

클린룸의 에너지 절약 기술 개발과
신뢰성 향상의 필요성에 관한 연구
A Study on the Necessity for Energy Saving
Techniques and Improvement of Dependability
of Clean room

김 중 질* · 김 형 만** · 김 영 섭***

고 재 규*** · 최 성 원*** · 조 국 형****

Jong-Gurl Kim* · Hyung-Man Kim** · Young-Sub Kim***

Jae-Kyu Kim*** · Sung-Won Choi*** · Gook-Hyung Cho****

Abstract

Since Korea must get 5.2% reduction of green gas emission and insecurity of economic impact is on the increase due to unstable oil market, the demands of energy saving techniques are increasing. In this paper, we investigate necessity of development of enormous energy used cleanroom energy saving techniques furthermore we also investigate the adoption of dependability management system to develop the energy saving cleanroom development process.

Keywords : Clean room, Dependability management

* 성균관대학교 시스템경영공학과 교수

** 상지대학교 경영정보학과 외래교수, 성균관대학교 산업공학과 박사 수료

*** 성균관대학교 산업공학과 석사과정

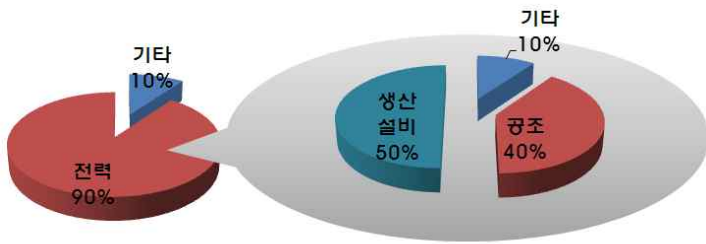
**** 성균관대학교 시스템경영공학과

† 본 연구는 2008년 경기도 전략기술개발사업 계획서에 의해 이루어진 논문임.

1. 서론

인도네시아 발리에서 폐막된 13차 유엔기후변화협약(UNFCCC) 총회에서 2013년부터 우리나라를 포함한 모든 국가가 온실가스 감축대상에 포함됨에 따라(발리로드맵) 정부는 2012년까지 산업계 180만t, 대규모 주거 혹은 산업단지 250만t, 자동차 60만t의 온실가스를 줄이는 내용의 '기후변화 제4차 종합대책(2008~2012년)'을 확정했다. 그동안 OECD 국가 중에서 멕시코와 더불어 교토 의정서에 개발도상국으로 분류되었던 우리나라는 온실가스 의무 감축 대상에서 제외되어 이산화탄소 및 에너지 관리에 있어 국제적 움직임보다 다소 소극적인 자세를 취해왔던 것이 사실이다[1]. 이제는 효율적인 에너지 사용은 더 이상 자발적인 참여를 통한 공공선의 개념이 아닌, 이행하지 못했을 경우 국제적인 제재가 따라오는 필수적인 국가 과제라 할 수 있겠다. 또한 불안정한 국제유가에 의한 경제적 위기가 빈번한지 오래지만 우리나라 에너지 수입의존도의 개선은 눈에 띄게 보이지 않고 있는 실정이다.

에너지 절약과 온실가스 배출 감소의 필요성에 따라 각 사업에 대한 에너지 절감 기술에 관한 필요성이 증대되고 있다. 일반 사무실과 클린룸이 설치되어 있는 곳과의 에너지 소비량을 비교 하면 바이오 클린룸의 경우 일반 사무실의 3.1배, 공업용 클린룸의 경우 13배의 에너지를 필요로 하고 있다. 이러한 클린룸 전력 소비에 있어 세부적으로 살펴보면, 공조 분야가 전체 40%를 차지하고 있어 공조기에 대한 효율적 개선이 필수적이다. 아래 <그림1-1>은 클린룸 에너지 소비량에 대한 분포를 나타낸다[1]. 클린룸은 초정밀 생산 공정 전 과정의 작업환경을 책임지고 있기 때문에, 단순한 클린룸 시스템의 어느 한부분의 고장으로 인해서도 막대한 손실을 입을 수 있다. 따라서 클린룸 개발에 있어서 고장과 관련된 신뢰성 기술은 반드시 적용되어야 할 것이다. 본 연구는 에너지 절감형 클린룸 개발과 동시에 신뢰성 경영 시스템 도입의 필요성을 언급 하고자 한다.



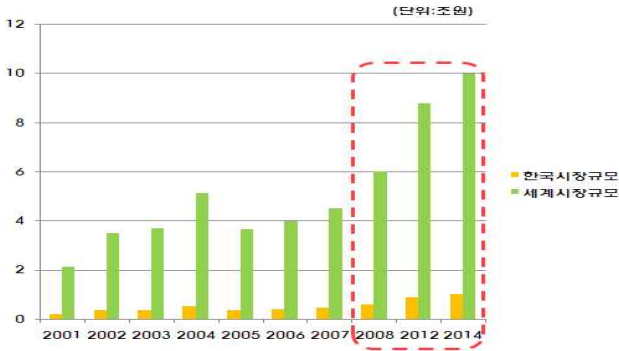
출처 : 공기청정기술 70호(2007)

<그림1-1> 반도체/디스플레이 공장의 에너지 소비량의 분포

2. 클린룸 시장 현황

클린룸의 시장은 주로 LCD/반도체 등 최첨단 산업을 중심으로 구성 되어있으며 또한 LCD/반도체 산업의 성장세와 맞물려 매년 꾸준한 성장을 기록하고 있다.

<그림2-1>은 우리나라의 시장규모의 수준을 나타낸다. 세계시장의 1/10 수준이지만 지속적인 기술개발을 통해 해외시장으로의 발판을 마련해야 할 것이다[2]. 또한 에너지 절감 기술의 개발로 우리나라에서 뿐만 아니라 세계시장에서도 클린룸 에너지 절감 기술 선점의 중요성이 증가 되고 있다.

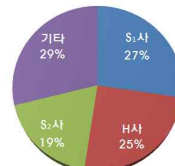


출 처 : “한국 클린룸 산업현황 및 동향”, 한국공기청정협회(2007)
 <그림2-1> 국내외 클린룸 시장규모

국내 클린룸 시장은 일부 메이저 업체가 대부분을 선점하고 있는 형태이다. 일부 중소기업들의 기술개발을 통한 클린룸 산업의 전반적인 확대가 요구된다고 볼 수 있다.

아래 <그림2-2>는 국내 클린룸 시장에서의 업체 별 시장 점유 현황을 나타낸다[5].

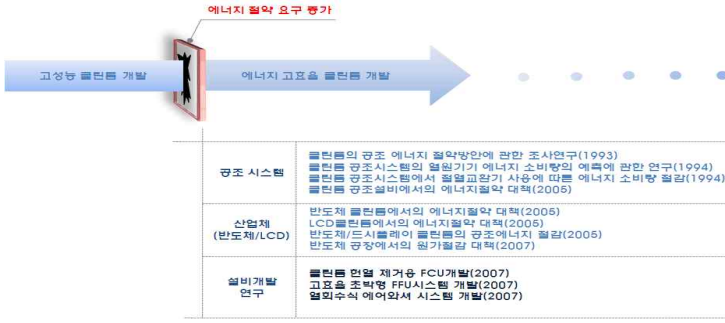
| 기업체 | 매출(점유율,%) |
|------|------------------|
| S1 사 | 1642억원 (27.4%) |
| H 사 | 1500억원 (25%) |
| S2 사 | 1124.6억원 (18.7%) |



출처 : 기업공시정보참고, <http://dart.fss.or.kr> (2007)
 <그림2-2> 국내 클린룸 시장 점유 현황[5]

3. 클린룸 에너지 연구 동향

기존 국내 클린룸의 연구개발 흐름은 고성능 클린룸 개발에 중점을 두고 이루어져 왔으나 에너지 절감과 온실가스 감축의 국제적인 요구에 따라 에너지를 고려한 연구에 대해서도 이루어지고 있는 추세이다. <그림3-1>은 국내 클린룸 기술 동향을 나타낸다.



<그림3-1> 국내 클린룸 기술 동향

해외의 클린룸 에너지 관련 기술 분야에서는 미국과 일본이 선두적인 역할을 하고 있다. 미국에서는 집중적으로 제조공정이 이뤄지는 제조 장비 부문으로 초 청정구역을 국소화하여 에너지 소비를 절감하는 SMIF(Standard Mechanical Interface) 시스템, 클린튜브 시스템 등이 차세대 클린룸이 집중적으로 개발 되고 있으며, 일본의 경우 “초 에너지절약형 클린룸”을 개발 및 판매가 시작되었다. 이 설비는 전자·전기 및 제약·식품 등의 산업용 클린룸을 대상으로 최대 85%의 전력 삭감을 도모할 수 있다. 이와 함께, 국소 배기설비와 유틸리티 설비·중앙 감시시스템 등의 종합적인 에너지에 대한 절약도 제안할 예정이다. 주요 연구 분야에서는 현재 한국에서 주로 사용하는 FFU방식의 클린룸보다 에너지 효율이 뛰어난 FMU방식의 새로운 개념의 클린룸에 제안되었고, 장비의 효율 이외 여러 요소인 기압, 장비 배치 등의 최적화에 의한 에너지 효율을 상승시키는 연구도 진행 중에 있다.

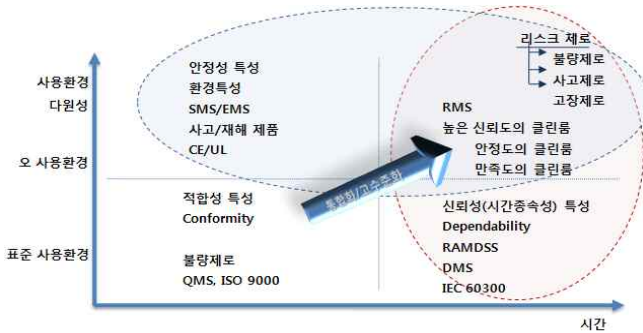
4. 신뢰성 경영시스템 도입의 필요성

한국 제품은 그 초기 구입 품질 수준이 세계시장에서 선진국 제품과 어깨를 나란히 할 정도로 국제 경쟁력을 갖춘 것으로 인정받고 있다. 그러나 사용시간이 길어지면 신뢰도가 떨어져 국제 경쟁력을 상실하게 된다. 예를 들면, 일본과 한국의 가전제품을 5

년간 사용할 경우 국산품의 누적 고장률이 25%인 반면 일본은 이의 3분의1 수준인 8% 대에 이른다. 이것은 한국제품이 선진국 제품과 구입초기 품질은 동등하나 시간이 지나면서 선진국 제품보다 수명이 짧아지고 고장 발생 빈도도 훨씬 잦아지기 때문이다. 신뢰성은 제품의 수명기간동안 고장 없이 일정기간 사용할 수 있는 특성으로 제품의 설계단계에 미리 반영되어야 할 기본사양으로 선진국과 후진국의 기술수준을 차별화하는 질적 척도로 활용되고 있으나, 성장위주의 발전을 거듭해온 국내 산업 구조는 설계기술의 대외의존성이 높아 원천기술인 신뢰성 수준은 선진국대비 상당히 낮아져 있어 있는 실정이다[3].

클린룸은 주로 최첨단 산업에서 활용되기 때문에 신뢰성의 중요도는 더욱 높다. 반도체 산업의 경우 클린룸의 고장이나 결함으로 인해 클린룸 내부의 청정도가 급격히 떨어질 경우 반도체 결함율이 급상승하며 심각한 경우 제조 라인의 가동을 중단시켜 막대한 손실을 미칠 수 있다. 예를 들어 지난 2007년 8월 3일에 있었던 삼성반도체 기흥공장의 정전 사태에 경우 정전으로 인한 제조 라인의 중단으로 하루 250억 원 규모의 생산이 중단되었고 전문가들은 최소 500억 원에서 최대 5000억 원까지 손실을 예상했다[6].

이렇듯 반도체와 같은 초정밀 산업에서의 클린룸은 경영시스템의 신뢰성이 매우 중요하다. 아래<그림 4-1>은 우리가 지향해야 할 경영시스템을 나타낸다[4].



<그림 4-1> 시스템 경쟁력 확보방안(4분역)

이제 ISO시스템만으로는 PL법 대응 및 경영 시스템의 경쟁력을 가질 수가 없다. 기업은 적합성 특성으로 불량제도를 지향하는 ISO 시스템과 신뢰성, 보전성, 안전성이 강화된 경영시스템을 구축하여 제품의 불량제로, 사고제로, 고장제로를 지향해야 완벽한 PL대응과 소비자의 신뢰도를 얻을 수가 있다. 클린룸 개발에 있어 신뢰성에 대한 고려는 반드시 이루어 져야 하며, 이러한 발전적 연구를 지속적으로 유도하여 클린룸 산업의 경쟁력을 강화하도록 해야 한다.

4.1. 신뢰성경영시스템(IEC 60300) 고찰

IEC60300의 국제 규격은 신뢰성 경영시스템의 규격으로써 구성은 [표 4-1]과 같이

제 1부는 신뢰성 경영시스템(Dependability management systems),

제 2부는 신뢰성 경영지침(Guidelines for dependability management),

제 3부는 응용지침(Application guide) 표준의 13개의 규격으로 구성되어 있다.

제 1부는 신뢰성 경영시스템의 전반적인 내용을 다루고 있고, 제 2부는 신뢰성 경영시스템의 요소와 업무별 지침을, 제 3부는 각 요소와 업무에 필요한 응용지침들을 설명하고 있다[7][8][9].

<표 4-1> IEC 60300 시스템의 구성

| 구 성 | 내 용 |
|-----------------------------|---|
| 300-1(2003) | 제1부 : 신뢰성 경영시스템 (Dependability management systems) |
| 300-2(2003) | 제2부 : 신뢰성 경영지침 (Guidelines for dependability management) |
| 300-3 | 제3부 : 응용지침 표준 (Application guide) |
| 300-3-1(2003) | 신뢰성 분석기법 (Analysis techniques for dependability) |
| 300-3-2(2004) | 신뢰성 현장자료의 수집 (Collection of dependability data from the field) |
| 300-3-3(2003) | 수명주기 비용 (Life cycle costing) |
| 300-3-4(2004) | 신뢰성 요구사항 명세화 (Guide to the specification of dependability requirements) |
| 300-3-5(2001) | 신뢰성 시험조건과 통계적 시험원리 (Reliability test conditions and statistical test principles) |
| 300-3-6(2006) IEC 61713 | 소프트웨어 신뢰성경영 (Software aspects of dependability) |
| 300-3-7(2000) IEC 61124 | 하드웨어의 신뢰성 스트레스 스크리닝 (Reliability stress screening of electronic hardware) |
| 300-3-9(1995) | 기술적 시스템의 리스크분석 (Risk analysis of technological systems) |
| 300-3-10(2001) | 보전성 (Maintainability) |
| 300-3-11(1999) | 신뢰성기반 보전 (Reliability centered maintenance) |
| 300-3-12(2001) | 통합병참지원 (Integrated logistics support) |
| 300-3-13(2001) IEC 62198 | 프로젝트 리스크 관리 (Project risk management) |
| 300-3-14(2004) | 보전과 보전지원 (Maintenance and maintenance support) |

본 국제표준은 대부분의 조직이나 프로젝트 요구를 충족시키는 신뢰성 경영시스템을 구성하는데 일반적인 지침을 제공하고, 신뢰성 표준의 구조는 “tool box”의 개념을 따른다. IEC 60300-1은 적용 지침과 방법에 기준을 제시하는 IEC 60300-2에 의해 지원된다. 본 국제표준은 전체적인 경영시스템에서 신뢰성 활동의 구체화를 촉진하기 위해 ISO 9001:2000 품질경영시스템(QMS) 구조와 방향을 같이한다. 원하는 수준의 제품 신뢰도, 보전도 및 보전지원성 달성을 위해 신뢰성 활동은 QMS 프로세스를 보완한다.

IEC 60300-1은 ISO 9001:2000과 같은 배열을 하고 있으며 특정 신뢰성 권고사항을

관련 QMS 프로세스에 결합시키는 노력이 필요하다. IEC 60300-1의 주요 조항은 일부 조항의 제목이 정확히 같지 않더라도 ISO 9001:2000을 상호 참조한다. 본 국제규격은 신뢰성 측면으로 유사한 품질 원칙을 제시한다.

IEC 60300-3의 규격은 응용지침으로서 인증 시 적용대상이 될 수는 없지만, 국내 기업이 신뢰성 관련 tool의 접근이 용이하고, 아직 생소한 신뢰성 관련 프로세스를 운영하는데 있어서 상당한 도움이 될 것으로 본다.

5. 결론 및 추후 연구과제

본 연구에서는 고 신뢰도가 요구되는 클린룸시스템에서 최근 가장 큰 이슈가 되고 있는 에너지 절약에 관한 필요성을 언급하였다. 2012년까지 의무적으로 온실가스를 감축해야 하는 우리나라 및 세계 여러 나라는 에너지 관련 분야에 경쟁적으로 뛰어들고 있다. 또한 클린룸은 에너지 소비가 매우 높은 산업이기 때문에, 반도체 중심국가인 우리나라로서는 클린룸에 소비되는 에너지가 1차 에너지의 1%를 차지할 만큼 많은 양의 에너지를 소비하고 있는 실정이라서 에너지 효율에 대한 노력이 요구된다. 또한 지속적으로 운영되고 있는 초정밀 생산라인 환경인 클린룸이 고장으로 인해 정지된다면, 막대한 손실을 가져올 수 있음을 국내 기업의 예를 들어 설명하였다. 신뢰성 기술은 제품이 수명기간동안 고장 없이 일정기간 사용할 수 있는 특성으로 클린룸 시스템에 있어서는 없어서 안 될 중요한 요소이다. 프로젝트 형식의 IEC 60300 규격 적용을 통해 각각의 산업 특성에 맞는, 신뢰성이 확보된 클린룸 시스템 구축이 절실하다. 하지만 어디에서도 신뢰성 기술을 고려한 클린룸 개발이 이루어 지지 않고 있다. 따라서 이를 선행한다면, 세계적으로 기술적 우위를 선점할 수 있을 것이다. 신뢰성경영시스템(IEC 60300)의 적용을 통한 에너지 절약형 클린룸 개발은 더 이상 지체할 수 없는 연구 과제라고 볼 수 있다.

6. 참고 문헌

- [1] 유경훈, "반도체/디스플레이 클린룸의 공조에너지 절감", 공기청정기술, vol.20, No.4, 통권 79호, 2007.
- [2] 차성일, 한국 클린룸 산업현황 및 동향, 한국공기청정협회, 2005.
- [3] 한국부품소재산업진흥원, 신뢰성경영시스템(IEC 60300) 인증제도 도입 타당성조사 및 효과적 도입방안 연구, 2008.
- [4] 김종걸, 품질경영공학, 성균관대학교, 시스템경영공학과, Vol 3, 2008.
- [5] 기업공시정보, <http://dart.fss.or.kr>, 2007.
- [6] 중앙일보, <http://www Joins.com/>, 2007
- [7] IEC/TC 56, "IEC 60300-1 ; Dependability management system", 2003
- [8] IEC/TC 56, "IEC 60300-2 ; Guidelines for dependability management", 2003
- [9] IEC/TC 56, "IEC 60300-3 ; Application Guide", 2003