

<http://dx.doi.org/10.7236/IIBC.2015.15.6.209>

IIBC 2015-6-29

# MSDS 교육의 중요성에 관한 연구

## A study on importance of MSDS education

최성재\*

Sung-Jai Choi\*

**요약** 반도체 관련 산업의 발전에 따라 반도체 제조공정에서 염산, 황산, 과산화수소, 불산, 피라니아 등과 같은 다양한 형태의 유독 가스와 화학물들이 사용되고 있고 누출 사고 역시 빈번하게 발생되고 있는 것이 사실이다. 유독 가스 누출사고 발생시 대량의 인명 피해가 발생되고 있는 것 역시 사실이다. 본 연구에서는 구미 불산 누출 사고와 같은 화학물질 누출 사고의 위험으로부터 인명을 보호하고 피해를 최소화 하기 위한 기본 해결책으로 대학에서의 MSDS 교육의 필요성에 대해 고찰하였다. 또한 GHS와 REACH 제도와 MSDS 이용의 적정성의 이해를 통해 유해 화학 물질의 노출로부터 안전을 지키는 문제에 대해 고찰하였다.

**Abstract** Following the semiconductor industry's growing, various types of toxic gases and caustic chemicals, HF(Hydrofluoric acid), HCl (Hydrochloric acid), H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (Hydrogen peroxide), H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Sulfuric acid), and Piranha, were using on the semiconductor manufacturing process. Therefore many gas leakage accidents that produce huge losses of lives were caused by the processes. This research deeply considers two basic solutions that the necessity of MSDS education on university for reducing damage of lives and protecting life from chemical leak accidents such as a HF accident in Gumi, Korea and the use of GHS, REACH and the comprehension of propriety about using MSDS for keeping safety from conflagrations by released poison chemical materials.

**Key Words** : MSDS(Material Safety Data Sheet), HF, HCl, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Piranha, HHC(Health Hazard Classifications), Exposure Limits, Corrosive Materials, GHS(The Globally Harmonized System of Classification and Labeling of Chemicals), REACH(Registration Evaluation Authorization of Chemicals)

### 1. 서론

최근 반도체 제조공정등에 사용되는 다양한 형태의 유독 가스 및 위험한 화학 물질등의 유출에 따른 폭발과 화재 사고가 증가하고 있는 것이 사실이다. 사고 발생시 진압하거나 수습 하는 과정에서는 사고의 정확한 원인을 파악하고 대응하는 것이 중요하지만 적절한 초기 대응을 위한 기본 정보를 잘 알지 못하는 경우가 대부분이어서 대형 인명 사고 로 이어지는 경우가 발생하고 있는 것이

사실이다. 우리나라의 경우 2012년 9월27일 발생한 경북 구미4공단에 위치한 LCD 액정 세척제 제조공장인 (주) 휴브글로벌에서 누출된 8톤 분량의 HF(Hydrogen Fluoride:불산)누출 사고, 2013년1월15일 청주 (주)GD 불산 누출 사고 2013년 1월28일 경기화성 반월동소재 반도체 생산업체 불산 누출, 2015년 3월12일 충북청주 옥산 필립 제조업체의 염소산나트륨누출, SK하이닉스 염소누출, 대명광학 황화가스누출, SK이노베이션의 디클로로 메탄 누출, LG필립스의 질소 가스 누출등과 같은 다양한

\*중신회원, 가천대학교 전자공학과  
접수일자: 2015년 9월 3일, 수정완료: 2015년 11월 7일  
게재확정일자: 2015년 12월 11일

Received: 3 September, 2015 / Revised: 7 November, 2015 /  
Accepted: 11 December, 2015

\*Corresponding Author: csj0717@gachon.ac.kr  
Dept..of electronic engineering gachon university, Korea

화학물질 누출 사고가 발생되고 있다. 화학물질 누출 사고 시 들어난 문제점으로는 우리나라 소방방재 조직의 유해화학물질 재난대응에 있어서의 전문인력 부족과 화학보호장비 부족, 사고 초기 대응 미숙 등을 들 수 있다. 독성물질인 불산(HF) 누출 사고로 인해 인명 사고를 줄이기 위한 초기 방재 대응에 관한 우려와 관심이 고조되고 있다. 특히 HF 가스에 노출되는 경우 동물 실험을 통한 생리적 변화와 DNA 손상 결과를 확인하면 간, 폐, 비장, 흉선에 미치는 영향이 지대하고 해당 장기에서 출혈, 혈전 등에 의한 기능 저하 뿐만 아니라 폐와 간에서 광범위한 괴사와 출혈이 발견되었음 이 보고 된바 있다<sup>[2]</sup>. 페탁(William J. Petak)은 재난 관리과정을 시간적 흐름에 따라 재난의 예방, 대응, 대비, 복구와 같이 4단계로 구분한바 있고, 우리나라 소방공무원 282명을 대상으로 한 김진동의 재난관리정책 개선방안을 위한 우선 순위 분석 연구에 따르면 재난의 예방(0.358%), 대응(0.281%), 대비(0.219%), 복구(0.142%)의 순서로 중요도의 우선순위가 높다고 밝혀진바 있다<sup>[3,4]</sup>. 따라서 본 연구에서는 유해화학물질 누출 사고 발생시 인명 피해를 최소화 하고 사고처리 시 토양 오염이나 2차 물적 피해를 최소화 할 수 있도록 재난 예방을 위한 화학 전문가를 양성하기 위해서 유해화학물질의 취급과 분류 및 사용시 위험성에 대한 MSDS, REACH, GHS 등의 지식을 대학교육 과정을 통해 이수 시키는 커리큘럼의 필요성과 중요성에 대해 고찰하였다.

## II. 관련 연구

### 1. 물질안전 데이터 시트(MSDS)

화학물질에 관한 안전한 정보는 물질 안전 데이터 시트인 MSDS(Material Safety Data Sheet)를 통해서 구할 수 있다. MSDS에는 작업장에서 취급되는 모든 위험 화학물질에 대한 ① 화학적인 명칭(화학제품과 제조회사 정보), ②화학물질이 제조된 일자(사용 연한), ③ 발암물질의 포함 여부 (모든 위험 화학물질들의 1% 안에 0.1%는 발암물질이 포함되어 있다.), ④ PEL & TLV(보통 ppm 또는 mg/m<sup>3</sup>로 표시된다.), ⑤ 건강 효과(과도한 노출에 의해서 건강 악화에 미치는 영향), ⑥ 물리학적/화학적 특성(화학물질의 끓는 점, 녹는 점, 증기압력, 비중, 용해도가 포함된다.), ⑦ 화재 및 폭발에 대한 정보

(발화점, 자연발화 여부), ⑧ 화학적 안정성 및 반응성(화학물질의 불안정 여부 표시 및 상태 조건 표시), ⑨ 노출에 따른 건강 위험 데이터(동물 개체중 50%가 사망하는 노출 한계를 표시한다. LD50은 치사 조사량이다.) 등과 같은 다양한 정보가 포함되어있다. 이외에도 응급조치 요령과 폭발화재 발생 시 대처요령, 누출 사고 시 대처요령, 환경영향 정보, 화학물질 폐기 시 주의사항, 운송 시 유의 사항, 취급 및 저장방법, 기타 법규등과 같은 정보들이 추가적으로 표시된다.

### 2. 화학물질의 라벨들 (Chemical Labels)

모든 화학물질은 화학적 위험을 전파하기 위해서 반드시 적절하게 라벨을 표시하여야 한다. 화학물질을 사용하기 전에는 반드시 동작을 멈추고 그림1.에 표시된 위험표시 라벨을 확인해야한다.

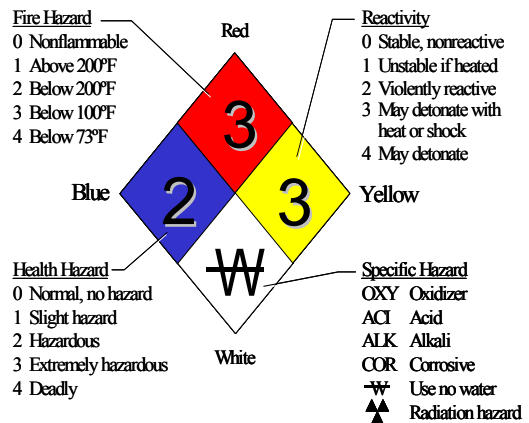


그림 1. 위험정보를 표시하는 라벨  
 Fig. 1. Hazard Information Label

그림1.에서 수자로 표시된 분류 등급의 의미는 표1에 표시된 것처럼 건강에 미치는 위험정도에 따라서 다르게 표시된다<sup>[5]</sup>.

표 1. 건강에 영향을 미치는 위험정보 등급  
 Table 1. Health Hazard Classification

등급	비고
4	화학물질이 아주 짧은 시간 동안 노출되고 신속한 의료조치가 이루어진다고 하더라도 죽음 또는 심한 상태에 이를 수 있다. 이런 화학물질들은 너무나 위험하기 때문에 전문적인 보호 장비 없이 접근하는 것은 매우 위험하다.

3	화학 물질들이 짧은 시간 노출되고 신속한 의료조치가 이루어진다고 하더라도 일시적으로 심각하거나 영구적인 상해에 이를 수 있다. 이런 화학물질들은 신체의 접촉으로부터 보호가 요구된다.
2	의료조치가 일시적으로 이루어지지 않은 상태에서 화학물질들이 지속적으로 노출되면 일시적으로 기능을 빼앗거나 상해에 이를 수 있다. 이런 화학 물질들은 호흡을 보호하는 장비나 공기를 독립적으로 공급해주는 장비의 사용이 요구된다.
1	화학물질들에 노출된 상태에서 비록 의료 조치가 이루어지지 않는다고 하더라도 자극이나 미비한 상해에 이르게 된다. 이런 화학물질들은 공인된 여과통을 가진 가스 마스크가 필요하다.
0	화학물질들이 노출되어도 위험의 범위를 벗어나는 원래의 연소물질이다.

### 3. 신화학물질 관리제도(REACH)

REACH (Registration, Evaluation, Authorization, and Restriction of Chemicals) 는 EU내 연간 1톤 이상 제조 및 수입되는 모든 화학물질의 수입량과 위해성에 따라 등록, 평가, 신고, 허가, 사용제한을 규정하는 제도로 2007년 6월에 발효되었고 2008년 6월부터 기존 물질에 대한 사전 등록이 시행되었다<sup>[6]</sup>. REACH 규정은 통합적인 화학물질 관리를 통해 인간의 건강과 환경을 보호하고 안전한 유통체계를 형성하고 친환경 경영의 중요성을 강조하고 있지만 한편으로는 보호무역 수단의 역할을 하는 환경 규제조치를 가지고 있기 때문에 국가적인 차원에서 이에 대한 대응책으로 REACH에 정통한 인재를 양성하는 것이 필요한 시점에 이르게 되었다.

### 4. 화학물질의 분류 및 표시의 국제 표준화 제도(GHS)

GHS(The Globally Harmonized System of Classification and Labeling of Chemicals)는 UN 스위스 제네바 유럽 본부에서 매년 국제간 협의를 통해서 각 국에서 사용되고 있는 화학 위험 물질의 분류 표시를 단일



그림 2. GHS symbols  
 Fig. 2. GHS symbols

화 시키고 사용자 들이 통일된 분류 표시를 사용하도록 하여 사고를 미연에 방지하고 사고 발생시에도 피해를 최소화 할 목적으로 도입된 것으로 그림 2에 GHS 심벌이 표시되어 있다.

GHS는 2008년 까지 OECD가입국가에서 1차적으로 사용되도록 권장되었다. 세계적으로 사용되는 화학 물질은 약 100,000종으로 추산되고 2011년 기준으로 우리나라는 약 40,000종이 산업용으로 사용되고 있고 제조업중 화학 산업의 비중이 2위를 차지할 정도 중요한 위치를 차지하고 있고 화학물질 유출사고로 인한 피해 역시 급증하고 있는 추세에 있다. 우리나라에서는 2005년부터 노동부고시 제2012-14호, 환경부고시 2011-15호, 소방방재청고시 제2008-18호 등을 통해서 GHS 관련 법률이 시행되고 있다<sup>[7,8,9]</sup>.

그러나 대학에서의 정식적인 학문으로서의 GHS 교육 과정은 정립 되어 있지 못한 것이 사실이다.

### III. 국내외 화학물질 누출피해 현황

최악의 화학물질 누출 사고는 1984년 12월 인도 보팔 지역의 유니온카바이드사의 유독 가스 유출 사고로 가스 누출 수시간 만에 4,000명이 사망하였고 가스 누출 3일 내에 8,000명에서 10,000명이 사망하는 등 전체 사망자는 2만5천명에 이르고 불구자가 5만명이 발생되었다. 사고 발생30년이 지난 현재까지 출산된 기형아의 수치는 60만명에 이르는 세계 최악의 환경 대재앙으로 기록되어 있다. 현재는 반도체 산업의 발달에 따라 대표적인 공정 가스인 불산 가스 누출사고가 자주 발생 되고 있다. 그림 3은 우간다에서 발생된 불산 누출 피해 사진이고 그림 4는 우리나라 삼성전자 불산 누출 피해 사진이다.



그림 3. 우간다의 불산 누출 피해 사진  
 Fig. 3. Photograph acid burn victim in Uganda



그림 4. 삼성전자 불산 누출 피해사진 (연합뉴스)  
Fig. 4. Photograph acid burn victim in Samsung Electronic (YONHAPNEWS)



그림 5. 질산 누출 피해사진  
Fig. 5. Photograph NITRIC acid



그림 6. 가스 누출로 인한 화재 사진 (충청일보)  
Fig. 6. Photograph gas explosion (chungcheong daily)

그림 5는 질산이 누출되고 있는 위험물 관리 규정이 불량한 공장 사진을 보여 주고 있고 그림 6은 누출된 가스가 폭발로 이어진 사진이다. 구미 불산 누출 사고인 경우에는 소방 방재청 조사에서 초기 진압에서 물을 사용한 것으로 밝혀져 심각한 토양 오염을 발생시킨 것으로 조사된 바 있다<sup>[10,11,12,13]</sup>.

#### IV. MSDS 교육의 중요성

화재 진압시 인명 피해와 물적 피해, 환경 오염을 최소화 하기 위해서는 소방관들의 MSDS, REACH, GHS에 대한 정확한 지식과 이해가 필요하다. 2012년 구미 불산 누출의 경우는 사고 직후 해당 지역의 대기 중 불산 오염 조사와 잔류도 검사를 일정 기간 진행하지 못했기 때문에 사고 주변 공장의 근로자와 인근 주민들의 사고 피해와 인근 주변 농토의 토양 오염으로 인한 농작물과 수목, 화훼류의 피해가 심각하게 발생되었다. 그러나 1987년 10월 발생된 미국 텍사스 소재 석유화학 공장의 불산 누출의 경우 재빠른 대응으로 7분만에 가스 누출을 차단했지만 이미 인근 마을 거주 41,000명의 주민 들중 939명의 주민이 심각한 피해를 받았고 사고 발생 후 2년 이 지난 시기 까지 호흡장애등의 후유증을 알았다는 보고가 있다.



그림 7. 청주 sk 하이닉스 공장 주변 사진  
Fig. 7. Photographs of cheongju hynix semiconductor factory

충청북도 청주시의 경우는 그림 7에 표시된 것 처럼 화학물질의 누출사고가 발생할 수도 있는 sk 하이닉스 반도체 공장 인근에 대형 백화점과 영화관, 30층 이상의 고층 아파트 단지를 조성하였고 2015년 현재도 고층 아파트 건축이 진행 중이다.



그림 8. 중국 텐진항 화학물질 폭발 사진  
Fig. 8. Photography of china -tianjin chemical explosion



그림 9. 여수 산단 HCl 탱크로리 폭발 사진  
Fig. 9. Photography of Yeosu city HCl tank lorry explosion

그림 8은 2015년 8월12일 발생된 중국 텐진항 화학물질 저장창고 폭발사고로 140명이 사망하고 인근 물류 창고에 보관중인 수천대의 자동차가 전소한 사진이다. 그림 9는 2014년9월13일 여수 산단 인근에서 염화수소를 운반하던 탱크로리가 전복되면서 2만2500리터의 염화수소가 누출된 사고 사진이다. 사고 발생시 다행히 인근의 아파트와는 3km의 거리가 있어 대형 인명 사고는 발생하지 않았다. 그러나 대규모 상업시설과 초고층 아파트, 위락시설, 대형 마트등과 8차선 횡단보도를 마주하고 있는 청주 sk하이닉스 반도체공장에서 화학물질 운반용 탱크로리의 전복 사고나 화학물질 유출 사고가 발생한다고 가정한다면 중국 텐진항 화학물질 누출 및 폭발 사고 피해를 넘어서는 엄청난 규모의 인명 피해가 발생할 것으로 예상된다. 만약 대학에서 이와 같은 화학물질 누출사고의 위험성에 대한 교육이 이루어 졌다면 도시 계획 과정에서 환경 영향 평가에 의해서 유해 물질 배출 예상 공장에서 불과 반경 50m에서 250m 이내의 근거리 에 하루 유동 인구가 수만명에 달하는 대규모 상업시설

인 백화점과 대형마트, 멀티플렉스 영화관인 CGV와 같은 위락 시설과 초고층의 아파트를 건설하도록 허가 되지는 않았을 것으로 판단된다. 이런 사실만 보아도 도시 계획 허가권을 가지는 지방자치 단체의 건축허가 관련 공무원이나 소방관련 공무원, 환경 영향 평가담당자, 공장의 위험물 관련 관리자, 화평법과 같은 법률을 제정하는 분야의 전문가들에 대한 MSDS, REACH, GHS등과 같은 분야의 전문 지식의 교육이 절실하게 요구된다고 판단된다.

## V. MSDS 교육 실행 후 평가된 결과 분석

MSDS교육의 효과를 확인하기 위해서 2013년 2학기 부터, 2014년, 2015년 1학기 까지 2년에 걸쳐 가천 대학교 전자공학과 4학년 학생을 대상으로 반도체 공정과 VLSI 시스템 설계 강좌를 통해 MSDS의 중요성과 반도체 제조공정에서 사용되는 유해 화학물질 처리 규정에 대한 강의 실시 후 강의 평가와 별도의 강의 만족도 설문 조사를 실시하였다. VLSI 시스템 설계 강좌에서는 CMOS 제작과 레이아웃, CMOS 공정기술 분야중 포토리소그래피 공정, 식각공정, 세정공정에서 다량으로 사용되는 유독성 화학물질인 아세톤, 불소화 암모늄, 아르신, 3염화붕소, 불산, 과산화수소, 질산, 염산, 황산, 피라니아의 누출사고 시 처리 요령에 대해 집중 교육하고 구미 불산 누출사고, 우간다 불산 누출, 텍사스와 인도 보팔시 가스누출사고, 삼성전자 백혈병 발병관련, 하이닉스 반도체 질소 중독 사망사고와 LG디스플레이 파주공장 사망사고등 국내의 누출 사고의 발생원인과 각국의 방제 처리과정 및 대응 전략에 대한 조사 및 발표를 통해 수강생들 스스로 MSDS 교육의 중요성을 확인하도록 진행 하였다. 반도체 공정 강좌에서는 증착 공정, CMP공정, 이온주입공정, 플라즈마식각공정에 사용되는 유독성 화학물질인  $NH_3$ , Ar,  $AsH_3$ ,  $BCl_3$ ,  $BF_3$ ,  $Cl_2$ ,  $CO_2$ ,  $B_2H_6$ ,  $SiH_2Cl_2$ , He,  $H_2$ , HBr, HCl,  $N_2$ ,  $NF_3$ ,  $N_2O$ ,  $O_2$ ,  $PH_3$ ,  $SiH_4$ ,  $SiCl_4$ ,  $SF_6$ ,  $CF_4$ ,  $WF_6$ , 가스의 가연성, 폭발성, 건강위험요소, TWA, IDHL 노출수치에 따른 위험성 및 REACH와 GHS제도에 대한 교육 후 설문조사를 통해 이해도를 측정하였다. 1학기 강의 시작 전에는 반도체 제조공정에서 사용되는 50여종의 폭발 가능성이 높은 화학물질의 사용법 및 누

출사고 발생시 처치요령과 MSDS의 중요성에 대해 알고 있느냐는 설문에 MSDS란 용어를 한번이라도 들었거나 이해하고 있다는 학생 수는 전체 수강생중 3%인 2명에 불과 하였던 것이 강의 종료 후 수강생중 90%인 63명의 학생들이 MSDS 교육의 중요성에 대해서 인식하게 되었다고 답변하였다. 나머지 10%의 경우에는 고등학교나 대학과정에서 화학강좌를 수강하지 않은 경우와 복학생, 편입생인 것으로 분석되었다. 만약 독성화학물질 누출이 발생된다면 어떻게 행동하겠느냐는 질의에 대해서는 MSDS 교육과정에서 숙지한 대응요령에 따라 신속하고 안전하게 대처할 수 있다고 응답하였다. 또한 가천대학교 화학 생명 공학과, 전자공학과, 기계공학과, 전기공학과, 에너지 IT공학과 등 5개학과의 연계전공수업과정인 전자 디스플레이 공학과목의 디스플레이 제작실험이 이루어지는 클린룸 실습에서도 전자공학과 학생들의 실험 실습 태도가 기타 학과의 수강생들에 비해 더욱 신중하고 안전하게 진행되는 변화를 확인 하였다. 이처럼 MSDS교육 실행후 측정된 결과 지표를 통해 유해 화학물질 안전관리에 대한 교육이 지속적으로 필요함을 확인 하였다. 수 십년간 백혈병등 악성암 발병의 원인이 자사의 작업 환경과 무관하고 주장해 왔던 삼성전자와 sk 하이닉스 반도체가 자사 근무 중 백혈병으로 사망하거나 발병이 의심되는 환자의 발병원인이 반도체 제조공정에서 사용되는 HF, 벤젠, 포름알데히드, N<sub>2</sub>, HCl, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>등과 같은 발암성을 가진 유해 화학물질의 노출 및 접촉으로 발생된 점을 2015년 6월 일부 시인 하였고 2015년 9월부터 보상 문제를 유가족과 협의 하고 있는 점으로도 독성화학물질의 누출사고 피해가 악성 암 발병 및 사망에 이르게 하는 치명적인 피해임을 확인 할 수 있다. 인명 피해를 최소화 하기 위해서는 반도체 공정에 직접 근무하는 근로자의 MSDS 관련 의무교육뿐만 아니라 반도체 관련 전공학과 재학생들이 취업 전 대학에서 위험물 안전관리 교육을 이수 할 수 있도록 MSDS 교육 과정을 정규 커리큘럼으로 편입 시키는 문제의 필요성과 중요성이 확인된다.

## VI. 결론

본 논문에서는 염산, 황산, 과산화수소, 불산, 피라니야 등과 같은 다양한 형태의 유독 가스와 유해 화합물질의

누출 사고 발생시 인명을 보호하고 피해를 최소화 하기 위한 기본 해결책으로 대학에서의 MSDS 교육의 필요성에 대해 고찰하였고 가천대학교 전자공학과 4학년 학생들을 대상으로 2년간의 교육을 실시한 결과 GHS와 REACH 제도와 MSDS 이용의 적정성의 이해를 통해 유해 화학 물질의 노출로부터 안전을 지키는 문제에 대한 지속적인 교육의 필요성을 확인 하였다.

향후 대학에서의 MSDS, REACH, GHS 등에 대한 교육이 교양학부의 정규 커리큘럼 과정으로 강화 된다면 대외적으로도 외국과의 협상 및 무역 분쟁 등에서 우위를 차지 할 수 있는 화학전문가와 통상 전문가를 양성 할 수 있고 국내 적으로는 위험물 안전관리 교육의 효과로 인해 유독성 화학물질의 누출사고로 인해 발생하는 심각한 환경 오염 문제와 최악의 경우 사망에 이르게 되는 인적, 물적 피해를 사전에 예방하거나 최소화 하는데 크게 기여 할 것으로 사료된다.

## References

- [1] Jai-Pil Jeon, Hae-Sool Yang, "A Study on method to construt system of u-Safe diaster management support", The Journal of The Korea Academia-Industrial cooperation Society, proceeding of the annual spring conference, pp. 121-124, 2008.
- [2] Sung-Soo Kim, Nam-Wook Cho, Eun-Ha Oh, Dong-Ho Rie, "A Research for Pathological Analysis of Hydrogen Fluoride(HF) Toxicity", The Journal of The Korean Society of Hazard Mitgation(KOSHAM), Vol.12, No.6, pp. 15-21, 2012.
- [3] Jin-Dong Kim, "An Analysis on the Order of Priority in Diaster Management Policy", The Journal of The Korean Society of Hazard Mitgation (KOSHAM), Vol.10, No.2, pp. 61-68 , 2010.
- [4] Eui-Tae Yoo, Sung -Je Cho, "The Impact of Emotional Exhaustion and Physical Symptoms in about Rescue Workers Incident Shock", The Journal of The Korean Society of Hazard Mitgation (KOSHAM), Vol.13, No3, pp. 69-75 ,

- 2013.
- [5] Michael Quirk, Julian Serda, "Semiconductor Manufacturing Technology", Prentice Hall, Inc.,2001.
- [6] Sangyong Kim, Jeongmok, Yang, Jin Ku Cho, Dohoon Lee, "Counterplan Status and Policy Suggestion on REACH", The Journal of The Clean Technology, Vol.14, No.4, pp. 225-231, 2008.
- [7] Sung Jai Choi, "Design and Implementation of prototype Anti-disaster Remote control Robot Model using smart phone", The Journal of the Institute of Internet Broadcasting and Communication(IIBC), vol14, No.6. pp.221-227, 2014.
- [8] Bongwoo Lee, Kijun Lee, Jeongpil Park , Dongil Shin, "Advancement Plan on Hazardous Material Classification and Comparative Study of the Criteria in UN GHS and Safety Control of Dangerous Substance Act", The Journal of The Korean Institute of Gas (KIGAS), Vol.17, No.5, pp. 42-50 , 2013.
- [9] Kyung-ok Kown, "The Study of the Compatibility of MSDS for the Classification of Flammable Materials", The Journal of The Institute of Fire Sci & Eng., Vol.21, No.3, pp. 56-60 , 2007..
- [10] Dohyun Koh, Jeongsoo Kim, Kyungho Choi, "Defining Area of Damage of 2012 Hydrofluoric Acid Spill Accident in Gumi,Korea", The Journal of The Environ Health Sci, Vol.40, No.1, pp. 27-37, 2014.
- [11] Sung Jai Choi, "Semiconductor Process Technology", Cheong Moon Gak, 2006.
- [12] Seulgi Gu, Inja Choi, Won Kim, Oknam Sun , Shinbum Kim, Yungeun Lee," Study on the Distribution of Fluorides in Plants and Estimation of Ambient Concentration of Hydrogen Fluoride Around the Area of the Accidental Release of Hydrogen Fluoride in Gumi ", The Journal of The Environ Health Sci, Vol.39, No.4, pp. 346-353 , 2013.
- [13] Young Yeul Kang, Young Jun KIM, Woo IL Kim,

Cheol Woo Yoon, Jin Mo Yeon , Sun Kyung Shin, Gil Jong Oh," Analytical method for combustible waste contaminated by the HF leakage from industrial process", The Journal of The Analytical Science & Technology , Vol.39, No.4, pp. 346-353, 2013.

## 저자 소개

### 최 성 재(중신회원)



- 1981년 충남대학교 전자공학과 (공학사)
- 1985년 한양대학교 전자공학과 (공학석사)
- 2004년 명지대학교 전자공학과 (공학박사)
- 2007년 ~ 현재 가천대학교 IT대학

전자공학과 교수

<주관심분야 : 반도체 소자 제조공정기술, RF 회로해석, 인터넷방송통신 융합부분, RF Mobile 통신, RFID/USN 응용분야, 유해화학물질 안전관리>