

(3) 화공열리학의 이수학년은 2 학년에서 물리 화학 및 화공계산의 선수과목을 이수하게 되므

로 3 학에 설정함이 타당하다고 생각된다.

단 위 조 각

영남대학교 이공대학 화학공학과 강 석 호

1. 서 론

화학공업에서 처음으로 단위조작이라는 개념이 사용되기 시작한 것은 1887년 영국 Manchester Technical School에 있던 George E. Davis의 Engineering problems in chemical industry 라는 말에 유래하는 것 같다. 그 당시에는 물론 단위 조작이라는 용어가 없었으나 공학적 문제는 있었고 이러한 engineering problem 을 1915년까지 미국내의 각 대학이 교과목으로 취급해왔다. 이 즈음에 Arthur D. Little 은 물리학을 강조하는 Unit action 이란 용어를 사용하였고 1923년 Principles of chemical engineering 의 초판이 발행 되었을 때 비로소 단위 조작이란 용어가 쓰이기 시작하였다. 그러므로 단위조작이란 개념은 실제로 화학공업에서 1887년 부터 1960년대 까지 변함없이 사용되어 왔다고 할수 있다. 1960년에 Transport Phenomena 가 출간되면서 단위조작의 각 topics 를 전달현상이라는 열리학이나 공업역학과 동일한 기본과목으로서의 공학과학(Engineering Sciences)으로 정립하려는 시도가 있었다. 이러한 목적에 맞는 유사한 책들이 기계공학교수와 화학공학교수들에 의하여 다수 출간되면서 80년간 사용되어오던 단위조작이란 명칭의 과목이 미국대학의 교과과정에서 점차 사라지고 실험과목만이 존재하게 되었다. 이러한 추세는 화학공업과 화학공학교육의 역사가 짧은 한국에서도 같은 패턴으로 전개된듯 하였으나 1970년 이후에도 계속 단위조작의 중요성이 강조되고 있고 전달현상론은 보조과목의 역할을 하고있다.

따라서 국내의 대부분 대학에서는 단위조작을 전 공필수로, 전달 현상론은 다만 선택으로 하거나 전혀 강의하지 않고 있는 실정이다. 이러한 현황을 감안하여 본고에서는 종래에 교육되던 물리적 단위조작에 관한 국내 대학의 형편, 교과서, 강의배정실태 등을 비교하되 가급적 전달현상론적 topics 에 맞추어 논의하겠다.

2. 국내외의 실태

현재 국내에는 26개의 화학공학과가 있고 1976년도 법정 정원은 신입학생 기준으로 1015명이다. 단위조작은 화학공학과 뿐만 아니고 22개의 방계학과에서도 강의되고 있으며 화학과에서도 개강되고 있다. 한글판 교과서의 부족으로 1950년 이후부터 국내 각 대학의 화학공학과에서 단위조작 혹은 화학공학이라는 과목 명칭에 사용된 교과서는 대부분 미국 서적인데 그들은 (표 1)에 표시되었다. 원서도 없고 인쇄업도 미비했던 1950년대 초에는 유명한 Principles of chemical engineering 이나 그 프린트책자가 사용되고 그후에 15개의 물리적 단위조작을 각론으로 논급한 Badger & Banchero 와 G. G. Brown 이 상당히 보급되었다. 60년대 중반에 Transport phenomena 가 소개되어 상당히 많은 대학에서 주교재로 1, 2년간 채택되었으나 저자들의 주장대로 Basic Science 라고 하더라도 지나치게 이론적이므로 학부학생에게는 적당치 못하다는 논의가 있어서 대학에서는 주교재로 쓰이지 않고 있다. 1970년초에 Foust 의 책이 쓰인적이 있었고 번역판이 나오기도 했으나, 별로 많이 사용된것같지

표 1. 한국의화학공학과에서 사용된 단위조작 교과서의 예

사용년대	Authors	Title (1st. publ. in)
1950경	McAdams et al.	Principles of Chemical Engineering (1923)
1960경	Badger & Banchero	Introduction to Chemical Engineering (1956)
	Brown, G. G.	Unit Operations (1950)
1972	Foust et al.	Principles of Unit Operations (1960)
1975-6	McCabe et al.	Unit Operations of Chemical Engineering (1956)

※기타의 주 또는 참고도로서의 단위조작계열 과목 교과서

Authors	Title	Publ. Co.	1st pub.
Bird +	Transport Phenomena	John-Wiley	1960
Bennett +	Momentum, Heat and Mass Transfer	McGraw-Hill	1962
Choi +	Heat, Mass and Momentum Transfer	Prentice-Hall	1961
Welty +	Fundamentals of Momentum, Heat, and Mass Transfer	John-Wiley	1969

는 않다.

1975~6학년도의 현황을 알기위하여 전국 26개 화학공학과에 자료를 요청하였으나 응답된 16개 학과가 자료를 보내왔다. 이중 14개 학과에서는 McCabe의 Unit Operations of Chemical Engineering이 주교재로 채택되고 있다. Walker-McAdams-Lewis-Gilliland의 책은 현재 아무 곳에서도 교재로 사용되지 않고 있으나 화학공학 또는 단위조작의 발전과정에서 볼때 하나의 중요한 역사적교과서라고 하겠다. Banchero-Badger의 것은 초보자나 전문학교 교과서로서 또 1960년대의 대학생의 인기품으로서 특히 번역되어 널리 사용된 단위조작 교과서이다. 거기에 비하면 G. G. Brown의 Unit Operations은 한국 내에서 운이 없었던 책이 아닌가 생각된다. 상세하고 선명한 사진으로 편집된 내용이 좋고 특히 분립체조작 (Particulate System Operation)에 대한 서술은 Chemical and Metallurgical Engineering 공존시대에 화학공업에 공헌한 단위조작의 중요한 역할을 실감케 한다. Bird의 것은 열역학, 공업역학, 전자기학과 같이 기초 공학과 학의 과정으로서 적당하다고 저자들은 주장하지만 아직 국내 대학에서 적당한 학부용교과서라는 평을 얻기에는 지나치게 이론적이고 어렵다고 생각된다. Foust의 책은 물리적 단위조작을 Stage operation과 Rate operation이라는 관점에서 취급한 특이한 책이라고 평가되나 환경문제

와 더불어 중요성이 점차 강조되고있는 분립체조작을 제외 시켰기 때문에 채택이 드물게 된것이라고 생각된다. 앞에서도 언급한 바와 같이근간 많이 채택되고있는 McCabe 책은 사소한 Special topics를 제외 하였으나 내용이 다양하고다성분계의 분리조작, transient phenomena, 및 이차원 유동이론을 소개하는 정도로 취급하고있으므로 국내 각대학에서 주교과서로 쓰이고있는것같다. 따라서 이책에 맞추어 작성된 강의계획서가 상당수 수집되었으므로 책의 내용과 교수요목을 고찰에서 비교 하겠다. 미국이나 일본 지역의 교재가 우리나라에 소개되고 사용되는 경향은 다분히 유행적인 면도 있는 것 같고 따라서 한글판 교과서 부재현상이 일어난다는 몇가지 이유가 있다. 즉 한글판 교재가 한정된 부피속에 담을 수 있는 내용의 제한된분량 인쇄와 교정작업에서의 비효율성, 화학및 공학계열에서 사용되는 술어의 불일치 혹은 혼란 그리고 강의 노트→시험사용→출판의 과정을 겪지 못하는 저자의 고충등이 그 이유라고 하겠다. 이러한 사실은 한글판 국내 저자의 화학공학 교과서에 흔히 엿보인다. (표2)는 국내 저자의 단위조작 교과서의 일부를 모은 것이다. 이들 교과서는 내용이 간결한 장점도 있으나 사전적 풍부성이 결여되고 인쇄의 부정확성과 수정판 발행의 인색함으로 인하여 주교재로써의 활용도가 적고 또 외국어의 비중이 높게 평가되고 있는 현재의

한국대학에서는 관심을 끌지 못하고 있는 이유가 아닌가 생각된다.

표 2. 국내 저술의 단위조작 교과서

저 자	서 명	출판사 (지방)	첫출판년도 (개정판수)
강웅기, 임진남, 박원희	화학공학개론	보 진 재 (서울)	1970()
김주봉, 박원규, 도갑수	화 학 공 학	형설출판사 (서울)	1975(-)
박원규, 도갑수	화 학 공 학	형설출판사 (서울)	1975(-)
이봉도, 하백현	화 학 공 학	문 운 당 (서울)	1970(-)
이승무	단 위 조 작	형설출판사 (대구)	1972(1)

이상과 같은 교과서 이외에 Momentum, Heat and Mass Transfer를 crosslinking 하는 교재들이 있으나 (표 1 하단참고)참고 도서로 사용되거나 별도로 개설되는 단위조작 계열과목인 전공선택과목의 주교재로만 쓰이고 있으므로 여기에서는 거론하지 않겠다.

위에서 설명한 McCabe 책을 교과서로 사용하는 대학의 학점 배정은 수집된 자료가 충분치는 못하나 최하 8학점 최고 18학점을 배당하고 있다. 그러나 현재의 각 대학이 종래의 160학점 제도로 운영되고 있거나 140학점제의 실험대학으

로 운영되고 있더라도 평균을 취하면 9~12학점이 단위조작이라는 과목에 배정되고 있다. 또 이와같은 대량 학점의 과목은 운영의 편의상 몇학기로 나누워 개강되고 있는데 단위조작 1~4 또는, 1~2로 분리되어 학기별 학점 배당을 하거나 또는 학년별로 운영되는 경우도 있다. 다른 개강방법으로서서는 단위조작 1, 2, 3으로 나누어서 시행하는 대학도 있다. 1, 2, 3 및 4의 내용은 실제 강의의 형편에 따라 변동될 수도있겠으나 유체역학, 열전달, 물질전달 및 분립체조작으로 구분되어 있다. 1, 2, 3으로 과목배정이된 경우에는 1:이 유체 및 열전달 2; 열 및 물질전달 3; 분립체조작으로 구분되어있고 대학에 따라서는 연습시간과 실험시간을 별도로 배정하고 있다.

(표 3). 단위조작 과목의 대학별 교과과정 배당 내용과 총학점수를 나타낸것이다. 그리고 단위조작 과목이 개강되는 대상학년은 2학년/2학기부터 4학년/1학기 까지 강의되는 대학이 1개대학, 3/1~3/2가 5개대학, 3/1~4/1형이 3개대학이다. 3/1~4/2까지 분포된 대학이 6개대학이다. 3학년에서 beginning course를 부과하는 대학은 학점 배당이 평균 9학점이고 이때는 4학년에서 별도로 단위조작계열과목 (예 전담현상론 또는 이동현상론)을 전공선택으로 개강하고 있다. 또 4학년 2학기까지 단위조작이

표 3. 1975~6학년도 전국 대학 화공과의 단위조작 과목의 분류

분 류 형 태	대 학	(학점수)	(실험시간)	{연습시간}**
1, 2, 3, 4형	*전 남 대	(3+2+3+2)	{4+4}	{2}
	총 북 대	(2+2+2+3)	{4+4}	{—}
	단 국 대	(3+3+3+3)	{ }	{ }
	*승 전 대	(3+3+3+3)	{ }	{ }
1, 2형	아주공대 *인하대	(3+3+3+3)	{ }	{ }
	*고려대, 한양대	(4+4)	{2+2}	{2}
	부 산 대	(5+5)	{4+4}	{ }
1, 2, 3형	*서울대 *충남대	(3+3+3)	{ }	{ }
	동 아 대	(2+4+4)	{ }	{ }
	영 남 대	(4+4+3)	{4+4}	{—}
유체역학	*연 세 대	(4+4+4+4)	{ }	{ }
열전달	성 균 관 대	(4+6+8)	{ }	{ }
물질전달	문 교 부 모 델	(3+3+3)	{4+4}	{—} 1975

*표는 실험대학 운영중임

**빈칸을 메우시기 바랍니다.

분포된 대학에서는 실제로 4학년 2학기에 연습 혹은 review 강의를 하는것 같다.

참고로 몇개의 미국대학의 화공과 2,3,4학년에 부과되는 단위조작계열과목과 학점 배정을 (표 4)에 나타냈는데 졸업필수 총학점이 한국과 같은 일률적인 제도가 아니고 융통성이 있기 때문에 확정된수치를 제시하기는 어려우나 대개 11~12시간의 단위조작, 4~6시간의 Lab. course 3시간의 전달현상, 그리고 3~6시간의 design 혹은 응용과목이 배정되는듯 하다.

표 4. 몇개 미국대학 화공과 단위조작계 열과목

Polytechnic Institute of New York (1975)*136		
Transfer Operation I,	4-0-4	
" " II,	4-0-4	
Multicomp. Sep. Pr.,	3-0-3	
Chem. Eng. Lab., I,	0-6-2	
" " II,	0-6-2	
Process Design I,	3-0-3	
" " II,	3-0-3	
SUNY at Buffalo (1974) *128		
Transport Process I,	4	
" " II,	4	
Appl. Chem. Eng. I,	4	
" " II,	4	
Separation Processes,	4	
Chem. Eng. Lab.,	4	
University of California, Berkeley (1972) *180		
Intro. to Transport Process,	4	
Transport Phenomena	3	
Mass Transfer & Sep. Process,	4	
Chem. Eng. Lab.,	4	
Particulate system,	3	

괄호 내의 숫자는 학교요람의 출판년도,

*의 숫자는 졸업에 필요한 학점,

4-0-4의 순서는 강의-실험-학점임.

3. 분석과 고찰

이제 위에 열거한 몇가지의 교과서에 대한 내용을 검토하고 각 대학이 이들 교과서를 주교재로 사용하도록 짜여진 강의계획의 내용을 분석하여 서로의 관계를 고찰키로 하겠다. 이들을 고찰하는데 있어서는 언제나 있는 일이지만 모든 교과서가 어느 한페이지도 제외되지 않고 강의

필수 없으며 어느 강의계획도 완전무결한 강의 내용을 나타내고 있지는 않다. 따라서 매우 피상적이긴 하더라도 질보다는 우선 양적인 비교를 시도한 수 밖에 없으며 따라서 이 고찰은 어떤 점에서는 무의미 할지도 모른다. 그러나 한번쯤 교과서와 교수요목, 강의계획의 내용과 교과서내용의, 피상적이더라도, 량적관계를 다루워 보는것이 결코 헛되지 않으리라고 생각한다.

표 5. 국내의 교과서의 부문별 페이지수(괄호내는%)

교과서	국내 A	국내 B	국내 C	Badger	McCabe
부문					
서론	19(5)	18(5)	18(5)	26(4)	29(3)
유체역학	38(10)	71(18)	37(10)	90(13)	208(22)
열전달조작	76(19)	91(23)	84(23)	158(22)	243(25)
물질전달조작	155(39)	143(36)	160(43)	270(38)	291(31)
분리체조작	109(27)	72(18)	69(19)	161(23)	182(19)
합계(%)	397(100)	395(100)	368(100)	705(100)	953(100)

먼저 교과서는 국내것 3개, 국외의 것으로 Badger책과 McCabe책을 택하되 각 항목을 모두 비교할 수 없으므로 서론, 유체역학부문, 열전달조작부문, 물질이동조작부문 및 분리체조작부문등으로 나누어 각각의 Page수와 그 백분율(표 5)에 나타냈다. 교과서의 실제항수와 통계합계항수가 다른것은 적절치 못한부분이나 빈면을 제외했기때문이다. 서론 부문을 제외하면 국내교과서의 부문별 부피, 비중은 변화의 폭이 큰것이 있다. 가장 심한것이 유체역학부문인데 분리체조작의 내용중에서 일부가 중복또는 편중된 경우도 있었으나 다른한편으로 생각하면 편집상의 중점 부문이 저자에 따라서 다르게 될수도 있는것이다. Badger책에서도 이와 비슷한 경향을 볼수 있으나 역시 유체역학쪽에 분량이 부족함을 느낀다. (표 6)은 국내 몇개대학의 1975학년도 2학기 및 1976학년도 1학기의 교수요목(혹은 강의계획서)에 나타난 단위조작 topics 별(부문별)강의 배당시간수의 분포와 그 백분율(%)를 나타냈다. 각 대학의 인적구성이나, 교과과정제도 및 그 운영상태의 특징에 따라서 대학마다 상당한 차이가 있음은 당연하다. 이러한 각대학의 특징을 분별 비교하기는 어려우며

표 6. 각 대학의 Topics 별 강의 배당시간의 분포와(백분율 %)

topics 별 대학별*	고려대 (8)	서울대 (9)	인하대 (12)	전남대 (10)	영남대 (11)	5개대학평균
서론	3(3)	3(2)	6(4)	3(2)	4(3)	(2.7)
유체	27(27)	29(20)	42(25)	33(25)	15(11)	(20.9)
열	27(27)	28(19)	45(27)	32(22)	30(22)	(23.2)
물질	30(30)	39(26)	51(30)	45(31)	40(29)	(29.2)
분리	15(15)	49(33)	24(14)	32(22)	50(36)	(24.0)
합계 (%)	102(100)	148(100)	168(100)	145(100)	139(100)	(100)
학점당시간수	13.0	16.4	14.0	14.5	12.6	—

*대학 이름뒤의 괄호내 숫자는 단위조작에 배당된 총학점수임

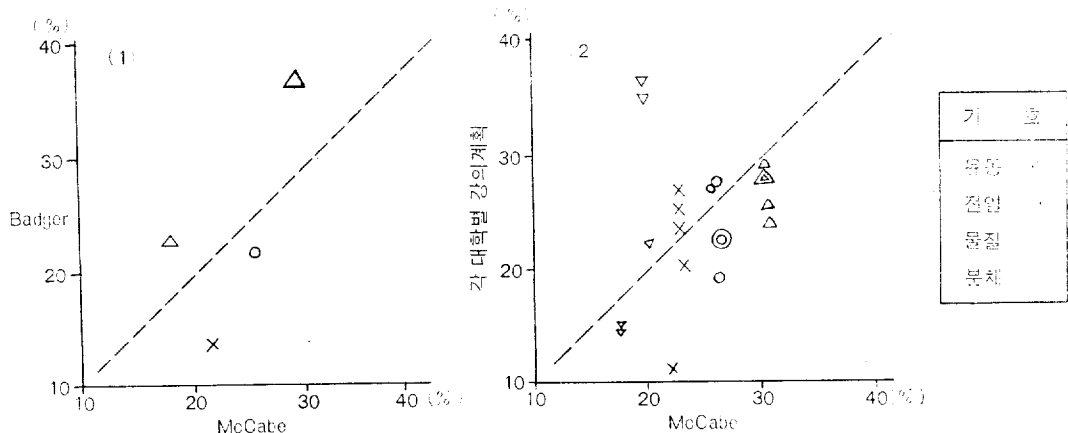


그림 1. 교과서의 부문별 %와 강의계획서와 Topics 별 %의 상관관계도

로 교과서와 교수요목사이의 부문별 (topics 별) 상관관계를 비교함으로써 각 대학의 교수요목작성에 도움이 될수도 있을 것이다.

그러나 앞에서 언급한대로, 양으로 질을 평가할수 없음을 염두에 두고 참고할 가치가 있다고 믿는다. 교과서에 나타난 부문별 비중(%)와 교수요목에 나타난 Topic 별 비중(%)의 상관 관계를 나타낸 그림을 참조하면 교수요목에 부합하지 않은 교과서를 택한 경우나 역으로 교과서에 적합치 못한 강의계획이 짜여진것이 있다고 생각된다. 그렇지 않은 경우에는 상당한 분량의 참고도서가 강의에 인용되거나 주교과서의 어느 부분이 제외된다고 생각할 수도 있다. (표6)의 Topics 별 평균치는 5개대학이 모두 McCabe 책을 주교재로 사용하고 있는 경우의 평균치이므로

로 상관관계도에서도 무리한 현상이 보이지 않음을 알수 있다.

4. 결론 및 제안

이상의 실태분석과 고찰에서 대두되는 몇가지 중요한 점을 요약 첨언하면서 본고를 끝맺을까 한다.

(1) 이론상으로는 기초공학과학인 전달현상론이 단위조작과목의 선수 과목이되면 좋겠으나, 강의와 학습의 이해를 위해서는 현재의 추세대로 양자를 병행하거나 또는 전달 현상론이 선택 과목정도로 취급될 수 밖에 없다. 그러나 가까운 장래에 단위조작이란 과목은 전달현상론을선수과목으로 하는 분리조작 등으로 개칭될 수도

있을 것이라고 믿는다.

(2) 현재까지 국내 저자의 단위조작 혹은 화학공학 교과서는 몇가지 지적된 사항을 개선하여 외국교과서에 뒤떨어지지 않는 국내교과서로 출판, 활용되어야 하겠다.

(3) 현재 실험대학 제도가 진행중에 있으므로 예측하기는 어려우나, 단위조작과목이 140학점

제도하에서 최소한 8~12학점의 정규강의와 2~4학점의 실험을 필수과목으로 하는 것이 바람직하다.

(4) 기술 자격 시행에 따르는 문제가 대두되고 있으나 공고, 전문학교, 대학사이의 교과서 강의계획등이 정비되어 있지 못한 때문에 상당한 모순이 생길 가능성이 있다.

무 기 공 업 화 학

전남대학교 공과대학 화학공학과 배 효 광

1. 과목의 정의 및 목적

화학공업은 생산공정에 있어서 대부분 화학반응이 일어나는 것이 다른 공업에 비해 특징이라 할수 있으며 이와 같은 화학공업을 체계적으로 연구하는 방향은 협의의 화학공학과 공업화학의 두 방향으로 구별할 수 있다. 그중 공업화학 분야의 연구에는 단위반응 또는 단위공정(과정)연구하는 것(순수 화학적인 방향)과 더불어 몇개의 단위반응 또는 공정을 적당히 종합하여 최적의 공업적 공정을 연구하는 것이 공업화학분야의 목표라 할 수 있으며 후자의 경우가 공업적인 면으로써 더욱 중요하리라 생각된다. 공업화학의 연구분야중에서 무기물이 그 대상인 공업화학을 무기공업화학이라 부르고 있으며 이분야를 제품의 종류 및 종래의 교육방법에 의하여 분류하면 산, 알칼리 비료공업과 규산염공업, 전

기화학공업 및 무기약품의 제조공업등으로 나눌 수 있으나 산, 알칼리 공업의 제품이 무기약품이나 전기화학공업의 제품과 중복되는 경우도 있다. 이러한 광범위하고 이질적인 내용의 무기공업화학분야의 교육을 더 효율적으로 교육하는 방법과 교육하는 내용이 문제점으로 제시되며 국내 몇 대학의 실태조사를 통하여 이런점을 고찰하여 보고자 한다.

2. 국내 대학의 실태

우선 외국의 실태는 조사하지 못하였고 1975년 2 학기와 1976년 1 학기의 국내의 무기공업화학계열 과목의 교육에 대한 13개대학의 설문지의 답을 토대로 주교재, 참고서적, 과목의 개강학년 및 학기, 배당시간수, 해당과목에 관련된 연습시간 및 실험, 실습 시간등을 조사하여 다음과 같은 표 1을 작성하였다.

표 1. 무기공업화학 계열과목의 국내 대학의 실태

학교명	교과목 이름	주 교 재	참 고 서 적	해 학년/학기	당 주 시	당 간	비 연습 및 실험	고
고 려 대		무기공업화학(최한석 외 2인)	Inorg. process Industry (Kolbe) Chem. Process Industry (Shreve)	3/1 4/1	3		연습 2 시간 실습 3 시간	
단 국 대		무기공업화학(최한석 외 2인)	—	3/1, 2	2		75년 2 학기	
동 아 대	무기공업화학 1	무기공업화학(성주경 외)	—	3/1, 2	4		—	