

化學工學 敎育의 特性과 課題

李 載 旭

(西江大 化學工學科)

1. 化學工學의 패러다임

化學工學은 1988년 매사추세츠공과대학(MIT)의 Lewis Mills Norton 교수가 화학공학 교과 과정을 개설하여 강의를 시작한 이래 눈부신 발전을 거듭하여 왔다. 초기의 교과과정은 공업화학과 관련된 기술이 그 중심을 이루고 있어서 범용성이 아닌 특수 화학 제품의 생산에 필요한 지식이 대부분이었다. 1915년 Little에 의하여 제안된 단위조작(unit operation)의 개념이 1920년대에 본격적으로 교육에 도입되면서 화학공학의 패러다임(paradigm)이 확립되었는데, 단위조작과 같은 체계적인 지식·교육·연구는 공정장치의 설계 및 조업에 큰 실효를 거두어 化學

産業의 成長에 결정적인 역할을 하였다.

제 2차 세계 대전 후에 단위조작과 관련된 중간 크기의 전형적인 화학공학 문제들이 대부분 해결되어 교과과정의 혁신이 필요하게 되었다. 이에 따라 1960년대에 본격적으로 이등 현상(transport phenomena)이 화학공학에 도입되어 화학공학자는 공정 장치 문제에 덧붙여 유체 역학, 열전달, 물질전달과 같은 보다 세부적인 문제에 관심을 갖게 되었으며, 이는 기초 공학적 차원(engineering science)이라는 제 2의 패러다임이 화학공학에 영입되는 계기가 되었다.

최근 마이크로일렉트로닉스(microelectronics), 바이오테크놀로지(biotechnology), 신소재(advanced materials)와 같은 새로운 첨단 기술이

〈표 1〉 화학공학의 패러다임

패 러 다 임	효시가 되는 교과서	대 상 규 모	관 련 주 제
제 1 Unit Operation	1923년 Principles of Chemical Engineering (Walker, Lewis, McAdams)	mesoscale [m]	단위조작, 분리, 반응장치(고순도 분리, 회분식 프로세싱)
제 2 Transport Phenomena	1960년 Transport Phenomena (Bird, Stewart, Lightfoot)	microscale [μ m]	이등현상, 열역학, 동경해석, 반응공학(복잡한 액체와 고체, 첨단 기술)
제 3	?	molecularscale and macroscale [\AA , km]	분자공학, 설계와 경제, ? (사회, 제품, 안전과 통합)

대두됨에 따라 분리기술 및 신제품 개발 기술의 중요성이 다시 널리 인식되기 시작하였다. 또한 분자 규모의 작은 문제에 덧붙여 공장 시스템, 환경과 안전, 생산성과 경쟁, 윤리, 사회, 시장과 생산공학과 같은 대규모 문제에도 관심을 갖게 되었다. 따라서 단위조작, 이동현상에 이어 제3의 화학공학 패러다임을 갈구하는 시기에 돌입하게 되었다. 이를 요약하면 앞의 <표 1>과 같다.

2. 우리나라의 化學工學 敎育

化學工學 敎育은 미국을 위시한 선진국 중심으로 발전되어 왔기 때문에 지금까지 우리나라는 이를 직수입하여 모방하는 형태의 교육이 지속되어 왔다고 말할 수 있다. 1946년 10월에 서울대에 화학공학과가 신설되어 이전의 응용화학을 흡수하고 공업화학을 근간으로 化學工學의 개념이 도입되면서 화학공학이 전국적으로 확산되기 시작하였다. 1988년 2월 현재 특수 여건의 대학과 2년제 전문대학을 포함하여 전국 45여 개의 대학에 화학공학과가 설치되어 있고, 350여 명의 교수로 연간 약 3,500명의 전문 인력을 배출하고 있다.

우리나라의 화학공학 교육은 1945년 이전까지의 應用化學 교육을 모체로 1960년대에 이르기까지 미국과 일본의 교육 내용을 답습하여 工業化學로부터 탈피하려는 추세를 보였다. 이와 같은 교과과정의 변천은 바로 그 時代性을 반영하는 것으로서 8·15 해방 이후 화학공학의 개념이 도입되어 20년 후에야 비로소 화학공학 교육의 면모가 갖추어졌다고 할 수 있다. 1962년 韓國化學工學會가 창립되고 또한 이 당시 충주 비료(주)로부터 시작하여 본격화된 화학공업의 성장을 계기로 Thomas Kuhn이 전문 직종의 집합체에 부여한 '패러다임'의 개념을 우리나라의 화학공학에도 적용할 수 있게 되었다.

1970년대에 들어서 미국, 일본과 같은 선진국의 교과과정이 본격적으로 도입되면서 이동현상, 반응공학, 공정제어의 같은 교과목들이 화공양론, 단위조작의 기반으로 설정되어 운영되어 왔다. 이 시기에 단위조작의 세분화, 즉 이

를 유체역학, 열전달, 물질전달, 분리공정으로 구분하려는 경향이 나타났다. 1980년대에 들어서는 생물화학공학, 화공재료, 유변학, 에너지공학, 화공 전산응용 등의 교육이 활발하게 진행되면서 화학공학은 기초공학의 특성을 드러내었다. 이와 관련된 외국 교과 과정의 변천을 요약하면 뒤의 <표 2>와 같다.

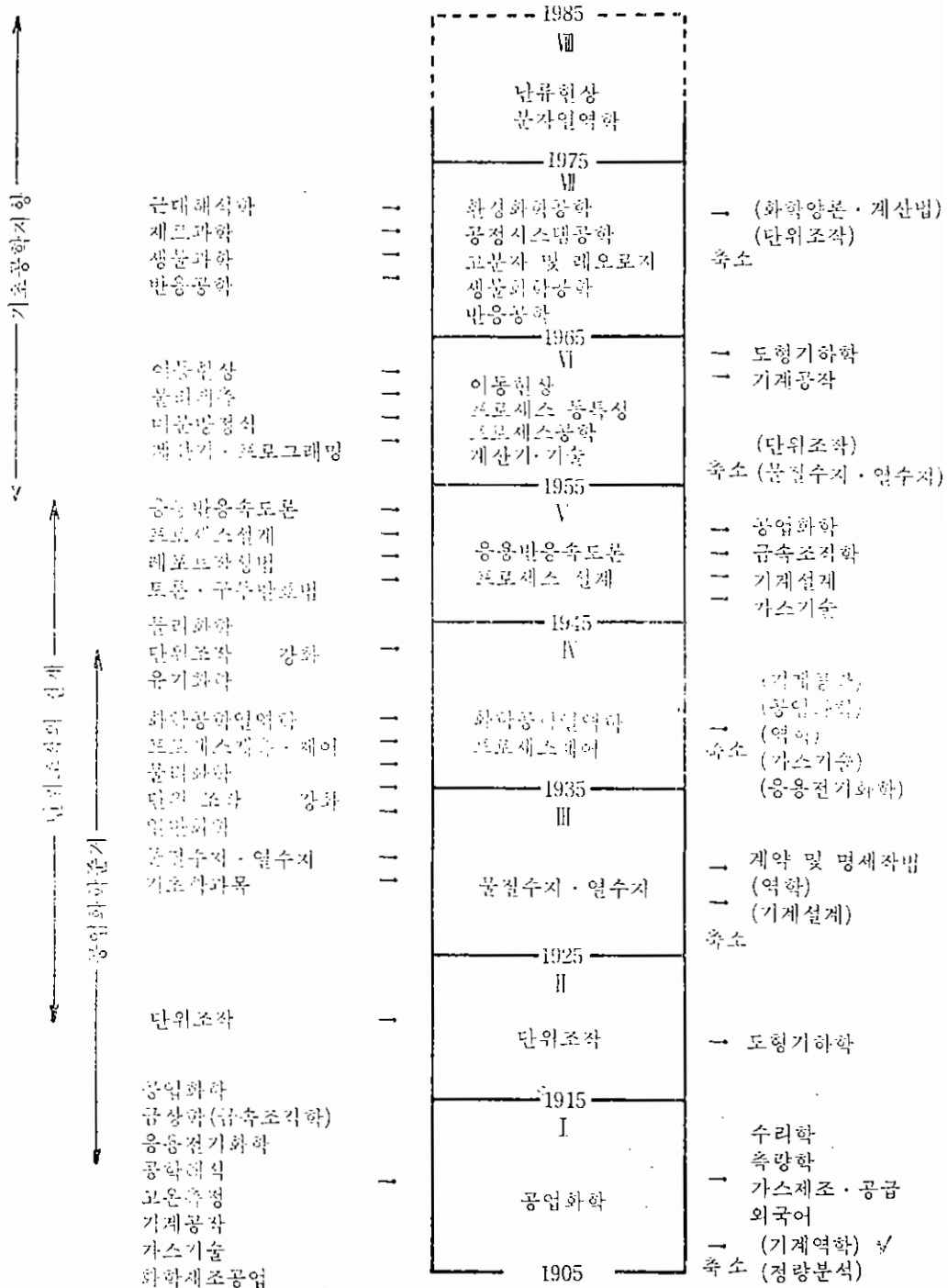
화학공학과와의 敎育課程은 크게 교양, 일반기초, 화공 전공으로 대별될 수 있다. 교양에는 인문·사회, 일반기초는 수학·물리·화학이 주축을 이루고 있으며, 화공전공은 크게 ① 물리화학과 열역학, ② 단위조작과 이동현상(유체역학·열전달·물질전달·분리공정), ③ 반응공학과 생물화학공학, ④ 유기화학과 고분자공학, ⑤ 공정제어와 공정설계, 장치설계, 공장설계, ⑥ 에너지공학과 환경공학, ⑦ 특수화공(반도체공정·무기재료·전자재료) 등으로 구분할 수 있다.

따라서 현재 화학공학 교육은 열역학, 단위조작, 반응공학, 고분자공학, 공정제어와 공장설계의 기반 위에 생물화학공학, 반도체공정과 같은 새로운 교과과정을 수용하는 단계에 있다고 할 수 있다.

1990년 현재 우리나라 대학별 專攻科目 개설 현황을 살펴 보면, 대학에 따라 다소간의 차이는 있지만, 어느 대학이나 대동소이하게 개설되어 있음을 알 수 있다. 이러한 특성은 化學工學者로서의 공통적인 基本 資質을 갖추어야 한다는 공동 명제의 공감대를 형성하고 있다는 점에서는 장점이 될 수 있지만, 大學의 特殊性이 보이지 않는다는 점에서는 단점이 될 수 있다.

한편, 선진국에서 산업 구조의 개편과 발전에 따라 화학공학 교과과정에 대한 개선 논의가 추진되고 있는 바, 이는 불가피하게 우리나라의 화학공학 교육에도 영향을 미칠 것으로 예상된다. 즉, 化學工學科 敎育의 궁극적인 목표가 산업체에서 필요로 하는 능력을 갖춘 工學者의 輩出이라고 할 때, 격변하는 국내·외 상황 속에서 안정적이고 지속적인 산업 발전을 유지하기 위해서는 앞으로 2000년대에 발전이 예상되는 화학 일종과 관련된 교육이 필연적으로 요구되므로, 이에 따라 化學工學 敎育의 再照明이 당

<표 2> 외국 화학공학과 교과과정의 변천 추이



위적 과제로 대두된다. 따라서 각 대학의 특수성을 가미시키면서 시대적 요구에 부응할 수 있는 미래지향적 교과과정 개발의 필요성이 절실히 인식되고 있다.

3. 特性 및 進路

化學工學은 화학·물리학 등의 자연과학적 지식을 활용하여 물질과 에너지를 경제적·효율적으로 활용할 수 있는 기술을 개발함으로써 인류의 福祉 向上을 도모하는 전문 지식이라고 할 수 있다. 따라서 그 응용 범위는 화학 제품의 제조 및 분리를 넘어 고분자를 포함한 신소재, 에너지와 자원, 생명과학, 환경 문제에 이르기까지 다양한 분야에 걸쳐 있게 된다. 이와 같은 화학공학의 높은 時代的 分野別 適應力은 화학공업에 공통된 공학적 원리의 집중 추구에 따라 基礎工學으로서의 역할이 증대되면서 자연적으로 파생된 것이다. 예를 들면 석유화학공업에서 널리 활용되는 증류의 경우, 제철소의 산소공정, 생명과학 및 반도체와 관련된 尖端産業에서도 활용되고 있기 때문이다. 즉, 그것의 응용 대상만이 바뀔 뿐 증류와 관련된 기초 현상, 공정 원리에는 보편성이 있으므로 그 학문 구조가 함께 바뀌지는 않는다.

그러므로 화학공학과 교육은 물질의 상태 변화와 관련된 공정에 대한 개념의 확립, 공정 개발, 공정 개선, 공정의 적용, 또한 관련 공장의 경제성 평가, 설계, 건설, 조업, 제어와 관리, 나아가서 연구와 교육을 원활히 수용할 수 있는 기초 지식과 인간 관계를 구비하는 데 중점을 두고 있다.

그러나 기술적인 견지에서 보면 '화학'의 자원을 거의 소진시키면서 1970년대 중반까지 크게 성장한 화학공학은 이제 전통적인 '화학자원'의 울타리를 벗어나며 學際的인 性格이 심화되어 가는 추세에 있다. 이는 최근 재래적인 석유 화학 제품, 정밀화학 제품을 생산하는 회사들이 혁신적인 상품 개발에 주력하고 있다는 사실로 미루어 쉽게 짐작할 수 있다. 즉, 단일 기술에 의한 제품의 大量生産보다 다양한 기술의 복합에 의하여 제조되는 복잡한 제품을 생산하고 수

요자의 문제들을 해결하여 주는 방향으로 화학공업이 이전되고 있다.

이러한 새로운 변화는 화학공업이 기존의 대량 생산을 모체로 하는 제품뿐 아니라 2000년대의 주요 화학 관련 공정의 혁신에 부가하여 전자·정보산업, 생명과학 관련(biotechnology, biomimetics, biomaterials)산업, 고성능·고기능성 재료(composite materials, fine ceramics)산업, 에너지와 같은 限界性 資源의 개발 및 활용 분야로 다변화되는 추세에 있다고 하겠다. 이는 그동안 다양한 분야에서의 제품 개발에 힘써 반도체 분야는 물론 소재, 생물과학 등의 개발 단계 분야에 '화학적 자원', '이동 현상적인 자원', '분리 정제 자원'이 마련되었기 때문이다. 따라서 기존의 에너지와 천연 자원 프로세싱의 개선 및 정밀화에 덧붙여 화학공학의 영역은 무한히 넓혀질 것으로 전망된다.

앞으로 전자 재료 프로세싱, 신소재, 우주 시스템과 무기, 생물기술 시스템, 식품 공정, 건강과 안전, 환경 보호, 에너지 시스템, 물질의 취급, 수송 및 포장, 공정의 모델링과 공정공학, 계측과 제어, 정보 시스템 분야에서 화학공학자들의 역량이 발휘될 것으로 예견된다. 이러한 廣域에서 활약하기 위해 제례적인 화학공학 지식에 부가하여 새로운 지식이 영입되면서 화학공학의 특성에 점진적인 변화가 이루어질 것으로 전망된다. 지금까지의 화학공학에서는 주로 한 공정에서 필요한 반응기나 장치와 같이 중간 규모의 대상을 취급하였으나, 앞으로는 미소 규모 또는 대형 규모의 대상을 함께 고려하여 다른 공학 분야와의 連繫性을 도모하는 특성을 포함하게 될 것이다. 결과적으로 화학공학은 대상 규모의 축소 및 확대, 영역의 다변화에 따라 컴퓨터공학, 분자생물학, 고체물리, 전기 및 전자공학, 재료과학 등을 수용하여 '계면 학문 특성(interfacial discipline)'을 나타내면서 新技術 開發에 기여할 것으로 보인다.

이와 같은 상황을 감안할 때, 화학공학과 교육은 기초과학 및 화학공학 교과과정 양자의 運籌의 妙를 거두어야 실질적인 발전을 기대할 수 있다.

4. 教育與件과 發展方向

사회에서 요구하는 우수한 능력을 갖춘 화학공학자를 배출하기 위해서는 앞에서 언급한 교과과정의 개발과 함께 이에 부합되는 教育與件의 성숙이 이루어져야 한다. 그러나 우리나라의 경우 교육 충실도 및 그 성과에 있어 선진국에 비해 매우 부실한 형편인데, 이는 주로 현재 우리나라의 열악한 교육 여건에 기인하는 것으로 판단된다.

화학공학과 교육의 질적 향상을 꾀하기 위해서는 무엇보다도 우수한 教授陣을 확보하는 것이 급선무이다. 실제로 미국 대학 화학공학과 교수 수는 평균 15인, 일본은 19인, 대만은 18인인 것에 비하면, 우리나라의 경우 전남대, 포항공대, 한국과학기술원을 제외한 대부분의 대학에서 10인 미만의 교수진이 교육을 담당하고 있다. 교수 1인당 학생 비율도 미국이 15.8, 일본이 10.1인 데 비하여 우리나라의 경우 문교부에서는 15를 권장하고 있으나, 현 실정은 국립대학이 30.7, 사립대학이 46.0 이어서 교수 수가 매우 부족함을 알 수 있다.

教授의 職能이 크게는 교육과 연구로 구분되지만, 이를 세분화하면 강의, 연구, 논문 지도, 학생 지도, 행정 업무, 지식 전파(논문 또는 저서), 사회 봉사 및 전문 분야 활동 등 매우 다양하다는 점을 감안한다면 현재와 같은 실정에서는 효율적인 교육과 연구가 이루어지기 어렵다는 것을 알 수 있다. 따라서 선진국의 경우와 대비하여 볼 때, 적어도 현 교수 수의 2배 이상의 교수가 충원되어야만 교육은 물론 연구도 본 궤도에 오를 수 있으리라 판단된다. 아울러 교육의 질적 향상을 도모할 연구 교수제, 논문 연구비, 학술 활동 지원이 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

최근에는 교수의 연구 의욕이 넘쳐 대학교육의 열화 현상이 문제점으로 대두되고 있는 바, 교수 직무 중 教育이 무엇보다도 중요함을 인식하여 수업 방법의 개발, 교재 개발 등 효율적인 교육 방법의 개발이 꾸준히 이루어져야 하겠다. 특히, 미국의 경우 이를 개선하기 위하여 현재 미시간대학을 비롯한 13개 주립대학이 ‘학사과

정 교육 연합체(The Alliance of Undergraduate Education)’를 구성하여 교육의 질적 향상을 도모하고 있음은 주목할 만하다.

한편, 교수의 강의를 보좌할 助教의 경우 우리나라에서는 근본적으로 잘못 인식되어 대부분 대학에서의 조교는 대학원생인데도 불구하고 행정 직원으로 활용되고 있는 바, 조교의 역할을 재정립할 필요가 있다. 화학공학과와 같은 경우, 필수 과목 수의 절반에 해당하는 수만큼 조교가 필요할 것으로 판단된다.

우리 대학의 화학공학과는 교육 시설 면적이 학생 1인당 5m², 연간 실험·실습비가 5만 원에도 못미치는 열악한 교육 환경에 놓여 있어 극단적으로 말하자면 최저 수준의 교수 수와 강의실 속에서 교육이 이루어지고 있다고 할 수 있다. 즉, 실험·실습비의 대부분이 소모품의 구입에 활용되고 있는 현 여건에서는 대학 실험·실습 설비 기준을 채우는 것은 고사하고 기존의 교육 시설을 개수하기에도 어려운 실정이다. 특히, 최근 첨단 기술의 발달로 새로운 기기의 개발이 이루어지고 있으나, 이것에 접할 수 있는 기회가 없어 선진국과의 격차가 더욱 커지고 있는 바, 국가적인 차원에서 재정적으로 뒷받침할 수 있는 방안을 수립하여 신규 시설을 설치할 여력을 시급히 마련해야 할 것이다. 이 방편의 하나로 산업체로부터의 실험 장비 기증과 같은 방법도 고려해 봄직하다. 아울러 대학에서는 교육 시설과 환경을 개선하기 위하여 다음과 같은 노력 및 조치를 취해야 하겠다.

- ① 실험 교육의 내실화
 - 합리적인 실험 장치 설치 및 운영
 - 기자재, 시약 관리 제도의 확립
- ② 컴퓨터 시설 확충 및 교육 강화
 - 시설 확보
 - 소프트웨어 확보
- ③ 시청각 교육의 실현
 - 비디오 시스템, 영사기, OHP, 슬라이드 프로젝터 활용
 - 공장 모형, 화합물 모형 앨범 제작 및 활용
 - 회사 안내서 비치 및 활용
 - 시청각 교육실 확보
- ④ 대학 실험·실습 설비 기준의 보완

⑤ 도시실, 세미나실 확보

특히, 미국의 경우 대학에 대한 정부 지원이 공·사립 구분 없이 내실화도를 중심으로 지원되어 이를 국립대학(national university)으로 분류하고 있다. 이러한 지원 형태를 통해서 앞으로 우리나라 사립대학에 대한 지원도 미국과 같이 내실화를 기하고 있는 대학 중심으로 이루어지는 것이 바람직함을 시사받을 수 있다.

또한 컴퓨터 교육의 경우 화공열역학, 공정해석 및 설계에서 부분적으로 컴퓨터를 이용하고 있으나, 다른 교과과정에서도 이를 적극적으로 활용할 수 있도록 최소한 5당당 1대의 개인용 전산기가 비치되어야 할 것이다. 이는 교과과정의 운용에 단 국한되는 것이 아니고, 전산기의 활용이 생활화되어 가고 있는 시대적 요구에 부응하는 조치가 될 것이다.

5. 結 論

化學工學은 화학·물리학·수학과 같은 自然科學 知識과 연구와 경험에 의하여 축적되어 온 技術的 知識을 활용하여 물질과 에너지를 경제적으로 사용할 수 있는 방법들을 개발함으로써 인류의 福祉向上을 도모하는 전문 지식으로 성장하여 왔다. 앞으로 정밀화학, 생명과학, 신소재, 에너지, 환경보호와 관련된 다양한 분야에서 화학공학은 중요한 역할을 담당하게 될 것이다.

우리나라의 경우 化學工學 敎育은 선진국의 敎育을 도입하여 토착화시키는 데 선도적 역할을 하여 왔다. 그러나 産業構造가 기술집약적이며 자원·에너지 절약도가 높고, 고성능·고부가가치를 갖는 제품 생산의 방향으로 전환되어 감에 따라 선진국의 敎育 형태에 변화가 나타나기 시작하였다. 이러한 시점에서 화학공학과 敎育의 內實化를 기하기 위한 당면 과제는 교수 수의 확충, 교재 개발, 실험 시설 확충을 비롯한 敎育

與件의 改善을 추진하는 분위기의 조성과 실천이라고 하겠다.

더욱이 전문 학문 영역 간의 연계성이 점진적으로 심화되는 과정에 있으므로 敎育의 내실화를 위한 産·學·官·研 협등이 절실히 필요하다. 敎育은 尖端技術의 産業化에 원동력이 될 특한 産業役軍의 輩出, 나아가서 연구 분위기의 활성화에 촉진제 역할을 하기 때문이다. *

〈參考文獻〉

- 이기준 외, 대학원 장기발전 계획, 서울대학교 공과대학, 1984.
- 최창균·이재욱·김용진, 화학공학과 敎育 프로그램 개발연구, 한국대학교육협의회, 1990.
- 최창균·성백과정·윤인섭·이승중, 화학공학과 장기발전계획, 서울대학교 화학공학과, 1985.
- 최창균, '에너지·환경대책 기술 및 敎育개발 방향', 기술발전과 화학공학, 한국화학공학회, 1990, p.153.
- 하백현, '화학공학특론', 우리나라 화학공학계 학과 교과내용 발전사, 한국화학공학회, 1987, p.339.
- 한국화학공학회, 첨단 화학부문의 敎育, 연구 및 산업화 방향, 1986.
- Astarita, G., *CEP*(March, 1990), p.55.
- Baum, R. & Worthy, W., *C & EN*(April 16, 1990), p.4.
- Floyd, S., *Chem. Eng. Education*(Summer, 1988), p.144.
- Frontiers in Chemical Engineering*(Washington, D.C.: National Academy Press, 1988).
- Furtur, W.F.(ed.), 'History of Chemical Engineering', *Adv. Chemistry Series 19*, ACS(Washington, D.C., 1980).
- Report of the President(MIT) for the Academic Year(1987~1988)*.
- Sandler, S.I.(ed.), 'Chemical Engineering Education in a Changing Environment', *AIChE*, 1988.
- Wei, J., *Chem. Eng. Education* (Winter, 1988), p.12.