

# “국내 광산업의 연구개발에서 품질인증 체계의 구축 시급”

한국 정밀광학기술의 발전방향에 대한 제언

한국 광산업이 충분한 여건을 갖추고 있음에도 불구하고 정밀광학에 진입하지 못하는 요인은 우리 광산업이 수요자의 신뢰를 얻지 못하고 있기 때문으로 생각된다. 정밀광학분야에서 수요자의 신뢰를 얻으려면 연구 개발의 단계에서부터 엄밀한 평가와 공신력 있는 인증체계가 도입되어야 한다. 이를 위하여 ISO 9000, 공학인증, 인공위성 개발체계에서 적용되는 인증체계를 통해 살펴본다면 정밀광학기기의 연구개발, 생산, 검사과정이 문서화되고, 공신력 있는 평가가 이루어져야 하며, 평가의 결과가 제품의 성능향상과 공정개선에 활용되는 순환적인 발전체계가 있어야 함을 알 수 있다.

편집자 주

## I. 서론

1970년대 쌍안경을 제조하면서 시작되었던 한국의 광산업은 그간 많은 발전을 이루었다. 영상, 정보통신, 반도체, 정밀계측, 레이저 등 첨단 산업에 핵심적인 광학 모듈을 공급하고 있고 군용, 우주용의 광학계도 개발하고 있다. 광산업에서 생산하고 있는 제품과 기술수준, 그리고 산업체와 종사자의 숫자에 있어서도 과거와 비교하여 많은 발전을 이룬 것이 객관적인 사실이며, 이것은 그 동안 여러 선배님과 동료, 그리고 후배님들이 이룩한 노력의 결실이다. 그러나 현재의 광산업은 광부품 생산이 주를 이루고 있어 독자적인 시장을 창출하지 못하고 있고, 중저가 대량생산 체계로 부가가치가 낮으며, 소수의 분야에 집중되어 있어 시장의 변화에 민감하여 경쟁이 심화되는 문제점이 있다. 더욱이 이것마저 중국의 거센 도전을 받고 있다.

향후 한국 광산업의 발전을 위하여 초정밀, 고품질, 고부가가치의 제품 중심으로 체계를 바꾸어야만 하는 것은 누구나 알고 있는 사실이다. 하지만 국내 광산업이 정밀광학으로 진입하는 데에는 소비자의 신뢰가 없다는 근본적인 문제가 걸림돌이 되고 있다. 문제가 있다면 먼저 자신을 돌아보고 반성을 해야하고, 이 과정에서 해결방안이 나올 수 있을 것이다.

본 고에서는 한국 광산업의 문제점을 살펴보고, 앞으로의 발전을 위한 몇 가지 제언을 하고자 한다.

## II. 한국 광산업의 현황과 문제점

### 1. 한국 광산업의 역량 평가

광산업에서 기반이 되는 기술을 설계기술, 소재기술, 가공기술, 조립기술, 검사기술 등으로 크게 나누어 한국 광산업의 역량을 개인적으로 평가해 보고자 한다.

먼저 국내의 설계기술은 선진국에 비교하면 약간은 떨어지지만 차이가 크지 않아 우리의 노력으로 극복할 수 있다고 본다. 소재기술은 매우 취약하여 거의 모든 광학소재는 수입에 의존하고 있다. 반면, 가공기술에서는 국내의 기술수준이 매우 높으며 세계 상위권에 근접한 것으로 평가된다. 조립기술은 선진국에 비교하면 떨어지지만, 그래도 어느 정도의 수준은 된다고 보고 있다. 검사기술은 취약하기는 하지만 다양한 장비를 확보하고 있어 충분한 기반은 갖추고 있는 것으로 생각된다. 기술 수준을 총괄적으로 살펴본다면, 선진국에 비하여 떨어지는 것은 사실이지만 국내 광산업의 기술 수준은 그리 나쁘지 않으며 정밀 광학에 진입할 수 있는 충분한 기반을 갖추고 있는 것으로 평가된다.

## 2. 기술개발을 위한 지원체계

연구개발을 위한 자금은 지식경제부, 중소기업청, 그리고 각 지방자치단체에서 지원하고 있고 좋은 아이디어만 있다면 중소기업도 충분한 지원을 받을 수 있는 좋은 여건으로 생각된다. 기술지원 측면에서는 표준과학연구원, 광기술원, 기초과학연구원, 전자부품연구원, 생산기술원, 기계연구원 등의 정부출연기관이 정밀광부품의 제작과 검사, 신뢰성 평가를 지원하고 있다. 이 외에도 기술표준원과 각 지역의 테크노파크에서 행정적·기술적인 지원이 이루어지고 있어, 기술지원 측면에서도 여건이 좋다. 그리고 인력공급 면에서도 청주대, 조선대, 공주대, 산업기술대 등에 광기술 전공의 학과가 설치되어 충분한 인력이 공급되고 있다.

## 3. 한국 광산업의 문제점

앞에서 살펴본 바와 같이 한국광산업의 기술수준과 국가적인 지원체계 측면에서 광산업은 정밀광학에 진입할 수 있는 충분한 여건을 갖추고 있는 것으로 볼 수 있다. 그렇다면 현재의 문제점의 원인은 광산업 내부에 있다는 것이다. 필자는 여러 원인 중에서 연구개발체제를 가장 큰 문제점으로 생각하고 있다. 지금까지의 일반적인 경향은 효율을 중시하고 최소의 비용으로 소수의 인력을 투입하여

단기간에 개발을 완료하는 것을 자랑으로 여겨왔다. 이것은 한국의 산업이 외국제품을 모방하여 빠른 성장을 할 수 있게 한 원동력이기는 하지만, 정밀광학기기의 개발에서는 결정적인 문제점으로 지적된다. 정밀광학계는 고도의 기술적 완성도와 엄밀한 신뢰성이 요구되기 때문에 수요자는 이에 대한 보증이 없는 한 '가격이 싸다' 또는 '국내 제품이다' 는 이유만으로 구매할 수 없다. 따라서 정밀광학기기의 개발에서는 연구개발체계 내에 품질인증체계가 구축되어 있어야 하며, 개발 종료 시점에서는 '요구되는 성능의 제품' 과 함께 '요구되는 수준의 품질인증' 을 동시에 획득해야 한다. 이러한 점에서 필자는 국내 광산업의 연구개발에서 가장 시급하게 확보돼야 할 것이 품질인증체계의 구축이라고 생각하고 있다.

## III. 품질인증체계 소개

우리나라가 선진국에 진입하면서 품질인증체계는 이미 여러 분야에 도입되어 사용되고 있으며, 광산업계에서도 대부분 하나 둘은 경험하고 있다. 대학에서 근무하는 필자도 알게 모르게 품질경영에 대한 ISO 9000 시리즈, 공학인증, 그리고 인공위성 개발체계에 접하고 있었다. 이것을 광기술의 연구개발과 관련시키지는 않았으나, 정밀광학의 문제점을 해결하기 위해서는 이러한 인증체계의 기본 철학과 운용체계가 반드시 도입이 되어야 함을 절실하게 느끼게 되었으며, 이에 대하여 간단하게 소개하고자 한다.

### 1. ISO 9000 품질경영[1]

ISO 9000 시리즈는 품질경영과 품질보증에 대한 인증으로 다음과 같이 5개의 세부규격으로 나누어져 있다.

- ISO 9000 : 품질경영과 품질보증 규격-선택과 사용에 대한 지침
- ISO 9001 : 품질시스템, 설계/개발, 제조, 설치 및 서비스의 품질 보증 모델
- ISO 9002 : 품질 시스템, 제조와 설치의 품질 보증 모델
- ISO 9003 : 최종 검사 및 시험의 품질 보증 모델
- ISO 9004 : 품질경영과 품질시스템 요소-지침

## 국내 광학산업의 발전 방안

ISO 9000 시리즈는 구매자 위주로 시스템 중심으로 이루어진 특징이 있으며, 다음 사항을 요구하고 있다.

- 제품 또는 서비스의 품질을 확보하기 위해 필요한 모든 활동을 명확히 할 것.
- 품질을 담당하기 위한 모든 활동의 담당조직을 원활히 할 것.
- 모든 품질활동을 표준화(프로세스화)하고 문서화 할 것.
- 중간결과 및 프로세스의 최종결과를 문서화 할 것.
- 작업이 정해진 절차에 의해 실시되었다는 것을 보여주는 증거를 제시할 것.

### 2. 한국공학인증원의 공학인증[2]

한국공학인증원은 미국의 ABET(Accreditation Board for Engineering and Technology)의 인증체계에 준하여 국내 공학교육 프로그램에 대한 인증을 시행하고 있다. 국내의 공학인증은 2001년부터 시작되었다. 2008년 12월 현재 21개 대학 133개 프로그램(학과)이 인증을 받았으며, 예비인증을 받은 프로그램은 24개 대학 152개 프로그램이 있다. 예비인증이란 인증을 받았으나 졸업생이 없는 경우이며, 졸업생이 배출된 이후에 정식인증을 받게 된다. 공학인증의 주요 요구는 다음과 같다.

#### ■ 프로그램의 교육 목표

- 구성원의 요구 반영하고 교육기관의 특성에 부합
- 측정가능하며 공식적인 공개
- 교육 목표의 달성을 보장할 수 있는 교육과정과 행정체계 수립
  - 교육목표 달성을 입증할 수 있는 자료 수집과 문서화
  - 주기적인 평가와 평가결과의 교육 개선에 활용

#### ■ 프로그램 학습성과 및 평가

- 지식과 능력별로 측정 가능한 구

체적인 내용과 성취수준을 설정

- 문서화된 절차에 의하여 평가
- 결과가 프로그램의 개선에 반영되어야 함.  
(주. 학습성과 : 학생이 졸업하는 시점에 갖추어야 할 능력과 자질)

#### ■ 순환적 발전체계

- 문서화된 절차와 평가 기준을 가지고 있어야 한다.
- 시행과정이 기록 보존되어야 한다.
- 주기적인 평가를 통하여 교육목표와 교육과정을 개선하는 순환적 발전체계를 가져야 한다.

### 3. 인공위성 개발체계[3]

인공위성은 제작, 조립, 발사 및 운영 등의 모든 단계에서 극단의 신뢰성이 요구되는 현대 공학기술의 결정체이며 오랜 경험을 통하여 얻어진 품질관리체계를 갖추고 있다. 국내에서는 항공우주연구원이 중심이 되어 통신방송위성(무궁화), 다목적위성(아리랑), 해양관측위성 등을 개발하고 있다. 우주분야는 국내기술이 부족하여 외국의 기술협력을 받고 있지만, 그 과정에서 선진의 품질관리체계를 도입하여 연구개발 단계부터 적용하고 있는 모범적인 사례로 생각된다.

인공위성의 개발단계는 크게 시험모델(engineering model, EM), 인증모델(qualification model, QM), 비행모델(flight model)로 나누어지며, 필요에 따라 전단계, 중간단계의 개발을 거치게 된다. 이것은 표 1에 간략하게 정리되어 있다.

위성체 연구개발의 핵심은 FM급의 위성체를 제작하는 공정서의 개발에 있으며, 모든 검증은 EM과 QM에서 완벽하게 이루어진다. 우주로 발사되는 위성체인 FM에서는 새로운 개발과 시험이 없고 단지 공정서에 규정된 소재, 부품을 사용하여 규정된 절차에 따라 제작·조립되며, 공정서에 규정된 절차에 따라 정확하게 작업이 이루어졌는지 평가하는 인수시험만이 시행된다. 각 단계별로 주요한 연구개발 활동을 정리하면 다음과 같다.

#### ■ BM(Breadboard Model)

- 위성체의 초기 개발 목표 수립을 위한 기초 연구
- 부품, 기술의 실용화 가능성의 검증을 위한 예비 개발

#### ■ 시험모델(Engineering Model, EM)

- 위성체에 사용될 소재, 부품, 기술의 검증
- 설계, 제작, 검사에 관련된 모든 절차와 내용이 공정서로 문서화
- 부분적으로 우주용이 아닌 상용 재료가 사용될 수 있음.
- 인증모델(Qualification Model, QM)
  - FM과 동일한 소재, 부품, 공정을 사용하여 제작
  - 우주환경에서의 신뢰성을 고려한 엄격한 시험
  - 설계, 소재, 제작, 검사에 관련된 모든 절차와 내용이 공정서로 문서화
- 비행모델(Flight Model, FM)
  - 인증모델에서 만들어진 공정서에 따라 제작
  - 작업의 질과 기본적인 성능의 검사를 위한 인수시험만 실시

필자는 다목적 위성의 광학계 개발과 관련하여 항공우주 연구원의 위성체 개발과정을 부분적으로 지켜볼 수 있는 기회가 있었는데, 광산업의 기술개발체계와 비교하여 인상적이었던 점은 다음과 같다.

- 단계적 인증체계
 

모든 개발 항목에 대하여 신뢰성의 확보를 위한 단계적 검증체계가 적용되고 있으며, 우주로 발사되는 최종단계의 비행모델(flight model, FM)에는 반드시 FM급으로 인증된 부품만 사용된다.

표 1. 인공위성의 단계별 개발 모델

모델	개발수준	부품/재료/공정	비고
BM(breadboard model)	부품수준의 개발 기본 성능 검증	고유부품, 상용부품	위성체 MM(mass model) TM(thermal model)
시험 모델 EM(engineering model)	Sub or system의 개발 개발경험이 없는 경우 신부품, 신기술의 사용시	비행규격서 고유부품, 상용재료	형상 최소화 성능/설계 검토회의 공정서 요구, 인증 시험
EQM 모델	부품, sub or system 인증 개발경험이 없는 경우	비행규격서 고유부품, 상용재료 인증과정	설계여유 검증 성능/설계 검토회의 공정서 요구, 인증 시험
인증 모델 QM(qualification model)	부품, sub or system 인증 개발경험이 없는 경우	비행규격서 고신뢰도 부품, 인증된 재료, 인증과정	설계여유 검증 성능/설계 검토회의 공정서 요구, 인증 시험
PFM(protoflight model)	부품, sub or system 제작 개발경험이 있거나 선인증 첫번째 비행 부품, system	비행규격서 고신뢰도 부품, 인증된 재료, 인증과정	설계여유 검증 성능/설계 검토회의 공정서 요구, PFM 시험
비행 모델 FM(flight model)	부품, sub or system 제작 개발경험이 있거나 선인증 비행 부품, system	비행규격서 고신뢰도 부품, 인증된 재료, 인증과정	설계여유 검증 성능/설계 검토회의 공정서 요구, 인수 시험

- 개발경험(heritage)을 중시
 

소재 및 부품의 선택에 있어서 과거의 개발경험과 신뢰성을 중시하여 가능한 신뢰성 있는 소재, 부품, 기술을 선택하며, 개발경험이 없는 경우에는 반드시 인증평가를 거쳐 채택한다.
- 여분(redundancy)을 확보
 

위성체의 개발과 운용에서 중요한 항목에는 반드시 여분을 확보한다. 이것은 단순히 설계에서의 여유를 의미하는 것이 아니다. 중요한 module은 2개 이상이 동일한 기능을 가지게 하여 고장에 대비하며, 위험성 있는 핵심 부품의 개발에는 2개 이상의 연구팀이 별도로 개발하는 것 등 연구 개발의 전체 과정에 대한 여분을 의미한다.
- 임계부품 목록(critical items list)의 관리
 

중요 부품, 신뢰성이 입증되지 않은 임계부품은 별도 목록을 작성하여 관리한다.
- Backup plan의 수립
 

위성체에 핵심적인 부품이나 신뢰성이 확보되지 않은 항목에 대해서는 개발 실패에 대비한 예비계획을 미리 수립한다. 이 계획에는 평가시점, 달성해야 할 목표, 평가방법 등 예비계획의 시행기준 등이 명시되어 있다.

### IV. 한국 정밀광학산업 발전을 위한 제언

한국 광산업의 현황을 살펴보면 기술수준, 국가적 지원체계, 인력공급체계 등은 나쁘지 않으며, 정밀 광학에 진입할 수 있는 충분한 여건을 갖추고 있다고 본다. 국내의 반도체 산업, 디스플레이산업, 군수산업, 우주산업 등에는 정밀광학계에 대한 많은 수요가 존재하고 있다. 하지만 국내 광산업계에서는 이 시장에 국내 광학계에서 진입하지 못하고 있으며, 이것은 우리 광산업이 수요자의 신뢰를 얻지 못하고 있기 때문으로 생각된다.

우리나라의 광산업이 정밀광학분야에서 수요자의 신뢰를 얻으려면, 연구 개발의 단계에서 부터 엄밀한 평가와 공신력 있는 인증체계가 도입되어야 한다. 이를 위하여 ISO 9000, 공학인증, 인공위성 개발체계에서 적용되는 인증체계를 통해 살펴본다면 정밀광학기기의 연구개발, 생산, 검사과정이 문서화되고, 공신력 있는 평가가 이루어져야 하며, 평가의 결과가 제품의 성능향상과 공정개선에 활용되는 순환적인 발전체계가 있어야 함을 알 수 있다. 하지만 현재 국내의 광학산업은 중소기업이 대부분을 이루고 있기 때문에 정밀광학계 개발과 관련하여 독자적으로 인증체계를 구축하기는 매우 어렵다. 이 때문에 각 분야별로 전문화된 중소기업이 서로 협력하는 체계가 필수적이며, 초기 단계에서는 정부의 지원도 필요하다.

지금까지 국내에서 정밀광학계를 개발하고자하는 시도가 여러 번 있었지만 소비자의 신뢰부족으로 실용화되지 못한 것이 대부분이다. 국내 광산업계에서는 당장 시장에 접근하려는 욕심에 조급하게 제품만 개발하던 구태를 벗어나야 하며, 연구개발은 시간이 걸리더라도 단계적으로 신뢰성을 확보하면서 이루어져야 할 것이다. 이러한 관점에서 다음과 같은 정밀광학계에 대한 연구 개발체계를 제안하고자 한다.

- 제1단계 : 기초기술 연구모임
  - 전문화와 협

#### 력체제 구축

- 차기 단계의 개발 제품 및 목표 선정
- 공정서 시안 및 연구개발 시나리오 작성
- 주기적인 평가 및 보완을 통한 개선

#### ■ 제2단계 : EM 단계

- 수요처의 요구를 반영한 시험용 광학 모듈 개발
- 정밀광학 제품에 적용될 단위 기술의 검증(설계, 제작, 조립, 검사)
- 차기 단계를 위한 공정서 개발

#### ■ 제3단계 : QM 단계

- 수요처의 요구를 반영한 인증용 광학계 개발(실제와 동일한 소재, 부품을 사용)
- 정밀광학 모듈의 성능인증(실제 사용하는 환경에 준하는 엄밀한 검사)
- 정밀 광학 module 제작을 위한 공정서 확보

#### ■ 제4단계 : FM, PFM 단계

- 실제 수요처에서 사용될 정밀광학 모듈 개발
- 광기술은 발전속도가 빠르므로, PFM의 단계가 될 가능성이 많음.

위에서 제안한 연구개발체계는 오랜 시간이 걸릴 일이며, 구체적으로 10년이 필요할 수도 있다. 그러나 지금부터 시작한다면 10년 뒤에는 목표를 달성할 수 있다. 하지만 시작하지 않는다면 20년 뒤에도 별로 달라지는 것은 없을 것이다.

#### <참고 문헌>

- 최봉, 노재범, ISO 9000 해설과 실무(삼성경제연구소, 서울, 2003)
- 한국공학인증원, <http://www.abeeek.or.kr>
- 장영근, 이동호, 인공위성 시스템 설계공학(경문사, 서울, 1999)



이종웅

한국과학기술원 물리학과에서 기하광학을 전공하고, 1988년 이학박사 학위를 취득했다. 1991년까지 한국천문연구원예근무하면서 보현산 천문대의 건설과 천체관측기기 개발에 참여했다. 현재는 청주대학교 레이저광정보공학과 교수로 재직하고 있으며, 광학설계 및 평가, 회절결상이론, 광학계의 최적화와 공차 해석에 대한 연구를 수행하고 있다.