

분석과학 경쟁력 강화를 위한 전략 수립

(Establishment of strategies for strengthening competitiveness
of analytical science)

연구기관 : (사)한국분석과학회

2017. 5. 26.

미 래 창 조 과 학 부

안 내 문

본 연구보고서에 기재된 내용들은 연구책임자의
개인적 견해이며 미래창조과학부의 공식견해가
아님을 알려드립니다.

미래창조과학부 장관 최 양 희

제 출 문

미 래 창 조 과 학 부 장 관 귀하

본 보고서를 “ 분석과학 경쟁력강화를 위한 전략수립 에 관한 연구 ”의
최종보고서로 제출합니다.

2017. 5. 26.

목 차

1. 분석과학 경쟁력 강화의 필요성

1.1 과학의 기초	1
1.2 국가정책 수립의 기초	1
1.3 미래성장 동력산업들의 견인 기초	2
1.4 우리나라 분석과학의 세계 속 위치	2
1.5 산업계에서 분석과학 인력에 대한 인식	3
1.6 우리나라 분석과학 인력 수요와 공급의 불균형	4

2. 노벨상 수상으로 보는 분석과학의 중요성

5

3. 분석 · 과학기기 산업의 현황

3.1 분석 · 과학기기 산업의 중요성	7
3.2 국내의 분석 · 과학기기 산업 현황	7
3.3 국외의 분석 · 과학기기 산업동향	10
3.3.1 북미	12
3.3.2 일본	12
3.3.3 유럽	13
3.3.4 중국	14
3.3.5 인도	15
3.4 외국의 사례로 본 분석 · 과학기기 산업의 성장의 요건	16
3.5 분석 · 과학기기 산업의 인력 수요(일자리) 창출 효과	17

4. 표준화에 포함된 산업과 분석과학의 경쟁력

4.1 표준화의 중요성	18
4.2 표준화의 구성요소	18
4.3 국내 제조분야의 표준화의 역할	20
4.4 국내 시험인증 산업의 현황과 강화방안	22

5. 과학 및 산업계에서 필요로 하는 분석과학 인력의 분류 및 현황

5.1 화학 산업 및 분석과학의 정의와 분류	
5.1.1 화학 산업 및 화학기술의 정의 및 분류	25
5.1.2 분석과학의 범위 및 정의	25

5.2 국내 및 선진국의 분석과학 기술 및 산업 현황 조사 · 분석	
5.2.1 기존 연구인력 현황 보고서 자료 기반	27
5.2.2 국내 산업계에 보급된 분석 장비 규모 기반	33
5.2.3 국내 조달 구매 자료 기반	37
5.2.4 설문조사 기반	39
5.2.5 설문 결과의 종합	44
6. 현행 분석과학 인력 육성제도	
6.1 정부 각 부처의 분석과학 관련 정책	45
6.2 정부 각 부처의 분석과학 인력 양성 프로그램	46
6.3 전국대학의 분석과학 관련 강좌 개설 현황	50
6.4 전국 대학교의 공동실험실습관을 통한 교육	55
6.5 분석기기 업체들의 교육	57
6.6 전국 과학관의 분석과학 관련 교육	59
6.7 분석과학 인력의 육성 평가	62
7. 육성해야 할 분석과학 인력	
7.1 산업 분야별 필요 분석과학 인력	63
7.2 분석과학 수요 인력의 수준 및 육성 방안	65
7.3 분석기기 산업 관련 인력	67
7.3.1 분석기기 연구개발 인력	68
7.3.2 분석기기 서비스 인력	69
7.3.3 분석기술 전문가	70
7.4 우리나라 분석기기 운영인력의 고용형태	72
7.5 분석과학 인력 육성과 수요 종합	72
8. 분석과학 인력의 안정적인 수급과 생태계 조성을 위한 정책 제안	74
8.1 기술 수준 및 수요 기반 분석과학 인력 육성 생태계 조성	76
8.2 대국민 정량(定量) 개념 함양	76
8.3 공동실험실습관 KBSI 연구시설 장비 집적기관 연계활용 정책	77
8.4 부처통합형 기기분석 인증 실험실 및 전문가 인증제 도입	80
8.5 국가 분석검증 시스템 구축	83
8.6 연구업적 평가기법 개선	83
8.7 분석기기 산업 육성 정책	85
9. 참고문헌	87
부록 1. 노벨화학상 수상 주제와 분석 관련 업적	88
부록 2. 2차 설문 조사 분석 및 정리	97

1. 분석과학 경쟁력 강화의 필요성

1.1. 과학의 기초

육체적 능력이 뛰어나지 않은 인간이 먹이사슬의 가장 위에 군림하게 된 것은 다른 동물과 달리 도구를 이용하는 능력을 가졌기 때문이었다. 또한, 인간은 언어라는 도구를 사용해서 그의 기술을 다른 인간에게 가르치고, 문자를 발명하여 지식을 축적 보존하였다. 지식이 쌓이면서 인간은 언어를 통한 논리적 수단인 과학을 창조하였다. 과학은 인간이 얻은 감각(측정) 정보를 서로 연관시키고, 수정하고, 제어함으로써 많은 “자연의 법칙”을 얻어왔다. 관측 장비가 없던 시절에도 인간은 육체의 감각을 동원하여 자연의 현상을 관찰해서 과학을 발전시켰지만, 그 감각의 능력만으로는 높은 수준의 과학을 이루지 못했다. 인간은 그 감각을 도와주는 도구를 발명하여 관찰의 능력을 높여서 더 멀리 더 작은 것을 관찰함으로써, 어떤 가설을 증명하거나, 또는 반대로 어떤 가설을 폐기할 수 있었다. 그리하여 관측 장비라는 도구의 성능은 과학의 수준을 결정하는 중요한 수단이다. 옛날에는 태양 그림자의 방향으로 시각을 잴지만, 지금은 세슘 전자의 전이 진동수로부터 정확한 시각을 확인할 수 있다. 과거에는 진맥으로 질병을 진단했지만, 현대에는 MRI로 종양의 위치, 종류, 크기를 알 수 있다.

이렇게 관찰의 목적으로 장비를 발명하고 운영하여, 물질을 발견하여 분리하고, 본질과 수량을 파악하는 분야가 “**분석과학**”이다. 그리고 분석과학의 발전이 과학을 발전시켰고, 과학은 다시 분석과학을 발전시키는 순환 과정에 있다. 이와 같이, 과학의 모든 과정은 분석으로 시작하여 분석으로 마친다.

1.2. 국가 정책 수립의 기초

생물학적인 진화와 마찬가지로, 과거에 의도적이던 아니던 발전된 과학으로 앞서가는 문명을 가진 국가는 주도권을 잡았고, 그렇지 못하는 국가는 도태되었다. 앞서가는 과학을 위해서는 앞서가는 관찰 즉, 앞서가는 분석과학이 필수적이다. 과학 분야의 노벨상도 1/3 이상이 분석과학 관련 업적이며, 거의 대부분이 앞서가는 분석과학의 결과를 토대로 하고 있다.

질병 진단, 태풍, 해일, 미세먼지 등의 일기예보와 같이 국민들의 일상생활과 밀접한 분야에서도 분석과학은 중요한 역할을 하고 있다. 즉, 미세먼지 농도와 같은 오염물질의 정확한 농도 측정 결과를 바탕으로 환경 정책이 결정되며, AI 바이러스와 같은 미생물 동정 결과 및 위해성에 따른 보건 정책, 산업제품의 순도 및 미량물질의 함량 등에 따른 산업 정책과 같이 다양한 국가 정책들은 기본적인 자료들을 바탕으로 수립되고 있다. 이와 같이 분석과학은 국가 정책 기본 자료를 생산하는 중요한 분야이다.

1.3. 미래성장 동력산업 전인의 기초

정부는 미래성장 동력 19가지 분야를 선정해서 국가 경제의 발전을 견인하는 종합실천계획을 수립하였다. 소재, IT, 환경, 바이오 분야가 골자인 이 계획에 있어서도 분석과학은 그 바탕이 된다. 어떤 분야도 물질로 이루어진 장비를 이용하지 않는 것이 없으므로, 장비의 성능과 안정적인 운영은 장비를 이루는 소재들의 품질에 의해 결정된다. 과학적 연구의 결과로 소재들은 지속적으로 신물질로 교체되고 있으며, 신소재의 개발과 그 생산 라인에서의 품질 관리는 전체 장비의 성능을 좌우하고 있는 것이다.

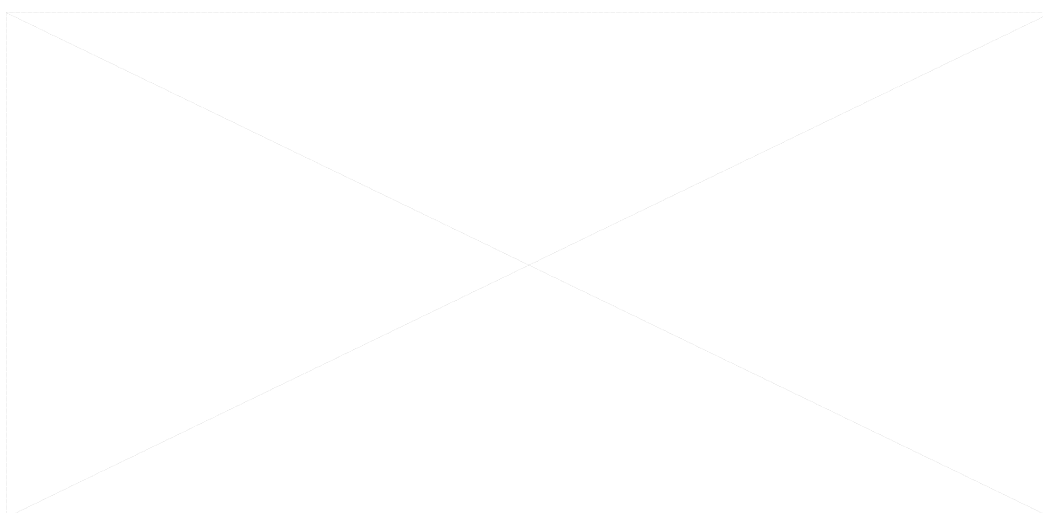
이러한 신물질의 개발 과정에서 분석과학은 신물질을 합성하고 이를 분리 분석하여 물질의 구조를 밝히고 물성을 알아낸다. 그 후 대량생산하여 분리하고 정제하여 각 분야에 사용된다. 이와 같이 미래 동력산업으로 꼽히는 2차 전지, 바이오, LED, 태양전지판 등 모든 분야의 산업에서 최종 제품만을 조명을 받고 있지만, 이러한 제품들을 만들기 위한 재료 개발에서 분석과학은 필수적이다.

그리고 이러한 제품들의 생산에 필요한 원료에서부터 완제품까지 모든 소재와 부품은 국가가 인정하는 표준검사 방법으로 분석되어 인증된다.

이런 검사 방법으로는 국제적으로는 미국이 주도하는 ISO, 일본의 JIS, 한국의 KS 규격이 있으며, 이러한 표준 방법들은 분석과학을 바탕으로 하고 있다.

1.4. 우리나라의 분석과학의 세계 속 위치

대한민국의 분석과학 경쟁력의 현주소는 아래의 그래프로 극명하게 알 수 있다. 분석과학 분야 학술지 중에서 가장 권위 있는 미국화학회 발간“Analytical Chemistry”에 수록된 한중일 3국의 논문 편수를 비교하였다.



<그림 1-1> 한중일 3국의 분석과학 논문 편수 비교. (출처: Web of Science)

2000년대 초까지 한국과 중국은 거의 비슷한 수의 논문을 게재하였으나, 최근 3년간의 평균 논문 편수를 비교해 보면 한국은, 일본의 1/5, 중국의 1/7 수준이라는 충격적인 변화가 일어나고 있음을 알 수 있다.

우리 주변의 경쟁국과의 분석과학 격차가 이렇게 심해진 가장 큰 이유는 대학에서 석사 이상의 분석과학 전문가가 제대로 양성되지 못하기 때문이다. 그리고 분석과학이 과학의 보조적인 분야로 인식되고 있기 때문이다.

그리고 ISO에서는 국제적으로 학계 연구소 및 산업계에서 많은 연구자들이 참여하고 있다. 일본은 독자적으로 분석법을 개발하여 오리지널리티가 있는 일본국가표준(JIS)을 만들고 있다. 그러나 우리나라의 한국국가표준(KS) 규격은 독자적으로 완성된 것은 많지 않다. 과거에는 많은 부분을 JIS에 의존했고 최근에는 ASTM과 EPA의 표준 규격을 많이 참조하였다. 현재는 ISO의 규격을 KS로 부합하여 사용하고 있다. 이와 같이 가장 기초적인 국가 규격의 후진성은 앞으로 해결해야 할 과제이다.

1.5. 산업계에서 분석과학 인력에 대한 인식

우리나라 산업계에서는 얻어진 결과 및 성과가 최종 제품 위주로 평가되고 있다. 신제품의 개발에서 전술한 바와 같이 분석과학이 필수적이지만 그 역할은 보조적인 수단으로 인식되고 있다. 외국 산업체에서는 신제품의 업적평가 시 분석자의 역할이 함께 평가된다. 우리나라에서는 제품의 분석, 신물질 개발 등에 필요한 분석과학을 최신 고가의 기기분석 장비만 있으면 가능한 것으로 산업계의 경연진들이 인식하고 있다. 그래서 많은 국내 대기업에서 분석 전문가가 분석과학의 연구만으로는 임원으로 진급하지 못하고 있다.

신제품 개발, 불량 문제 해결, 경쟁 제품 분석 등 기업 경쟁력에는 고도의 분석과학 능력이 필수적이다. 그러나 국내에는 이러한 고도의 분석과학 능력을 보유한 기업들이 많지 않아 이러한 문제들이 발생하였을 때 일본의 분석과학 전문회사인 도레이(Toray Research Center; TRC) 등에 의존할 수밖에 없는 현실이다. 이러한 경우 산업정보의 유출은 감수하여야 한다. 이러한 문제는 일본을 따라가는 "fast follower"의 입장에서는 큰 문제가 되지 않을 수도 있지만, 일본을 앞서 나가려는 "first mover"에게는 심각한 문제로 부상할 것이다.

이와 같이 분석과학의 중요성 인식 부족, 특히 분석과학 인력 홀대에 기인한 산업계의 경쟁력 약화 문제를 조속히 해결하기 위해서는 분석과학 인력에 대한 획기적인 인식 변화가 있어야 한다.

1.6. 우리나라의 분석과학 인력 수요와 공급의 불균형

2014년 산업통산자원부의 산업기술 인력 수급 실태 조사 보고서에 의하면 12대 주력 산업 부족 인원은 25,462명으로 화학 4,593명, 전자 4,294명, 기계 4,017명, SW 산업 3,649명, 자동차 2,542명의 순으로 화학 분야의 인력 부족이 가장 크다.

화학 분야의 인력 부족은 화학을 근간으로 하는 분석과학에도 큰 영향을 미치고 있다. 분석과학은 화학 분야에서도 대학에서 가장 육성 인원이 적은 반면, 산업에서는 가장 필요로 한다. 현재 우리나라의 분석과학에 사용되는 장비들이 거의 수입하여 공급되고 있는 것도 문제이지만, 수입된 장비를 효율적으로 사용할 수 있는 장비 운영자까지 수입하기는 현실적으로 어렵고, 국내 교육기관에서 교육해서 충당해야 하는데, 그 공급이 원활하지 않다.

이에 따라 대학이나 연구소에서 수입된 장비도 제대로 운영되지 못하고 방치되는 경우가 상당수에 이른다. 이는 장비 수입의 예산을 담당하고 있는 부서에서 분석기기의 이해 부족으로, 분석 장비만 있으면 누구나 훌륭한 분석 결과를 산출할 수 있다고 생각하여 분석 장비의 수입예산 이외에 분석 장비 운용자, 분석 장비의 유지보수 부대비용이 전무하여 일어난 사태로도 설명이 된다.

이와 같이 분석과학의 경쟁력을 강화시키기 위해서는 분석 장비의 국산화와 함께 분석과학 인력을 육성하기 위한 정부의 중, 장, 단기별 추진 계획과 전략이 필요하다.

2. 노벨상 수상으로 보는 분석과학의 중요성

세계적인 연구 데이터 및 독자적인 연구 데이터는 첨단 분석기술·장비를 통해 분석한 것으로, 새로운 분석기술·장비를 통해 최첨단 연구 및 미지의 연구가 가능해져 많은 과학 분야 노벨상 수상자를 배출하였다. 그리고 분석기술과 분석 장비의 개발 자체도 신규성 및 독자성이 매우 높은 연구로 과학 분야 노벨상 수상자가 분석과학 분야에서도 많이 배출되었다.

예를 들면, 1903년도에 Arrhenius는 현재 분석화학의 기본이 되는 산-염기 해리에 대한 연구로 노벨상을 수상하였다. 그후 1904년 Ramsay의 공기 중 아르곤 분리, 1922년 Aston의 질량 분석, 1926년 Svedberg의 원심분리, 1948년 Tiselius의 전기영동, 1952년 Martin/Synge의 크로마토그래피, 1958년과 1982년의 두 차례에 걸친 Sanger의 아미노산과 DNA 서열 분석 등으로 분석과학은 초기부터 노벨상 수상의 전통을 이어가고 있다. 특히, 2002년 일본 시마즈사의 학사학위 소지 연구원인 타나카의 MALDI-TOF/MS 업적에 대한 노벨상은 많은 화제가 되었다. 이러한 전통은 2014년의 초분해능 형광현미경 개발에 대한 노벨상으로 이어지고 있다.

<표 2-1> 분석과학과 관련된 주요 노벨상

수상년도	수상자	주요 업적
1903	Arrhenius	산-염기 해리
1904	Ramsay	공기 미량 비활성기체 분리
1911	Curie	라듐 분리 분석, 양이온 계통분석
1914	Richards	중량분석, 원자량 정밀 측정
1922	Aston	질량분석
1923	Pregl	미량분석
1926	Svedberg	원심분리
1934	Urey	중수소 분리, 스펙트럼 분석
1943	Hevesy	방사능 추적자
1944	Hahn	핵분열 산물 분석
1948	Tiselius	전기영동
1952	Martin/Synge	분배 크로마토그래피
1958/80	Sanger	단백질 아미노산 서열 분석, DNA 염기 서열 분석
1959	Heyrovsky	폴라로그래피
1961	Calvin	광합성 중간물질 분석
1972	Moore/Stein	아미노산 분석기

우리나라의 국가연구시설장비진흥센터(NFEC)는 20종의 핵심 연구 장비를 선정했는데, 이 장비들의 개발자 대부분은 노벨상을 수상하였다. 이들이 개발한 분석법은 질량분석법, 분광학, 크로마토그래피, X선 결정학, 현미경, 원소분석기 등이다.

분석과학자로 분류되지 않은 노벨상 수상자들의 업적도 당시의 첨단 분석 장비를 이용한 남들보다 앞선 발견이었다. NFEC는“2016 노벨과학상에 숨은 연구 장비 이야기”에서 노벨상 수상자들이 다음과 같은 분석 장비를 사용했다고 밝히고 있다. 생리의학상: 광학현미경, 형광현미경, 투과전자현미경; 화학상: 질량분석기, 핵자기공명분광기, 주사터널링 현미경; 물리학상: 중성자 산란 실험장치, 각분해 광전자분광기, 광전자 분광기 및 주사터널링 현미경.



<그림 2-1> 2016년도 노벨과학상 수상자가 사용한 연구장비.

(자료: 2016노벨과학상에 숨은 연구 장비 이야기, Vol. 34, 2016, 국가연구시설장비진흥센터)

그런데 이 분석 장비들은 모두 다른 노벨상 수상자들이 발명한 것이다. 부록 1에 최근까지의 노벨상 수상자와 업적을 수록하였다.

3. 분석 · 과학기기 산업의 현황

3.1 분석 · 과학기기 산업의 중요성

국제경제협력개발기구(OECD)가 정의한, 특히 과학기술에 강한 연결고리를 가지고 있는 5대 하이테크 제조 분야에 우주항공, 통신 및 반도체, 컴퓨터 및 사무기기, 의약품과 함께 과학기기(Scientific Instrument)를 포함하고 있다. 일본의 경우에는 약 2천명의 연구원을 둔 국립산업기술종합연구소(AIST; Advanced Industrial Science and Technology)에서는 최상위 과학기술 영역으로 분류하여 5개 분야 세부 연구 유닛을 운영하는 계량표준 종합센터를 두고 있다. 이는 분석·과학기기 산업이 기초과학의 산물으로써 연구개발의 기반을 조성하는 것과 함께 산업 표준의 근간이 되며 그 자체로서도 산업적인 성과와 과학기술 발전의 기여도가 매우 큼을 반증하고 있다.

3.2 국내의 분석 · 과학기기 산업 현황

한국의 분석 · 과학기기 산업의 역사는 분석·과학기기 산업이 강대국을 중심으로 형성되기 시작했던 1960년대에는 매우 미진하였고 당시로서는 고가의 기자재를 OECF와 IBRD의 외국 원조 차관으로 도입하기 시작했던 1970년대 말에 외국 제품의 수입 공급자의 형성으로부터 시작하였다.

이후 높은 기술성이 필요하지 않은 실험실 기초 기기는 산업의 발전과 수요의 증가에 따라 다수의 제조업체가 형성되었으나 국가적인 지원과 육성이 필요한 과학기술 분야의 계측·분석 관련 기기는 외산 제품 사용의 풍토가 개선되지 않아 산업계의 성장이 경제발전에 비해 미미하여 현재에도 대부분을 수입에 의존하고 있다. 반면, 분석 · 과학기기의 이용과 관련한 서비스 및 판매 산업은 시장 수요의 확장에 따라 연구개발, 제조에 비해 비대칭적으로 성장하였다. 하지만 근래에는 외국 기업들이 국내 시장에 직접 진출하면서 특정 거대 기업의 시장 점유율은 높아지고 현재는 서비스 시장마저 잠식하는 추세에 있다.

분석 · 과학기기의 국내에 관련 산업의 고도화는 매우 미미하여 산업계의 기초 과학기술의 역량 또한 낮으며 근래에도 고가 첨단기기의 도입액이 증가함에 따라 심각한 외화 유출은 지속되고 있다. 특히, 해당 도입 가격이 1억원을 상회하는 경우 외산 기기가 90%이상일 정도로, 고가의 첨단기기일수록 외산 기기의 국내 점유율이 높다. 다양한 종의 분석기기 중에 국내에서 생산되지 않는 품목들이 대다수이며, 시장 규모가 큰 품목이어서 국내 제조업체가 있는 경우에도 외산 제품의 시장 점유율은 국내 기업을 압도한다. 일부 특정 분야에서는 세계적인 기술 경쟁력이 있는 업체도 출현하였으나 세계 시장에서의 영향력은 아주 미미하다. 경제

규모에 성장에 따라 과학기기 업체가 점차적으로 증가하여 현재 국내에는 약 50여 관련 제조업체가 있으나 대부분 영세하고 자체의 기술 혁신으로 사업화를 진행하는 기업은 극소수에 불과하다. 이들 제조업체들은 외산 제품의 시장 영향력이 절대적이고 주요 부분품을 국외에서 조달해야 하므로 사업의 유지를 위해서 대부분 외국 완제품의 수입 판매를 병행하고 있으며 그 비중 또한 높다.

반면, 하이테크 기술을 필요로 하지 않으면서 내수 시장 지향성이 큰 기초과학 기본 기기 및 설비, 시험기기와 관련한 기업은 비교적 안정적으로 성장하여 국외 시장의 진출도 도모하고 있다. 이러한 상황에 견주어 우리나라의 분석·과학기기 산업이 경쟁력을 가지기 위해서는 혁신적인 고도화 전환을 통하여 양적, 질적으로 성장해야 한다. 이를 추진하기 위해서는 관·산·학·연의 협력을 통해 분석·과학기기의 국산화 개발에 필요한 전문 인력의 육성을 비롯하여 개발된 제품의 우선적으로 국내 대학, 공공 연구기관 등에서 활용 될 수 있는 환경을 조성하고 이를 바탕으로 국외 시장의 개척을 확대해 나감으로써 궁극적으로 기업의 역할이 확대되어 분석과학 기술과 기초과학의 발전에 중요한 중심축이 될 수 있도록 하는 제도적인 지원이 필요하다.

분석·과학기기가 다수 포함되어 있는 HS 코드 9027(물리, 화학 분석용 기기) 계열의 우리나라의 2015년 수출액은 6억6500만불인데 비하여 수입액은 14억2800만불로 무역 적자가 연간 7억 6300만불에 달한다. 이를 환산하면 수입 비중은 약 70%로 국외 의존도가 심각한 수준이며 내수를 포함한 국내 시장 규모는 약 2조원으로 추정할 수 있다. 다음의 표 3-1~4는 국내의 주요 분석·과학기기 업체와 주요 생산 품목이다.

<표 3-1> 국내주요 분석기기 업체와 주요 생산품목

기업명	주요 생산 품목
(주) 휴텍스	HPLC
(주)디에스 과학	GC
위드텍	공정용 성분모니터(IC)
테크밸리	X선 검사기, XRD
영린기기	HPLC,GC, 순수제조장치
(주)메카시스	분광광도계
아이에스피	XRF
(주)신코	분광광도계, 형광광도계
영진바이오크롬	HPLC 컬럼, 프랩 HPLC
아스타	TOF 질량분석기기
케이원	입도분석기

<표 3-2> 국내주요 광계측, 나노 이미징 기기 업체와 주요 생산품목

기업명	주요생산품목
맥 사이언스	광 계측, 시험
파이맥스	광측정 정밀 분석기
코리아스펙트랄프러덕츠	분광기
덕인	3차원 측정기, X선계측
새론테크놀로지	전자현미경, 전계 현미경
코셈	전자현미경
세크	전자현미경, X선검사기
엠크래프트	전자현미경
파크시스템스	원자현미경
나노포커스레이	X선 이미징(의료용 영상)

<표 3-3> 국내주요 바이오기기 업체와 주요 생산품목

기업명	주요생산품목
바이오니아	분자진단제품, 기기
(주)케이맥	면역/분자진단기기, 박막두께측정기
나노엔텍	바이오, 의료장비
메디코어스	동물용 X선 진단기
진올바이오테크놀러지	분자진단제품
로고스바이오시스템즈	셀카운터, 셀 이미징, 뇌 세포분석기

<표 3-4> 국내주요 기초과학기기 업체와 주요 생산품목

기업명	주요생산품목
대한과학	기초실험기기
일신바이오베이스	초저온냉동고
한일과학산업	원심분리기, 발효기
이레테크	진공오븐, 가압장비, 신뢰성 시험기
삼인싸이언스	실험대, 실험장, 폼후드
제이오텍	기초실험기기
CHC Lab	실험대, 실험실 구축
Cryste Novapro(주)	원심분리기, 안전시약장
지시코	항온항습기, 건조기
비전과학	원심분리기, 항온항습기
지티사이언	시약장
화인피씨알	원심분리기, 인큐베이터
휴먼코퍼레이션	순수제조장치
랩존	실험실 환경장비

<표 3-5> 국내주요 환경측정기기 업체와 주요 생산품목

기업명	주요생산품목
(주)휴마스	TOC, 분광광도계, 수질모니터
(주)에이스엔	VOC, 음주 측정기
동우옵트론	분광, 분석기기, 굴뚝 TMS
그린 솔루션	환경관리시스템
윈스테크	수질, 대기 TMS
과학기술분석센터	악취모니터, 수질, 대기 모니터
(주)켄텍	대기환경 모니터링
(주)이스텍	수질모니터, pH미터
(주)센서로닉	가스분석기기, 측정기
한국산업기기	가스 측정 분석기
에스아이디텍션	방사선 감시기

3.3. 국외의 분석 · 과학기기 산업동향

과학기술의 역사와 함께 성장하여온 분석 · 과학기기 산업은 미국의 비롯한 독일, 일본, 영국 등의 선진국 다국적 기업이 세계 시장의 대부분을 차지하고 있다. 미국의 S&P500을 비롯하여 각국의 증권 시장에 상장되어 있는 다수의 메이저 기업들의 제품 기술은 세계 시장에서 선도적인 영향력을 미치고 있다. 근래에는 기업 인수 합병을 통하여 규모도 나날이 커지고 있고 분석 · 과학기기와 함께 분석 기술도 발전하고 있으며 이를 통해 첨단 과학기술에 지대한 영향을 주고 있다.

근래의 분석 · 과학기기 업계는 시장 선도 경쟁으로 기술, 사업 부문의 인수 합병에 따른 재편이 활발한데 이는 전문 기업들의 대형화와 후발 기업들의 진입 장벽이 높아짐을 의미한다. 대형 기업들은 시장 규모가 크고 성장률이 높은 중국과 인도 시장에 집중하고 있는데 이들 국가에서는 이에 맞서 자국 기업의 적극적인 육성 정책을 펴고 있다. 이러한 정책으로 중국과 인도에서도 많은 신생 분석 · 과학기기 회사들이 출현하고 있는데 일부 기업은 규모와 기술 수준면에서 빠르게 선진국 기업들을 추격하고 있다. 한편으로, 세계적인 메이저 기업들은 가격 경쟁력의 강화와 시장 확대의 전략으로 중국, 인도, 싱가포르, 말레이시아 지역에 진출하여 제품을 생산하고 있다.

표 3-5에 분석 · 과학기기 매출 기준 상위 25개 기업의 2015년 연간 기기 매출 규모와 전체 연간 매출에서 차지하는 비중 및 연구개발 비용을 조사하여 기재하였다. 이들 기업의 총매출 100조원에서 분석 · 과학기기가 차지하는 매출의 총합은 약 40조원 규모이고 자체 연구 개발비는 평균적으로 매출액의 10%수준으로 조사되었다. 또한, 이들 기업에 종사하는 인력은 약 25만명으로 집계되었다.

<표 3-5> 분석·과학기기 매출 기준 상위 25개 기업의 2015년 연간 기기 매출 규모와 전체 연간 매출에서 차지하는 비중 및 연구개발 비용

매출순위		회사	2015년 분석기기 매출 (M\$)	전년 대비 변동 비율	매출총액 대비 분석기기 매출 비율	본사 소재국가	연구개발 투자 (M\$)
2015	2014						
1	1	Thermo Fisher Scientific	4,241	-3.4%	25%	U.S.	691
2	3	Danaher	2,400	-4	11.7	U.S.	507
3	4	Waters	2,042	2.7	100	U.S.	119
4	2	Agilent Technologies	1,817	-8.4	45	U.S.	330
5	5	Shimadzu	1,801	13.2	64.1	Japan	
6	6	Roche Diagnostics	1,785	6.6	15.9	Switzerland	
7	8	PerkinElmer	1,632	1.6	72.2	U.S.	126
8	10	Carl Zeiss	1,505	11.4	30.1	Germany	
9	7	Bruker	1,490	-11	91.7	U.S.	174
10	9	Mettler Toledo	1,150	-1.5	48	Switzerland	123
11	11	Bio-Rad Laboratories	695	-4.5	34.4	U.S.	
12	13	Nikon	661	10.7	9.6	Japan	
13	15	Illumina	599	7.3	27	U.S.	402
14	12	JEOL	572	-4.8	72.6	Japan	46
15	14	Spectris	557	4.3	30.6	England	
16	17	Merck Life Science	499	11.9	13.4	Germany	
17	18	FEI	484	-4.3	52	U.S.	103
18	16	Hitachi High-Technologies	482	-2.5	9.1	Japan	
19	19	Olympus	355	-3.4	5.3	Japan	
20	21	Oxford Instruments	323	16.8	54.7	England	47
21	20	Xylem Analytics	290	-7.3	100	U.S.	
22	22	Tecan	284	6.6	62	Switzerland	43
23	23	Horiba	224	5.6	15.8	Japan	
24	24	Sartorius	203	10.9	16.4	Germany	
25	-	Qiagen	166	-5.1	13	Netherlands	
소계			26,257				2,711

※ 출처: C&EN Volume 94 Issue17 | pp. 32-35, Issue Date: April 25, 2016

위 메이저 기업들에서 10개사는 분석기기의 매출이 1조원을 상회하고 있다. 25개사 중 10개 기업이 미국, 9개 기업이 유럽, 6개 기업이 일본에 본사를 두고 있다.

3.3.1. 북미

<표 3-5>에서와 같이 다국적 기업을 주축으로 세계적인 대형 기업이 분석·과학기기 제조 기업군에 포진하고 있다. 특히 미국은 세계에서 가장 규모가 큰 내수시장을 가지고 있을 뿐만 아니라 세계적인 다국적 대형 기업들의 본부를 가지고 있고 세계 시장과 분석·과학기기의 연구개발을 선도하고 있다. 2014년 미국의 분석기기 시장은 약 9조원 규모로 관련 산업협회로는 실험실용 기초기기, 용품, 부품, 소모품 등의 생산자 협회인 LPA (Laboratory Product Association)와 100여 회원사가 참여하고 있는 ALDA (Analytical, Life Science & Diagnostics Association)가 구성되어 있다. ALDA는 50조 규모의 세계 시장에서 북미, 유럽, 일본 시장이 80%를 차지하고 중국 8%, 인도를 포함한 아태 지역이 7%를 점하고 있는 것으로 집계하고 있다. 생명과학 분야에 초점을 맞추면 이 분야의 응용이 글로벌 사용자 시장의 66%이다.

미국에는 1950년부터 시작된 피츠버그 컨퍼런스(Pittsburg Conference)가 매년 열리며 여기에는 세계의 분석·과학기기 기업들과 관련 연구자, 사용자들이 참석한다. 이 컨퍼런스에는 1990년대 1300여 업체가 전시에 참가하고, 3만4천명이 학회 및 전시에 참석한 것을 정점으로, 인터넷 보급을 통한 제품 정보 접근 방식의 변화, 바이오와 질량분석 등 분석·과학기기 분야의 컨퍼런스로 분산되는 영향과 함께 신흥 시장으로의 니즈가 이동하면서 현재는 매년 900여 업체, 2만명 내외가 참석하고 있다.

미국과 같은 경제권역인 캐나다의 여러 분석·과학기기 기업의 가운데에는 세계적인 명성을 지닌 질량분석분야 전문기업이 있다. Thermo Fisher, Danaher(AB Sciex), Waters, Agilent Technologies로 이어지는 분석·과학기기 분야 매출 순위 1~4 업체가 모두 미국에 본사를 두고 있다. 질량분석기는 분석기기 중의 가장 중요한 섹터로 가장 빠른 성장이 이루어지고 있는 분야로 2020년 세계 시장 규모는 현재 5.5조원에서 8조원에 달할 전망이다(CAGR 8.1%). 미국의 질량분석학회에 매년 약 6천명이 참석하고 있으며 메이저 질량분석기 생산 기업들이 적극 후원하고 있고 이 학회를 통하여 새로운 분석기술에 따르는 산·연의 교류가 활발히 이루어지고 있다.

3.3.2. 일본

일본의 과학기술육성 전략에 첨단 분석기기 연구개발 프로그램을 포함하고 있는 등 이를 통한 기초과학의 연구 수준이 높다. 세계적으로도 명성이 있는 시마즈, 지올, 히타치하이테크, 호리바 등 대형 전문 기업들과 함께 다수의 기술적 수준이 높은 중견, 중소기업이 폭넓게 분포되어 있다. 시마즈는 일본의 대표적 기업으로 100여년의 역사를 가지고 있으며 일본 정부의 자국제품 우선화 정책, 적극적인 시장 지원에 힘입어 꾸준히 성장하였다. 일본 기업들은 인도, 아태지역에서 시장 전략을 강화하여 인지도가 높은 편이고 개도국의 ODA 지원 사업 등을 통하여

시장을 선점하는 전략을 취하고 있다. 우리나라가 1980년대 국외 차관으로 분석·과학기기를 구매할 때에 일본 기업은 이를 통하여 적극적으로 실리를 취하기도 하였다.

일본의 대표적인 벤처 기업으로 인정받는 호리바(Horiba)는 이제 과학기기는 물론이고 분석·과학기기 개발의 기술과 경험을 바탕으로 반도체, 의료, 환경, 자동차 등 여러 산업분야의 특화된 분석, 모니터링, 진단기기 분야에 진출하는 한편 국외 분석·과학기기 기업 인수합병을 통하여 다국적 기업으로 성장하였다.

일본의 관련 산업협회로는 일본 분석기기 공업협회(JAIMA)와 일본 과학기기 협회(JSIA)가 결성되어 있다. 1960년 18개 회원사로 결성된 JAIMA는 현재 187 회원사가 참여하고 있으며 내방객 3만여명의 JASIS 전시회를 일본 과학기기 협회와 공동으로 매년 개최하고 있다. 일본의 JSIA는 과학기기의 제조, 판매 및 관련 사업에 종사하는 기업을 회원으로 하는 전국 조직 단체로 각 지역에 10개의 지회를 중심으로 활동하고 있다. 일본의 분석·과학기기 관련 산업협회는 분석과학기술 표준화, 정보활동, 교육, 기술정보 교류, 과학문화 활동 등 다양한 사회활동과 관·산·학·연 협력 사업을 진행하여 일본의 분석과학기술의 발전에 크게 기여하고 있다.

3.3.3. 유럽

유럽연합 집행위원회에는 유럽의 국내와 국제기관과의 거래에서 정밀 기계와 광학 산업의 제조 부문에서의 이익을 대변하는 산업연합 EUROM이 결성되어 있고 3개 부문 위원회로 구성된다. 그 중 EUROM II 위원회의 구성 회원은 아래의 유럽연합 회원국가와 회원국가의 회사들을 대표하는 분석·과학기기 부문의 전문 기관이다.

- CIFL - The French Interprofessional Committee of Laboratory (프랑스)
- Fabrilabo - Trade association of manufacturers and laboratory equipment dealers (프랑스)
- FHI - Federation of Technology Industries (네덜란드)
- GAMBICA - Automation, Instrumentation & Control Laboratory Technology (영국)
- GISI - Italian Association of Instrumentation Companies (이탈리아)
- LABMAS - Laboratory Equipment Manufacturers Association (스페인)
- Laborama - Union suppliers to the laboratory sector (벨기에)
- SPECTARIS - German Hightech Industry Association (독일)

EUROM II는 유럽 연합(EU)에 속해있는 광학, 레이저 및 실험실 기술에 대한 유럽의 산업을 대표하여 유럽의 기관 및 규제 기관에 대한 전문적인 의견을 제공하고 관련 법률에 유효한 시장 데이터와 정보에 의해 광학, 레이저 및 실험실 기술로 유럽 제조업체를 지원하며 관세 및 인증 절차를 교환함으로써 세계 무역을 장려한다. 한편으로는 협회의 회원들 사이에 협력을 강화하고 국제 협력 파트너로

미국과 일본의 ALDA, JAIMA, LPA와 교류하고 있다.

영국에는 산업협회인 GAMBICA는 분석·과학기기와 함께 정밀 측정기기 산업을 포괄하는 200여 회원사를 두고 있고 이 협회의 회원사에 종사하는 인력도 4만명에 달한다. 독일의 하이테크 정밀기기 분야의 산업협회 SPECTARIS에는 약 400여 회원사가 참여하고 있으며 분석·과학기기 분야에는 80여 회원사가 참여하고 있다. 전통적으로 스위스와 독일, 프랑스 등에서 발전한 정밀기기와 포토닉스 산업에 기초하여 유럽은 분석·과학기기 분야를 이 카테고리에 포함하여 육성하고 있어 기술의 전문성에 따라 유기적으로 산업 활동이 활성화되어 있다.

3.3.4. 중국

중국의 분석·과학기기 기업들은 중앙정부의 지원 정책과 시장의 성장에 힘입어 빠르게 성장하고 있다. 중국 측정기기의 과학연구 및 방법 개발을 촉진하고 우수한 국산 과학측정기기가 광범위하게 사용되도록 하기 위해서 중국 과학기술부와 베이징 과학위원회, 베이징 재정국이 지원하여 2008년에 세운 국산과학기기 응용시험센터가 그 예이다.

관련 통계에 따르면 측정기기 생산 분야에 있어서 중국은 이미 일본에 이어 아시아 2위를 차지하고 있으며 과학측정기기의 경우 9차 5개년계획 초기에는 시장점유율이 13%였으나 지금은 40%까지 성장하고 일부 측정기기의 경우 유럽이나 미국 등 국가로 수출하고 있다. R&D 분야 역시 과학기술부의 과학기술지원계획을 통해 R&D에 성공한 과학측정기기가 300여 종에 달한다. 주로 실험 분석기기, 전자 측정기기, 의료기기, 광학기기, 실험기, 환경측정 전문 기기로 구성된 과학기기의 중국내 2012년 총 생산 가치는 11,00억 위안(약 18조원)으로 평가하고 있다.

최근 상해에서 열린 분석·과학기기 전시회(Aalytica China 2016)의 참석 인원은 2만 4천명에 700여개 기업이 전시할 정도로 기업 활동이 활성화되어 있다. 이제 중국기업은 기술적으로 난이도가 높은 첨단 고가 분석 기기들도 속속 출시하고 있는데 향후에도 선진국에서 활동하던 인적 자원이 유입, 중앙정부의 지원과 시장 규모의 확장에 따라 지속적으로 성장하여 세계적인 대형 기업도 출현할 것으로 예측된다.

중국은‘중국 국가중장기과학기술 발전계획개요(2006~2020년)’에 포함된 중대 과학 측정기기의 독자적인 연구개발을 추진하기 위해 중국 중앙재정을 예산을 배정해‘중국 국가중대과학연구 측정기기 연구개발 기금’을 조성하였고 중국 과학기술부는 매년 8억 위안을 배정해 연간 13억 위안(한화 2,400억원)을 투입하여 분석·측정기기의 연구와 개발을 진행하고 있다.

1988년에 출범하여 중국의 분석, 측정, 시험, 측정, 광학기기 등의 제조업체를 중심으로 1300여 회원이 참여하고 있는 CIMA (China Instrument Manufacturer Association)는 중국 업계의 대표성을 가지고 정보조사, 통계, 산업분석, 프로젝트 평가, 정보 제공, 교류 등을 통하여 산업의 발전을 도모하고 있다. 이 협회는 매년 중국 국제 과학 실험실 기기 및 장비 전시회(CISILE)를 개최하고 있다. 또한, 1986년 설립한 중국의 기기분석 협회(CAIA; China Association for Instrumental

Analysis)는 중국 전국의 분석 관련 업무와 조직 단위의 전문 사회단체로 중국 과학기술부가 업무를 추진하고 있다. 이 협회의 취지는 국가의 관련 정책과 과학 기술 발전 계획 학술 교류를 적극 활용해 기술 훈련, 자문 서비스 등을 강화하는 한편 국제기구, 학계의 분석 및 테스트 협력 교류를 촉진하고, 중국 과학기술의 보급, 시험 분석과 발전을 높이는 데에 있다. 16개의 지방지회와 기업, 학교, 연구소 등에 약 300회원을 두고 있으며 격년으로 베이징 기기분석 전람회(BCEIA)를 열고 있다. 이 전시회에 참여하는 중국기업의 수는 1985년 10여사 남짓이었으나 2015년에는 250개사를 상회하고 있다.

<그림 3-1>에 중국 Skyray Instrument사의 질량분석 제품군의 사진을 나타냈다. 아직 우리나라에서 상용화되지 않은 질량 분석 GC-MS, LC-MS 및 IC-MS의 제품군들을 이미 시판하고 있다.



<그림 3-1> 중국 Skyray Instrument사의 질량분석 제품군: LC-MS, GC-MS, ICP-MS

3.3.5. 인도

세계시장의 7%를 차지하는 인도에는 대부분의 분석기기를 수입에 의존하고 있지만 기초과학기기를 생산하는 기업들은 다수이며 제품의 품질과 기술이 높은 수준에 있는 기업들도 소수이지만 점차 증가하고 있다. 인도의 분석기 협회 IAIA (India Analytical Instrument Association)는 1996년 결성되어 자국 기업, 국외 기업 및 판매사를 포함하는 90여 회원사를 두고 있으며 인도의 AAI (Analytica Anacon India) 컨퍼런스를 주관하고 인도 시장 정보와 뉴스레터를 회원사에 제공하고 있다.

인도의 연간 분석기기 시장 성장률은 연간 11%에 달하는데 생명과학산업과 밀접한 다국적 거대 기업들이 인도를 거점으로 진출함에 따라 이에 따른 제약 산업계의 수요의 증가로 인하여 분석기기 시장이 연동하여 성장하는 것이 주요 요인으로 작용하고 있다.

3.4. 외국의 사례로 본 분석 · 과학기기 산업의 성장의 요건

우리나라의 분석 · 과학기기 관련 기업을 모두 망라하여도 50여 업체에 불과하고 대부분 100인 미만의 기초과학기기 기업이므로 양적 · 질적 성장이 함께 요구된다. 그동안 소비재 산업 및 중화학공업을 중심으로 성장한 우리나라의 산업 구조에서 하이테크 정밀기기 산업이 불균형적으로 발전하지 못하였음에 기인하는 것으로 볼 수 있다. 분석·과학기기 산업이 성장하려면 우선 하나의 중요한 산업분야로서 사회적으로도 널리 인식되어야 하고 이를 바탕으로 산업육성의 공감대가 형성되어 실효적인 정책적 육성책 지속적으로 실시되어야 한다. 미국, 일본, 중국 등의 정책과 발전 과정을 보면 이를 쉽게 확인할 수 있다.

분석 · 과학기기 산업, 특히 질량분석기를 비롯한 첨단 연구개발에 사용되는 기기들은 미국, 일본, 독일 등 소수의 국가에서만 기술을 보유하고 생산하고 있으며, 상대적으로 기술 수준이 낮은 HPLC, GC, 분광광도계 등 제품은 미국, 일본, 유럽의 대부분 국가 및 우리나라, 중국, 인도 등 국가에서도 생산이 이루어지고 있다. 일반 과학기기 제품, 예를 들어, pH meter, 밸런스, 오븐, 인큐베이터 등 제품과 초자, 플라스틱 소모품 등은 중국, 인도를 포함한 개발도상국으로 생산 국가가 확대된다. 이렇게 상용화된 분석 · 과학기기를 많이 사용하고 있는 국가들은 상대적으로 과학기술 연구개발 투자를 활발하게 하고 있는 국가들이고, 세계 시장에서의 산업의 국가 경쟁력이 지속적으로 확대되고 있다. 그러나 새로운 첨단 기술을 개발하고, 그 기술을 바탕으로 한 세계 최고의 제품을 생산하기 위해서는 첨단 분석·과학기기를 생산할 수 있어야 하며, 현재의 문제를 해결할 수 있고, 미래에 수요가 크게 증가하게 될 미개발 분석 · 과학기기를 선도적인 투자를 통해 개발해야 한다.

우리나라의 위치는 아직 일반 분석 · 과학기기를 개발 생산하는 단계에 머물러 있으며, 그 시장에서도 1% 미만의 낮은 점유율을 보이고 있는 실정이다. 그 만큼 소수의 선진국과 비교할 때 격차가 크다는 것을 의미하며, 동시에 짧은 기간에 추격이 어렵다는 것을 의미한다. 이와 같은 현실을 감안할 때, 분석·과학기기의 국가적 경쟁력을 향상시키기 위한 전략은 어느 한 부문만의 개선으로는 불가능하다고 판단된다. 즉, 국가 차원에서의 분석 · 과학기기 산업 육성을 위한 지속적인 투자를 포함한 정책 추진이 필요하며, 분석 · 과학 인력의 고급화와 양적 확대와 함께 국산화 개발 업체들이 빠르게 선진국 기업들을 추격할 수 있는 제반 지원 정책이 개발 추진되어야 할 것이다.

<표 3-6> 분석·과학기기 기술 수준과 개발, 생산 국가

분류	상용화 제품	개발, 생산 국가
미개발 분석·과학기기	실시간 지진 예측, 방사능검출	미국, 일본, 독일
첨단 분석·과학기기	질량분석기, NMR	미국, 일본, EU
일반 분석·과학기기	HPLC, GC, 분광광도계, AAS	미국, 일본, EU, 대한민국, 중국, 인도
일반 실험 과학기기	pH Meter, Balance, 순수제조 장치, 오븐, 클린벤치, 안전용품	미국, 일본, EU, 대한민국, 중국, 인도, 동남아, 중동
연구시험 소모품	초자, 플라스틱소모품, 시약, 실험복, 장갑	미국, 일본, EU, 대한민국, 중국, 인도, 동남아, 중동, 남미

3.5. 분석·과학기기 산업의 인력 수요(일자리) 창출 효과

분석·과학기기 산업은 다른 산업에 비하여 규모 대비 고용 인원의 수가 많은 산업으로 인력 수요 창출 효과가 매우 크다. 그러므로 최근에 많이 배출되고 있는 고학력자의 일자리 창출에 적합한 분야이기도 하다. <표 3-7>에 포스코, 삼성, 구글, 마이크로 소프트 등 세계 굴지의 IT 산업체들과 Thermo fisher, Agilent, Shimadzu 등 세계 굴지의 분석기기 회사들의 규모와 종업원 수 그리고 종업원 1인당 창출하는 수익 금액을 나타냈다.

<표 3-7> 기업들의 매출액과 종업원 수 및 1인당 수익 금액 비교>



자료: 2016 한국분석과학회 추계학술발표대회, 백종웅.

분석과학기기 기업체들은 종업원 1인당 매출액이 평균 3억원대이며, 포스코 및 구글, 삼성, 마이크로소프트와 같은 IT 기업들의 1인당 매출액은 10억원대로 나타났다. 이는 같은 매출액을 내기 위하여 인력을 약 3배 더 투입하여야 하는 것을 의미하므로 분석기기 회사들이 IT 회사들에 비하여 약 3배 정도 높은 일자리 창출 효과를 내고 있다고 할 수 있다.

4. 표준화에 포함된 산업과 분석과학의 경쟁력

4.1 표준화의 중요성

세계경제의 통합 진전에 따라 세계가 WTO 체제하에 하나의 시장으로 개편되면서 교역의 통일된 척도의 수단으로서 국제표준은 국제무역에 있어서 중요 수단으로서 국가의 생존에 필수적인 사항이 되었다. EU 등 지역에서는 규제정책과 연계된 표준의 법적 구속력을 강화하여 자국 내 시장의 보호 수단으로서도 활용되고 있다. 이러한 배경을 바탕으로 한국인정기구(KOLAS)와 한국제품인정제도(KAS)를 운영하고 있다. 이렇게 국제기준에 따라 이들 인정제도를 운영하는 목적은 시험, 교정, 검사 및 제품인증 등 적합성평가 능력을 전반적으로 향상시키고 적합성평가 결과(시험성적서, 교정성적서, 검사성적서, 제품인증서 등)에 대한 국내외 신뢰를 확보하여 산업체를 효과적으로 지원하는 데 그 목적이 있다. 특히 적합성평가 결과에 대한 상호인정 협정(MRA; Mutual Recognition Agreements)을 통해 국내에서 발행한 적합성평가 결과가 미국 호주 일본 등 35개 국가의 해외에서도 수용되게 하여 제품 수출시 수입국에서 시험이나 제품인증을 다시 받지 않도록 기술무역장벽을 극복하고 수출 경쟁력을 확보하는 데 크게 기여 하고 있다.

따라서 제품을 지배하기 위하여서는 국제표준을 지배해야하고 기술을 선점하더라도 국제 표준을 선점하지 못하면 시장 지배력을 잃게 된다. 이러한 표준에는 기술표준과 관리 표준이 있는데 기술 표준은 주로 제품과 같은 유형물에 대한 기술적인 사항을 다루고 있다. 그리고 기술 표준의 기본은 분석과학이다. 그러므로 분석과학의 경쟁력을 확보하기 위해서는 국제 표준을 선점할 필요가 있다.

4.2 표준화의 구성요소

표준의 종류는 <표 4-1>에 나타난 것과 같이 회사 공장 등에서 사용하는 사내 표준, 단체들이 모여 만든 단체 표준, KS, JIS, DIN과 같이 국가가 정한 국가 표준, EN과 같이 지역 국가들이 모여 만든 지역 표준, ISO와 같이 다수의 국가가 합의하여 만든 국제 표준이 있다.

<표 4-1> 표준의 종류

종류	내용
사내 표준	회사공장 등에서 재료 부품, 제품 및 조직과 구매, 제조, 검사, 관리 등의 일에 적용하는 것을 목적으로 하여 정한 표준
단체 표준	학회, 협회, 업계, 단체 등에서 이들 단체에 속하는 회원의 협력과 동의로 제정된 표준
국가 표준	국가규격 제정기관을 통하여 국내 모든 이해 관계자의 합의를 얻어 제정 공포된 표준
지역 표준	일정 지역내의 국가들이 지역 내의 산업표준화를 위해 제정한 표준
국제 표준	ISO, IEC의 규격과 같이 공통 이익을 가진 다수의 독립국가간의 협력과 동의에 의하여 제정된 표준

이러한 표준의 개발을 위해서는 인력과 분석과학 장비와 시약과 자금이 소요된다. 그리고 이러한 기술표준들의 적합성 평가를 시험인증기관들이 수행하여 산업체의 경쟁력에 기여하고 있다. 이와 같이 표준의 개발과 표준 인력의 육성 과정에는 분석기기 및 과학 장비, 시약 등 분석기기 산업과 분석과학 인력의 양성이 포함되어 있다.

이는 <그림 4-1>에 나타낸 환경 분야의 국제 표준 제정 요소들의 일례로 잘 설명된다. 환경 분야의 국제표준을 제정할 때 우리나라의 분석과학 인력이, 미국의 채취 장치를 사용하여, 일본의 시약을 써서, 독일의 분석기기를 사용하는 환경 표준을 대한민국의 돈을 들여 개발한 국제 표준이 우리나라의 분석과학 경쟁력에 미치는 영향을 분석해 보면 알 수 있다.



<그림 4-1> 환경 분야 국제표준개발의 주요 요소 모식 개념도.

(자료: 김만구, 2014 환경분야 국가표준전문위원회 워크숍 자료집, p.35, 2014.)

이러한 국제 표준의 개발은 우리나라 분석기기 산업의 발전에 기여하지 못할 것이다. 앞으로 국제표준의 개발에 우리나라의 원천기술을 많이 포함하는 방향으로 정책이 설정되어야 할 것이며 이렇게 하려면 국내 분석기기 산업을 육성하여 표준에 관련된 분석기기 및 과학 장비들을 국산화하여야 할 것이다.

실제로 최근에 ISO/TC 146(공기의질) 기술위원회에 제안된 국제 표준들을 분석하여 국내 원천 기술의 보유 유무를 <표 4-2>에 나타냈다. ISO 12219-5 자동차 부품 방출 유해물질 신속평가 분석방법은 125 L 방출시험 챔버를 이용하여 자동차의 단위 내장 부품들에서 방출되는 휘발성 유기화합물들을 분석하는 방법이고 2015년도에 출판되었다. ISO 16000-36 공기청정기의 세균저감능력 평가 방법은 8 m³의 챔버를 사용하여 공기청정기의 세균저감 능력을 평가하는 것이며 ISO 16000-XX 는 토양중 석면 시료 전처리 방법이며 현재 ISO/TC 146/SC 6에 제안된 상태이다.

이 표준들의 원천 기술들을 분석해 <표 4-2>에 나타냈다. ISO 12219-5 는 주요 장비인 125 L 챔버가 국내에서 개발되어 국산 장비를 사용한 표준이며, ISO 16000-36은 공기청정기 세균저감 능력 평가방법은 국내에서 제작되지 않는 수입 장비인 외국의 원천 기술을 바탕으로 한 표준이다. 그리고 ISO 16000-XX는 토양 시료 분립장치를 국산화하여 국내의 원천기술을 바탕으로 표준을 개발하였다.

<표 4-2> ISO/TC 146/SC 6에 한국에서 제안한 표준화 작업의 원천기술 비교



(자료: 김만구, 2014 환경분야 국가표준전문위원회 워크숍 자료집, p.34, 2014.)

이와 같이 국내 원천 기술을 바탕으로 하는 표준의 개발은 국내 분석기기 산업의 발전과 분석과학 인력의 경쟁력을 강화시키는 데 크게 기여할 것으로 판단된다.

4.3. 국내 제조분야의 표준화의 역할

국내 기업들의 표준화 실태조사를 실시한 보고서(기업 표준화 실태 조사, 국가 기술표준원, 2016)를 바탕으로 표준화가 국내 제조업에 어떠한 영향을 미치고 제조업을 하는 기업들에서는 왜 표준화를 실시하고 있는지 파악함으로써 기업의 성장에 표준화가 필요하고 표준화에 분석과학이 바탕이 되며, 분석과학 인력의 수요가 창출되고, 나아가 분석과학의 경쟁력을 가져 올 수 있다고 판단된다.

국내 제조 분야 3,000개사를 대상으로 선정하였으며 대분류 중에 제조업(C)에 한정하여 모집단으로 하였으며 종사자의 규모에 따라 분별 조사한 결과이다. 이들 응답 기업들의 70.4%가 표준을 보유하고 있었다. 표준을 보유한 사례 전수와 이유를 <표 4-3>에 나타냈다. 표준을 보유한 전수는 국제 표준인 ISO가 1,801건으로 가장 많았으며 한국 국가 표준 KS가 350 건이었으며, 민간단체 표준이 254 건으로 많았다. ISO 표준은 64.2%의 기업이 품질관리를 위하여 보유하고 있었다.

IEC 표준은 40.8%가 품질관리, 34.1%가 구매자의 요구, 23.0%가 인증을 위하여 보유하고 있었다. KS 표준은 54.5%가 품질관리를 위하여 보유하고 있었다. 그 이외에도 사실상 표준인 ASTM, ASME는 다른 표준에 비해 품질관리의 목적이 강했다. ANSI, JIS, DIN, BS는 구매자의 요구, GB 및 BS는 인증취득을 목적으로 보유하고 있는 것이 특징적이었으며 독일 국가표준인 DIN은 연구개발을 위해서 보유한 목적이 타 표준에 비하여 높았다. 그리고 국내 민간 표준인 단체 표준을 62.0%가 품질관리를 위해서 보유하고 있었다.

<표 4-3> 국내 제조업 기업들이 표준을 보유한 이유

표준 \ 이유	기업의 응답(%)				
	사례수	품질관리	구매자 요구	인증취득	R&D 연계
ISO(국제표준)	1,801	64.2	20.1	12.8	0.2
IEC(국제표준)	49	40.8	34.1	23.0	0.0
KS(한국국가표준)	350	54.4	24.4	16.5	2.1
ANSI(미국국가표준)	49	37.9	46.7	10.6	4.9
JIS(일본국가표준)	103	37.7	41.6	11.3	7.5
GB(중국국가표준)	24	38.8	24.6	32.5	4.1
DIN(독일국가표준)	40	29.0	47.2	5.0	16.3
BS(영국국가표준)	32	32.9	42.9	20.6	3.7
ASTM(미국사실상표준)	88	51.9	31.7	5.7	8.4
ASME(미국사실상표준)	56	49.5	39.4	7.1	4.0
단체표준(국내민간표준)	254	62.0	26.9	5.5	0.8

(자료: <http://kssurvey.or.kr/>)

이와 같이 국내 제조업 기업들이 품질관리를 위시한 여러 가지 목적으로 표준을 활용하고 있었다. 응답기업의 68.6%가 사내 표준화 활동을 하고 있었다. <표 4-4>에 기업의 종사자 규모에 따른 사내 표준화 활동의 시행 현황을 나타냈다. 기업의 종사자가 20인 미만인 경우는 시행율이 48.5%에 불과하였으나 사업장의 종사자가 500명 이상인 기업에서는 98.3%가 사내표준화 활동을 하고 있었다. 이렇게 규모가 큰 기업일수록 사내 표준화를 시행하고 있었다.

<표 4-4> 국내 제조업 기업들의 사내 표준화 활동 시행 현황 (n = 3,0000, %)

		현 사업장에서 시행	본사에서 시행	미시행
전체		68.6	0.8	30.6
종사자 규모	20인 미만	48.5	0.6	50.9
	20 ~ 99인	70.0	0.8	29.3
	100 ~ 499인	89.0	1.1	9.8
	500인 이상	98.3	0.7	1.0

(자료: <http://kssurvey.or.kr/>)

이렇게 국내 제조업 기업에서 다양한 표준을 활용하고 있었다. 기업의 표준화

가 분석과학과 완전히 일치하지 않지만 <그림 4-2>에 기업들에서 표준의 활용 분야를 나타낸 제품개발, 사내 표준화에 활용, 국내외 인증 취득 등에 사용하는 것으로 나타나 기업들의 표준 사용 및 활용이 증가 할수록 분석과학 분야의 필요성이 확대되고 나아가 경쟁력을 가질 수 있을 것으로 판단된다.



<그림 4-2> 국내 제조업 기업의 표준 활용 분야와 기여도. (자료: <http://kssurvey.or.kr/>)

4.4. 국내 시험인증 산업의 현황과 강화방안

시험인증 산업은 시험·검사·교정·인증 등을 직접 수행하거나 이에 부수된 컨설팅·교육사업 등 다양한 서비스를 제공하는 서비스산업으로 분석과학을 기반으로 하고 있다. 1962년 수출검사법에 따른 수출검사소가 우리나라의 첫 시험인증 기관으로 시작하여 현재는 공공시험 인증기관 및 민간 시험인증 기관으로 발전해 왔다. <표 4-5>에 우리나라 시험인증의 발전 단계를 나타냈다.

우리나라의 시험인증은 공업화 초기에는 공업연구소에서 수출 품목의 검사 기능을 담당했었으며 70, 80년대에는 품질인증 역할을 주로 해왔다. 최근에는 일한 시험인증의 수요자가 종합적이고 다양한 원스톱 서비스를 요구하고 있다. 그리고 WTO와 FTA의 확산으로 시험인증 시장도 개방되어 있다.

<표 4-5> 우리나라 시험인증의 발전단계

구분	근대화	공업화초기	수출주도 경제성장	국제화, 개방화, 다원화
시기	19C말~20C초	50~60 년대	70~80 년대	90년대 ~ 현재
역할	분석시험, 화폐주조	공업기술연구, 시험분석	수출검사, 품질인증	국제규범화, 기술규제
정부	분석시험소 (전환국)	공업연구소 (상공부)	공업시험원 (공진청)	산업부, 환경부, 식약처 등
민간		수출검사소	공공시험인증기관	민간시험인증기관

우리나라는 국제공인 시험인증 제도를 90년대에 도입하였고 2000년대에 제조업의 인프라 차원에서 장비확충 등 산업기반을 조성하였다. 그러나 국내 시험인증기관들은 법정인증에 관련된 내수시장에 안주하며 신서비스 개발에 소홀히 하여 영세하다. 특히 시험인증산업은 90년대 이후에는 보건, 안전, 환경 등 새로운 분야의 서비스 제공을 통하여 안전한 사회 구현에 기여하고 있다. 그러므로 시험인증산업은 산업적 사회적 가치를 아우르는 신뢰 산업으로서 우리나라의 경제사회 발전에 크게 기여해 왔다.

시험인증 산업은 제조업체가 스스로 시험인증하는 인하우스(In-house) 시장과 서비스 시장으로 구분할 수 있으며 인하우스 시장을 포함한 세계 시험인증 시장은 2012년 기준 153조원으로 추산되며 매년 7% 이상의 높은 성장률을 보이고 있다. 국내시험인증 시장은 8조 4,000억원으로 세계 시험인증 시장의 5.4%를 차지하고 있다. 국내 시험인증을 서비스하는 기관은 2,400여개로 이들 기관의 2012년 매출은 3조 6,000억원, 종업원은 4만 7,800여명이다. 500억원 이상의 대형기관은 6개에 불과하며 대다수가 영세 소기업으로 종업원 50명 미만이 전체의 90%를 차지하고 있다. <표 4-6>에 시험인증 산업의 세계시장과 국내시장의 규모를 나타냈다.

<표 4-6> 시험인증산업의 세계시장 및 국내시장 전망 (단위: 조원)

시장전망		2013	2014	2015	2016	2017	성장률 (%)
현성장률 전망	세계시장	164.7	177.4	191.1	205.8	221.7	7.7
	국내시장	9	9.8	10.6	11.5	12.4	8.3
육성 시 전망	국내시장	9.1	10.0	10.9	12.0	13.1	9.4
	세계시장 점유율	5.5%	5.6%	5.7%	5.8%	5.9%	

그동안의 국내 시험인증 산업은 제조업의 부가적인 기능으로만 인식되어 오면서 정부의 체계적인 독자 산업화 노력이 부족하였고 정부 규제의 보호막에서 안주하는 소기업 위주의 시장 구조로 종합 서비스를 제공하는 규모의 경제 실현이 불가능하였다. 장기적인 비전을 갖고 장비 확충, 인력의 체계적 양성, 마케팅 등 전반적인 역량도 취약한 상태이며 국외 시장에 대한 도전 의식도 부족하였다. 그러나 우리나라의 시험인증 산업은 시험인증 시장 환경이나 주요 기관의 역량이 충분하고, 강점과 기회 요소가 약점과 위협 요소보다 훨씬 크기 때문에 희망적이다. 글로벌 기업과의 경쟁은 심화되고 있으나, 교역 증가와 시장 개방으로 시험인증 시장은 급성장하고 있고, 특히 우리는 세계 8위의 1조 달러 무역규모로 풍부한 시험인증 수요를 갖고 있다. 그러나 현실은 조선업 제조 분야가 세계 1위이지만 국내 시험인증 기관을 통해서 인증되는 것은 20%에 불과하고 글로벌 시험인증 기관이 나머지 80%를 담당하고 있다.

이와 같이 시험인증 산업의 육성을 통해 2017년 국내 시장은 12,4조원에 달할 것으로 예측되고 현재의 성장 추세를 고려하면 분석과학 분야 등 9천명의 신규 일자리도 창출이 예상된다.

글로벌 10대 시험인증 기관들은 산업혁명 이후 유럽에서 태동하여 독일이 4개 (Dekra, TUV SUD, TUV Rheinland, TUV NORD) 스위스(SGS), 프랑스(BV), 영국 (Intertek), 스페인(AENOR), 노르웨이(NEMCO), 미국(UL) 등이 있다. 이러한 글로벌 시험인증 기관으로 성장하기 위해서는 시험인증 기관의 컨소시엄 구성, 통합 브랜드 개발 등도 있으나 시험인증 시험 기관의 역량을 강화시켜야 한다. 역량 강화 부분에서 이 과제와 연계하여 주목하여야 할 것은 장비 및 시험 능력의 고도화 및 World-class의 전문 인력을 양성하여야 한다.

국내 기관들이 첨단 및 고난이도 시험인증을 위해서는 분석시험 고가 장비를 확보할 수 있도록 지원하여야 한다. 그러나 이러한 분석 기기들은 3장에서 기술한 것과 같이 거의 대부분 국외에서 수입되고 있다. 국내의 분석기기 산업을 육성하여 국산으로 공급할 수 있거나 국내에서 원천기술을 가지고 있는 장비들을 이용하여 국제 표준을 완성하면 보다 효율적으로 시험인증 업무의 지원과 서비스를 받아 이 분야 산업이 발전 할 수 있을 것이다. 그리고 시험인증 기관과 인력을 대상으로 신뢰성을 제고하여야 할 것이다.

이는 시험인증 기관에 종사하는 인력들이 첨단 신수요 분야를 담당할 수 있어야 하고, 고난이도 분야의 독자적인 시험인증 방법을 개발하고 국제 표준화를 추진할 수 있는 고급 인력으로 양성되어야 한다. 이는 7절의 분석과학 수요 수준에서 분석과학자에 해당하는 수준의 인력을 의미한다. 그리고 신산업 및 환경규제 관련 시험인증 수요가 증가하는 국제적인 추세에 대응하기 위하여 시험인증 기관의 각 분야의 분석 시험 장비들을 운용할 수 있는 숙련된 기초 인력들이 필요하다.

이러한 인력 수요에 대응하기 위하여 산업부에서는 이공계 대학의 교과과정에 시험·측정기술 관련 커리큘럼을 개발하고 장비 및 교재를 지원하고 있다. 2015년도에는 20개 대학 3개 과정, 16년도에는 40개 대학으로 2017년도에는 50개 대학으로 확대하여 개설하는 것을 추진하고 있다. 그리고 대학 교과과정을 이수한 졸업생에게 시험기관에서 실무 능력을 배양할 수 있는 인턴십 프로그램도 개발하여 인력을 양성하고 있다. 이와 함께 마이스터교에서도 시험인증 분야 맞춤형을 개설하여 전기, 화학, 통신, 에너지 등 분야별로 숙달된 시험인증 인력 양성 사업을 진행하고 있다.

이상과 같이 시험인증 산업의 육성은 분석과학 분야의 경쟁력과 비례 관계에 있으며, 이를 위해 국산 분석기기 산업을 육성하고, 시험인증 업무를 담당할 각 분야의 분석과학 인력을 각 수용단계별로 육성하여야 한다. 그리고 이들 인력들이 실제 시험 분석업무 경험을 할 수 있도록 대학 교육에 실험실습 과정을 확대하고 분야별 재교육 프로그램을 개발하여야 한다.

이렇게 분석과학 분야의 경쟁력이 시험인증 산업과 국제 표준화 산업에 이바지하여 국내 산업계의 제품 생산과 품질 보증 및 생산성 향상에 도움을 주고 신제품 개발에 이바지 한다면 이것이 우리나라의 분석과학 경쟁력을 향상시키는 것이라고 판단된다.

5. 과학 및 산업계에서 필요로 하는 분석과학 인력의 분류 및 현황

통계법에 근거하여 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원에서는 매년 「산업기술인력 수동향 실태조사」를 실시하고 있다. 그 외에도 연구 기관들에서 산업기술인력에 관한 연구들이 보고들이 있다. 그러나 기존 조사들이 한국표준직업분류표, 한국고용노동직업분류, 한국표준직업분류 등에 따른 조사로, 이 연구에서 정의하는 분석과학 인력과는 차이가 있었다. 그러므로 기존 보고서들을 기반으로 한 조사, 국내에 보급된 분석 장비를 기반으로 추정하는 방법, 국내의 조달 구매 자료를 기반으로 추정하는 방법을 사용하여 과학 및 산업계에서 필요로 하는 분석과학 인력을 분류하고 필요한 인력을 추정하였다.

5.1. 화학 산업 및 분석과학의 정의와 분류

5.1.1. 화학 산업 및 화학기술의 정의 및 분류

화학기술과 관련된 산업 분야는 정유 산업을 포함한 석유화학 산업, 정밀화학 산업, 플라스틱 산업, 바이오산업으로 구성되어 있는데, 이를 한국표준 산업분류와 대응시켜보면 C19에는 정유 산업이 포함되어 있고, C20에는 석유화학 산업과 정밀화학 산업 일부, C21에는 정밀 화학 산업의 한 부문인 의약품 산업, C22에는 플라스틱 산업이 포함된다. 그러나 바이오산업의 경우는 현행 한국표준산업분류에 포함되어 있지 않아 공식적인 통계가 집계되지 않고 있다.

5.1.2. 분석과학의 범위 및 정의

분석과학(Analytical Science)이란 넓은 의미에서 세상에 존재하는 특정 대상의 화학적, 물리학적 구성 성분, 구조, 형태 등을 화학적, 물리학적 방법을 통해 계측/정량화하고 실체화하는 분야라고 말할 수 있다. 보다 더 좁은 학문적 범주에서의 분석과학이란, 자연계 혹은 인간이 만든 모든 형태의 물질을 구성하는 화학적 조성, 구조, 형태 등을 측정하는 방법을 연구하거나, 측정된 데이터를 유의미한 형태로 해석하는 과학 분야로 통칭한다. <그림 5-1>에 나타낸 개념도와 같이 분석과학은 기초과학의 기초라고 정의 할 수 있다.



<그림 5-1> 분석과학의 개념도. (한국분석과학회 2016년 추계 학술대회, 유경만)

분석과학의 분야는 학문적 특징으로 인해 분석과학은 산업계 특정 분야로 분류되기 보다는 거의 모든 화학, 화공, 환경, 보건, 의료, 제조업 부분에 다양하게 스며들어, 각 산업 분야에의 필수적 역할을 수행해 왔다. 산업계 각 분야에서는 자신들이 다루는 대상 물질에 대해 화학적 분석, 물리학적 분석, 생물학적 분석 등을 필수적 역할을 수행하기 때문에, 그러한 맥락에서 본다면, 분석과학의 적용 분야는 산업계 전반이라고 볼 수 있다. 그러나 논의를 편의성을 위하여 협의의 분석과학 응용 분야를 아래와 같이 산업기술표를 중심으로 추려볼 수 있다.

- 대분류: 전기·전자, 중분류: 계측기기, 소분류: 계측센서 및 부품(200701), 화학량 시험/분석 계측기(200702), 물리량 시험/분석 계측기(200703), 환경계측기(200704), 안전감시/진단 계측제어기(200705)
- 대분류: 바이오·의료, 중분류: 융합 바이오, 소분류: 바이오진단기기(500302), 바이오분석기기(500305), 기타 진단 기기소재(500306)
- 대분류: 바이오·의료, 중분류: 치료기기 및 진단기기, 소분류: 임상화학 및 생물 분석기기(500407), 한방용 진단기기(500408), 생체신호 측정/진단기기(500409), 분자유전진단기기(500410), 초음파진단기기(500412), 기타 치료 및 진단기기(500416)
- 대분류: 지식서비스, 중분류: 연구개발/엔지니어링 서비스, 소분류: 제품품질 관리 기술(700205), 시험/검사/분석기법(700206)

분석과학은 먼저 개발된 대상, 개발하고자 하는 대상에 대해 관찰하고, 이를 해석할 수 있는 형태로 데이터화하는 학문적 특징에 의하여 하나의 독립적 분야로 범주화되기 보다는 각 산업 분야에 편재되어 있다. 즉 분석과학 개발과 응용 업무로

종사하는 인력은 거의 모든 산업 분야에 산재해 있다. 그래서 산업분류나 산업기술표를 바탕으로 하여 분석과학 인력을 추정하는 것은 매우 높은 불확실성을 포함하게 된다.

5.2. 국내 및 선진국의 분석과학 기술 및 산업 현황 조사·분석

5.2.1. 기존 연구인력 현황 보고서 자료 기반

현재 과학기술 인력은“이학, 공학, 의학, 약학, 농림수산업 분야와 이와 관련되는 융합분야(인지과학, 사회과학, 인문학 등)를 전공한 전문학사 이상의 학위를 보유한 사람으로 과학기술활동에 종사하는 자”라고 정의하고 있다. <그림 5-2>에 2016년~2025년 과학기술인력 학력수준별 전공분류별 신규수요 전망을 나타냈다.



<그림 5-2> 2016년~2025년 과학기술인력 학력 수준별 전공 분류별 신규 수요 전망.

(자료: 2016 한국분석과학회 추계 학술대회, 유경만)

2025년까지 향후 10년간 과학기술 인력의 신규 수요를 945,260명으로 예측하고 있다. 과학기술 인력 중에서도 분석과학과 연관성이 많은 분야인 생물, 화학, 환경 분야가 다른 과학기술 분야보다도 학사에 비하여 석사나 박사의 학위를 가진 고학력 인력이 많이 필요한 것으로 전망하고 있다.

그 외에 기존 보고서들의 인력 현황 조사들은 과학기술 종사자, 산업기술인력 산업분류표에 의한 조사들에 국한되어 있다. 2012년에 발간된 CHEMI2020의 보고서가 화학 산업 분야 종사자들의 현황과 수급 동향에 대하여 비교적 상세히 보고하고 있으나, 업종별 인력에 국한되어 있고 직종별 인력의 동향에 관한 조사는 제한적이다. 이 보고서들은 매년 조사되는 통계청의 산업기술 인력 수급 실태 조사와 산업부 한국산업진흥원에서 매년 실시하는 산업기술 인력 수급 실태 조사를 바탕으로 하고 있다. <표 5-1>에 나타난 산업기술 인력 수급 실태 조사는 산업기술 분류표를 중

심으로 수행된 표본 조사이나, 조사의 규모가 방대한 만큼 소분류 단위에서의 인력 수급 실태를 가늠하기가 어려운 단점을 지닌다. 따라서 분석과학 응용 분야의 인력 수급 실태를 파악하는 데에는 크나큰 한계를 갖고 있는 상황이다. 이는 분석과학에 대한 전반적인 산업적 위상이 아직 높지 않다는 것을 반증하는 예일 수 있으며, 향후 우리나라 분석과학 전반에 대한 역량 제고를 위해서는 이에 대한 보다 보완된 별도 조사가 반드시 필요하리라 사료된다.

분석과학을 학문적 영역에서 다루는 분야는 고전적 학문 분류에서도 화학/화공에 속하므로, 산업기술 인력 수급 실태 조사에서의 화학 산업 인력 수급현황을 바탕으로 분석과학 분야의 인력 수급을 미루어 논의하고자 한다. 화학 산업 인력 수급현황을 보면 2014년 말 현재 화학 산업에 종사하는 인원은 322,791명으로 12대 주력 산업 중에서 2위이나, 인력 부족은 4,593명, 3.9%의 부족률로 12대 주력산업 중에서 부족률이 가장 높다.

<표 5-1> 산업별 산업기술 인력 현원 및 부족 인원 추정



자료: 통계청(2015) “산업기술 인력수급실태조사”통계정보 보고서

화학 산업 인적자원개발위원회의 2016년 화학분야 산업인력현황 분석보고서에 의하면 화학 산업 업종별 인원 현황은 <표 5-2>와 같다.

<표 5-2> 화학 산업 업종별 인원 현황

산업종 분류	2013년도(하반기)			2014년도(하반기)			2015년도(하반기)		
	현원	부족 인원	부족률, %	현원	부족 인원	부족률, %	현원	부족 인원	부족률, %
C19 코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업	11,547	134	1.1	10,266	40	0.6	10,256	40	0.4
C20 화학물질 및 화학제품 제조업: 의약품 제외	130,051	3,323	2.5	132,405	3,009	2.2	133,104	3,114	2.3
C21 의료용 물질 및 의약품 제조업	30,902	802	2.5	28,791	476	1.6	31,056	295	0.9
C22 고무제품 및 플라스틱 제품 제조업	211,984	9,332	4.2	219,146	6,714	2.7	228,042	7,111	3.1
소계	384,484	13,519	3.5	391,177	9,720	2.5	407,458	10,560	2.6

자료 : 통계청(2016). 직종별 사업체 노동력조사. <http://kosis.kr/>

2015년도 화학 산업 업종별 현원은 <표 5-2>에서 보는 바와 같이 407,458명이 고, 2013년도 이후 지속적으로 증가하는 추세이며, 직종별 현원 대비 부족률은 2.6% 정도로 2013년 대비 대체로 완화되었다. 부족률의 경우, ‘고무제품 및 플라스틱제품 제조업’의 부족률이 3.1%로 가장 높았으며, ‘코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업’의 부족률이 0.4%로 가장 낮게 나타났다.

화학기술과 관련된 직업 내지는 직종을 <표 5-3>에 비교하여 나타냈다. 화학 기술 직업 및 직종은 ‘화학공학 기술자·연구원 및 시험원’, 석유 및 화학물 가공장치

조작원, 화학·고무 및 플라스틱 제품 생산기 조작원, 화학·고무 및 플라스틱 제품 생산기 조작원이 포함된다.

그러나 직업 및 직종 분류체계가 한국 고용 직업분류와 한국 표준 직업 분류의 두 가지가 있는데 세 분류(4자리)부터 다소 명칭과 내용의 차이가 있다. 한국 고용 직업분류는 직능유형 중심의 분류로서 우리나라 노동 시장의 현실을 반영하며 NCS 분류 체계와 유사하다는 특징이 있다. 한편 한국 표준 직업 분류는 직능 수준 중심의 분류로서 국제표준 직업 분류 기준을 따르며, 대체로 세세분류(5자리)가 더 세분화되어 있는 특징이 있다.

<표 5-3> 화학기술관련 직종 및 직업의 분류 비교

한국 고용 직업분류(KECO)	한국 표준 직업분류(KSCO)
171 화학공학 기술자·연구원 및 시험원	232 화학공학 기술자 및 시험원
1711 화학공학 기술자 및 연구원 17110 화학공학 기술자 및 연구원 17111 석유화학 기술자 및 연구원 17112 고무 및 플라스틱화학 기술자 및 연구원 17113 농약 및 비료화학 기술자 및 연구원 17114 도료 및 잉크 화학 기술자 및 연구원 17115 가스 기술자 및 연구원 17116 화장품 및 비누제품 화학 기술자 및 연구원 1712 화학공학시험원 17121 화학시험원	2321 화학공학 기술자 및 연구원 23211 석유화학 기술자 및 연구원 23212 고무 및 플라스틱 기술자 및 연구원 23213 농약 및 비료 기술자 및 연구원 23214 도료제품 기술자 및 연구원 23215 화장품 및 비누제품 기술자 및 연구원 23219 그 외 화학공학 기술자 및 연구원 2322 화학공학 시험원 23221 석유화학 시험원 23222 고무 및 플라스틱 시험원 23223 농약 및 비료 시험원 23224 도료제품 시험원 23225 화장품 및 비누제품 시험원 23229 그 외 화학공학 시험원
172 석유 및 화학물 가공장치 조작원	831 석유 및 화학물 가공장치 조작원
1721 석유 및 천연가스제조 생산직 (기계조작) 17211 석유 및 천연가스 생산직 (기계조작) 1722 화학물 및 화학제품원료 생산직 (기계조작) 17220 화학물 가공 및 생산직(기계조작) 17221 화학물 및 화학제품원료 생산직 (기계조작) 17222 폐유처리장치 및 재생유장치 조작원	8311 석유 및 천연가스제조 관련 제어장치 조작원 83111 원유처리장치 조작원 83112 석유 및 천연가스 정제장치 조작원 83113 폐유 및 재생유 처리장치 조작원 83119 그 외 석유 및 천연가스 제조 관련 제어장치 조작원 8312 화학물 가공장치 조작원 83121 화학물 분쇄기·마쇄기 및 혼합기 조작원 83122 화학물 가열처리장치 조작원

1729 기타 석유 및 화학물 가공 및 생산직 (기계조작) 17291 기타 석유 및 화학물 가공 및 생산직 (기계조작)	83123 화학물 여과기 및 분리기 조작용 83124 화학물 증류기 및 반응기 조작용 83129 그 외 화학물 가공장치 조작용 8319 기타 석유 및 화학물 가공장치 조작용 83190 그 외 석유 및 화학물 가공장치 조작용
173 화학·고무 및 플라스틱 제품 생산기 조작용	832 화학·고무 및 플라스틱 제품 생산기 조작용
1731 화학제품생산직(기계조작) 17310 화학제품생산직(기계조작) 17311 농약 및 비료 생산직(기계조작) 17312 도료 및 잉크 생산직(기계조작) 17313 의약품생산직(기계조작) 17314 화장품 및 비누 생산직(기계조작) 1732 타이어생산직(기계조작) 17320 타이어 및 고무제품 생산직(기계조작) 17321 고무사출성형기조작용 17322 고무압출성형기조작용 17323 고무프레스기조작용 17324 타이어생산직(기계조작) 1733 플라스틱제품 생산직(기계조작) 17330 플라스틱 제품생산직(기계조작) 17331 플라스틱사출성형기조작용 17332 플라스틱압출성형기조작용 1734 고무 및 플라스틱제품 조립원 및 검사원 17341 고무 및 플라스틱 제품 조립원 및 검사원	8321 화학제품 생산기 조작용 83211 약제품 생산기 조작용 83212 화장품 생산기 조작용 83213 세제 생산기 조작용 83214 비료 생산기 조작용 83215 필름 생산기 조작용 83216 가스 생산기 조작용 83219 그 외 화학제품 생산기 조작용 8322 타이어 및 고무제품 생산기 조작용 83221 타이어 생산기 조작용 83222 고무제품 생산기 조작용 83229 그 외 타이어 및 고무제품 생산기 조작용 8323 플라스틱제품 생산기 조작용 83231 플라스틱사출기 조작용 83232 플라스틱압출기 조작용 83239 그 외 플라스틱제품 생산기 조작용 8324 고무 및 플라스틱제품 조립원 83241 고무제품 조립원 83242 플라스틱제품 조립원

자료: 통계청(2016), 한국표준산업분류. <https://kssc.kostat.go.kr>

2015년도 화학 산업 직종별 현재 활동인원을 <표 5-4>에 나타냈다.

<표 5-4> 화학 산업 직종별 인원 현황 (명, %)

직종 소분류	2013년도(하반기)			2014년도(하반기)			2015년도(하반기)		
	현원	부족 인원	부족률	현원	부족 인원	부족률	현원	부족 인원	부족률
043 자연과학, 생명과학 관련 전문가	17,461	427	2.4	19,495	299	1.5	19,999	374	1.9
045 자연과학, 생명과학 관련 시험원	12,034	204	1.7	13,718	229	1.6	9,989	212	2.1
171 화학공학 기술자, 연구원 및 시험원	42,783	1,421	3.2	44,313	802	1.8	45,804	973	2.1
172 석유 및 화학물 가공장치 조작원	26,935	554	1.9	26,197	507	1.8	29,683	433	1.5
173 화학고무 및 플라스틱 제품 생산기 조작원	155,689	7,315	4.5	147,903	4,516	3.0	149,267	4,770	3.2
소계	256,902	9,921	3.9	253,626	6,353	2.5	254,742	6,762	2.7

자료: 통계청(2016). 직종별 사업체 노동력조사. <http://kosis.kr/>

화학 산업 직종별 현원은 254,742명이고 직종별 현원 대비 부족률은 2.7% 정도로 2013년 대비 대체로 완화되고 있는 것으로 나타났다. 직종별로 보면, ‘자연과학, 생명과학 관련 전문가’ 및 ‘화학공학기술자, 연구원 및 시험원’은 2013년도 이후 지속적으로 증가 추세에 있다. 부족률의 경우 ‘화학·고무 및 플라스틱 제품 생산기 조작원’의 부족률이 3.2%로 가장 높았으며 ‘석유 및 화학물 가공장치 조작원’의 부족률이 1.5%로 가장 낮게 나타나고 있다.

화학기술 분야 기술개발 전문 인력의 학력별 현황 조사에 따르면 2014년 12월 현재 6,332개 업체를 대상으로 조사한 결과를 <표 5-5>에 나타냈다. 기술 개발이란 산업기술의 연구 및 그 성과를 이용하여 재료, 제품, 장치 시스템 및 생산 공정에 관한 새로운 개발이나 기술적 개선을 시도한 활동을 말한다(시제품 제작 포함). 연구 개발직은 연구 개발 활동에 종사하는 연구원 및 연구보조원을 말하며, 연구원은 학사학위 이상의 소지자 또는 동등 학위 이상의 전문지식을 갖춘 사람으로서, 실제로 기술개발 활동에 종사한 자 및 전문대학에서 자연계 분야에 관한 소정의 과정을

마치고 해당 분야 2년 이상의 기술 개발 경력이 있는 자, 국가기술자격법에 의한 기술, 기능계의 산업기사 이상의 기술 자격을 가진 자로 해당 분야 2년 이상 기술 개발 경력이 있는 자를 말한다. 연구보조원은 연구원은 아니지만 기술 개발 활동과 관련한 연구용 기자재의 운용, 도면의 작성, 가공 조립, 시험 검사 측정 등의 기술 개발 지원 업무에 종사하는 자를 말한다. 이 통계에서 연구 행정, 서무, 회계, 경비 담당자 등 연구 개발과 직접적인 관련이 없는 자 및 임시직 및 일용직은 제외되었다.

화학분야 전체 기술개발 인력은 28,217명이며 학력별 분포는 학사 18,398명, 석사 4,875명, 기타 3,842명, 박사 1,102명 순이었다. 학력별 부족인원은 학사 665명, 석사 440명, 기타 272명, 박사 26명의 순으로 학력 분포와 동일하였으나, 부족률은 석사 8.3%, 기타 6.6%, 학사 3.4%, 박사 2.3% 순으로 나타났다. 기업의 규모별로는 소기업이 중기업보다 연구개발 인력이 부족하게 나타났다.

<표 5-5> 화학기술 분야 기술 개발 전문 인력의 학력별 현황

구분		소기업	중기업	전체
기업체수		5,170	1,163	6,332
박사	보유인원	690	412	1,102
	부족인원	17	9	26
	부족률, %	2.4	2.1	2.3
석사	보유인원	2,246	2,629	4,875
	부족인원	303	137	440
	부족률, %	11.9	5.0	8.3
학사	보유인원	6,849	11,549	18,398
	부족인원	434	221	655
	부족률	3.6	3.1	3.4
기타	보유인원	2,695	1,147	3,842
	부족인원	249	23	272
	부족률, %	8.5	2.0	6.6
합계	보유인원	17,180	11,037	28,217
	부족인원	1,003	390	1,394
	부족률, %	5.5	3.4	4.7

자료: 통계청(2016). 화학 기술 분야 기술개발 전문 인력 학력별 현황.
<http://kosis.kr/>

5.2.2. 국내 산업계에 보급된 분석 장비 규모 기반

NTIS 국가연구시설 장비관리 서비스(<http://nfec.ntis.go.kr>)에 2005년부터 2015년 3월까지 49,727점(취득금액 77,946억원)이 등록되어 있다. 등록된 연구 장비에 대하여 NFEC(2015)에서 NTIS 국가연구시설 장비관리 서비스에 등록된 연구 장비 정보를 토대로 분석하였다. NTIS의 국가 연구시설로 등록된 장비는 3,000만원 이상의 장비로 조작에 전문적인 기술을 필요로 하는 장비로 분류할 수 있다. 그리고 등록 기간이 11년이므로 분석기기의 내구 연한을 생각할 때 현재 가동되고 있는 장비로 생각할 수 있다. 그러나 장비들이 등록된 연구 장비의 제한으로 이 추정

방법 역시 많은 불확실성을 내포하고 있다.

현재 등록되어 있는 장비수의 보유기관별 장비는 <표 5-6>와 같다.

<표 5-6> 보유기관, 활용범위에 따른 장비 수

	공동 활용 서비스 가능	공동 활용 허용 가능	단독활용만 가능	계
2년제 국·공립대학	0	0	1	1
2년제 사립대학	4	51	34	89
4년제 국·공립대학	549	1,766	1,447	3,762
4년제 사립대학	633	1,756	1,343	3,732
국·공립 연구기관	58	1,539	597	2,194
국·공립 의료기관	2	97	25	124
국·공립대학 부속병원	10	68	24	102
기타	271	824	312	1,407
기타공공기관	218	876	1,071	2,165
민간기업	243	1,603	2,555	4,401
사립 의료기관	2	19	23	44
사립대학 부속병원	4	42	53	99
시장형 공기업	4	20	94	118
연구조합	0	11	14	25
정부출연 연구기관	1,201	3,258	992	5,451
준시장형 공기업	2	8	20	30
지자체출연 연구기관	595	920	154	1,669
계	3,796	12,858	8,759	25,413

현재 구축 장비는 25,413점이며 정부 출연연구기관이 보유한 장비가 가장 많고 4년제 국립대학, 4년제 사립대학의 순이다. 등록 자료에 포함된 민간기업의 장비가 2,165대로 되어 있으나 이 자료는 모든 기업들이 대상이 되지 않은 것으로 판단된다. 이들 장비를 대상으로 분야별 사용 기기의 표준분류체계는 광학·전자영상장비, 물리적 측정 장비, 화합물 전처리·분석 장비, 기계/가공 시험장비, 전기/전자 장비, 데이터처리장비, 임상의료 장비, 환경조성/생산/사육시설의 총 8개의 대분류, 54개의 중분류, 410개의 소분류로 구분된다.

이들 중 분석기기의 범주에 포함되는 표준분류체계는 총 8개 중 분석대상인 「광학·전자영상장비」, 「물리적 측정 장비」, 「화합물 전처리·분석 장비」에 대한 장비현황을 <표 5-7>에 나타냈다. 전체 분석 장비 중 이번 연구의 대상인 화합물

전처리 및 분석 장비로 분류되는 장비가 전체의 25,413점의 52%로 가장 많은 것으로 나타났다.

<표 5-7> 분석 장비 현황

(단위: 점, %)

대분류	장비 수	비율
광학/전자영상장비	7,302	29.0
물리적 측정 장비	4,882	19.0
화합물전처리/분석 장비	13,229	52.0
합계	25,413	100.0

등록된 장비의 취득 금액과 제조 국가 별로 분석해 보면 취득 가격이 1억원 이하인 장비가 75%를 차지해 가장 많고, 1억~10억 이하인 장비가 24%를 차지하며 10억~50억 이하의 장비가 1%를 차지하고 있다. 제조 국가별로는 미국산이 39.4%를 차지하고 국산이 17.5%로 뒤를 잇고 있다. 즉, 82.5%의 장비가 외국에서 수입된 것이다.

<표 5-8> 제조국가, 장비취득 금액 별 장비 수

(단위: 억원, 점)

장비가 격	0.3~1	1~10	10~50	50~50 0	500~	분류 없음	계	비율 (%)
한국	3,441	969	35	6	2	0	4,453	17.5
미국	7,488	2,448	66	6	0	1	10,009	39.4
일본	2,876	987	42	4	0	0	3,909	15.4
독일	2,141	797	44	1	0	0	2,983	11.7
영국	994	273	9	0	0	0	1,276	5.0
프랑스	327	92	20	0	0	0	439	1.7
중국	54	12	0	0	0	0	66	—
기타	1,731	518	26	1	2	0	2,278	9.0
계	19,052	6,096	242	18	4	1	25,413	
비율	75.0 %	24.0 %	1.0 %	—	—	—		

이들 장비들의 운영을 10억 이상의 장비는 전문 운영요원 1명, 1~10억의 기기들은 전문 운영요원 0.5인, 1억 이하의 기기는 전문 요원 0.25인이 소요된다고 가정하면 등록된 운영 장비를 운영하는 데 필요한 분석요원의 수는 8,076(265 + 3,048 + 4,763)명이 필요하다.

여기에 등록 누락률 0.7을 감안하면 12,000명 정도의 분석기기 운영요원이 필요하다. 실제로는 민간기업의 보유기기 등록률에 관한 자료의 신뢰성이 낮은 것을 감안하며 보다 훨씬 많은 분석요원들이 필요할 것으로 생각된다.

그러나 2012년 장비 운영인력 고용현황 조사에 따르면 <표 5-9>에 나타난 것 같이 대학, 출연연, 기타 국공립연구소에 46,578점의 연구 장비를 보유하고 있으며 2,051명의 운영 요원들이 평균 22.7점의 장비를 운영하고 있다. 이들 등록 장비는 3,000만원 이상을 대상으로 하고 있다.

<표 5-9> 장비 운영인력 고용현황

구 분	대 학	출연(연)	기 타*	합 계
보유 장비 수(점)	18,083	12,449	16,055	46,587
고용인력(명)	571	820	660	2,051
1인당 운영 장비 수(점)	31.4	15.2	24.3	22.7

* 국공립연구소, 지자체 출연(연), 테크노파크, 기업, 의료기관, 연구조합 등

※ 자료원: '12년도 국가연구시설·장비 운영관리 실태조사('13. 4월, 미래창조과학부)

이와 같이 1명의 인력이 22.7점의 장비를 담당하는 것은 장비의 전문성과 부담이 과중한 것으로 판단된다.

우리나라의 산학연 기관들이 보유한 장비와 운영요원 고용 인력들에 관한 조사 자료를 근거로 분석과학 전문가(장비 운영) 최소 수요 인력(0.25인/점)을 바탕으로 유추하더라도 현재 보다 약 5배 정도의 운영 인력이 필요하다. 이는 정확한 통계자료가 없지만 산학연 기관에 구입 후 운용예산이나 유지보수의 예산부족으로 잘 운용되지 않고 있을 개연성을 설명해 주고 있다. 그래서 기초과학지원연구원에서는 <표 5-10>과 같이 12년도 장비 운영 인력 고용 현황 조사와 장비 인력 양성 계획을 바탕으로 2017년까지 현재의 고용 인원보다 많은 2,700명의 장비 전문 인력을 양성하여 자격인증제도 마련과 연계하여 과학기술 분야 새로운 일자리 군 양성을 계획하고 있다. 이 인력들은 연구 개발(R&D)을 위하여 요구되는 장비에 대한 전문 교육을 이수하여 일정 수준 이상의 지식과 기술을 갖추고, 장비의 운용뿐만 아니라, 관리 업무를 전담·수행 가능한 연구 장비 엔지니어 인력 양성을 계획하고 있다.

<표 5-10> 장비 전문 인력 양성계획

구 분	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	합 계
신규 인력양성*(명)	200	300	400	500	600	2000
기존인력 재교육(명)	50	100	150	200	200	700
합 계	250	400	550	700	800	2,700

※ 자료원: 교육과학기술부 '연구 장비 엔지니어 양성사업 계획'

5.2.3. 국내 조달 구매 자료 기반

국내 분석기기의 시장 규모는 조사된 것이 없어 정확하게 알 수 없으나 업계에서는 조달 시장 규모가 전체 분석기기 시장 규모의 25% 정도를 차지하고 있는 것으로 알려져 있다. <표 5-11>에 주요 분석기기 14종의 3년간 조달 기기 대수와 금액을 나타냈다.

2013년부터 2015년까지 3년간 주요 분석기기 14종은 1,520대가 조달 구매 과정을 통해서 보급되었다 이를 근거로 하면 민간 부분에서 구매한 분석기기는 매년 2,533대가 구매되고 있는 것으로 추정할 수 있다. 분석기기 시장의 연간 전체 시장 규모는 309,355,000 달러 정도로 예상되고 있다. 주요 분석기기 중에서 기기 대수로는 HPLC, GC, LC/MS/MS, GC/MS의 순으로 각각 346대, 225대, 192대, 165대 조달 구매되었다. 구매 금액 면에서는 LC/MS/MS, HPLC, GC/MS, GC/MS/MS, TOF/MS의 순으로 각각 \$52,852,000, \$25,567,000, \$17,025,000, \$16,173,000, \$14,346,00에 해당한다. 이와 같이 금액 면에서는 질량분석 장치의 수요가 많음을 알 수 있다. 그 중에서도 LC/MS/MS는 구매 대수와 금액 양면에서 모두 상위 그룹으로 최근에 가장 급격히 보급되고 있는 분석기기이다.

<표 5-11> 주요 분석기기 시장 분석 (조달 구매자료/ 단위 Unit)

	HP LC	IC	GC	GC/ MS	GC/ MS/ MS	LC/ MS	LC/ MS/ MS	UV -VI S	TOF /MS	ICP -M S	Acc e-	ICP	AA S	NM R	Total
2013	157	21	92	67	25	3	74	40	13	19	15	44	14	4	588
2014	94	24	62	47	28	9	47	22	13	20	14	37	9	5	431
2015	95	28	71	51	55	5	71	26	18	21	13	30	9	8	501
sum	346	73	225	165	108	17	192	88	44	60	42	111	32	17	1,520
Avg .	115.3	24.3	75	55	36	5.7	64	29.3	14.7	20	14	37	10.7	5.7	506.7
전체 시장 규모 (대)	576.7	121.7	375	275	180	28.3	320	146.7	73.3	100	70	185	53.3	28.3	2533.3

이들 분석기기들의 운영에 앞 절에서 가정한 10억 이상의 장비는 전문 운영요원 1명, 1~10억의 기기들은 전문 운영요원 0.5인, 1억 이하의 기기는 전문 요원 0.25인이 소요된다고 가정하여 추산하면 <표 5-12>에 나타낸 것과 같이 LC/MS/MS 160명을 비롯하여 HPLC 144명, GC/MS 138명 등 3년간 931명의 운영요원의 수요

가 늘어난 것으로 계산된다.

이들 장비의 운영은 대부분 기존 운영자들이 맡아서 운영하겠지만, 도입된 기기들의 종류를 살펴보면 특이점이 있다. 우리나라에 공급된 주요 분석기기 중에서 GC/MS/MS 및 LC/MS/MS의 수요가 2015년도에 급격히 증가된 것이 특이하다. 이러한 기기들은 운영자의 높은 분석과학 지식을 기반으로 하여야 한다. 이와 같이 우리나라의 분석기기 시장의 규모는 증가 추세에 있으며 이러한 기기들을 운영하는 운영자들도 더욱 전문화된 인력을 필요로 하고 있다. 그러므로 분석과학에 전문화된 고급 인력의 양성과 현재 운영자들을 전문화시킬 수 있는 재교육 제도의 활성화가 필요하다.

특히 설문 조사 결과 교육과정에서 질량분석장치를 경험하거나 교육받은 인원이 응답자의 6% 정도에 나타났다. 이는 신규 채용이나 재교육 없이 기존의 운영자가 최근 새로 도입되는 질량분석관련 기기들을 효율적으로 운영하기 어렵다는 것을 설명해 주고 있다.

<표 5-12> 주요 분석기기 시장 분석 및 필요 운영요원 수 (조달 구매자료/ 단위 K\$)

	HP LC	IC	GC	GC/ MS	GC/ MS/ MS	LC/ MS	LC/ MS/ MS	UV -VI S	TOF /MS	ICP -M S	Acc e-	ICP	AA S	NM R	Total
2013	11,689	1,363	4,637	6,391	4,260	303	20,492	922	4,150	3,407	408	4,975	867	3,880	67,754
2014	7,063	1,740	2,930	5,005	4,694	1,425	15,012	589	4,313	4,281	472	4,255	533	3,105	55,417
2015	6,795	1,883	3,632	5,629	7,219	747	17,348	682	5,883	3,883	400	3,367	656	4,308	62,442
sum	25,557	4,986	11,199	17,025	16,173	2,475	52,852	2,193	14,346	11,571	1,280	12,597	2,056	11,293	185,613
Avg	8,519	1,665	3,733	5,675	5,391	825	17,617	731	4,782	3,857	427	4,199	685	3,764	61,871
전체 시장 규모 (대) (k\$)	42,335	8,327	18,665	28,375	26,955	4,125	88,087	3,655	23,910	19,285	2,133	20,995	3,426	18,821	309,355
억원/ 대	0.9	0.8	0.6	1.2	1.8	1.7	3.3	0.3	3.9	2.3	0.4	1.4	0.8	8.0	1.5
소요 운영 인원 (명)	144	30	94	138	90	14	160	37	37	50	18	93	13	14	931

5.2.4 설문 조사 기반

1) 1차 설문 조사

● 1차 설문 조사 실시 (2016/08/09~08/17)

- 채용 현황을 파악하기 위하여 학회 회원 기관들을 대상으로 설문 조사를 실시.
- 설문 조사 내용: 2016년 7월 29일(금) 실시되었던 기획과제 1차 참여 연구자, 회의에서 결정된 여섯 가지 질문 안<표 4-13>에 근거하여 모두 12개의 선택형/단답형/서술형의 문항을 작성/배포하였음.
- 실제 설문에 응답한 13개 기관의 결과는 부록에 별첨하였다.

<표 5-13> 1차 설문 조사 내용

Q. 1	분석과학 관련 업무와 관련하여 최근 채용된 인력이 충분히 qualified 되어 있다 고 생각하는가?
Q. 2	분석과학과 관련한 신규 인력에게 요구되는 업무 역량은 어떤 것이 있는가?
Q. 3	현행 학계와 산업계, 혹은 국공립 연구 기관에서 실시하고 있는 분석과학 교육 제 도 중 실효성 있는 제도는 어떤 것이 있다고 생각하는가?
Q. 4	분석과학 인력 수급 분야에 대한 현황파악 질문
Q. 5	신규 채용 인력을 분석 실무 인재로 양성하기 위해 회사에서 지출하는 비용과 기간에 대한 현황파악 질문
Q. 6	각 산업체에서 필요로 하는 분석과학 인력의 분야별 수요 현황 파악

● 1차 설문 조사 중 단답형의 설문 결과 주요 내용 요약

- 설문에 응한 기관의 절반 이상이 법적 책임이 있는 공인 시험 성적서를 발행한다.
- 설문에 응한 기관의 최근 채용인력의 학력이 고졸부터 박사까지 다양하였다.
- 채용인력의 전공, 경력 및 학력에 따른 업무 숙련도에 상관관계를 보인다. 그러나 학력이나 경력이 반드시 숙련도가 높다고 볼 수 없는 예외도 있다.
- 기관들은 신규 채용인력을 훈련시키는데 연간 많게는 300만원까지의 비용을 지출한다. 또 대부분 그들을 교육하기 위해 3-6개월의 기간을 소비한다.
- 기관들은 1년 이상 근무한 인력에 대해서도 대부분 100만원 이하의 비용과 1개월 이하의 기간을 소비한다.
- 기관들이 선호하는 인력의 전공은 화학이 가장 많았으며, 기타 이공계의 전공들은 업무의 성격에 따라 차이가 있다.
- 기관들이 선호하는 인력의 역량은 첫째로 성실한 업무 태도, 둘째로 전공과 적성, 셋째로 창의적 연구 능력, 학벌과 학력은 매우 적은 비중을 두고 있다.
- 대다수의 기관이 “아쉬운 대로 충원될 정도”로 인력이 지원하고 있다고 답하였으

나, 고를 수 있을 정도로 우수한 인력이 풍부하게 공급되고 있다는 기관은 단 한 곳뿐이었다. 이 결과는 기관들이 상당한 비용과 시간을 들여 인력을 재교육하는 이유가 될 수 있다고 본다.

- 절반에 가까운 기관이 위와 같은 풍부하지 못한 인력 지원의 원인이 “임금의 수준”에 있다고 답했다. 즉, 공인 성적서를 발행하는 기관들이라 하더라도 그 사업에 수익성이 낮다고 볼 수 있는 결과이다.

● 단답형 설문 조사로부터 얻은 결론

- 어느 분야를 막론하고 기관들은 잘 교육되고 성실한 인력을 채용하기를 원한다. 분석 분야도 다를 바가 없다.
- 그러나 잘 교육되고 훈련된 인력은 부족하기 때문에, 채용한 인력을 재교육하는데 상당한 비용과 시간을 소모한다. 이는 공인 시험 성적서를 발행하는 권위 있는 기관들도 다를 바 없다.
- 상당수의 분석 기관들이 영세하게 운영되고 있다. 이 역시 공인 시험 성적서를 발행하는 권위 있는 기관들도 다를 바 없었다.

● 재교육 기관에 대한 답변

- 분석기관들이 인식하고 있는 분석자를 위한 교육 프로그램들은 다음과 같다.

국가인적자원개발 컨소시엄 사업(한국건설생활환경시험연구원)

국립환경 인력개발원 교육프로그램

한국과학기술연구소 특성분석센터 교육 프로그램

화학시험연구원

법정 교육(식약처)

KOIT 교육

KIRD(과학기술인재개발원) 교육

KOLAS 17025 측정 불확도 교육

KOLAS 17025 시험자 교육

생산기술연구원 RoHS 교육

분석실무교육-한국생산기술연구원

분석실무교육-한국건설생활기술연구원

국제환경규제관련교육-한국생산기술연구원 국가청정지원센터

장비전문 인력 양성 사업

각 연구기관에서 실시하는 강좌형 세미나

ex)표면분석, 전자현미경 분석, 질량분석, 불확도

각 장비 업체에서 진행하는 홍보형 세미나 ex) GC, HPLC, ICP, XRF, XRD,...

각 장비 업체서 진행하는 User 세미나 ex) NMR, SEM, XRD, ...
기초과학지원연구소 워크샵
충남대학교 분석 과학 대학원 교육 과정
충북대학교 공동 실험 실습관 기기 설명 세미나
Bio-EM Workshop (KIST-KBSI 공동)
YPRC Proteomics Workshop (연세대)
정밀 측정 교육 훈련 (KRISS)

- 불과 13개 기관의 설문에 나타난 재교육 프로그램이 22개에 달하며, 이런 재교육 프로그램의 수요는 앞으로 더 많아질 수 있다고 본다.
- 그렇게 전망하는 이유는 지금까지 그래왔듯이 앞으로도 분석기술은 더 발전할 것이며, 대학 등 교육기관에서 가르치는 수준보다 더 발전된 장비들을 분석기관에서 다루어야하기 때문이다.

● 기관들의 자유 의견

- 설문에 응한 기관들이 현재 우리나라의 분석 교육에 대한 인식을 다음과 같이 크게 몇 가지로 나누어 보았다.
- 첫째는 현재 고급 분석의 수요가 많으며, 앞으로 증가할 것이다.
- 둘째, 학생들이 교육기관에서 충분한 교육을 받지 못한다.
- 셋째, 국가에서 분석기술 교육에 대한 지원을 확대하기를 바란다.
- 넷째, 고가 장비를 공동 활용하는 기회가 확대되기 바란다.
- 다섯째, 분석기술이 국가 기반산업으로 육성될 수 있다고 본다.
- 본 연구진은 다섯째 의견은 매우 중요하고 가능성 있다고 본다. 나머지 의견들은 이에 따라 필수불가결하다.

2) 2차 설문조사

- **설문 조사 일시:** 2016년 11월 17일~18일 제 57회 한국분석과학회 추계 학술대회장(제주 메종 글래드호텔)에서 학회에 참석한 한국분석과학회 회원들을 대상으로 설문 조사를 실시하였다.
- **설문 표본 집단:** 분석과학 관련 종사자의 채용 실태 및 업무 전문성 및 재교육 현황을 221명의 표본 설문을 통해 광범위하게 조사함. 설문 표본 집단은 대학/전문대학 등의 교육기관 종사자 74명, 전문 분석지원기관 종사자 15명, 국공립 연구기관 종사자 102명, 산업계 종사자 24명, 기타 6명이 응답하였다.
- **설문 표본 집단의 업무 분야:** 응답자의 82명 30%가 화학 관련 업종, 환경 22%, 식품/농화학 19%, 약학 9%, 재료/소재 6%, 바이오 5%, 기타 25명 9%

로 다양한 업무 분야의 종사자들이 응답하였다.

분석과학 관련 경력은 1년부터 10년 이상까지 고른 분포를 나타냈다.

● 설문 작성 및 취합/통계:

1차 설문 조사를 바탕으로 모두 20개의 선택형 문항 및 1개의 기타 문항으로 설문 문항을 구성하였으며 설문 내용은 <표5-14>에 나타냈다.

<표 5-14> 1차 설문 조사 내용

Q. 1	귀하가 속해 있는 기관은 다음 중 어디에 속하는가?
Q. 2	귀하가 속해 있는 기관은 다음 중 어떤 응용 분야에 속하는가?
Q. 3	귀하는 분석 관련 업무에 얼마나 오래 종사하였는가?
Q. 4	분석업무를 위해 외부기관의 교육에 참가한 횟수(회당 평균시간)는 얼마나 되는가?
Q. 5	주로 어떤 이유로 분석관련 교육에 참가하였는가?
Q. 6	귀하는 대학의 학부과정에서 다음 관련 교과목을 어느 정도 수강하였는가?
Q. 7	다음 분석 장비 중 대학 학부과정에서 실험 실습을 받아본 경험이 있다면 체크하여라.
Q. 8	귀하가 취업 전 대학 이외의 기관에서 분석 장비 실무 교육을 받은 적이 있다면 그 기관명과 교육 기간을 명시하세요.
Q. 9	현재 학계/산업계, 국공립 연구기관에서 실시하고 있는 재직자/구직자/인턴을 위한 분석관련 교육 중 추천하고 싶은 기관을 3개만 기입하십시오
Q. 10	분석과학 관련 업무와 관련하여, 최근 약 5년간 채용된 인력의 인원, 학력 및 훈련 정도를 파악하고자 한다. 해당되는 빈칸에 아는 대로 대략 인원수와 경력, 훈련 수준을 숫자로 표시해주세요.
Q. 11	귀하가 수행하는 업무에 해당하는 항목을 체크하여 주세요
Q. 12	귀하의 기관에서 채용한 인력에게 실무를 맡기기 위해 실시하는 교육 기간은 평균 얼마인가?
Q. 13	신규 인력 한 명을 위하여 외부 기관에 교육을 의뢰하는 데 지출한 평균 비용은 얼마인가?
Q. 14	귀하의 기관에서 1년 이상 일하고 있는 한 명의 인력을 재교육하기 위해 실시하는 재교육의 평균 기간은 얼마인가?
Q. 15	귀하의 기관에서 1년 이상 일하고 있는 한 명의 인력을 재교육하기 위해 지출한 비용은 평균 얼마인가?
Q. 16	귀하의 기관에서 신규로 채용할 인력의 선호되는 전공분야는?

Q. 17	귀하의 기관에서 분석업무 인력 채용을 위해 별도로 마련한 제도가 있는지?
Q. 18	귀하의 기관에서 분석관련 업무에의 인력배치가 적절하다고 생각하는가?
Q. 19	분석 관련 신규 인력 채용 시 만족할만한 인재가 지원하고 있는가?
Q. 20	분석과학 관련 인력 수급 곤란의 사유가 될 만한 것을 고르면?

- 이 설문은 한국분석과학회에 참석한 회원들을 대상으로 하였다. 응답자의 86%가 분석화학이나 기기분석 혹은 두 종류의 과목을 모두 학부과정에서 수강한 고급 분석과학 종사자에 해당하는 사람들이다. 이들이 대학 교과과정에서 분석화학 과목 및 관련 과목은 5.3학점으로 2과목씩 수강하였다. 기기분석 과목은 평균 3.6학점으로 한 과목 이상 수강하여 분석과학에 관련된 과목을 3과목 정도를 수강하였다.

그러나 대학 학부 과정에서 분석기기를 실습 교육받은 것은 UV-Vis가 130명(59%)으로 가장 많았고 그다음이 GC로 응답자의 40% 정도가 교육을 받았다. <표 5-15>에 대학 교과과정 중에 실험실습 교육을 받은 경험이 있는 응답자의 비율을 나타냈다.

<표 5-15> 대학교과과정중 실험실습 경험한 분석기기

분석기기	학부과정 실습경험자수(명)	응답자중 비율(%)
UV-Vis	130	58.8
GC	90	40.7
HPLC	76	34.4
FT-IR	69	31.2
NMR	42	19.0
ICP	42	19.0
Mass	39	17.6
Fluorescence Spectrophotometer	37	16.7
AAS	27	12.2
XRF	20	9.0
others	10	4.5

이와 같이 대학 교과과정에서 분석기기를 직접 다룬 것은 UV-Vis이 60 % 정도의 경험이 있고 최근에 보급이 급격하게 증가하는 GC-MS, LC-MS 등 질량분석기를 다루어본 응답자는 39명의 17.6%에 불과하였다.

- 대학 이외의 기관에서 교육을 받은 경험에 관한 응답은 다음과 같다. 대학이외의 기관에서 분석기기 교육은 70% 정도가 일주일 이하의 단기 교육을 받았다. 교육 받은 기기는 HPLC, GC가 각각 8건씩이었으며 HPLC-MS,

GC-MS, HPLC-MS, MALDI를 포함한 질량분석 관련 교육이 21건으로 가장 많았으며 ICP, 전자현미경등이 있었다. 이러한 외부 교육의 경향도 최근의 분석장비 구매 경향을 잘 반영해주고 있었다.

- 설문 응답자들 중에서 77명이 최근 5년간 신규 채용인력은 671명을 채용하였다. 채용한 인력은 고졸 2명, 전문대졸 22명, 대졸 647명을 채용하였다.
- 응답자의 분석과학 업무는 자체 연구가 47%, 공인시험 기관 24%, 외부위탁 분석시험 기관 20%, 품질관리 6%, 기타 3%였다.
- 신규 채용한 인력에게 각 기관의 업무를 맡길 때 까지 소요되는 훈련기간은 6개월 이하 41%, 3개월 이하 28%, 1개월 이하 18%, 6개월 이상의 장기간이 기타 13 %로 신규 인력의 사업장 내 교육에 수개월이 걸리는 것으로 나타났다. 신규 인력과 1년 이상 근무한 인력을 외부 기관에 재교육하는 데 대부분이 3개월 이하의 기간 동안 평균 100만원 정도의 비용을 지출하고 있었다.
- 응답자의 기관에서 새로이 채용할 신규 인원의 전공 분야는 화학 28.4%, 분석화학 13.8 %로 화학전공자를 42.2%가 선호하였다. 그중 1순위로 선호하는 비율은 화학 38.5%, 분석화학 21.5%로 60%가 화학 분야를 1순위로 선호하였다.
- 각 기관에서 신규인력 채용 시 분석전공자를 특별 채용할 수 있는 제도는 74%가 없다고 응답했으며, 26%만이 특별채용 제도를 가지고 있었다.
- 분석과학 담당자의 채용 시 채용공고에 지원하는 인력은 71% 정도가 아쉬운 대로 지원하는 인력이 있는 수준이었다.
- 분석과학 담당인력 채용 시 어려움을 겪는 요인으로는 임금 수준, 교육 수준, 분석과학 종사자의 진급에 불리한 환경 등을 꼽았다. 이는 사업장에서 아직 다른 분야에 비하여 평가 및 대우를 받지 못하고 있는 것으로 해석할 수 있다.
- 기타 의견으로서는 공무원과 같이 국가기관 규정으로 인해 적임자를 채용할 수 없는 것과, 분석과학 분야의 지원자를 채용하여도 분석기기의 사용 경험이 낮은 경우 등이 어려운 점으로 나타났다.

5.2.5. 설문 결과의 종합

2차례에 걸친 설문은 산업계에 공급되는 분석과학 인력들이 얼마나 훈련된 숙련된 고급인력들이 분석을 필요로 하는 기관에 공급되고 있는지 조사하기 위함이었다. 설문의 주요 결과는 분석을 업무로 하는 기관들이 영세하여 훈련된 인력을 구하는데 어려움이 있는 것으로 파악되었다. 이는 인력 채용에 지침을 세울 능력(여력)이 없고, 학력 전공 및 경력에 따라 차이는 있으나 전반적으로 인력 채용 후 교육에 상당한 비용과 시간이 투입됨을 알 수 있었다.

또한 우리나라 고등교육이 충분하지 않다는 응답도 있었다. 이는 첨단장비일수록 더욱 그러하였다. 대학에서 경험한 분석기기는 UV-VIS가 가장 많아 22% 정도였으며, 외부에서 교육받은 기기는 질량분석기류가 가장 많은 것이 이를 반증해 주고 있다. 이들 교육을 분석이 필요한 산업체에서는 정부 출연기관이나 교육기관에

의뢰하고 있었다.

설문의 결과 우리나라 산업체에서는 충분히 훈련된 고급 분석과학 능력보유자를 쉽게 확보하지 못하는 것으로 나타났다. 이는 분석과학 전공자를 특별히 채용하는 제도가 없어 스펙 위주의 지원자를 선발하여 업무에 바로 투입하지 못하고 전공분야가 다른 인력들을 재교육시켜 업무에 배치하는 것으로 나타났다.

그러므로 대학 교과과정에서 고가의 분석기기를 다루고 경험할 수 있도록 실험 실습교육을 강화하여 산업체에 투입하여 바로 업무를 수행할 수 있는 능력을 배양해야 할 것이다.

그리고 산업체에서 각 분야 맞는 분석과학 인력을 신뢰하고 채용할 수 있도록 양성된 인력들의 실질적인 자격증이나 인증을 부여하는 방안도 산업체에서 필요한 분석과학 인력을 채용하는 데 도움이 될 것으로 판단된다.

6. 현행 분석과학 인력 육성제도

6.1. 정부 각 부처의 분석과학 관련 정책

헌법 제127조 2항에“국가는 국가표준제도를 확립하여야 한다.”라고 명시되어 있다. 국가표준에는 측정표준, 참조표준 및 성문 표준으로 구성되어 있다.

측정표준은 물리적척도, 측정기기, 표준물질, 측정 방법, 측정 체계에 관련된 것이다. 참조표준은 물리화학적상수, 물성값, 과학기술적 통계에 관련된 것이다.

성문표준은 과학적 기술기준, 규격, 지침 및 기술규정에 관한 것으로 기술 기준과 한국국가표준(KS)를 포함한다.

그러므로 정부 각 부처의 분석과학 정책들은 국가 표준 정책에 포함되어있다. 정부는 제3차 국가 표준 기본 계획(2011~2015)의 시행을 마쳤으며 현재 제4차 국가 표준 기본 계획을 수립하여 운영하고 있다.

제3차 기본 계획의 2015년도 주요 내용은 10개 중앙행정기관(9부·1청)이 기본 계획 상 4개 영역 12개 중점 추진 과제를 시행하였다. 2015년도 시행 계획은 기본 계획과의 일관성 유지 및 기본 계획의 비전과 방향에 부합되는 과제를 포함하여 수립하여 약 1,965억원(부처별 제출 시행 계획 기준)을 시행하였다.

제4차 국가 표준 기본 계획에서는 1) 글로벌 시장창출을 위한 표준 개발, 2) 기업성장지원을 위한 표준 기반 확충, 3) 윤택한 국민생활을 위한 표준화, 4) 민간 주도의 표준 생태계 확산으로 각 분야에 3가지씩 12개의 중점 추진 과제를 확정하여 추진을 계획하고 있다.

<표 6-1> 제4차 국가 표준 기본 계획 12대 중점 추진 과제

분야	번호	과제명
글로벌 시장창출을 위한 표준개발	1	스마트융복합 신산업 표준화 확대
	2	제조기반 서비스산업 표준화 추진
	3	시장 주도형 국제표준 선점 강화
기업성장지원을 위한 표준기반확충	4	기업친화형 표준 적합성 체계확립
	5	기업의 해외진출 지원체계 강화
	6	산업의 측정표준 품질 선진화
윤택한 국민생활을 위한 표준화	7	즐거운 생활표준 확산
	8	편리하고 건강한 생활표준 확대
	9	안전한 생활 표준화 강화
민간주도의 표준 생태계 확산	10	민간자율 표준활동 강화
	11	표준전문인력의 체계적 양성
	12	소통개방형 표준체계 혁신

이와 같이 국가 표준기본계획에는 분석과학의 발전과 분석과학 인력 양성 계획을 포함하고 있다.

6.2. 정부 각 부처의 분석과학 인력 양성 프로그램

정부 기관으로서 인력 양성 프로그램을 실시하는 기관으로는 환경부의 국립환경인력 개발원이 있다. 환경부는 수질, 대기, 토양 등 환경 관련 검사 업무를 엄격한 기준에 의해 지정된 검사 대행업체에 위임하는 정책을 가지고 있다. 이때 지정 기준은 장비와 인력에 적용되며 지정 기관에 신규 채용되는 인력에 대해서는 의무적으로 측정 실무에 대한 교육을 실시한다. 교육의 방법은 사이버 교육과 소집 교육이 있으며, 소집 교육에는 실습도 포함되고 대학생을 위한 특별 교육 프로그램도 개설한다. 사이버 교육은 한 건의 프로그램이 100명을 대상으로 보통 3주간 실시되고, 소집 교육은 한 건 당 20명을 대상으로 2~5일 간 실시된다. 2017년도에 35건의 사이버 교육에서 총 518일에 걸쳐, 3500명을 대상으로, 36건의 소집 교육에서 총 142일에 걸쳐, 722명을 대상으로 환경 분석 관련 교육을 실시할 예정이다.

환경부가 검사기관의 신규 인력에 대한 의무적인 교육을 실시한 배경에는 과거 환경부가 지정한 검사 기관이 부실한 검사 결과서를 발부하여 사회적인 물의를 빈번히 발생하였기 때문인데, 이 지정 기관들이 재정적으로 부실하여서, 고용이 불안함으로써, 처음 검사 기관으로 지정되었을 때의 인력이 경험이 없는 인력으로 교체되는 일이 많기 때문이다.

환경부의 프로그램은 건당 교육 시간은 비교적 길지만, 사이버 교육에서는 실습에 대한 교육이 부실할 수밖에 없고, 소집 교육에서는 함께 교육되는 인원이 비교적 다수여서, 교육에 질을 높이기 어렵다고 볼 수 있다.

정부 출연기관으로서 인력 양성 프로그램을 시행하는 기관은 국가과학기술인력개발원이 있으며, 초보적인 분석 교육을 실시하는데, 한 건의 프로그램에 5명 정도의 적은 인원을 집중적으로 1~2일 간 실시한다. 2016년에 24건의 프로그램을 개설하여 총 36일 간에 걸쳐서 130명을 교육한 실적이 있다.

이 교육은 의무적 교육이 아니며, 자발적으로 교육을 받고자 하는 지원자들을 대상으로 하고 있다. 적은 인원을 교육함으로써 교육의 질이 비교적 높으나 기간이 짧아서 초보적인 장비 운영 방법을 배우는 데 그친다. 대부분 직장에서 장비를 다루면서 스스로 경험을 쌓아서 숙련도를 높이기 전에, 초보적인 교육이 필요한 사람들이나 연구에 장비를 사용해야 하는 대학생 및 대학원생들이 지원하고 있다.

직장인들을 대상으로 이러한 교육 프로그램들이 현 시점에서 현실적으로 부족한 분석과학 인력을 보충할 수 있는 방법이기는 하지만, 의무적이던 자발적이던 직장인을 대상으로 이러한 교육이 실시되는 이유는, 그들이 졸업한 교육기관에서, 학생들이 장비를 다룰 수 있는 인프라와 기회가 충분히 주어지지 않았기 때문이라고도 볼 수 있다.

그러한 측면에서 장비의 인프라가 부족한 대학에서는 학생들이 위에 언급된 인력 양성 프로그램에 참여하는 것을 유도하는 것도 한 방안이며, 그와 함께 교육의 양과 질을 높여 나가는 것이 분석과학 인력의 부족을 해소할 수 있다고 본다.

<표 6-2> 2017년도 환경 인력개발원 사이버 분석과학 교육 프로그램. (총 518일, 3500명 대상)

과정명	시작일	모집인원	기간(일)
AAS분석실무	2017.02.06	100	15
GC분석실무	2017.02.06	100	15
ICP분석실무	2017.02.06	100	15
UV/Vis분석실무	2017.02.06	100	15
공무원을위한수질분석 I	2017.02.06	100	15
공무원을위한수질분석 II	2017.02.06	100	15
공무원을위한시료채취실무	2017.02.06	100	15
공무원을위한정도관리실무	2017.02.06	100	15
먹는물검사기관기술요원	2017.03.06	100	15
AAS분석실무	2017.04.03	100	15
GC분석실무	2017.04.03	100	15
ICP분석실무	2017.04.03	100	15
UV/Vis분석실무	2017.04.03	100	15
공무원을위한수질분석 I	2017.04.03	100	15
공무원을위한수질분석 II	2017.04.03	100	15

공무원을위한시료채취실무	2017.04.03	100	15
공무원을위한정도관리실무	2017.04.03	100	15
먹는물검사기관기술요원	2017.05.08	100	15
AAS분석실무	2017.06.05	100	15
GC분석실무	2017.06.05	100	15
ICP분석실무	2017.06.05	100	15
UV/Vis분석실무	2017.06.05	100	15
공무원을위한수질분석 I	2017.06.05	100	15
공무원을위한수질분석 II	2017.06.05	100	15
공무원을위한시료채취실무	2017.06.05	100	15
공무원을위한정도관리실무	2017.06.05	100	15
먹는물검사기관기술요원	2017.09.04	100	15
AAS분석실무	2017.10.10	100	14
GC분석실무	2017.10.10	100	14
ICP분석실무	2017.10.10	100	14
UV/Vis분석실무	2017.10.10	100	14
공무원을위한수질분석 I	2017.10.10	100	14
공무원을위한수질분석 II	2017.10.10	100	14
공무원을위한시료채취실무	2017.10.10	100	14
먹는물검사기관기술요원	2017.11.06	100	15

자료: <http://e-learning.me.go.kr>

<표 6-3> 2017년도 환경 인력개발원 분석과학 소집 교육 프로그램. (총 142일, 722명 대상)

과정명	시작일	모집인원	기간(일)
대기측정분석기술요원(실습)	2017.01.03	20	2
수질측정분석기술요원(1)(실습)	2017.01.05	20	2
대기측정분석기술요원(실습)	2017.01.10	20	2
수질측정분석기술요원(1)(실습)	2017.01.12	20	2
대기측정분석기술요원(실습)	2017.01.17	20	2
수질측정분석기술요원(1)(실습)	2017.01.19	21	2
대기측정분석기술요원(실습)	2017.01.23	20	2
대기측정분석기술요원(실습)	2017.02.02	21	2
수질분야시료채취	2017.03.02	20	2
대기측정분석기술요원	2017.03.06	20	5
수질측정분석기술요원(1)	2017.03.13	20	5
실내공기질측정분석기술요원	2017.03.27	20	5
대기측정분석기술요원	2017.04.03	20	5
수질측정분석기술요원(2)	2017.04.10	20	5
대기측정분석기술요원	2017.05.08	20	5
수질측정분석기술요원(1)	2017.05.15	20	5
수질분야시료채취	2017.05.23	20	2

대기측정분석기술요원	2017.06.12	20	5
특별대학생환경측정분석	2017.07.17	20	5
특별대학생환경측정분석	2017.07.24	20	5
특별대학생환경측정분석	2017.07.31	20	5
특별대학생환경측정분석	2017.08.07	20	5
전문생태독성분석실무	2017.08.16	20	3
특별대학생환경측정분석	2017.08.21	20	5
특별대학생환경측정분석	2017.08.28	20	5
대기측정분석기술요원	2017.09.04	20	5
수질측정분석기술요원(1)	2017.09.11	20	5
실내공기질측정분석기술요원	2017.09.18	20	5
수질분야시료채취	2017.09.26	20	2
수질분야시료채취	2017.10.12	20	2
대기측정분석기술요원	2017.10.16	20	5
수질측정분석기술요원(2)	2017.10.23	20	5
대기측정분석기술요원	2017.11.06	20	5
수질측정분석기술요원(1)	2017.11.13	20	5
특별대학생환경측정분석	2017.12.11	20	5
특별 대학생환경측정분석	2017.12.18	20	5

자료: <http://e-learning.me.go.kr>

<표 6-4> 2016년도 국가과학기술인력개발원 분석과학 재교육 프로그램 (총 36일 총130명 대상)

제목	개강일	기간 (일)	모집 인원	장소
효율평가시스템을 활용한 부품 특성분석	2016.12.13	3	5	울산
기능성 소재의 정성 및 정량 분석	2016.12.06	1	5	강원
LFA와 TMA를 활용한 열분석	2016.11.30	1	5	전남
FE-SEM을 활용한 미세구조 및 성분 분석	2016.11.22	1	5	전남
이차이온질량분석기의 이해 과정	2016.11.10	1	5	부산
연료특성분석Ⅳ (수은분석)	2016.11.10	1	5	대전
연료특성분석Ⅲ (원소분석)	2016.10.27	1	5	대전
플라즈마의 분광신호 분석 과정	2016.09.09	1	5	대전
X-Ray 분석	2016.08.23	1	5	대전
플라즈마의 분광신호 분석 과정	2016.08.05	1	5	대전
질량분석의 이해 과정	2016.07.26	2	5	대전
분리분석의 이해 과정	2016.07.19	2	5	대전
핵자기공명 분광분석의 이해 과정	2016.07.12	2	5	대전
무기물질 분석 기초의 이해	2016.07.07	2	5	대전
화평법 및 동질성 분석의 이해 과정	2016.06.28	2	10	대전
전자현미경 및 X선 미세분석의 이해 과정	2016.06.23	2	5	대전
유도결합플라즈마 분석의 이해 과정	2016.06.14	2	5	대전
열분석 및 이온분리분석의 이해 과정	2016.06.07	2	5	대전

적외선·라만 분광분석의 이해 과정	2016.05.31	2	5	대전
전자현미경 분석	2016.05.26	1	5	대전
이차이온질량분석기의 이해 과정	2016.05.19	1	5	부산
연료특성분석Ⅱ (공업분석)	2016.05.12	1	5	대전
유기물질 분석 기초의 이해	2016.04.28	2	10	대전
연료특성분석 - 발열량분석	2016.04.26	1	5	대전

자료: www.kird.re.kr

6.3. 전국대학의 분석과학 관련 강좌 개설 현황

－ **총괄:** 전국 주요 4년제 대학 중 36%에 해당하는 대학에서 현재 분석과학 관련 과목이 개설된 것으로 파악됨.

－ **전국 권역별 주요 4년제 대학의 분석과학 관련 교과목 개설 현황 조사:**

전국 172개 4년제 주요 대학의 분석과학 관련 교과목 개설 현황 조사. 62개 대학에서 분석과학 관련 교과목을 학부 과정에서 개설/운영하고 있음을 파악하였음.

① **서울권:** 서울시내 43개 4년제 주요 대학 중 분석과학 관련 교과목 개설 및 홈페이지 소개가 명시된 대학은 20개 대학으로서 이는 전체 43%에 해당함. (건국대, 경희대, 국민대, 고려대, 광운대, 덕성여대, 동국대, 동덕여대, 상명대, 서강대, 서울과학기술대, 서울대, 서울여대, 세종대, 숙명여대, 숭실대, 연세대, 이화여대, 중앙대)



<그림 6-1> 서울권 4년대 대학 분석과학 개설 학과 현황.

- ② **경기 및 인천권:** 48개 4년제 주요 대학 중 13개 대학으로 전체 불과 27% 대학에서만 분석과학 관련 교육을 진행. (가천대, 가톨릭대, 경기대, 단국대, 명지대, 수원대, 성균관대, 아주대, 용인대, 중앙대, 한양대, 인천대, 인하대)



<그림 6-2> 경기/인천권 4년대 대학 분석과학 개설 학과 현황.

- ③ **충청/대전권:** 47개 4년제 주요 대학 중 10개 대학 21%만이 분석과학 관련 교육 진행. (충남대, 대전대, 목원대, 충북대, 공주대, 한국교통대, 한국교원대, 순천향대, 한국기술교육대, 한국과학기술대)



<그림 6-3> 충청권 4년대 대학 분석과학 개설 학과 현황.

- ④ **경상/제주/대구권**: 36개 4년제 주요 대학 중 12개, 33% 대학에서 분석과학 관련 교과목 운영. (부경대, 부산대, 동아대, 동의대, 경북대, 안동대, 경상대, 창원대, 포항공과대, 울산과학기술대, 울산대, 제주대)



<그림 6-4> 경상/대구권 4년대 대학 분석과학 개설 학과 현황.

- ⑤ **전라권**: 31개 4년제 주요 대학 중 11개, 35% 대학에서 분석과학 관련 교과목 운영. (광주과학기술대, 군산대, 동신대, 목포대, 목포해양대, 순천대, 우석대, 원광대, 전남대, 전북대, 전주대)



<그림 6-5> 전라/광주권 4년대 대학 분석과학 개설 학과 현황.

- ⑥ 강원권: 14개 4년제 주요 대학 중 8개, 57% 대학에서 분석과학 관련 교과목 개설 및 운영. (강릉원주대 강릉, 강원대 도계, 강원대 춘천, 강원대 삼척, 상지대, 연세대, 한라대, 한림대)



<그림 6-6> 강원권 4년대 대학 분석과학 개설 학과 현황.

- ⑦ 전체 학과 분포: 분석과학 관련 과목을 개설한 학과는 모두 191개로 집계되었으며, 그 중 화학 및 화공 계열 학과가 88개(전체의 46.1%), 생명과학 계열 학과 32개(16.7%), 신소재 공학 계열 학과 24개(12.6%), 약학계열 학과 22개(11.5%), 식품공학 계열 학과 18개(9.4%), 환경공학 계열 7개(3.7%)로 분포함 <그림 5-7>.



<그림 6-7> 전국 주요 4년제 대학 분석과학 관련 개설 학과 분포도.

- ⑧ **교과목 개설 현황:** 각 대학의 학부 커리큘럼으로 개설된 분석과학 관련 교과목은 총 460개로 집계되었으며, 그 중 분석화학이 114개(24.8%), 기기분석 68개(23.5%), 분석화학실험(14.8%), 그 외에 나머지 기타 분석관련 과목이 개설된 것으로 파악됨<그림 5-8>.



<그림 6-8> 전국 주요 4년제 대학에서 개설된 분석과학 관련 교과목 현황.

각 분석과학 관련 과목이 개설된 대학의 경우, 각 대학 평균 6개의 관련 교과목이 개설/운영되고 있으며, 특히 동의대 등 7개 대학을 제외한 모든 대학에서 “분석화학”(혹은“분석화학1”) 교과목이 개설/운영되고 있는 것으로 파악됨.

4년제 대학에서 개설된 분석과학 관련 교과목은 모두 해당 학과의 전공 필수 혹은 전공 선택의 형태.

분석과학 관련 교과목 중 다수를 차지하고 있는“분석화학”및“분석화학 실험”의 경우 화학과 및 화학공학 계열에서 개설된 경우가 많았으며, “기기분석”및“기기분

석실험”의 경우 비교적 다양한 학과에서 개설/운영하고 있는 것으로 파악됨.

특히 분석화학의 경우 실험실습이 필요한데 실험을 하지 않고 강의만 개설한 강좌가 114개로 실험을 같이 하는 강좌 68개의 2배 정도로 많았다. 이는 대학교에서 분석기기를 다루는 경험을 충분히 하지 못하는 이유도 된다.

그리고 이러한 현상은 분석 기기들을 대학교의 공동실험실습관에서 구입하여 실제로 강의를 진행되는 학과에서 기기들의 수급이 원활하지 않아 일어나는 폐단이라고도 생각된다.

충남대(분석과학 교과목 21개 개설), 원광대(21개 교과목), 전북대(19개 교과목), 강원대(22개)의 경우 분석화학 기초 교과목부터 기기분석 및 재료, 식품분석 등 다양한 교과목을 개설/운영하고 있어 학생들에게 보다 다양한 분석과학 교육을 실시하고 있는 것으로 파악됨.

KAIST, 포항공대, UNIST, GIST 등은 다른 대학들과 비교해 분석과학 관련 교과목의 수가 전체적으로 2~4개로 적은 수의 교과목을 개설한 것으로 나타났다.

6.4. 전국 대학교의 공동실험실습관을 통한 교육

6.3절에서 기술한 것과 같이 대학교에서 개설되고 있는 분석과학 관련 주요 강좌(분석화학 및 기기분석)의 실험 실습이 병행되지 않는 강좌가 많다는 것을 확인하였다. 이는 2가지 요인을 생각 할 수 있다.

첫째로는 1996년 3월부터 시작된 대학교의 최소 전공제도의 도입으로 최소 전공에 필요한 학점이 94학점에서 1999년도의 63학점으로 대폭 줄었다가, 2005학년부터 현재까지 69학점으로 지속되고 있다. 그래서 기초과목으로 많이 개설되었던 분석과학 과목들이 폐지되거나 강의만으로 진행되는 강좌로 바뀌었다.

둘째로는 1990년도에 설립이 국립대학들에 공동실험실습관의 설치가 시작되었으며 사립대학들도 공동기기원등 유사한 이름으로 설치하기 시작했다. 이로 인해 강좌를 개설하던 각 학과에서 실험실습에 필요한 장비를 구입하던 것이 기기사용의 효율성을 높이기 위해 공동실험실습관에서 구매하여 실험실습 교육을 지원하는 제도로 바뀌었다. 기관의 이름에서도 나타나 있듯이 실험실습을 공동으로 실시하기 위한 기관이다. 그러나 이러한 취지에서 점차 벗어나 대학의 공동연구에 필요한 장비의 구입과 운영이 더 중요한 임무로 바뀌었다.

<표 6-5>에 2015년도 전국 국립대학교 공동실험실습관의 분석장비 운영 실태와 장비 교육 현황을 나타냈다. 2015년 전국 국립대학교의 공동실험실습관에서 실시한 교육에 2401명이 참여한 것으로 나타났으며 1년 간 전국 26개 공실관에서 장비 교육은 7443건 수행한 것으로 나타났다. 장비 교육에 있어서 실제로 실험실습까지 이루어지는 것이므로 상당한 교육 효과를 얻을 수 있다고 볼 수 있다. 그러나 교육 수준은 장비의 품질과 교육자의 수준, 강사료, 교육 중 장비 손상 등을 포함한 제반 비용에 상관관계를 가질 수밖에 없다. 첨단 장비일수록 수강생의

수강료 부담이 높아지고 이 부분이 하나의 제약이 되고 있다.

또한 수강생의 교육성과에 대한 적절한 인증이 이루어지는지 파악할 수 없다. 현재는 각 기관이 교육을 수료했다는 증명을 해 줄 수는 있지만, 이로서는 성과를 엄밀히 평가한 것은 아니다. 따라서 교육과정을 적절히 관리하고 수강생의 성과를 평가하여 수강료를 지원할 수 있는 방법을 모색해 보는 것이 필요하다고 본다. 그래서 현재 보유한 장비를 이용하여 체계적인 분석과학 교육이 가능한 학점이 부여되는 강좌나 시스템이 도입되면, 공동실험실습관의 원래의 취지도 살리고 체계적인 분석과학 교육을 통해 직접 분석기기를 경험해 보는 실습 교육이 강화될 수 있을 것으로 생각된다.

현재 공동실험실습관은 대학의 연구에 필요한 분석업무 지원이 주 업무로 2015년도에는 전국 공실관에서 588,957건의 시료를 분석했다.

<표 6-5> 2015년도 전국 국립 대학교 공동실험실습관의 분석 장비 운영 및 교육 현황

학교명	장비가 동 인력수	시료수	이용시 간	수수료 (백만원)	장비교 육건수	세미나 참여인 원수
서울대학교(농생명)	82	56,794	7,374	4,298	406	17
서울대학교(기초)	21	45,408	34,918	1,453	162	338
충남대학교	11	36,250	42,183	1,135	604	88
경북대학교	11	59,777	61,233	691	642	431
충북대학교	15	42,088	16,147	690		326
전북대학교	11	39,372	26,713	555	208	
경상대학교	8	39,554	23,673	417	49	15
금오공과대학교	4	14,158	12,092	356	55	
부경대학교	9	22,863	23,623	335	645	244
공주대학교	10	13,279	5,942	321	200	30
한밭대학교	9	10,540	64,616	318	450	200
부산대학교	10	13,807	28,943	284	224	200
전남대학교	13	28,749	33,576	244	643	136
안동대학교	4	15,457	14,206	230	1397	89
서울과학기술대학 교	13	20,954	10,717	225	215	143
제주대학교	3	32,202	34,924	176	190	
경남과학기술대학 교	4	15,317	22,991	161		33
창원대학교	5	10,501	11,369	157	100	
군산대학교	4	10,801	7,999	145	800	
한국교통대학교	4	7,532		120	118	
목포대학교	4	6,472	8,238	95	191	
순천대학교	3	4,764	9,474	80		

강원대학교	6	3,557	8,004	64	30	86
강릉원주대학교	3	6,164	9,174	53	94	25
한경대학교	3	2,582	1,784	45	20	
한국해양대학교	1	1,998	1,709	11	—	—
합계	271	588,957	536,076	21,481	7,443	2,401

자료: 2016 하반기 전국 국립대 공동실험실습관 협의회 회의자료, 2016.

정부는 국립대학교들이 첨단 장비를 확보하여 효율적으로 운영하여 연구와 교육에 활용할 수 있도록 공동실험실습관(공실관)을 운영하도록 하고, 장비구입비와 인건비, 운영비 일부를 지원하고 있다. 따라서 공실관은 현재 첨단 연구에 실제로 이용되고 있는 고급의 분석 장비와 훈련된 운영인력을 보유하고 있다. 이들을 이용하여 학생 및 일반인을 대상으로 장비 운영을 교육하는 것은 어떤 다른 방법보다 큰 효과를 기대할 수 있다. 이는 공실관의 설립취지 중의 하나이다.

또한 정부의 공실관들에 대한 장비 지원은 20년 이상 지속되었으므로, 사용연한이 경과한 장비들은 폐기하지 않고, 상시 전시 등을 통해서 교육 효과를 얻을 수 있을 것이다. 여기에는 전시 공간과 유지비용이 필요하므로 이에 대한 지원과 그에 따른 감독이 필요할 것이다.

6.5. 분석기기 업체들의 교육

국내의 분석기기 판매업체는 국내에서 제조, 생산하는 회사와 국외 제조사의 국내 지사 혹은 대리점을 맡고 있는 회사로 구분된다. 일반적으로 기능이 단순하고, 한 번에 한 가지 항목만 측정하는 계측기(예, 전압계, 저항계, 전류계 등)와 달리 분석기기는 하나의 기기로 한 번의 분석에 다양한 성분을 측정한다. 특히 다양한 매체 속에 미량으로 혼합되어 있는 성분을 정확하게 측정 분석하기 위해서는 대상 성분을 물리·화학적 손상과 손실 없이 분리하는 시료의 전처리 과정이 선행되어야 하고, 이렇게 마련된 시료 성분이 분석기기의 특성에 맞게 분리하고 측정하기 위한 분석 조건을 설정하는 데 전문적인 지식과 경험이 필요하다. 특히 분석기기는 기본적인 원리는 제조 회사마다 유사하다 하더라도 기기의 구동과 측정 분석이 이루어지는 기작, 소프트웨어의 운영 체계는 서로 다르다. 따라서 분석기기를 사용하여 측정 분석을 수행하기 위해서는 해당 분석기기의 분석 원리는 물론 분석기기의 사용법을 읽혀야 한다. 분석기기를 제조, 판매하는 회사에서 해당 분석기기를 구입한 고객을 대상으로 교육 훈련을 실시하는 것이 보편화되어 있는데, 자기 회사가 공급한 분석기기를 고객이 잘 사용할 수 있어야 그 기기의 이용이 증가하고 판매도 증가할 수 있기 때문이다.

정밀 분석기기의 경우 고성능 액체 크로마토그래프(HPLC), 가스 크로마토그래프(GC) 등을 국내에서 제조하여 판매하고 있는 (주)영린기기, (주)휴텍스의 경우 HPLC의 원리와 응용 및 사용법, GC의 원리와 응용 및 사용법에 관한 교육을

기기 Operation Workshop이라는 이름으로 2일간 실시한다. (주)영린기기의 경우 Operation Workshop을 수강하고 6개월 이상 사용한 경험을 갖고 있는 사람을 대상으로 'HPLC 유지보수 워크숍', 'GC 유지보수 워크숍'을 실시하여 기본적인 분석기기 사용상의 트러블슈팅 방법을 교육한다. 국외에서 생산되어 국내에 수입되는 분석기기의 경우 국내 제조사들 보다 높은 시장 점유율을 갖고 있고, 판매 역사도 길기 때문에 해당 분석기기를 구매한 고객 대상의 교육, 훈련은 국내 제조 업체들에 앞서 실시하고 있다. 교육 프로그램도 국외 제조사에서 개발되어 확립된 내용을 바탕으로 실시하는 경우가 많아 분석기기 교육, 훈련의 질도 상대적으로 우수하다는 평가를 받는다. 크로마토그래피(HPLC, GC등)와 질량분석기(GC/MS, LC/MS 등) 분야에서 가장 높은 시장 점유율을 갖고 있는 에질런트테크놀로지사(Agilent Technologies)의 국내 대리점을 맡고 있는 영인과학의 경우 HPLC, GC, GC/MS, LC/MS, GC/MS/MS 등에 대한 Operation Workshop과 Maintenance Workshop을 실시하는데 일반적으로 2일간 실시하는 워크숍에 기기 당 실습 인원을 3명 내외로 제한하여 충분한 기기 실습 교육이 이루어지도록 하고 있다. 따라서 매월 한 차례 이상 실시되는 HPLC, GC 워크숍의 경우 코스 당 10명 내외로 참가자를 제한하고 있다. 영인과학의 경우 2016년 한 해 동안 HPLC, GC, GC/MS 등 기기에 대한 Operation Workshop을 통해 480여명을 교육하였고, Maintenance Workshop을 통해 380여명을 교육하였다. 2015년도 전국 국공립대학의 26개 공동실험실습관에서 2041명을 세미나 교육하고 7441건의 장비교육을 실시한 것과 비교하면 상당한 성과로 판단된다.

이러한 분석기기 제조 혹은 판매 회사에서 실시하는 교육, 훈련은 해당 분석기기의 사용 및 유지 관리에 집중하여 실시되는 경우가 대부분이어서 분석기기의 제조사, 모델 등이 바뀔 경우 추가적인 교육, 훈련을 필요로 하는 경우가 많다. 분석기기에서 분석이 이루어지는 원리를 충분히 이해할 경우 기종이 변경되어도 새로운 기기에 대한 적응 기간은 단축될 수 있으나 원활하고, 효과적인 사용을 위해서 해당 기기에 대한 교육, 훈련은 여건이 된다면 적극적으로 권장된다.

국내에서 분석기기 제조 혹은 판매사에서 진행하고 있는 주요 분석기기 관련 교육을 <표 6-6>에 나타냈다.

<표 6-6> 분석기기 업체들의 교육 프로그램

분석기기 업체	교육 프로그램
영인과학 주식회사	Agilent GC/MS Operation Workshop-Chem Station
	Agilent GC/MSD Maintenance Workshop
	Agilent HPLC Operation Workshop
	Agilent GC Operation Workshop
	Agilent HPLC Maintenance Workshop
	Agilent GC Maintenance Workshop

(주)영린기기	영린 HPLC Operation 워크숍/ 영린 GC Operation 워크숍 영린 HPLC 유지보수 워크숍 영린 GC 유지보수 워크숍 영린 GPC 시스템 워크숍
영인에스티(주)	GE Sievers TOC 유지보수 워크숍(TOC 장비) 시료전처리 워크숍-Microwave 시료전처리장비(CEM MARS 6) 수은분석 워크숍- 수은분석기 (Hydra C) 감마핵종분석기 유지보수 세미나(ORTEC Gamma System)
한국퍼킨엘머	AAS 워크숍 ICP-OES워크숍 ELAN/NexION ICP-MS 워크숍 LC-ICP-MS워크숍 FT-IR워크숍 GC,EMPOWER워크숍 GC-MS워크숍 HPLC워크숍
동일시마즈주식회사	HPLC 사용자 교육 (Basic 교육, Core 교육) GCCore교육 GC-MSCore교육 UV/TOC/FT-IR/AA/EDXOperation교육
Scion Instruments	사용자 교육: GC/GCMS
Bruker Corporation	사용자 교육: EBSD/SC-XRD/SC-XRD/WDS
Waters korea	→Empower User /Administrator /Custom Field Course →PDA User Course →GPC User Course →Xevo Tandem Quad User Course
SCIEX	교육: LC-MS/MS
휴텍스	액체크로마토그래피의 기본과 이해, 액체크로마토그래피의 분석방법 해결
유로사이언스	HR-GC/MS의 원리와 응용
(주)한국질량분석기술	HPLC/GC 기초 이론/ 실습 / 마스터과정 / LC-MS/MS

6.6 전국 과학관의 분석과학 관련 교육

이 연구에서는 장기 방안으로 현 교육 체계에 분석과학 교육을 추가할 것을 제안하고 있다. 그러나 초중고의 과학 교과 과정에 분석과학 분야를 추가하는 것은 간단한 일이 아니다. 그러나 분석과학의 기본이 되는 정량적인 개념은 학교에서만 배우는 것이 아니라 일상생활을 통해서 습득할 수 있다. 이러한 정량적인 개념과 표현 방법은 대다수 국민들에게 취약한 부분이다. 이는 거리나 양을 묻거나

대답할 때 숫자에 기반한 질문이나 대답보다는 정성적인 대답이나 질문이 일반적
인 것이 이를 반증한다. 이는 국내에서 여러 가지 화학물질의 분석 자료를 대하는
국민들의 반응에서 알 수 있다. 그러한 대표적인 예로서 환경기준에 관한 것이다.
우리나라 국민들은 법적 환경 허용기준 값보다 유해물질이 나왔느냐 안 나왔느냐
에 만 관심을 가진다. 그러므로 초중고 나아가 미취학 아동들에게 이러한 정량적
인 개념을 함양시킬 수 있는 방법으로 전국의 국립과학관을 통해서 교육할 수 있
는 기회를 부여하는 것이 좋은 방안으로 생각된다. 그래서 전국의 국립과학관과
각 과학관에서 실시하고 있는 프로그램들을 조사하였다.

전국의 국립과학관은 총 14개이며 다음과 같다.

서울특별시과학전시관 본관
서울특별시과학전시관 남산분관
서울특별시과학전시관 동부분관
서울특별시과학전시관 남부분관
국립어린이과학관(국립서울과학관, 리모델링 중)
국립과천과학관
부산수산과학관
국립대구과학관
환경부국립생물자연관
국립광주과학관
국립중앙과학관 대전
농촌진흥청 농업과학관 전주
나로우주센터 우주과학관 고흥
목포어린이바다과학관

이들 과학관에는 다양한 전시물과 프로그램을 운영하고 있다. 그러나 분석과학
의 개념이나 체험을 할 수 있는 프로그램은 마련되어 있지 않은 것으로 판단된다.
예로서 수도 서울의 서울특별시과학전시관 본관의 5개 전시실 55개 주제가 주로
물리와 생물 생태 환경에 관한 것이 주를 이루고 있었다. 프로그램 중에 분석 관
련 전시물은 하나도 없었다. <표 6-7>에 서울시 과학 전시관의 전시시설의 주
제를 나타냈다.

<표 6-7> 서울특별시 과학전시관의 전시시설 주제

주제	전시시설
과학놀이 체험마당	물종합 운동장치, 수동 펌프, 다람쥐펌프, 아르키메데스 펌프, 물레방아와 물방아, 음악분수, 공중자전거, 흔들다 리, 말상대 찾기, 소리 반사경, 물총놀이, 태양광 분수, 아 르키메데스 운동장치, 미로, 돌악기, 정글짐, 원심력 체험, 도르래와 지레, 몸체 역학,

자연 관찰원	화훼원, 작물원, 야생화 관찰로, 암석 관찰원, 생태연못
생태학습관	붉은키거북, 구피, 청개구리, 잉어, 검정물방개, 붕어, 가물치, 고슴도치, 배추흰나비, 노랑나비, 큰줄흰나비, 암끝 검은표범나비, 호랑나비,
천문대	관측실, 관측실 내부, 주망원경, 가족천문교실, 교사연수, 천문대 현장체험학습
연구실 활동	혼천시계(국보 230호), 종합운동장치, 중앙정원

자료: <http://www.ssp.re.kr>

기타 과학박물관에서도 분석 관련 전시물은 드물다. 전체 박물관 중에서 분석 관련 전시 주제는 서울특별시과학전시관 남산분관의“기체 스펙트럼”, 국립광주과학관의“분자구조와 색깔”정도이며 이조차 현 시대의 분석과학의 매우 초보적인 주제일 뿐이다.

서울특별시과학전시관 본관은 교육 및 강연 프로그램을 다양하게 준비하고 있다. 프로그램의 목록은 <표 6-8>과 같다.

<표 6-8> 서울특별시 과학전시관의 프로그램

프로그램	내용
과학 창의력 교실	초중학생 대상, 총80일 320시간
유치원 상설 과학 체험마당	30주 150회, 300시간으로 추정
동아리천체관측활동	
천문대 현장체험학습	
토요 가족 생태환경교실	
가족 천문 교실	
토요 과학 강연회	연24회 각100분 총40시간 2017일정 중 분석 관련 주제는 없음
창의 발명 교육센터	관악구 마을 속 과학옹달샘
영재 교육원	고1 수학 영재반: 100시간 중 화학은 4시간: 산염기 반응, 불꽃반응, 고1 과학 영재반: 100시간 중 화학은 12시간: 크로마토그래피, 태양전지, 이산화탄소 분자량, 탄소화합물, 산염기 반응, 산염기 반응2, 불꽃반응, 불꽃반응2, 고1 발명 영재반: 100시간 중 화학은 2시간: 불꽃반응,

	고2 수학 영재반: 100시간 중 화학은 4시간: 화합물의 분석, 반응속도, 고2 과학 영재반: 100시간 중 화학은 12시간: 고체, 콜로이드, 전기도금, 화학평형, 화합물의 분석, 화합물의 분석2, 반응속도, 반응속도2)
--	---

자료: <http://www.ssp.re.kr>

서울전시관 교육 및 강연 프로그램에서도 분석 관련 주제는 거의 없으며, 영재 교육원 과정에서 다루고 있는 몇몇 분석 관련 주제는 대상학생의 정규 교육 과정을 벗어나지 않고 있다. 기타 국립 과학박물관들의 교육 및 강연 프로그램에서도 분석 관련 주제는 찾지 못했다.

그러므로 전국의 국립과학관에 분석과학의 기본이 되는 정량적인 개념을 함양시킬 수 있는 프로그램을 개발하여 실시하고, 분석 기기들을 포함한 장비의 상설 전시 등을 통해 분석과학에 가까이 하고 관심을 가질 수 있는 기회를 제공할 필요가 있다.

6.7 분석과학 인력의 육성 평가

국가표준기본계획에 인력양성계획이 있는 것은 그만큼 정부도 분석과학 인력 양성에 대한 중요성을 인식하고 있다는 뜻이다. 정부 및 출연기관에서 교육 훈련, 대학에서 분석 관련 강의, 장비 판매 업체들의 교육, 전국 과학관에서의 분석과학 관련 전시 또는 교육 등의 실태와 문제점 등을 살펴보았다. 기관들이 얼마나 충실히 교육하고 있는지는 가늠하기 어렵지만, 기관들이 서로 다른 기능으로써 우리나라 분석과학 인력을 양성하는 데 기여하고 있는 것은 틀림없을 것이다. 하지만 이런 교육 훈련들에도 불구하고, 현재 분석을 주 업무로 하는 기관들은 충분히 교육된 인력을 구하기 힘들다는 것은 5장의 설문 조사 결과로써 사실로 보인다.

이는 우리나라의 분석과학 교육이 분석과학의 기본을 바탕으로 산업체의 각 분석과학 필요 분야로 공급되어 그 분야의 분석과학을 응용할 수 있게 하여야 한다. 그러나 현재는 산업체에서 필요한 분야의 분석 기기에만 초점을 맞추어 재교육한 인력들을 투입하여 활용하고 있다. 그러므로 대학에서 분석과학(화학)을 교육하는 것이 아니고 화학분석이 필요한 분야의 응용만을 교육하고 있으며 연구 분야들도 그렇게 변해 가고 있다. 그래서 화학 분석이 아닌 분석과학의 기본을 충실히 할 수 있는 대학의 교육제도 개편이 필요하며, 대학에서 각 분석기기를 훈련할 수 있는 제도가 필요하다. 이러한 목적으로 각 대학의 공동실험실습관을 두고 이름도 공동실험실습관으로 하여 설치하고 있으나 현실은 교육과 실습보다는 연구에 그 기능을 많이 할애하고 있다.

이와 함께 어린 시절부터 정량적인 개념과 분석과학에 관심을 가질 수 있는 전국 국립과학관을 통한 체험 교육의 도입도 필요할 것으로 생각된다.

7. 육성해야 할 분석과학 인력

7.1 산업 분야별 필요 분석과학 인력

기존 자료들의 분류에 분석과학이 분류되어 조사된 바 없다. 그래서 화학기술 개발수요 현황 및 부족 인원수를 바탕으로 추정하려 한다. <표 7-1>에 기업의 규모별, 제조업의 업종별, 공업 구조별, 산업 형태별, 기술 수준별 등에 따른 기술 개발 인력의 현황 및 부족 인원을 나타냈다.

규모별로는 20인 사업장 이하의 소규모 사업장이 화학기술 개발 인력이 가장 부족하고, 업종별로는 가구업계, 기술 수준별로는 중기술업종이 화학기술 개발 인력이 가장 부족하였다. 이들 소규모 중간 기술업종의 경우 화학기술 개발 인력의 대부분이 분석과학 관련 인원들이 필요하며 실제 종사하고 있는 인원들의 업무 역시 분석과학의 업무를 수행하는 것으로 나타나 이들 인원을 분석과학 지원이 필요한 산업으로 분류할 수 있다.

그러므로 우리나라의 제조업에서 활약하고 있는 화학기술개발 인력은 28,217명 정도로 추정되고 아직 1,394명 정도의 요원이 부족한 것으로 판단된다. 특히 부족인원의 72% 정도가 소기업인 것으로 조사되었다.

<표 7-1> 산업별 화학기술개발 인력 현황과 부족 인원

구분별(1)	구분별(2)	구분별(3)	합계/보유인원	합계/부족인원 (명)	합계/부족률 (%)
전체	소계	소계	28,217	1,394	4.7
소기업	소계	소계	17,180	1,003	5.5
중기업	소계	소계	11,037	390	3.4
제조업	소계	소계	27,363	1,366	4.8
	규모별	5~19인	7,643	639	7.7
		20~49인	8,684	336	3.7
		50~99인	6,153	210	3.3
		100~299인	4,884	181	3.6
		소기업	16,327	975	5.6
		중기업	11,037	390	3.4
	업종별	식료품	303	14	4.3
		음료	18	0	0.0
		섬유제품	3,264	112	3.3
		의복, 의복액세서리 및 모피제품	2,315	132	5.4
		가죽, 가방 및 신발	782	61	7.3
		목재 및 나무제품	44	0	0.0

		펄프, 종이 및 종이제품	899	63	6.5
		인쇄 및 기록매체 복제업	369	33	8.3
		코크스 , 연탄 및 석유정제품	169	6	3.4
		화학물질 및 화학제품	8,607	537	5.9
		의료용 물질 및 의약품	213	6	2.6
		고무제품 및 플라스틱제품	5,490	327	5.6
		비금속광물제품	440	26	5.7
		1차 금속	76	0	0.0
		금속가공제품	759	17	2.2
		전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비	1,956	0	0.0
		의료, 정밀, 광학기기 및 시계	196	0	0.0
		전기 장비	176	0	0.0
		기타기계 및 장비	385	0	0.0
		자동차 및 트레일러	395	0	0.0
		기타 운송 장비	3	0	0.0
		가구	68	6	8.6
		기타 제품	439	25	5.3
	공업구조	경공업	13,090	711	5.2
		중화학공업	14,273	655	4.4
	산업형태	기초소재형	19,201	1,077	5.3
		가공조립형	3,870	17	0.4
		생활관련형	4,293	272	6.0
	기술수준	첨단기술업종	2,365	6	0.2
		고기술업종	9,565	537	5.3
		중기술업종	6,933	376	5.2
		저기술업종	8,500	446	5.0
	기업유형	혁신형기업	14,525	748	4.9
		일반기업	12,838	617	4.6
	기업성장 단계	시장진입기	1,042	81	7.2
		성장기	13,121	749	5.4
		성숙기	12,505	496	3.8
		쇠퇴기	695	40	5.4
	기술기업 군	고기술기업	5,852	168	2.8
		중간기술기업	15,765	1,090	6.5

	기업연령	범용기술기업	5,747	108	1.8
		5년이하	3,087	231	7.0
		6~10년이하	4,282	202	4.5
		11년이상	19,994	933	4.5
전문, 과학 및 기술서비스업	소계	소계	797	28	3.4
	규모별	소기업	797	28	3.4
		중기업	0	—	—
	기술기업 군	고기술품기업	234	0	0.0
		중간기술기업	471	0	0.0
		범용기술기업	92	28	23.2

자료: 중소기업청, 중소기업 기술통계조사(DT_34006C_024D)

7.2. 분석과학 수요 인력의 수준 및 육성 방안

설문조사와 자문회의, 연구원들의 회의를 통해, 현재 분석 장비와 그 운영기술에 대해 다음과 같은 결론이 도출되었다.

분석 장비는 빠르게 발전하여 자동화 및 모듈화 되었으므로, 전공에 관계없이 어느 분야의 전공자라도 다룰 수 있다.

기본적으로 화학적 분석에 대한 기초적인 지식과 통계 처리 지식은 필수적이다.

따라서 첫 번째 그룹으로서, 각 분야 별, 즉 화학, 식품, 농산물, 약학 등등 각 분야 및 특정 장비에 국한된 분석 인력들의 양성이 현실적으로 필요하며 비교적 적은 시간과 비용으로 양성이 가능하다. 특정 분야에서 및 특정 장비만을 운전하던 인력이 다른 분야에서 업무를 보려면 재교육이 필요하다. 이런 교육에는 수주일 내지 수개월의 시간과 수백만 원의 비용이 필요하다.

둘째 그룹으로서, 장비의 예상할 수 있는 이상 작동 등에 대처하기 위해서는 장비에 대한 훈련과 경험이 필요한 인력이 필요하다. 이들은 각 분야에서 다른 첫째 그룹의 인력에 도움이 되는 인력이며 장비 업체에서는 엔지니어로 활용되는 인력이다. 이들의 양성에는 수개월 내지 수년의 훈련 시간과 수백만원 이상의 비용이 필요하다.

셋째 그룹으로서 다양한 장비를 경험하고 분석화학 이론에도 정통해서 여러 분야에서 활용할 수 있는 인력이다. 이들은 일상적인 분석 업무뿐만 아니라, 새로운 물질의 분석이 필요할 때, 갑작스러운 재난이나 사고에 화학적 분석이 필요할 때, 예기치 못한 환경오염이 일어날 때, 화학 공장 또는 화학적 처리 설비가 오작동하거나 기대 이하의 성과를 낼 때, 건설 등 화학 이외의 분야의 과제에 기술적 도움

이 필요할 때, 새로운 장비를 개발할 때 등등 많은 분야에서 중요한 역할을 할 수 있다. 이러한 인력은 대학에서의 충분한 교육뿐만 아니라 관련 직업으로서 오랜 경험을 쌓아야 얻을 수 있다.

분석기기 산업에는 이와는 조금 구분되는 분석기기 개발 인력, 분석기기 서비스 인력 및 분석기술 전문가 인력이 필요하다.

이 연구에서는 아래 <표 7-2>와 같이 기술 분야별 수요 인력을 구분하고 각 인력의 육성 방안을 도출하여 장기, 중기 단기 별 육성 전략을 마련하고자 한다.

<표 7-2> 현 단계의 분석과학 인력의 종류와 육성방안

인력의 종류		육성 방안		
		장기	중기	단기
분석과학자	분석화학 전공 혹은 교육자	과학 전시관의 전시물과 프로그램 등	초, 중, 고교	대학
분석 기술자(operator)	화학전공	부처 시험기관 및 관련학회와 연계, 공동실험실습관과 KBSI 연계		재교육
	각 산업관련 전공			재교육
분석기기 산업	분석기기 연구개발	분석과학자 육성 과 분석과학기술대학원과 연계		
	분석기기 서비스	분석과학기술대학원과 연계		
	분석기술 전문가	분석과학자 육성과 동일		

첫 번째 그룹은 분석기술자(operator) 그룹에 해당하며, 세 번째 그룹은 분석과학자에 해당한다. 분석기기 산업 인력에서 분석기기 개발 인력과 분석기술 전문가는 세 번째 분석과학자 그룹에 포함시킬 수 있으며, 분석기기 서비스 인력은 두 번째 그룹의 인력에 해당한다.

분석과학자의 양성은 대학에서 관련분야 교육을 체계적으로 받은 인력으로서 단기적으로는 분석과(화)학의 기초적인 학문이 육성될 수 있는 환경의 조성이 필요하다. 단기적으로는 대학 교육과정의 개편, 대학이나 국공립 연구기관의 관련 인프라를 활용한 대학 교육의 개선 그리고 기존 연구 업적의 평가 방법 개선 등을 통하여 분석과학 분야를 육성하고 이를 통해서 분석과학자를 육성해 나갈 수 있을 것으로 판단된다. 중·장기적으로는 초·중·고의 교과과정에 분석과학의 분야의 비중을 늘려 분석과학 분야의 관심과 교육을 시도한다. 그리고 전국의 과학전시관의 전시물의 구성을 분석과학의 기본이 되는 정량적인 개념과 분석과학 관련 테마의 발굴 및 분석기기 등의 전시를 통하여 어릴 적부터 분석과학적 교육을 간접적으로 실시한다.

분석기술자(operator) 인력은 화학전공 및 각 산업분야의 전공자들에게 대학교육과정에서 보다 많은 분석 장비의 실제 사용 경험을 확대시키는 방법으로 육성해 나간다. 이들 인력들에게 실질적으로 분석 장비를 사용 경험을 확대시키는 전략으로서는 전국대학의 공동실험실습관과 전국의 연구시설 및 장비 집적 기관의 특성을 살려 산업 분야별 분석기술자들을 육성해 나간다. 이들 전략들은 8장에서 정책들로 제안하였다.

분석기기 산업 관련 인력들은 분석과학자 육성과 많은 부분에서 유사하며 외국의 예를 들어 설명하였다.

7.3. 분석기기 산업 관련 인력

우리나라에서 분석기기와 관련된 분야의 인력은 1960년대 후반 한국과학기술연구원(KIST)의 설립과 과학기술 연구개발 투자가 증가와 함께 분석기기가 수입 보급되면서 형성되기 시작하였다. 당시로서는 기초적인 실험 기구를 제외한 분석기기는 고가일 수밖에 없어 대부분 국제 공공차관을 예산으로 하여 주로 국외에서 사용한 경험이 있는 연구자가 선정하여 국내 대리점을 통해 국외 제조사로부터 수입되었다. 국내 대리점은 수입된 분석기기의 설치와 서비스 및 사용법 교육과 응용 지원 등을 담당하였는데, 수입 분석기기가 증가할수록 관련 분야의 인력도 함께 증가하였다. 70년대 이후에는 석유화학, 제약, 정밀화학 및 식품 등 분야에서의 제품 품질 관리와 연구 개발에 가스 크로마토그래프, 고성능 액체 크로마토그래프 등이 사용되기 시작하면서 대학, 국공립연구소를 넘어 일반 기업으로 분석기기 사용자가 크게 증가하였다.

반면, 높은 수입 공급 비중이 지속되면서 국내 분석기기 산업화의 정도가 낮아 연구 개발 및 서비스와 관련된 분석기기 전문가 및 분석기술을 개발하는 산업인력은 대학 등에서의 체계적인 교육이 이루어지지 않아 질적, 양적으로 빈약하다. 분석기기 산업의 수준이 높은 일본의 경우에는 분석기기 기업의 고경력 기술자가 중심이 되어 분석기술의 인재 육성, 보급 계몽, 사업화와 분석 산업 진흥 활동을 하는 비영리 단체 '분석산업인 네트워크(<http://park5.wakwak.com/~pai-net/>)'가 형성되어 있어 우리나라의 상황과 크게 대비된다. 다음은 일본의 분석산업인 네트워크의 설립 취지문으로 분석산업 인력의 양성 지향점을 시사한다.

"분석기기는 최첨단의 과학기술 연구에서 환경오염 물질의 정확한 측정까지 광범위하게 활용되고 있다. 그러나 분석기기를 사용하려면 숙련된 기능들과 측정 결과의 해석에는 고급 지식을 가진 연구자가 필요하다. 분석기기를 사용하는 분석기술은 현대 생활을 그늘에서 지탱하는 중요한 기술이며 산업으로도 중요하다. 이 분석기술은 현재 분석 장비를 생산하는 장비 제조업체를 중심으로 분석을 수탁하는 서비스 기업과 대학 및 기업의 연구소에서 분석기기를 사용하는 연구자나 기술자에 지원하고 있다. 그러나 독립 법인화에 따른 대학의 교육 커리큘럼의 변화

와 학생들의 이과계 이탈, 대기업에서의 분석기술의 아웃소싱 지향 등으로 진보를 갈구하는 분석기술에 종사하는 인재를 육성의 장이 감소하고 있다. 또한 환경 문제 등으로 널리 사회인이 최신의 분석에 관한 지식을 이해할 필요가 있다.

우리는 이러한 분석산업의 현황에 비추어 분석기술을 필요로 하는 사람과 분석 산업에 관련된 사람에 대해 분석기술의 발전을 촉진하기 위한 조사 연구, 사업화 지원, 인력 교육, 홈페이지나 출판 등에 의한 보급 계발, 국외에 보급 계발 등의 사업을 실시하여 인재 육성을 통해 분석기술의 발전을 촉진 분석산업의 진흥에 기여함을 목적으로 이 비영리 법인을 설립했습니다.”

분석기기 산업 관련 인력을 분류하면 분석기기의 연구·개발과 서비스 및 분석 기술 전문가 인력으로 구분할 수 있다._

국내의 분석기기 관련 업계 및 사용기관에서 필요로 하는 인력의 요건에 관한 사항은 관련 기업이나 연구기관이 많이 존재하지 않기 때문에 해당 기관이 어떠한 인력을 필요로 하는가에 대한 파악 역시 용이하지 않고, 대표성을 갖기 어렵다. 따라서 분석기기 관련 인력에 대한 요건은 국외 선진국의 분석기기 제조업체에서 인력 채용에 관한 자격 조건을 중심으로 조사하였다.

7.3.1. 분석기기 연구개발 인력

분석기기 개발을 위해서는 해당 분석기기의 특성과 응용목적 및 분야에 따라 다양하고 융합적인 전문성을 가진 인력을 필요로 한다. 직접적인 제품 개발에 제품 원리와 특성에 따라 물리학, 공학, 화학, 생물학 또는 관련 분야 전문교육을 받은 인력이 필요하다. 국외 기업의 예에서는 분석기기 연구 개발 인력 구성은 특화된 과학자와 각 분야의 공학 엔지니어로 조직되며 프로젝트 단위로 분석기기 연구 개발과 설계를 수행한다. 또한, 분석기기가 사람에 의한 에러를 감소시키고, 단순 반복 작업을 효율화하기 위해 자동화와 정보화가 높아짐에 따라 분석기기를 구동시키거나 분석기기로부터 얻어지는 신호를 정량적 정성적으로 처리하기 위해 소프트웨어 프로그래밍 전문 인력을 필요로 한다. 해당 전공 분야를 전공하고 관련 분석기기를 사용한 다양한 응용연구를 경험하였거나 기기의 개발 경험을 갖고 있는 인력은 제품의 개발에 매우 효과적으로 활용된다.

분석기기의 개발 과정에 직접적으로 참여하는 인력과 함께 중요한 것은 제품 책임자 및 시스템 엔지니어이다. 이 직무를 수행하는 자는 관련 분석기기 관련 기본원리, 측정 분석기술 및 경쟁 기술에 대한 전문성은 물론 상품화되어 있는 주요 기업 및 제품, 시장 규모와 경향, 경쟁 제품별 특성과 시장 점유율 등을 바탕으로 개발해야 할 제품을 기획하고 개발 계획을 수립한다. 또한, 개발해야 할 제품의 주요 기술을 해결해야 하므로 전반적인 각 기술 업무에 대한 이해가 필요하다. 따라서 제품 책임자 및 시스템 엔지니어는 관련 분석기기의 구조와 원리에 대한 이해는 물론 사용 경험과 영업, 마케팅에서 오랜 경험을 필요로 한다. 제품책임자로서 관련 분석기기 혹은 유사한 분석기기의 개발 경험을 보유한 사람은 매우 효과

적인 인력이다. 이러한 인력은 분석과학자 그룹의 인력을 활용할 수 있다.

참고로 <표 7-3>은 세계 최대의 분석기기회사인 Thermo Fisher사에서 질량 분석기 연구개발 인력을 채용하는 데에 제시된 직무 기술로 그 내용을 살펴보면 연구개발의 핵심 업무를 중심으로 수행함을 알 수 있고 특이적으로 직무명이 R&D 과학자로 명명되어 있다.

<표 7-3> Thermo Fisher사의 분석기기 연구개발 인력 모집 요강

Thermo Fisher사의 연구·개발 과학자 채용	
직무 내용 및 업무	● 독일 브레멘에서 고성취도의 다국적 다분야 팀에서 고성능 질량 분광 계측 및 관련 기술 개발 ● 새로운 개발 아이디어의 원리에 대한 타당성 실험 실행 ● 제품 개발 프로젝트 참가 ● 제품 마케팅과 협력하여 신제품에 대한 시스템 요구 사항 사양 개발 ● 부속 시스템 요구 사양 개발을 통한 기계 및 전기 기술자 지도 ● 신개발 장비의 실험적 및 이론적 특성 마련 ● 검증 테스트 기획 및 테스트 요약 보고서 작성 ● 제조 관련 공장 승인 시험 절차 개발 ● 신개발 장비 또는 부품에 대한 제조, 제품 지원 및 현장 서비스에 대한 지식 이전
요구 경력 및 적성	● 물리학, 공학, 화학 또는 관련 과학의 대학 학위 또는 이와 동등한 교육 및 업무 경험 ● 질량 분석과 같은 복잡한 분석 장비 개발 분야에서의 수년간 경험 ● 주요 프로그래밍 언어 또는 스크립팅 언어 프로그래밍 기술 ● 과학과 기술의 한계를 강력하게 밀어 붙이는 욕구 ● 영어에 능통하며 독일어 공부 의지 ● 우수한 의사소통 및 공동 업무 기술

7.3.2. 분석기기 서비스 인력

분석기기는 크게 장치부와 전자부로 구성되어 있다. 이중 장치적으로 구동되는 부분은 이상 증상을 육안으로 확인할 수 있는 경우가 많아 해당 부품의 교체로서 문제를 해결할 수 있다. 예를 들어 기체나 액체의 유로(flow path) 중 일정 부위에서 누설(leakage)가 발생한 경우 관련 밸브나 튜빙 등 부품을 교체하는 것으로 고장 처치가 가능하다. 반면 전자적인 오류가 발생할 경우 전자 회로 중 어느 부위에서 이상이 발생하였는지 육안으로 확인이 쉽지 않았다. 따라서 1990년대 이전에는 분석기기 고장 수리를 담당하는 엔지니어는 주로 전자공학 전공자가 선호되었다. 분석기기의 서비스 매뉴얼을 바탕으로 전자 보드 중 어느 부품의 이상으로 고장이 발생하였는지를 전기, 전자 계측장비를 이용하여 진단하고 해당 부품을

교체할 수 있어야 했다. 그러나 근래에는 전자 보드에서 이상이 발생할 경우 전자 소자의 미세화와 디지털화에 의해 현장에서 계측장비를 사용하여 수리하는 것이 거의 불가능하므로 제조사에서는 자기 진단 기능을 제품 개발에 반영하여 어느 보드에서 이상이 발생하였는지를 알려주고, 조치 방법도 제시해주는 분석기기로 발전하고 있다. 따라서 대부분 보드 이상의 경우 해당 전자 보드 전체를 교체하거나 해당 부품을 교체한다 하더라도 최소한에 그친다. 이렇게 변화한 이유는 과거에 비해 전자 보드의 가격이 양산화에 따라 기기 전체 가격에 비해 상대적으로 낮아졌고, 현장에서 보드 수리를 하는 것보다는 고장 부품을 단순 교체하고 공장으로 보내 수리하는 것이 효율적이기 때문으로 판단된다. 결국 오늘날의 분석기기 서비스 인력으로는 공학을 전공한 인력보다는 폭넓은 기기의 이해를 바탕으로 사용 및 응용 능력이 우수한 사람이 선호되고 있다. 실제로 분석기기의 이상이 발생한 경우 물리적 요인보다는 사용법 또는 응용의 미숙에서 오는 경우가 많고, 이런 문제 해결에는 화학, 분석화학 분야를 전공하고 해당 기기에 대한 경험을 갖고 있는 인력이 더 효과적이다. 이 분야의 인력은 두 번째 그룹에 해당한다.

다음은 Thermo Fisher사에서 연구 실험 장비 서비스엔지니어에 대한 기본 업무 요구사항이다.

Thermo Fisher 사의 Service Engineer에 대한 기본 요구사항

“유니티 랩 서비스 조직의 일원으로서 현장 서비스 엔지니어는 실험 장비 설치, 수리 및 유지 관리(원심 분리기, 인큐베이터, 냉동기, 초저온 냉동고, 수질 관련 제품, 셰이커, 수조 및 모니터링 시스템 등) 및 장비 작동에 대한 최종 사용자 교육을 수행한다. 현장 서비스 담당자는 각 지역 내의 고객에게 출장하여 지원한다. 이상적인 후보자는 전자 및 냉장, 우수한 커뮤니케이션, 시간 관리 및 문제 해결 기술 분야의 전문 기술을 보유한 자입니다.”

7.3.3. 분석기술 전문가

분석기술 전문가는 분석기기의 활용성과의 측면에서 중요하다. 분석기술 전문가는 분석 업무를 수행하는 인력, 분석기기를 활용하여 분석기법을 개발하는 인력과 새로운 분석 원리에 의한 분석법을 개발하는 인력으로 구분할 수 있다. 분석기술 전문가 인력은 주로 화학 및 화공학, 생명공학 분야에서 기기분석, 응용화학을 전공한 인력이 적합하다.

우리나라의 분석업무를 수행하는 인력은 양적으로는 충분하지는 않으나 여러 기업, 연구소, 교육기관 등에서 연구개발 인프라 구축에 따르는 우수한 분석기기를 도입, 활용한 성과들을 볼 때에 질적인 면에서는 양호한 것으로 판단된다.

분석기기의 활용현장에서는 해당 분석기기의 원리와 응용을 이해를 바탕으로 분석 업무를 수행하여야 기기의 활용도를 높일 수 있으므로 분석기기 공급 업체의 사용자 교육과 지원은 아주 중요하다. 이에 따라서 분석기기 공급 업체에서는 분석기법과 분석법을 개발하는 분석기술 전문가 인력이 필요하다. 주요 분석기기

제조업체들은 시장과 기술을 선도하기 위해 이러한 분석기술 전문가 인력을 채용하여 분석기법을 사용자에게 제공하고 사용자와 협력하여 분석기법을 개발하기도 한다. 이 분야의 해당인력은 세 번째 그룹의 분석과학자에 해당한다.

그러나 우리나라는 아직 분석기기를 공급하거나 제조하는 기업들은 아직 고도화가 이루어져있지 않아 선진기업들의 분석법을 참조하여 제공하고 있는 경우가 대부분이고 새로운 분석기법 또는 분석법을 개발하는 인력의 수요는 미미하다.

<표 7-4>의 예시는 Agilent사의 ICP-OES를 지원하는 무기 응용화학 분야 분석기술 전문가 인력의 직무 요구 사항이다.

<표 7-4> Agilent사의 ICP-OES 분석기술 인력 모집요강

직위	응용무기화학자
분야	사람 중심의 열정적 원자 분광 응용, 특히 ICP-OES 응용, 화학자를 찾고 있음. Agilent의 북미 생명과학 및 응용 분야의 원자 분광학 사업을 지원하는 응용 화학자 팀의 일원을 찾고 있음.
주요 책임	● 경쟁 판매 환경에서 영업팀의 내외부 직원에게 판매 이전의 기술 및 응용 지원 구성원 모두에게 사전 판매 프로그램 지원을 제공한다. ● Agilent의 ICP-OES, AA, MP-AES 시스템을 사용하여 잠재 고객에게 샘플 분석 및 데모. ● 잠재 고객 대상 기술 설명회 및 세미나 준비 및 발표. ● Agilent의 ICP-OES, AA, MP-AES 사용자에게 전화 상담, 현장 판매 후 기술 및 응용 지원 제공.
추가 책임:	● Agilent의 ICP-OES, AA, MP-AES 플랫폼을 중심으로 한 간행물(응용 노트 및 동료 원고 검토) 개발에 기여. ● Agilent의 원자 분광학 제품 전문가와 협력하여 기술 영업 전략 개발. ● Agilent의 ICP-OES, AA, MP-AES 플랫폼을 홍보하고 영업 인력 교육 지원. ● 현장 활동 및 기술 동향 보고서를 제품 및 현장 마케팅에 정기적으로 제공. ● 컨퍼런스, 세미나 및 전자 세미나에서 원자 분광학 정보 제공.
자격:	● 분석화학 또는 이와 동등한 석사 학위자, PhD.도 고려. ● 3년 이상의 ICP-OES(AA 및 MP-AES) 운용 경험자 ● ICP-OES의 모든 주요 응용 프로그램 숙지한 자 ● 실험실 경험이 있는 자 ● 흔적량 수준의 금속 분석 실제 경험한 자 ● 미국 EPA 및 USP 등의 공식 분석법을 잘 숙지한 자 ● 능숙한 컴퓨터 사용, 우수한 기술 서면 및 구두 발표 기술이 있는 자 ● 프로젝트 팀이나 영업 관련 업무에서의 훌륭한 팀 플레이어가 가능한 자

	● 다수 프로젝트 동시 수행하면서도 마감 시간을 맞출 수 있는 강력한 프로젝트 관리 경험과 기술이 있는 자. ● 유동적 근무 일정과 최대 50 % 출장 수용할 수 있는 자
--	--

7.4. 우리나라 분석기기 운영인력의 고용형태

우리나라의 분석기기 산업 중 연구 장비 관련 운영인력에 대한 문제점을 국가 과학기술정보서비스(NTIS)에 등록된 270개 비영리 기관을 기준으로 현재 연구 장비를 운영하는 전문 기술 인력을 집계하였다(배기수, 연구시설장비의 국산화 육성정책 개발연구, 한국기초과학지원연구원, 2016). 현재 연구 장비 전문기술 인력은 총 3,024명이고, 연구개발 분야 인력은 11,235명으로 나타났다. 특히 연구 장비를 운영하는 전문 기술 인력은 순수 연구개발 인력에 비하여 고용의 형태도 불안정한 것으로 파악되고 있다. <표 7-5>에 우리나라 비영리 연구기관의 분석 장비 운영 전문 인력과 순수 연구 인력의 고용 형태를 나타냈다.

<표 7-5> 국내 비영리 연구기관 연구 인력의 고용형태

구분		고용형태		
		정규직	무기 계약직	기간제
분석 장비운영 인력	명	1,511	297	973
	%	54.2	10.7	35.1
순수 연구인력	명	8,042	231	2,237
	%	76.5	2.2	21.3

<표 7-5>에 나타난 것과 같이 분석 장비 전문 운영 인력은 순수 연구 인력에 비하여 정규직의 비율이 22.3% 정도 낮아 고용형태가 상대적으로 불안정한 것으로 나타났다. 이는 장기간 안정적인 분석 장비를 운영하여 양질의 분석과학 자료를 생산하여 순수 연구 인력들의 연구 능력을 향상시켜야 할 환경이 충분히 마련되지 않은 것을 나타내고 있는 것으로 해석할 수 있다. 이는 외국의 경우 <표 7-4>와 같이 분석 장비를 운영하는 분석기술 인력이 순수 연구 인력과 마찬가지로 고도의 경험과 전문성을 가져야 하는 요건과 많은 차이를 나타내고 있다.

이와 같이 분석기기 운영 인력은 각 해당분야에서 필요로 하는 중요성에 비하여 아직 그 평가를 제대로 받지 못하기 때문에 나타난 현상으로 해석된다.

7.5. 분석과학 인력 육성과 수요 종합

기존 통계에 따르면 산업계에서는 화학 산업의 인력 부족은 4,593명이며, 화학

분야 기술개발 인력이 1,400명 정도 필요한 것으로 나타나 있다. 그러나 절대적인 숫자 이외에도 기술개발인력의 인력 수준을 살펴보면 특히 고급인력의 수요 및 각 분야에 특성화된 분석인력의 수요에 공급이 대처하지 못하는 것으로 나타나 있다. 이는 1장에서 기술한 바와 같이 분석과학이 산업 각 분야의 개발과정에서 중요한 역할을 하고 있는 것에 반하여 인력채용이나 산업체에서 연구개발 성과중에 분석과학의 역할이 너무 과소평가 되고 있는 것으로도 이해할 수 있다.

이는 분석기기 개발 인력, 분석기기 서비스 인력 등 우리나라에서 공급되는 인력의 수준과 외국의 분석기기 회사들에서 필요로 하여 직원을 채용하는 인력들의 수준 차이에서 알 수도 있다. 그리고 현재 분석과학, 분석화학분야에서 연구 및 교육받고 있는 인력들이 분석화학의 기본에 기반 한 교육과 연구가 아니라 각 응용분야의 연구에 필요한 화학분석의 교육과 연구가 이루어지고 있기 때문이다.

설문에서 나타난 것과 같이 산업계에서 분석과학의 해당분야 유경험자들을 채용하는 창구들이 활성화 되지 않고, 일부 산업체에서는 기존에 존재하던 제도가 없어진 곳도 있으며, 설문 응답자가 분석과학 채용인력의 성실성을 만족 1위 항목으로 들고 있는 것들이 이를 반증해 주고 있는 것이다.

그러므로 우리나라에서도 분석과학자, 각 분석기기를 다룰 수 있는 분석기술 인력, 분석기기 개발인력, 분석기기 서비스 인력 등으로 수요에 대처할 수 있는 구분된 인력들을 육성해 나갈 필요가 있다. 특히 국산기기분석산업분야의 기기개발 인력에 관한 프로그램 등이 절실히 필요하다.

8. 분석과학 인력의 안정적인 수급과 생태계 조성을 위한 정책 제언

이 연구에서 파악하고 제시한 중요한 사항들을 바탕으로 우리나라 분석과학 경쟁력을 강화시킬 수 있는 정책들을 제안한다.

먼저 분석과학은 과학의 기본으로 중요한 역할을 하고 있지만 수요자 측면이나 공급자 측면 어디에서도 분석과학 인력을 조사하여 이들 인력에 대한 정책을 수립할 수 있는 기본적인 자료들이 없다. 이는 현재 국내에서 실시하고 있는 과학 기술인력 조사 통계조사에 분류항목으로 지정되어 있지 않음에 기인한다고 판단된다.

우리나라의 과학기술인력 관련 국내 조사통계 현황을 표 <8-1>에 나타냈다. 현재 우리나라에서는 공급측면, 수요측면 및 수급 측면에서 과학기술 인력의 체계적인 조사 통계가 이루어지고 있다. 그러나 통계조사의 항목이나 산업 분류표, 직업분류표 등 어느 곳에서도 이 연구에서 지적하는 분석과학의 항목이 지정되어 있지 않다. 그러므로 4장에서 나타낸 것과 같이 여러 산업에 분류되지 않고 포함되어 분석과학 분야의 현황을 알 수 없다. 그리고 직업 분류에서도 연구개발 인력에 포함되어 분석과학 인력의 현황이 조사가 되지 않고 있다.

<표 8-1> 과학기술인력관련 국내조사 통계 현황

구분	공급측면		수요측면
		수급측면	
종합 통계	•교육통계조사(KEDI) •고등교육기관 졸업자 •취업통계조사(KEDI) •외국박사학위정보(학술진흥재단)	•인구주택 총조사(통계청) •경제활동인구조사(통계청) •산업직업별 고용구조조사(한고원) •국가중장기 인력수급 전망(교과부)	•인력실태조사(통계청) •노동력수요동향조사(노동부) •임금구조기본통계조사(노동부) •한국노동패널조사(노동부) •대졸자 직업이동 경로조사(한고원) •전문대 및 대학 졸업자 취업조사(직능원) •석·박사 졸업자 취업조사(직능원)
부문 별 통계		•이공계인력 중장기 수급전망(KISTEP)* •IT전문인력 수급차분석 및 전망(정통부)*	•이공계인력실태조사(KISTEP) •과학기술연구개발활동조사(KISTEP) •여성과학기술인실태조사(NISWIST) •정보통신부문 인력동향 실태조사(정보통신산업협회) •산업기술인력 수급동향실태조사(산업기술재단)

자료: 김진용, 이정재“국내 과학기술인력 규모 분석” Issue paper 2007-15, 한국과학기술기획평가원.

이와 같이 분석과학 인력의 수요, 공급 및 수급 측면에서 규모와 현황이 파악되지 않고 있으니 수요 측면에서 어떠한 분석과학 인력이 필요한지, 공급 측면에서는 수요에 맞추어 어떠한 분석과학 인력을 교육하여 양성해야 할지 정립되어 있지 못하다고 판단된다. 특히 한국 산업이 모방을 하고 따라가는 입장에서 개발을 하고 새로운 분야를 개척하고 새로운 제품을 개발해야하는 입장으로 바뀌었다. 그러므로 산업계에서는 각 산업분야의 기반이 되는 분석과학기술 인력을 바탕으로 기존의 선진국 산업을 빨리 따라가는 “fast follower”에서 새로운 분야와 제품을 개발하는 “first mover”가 되어야 한다. 이를 위해서는 분석과학 인력을 각 산업의 수준에 맞게 공급할 수 있는 인력 양성 방안이 필요하다. 이에 아래와 같은 정책을 제안한다.

1) 훌륭한 분석과학자들을 육성하기 위하여 어릴 때부터 과학관을 통해 분석과학의 기본을 경험하고 학습하게 하여 분석과학 인재를 육성하기 위하여 전국 과학관을 이용하여 간접적인 분석과학 교육을 실시하는 정책을 제안한다.

기존의 분석과학인력 교육 목표를 <표 7-2>와 같은 분류와 수준으로 양성해내기 위한 정책을 제안한다. 이를 위해서는 대학교에서 양성되는 분석과학 인력을 단순 Operator의 개념인 화학분석 인력과 함께 분석화학의 인력을 양성하여야 한다. 이를 위해 대학교육에서 많이 약화된 분석과학 기기사용 실습과 경험을 확대시킬 수 있는 정책과 기초학문인 분석과학(화학)을 보호육성시킬 정책이 필요하다. 그리고 분석화학을 기반으로 하는 기기분석 실험실 인증제 및 전문가 인증제도의 도입으로 산업계의 분석과학 분야 인력의 국가직무표준(NCS)과 같은 제도의 제안한다. 그리고 분석화학자들의 양성을 위해서는 SCI 논문 편수를 기본으로 하는 기존 연구업적 평가기법 변화를 제안한다.

2) 제안한 기기분석실험실 인증 제도를 활용하여 산업계에서 대학이나 국공립연구소의 분석과학 연구능력을 충분히 활용하여 산업계의 애로 사항이나 문제점을 해결할 수 있도록 가교 역할을 해줄 수 있는 기구의 신설을 제안한다.

대기업들은 자신들의 제품생산이나 공정 등에서 발생하는 문제점이나 애로사항을 기업자체의 분석과학기술 능력으로 해결이 되지 않았을 때 어느 곳에서 분석과학기술을 조력 받아 해결할 수 있을지 자체적으로 가지고 있는 정보력이나 대외활동을 통하여 잘 파악하고 대처해 나가고 있는 것으로 판단된다. 그러나 중소기업의 경우 자신들의 제품 개발이나 문제점 해결에 있어서 어느 곳에서 분석과학기술의 도움을 받을 수 있을지 정보력이 부족하다. 그래서 대부분 산업체 인근 대학이나 연구소에서 분석과학기술의 도움을 받고 있다.

그러므로 기기분석실험실 인증 제도가 활성화되면 이러한 중소기업들의 분석과학기술의 애로 사항들을 통합적으로 판단하여 적합한 실험실이나 실험실들을 조합한 그룹과 연결해 주어 산업체의 애로 사항이나 문제점을 해결해 주는 기구의 설립을 제안한다.

3) 3장과 7장에서 설명한 바와 같이 분석과학의 집합체이며 장래 국가 산업 경쟁력의 기반이 되는 국산 분석기기 산업의 활성화 방안 정책을 제안하였다.

이상의 정책들은 우리나라 분석과학 경쟁력을 강화시키기 위한 것으로 첫째로 분석과학을 통계분류 항목으로 지정하여 분석과학 인력의 현황을 파악하자는 것과, 둘째로 제안된 분석과학 인력을 수준별로 양성하기 위한 방법들과, 셋째로 산업계에 국내에 산재된 분석과학기술 능력을 효율적으로 접목하게 하여 국내 산업을 발전시키고 나아가 우리나라 분석과학 산업을 발전시켜나가는 것으로 요약된다.

8.1. 기술 수준 및 수요 기반 분석과학 인력 육성 생태계 조성

- 이 보고서에서 지적한 바와 같이 분석과학 인력 육성을 위한 생태계는 분석과학의 기능적인 인력의 육성보다는 분석과학의 기본적인 교육 및 관리가 가능한 제도적인 뒷받침이 되어야 할 것이다.
- 이를 위해서 첫째로 산업분류표의 기술관련 직종 및 직업의 분류에 분석과학 인력의 코드를 신설하고 세분류에 물리 분석, 화학분석 등을 두고 세세분류에 분석기기 운영의 종류를 두는 것을 정책적으로 추진하여야 한다.
- 분석과학의 기본이 되는 대학의 교육에서 분석과학(분석화학)이 육성될 수 있도록 기초 분석과학의 분야를 전략적으로 육성하는 제도가 필요하다.
- 그리고 산업계에서 필요로 하는 분석기기 분야의 분석과학 인력을 맞춤형으로 교육하는 등 분석과학 수요를 찾아서 교육하는 제도를 마련한다.

8.2. 대국민 정량(定量) 개념 함양

- 이 정책은 훌륭한 분석과학자들을 육성하기 위하여 어릴 때부터 과학관을 통해 분석과학의 기본을 경험하고 학습하게 하여 분석과학 인재를 육성하기 위한 것이다.
- 분석과학의 기반은 정량적인 생각과 표현의 기반이다. 그러나 우리나라 국민들의 표현은 다른 나라에 비하여 정성적인 표현이 많다. 이는 어린 시절부터 훈련이 되어야 한다. 이를 위해 전국의 과학관 전시물 및 프로그램을 신설하여 국민들의 정량적인 개념을 함양 할 수 있도록 한다.
- 과학관에 전시 되고 운영될 프로그램으로는 시각, 청각, 촉각의 감각을 절대적으로 정량적인 숫자로 나타낼 수 있는 프로그램과 상대적인 크기를 체험하여 나타낼 수 있는 프로그램 등이 필요하다. 다른 종류의 것으로는 거리, 무게, 온도 등을 체험하여 숫자로 표현 할 수 있게 하는 체험 프로그램 등이 국민들의 정량 개념을 높이는 데 역할을 할 수 있을 것으로 판단된다.

8.3. 공동실험실습관과 KBSI 연구시설 장비 집적기관 연계활용 정책

- 이 정책은 대학에서 양성되는 분석과학 인력들 중 공동실험실습관을 통해 분석기술자들을 양성하기 위한 정책 제안이다.
- 6.4절에서 기술한 것과 같이 대학교에서 개설되고 있는 분석과학 관련 주요 강좌(분석화학 및 기기분석)의 실험 실습이 병행되지 않는 강좌가 2배 정도 많은 것으로 조사되었다. 이는 대학교의 최소 전공제도의 도입으로 최소 전공에 필요한 학점현재 69학점으로 줄어들었다. 그래서 기초과목으로 많이 개설되었던 분석과학 과목들이 폐지되거나 강의만으로 진행되는 강좌로 바뀌었다. 그리고 1990년도에 설립이 국립대학들에 공동실험실습관의 설치가 시작되었으며 사립대학들도 공동기기원등 유사한 이름으로 설치하기 시작했다. 이로 인해 강좌를 개설하던 각 학과에서 실험실습에 필요한 장비를 구입하던 것이 기기사용의 효율성을 높이기 위해 공동실험실습관에서 구매하여 실험실습 교육을 지원하는 제도로 바뀌었다. 그러나 이들 공동실험실습관이 대학 교과과정의 실험실습을 지원하는 기능보다 연구 지원과 자체 수입원의 개발 등에 많이 활용되고 있다. 그리고 대학 등록금 동결, 반값 등록금 등 대학의 재정 악화로 인하여 실험실습비로 납부한 금액이 실제 실험실습에는 사용되는 금액은 매우 적다. 우리나라 대학 교과과정의 실험실습은 예전보다 악화되었다고 판단된다.
- <표 7-2>의 분석과학 인력 중에서 분석기술자를 양성하기 위해서는 우리나라의 분석과학 분야의 수요 인력 중에서 대학에서 양성하는 분석과학 인력은 분석화학을 전공으로 하는 인력과 이공계의 각 전공의 각 산업과 관련된 분석 전공의 기술 개발자들에 대한 많은 수요가 있다. 대학에서 이러한 인력들을 양성하는 방안으로 공동실험실습관에서 각 전공(산업)분야별 인원들을 학점을 부여하며 양성하는 정책을 제안한다.
- 이와 유사한 예로, 현재 기초과학지원연구원에서 수행하고 있는“첨단 분석과학 육성전략”에도 인력 양성에 관한 계획을 포함하고 있다. 한국기초과학지원연구원-충남대학교가 공동 설립한 분석과학기술대학원(GRAST)을 통해 미래부 연구 장비 엔지니어 양성사업의 일환으로 <표 8-1>과 같이 분석과학 인력을 일부 양성하고 있다.

<표 8-1> 미래부 연구 장비 엔지니어 양성 사업의 교육 프로그램

교육 과정	세부 교육	교육 내용
운영관리 (1년, 장비운영 교육)	기본 교육(80시간)	· 기초과학, 장비통합관리교육
	일반 교육(480시간)	· 핵심 연구 장비 이론 및 실습 교육, 연구 장비 실습교육
	전문 교육(1240시간)	· 현장견학, 취업특강 등 교양수업과 연구 장비 분야별 심화실습교육, 고용기관 현장실습교육으로 구성
유지보수 (1년, 3학년 학부생 대상 교육)	기본 교육(204시간)	· 장비안전교육, 장비통합관리교육, 기초과학교육
	일반 교육(450시간)	· 장비이론 및 실험, 현장견학, 취업특강
	전문 교육(1146시간)	· 유지보수 이론 및 실습, 프로젝트실습, 현장교육
분석과학 (2년, 정규 대학원 과정)	공통 과정	· 공통교육
	분석기술개발	· 질량분석기(MS), 전자현미경(TEM), NMR
	분석 장비 개발 및 개조	· MS, TEM, NMR
	분석과학 활용	· MS, TEM, NMR

이 프로그램과 연계하여 <표 8-2>에 나타난 전국의 연구 장비 집적 시설들을 이용하여 각 산업분야에 필요한 분석과학 인력들을 분야별로 교육하여 양성하는 방안을 제안한다. 특히 대학에서는 각 산업 전공의 학생들에게 각 분야에 관련된 분석과학기술을 학점과 연계하여 교육하면 일자리 창출뿐만 아니라 우리나라 산업계의 분석과학 경쟁력을 지지할 수 있는 프로그램으로 성장시킬 수 있을 것으로 판단된다.

<표 8-2> 전국의 연구시설 · 장비 집적기관 현황

지역	시설 및 기관명	특화분야 및 장비
서울	서울테크노파크	IT제조장비 및 마이크로시스템 패키징, NIT 제조장비
	서울대학교 농생명과학공동기기원	핵자기공명분석기, 초고해상도 전자현미경 등 101점
	서울대학교 기초과학공동기기원	질량분석이온빔가속기, 핵자기공명분광기 등 34점
	서울과학기술대학교 공동실험실습관	유도결합플라즈마질량분석기, 화학성분자동분석기 등 71점
	기초지원(연) 서울센터	500 MHz FT-NMR 등 60점
경기	대진테크노파크	가구관련기술, 디자인, 환경, 에너지 및 의료바이오 등
	송도테크노파크	전자,정보통신·자동차부품,바이오,메카트로닉스 등
	경기테크노파크	전자/정보통신,자동차부품,바이오,로봇
	한경대학교 공동실험실습관	만능재료시험기, 초고속원심분리기 등 220점
강원	강원테크노파크	바이오, 의료기기, 신소재, 해양생물
	강릉원주대학교 공동실험실습관	핵자기공명분광기(600, 300Mhz), 질량분석기 등 58종
	강원대학교 공동실험실습관	공초점현미경, 액체크로마토그래피등 68점
	기초지원(연) 춘천센터	microPET/CT 등 14점

	기초지원(연) 강릉센터	X-Ray Diffractometer 등 3점
충남	충남테크노파크	전기, 전자, 영상미디어, 자동차, 바이오
	공주대학교 공동실험실습관	DNA염기서열분석기, 동적재료시험기 등 50점
충북	충북테크노파크	BT,IT,BIT
	충북대학교 공동실험실습관	3차원영상분석시스템, DNA칩제조·분석기 등 44점
	충주대학교 공동실험실습관	입자분석실험장치, CCD시스템 등 25점
	기초지원(연) 오창캠퍼스	NMR,HR-SIMS 등 41점
대전	대전테크노파크	소프트웨어(IT), 고주파, 지능로봇, 바이오
	충남대학교 공동실험실습관	기체크로마토그래피, 자동원소분석기 등 58점
	한밭대학교 공동실험실습관	만능재료시험기, 만능충격시험기 등 46점
	기초지원(연) 대전본원	HVEM, FE-TEM 등 129점
전북	전북테크노파크	기계/자동차,생물,문화,영상,관광,신재생에너지 및 RFT
	군산대학교 공동실험실습관	주사탐침현미경, 초고속원심분리기 등 17점
	전북대학교 공동실험실습관	진공증착기, 초고속미량원심분리기 등 64점
	기초지원(연) 전주센터	FE-EF-TEM 등 15점
광주	광주테크노파크	LED/LD,광통신/광응용, 전자부품
	전남대학교 공동실험실습관	고분해능 X-선회절분석기, 전자현미분석기 등 76점
	기초지원(연) 광주센터	NMR, TEM 등 39점
전남	전남테크노파크	신소재, 조선, 생물, 문화관광, 물류
	목포대학교 공동실험실습관	DNA염기서열자동분석기, X-선형광분석기 등 69점
	순천대학교 공동실험실습관	주사전자현미경, 고분자분자량질량분석시스템 등 61점
	기초지원(연) 순천센터	TEM, XRD 등 6점
대구	대구테크노파크	전기전자, 바이오, 메카트로닉스
	경북대학교 공동실험실습관(대구)	초고속원심분리기, 원자흡광분광광도계 등 147점
	기초지원(연) 대구센터	NMR, XRD 등 29점
경북	경북테크노파크	섬유,자동차,기계,바이오,한방식품, IT, 전자
	경북대학교 공동실험실습관(상주)	미량원심분리기, 공초점레이저주사현미경 등 151점
	금오공과대학교 공동실험실습관	전계방사형주사전자현미경, 투과전자현미경 등 16점
	안동대학교 공동실험실습관	X-선회절분석기, 주사전자현미경 등 39점
울산	울산테크노파크	자동차, 조선, 화학, 환경, 소재
경남	경남테크노파크	항공우주, 메카트로닉스, 로봇, 정밀기기
	경상대학교 공동실험실습관	전계방출형주사전자현미경, 투과전자현미경 등 57점
	진주산업대학교 공동실험실습관	3차원측정기, 가속용매추출장치 등 1,701점
	창원대학교 공동실험실습관	고분해능 X-선회절분석기, GC/MS 등 58점
부산	부산테크노파크	항만, 물류, 자동차·첨단기계부품·S/W·정보통신, 조선 등
	부경대학교 공동실험실습관	고분해능가스크로마토그래피, 고분해능질량분석기 등 105점
	부산대학교 공동실험실습관	핵자기공명분광기, 생물투과전자현미경 등 60점
	기초지원(연) 부산센터	EPR 등 36점
제주	제주테크노파크	건강뷰티생물산업,바이오신소재,용암해수소재
	제주대학교 공동실험실습관	투과전자현미경, 장방출주사전자현미경 등 142점
	기초지원(연) 제주센터	LC/MS 등 4점

- 제1 방안: 대학의 공동실험실습관에 각 대학의 대학원에 진학할 학생들을 선발하여 1학기 혹은 2학기 동안 공동실험실습관이 과목의 학점을 부여하게 하여 분석 기기들을 직접 다루어 보고 대학원에 진학하여 연구를 할 수 있도록 한다. 이러한 과정은 현재 각 공동실험실습관에서 실시하고 있는 특강 과정을 수정하여 운영할 수 있을 것이다. 극복해야 할 문제점으로는 대학의 부설기관에서 학점을 부여할 수 있는 근거를 마련하는 것이다. 이 방안은 별도의 추가 재원 없이 시행 할 수 있다.
- 제2 방안: 각 대학의 공동실험실습관과 KBSI의 각 지역 센터가 합동으로 교육 과정을 운영하고 학점을 부여하는 방안이다. 이는 <표 8-2>에 나타난 것 과 같이 이미 각 지역별로 특화 분야와 장비가 구축이 되어 있으므로 각 지역의 대학의 공동실험실습관과 KBSI의 각 지역 센터가 정해진 특화분야의 분석과학 인력을 양성하는 제도를 제안한다.
- 최근 많은 대학들이 모듈식 교과과정이나 자유학기제 혹은 집중 교과과정의 활성화로 추가의 재원 조달 없이 시행할 수 있는 기반과 분위기가 마련되고 있다고 판단된다. 다만 제1 방안과 같이 대학의 학점 부여 기능을 유연하게 할 수 있는 제도적 개선이 선제적으로 필요하다.

8.4. 부처통합형 기기분석 인증 실험실 및 전문가 인증제 도입

이 정책은 설문조사와 기존 보고서들을 기초로 파악된 대학의 기기분석 사용 경험과 산업체에서 필요로 하는 인력을 손쉽게 구할 수 있도록 하며, 그 인력에 대한 보증을 하기 위한 시스템으로, 기존의 응용분야 지향적인 정책에서 분석과학 기본에 기반한 인력양성 및 보급을 위한 것이다.

<현 상황의 문제점>

- 현재의 분석기사 자격증 등의 제도는 필기고사 위주이어서 단기간의 학습만으로 통과가 가능하며, 실제로 분석기기 운용 경험의 정도는 판단하기 어렵다.
- 분석기사 자격증 취득자도 취업 후 처음부터 재교육이 필요하여 상당한 인적 물적 자원이 허비되고 있다.
- 기기분석 전문가를 양성하기 위해 기관에서 교육 프로그램을 다양하게 열고 있으나 길어야 수일 정도의 기기 작동법 소개에 그치고 있다.
- 기기분석 전문가를 양성을 위한 전문 교육 기관을 설립하고 있으나, 기관의 설립과 운용에 매우 많은 예산이 필요하여 전국적으로 확대가 어렵다.

<해결 방안>

- 전국 대학의 공동실험실습관, 개별 대학원 연구실, 연구소 등의 기존 분석 장비를 이용하여 기기분석 전문가를 양성한다.
- 추가 정책 과제에서 인증제의 구체적 실천 방안 도출 필요

<자격 취득 요건; 예>

- 1) 분석과학의 전반적 기본 원리에 대한 교육을 위해 인증 분석과학 기초 과목(분석화학, 기기분석 등)의 규정(예 6학점) 학점 이수 후 소양 시험을 통과한다.
- 2) 미래부 인증 기기분석 전문가 양성 실험실에서 일정 시간 이상 특정 기기 운용하고 학위 논문 혹은 국제 전문 학술지 게재
- 3) 예를 들어 AAA 분석 장비 전문가 X급(구체적 기기 모델 혹은 사양 병기) 등으로 구체적 전문 분석기기 명시하여 산업 현장에서 재교육 없이도 해당 장비를 운용할 수 있는지 판단 가능케 한다.

<상급 인증제>

- 운용 시간, 논문 게재 이력에 따라 급수 지정. 학사, 석사, 박사 학위 논문을 위한 장비 운용 경험은 크게 차이날 수 있다. 보다 전문적 교육과 운용 경험자를 우대하여 동기 부여한다.
- 복수의 장비에 대한 인증 취득 가능. 학위 과정에 따라 다른 장비나 복수의 장비에 대한 운용 경험을 인정받을 수 있는 제도를 마련한다.
- 일정 수준 이상의 인증자에게 “명장(가칭)” 호칭 부여하여 심도 있고 다양한 전문성에 대한 우대로 분석과학 전문가가 되기 위한 동기 부여한다.
- 여기서 상급인증자의 우대는 산업체나 공공기관의 취업 시 우선적 채용 등 인증제 자체의 좋은 평판 및 NCS와 같이 분석과학분야의 직무능력을 인정하여 각 산업체에서 인증을 받은 인력들에게 자발적으로 다양한 우대 항목을 부여할 수 있게 유도하는 것을 의미한다.

<인증 실험실의 운용>

- 분석과학 기술위원회(가칭)에 의해 주기적으로 재인증. 인증자의 양성 이력, 분석 장비의 적절한 유지, 최신화 등에 대한 검증을 시행한다.
- 교육 대상 장비가 제대로 유지 보수되지 않으면 인력 양성도 불가능하다. 인증 실험실에는 매년 장비 유지 및 운용 지원금(기기 가격에 따라 수천만원까지) 지급. 이를 통해 인증 실험실 제도에의 확실한 참여 동기를 제공하며, 현재 교육 기관에서 운용되는 장비의 유지 보수비용 확보의 어려움을 해결한다. 장비 공급 회사의 유지 보수비용 매칭을 장려하는 방안도 마련한다.
- 인증 연구실의 고유 업무에 큰 방해가 되지 않는 범위에서 상업적 분석 서비스의 요청이 있는 경우 서비스를 제공하도록 명시한다. 이는 아래에 제안하는 버츄얼 분석전문 회사의 운용을 위한 것이다.

<버츄얼 분석전문 회사>

- 국가 경제 발전의 주역인 산업 현장에서 품질 관리, 신제품 개발, 불량 문제 해결, 경쟁 제품 분석 등이 요구된다. 그런데 기존 분석법으로 해결할 수 없는 새로운 물질이나 불순물의 경우, 단순한 화학분석자가 해결할 수 없고, 분석과학 전문가가 필요한 경우가 많다. 그러나 국내에는 고도의 분석과학 능력을 보유한 기업들이 많지 않아 이러한 문제들이 발생하였을 때 난관에 봉착하게 된다. 이 경우, 대학의 관련 분석과학 연구실을 탐문하여 도움을 요청하지만, 대부분의 연구실은 추후 있을지 모르는 책임 소재 등의 문제로 개입되기를 꺼려한다. 국내의 중소기업은 물론, 대기업의 경우에도 분석의 난제에 풀지 못하면, 일본의 분석과학 서비스 전문회사인 도레이(Toray Research Center, Inc.; TRC) 등에 의존할 수밖에 없는 것이 현실이다. 이는 산업 정보의 유출의 위험은 물론, 대한민국의 국격에도 문제가 된다. 이러한 문제는 일본을 따라가는 "fast follower"의 입장에서는 큰 문제가 되지 않을 수도 있지만, 우리의 기업들이 일본을 앞서 나가려는 "first mover"가 되어야만 하는 상황에서는 심각한 문제로 부상할 것이다.
- 일본에는 1978년 창립한 TRC를 비롯하여 미츠비시 등에서 분석과학 서비스 전문회사가 있어, 일본 기업의 종합병원 역할을 하고 있으며, TRC의 경우 한국에도 지사가 진출하여 매년 수십억원의 매출을 올리고 있다. 박리다매가 아닌 맞춤형 분석 서비스라는 점을 상기하면 단순한 매출 규모 이상의 큰 문제라는 것을 알 수 있다.
- 그러나 국내에서도 TRC와 같은 서비스 전문회사의 설립 시도가 일부 있었지만, 다양한 분석 인프라를 갖추기 위한 막대한 초기 투자 비용과, 전문 인력 확보의 어려움으로 무산되었다. 앞으로도 실현되기는 어려울 것으로 보인다. 이 문제의 해결책으로 전국의 다양한 인증 실험실을 엮은 버츄얼 분석 서비스 회사를 제안한다. 예를 들면, 한국분석과학회에 각 인증 실험실을 통합 관리하는 조직을 만들어 분석 서비스 요청을 접수하는 창구가 되고, 비용 등의 문제를 관리하면 분석 관련 문제에 봉착한 기업들이 대학의 연구실을 탐문하거나, 일본 기업의 서비스에 의존하는 문제를 해결할 수 있을 것이다. 이 방안도 역시 후속 연구 과제를 통해 타당성과 실행 방안을 면밀히 검토하는 것이 필요하다.

<기대 효과>

- 기존의 교육 과정과 장비를 이용하여 최소한의 추가 비용으로 인력 양성 효율 극대화
- 학위 취득을 위한 연구를 수행하기 위해 수년간 특정 분석기기의 전문적 경험을

- 쌓고 구체적 인증서를 발급 받음에 따라, 실질적 분석 전문가의 구인과 구직 용이
- 학교별로 인증 실험실 확보와 유지를 위해 학부와 대학원의 분석과학 이론과 실기 교육 내실화
 - 기기분석 관련 대학원 연구실의 활성화
 - 보조금을 활용한 보유 장비의 원활한 운용

<비고>

기존의 ISO, KOLAS, 공학 인증제, 화학 적성 시험 등의 운용 방법 참고

8.5 국가 분석검증 시스템 구축

- 국내의 기관에서 국제 공인 시험 성적서를 발행하는 경우에는 검증된, 자세하고 엄격한 분석법을 따라 화학분석을 수행하지만, 그렇지 않은 경우, 적지 않은 수의 국내의 연구자는 분석 장비의 원리의 이해 없이 매뉴얼에 따라 화학분석을 수행하고 있다. 그리하여 주어진 분석 장비의 기초적인 성능만을 사용하거나, 장비의 성능을 과신하여 실험 조건에 따른 영향을 고려하지 않아 잘못된 분석 결과를 이용하여 연구를 진행할 수 있다. 예를 들어, ICP/MS는 국내의 수많은 기관에서 활용하고 있는데, ICP/MS는 시료의 매트릭스에 따라 큰 영향을 받는 대표적인 분석법이다. 그래서 학부의 분석화학 교재에서는 표준 첨가법(standard addition)을 사용하도록 권하고 있지만, 국내의 실제 연구 현장에서는 이러한 기본적인 주의 사항을 알지 못하고 있다. 얼마나 많은 국내의 연구가 잘못된 화학분석 결과에 근거한 것인지 염려스럽다. 이러한 문제를 보완하기 위해 화학분석 데이터를 포함하는 연구 과제에 분석과학 전문가가 포함되거나 분석전문가의 검토를 받을 것을 제도화 할 필요가 있다.
- 우리는 하루가 멀다 하고 불법 식품 첨가물, 의약품 성분 불량, 공해 물질 등의 보도를 접하고 있다. 당사자들 사이에서 분석법의 적합성에 대한 논쟁, 심지어는 사법적 분쟁 등의 심각한 상황으로 가는 경우도 많다. 공인 분석법이 있는 경우에도 얼마나 충실히 수행되었는지 검증하는 문제는 쉽지 않으며, 아직 법적으로 공인 분석법이 없는 경우도 있다. 이러한 상황에서 한국분석과학회와 같은 중립적 전문 학회가 분석법 검증의 판단을 돕는 경우도 있다. 여기서 더 나아가 국가적으로 법적 분쟁 자문기관을 확보할 필요가 있다.

8.6 연구업적 평가기법 개선

이 정책은 분석과학자들의 육성을 도모하기 위한 제도 개선 방안이다.

- 학문 분야의 왜곡 현상
- 대한민국은 단기간에 과학과 기술을 발전시켜 세계사에 유래가 없는 발전을

이루었다. 이러한 발전에는 정부 주도형 ‘선택과 집중’이 큰 견인차 역할을 하였다. 이제 다음 단계의 발전을 위해서는 소수의 분야만의 선전만으로는 5천만의 인구, 나아가 통일 한국의 8천만 인구를 떠받들 수 없음은 자명하다. 즉, 과학과 기술의 전 분야에 걸쳐 기초 체력이 확보되고 각 분야의 균형 잡힌 발전이 필수적이다.

그러나 국내에서 화학분석을 수행하는 화학분석자의 숫자는 늘어나고 있지만, 분석기술이나 분석 장비의 개발을 전문적으로 연구하는 인력의 숫자는 현저히 줄어들고 있다. 그리하여 대부분의 첨단 분석 장비는 외국에서 많은 비용을 들여 수입해서 쓰고 있으며, 국내에서 새로운 장비를 개발하여 전 세계를 대상으로 공급하는 일은 거의 일어나고 있지 않다. 가장 중요한 이유는 분석과학 전문 연구 인력이 제대로 양성되지 않기 때문이다. 이는 연구 결과의 평가가 주로 impact factor로 가늠되는 수치에 의해 이루어지고 있는 것에 기인한다. 학문의 분야마다 논문 당 평균인용 문헌의 수가 크게 차이 나며, 같은 학문 분야의 세부 분야별로도 큰 차이가 있다. 국내에서 활발히 연구되는 나노 기술, 생물학, 재료 관련 분야의 국제학술지들은 논문 1편당 인용 문헌의 수가 매우 많고 이에 따라 학술지의 impact factor도 다른 분야에 비해 매우 높다는 것은 잘 알려진 사실이다. 이로 인해 개개의 연구자는 현재의 impact factor에 기반 평가 시스템에서 좋은 업적 평가를 받기 위해 impact factor가 높은 분야의 연구를 택하게 되고, 국내의 연구 방향이 실질적 중요성과 괴리되어 과도하게 편중되고 왜곡되고 있다.

■ 연구 실적 평가 기법의 개선

분석과학뿐만 아니라, 과학과 기술 전 분야에 걸쳐, 인위적인 정부 주도형 ‘선택과 집중’에서 벗어나, 각 개인의 개성, 특성에 맞게 자발적으로 학문 분야의 균형적 재배치가 일어나야 한다. 이를 위한 가장 근본적인 방법은 연구자의 업적 평가가 학문 분야의 특성을 중시하지 않는 수치적 impact factor의 단순 평가에서, 학문 분야의 특성을 고려한 ‘학문 분야별 상대 평가’로 바뀌어야 한다. 이미 호주에서 시행하여 좋은 결과를 얻고 있는 ‘연구 집단 상대 평가’와 같은 제도를 제안한다. 요약하면 다음과 같다.

- 1) 지난 5년간 50편 이상의 국제학술지 논문을 발표한 5인 이상의 연구자가 집단이 되어 연구 분야를 표명한다.
- 2) SCOPUS와 같이 국제적 연구 평가 기관에서 제공하는 서비스를 이용하여 표명된 연구 분야 내에서의 연구 집단의 국제적 상대적 순위를 판정한다.
- 3) 연구 집단 각 구성원의 평가를 지양하고 연구 집단의 수월성만으로 향후 5년간의 연구 자원을 지원한다.

이러한 상대평가의 기법이 도입되어야만, 분석과학과 같이 국가발전의 필수적인 분야가 단지 impact factor가 낮다는 이유만으로 연구 인력 양성이 어려워지는 문제를 해결할 수 있을 것이다.

- 연구실적 평가 기법의 개선을 위해서는 범부처의 task force에서 신중하고 전문적인 검토 기획이 필요하다. 사전 준비를 위한 정책 과제도 필요할 것이다.

8.7 분석기기 산업 육성 정책

- 우리나라의 분석·과학기기 관련 기업을 모두 망라하여도 50여 업체에 불과하고 대부분 100인 미만의 기초과학기기 기업이므로 양적·질적 성장이 함께 요구된다. 그동안 소비재 산업 및 중화학공업을 중심으로 성장한 우리나라의 산업구조에서 하이테크 정밀기기 산업이 불균형적으로 발전하지 못하였음에 기인하는 것으로 볼 수 있다. 분석·과학기기 산업이 성장하려면 우선 하나의 중요한 산업분야로서 사회적으로도 널리 인식되어야 하고 이를 바탕으로 산업육성의 공감대가 형성되어 실효적인 정책적 육성책 지속적으로 실시되어야 할 것이다.
- 현재 분석기기 산업은 미국, 일본, 독일 등 소수의 선진국 특히 과학기술을 기반으로 한 경제 강국들이 주도하고 있는 특수한 산업 분야이다. 한 국가나 사회가 새로운 미래 성장 동력을 개발하는 데 필수적으로 선행 또는 병행되어야 할 분야이기도 하다. 동시에 IT, 자동차 등 어느 산업과 비교해도 고급 이공계 인력의 고용 효과가 높은 산업이다. 이러한 특성을 갖는 주된 이유는 첨단 분석기기일수록 시장 수요가 첨단 과학기술연구를 수행하는 소수의 연구 집단에 한정될 정도로 크지가 않고, 지역적으로 분산되어 있으며 주문형 제작 방식을 취하고 있어서 분석기기 개발과 제조, 지원 등에 다양하고 많은 분석과학 및 공학 전문가가 투입되어야 하기 때문이다. 따라서 첨단 분석기기는 표준화된 상품으로 보급되기 전과 시장 수요가 크게 증가하고 동 상품의 제조업체가 늘어나기 전까지는 높은 가격을 형성하게 된다. 바꾸어 말하면 초기 분석기기의 개발과 사업화에 리스크 요인이 존재한다는 것을 말해준다. 이러한 분석기기 산업의 특성을 고려할 때 동 산업의 육성을 위해 다음과 같은 정책이 필요하다고 판단된다.
 - 1) 분석기기 기술, 시장, 기업 실태 등에 관한 국내외 연구 조사 사업 실시(cf. 일본 분석기기 공협회-JAIMA는 매년 일본에서의 분석기기 생산, 일본 내 판매, 국외 수출 등에 관한 통계 분석 자료를 발표하고 있음)
 - 2) ODA 사업 등을 통한 국내 생산 분석기기의 저개발국 국외 보급 지원 (미국, 일본, 영국 등 국외 선진국에서 과거에 많이 활용했던 정책으로 우리나라의 경우 1970~80년대에 해당국가의 유·무상 차관 등을 통해 대학, 국공립연구소 등에 많이 보급됨.)
 - 3) 국내 생산 주요 분석기기를 활용한 대학에서의 분석기기 실습교육 확대 강화

하여 국산장비의 활용을 촉진시키고

- 4) 분석기기 개발 경험을 보유한 국외 우수 인력의 국내 유치 및 국내 대학 등에서의 인력 양성 지원
- 5) 국내 개발 생산된 분석기기의 효과적인 국외 진출을 위한 영업, 마케팅 지원
- 6) 국가 차원의 첨단 분석기기 개발을 포함한 연구 시험 장비 산업 확대 강화 정책을 지속적으로 추진
- 7) 우리나라의 영세한 연구 장비 기업들이 성장 기반을 마련 할 수 있도록 각각의 기업들이 보유하고 있는 강점들을 전략적으로 제휴할 수 있는 환경을 지원하여 경쟁력 있는 공동 브랜드 정책을 활성화하여 규모의 경제를 구현할 수 있도록 추진
- 8) 국제 표준 제안 시 국내 원천기술을 가지고 있는 분야에 대하여 우선적으로 지원하며, 국내 원천기술을 포함한 국제 표준의 채택 시 신규 국내 시장을 확보할 수 있도록 국내 표준으로의 활용 촉진

물론 이와 유사한 정책들이 과거에도 많이 시행된 바 있다. 1990년에는 분석기기 분야의 확대되는 무역 역조를 줄이기 위한 분석기기 국산화 정책이 모색된 바 있고, 2000년대 이후에는 분석기기 국산화 기업을 지원하고, 국내에 보급된 고가 분석 기기들의 활용도를 높여 국가 차원의 효율화를 향상시키기 위한 정책이 시행되고 있다. 문제는 이러한 정책들이 궁극적으로 우리나라 분석기기 산업을 육성 발전시키는 결과를 가져오지는 못했다. 상대적으로 볼 때 분석기기 시장은 유사한 의료기기, 계측기기 등 산업 분야에 비해 작게 평가되고, 국외 선도기업의 국내 대리점 혹은 지사가 이 산업 분야를 주도하고 있듯이 이 분야 주요 선진국과의 높은 격차로 인해 한두 가지의 단기적인 정책으로는 국내 분석기기 산업을 일으키는 쉽지 않다는 것을 말해준다.

따라서 앞에서 열거한 대책들이 체계적이고 지속적으로 추진될 필요가 있다. 이를 위해 가칭‘분석기기 산업 육성 및 지원에 관한 법’의 제정이 필요하다고 판단된다. 아울러 국내외 분석기기 기술 및 산업의 실태와 추이를 매년 분석, 평가하고, 주기적으로 분석기기 산업 육성을 위한 정책을 입안, 수정, 보완하여 추진할 수 있는 조직 또는 기구가 만들어져야 할 것이다.

9. 참고문헌

- 2016 노벨과학상에 숨은 연구 장비 이야기, Vol. 34, 2016, 국가연구시설장비진흥센터
- C&EN Volume 94 Issue17 | pp. 32-35, Issue Date: April 25, 2016
- 기업표준화 실태조사, 국가기술표준원, 2016.
- 김만구, 2014 환경 분야 국가표준전문위원회 워크숍 자료집, p.34, 2014.
- 백종웅, 2016 한국분석과학회 추계학술대회.
- 2013 이공계인력 육성·활용과 처우 등에 관한 실태조사(개인), 미래창조과학부.
- 시험인증산업 경쟁력 강화방안, 국가기술표준원, 2014
- 유경만, 2016 한국분석과학회 추계학술대회.
- 김동호, 시험인증산업 경쟁력강화방안, KEIT, 2014.
- 화학분야 산업인력현황 분석 보고서, 화학산업인적자원개발위원회, 2016.
- 지속가능한미래를 위한 화학의 약속(CHEMI 2020), 한국화학연구원, 2012.
- 연구시설·장비의 국산화 육성정책 개발연구, 한국기초과학지원연구원, 2016.
- 산업기술인력 수급실태조사 통계정보 보고서, 통계청, 2015.
- 직종별 사업체 노동력 조사, 통계청, 2016.
- 한국표준산업분류, 통계청, 2016.
- 직종별 사업체 노동력 조사, 통계청, 2016.
- 화학기술 분야 기술개발 전문 인력 학력별 현황, 통계청, 2016.
- 국내 연구 장비산업 경쟁력강화 정책 포럼 발표자료집, 한국기초과학지원연구원2016.
- 12년도 국가연구시설장비 운영관리 실태조사, 미래창조과학부, 2013.
- 연구 장비 엔지니어 양성사업계획, 교육과학기술부,
- 우리나라의 산업기술인력 수급방안, KEISTEP 통계브리프, 2016 제 04호.
- 분석과학산업 육성전략(안), 미래창조과학부, 2016.
- 국·공립대학의 연구시설·장비 관리체계 개선안, 국가연구시설장비진흥센터, PRISM 제15호, 2016.
- 2016 하반기 전국 국립대학교 공동실험실습관 협의회 회의자료, 2016.
- 김진용, 이정재“국내 과학기술인력 규모 분석” Issue paper 2007-15, 한국과학기술기획평가원.

<웹사이트>

- <http://e-learning.me.go.kr>
- <http://kssurvey.or.kr>
- <https://kssc.kostat.go.kr>
- <http://nfec.ntis.go.kr>
- <http://kosis.kr>
- <http://park5.wakwak.com/~pai-net/>

부록 1.

노벨화학상 수상 주제와 분석 관련 업적

연도	수상자	국적	수상 주제	분석관련업적
1901년	야코뷔스 반트 호프	네덜란드	화학동역학 법칙 및 삼투압 발견	osmometer 삼투압의 발견과 측정
1902년	헤르만 에밀 피셔	독일 제국	당과 푸린 합성에 관한 연구	유기물구조분석
1903년	스반테 아레니우스	스웨덴	전기해리이론	liquid conductivity meter 액체 전도도 발견과 측정
1904년	윌리엄 램지	영국	공기 중 비활성 기체원소의 발견과 주기율표 내 위치 결정	물질의발견,분리,본질분석
1905년	아돌프 폰 베이어	독일 제국	유기염료와 히드로방향족 화합물 연구	유기물구조분석,명명법의 체계화
1906년	앙리 무아상	프랑스	플루오린의 분리와 무아상 전기로 연구	물질의분리,본질분석
1907년	에두아르트 부흐너	독일 제국	비세포적 발효 발견과 연구	효소 분리
1908년	어니스트 러더퍼드	영국 (뉴질랜드)	원소의 분열과 방사능 물질의 화학에 대한 연구	방사성원소 분석
1909년	빌헬름 오스트발트	독일 제국	촉매, 화학평형과 반응속도에 관한 선구적 연구	
1910년	오토 발라흐	독일 제국	지방족 고리화합물의 선구적 연구	유기물구조분석
1911년	마리 퀴리	폴란드 프랑스	라듐 및 폴로늄 발견, 라듐 분리, 라듐의 성질과 라듐화학물 연구	물질의발견,분리,본질분석
1912년	빅토르 그리냐르	프랑스	그리냐르 시약의 발견	
	폴 사바티에	프랑스	유기화합물의 수소화 방법 발견	
1913년	알프레트 베르너	스위스	분자 내에서의 원자의 결합 연구로 무기화학의 새로운 분야 개척	착물의 구조분석
1914년	시어도어 윌리엄 리처즈	미국	많은 화학원소의 정확한 원자량 측정	화학적방식의 원자량 측정
1915년	리하르트 빌슈테터	독일 제국	식물 색소, 특히 클로로필에 관한 연구	크로마토그래피
1916년	수상자 없음			
1917년	수상자 없음			
1918년	프리츠 하버	독일 제국	원소로부터 암모니아 합성	
1919년	수상자 없음	수상자 없음		

1920년	발터 헤르만 네른스트	바이마르 공화국	열화학 분야에 관한 연구	pH 미터
1921년	프레더릭 소디	영국	방사성 물질의 화학동위원소의 기원과 성질에 관한 연구	방사성원소 분석
1922년	프랜시스 윌리엄 애스턴	영국	자신이 개발한 질량분석기를 이용한 비방사성 동위원소 발견 및 정수법칙 발표	이중초점 질량분석기
1923년	프리츠 프레글	오스트리아	유기 물질의 미량분석법 개발	원소분석기
1924년	수상자 없음			
1925년	리하르트 아돌프 지그몬디	바이마르 공화국, 헝가리	콜로이드 용액의 불균일 특성의 설명	콜로이드 특성 분석
1926년	테오도르 스베드베리	스웨덴	분산계(disperse systems)에 대한 연구	콜로이드 특성 분석
1927년	하인리히 오토 빌란트	바이마르 공화국	담즙산 및 관련 물질의 조성에 관한 연구	담즙산 분석
1928년	아돌프 오토 라인홀트 빈다우스	바이마르 공화국	스테롤의 구조와 비타민과의 연관성에 관한 연구	스테롤 구조 분석
1929년	아서 하든	영국	당의 발효와 발효효소에 관한 연구	효소 분리
	한스 폰 오일러켈핀	스웨덴		
1930년	한스 피셔	바이마르 공화국	헤민과 엽록소 구성성분 중 헤민 합성에 기여	헤모글로빈 구조 분석
1931년	카를 보슈	바이마르 공화국	화학적 고압방법의 발명과 개발바이마르 공화국	바이마르 공화국
	프리드리히 베르기우스	바이마르 공화국	바이마르 공화국	바이마르 공화국
1932년	어빙 랭뮤어	미국	표면화학에 대한 발견과 연구	표면흡착측정
1933년	수상자 없음			
1934년	해럴드 클레이턴 유리	미국	중수소에 대한 연구	중수소의 발견, 분리, 본질분석
1935년	프레데리크 졸리오 퀴리	프랑스	새로운 방사성원소 합성	
	이렌 졸리오 퀴리	프랑스		
1936년	피터 디바이	네덜란드	기체 내의 쌍극자모멘트와 엑스선 및 전자의 회절 연구	X선 회절분석법
1937년	노먼 하워스	영국	탄수화물 및 비타민 C 연구와 카로티노이드, 플라빈, 비타민 A와 비타민 B2 연구	유기물질 구조분석

	파울 카러	스위스		
1938년	리하르트 쿤	나치 독일	카로티노이드와 비타민 연구	유기물질 구조분석
1939년	아돌프 부테난트	나치 독일	성 호르몬 연구	호르몬 분리
1939년	레오폴트 루지치카	스위스	폴리메틸렌 및 폴리터펜 연구	
1940년	수상자 없음			
1941년	수상자 없음			
1942년	수상자 없음			
1943년	조르주 드 헤베시	헝가리 왕국	화학연구에 방사성 동위원소를 추적자로 이용	방사능표지자추적법
1944년	오토 한	나치 독일	중핵분열의 발견	방사선원소 발견
1945년	아르투리 비르타넨	핀란드	농업화학, 영양화학 연구, 특히 사료보존법 개발	
1946년	제임스 쉰너	미국	효소의 결정화 발견	효소 분리
	존 노스롭	미국	순수 형태의 효소 및 바이러스 단백질 제조	
	웬들 스탠리	미국		
1947년	로버트 로빈슨	영국	생물학적으로 중요한 식물 생성물, 특히 알칼로이드 연구	
1948년	아르네 티셀리우스	스웨덴	전기영동 및 흡착분석에 관한 연구	전기영동법
1949년	윌리엄 지오크	미국	극저온에서 물질의 거동에 관한 연구	엔트로피측정
1950년	오토 딜스	서독	다이엔합성의 발견과 개발	
	쿠르트 알더	서독		
1951년	에드윈 맥밀런	미국	트랜스우라늄 원소의 발견과 연구	물질의 발견, 분리, 본질분석
	글렌 시보그	미국		
1952년	아처 마틴	영국	분배 크로마토그래피 발명	크로마토그래피
	리처드 싱	영국		
1953년	헤르만 슈타우딩거	서독	거대분자 연구	X선 회절분석법, 삼투압측정, 점도계
1954년	라이너스 칼 폴링	미국	화학결합의 특성 연구	X선 회절분석법

1955년	빈센트 뒤 비뇨	미국	폴리펩타이드 호르몬의 최초 합성	
1956년	시릴 노먼 힌셜우드	영국	화학반응 메커니즘에 관한 연구	
	니콜라이 세묘노프	소련		
1957년	알렉산더 토드	영국	뉴클레오타이드류와 뉴클레오타이드 조효소에 대한 연구	
1958년	프레더릭 생어	영국	인슐린 구조에 대한 연구	DNA염기서열법
1959년	야로슬라프 헤이로프스키	체코슬로바키아	폴라로그래피의 발견과 개발	폴라로그래피
1960년	윌러드 프랭크 리비	미국	방사성 탄소연대측정법 개발	방사성 탄소연대측정법
1961년	멜빈 캘빈	미국	식물의 탄소동화작용에 관한 연구	
1962년	막스 퍼루츠	영국	구형 단백질 구조에 관한 연구	X선 결정학
	존 켄드루	영국		
1963년	카를 치글러	서독	고분자 화학과 기술 분야 연구	
	줄리오 나타	이탈리아		
1964년	도로시 호지킨	영국	엑스선 기술로 중요한 생화학 물질의 구조결정	X선 결정학
1965년	로버트 번스 우드워드	미국	유기합성 기술의 뛰어난 연구	
1966년	로버트 샌더슨 멀리컨	미국	분자의 화학결합 및 전기적 구조에 관한 연구	분광학
1967년	만프레트 아이젠	서독	초고속 화학반응에 관한 연구	초고속촬영
	로널드 노리시	영국		
	조지 포터	영국		
1968년	라스 온사거	미국	비가역과정 열역학에 기초를 이루고 그의 이름을 딴 역관계 발견	
1969년	드렉 바턴	영국	특정 유기화합물의 3차원적 형태결정에 대한 연구	X선 결정학
	오드 하셀	노르웨이		
1970년	루이 플루아르	아르헨티나	당뉴클레오타이드의 발견과 탄수화물의 생합성에서 그 역할 연구	물질의 발견, 분리, 본질분석
1971년	게르하르트 헤르츠베르크	캐나다	자유 라디칼의 구조에 관한 연구	분광학

1972년	크리스천 앤핀슨	미국	아미노산 서열과 생체활성형태의 연관성 연구	아미노산 분석기
	스탠퍼드 무어	미국	리보뉴클레아제 내 활성센터의 화학구조와 촉매활동 간의 연관성 연구	
	윌리엄 하워드 스테인	미국		
1973년	에른스트 피셔	서독	샌드위치 화합물 화학에 관한 선구적 연구	구조분석
	제프리 윌킨슨	영국		
1974년	폴 플로리	미국	고분자물리화학의 발전에 기여	구조분석
1975년	존 콘포스	영국, 호주	효소 - 촉매반응의 입체화학 연구	
	블라디미르 프렐로그	스위스	유기분자와 유기반응의 입체화학 연구	광학이성체 크로마토그래피
1976년	윌리엄 립스컴	미국	보란의 구조에 대한 연구	핵자기공명분광법
1977년	일리아 프리고진	벨기에	비평형열역학, 특히 소산 (消散, dissipative) 구조론 연구	
1978년	피터 미첼	영국	생물학적 에너지이동 과정의 공식화	
1979년	허버트 브라운	미국	유기물질 합성에 붕소와 인 화합물 도입	
	게오르크 비티히	서독		
1980년	폴 버그	미국	혼성 DNA와 관련된 핵산의 생화학적 기초 연구	
	윌터 길버트	미국	핵산 염기서열 결정에 공헌	DNA 염기서열법
	프레더릭 생어	영국		
1981년	후쿠이 겐이치	일본	화학반응 경로에 관한 이론	
	로알드 호프만	미국		
1982년	에런 클루그	영국	결정학적 전자현미경 개발과 핵산 - 단백질 복합체의 구조 규명	결정학적 전자현미경
1983년	헨리 타우비	미국	금속 착물의 전자이동반응 메커니즘 연구	핵자기공명분광법
1984년	로버트 메리필드	미국	고체기질 위에서의 화학합성 방법론 개발	
1985년	허버트 하우스프트먼	미국	분자의 결정구조를 직접 알아내는 방법 개발	X선 결정학

	제럼 칼	미국		
1986년	더들리 로버트 허슈바크	미국	화학의 기본과정 동역학에 대한 기여에 의해서	
	리위안저李遠哲	미국, 대만		
	존 폴라니	캐나다, 헝가리		
1987년	도널드 제임스 크랩	미국	높은 선택성의 구조 - 특이적 상호작용을 갖는 분자의 개발과 사용	
	장마리 렌	프랑스		
	찰스 피더슨	미국		
1988년	요한 다이젠호퍼	서독	광합성 반응센터의 삼차원 구조를 결정함	X선 결정학
	로베르트 후버	서독		
	하르트무트 미헬	서독		
1989년	시드니 올트먼	미국, 캐나다	RNA가 촉매성질을 가짐을 발견	
	토머스 체크	미국		
1990년	일라이어스 제임스 코리	미국	유기합성에 대한 이론과 방법론에 대한 개발	
1991년	리하르트 에른스트	스위스	고해상도의 NMR분광법의 개발에 대한 기여	핵자기공명분광법
1992년	루돌프 마커스	미국	화학계에서의 전자전달반응에 대한 이론을 성립하는데 기여한 공로	
1993년	캐리 멀리스	미국	DNA기반 화학방법론의 개발에 대한 공로	
	마이클 스미스	캐나다		
1994년	조지 올라	미국, 헝가리	탄소양이온 화학에 대한 공헌	
1995년	파울 크뤼첸	네덜란드	대기화학, 정확히는 오존층 파괴에 관한 연구	
	마리오 몰리나	미국		
	셔우드 롤런드	미국		
1996년	로버트 켈	미국	풀러렌을 발견	분광학
	해럴드 크로토	영국		

	리처드 스몰리	미국		
1997년	폴 보이어	미국	ATP 합성 반응의 기초를 이루는 효소 기작에 대한 설명	
	존 E. 워커	영국		
	옌스 스코우	덴마크	막경유 ATPase의 일종인 Na ⁺ K ⁺ -ATPase의 발견	
1998년	윌터 콘	미국	밀도함수이론의 개발	
	존 포플	영국	양자 화학의 계산방법론의 개발	핵자기공명분광법
1999년	아메드 H. 즈웨일	이집트	펩토조 분광법을 이용한 화학 반응의 전이단계에 대한 연구	분광학
2000년	앨런 J. 히거	미국	전도성 고분자의 발명과 발견	
	앨런 맥더미드	미국, 뉴질랜드		
	시라카와히데키	일본		
2001년	윌리엄 S. 놀스	미국	키랄성을 갖고 축매되는 수소 첨가반응에 대한 작업	
	노요리료지	일본		
	배리 샤플리스	미국	키랄성을 갖고 축매되는 산화 반응에 대한 작업	
2002년	존 펜	미국	생체고분자의 구조적 분석과 동정을 위한 방법론의 개발(생체 고분자의 질량 분석법을 위한 온화하는 이탈 이온화법의 개발)	질량분석법
	다나카고이치	일본		
	쿠르트 뷔트리히	스위스	생체고분자의 구조적 분석과 동정을 위한 방법론의 개발(용액중에서 생체고분자의 3차원 구조 결정에 관한 핵자기공명 분광법의 개발)	핵자기공명분광법
2003년	피터 에이그리	미국	세포막상의 물분자 채널을 발견	
	로더릭 매किन	미국	세포막상의 이온 채널을 발견	X선결정학
2004년	아론 치카노베르	이스라엘	유비퀴틴이 관여된 단백질의 분해를 발견	
	아브람 헤르슈코	이스라엘		
	어윈 로즈	미국		
2005년	이브 쇼뱅	프랑스	복분해 반응 및 복분해 반응을 유도하는 촉매물질 개발	

	로버트 그럽스	미국		
	리처드 슈록	미국		
2006년	로저 콘버그	미국	유전자 정보 전사과정연구	X선결정학
2007년	게르하르트 에르틀	독일	표면 화학 분야에 대한 새로운 연구	저속전자선회절, 자외선전자분광법, 주사터널링현미경
2008년	시모무라오사무	일본	특정한 세포의 활동을 육안으로 볼 수 있는 도구로 사용되는 녹색형광단백질(GFP)을 발견하고 발전시킨 공로	
	마틴 챌피	미국		
	로저첸	미국		
2009년	벤카트라만 라마크리슈난	미국, 인도, 영국	리보솜의 구조와 기능에 대한 연구	X선결정학
	토머스 스타이츠	미국		
	아다 요나스	이스라엘		
2010년	리처드 F. 헵	미국	팔라듐의 촉매반응 개발 공로	DNA 염기서열법
	네기시에이이치	일본		
	스즈키아키라	일본		
2011년	단 세흐트만	이스라엘	준결정 상태의 발견	X선결정학
2012년	로버트 레프코위츠	미국	인체 세포가 외부로부터 주어지는 신호에 대응하는 단백질인 'G단백질 연결 수용체(GPCR)'의 기능과 구조를 밝혀낸 공로를 인정	
	브라이언 코빌카	미국	X선결정학	X선결정학
2013년	마르틴 카르플루스	미국, 오스트리아	오늘날 컴퓨터로 화학 반응을 예측하고 이해하는데 이론적 기초를 제공한 공로를 인정	전자스핀공명분광법, 핵자기공명분광법
	마이클 레빗	미국, 영국, 이스라엘, 남아프리카 공화국		
	아리 워셀	미국, 이스라엘, 영국령 팔레스타인		

2014년	에릭 베치그	미국	미세 구조를 측정·관찰할 수 있는 기법을 발전시킨 공로	형광현미경
	슈테판 헬	독일		
	윌리엄 머너	미국		
2015년	토마스 린달	스웨덴	DNA mismatch 복구 매커니즘 규명	
	폴 L. 모드리치	미국		
	아지즈 산자르	미국, 터키		
2016년	장 피에르 소바주	프랑스	분자 기계를 고안하고 직접 만들어 화학의 새로운 영역을 개척	
	프레이저 스토타트	영국, 미국		
	베르나르트 페링하	네덜란드		

부록 2.

2차 설문 조사 분석 및 정리:

① 문항 1 소속기관

국공립 연구기관 46%(102 명), 교육기관 33 %(74명), 산업계 11 %(24명), 전문분석지원기관 7 %(15 명), 기타 3 %(6 명)으로 총 221명이 응답하였으며, 산학연관이 고루 포함되어 있음.



문항 2에서 응답자가 속해 있는 기관의 분야별 분류를 조사한 결과, 화학분야 30%, 환경 분야 22%, 식품/농화학분야가 19%로서 **화학 및 환경, 식품, 농업 분야가 전체 응답자의 71%에 달하는 것으로 나타남.**



② 문항 3에서 분석 관련 업무 종사 기간을 조사한 결과, 10년 이상 20%, 5년 이상 17%, 5년 이하 11%, 3년 이하 31%, 1년 이하 21%로 나타남. 주목할 것은 5년 이상 종사 인원이 전체 응답 인원의 37%에 달하는 사실로서, 이는 분석과학 종사자의 업무 이직률이 낮고, 장기 업무 안정도가 높은 직군임을 방증함.



③ 문항 4와 5를 통해 연간 14회, 회당 18시간 정도 외부기관 주관의 분석과학 관련 교육에 참가하는 것으로 나타났으며, 그 교육 참여의 주된 이유는 분석기법 습득(40%) 및 새로운 분석장비 지식 습득(31%)인 것으로 나타남

4. 분석업무를 위해 외부기관의 교육에 참가한 횟수(회당 평균시간)는 얼마나 되십니까?

평균 횟수: 4 회

1회당 평균시간: 18 시간



④ 문항 6.

6. 귀하는 대학의 학부과정에서 다음 관련 교과목을 어느 정도(이론 및 실습 포함) 수강하셨나요?

①분석화학 (또는 유사 교과) 평균 6.7 학점

②기기분석 (또는 유사과목) 평균 4.8 학점

③분석화학+기기분석 평균 10.5 학점

⑤ 문항 7. 대학에서 접해본 실험 실습 장비 현황을 파악함. 학부 과정에서는 주로 UV-vis(22%) 및 GC(16%), HPLC(13%), IR(16%) 등의 기기 장비 등의 교육을 접해본 것으로 나타남.



⑥ 문항 8. 대학 이외의 외부 기관에서 수행받은 분석 장비 교육 실태를 파악함.
HPLC(11.2%), GC(11.2%), GC-MS(11.2%), HPLC-MS(8.4%), ICP(8.4%)의
순으로 기기 장비 교육을 접해본 것으로 파악됨.



⑦ 문항 9. 응답자를 대상으로 **분석과학 교육의 선호도**를 조사함. 조사결과는 다양한 기관이 추천 리스트에 기재되었으며, 그 중 **국립환경인력개발원(9.6%)**, **KIST(8.8%)**, **한국기초과학지원연구원(6.4%)**, **KRISS(5.6%)**, **한국화학연구원(6.4%)** 등으로 나타났으며, 눈에 띄는 것은 외국계 장비업체인 **Agilent(4.8%)**가 관련 기업 중 유일하게 높은 추천도를 보임.



⑧ 문항 10. 업체에서 최근 약 5년간 채용한 총 인원수: 평균 8.7명으로 나타났다.

< 업체의 채용인원 현황 >

전공 분야	학력	경력별 인원수(평균 인원)			경력별 훈련수준(평균)		
		1 (경력없음)	2 (3년 이하)	3 (3년 이상)	1 (경력없음)	2 (3년 이하)	3 (3년 이상)
	고졸	1			1		
	전문대졸	3.6			2		
화학 전공	학사	1.7	1.6	1.7	2	3	
	석사	1.5	2.3	2.4	2	3.3	2
	박사	1	1.8	2.1	3	3	3.4
기타 자연 과학	학사	1	2.7	1		3	3
	석사	1.7	4	5.6	1		2.7
	박사		1	1			3
공학 분야	학사	3	1.5	3		3	
	석사	1.5	3.9	1.9		2.7	3
	박사	3	2	1.5		3	3
농학 분야	학사		2	1		3	3
	석사	2	1.5		3	3	
	박사						
의약학 분야	학사		1				
	석사	1	3	1			3
	박사	1					
기타 분야	학사	1		8	1.5		5
	석사		1	1.8		2	3.5
	박사	1		3	5		3

⑨ 문항 11.



기타 답변: 분석법 제정 및 개정, 식품영양 성분 분석, 법화학 분석, 법과학 분석 책임으로 응답했다.

⑩ 문항 12. 각 분석과학 실무 분야에서 신규채용한 인력에 대한 실무 교육 실태를 조사함. 보통 3개월~6개월 사이의 내부 기관 실무 교육을 실시하는 것으로 나타났다(41%), 3개월에서 1개월 사이의 실무교육도 상당수 존재하는 것으로 나타남(28%).



⑪ 문항 13. 신규 채용인력에게 투자하는 외부교육 비용은 연간 100만원~50만원 이하의 비용을 소요하는 것으로 나타남(82%).



⑫ 문항 14. 기존 인력의 재교육 기간 실태를 조사한 결과, 연간 3개월 이하 (33%), 1개월 이하(26%), 2주 이하(34%)로 나타나, 기존 인력의 경우에도 연간 상당 기간 동안의 재교육을 실시하는 것으로 나타남.



⑬ 문항 15. 기존 인력의 연간 재교육 비용을 조사한 결과, 대부분 100만원 ~ 50만원 이하의 재교육 비용을 소요하는 것으로 나타남(87%).



⑭ 문항 16. 분석과학 종사자들을 대상으로 신규 채용 인력의 선호 전공 분야를 조사함. 조사결과, 화학(28.4%) 및 분석화학(13.8%), 화학공학(7.8%), 재료공학(7.3%), 농화학(2.6%) 등이 59.9%로 조사되었고, 그밖에, 환경 및 환경공학(12.1%), 식품공학(4.7%) 순으로 선호하는 것으로 나타남.



⑮ 문항 17. 분석과학 업무 유관 기관임에도 불구하고, 분석전공자를 채용하기 위한 별도의 채용 규칙 등은 갖추고 있지 못한 것으로 나타남.



⑯ 문항 18.



⑰ 문항 19. 분석화학 인력 채용시 지원 인력의 우수성에 대한 질문에서는 만족스러운 지원자를 찾을 수 있다는 대답(25%)이 그렇지 못하다 라는 대답(29%)보다 상대적으로 낮게 나타남.



⑱ 문항 20. 양질의 분석과학 인력 채용이 어려운 점을 묻는 질문에는, 첫 번째로 낮은 임금수준(38%)이 꼽혔고, 그 다음으로 고등교육문제(17%), 승진 등의 문제(21%) 등 순으로 조사됨.



기타의견으로서는 적성, 실무적 능력 가늠할 수 없었음, 실무 및 전공에 대한 습득 부족, TO, 공무원 공채 국가기관, 규정분석기기 사용경험 낮음, 계약직, 전문분야 부족 등이 있었다.