

# 計測機器 研究開發 戰略에 관한 研究

최만용\*, 윤석기\*\*

## A Study on Research and Development Strategies for Measuring Instrument

Choi Man-Yong\*, Yoon Seog-ki\*\*

### Abstract

In the past few decades, the measuring instrument industries have made rapid progress with increase of the demand in industries such as precision instrument, chemistry, electronics, industrial measurement and automobile. Thus, development strategy and technical advancement are required for both securing the competitiveness of products in the world market and industrial development. Intensifying competitiveness of measuring instrument is needed in the world market. It can be achieved by development of measuring instrument holding comparative priority.

A development strategy should be drawn up in the long-term point of view for coping with the increasing demand of measuring instrument and securing competitiveness in the world market.

### 1. 서 론

우리나라의 계측기기 연평균 성장률은 17.8%로 전 산업성장률 10.8%를 훨씬 웃돌고 있다. 그러나 기술도입을 통한 고속 산업성장정책의 실시의 결과로 기반기술이 취약하여 계측기기의 수입의존도는 매우 심화되어 왔

다. '95년의 경우 계측기기 수입총액이 35억달러 규모로 국내 수요의 30%정도만을 국산계측기기로 충당하고 있다.

그간 수입대체를 위한 계측기기 국산화 개발노력이 없었던 것은 아니지만 소량다품종 생산패턴의 계측기기를 품목별로 개발, 시도하는 과정에서 핵심기술개발에 소

\* 한국표준과학연구원 계측공학그룹

\*\* 한국표준과학연구원 정책연구그룹

홀하여 기술축적이 되지 않았을 뿐만 아니라 비효율적인 중복투자가 많았음은 주지의 사실이다. 즉 국내의 계측기기 개발은 표준과학연구원 등의 출연연구기관과 60여 개의 중소기업체에서 국산화 개발, 제작을 수행하고 있으나 산발적이고 중복적인 투자로 인해 국가적 관점에서의 효율성 향상이 시급한 것으로 판단되고 있다. 본 연구에서는 우리나라 계측기기 산업이 가지는 문제점과 계측기기 기술의 특성을 고려하여 연구개발 전략을 제시하고자 한다.

## 2. 국내 계측기기산업의 문제점과 육성방향

### 2-1. 문제점

모든 제품생산에서 필수적인 계측기기를 독자적으로 개발·생산할 수 있어야 제품개발에 관련된 Know-How의 유출을 방지할 수 있으며 양질의 정보를 제공할 수 있어 산업의 발전이 가속화 될 것이나 국내에서는 이에 대한 대응전략이 부족한 실정이다.

과거 과학기술의 발전경향이 자연현상을 관찰하고 그 원리를 이용하는 형태에서 출발되었으나 기술집약화에 따라 점차 현상의 원인을 제공하는 인자(因子)를 정량적으로 측정하여 자연현상을 통제·조작하는 방향으로 발전하고 있으므로 국내에서도 산업발전 추세에 부응할 수 있는 계측기기의 본격적인 기술개발이 요청되고 있다.

산업고도화에 따라 높은 정밀정확도가 요구되면서 측정 허용오차는 급격히 감소하고 있다. 특히 컴퓨터 기술의 발전에 의한 계측기기의 디지털 신호처리 기법의 발전으로 측정가능 영역이 급속히 확대되고 있으나 측정환경 및 측정조건이 극한적이고 극미세화되고 있어 현재방법으로는 한계점에 도달되고 있다. 따라서 앞으로는 국내에서도 신원리의 응용이 확대됨에 따라 새로운 개념의 계측기기 개발이 활성화될 전망이다.

그러나 국내에서는 국산 계측기기에 대한 인식부족과 자동화 시스템의 호환성 문제로 아직까지 비싼 외제 구입을 선호하고 있으며 계측기기용 부품 및 감지부 등의 핵심부분을 수입해야 하므로 생산비를 줄이지 못하고 있기 때문에 이에 대한 자체 기술확립이 요청되고 있다.

또한 전자제품과는 달리 계측기기는 고정밀·정확도를 요구하며 대량 생산보다는 소량 주문생산이 많은 부분을 차지하고 있으므로 전문기술이 10여년이상 축적되

지 않으면 제기능을 갖춘 계측기기의 개발이 힘들다. 그러나 국내 계측기기 생산업체나 연구소에서는 전문적인 계측기술 인력 확보와 지속적인 유지가 어려운 형편이라 많은 어려움을 겪고 있다.

### 2-2. 국내 계측기기산업의 육성방향

#### (1) 계측기기산업 육성의 기본방향

계측기기산업의 특성 및 국내 산업구조를 볼 때 국내 계측기기 산업육성의 기본방향은 중단기 계획과 장기계획으로 나누어 추진함이 현실적으로 바람직할 것이다. 2000년대까지는 기존 계측기기 국산화 및 수요가 급증될 품목을 집중 개발하고 그 이후에는 첨단 계측기기 및 미래형 계측기기 개발에 특화하는 것이 바람직할 것이다.

중단기 계획은 추진에 있어 국내 계측기기산업의 관련분야 중 전략분야를 아래와 같이 선정하여 연구개발을 중심으로 산업육성 방안을 추진한다.

- 계측기기수요가 크고 수입의존도가 높은 분야
- 미래의 중심산업으로 발전가능성이 큰 분야
- 국민의 복지후생과 관련된 의료, 환경산업분야등 고부가가치 분야

장기계획은 2000년대까지 21세기 산업에서 필요로 하는 계측기기 기술수준에 도달할 수 있는 기반구축을 추진하고 중단기 계획과 달리 품목별 개발 방식대신, 계측기기를 기능별로 분리하여 계열화 개발을 추진해야 할 것이다.

- 감지부 : 전문생산업체가 출연연구기관의 분야별 전문가와 협조하여 자체 개발
- 신호처리 및 표시기능부 : 공통부분으로 정부지원 하에 공동 개발, 공동 생산
- 소프트웨어 : 전문생산업체와 소프트웨어 전문가 및 출연연구기관 해당분야 전문가와 협조하여 자체 개발

또한 신원리를 이용한 계측기구나 차세대 실용화 가능성이 높은 계측기기의 개발 여건을 조성하는 것도 함께 추진되어야 할 것이다.

#### (2) 계측기기 연구개발의 필요성

선진국들은 계측기기 개발을 고부가가치 생산으로 판단하고 지속적인 연구와 투자를 하고 있으며 국내의 연

구개발은 표준과학연구원 등의 출연연구기관과 60여개의 중소기업체에서 국산화 개발·제작을 하고 있는 실정이다. 그러나 이제까지의 품목위주의 산발적인 개발방식은 효율성이 낮아 이에 대한 대응책이 요구되고 있다.

2000년 이후가 되면 계측장비가 핵심이 되는 생산기술이 주종을 이룰것으로 추정된다. 또한 생산방식이 첨단기술에 속할수록 계측기기 의존도가 더욱 커지고 제품생산공정에서 품질관리를 위한 계측관리가 필요하게 된다.

지금까지의 계측기기산업의 기술개발을 평가하고 이를 바탕으로 2000년을 대비하면서 기술발전 추세를 정밀분석하여 계측기기 종류별 단기, 중기, 장기 기술개발과제를 작성하여 개발을 추진한다. 또한 우리나라의 여건을 고려, 특성에 맞는 계측기기를 발굴하여 독자모델의 계측기기를 개발, 수출전략품목으로 육성토록 하는 등 중장기적 기술개발전략의 추진이 필요하다.

### 3. 계측기기 연구개발 전략

#### 3-1. 계측기기 기술계통도 및 내용

측정기술은 측정대상에 따라서 역학량측정, 전자기량 측정, 방사선측정, 광학측정, 열측정, 화학분석 등으로 분류하여 왔고, 대부분의 사람들은 그렇게 사용하고 있다. 마찬가지로 계측기기도 측정대상에 따라서 분류할 수 있다. 계측기기의 분류는 계측기술계통의 파악을 위해 필요하며 응용분야별 분류, 무역통계를 위한 HS분류, 측정 대상의 종류에 따른 분류방식이 있다.

그러나 계측기기의 사용분야에 따라서 같은 기능과 성능을 갖는데도 불구하고 생산업체별로 서로 다른 계측기기명을 갖는 경우가 많아 응용분야별로 분류하는 경우 중복 분류를 피하기 어렵다.

모든 계측기기의 구성요소를 기능별로 보면 사람의 오감파와 같은 감지부, 신호처리부, 두뇌와 같은 제어부, 연산표시부 등으로 구분할 수 있으며 이에 관련된 기술로는 감지기술, 신호처리기술, 제어기술, 연산표시기술, 시스템기술을 들 수 있다.

#### 3-2. 기술개발목표

지난 20여년 동안 업체나 관련 연구기관들이 독자적으로 개발·보급하여온 우리나라 계측산업여건을 고려하

표 1 기술계통도 및 내용

대분류	기술내용 및 세부기술
1. 감지기술	기계적, 물리적, 화학적 상태량을 측정분석하기 위해서 처음으로 감지할 수 있는 기능을 부여하는 기술 (소계기술, 설계기술, 신호감지변환기술, 성능평가기술)
2. 신호처리 기술	감지부에서 변환된 미약한 신호를 증폭하거나 다지탈 신호로 변환하는 등의 과정을 거쳐 제어 및 표시부로 전송하는 기술 (신호증폭, 신호발생, 신호여파, 주파수변환, 신호제어, 저잡음기술, 신호컨버전, 신호측정, 신호전달)
3. 제어기술	안정된 측정조건을 부여하기 위해서 계측부부이나 작동부가 제어 위치로 이동하게 하고 신호량을 최적으로 조절할 수 있도록 전자·전자기계적 제어를 하는 복합기술 (DCS, 컴퓨터비전, 뉴트럴네트웍)
4. 연산표시 기술	사용자, 측정자가 편리하게 관찰, 판단할 수 있도록 데이터 및 계측정보를 외부로 산출, 보급하기 위해 필요한 기능 (소프트웨어, 데이터전송, 표시기술)
5. 시스템 기술	계측기나 계측시스템이 정밀정확도를 유지하면서 사용기간 동안 부여된 기능을 발휘할 수 있도록 종합적으로 설계, 배치, 조립하고 사용조건에 따라서 신뢰성을 갖도록 구성하는 기술 (표준화, 정밀설계·가공·조립, 신뢰성·내환경, 신뢰도 측정)

고 우리나라 전자기계기술 등의 여건과 산업특성을 잘 파악하여 우리나라의 특성에 적합한 계측기기를 개발 하는데 목표를 둔다. 아울러 국산화개발에 이어 세계시장을 공략하기 위한 기술을 축적하고 그 나라, 그 지역에 알맞는 계측기기를 개발·보급할 수 있는 체계를 확립한다.

결국 국내 경제규모를 감안할 때 기술개발 목표는 계측기기의 국산화개발 및 연구개발을 심도있게 다루어 수입대체는 물론 2천년대의 수출주력상품으로 성장시키고자 하는데 있다고 하겠다.

#### 가. 연구개발 목표

계측기기 연구개발은 국내 사용중의 계측기기 수

요와 기술력을 중심으로 목표를 설정하였으며 그 내용은 다음과 같다.

- 기술향상연구 : 핵심기술을 확보하지 못한채 국산화 되었거나 확보한 기술의 수준이 낮아 수입의존도가 여전히 큰 품목
- 국산화 개발연구 : 기술과급효과가 크면서 연간 수입액이 500만 달러 이상이거나 시장성장률이 높은 품목
- 공동원천기술연구 : 계측기기의 정확도와 신뢰성 향상에 필요한 기반기술연구
- 미래계측기술 연구 : 장기간의 연구가 필요하거나 미래 산업수요에 대비한 신원리를 이용하는 측정기술연구

**나. 단계별 연구개발 목표**

계측기기의 개발제품이나 기술의 특성 및 시급성에 따라서 단기, 중기, 장기로 구분하여 연구개발목표를 세우는 것이 바람직하며 각 기술특성에 맞는 산·학·연 공동연구체제를 구축하는 것이 필요하다.

표 2 단계별 연구개발 목표

기 술 특 성	단기	중기	장기
(1군) 기술향상대상품목	○	○	
(2군) 국산화개발대상품목	○	○	
(3군) 공동원천기술	○	○	
(4군) 미래계측기술연구		○	○

제1군 분야인 기술향상대상품목은 단기, 중기에 집중적으로 개발하고, 제2군 분야인 국산화 개발대상품목은 단기, 중기에 수입액이 크고 국내 수요가 급격히 증가하는 품목을 대상으로 기술개발을 추진한다. 장기적인 기술개발 대상과제는 2천년대의 산업현황과 기술수요에 따라 융통성있게 발굴, 선정한다.

제3군 분야인 공동원천기술은 신호처리 및 표시부에 해당되는 기술이 주류를 이루고 있으며 단기, 중기, 장기에 걸쳐 공통핵심기술로 개발해야 할 것이다.

한편, 제4군 분야인 미래계측기술연구개발은 중기에 일부 첨단기기 품목 및 기술을 대상으로 선정하여 개발을 추진하고 2000년대 이후 장기적으로 비교우위가 예

상되는 미래계측기술의 원리 및 미래형 계측기기개발, 생산을 위해 관련분야의 연구개발을 추진해야 한다.

연구개발기간은 우선적으로 단기, 중기를 각각 3년씩 1,2단계로 나누어 2001년까지를 계획기간으로 하며 계측기기 및 기술의 특성에 따라 선도기술개발사업, 중기거점기술개발사업 등과 같은 국책연구개발사업으로 추진한다. 이러한 연구개발을 추진함이 있어 주관연구기관을 중심으로 산·학·연이 참여하는 계측기기연구개발 콘소시움을 결성하고 연구개발 목표에 따라 공동연구를 추진해야 한다. 또한 계측기기연구개발 콘소시움은 계측기기 산업육성을 위한 지원제도 및 정책을 검토, 분석하여 국내 실정에 적합한 방안을 제시하고 이를 수행하는 것이 바람직하다고 생각한다.

**3-3. 추진전략**

**가. 연구개발 추진전략**

계측기기연구개발 추진전략은 기술특성 및 응용분야에 따라

첫째, 화학분석기기, 물리분석기기, 생화학분석기기는 향후 전략산업으로의 육성을 위해 '96년부터 국책연구개발사업으로 추진해야 한다. 이는 우리나라가 후발 개발도상국에 원조를 제공하거나 과학실험실습장비를 제공하는 위치로 성장, 발전함에 따라 과학분석기기의 생산, 공급에 어느정도 주도권을 가질수 있게 되었고 국내에서 급증하는 수요를 대체하기 위해 매우 필요하다 하겠다. 현재는 국내 과학분석기기업체들의 국제경쟁력이 취약하지만 국내외 시장이 확대되고 우리나라가 제공, 지원하는 원조프로그램에 국산제품의 공급을 우선적으로 반영할 수 있게 되면 매우 유리한 입장에 설 수 있을 것이라 기대된다.

둘째, 플랜트산업공정, 기계산업공정, 전자산업공정에 필요한 산업공정계측기기는 통상산업부 주관으로 '97년부터 중기거점기술개발사업으로 추진해야 할 것이다. 산업공정계측기기는 연간 15억달러가 수입되고 있으며 국내산업의 고도화 경향에 따라 그 수요도 급격히 증가될 전망이므로 국내산업의 경쟁력 강화를 위해서도 필수불가결한 요소가 될 것이다.

셋째, 핵심계측기기 및 계측기기 부품의 기술개발은 공기반사업이나 정보통신연구개발사업, 환경기술개발사업, 한전등 국영기업체에서 수행하고 있는 생산기술개발

사업 등의 다양한 재원에서 개별적으로 연구개발을 추진하고 이를 계열화, 전문화를 통해 체계적으로 확산, 활용하는 것이 바람직 할 것이다.

(1) 과학분석기기개발사업의 필요성

이공계 대학의 실험·실습은 물론 연구기관의 시험연구 그리고 산업전반에서 요구되는 분석기기는 계측기기 분야에서 대부분 고가의 장비로서 수입비중도 크다.

분석기기를 구성하고 있는 각 핵심부품도 고도의 정밀가공·조립등이 요구되고 있다. 지금까지 대부분의 분석기기를 고가로 수입에 의존하여온 바 국내 계측기기업체의 성장은 저조하거나 미약하였다. 그러므로 수요가 많은 분석기기는 국산화개발·보급하고, 미래지향적인 첨단분석장비는 조기에 개발하여 2천년 이후의 분석기기 수입대체와 분석기기개발기술을 확보하는 것이 필수적일 것이다.

기술특성상 산·학·연의 긴밀한 협동이 필수적이고 산업전반에 걸쳐 파급효과가 크므로 정부주도의 선도기술 개발사업으로 추진하는 것이 타당하다. 연구개발 대상범위는 물리분석기기, 화학분석기기, 생화학분석기기 및 신뢰도측정연구등으로 구성되는 것이 바람직 할 것이다.

(2) 산업공정계측기기개발의 필요성

대량생산 및 품질고급화 추세에 따라서 인간의 감각적 지식은 한계가 있으며 정량적이지 못하다. 따라서 인간의 감각기능, 판단 그리고 행동제어를 대신하는 기계가 필요한데 그것이 바로 산업공정계측기기라고 할 수 있다.

석유, 화학플랜트 산업공정에서 이송의 흐름을 자동적으로 알려주는 스마트계측기기는 전통적인 센서의 기능에 고도의 전자·기계기술을 융합시켜 고기능 계측기기로 발전한 것이며 수입액도 연간 3억달러이상 된다.

우리나라 반도체 산업은 세계적인 수준이다. 그런데 거기서 사용되는 장비는 시험·검사기기를 포함하여 거의 외국에 의존하고 있다. 반도체장비 국산화계획으로 반도체장비를 국산화하고 있으나, 반도체 측정 관련 기술이나 측정기 개발에는 아예 엄두도 못내고 있다. 반도체 측정기기는 기계, 전자, 화학분석기술 및 핵심센서기술, 그리고 통신기술 등이 복합적으로 융합된 것으로 기

술개발의 난이도가 있으나 국내기술과 수요를 감안할 때 중기저점기술로 개발·보급 및 확산시키면 기대효과가 클 것이다.

반도체와 아울러 자동차 산업 등 기계산업과 통신분야에서 사용되는 고주파측정기, 데이터 해석기 등은 미래 현장수요가 폭증할 것으로 예상되나 개발비 및 연구개발기간 등이 다양하므로 적절한 계획으로 산업공정에서 원활히 사용될 수 있도록 한다면 생산공정이나 현장에서 정확한 정보를 제공할 수 있을 것이다.

나. 계측기기 기술개발 촉진 방안

(1) 기술개발 투자확대 방안

계측기기는 연구개발 집약형 산업이므로 지속적인 연구개발이 요구되며 특히 무역구조를 개선하기 위해서는 선진국과의 기술격차를 단기간에 극복할 수 있도록 기술개발 투자가 필요하다. 최근 연구개발 기간 및 기술수명 주기의 단축에 대비할 수 있도록 기술개발동향에 대비할 수 있는 기반이 구축되어야 하며 이를 위해서는 기술개발 투자 확대 및 전문인력의 양성·확보체제가 필요하다.

이에 따라 계측기기 기술개발 투자를 확대하고 정부 대 민간의 투자비율은 정부가 많은 지원을 하는 것이 바람직하다. 품질성능향상기술개발사업은 산기반사업, 한전생산기술개발사업, 중소기업진흥공단 등의 재원을 활용하고, 국산화 개발사업은 산기반사업, 한전 중소기업 개발지원사업 및 생산기술개발사업 재원을 활용하며, 공통기반기술개발사업의 투자비율은 8:2(정부 80%)로 하고 산기반사업, 정보통신개발사업, 특정연구사업 재원을 활용하는 등 기술개발자금의 재원을 다양화 해야 할 것이다. 또한 미래계측기술 및 연구기획사업의 투자는 전액 정부부담으로 하고 과기처와 통상산업부의 재원을 활용하여 차세대를 대비하여야 할 것이다.

(2) 국책연구개발사업의 추진

변화되는 기술수요에 따라 중점개발 대상을 선정하고 기술개발과제를 발굴하여 정부주도로 연구소, 대학, 대기업, 중소기업 등의 공동연구를 활성화하고 계측기기 개발사업을 대형 국책연구사업으로 추진해야 한다.

연구기획사업에서 발굴된 과제들을 종합하여 우선순위 및 기술특성에 따라 년차적으로 국책연구개발 사업으

로 추진하고 기업체 단독개발에 필요한 공통기반기술은 정부주도로 개발하여 많은 기업체에 공급, 지원하는 것이 효과적일 것이다. 또한, 계측기 핵심부품, 소재, 센서개발사업을 함께 추진하여 기술개발의 시너지 효과를 상승시키고 상업화도 촉진시킬 수 있는 연계전략을 추진해야 할 것이다.

#### 4. 결 론

본 연구내용의 우선순위에 의해 선정된 계측기 기술개발 분야는 전자전기산업분야, 공업계측분야, 기계산업분야, 계량계측분야, 환경산업분야 등 5개 분야가 될 것이며 산업동향과 계측기 발전 추세에 따라 이에 효율적으로 대처하기 위해 일부 수정되는 경우가 예상된다.

이 분야에 대한 효과적인 기술개발을 위해서는 지금까지의 계측기산업의 기술개발을 평가하고 이를 바탕으로 2000년을 대비하면서 중장기적 기술개발 전략의 추진이 필요하다. 또한 기술발전 추세를 정밀분석하여 계측기 종류별 단기, 중기, 장기기술개발 과제를 작성하여 개발, 추진하고 우리나라의 여건을 고려, 특성에 맞는 계측기기를 발굴하여 독자모델의 계측기기를 개발, 육성하고 수출전략산업으로 육성하여야 한다.

기술개발 전략은 국산화 우선대상으로 지정된 계측기 품목에 대하여는 기술수요 조사 및 개발품목 선정의 타당성 검토를 위해 사전조사 연구를 수행하여 기술개발 순위를 결정하고 대기업, 중소기업 등의 공동개발 및 단독개발 정보의 분석으로 개발계획을 보완한다. 반도체 기술 등 첨단제조기술 응용이 가능한 센서 및 핵심부품 개발에 주력하고 계측신호처리용 공유 S/W에 있어서 정부나 공공기관의 주도적 역할이 요청되고 있다. 또한 고부가가치 제품생산을 위한 계측기 성능향상, 신뢰성 시험기술 확보를 추진하고 계측기 개발인력을 육성 지원책을 강화하고, 산·학·연 및 산·연 공동연구개발을 추진하여야 할 것이다.

한편 계측기 연구개발을 추진함에 있어 이제까지의 개별적인 연구개발 체제로는 효율적이고 본격적인 개발 성과를 얻기가 어려우므로 대분류 영역별로 국책연구개발사업을 추진해야 할 것이다. 과학분석기기 개발사업은 미래 지향적인 전략산업으로 유망시되므로 선도기술개발

사업(G7사업)으로 추진하는 것이 바람직 할 것이다. 이는 일본이 OECF 자금으로 과학분석기기를 자국의 생 산품으로 공여하면서 일본의 분석기기 산업을 잘 육성한 사례를 타산지석으로 삼아야 하겠다. 또한 현재 가장 수요가 크고 년 수입액 15억달러 수준에 육박하고 있는 산업공정계측기기의 연구개발은 국가적 차원에서 통상산업부가 주관하는 중기거점기술개발사업으로 추진하는 것이 바람직하다고 생각한다.

#### 참 고 문 헌

- (1) 과학기술처, "정밀계측기 부품기술개발에 관한 연구", 1989.
- (2) 과학기술처, "정밀측정표준 실태조사 보고서", 1994.
- (3) 상공자원부, "전자정보사업의 정책방향 및 계측기 산업현황", 1994.
- (4) 일본계량기기공업연합회, "1994년 계량계측기 수출입 실적표", 1995.
- (5) 일본전기계측기공업회, "전기계측기의 중기예측('94~'98년도)", 1994.
- (6) 일본전기계측기공업회, "JEMIMA 11.12", 1995.
- (7) 통상산업부, "계측기 산업발전 5개년 계획(2차)", 1995.
- (8) 한국계측기연구조합, "미국의 계측기 시장과 기술동향", 1991.
- (9) 한국계측기연구조합, "WTO체제하의 계측기산업 발전방향", 1995.
- (10) 한국계측기연구조합, "계측기 대일 수출촉진단 활동 결과보고", 1995.
- (11) 한국계측기연구조합, "환경오염 측정분석제도와 측정기기산업의 전망", 1993.
- (12) 한국계측기연구조합, "레이저를 이용한 광계측기술의 실체와 전망", 1995.
- (13) 한국계측기연구조합, "신계량, 측정제도와 기업의 대응", 1993.
- (14) 한국계측기연구조합, "일본계측기 산업동향", 1994.
- (15) 한국계측기연구조합, "영국·EC 계측기시장과 기술동향", 1992.

- (16) 한국계측기기연구조합, "독일 · 영국 전자계측기 시장동향", 1992.
- (17) 한국계측기기연구조합, "중국계측기기산업의 발전상", 1994.
- (18) 한국품질관리학회, "측정표준과 첨단계측기술", 1995.
- (19) 한국표준과학연구원, "한국산업의 정밀측정기술실태", 1993.
- (20) 한국표준과학연구원, "계량표준관리시스템 조사연구보고서", 1994.
- (21) 한국표준과학연구원, "중소기업계측관리시스템 실태조사 보고서", 1992.
- (22) 한국표준과학연구원, "한국의 측정기기산업", 1994.
- (23) 한국관세연구소, "HS 종합편람", 1995.
- (24) United Nations, "1993 International Trade Statistics Yearbook", Vol. I, II, 1994.