최대내용농도(Maximum Tolerable Concentration ; MTC)를 0.66ng TEQ/kg(우유 전체로는 약 16.6ng TEQ/kg-유지방)으로 권고하고 있다. 여러 산업공정에 대하여 달성 가능한 다이옥신류 농도를 제시하고 있으며 이러한 가이드라인은 지침형태(IPC guidance Note)로 제시되고 있다. 각종 폐기물 소각시설(도시폐기물, 병원폐기물, 화학폐기물, 하수슬러지, 동물사체, 화장, 재생유)에 대해서는 0.1ng TEQ/m을 권고하고 있다. 연소시설(대형보일러, 산업로, 엔진, 시멘트석회킬른 등)에 대해서도 0.1ng TEQ/m이 권고되고 있다. 금속제조시설(철강, 비철금속, 주물 등)이나 종이펄프제조시설에 대해서는 1.0ng TEQ/m이 권고되고 있다.

최대TDI로는 10pg TEQ/kg-체중(PCB포함)이 화학물질독성위원회(Committee on the Toxicity of Chemicals in Food, Consumer Products and the Environment, COT)에 의해 추천되고 있다.

1.2.7 물론 Pb 및 Bromide에 대한 규제는 전 유럽 국가가 대부분 규제대상으로 분류하여 규제를 하고 있거나 규제준비단계에 있으며, 이러한 배경에는 상기 내용과 같은 이유가 내재되어 있다고 보아야 한다.

### 1.3 Solder에 있어서 환경물질(Pb)과 Stress Factor 분석

액상점 온도증가에 따른 Solder 합금의 특성과 Creep특성 비교  
(Reliability and Failure of Electronic Materials and Devices)

상기 Data에서 보는바와 같이 Pb의 비율을 낮추면서 Ag, Sb 금속 물질등을 이용해도, 일정한 온도까지는 고온Solder를 얻을 수 있으나, 250°C 이상의 고온 Solder의 경우는 Pb를 사용해야 하는 어려움이 있다.

그러나 문제의 핵심은 Pb의 경우 이미 환경물질로 분류된지 오래되었고, 인체에 유해한 문제를 유발시키는 속성이 강한 것으로 인식되고 있으나, 상기의 이유 등으로 인하여, 고열부위에 탑재되는 제품의 제조과정에서는 사용을 하지 않을 수 없는 현실적인 문제가 있으며, 이러한 과제들을 어떻게 해결하느냐가 문제해결의 관건이 되고 있다.

따라서, 문제의 핵심은 Creep저항을 높은 상태로 유지하면서 고온Solder를 얻을 수 있는 방법과 제품 설계시점에서 방열구조를 효과적으로 수행함으로써 저온 Solder(비교적 저온일 경우 Pb의 함량이 줄어듬)의 사용을 늘리는 방법을 고려해야 할 것으로 판단된다.

그리고, 이러한 Pb와 같은 환경물질들의 신뢰성평가에도 현실적인 문제들을 어떻게 수용하고, 기업에 대안을 제시 할 것인가에 대해 심사숙고해야 할 것으로 본다.

환경물질에 대한 신뢰성평가의 원칙은 현실적인 문제 해결에 주력하여야 하며, 제품을 설계하는 단계에서 자사 제품의 구조적인 문제점을 분석하여 개선함으로써 무역장벽으로서 작용하고 있는 각종 규제를 효과적으로 대응할 수 있는 대안을 설계해나가야 한다.

특히, 환경물질의 신뢰성평가는 원부자재의 적용과 밀접한 관계가 있으므로, 보다더 신중한 판단과 조사 연구가 뒷받침 되어야 하며, 이러한 조사와 연구를 토대로 하여 환경물질 규제에 대응하기 위한 대책 수단이 수립되어야 하겠다.

### 1.4 시험계획 수립

환경물질에 대한 신뢰성평가를 위한 시험 계획은 주로 화학적인 입장에서 접근되어야 하므로 다음의 사항을 염두에 두고 판단하여야 할 것으로 본다.

1) 무기물의 분류를 실시하고, 무기물 가운데 환경 물질로 분류되는 요소들을 철저히 조

사 및 분석하여야 하겠다.

2)무기물 분석에 적용되는 시험방법들을 조사하여 분석에 필요한 시스템을 구축하여야 한다.

3)분석 시스템의 구축은 주로 “ICP장비의 운용시스템 구축, SEM+EDS 시스템의 운용체계 구축, TA 혹은 TMA 장비등의 운용체계 구축등이 필요하며, 이러한 분석 시스템의 구축을 위한 전문분석 인력의 육성과 양성은 향후 세계적인 TPS 체계에 대응하기 위한 근본적인 방패로서의 역할을 수행 할 것으로 본다.

4)상기 절차에 의한 기본적인 사항이 구축된 이후에 시료의 전처리를 위한 화학적인 처리 프로세스를 구축하여야 하며, 초자기구, 화공약품등과 같은 전, 후 처리에 필요한 사항들을 준비해야 할 것으로 본다. 이때 시험 분석실의 환경적 안전에 만전을 기하여야 한다. 특히 강산을 취급하는 경우에는 환기시설 및 폐수 처리를 위한 시설, 약품 등의 보관조건에 대한 철저한 운영 체계 등이 유지 관리될 수 있도록 조치하여야 한다.

5)“1)번~5)번”까지의 준비가 완료되면, 시료를 채취하여 시험을 실시하고 분석 단계에 들어가는데, 이때 반드시 실험계획법에 근거하는 시험을 실하여야 한다.

일반적으로 현장에서는 통계처리의 난해성을 호소하고 있지만 기본적인 통계 처리는 반드시 실시 하여야 한다.

6)후처리를 실시할 때 주의하여야 할 사항은 Data의 정확도 유지에 관한 사항이며 처리 시 수질에 대한 순도유지 및 관련사항의 정밀도 유지가 반드시 수반되어야 한다.

### 1.5 환경물질의 신뢰성 평가 위한 Sampling

평가를 위한 Sampling은 기본적으로 Random Sampling을 근간으로 실시하여야 한다.

단, LTPD방법론을 취할 경우 보다 더 정확한 Sampling이 될 수 있다고 본다. 물론 KS A의 계수 선별형 1회 샘플링검사를 실시하는 경우에는 P관리도에 의한 관리가 용이하게 된다.

### 1.6 환경물질에 대한 신뢰성평가방법의 설정

환경물질에 대한 신뢰성평가는 다각적인 시각에서 시도되어야 하며, 단순히 내구성 위주의 시험방법에 의존한다든가 제품의 수명유지 관점에서만 접근하여서도 안 된다는 것이다.

환경물질의 본질적인 문제를 인식하고, 문제의 본질에 근접한 개념에서 환경물질의 신뢰

성 평가가 이루어져야 하므로 다음의 절차를 만족하여야 하겠다.

1)먼저 유해환경에 대한 정의가 이루어져야 한다.

2)고객의 사용 환경에 위해를 가하지 않기 위한 조건을 찾아야 한다.

3)환경물질에 대한 특성을 정의하여야 한다.

4)각종 인체상의 위해 요소들에 대해 정의하고, 개념을 정확히 분석해야 한다.

5)PHA를 실행함으로써 환경적인 위해요인을 계량화 하여야 한다.

6)SHA를 실행함으로써 예비단계 환경위해요인들을 시스템적인 관점에서 분석하고 계량화 하여야 한다.

7)Health Care FMEA를 실행함으로써 환경상의 위해요인 분석은 물론 PL(제조물책임)관점의 문제점 개선을 실행함으로써 근원적인 위험요소 제거를 위한 노력을 하여야 한다.

8)위해요인에 대한 통계처리를 실행하여야 하며, 환경 및 신뢰성 측면의 통계분석에 근거하는 문제 해결을 추구하여야 한다.

## IV. 결론

지난 연구발표 자료에서도 본 논문의 일부내용을 언급한바가 있으나, 대기 환경 및 수질환경, 토양환경에 대한 지구의 한계선은 향후 23년이 지난 2030년 이면 극한 상황으로 치닫한다고 한다.

이러한 이야기는 GREEN PEACE 를 창시한 로버트 헌트가 지적한 과학적 근거이며, 그린피스 활동을 하면서 몸소 경험한 내용을 근거로 하였기 때문에 신중하게 검토하고 대응하여야 하겠다.

이제 지구는 인간이 품어내는 이산화탄소를 포함하는 각종 유기성 물질이라는 점이 매우 우려할 상황이라는 것이다.

그러므로 이제는 RAMS 메커니즘을 재정립하여 관리의 효율성을 높이고 친 환경적인 제품을 생산하는데 주력함으로써 21세기 대한민국의 새로운 활로와 새로운 비전을 확보하리라고 판단된다.

## References

- [1] E.Tsunashima : IEEE Trans. CHMT, Vol. CHMT-1, No.2, pp.182 - 186, 1978
- [2] K.Sato, Y.Ogata, K.Ohano and H.Ikeo: 18th Reliability Physics, pp. 205 - 212, 1980
- [3] IBM :IEEE Trans 1989
- [4] Three Caps : Environment Reliability Test for Electronic Parts and Electronic Equipment, 1992
- [5] Tree Caps : 고분자 물질의 가속수명시험 방법론, 1997
- [6] Beyond Total Quality Management : toward the emerging paradigm, 1994
- [7] MIL-S- 19500
- [8] Reliability and Degradation of Semiconductor Laser and Leds, 1991
- [9] The vision of Six Sigma : A Roadmap for Breakthrough, 1994
- [10] AT & T Reliability Handbook, 1999
- [11] Introduction to Reliability Engineering, E. E. Lewis, 1997
- [12] 유럽국가의 다이옥신류 규제기준