

대학 수학 교육에서 영어 강의의 효과 연구

성균관대학교 영어영문학과 이혜문
haemoon@skku.edu

고려대학교 수학과 김영욱
ywkim@korea.ac.kr

한 학기 동안, 영어를 사용한 대학 수학 과목 강의를 하여 수강한 학생의 강의된 내용 및 영어 습득 정도를 측정하였다. 9주 간격을 두고 사전 및 사후 시험을 치른 결과 수학 강의 내용면에서, 영어로 강의한 반이 우리말로 강의한 반에 비하여 많은 학습을 이루었음을 알 수 있었다. 특히, 영어로 강의한 반 학생들은 실험에서 사용된 수학 시험문제 가운데 어려운 문제에서 큰 진보를 보였다. 또한 영어로 강의한 반의 학생들의 수학 관련 영어는 향상된 반면 일반적 영어는 향상을 보이지 않았다. 본 논문은 이러한 결과를 통하여 영어로 된 수학 표현을 이해하고 제대로 사용하는 능력이 영어로 된 수학적 지식 습득의 일부분이며 따라서 교과 내용의 습득과 불가분의 관계임을 시사한다.

주제어: 대학 수학교육, 내용기반 언어교육, 영어접목 강의.

0. 머리말

최근에 우리나라의 여러 대학에서 대학과목의 강의에 영어를 사용하려는 경향이 나타나고 있다. 이는 사회의 국제화에 따라 대학교육도 이에 맞추어 세계화(globalize)하려는 정책의 일환에 따른 것으로 보인다. 대학과목 영어강의의 효율을 높이고 소기의 목적을 달성하기 위하여 현재 진행 중인 영어강의의 효과를 측정하고 이의 발전방향을 제시할 필요가 있다. 이를 위하여 대학과목의 영어강의에서 과목지식과 영어습득의 성취도를 측정하고 이의 장단점을 알아보는 연구가 필요하다. 본 논문에서는 선행연구([14])에서 제시된 연구자료를 수학교육의 관점에서 해석함으로써 이러한 필요에 따른 연구 방법과 결과를 보고한다.

학교 과목에 언어교육을 접목한 강의는 집중교육 또는 몰입교육(immersion)이라고도 불리며, 이미 미국 등 선진국에서 시도되고 있다. 접목강의란 언어강의가 아닌 전공강의를 자신의 모국어가 아닌 언어를 사용하여 강의함으로써 강의내용의 습득과 언어습득을 병행하자는 취지의 강의이다. 이들 나라에 유학, 이민 또는 피난 등으로 입국한 외국인에 대한 효과적 교육을 위하여 시도된 이러한 내용기반 언어교육은 지금

우리나라의 대학에서 시도하는 대학과목 영어강의와 유사한 형태이다. 접목교육을 포함하는 개념인 내용기반 언어교육(Content-based language instruction, 약칭 CBI)는 두 가지 목표를 갖고 시도되었다. 그 하나는 수업하는 과목의 내용(content)을 습득하는 것이고, 또 하나는 강의에 사용하는 외국어를 습득하는 것이다. 이러한 두 가지 목표의 상대적 중요도에 따라 내용기반 언어교육의 운영에 다양한 형태가 나타난다 ([15]). 내용의 교육에 중점을 두는 경우는 언어교사가 아닌 내용의 전문가가 교육을 담당하게 되며 강의 언어는 목표언어를 사용한다. 그러나 반대로 언어교육에 중점을 두는 경우에는 목표언어의 교육에 도움을 주는 내용을 언어교사가 적절히 선택하여 강의에 동기부여의 목적으로 사용하게 된다.

내용기반 언어교육은 초등교육에서부터 고등교육에 이르기까지, 그리고 모든 과목의 교육에서 넓은 범위에 걸쳐 시도되었으며 주로 언어교육에 초점을 맞추어 연구되었다. 또한 대부분의 연구가 미주와 유럽에서 ESL학생(learners of English as a second language)을 대상으로 이루어진 결과 목표언어의 습득을 위하여 내용강의 외에 언어강의 또는 개별 및 단체지도 등의 보조수단을 사용하여 언어습득의 효율을 높였다. 그러나 우리나라 대학에서 시도되고 있는 영어를 사용한 대학과목 강의는 이러한 보조적인 수단을 제공하지 않고 있으며 내용교육을 담당하는 교사 자신도 외국어 교육이라는 목표를 특별히 강조하지 않는 언어교육으로, 이는 영어를 사용하는 국가에서 ESL학생들에게 하는 교육이나, 그 밖의 나라에서 국제학교(international school) 학생들에게 하는 교육과 많은 점에서 유사함에도 불구하고 같은 조건에서 이루어지는 교육이라고 할 수 없으며, 따라서 이러한 환경에 한정된 별도의 연구가 필요하다고 할 수 있다([10, p. 24]).

본 논문의 부족한 점을 보완할 수 있도록 많은 조언을 주신 익명의 심사자에게 감사 드린다.

1. 수학교육과 언어교육 연구

1.1 수학교육에서 언어의 역할에 대한 연구

수학교육에서 교육에 사용하는 언어의 중요성은 이미 많은 수학교육학자에 의하여 강조되어 왔으며 여러 방면에서 연구되었다. 특히 수학교육에서 언어의 사용이 수학적 개념을 구성하는 체계로 사용됨은 잘 알려져 있다([1, 22, 23, 24]). 수학과 언어의 상관관계에 대한 연구는 특히 풍부하며, 여러 방면에서의 연구에서 공통적으로 언어와 관련된 쟁점들은 수학 학습에 큰 영향을 준다는 점이 밝혀져 있다([5, 9]). 수학 학습에서 개념형성이나, 문제해결, 토론 등의 모든 관점에서 언어는 수학 학습의 핵심을 이루고 있다([16]).

학생이 수학 단어의 개념과 의미를 파악하였다는 것은 적어도 수학 토론에서 그 단어를 사용할 수 있다는 뜻이다([22]). 또 교실에서의 경험을 종래의 방법이나 새로운 언어적 방법으로 표현하는 것이 수학교실에서의 탐구활동이라고 할 수 있다([4]). 일반적으로 수학 학습은 수학의 단어와 수학적 구조를 수학의 토론에서 사용하는 방법을 습득하는 것을 필수 요건으로 하고 있다([6, 7, 18, 24]). 이를 위하여 수학 교사는 학생들에게 탐구활동(investigative task)을 부과하고 이와 관련된 토론을 유도하며 수학 내용에 관련된 추측과 검토를 반복하게 한다. 이 때, 이 과정에서 나타나는 언어는 불분명하고 애매한 표현이 되기 쉽다([8, 20, 21]). 특히 수학 토론에서 나타나는 언어는 추상적이고 상징적이거나 기호적인 표현을 사용하고, 표현의 정밀성과 수학적 구조 등을 포함하고 있어 일반 회화의 언어와 차이가 있다([18]).

이러한 모든 점을 통틀어 수학교육에서 언어의 역할은 과소평가할 수 없으며 각각도에서 연구하여야 할 대상이다. 그러나 이러한 연구의 대부분은 수학교실에서 사용하는 언어를 모국어로 상정하고 있다. 이러한 연구 결과를 외국어로 강의하는 수학과목에 적용한다면, 영어 강의를 통해 수학 내용을 학습한다는 것은 수학과 관련된 영어표현의 올바른 이해 및 사용 능력과 불가분의 관계이리라는 것을 예측할 수 있다.

1.2 내용기반 언어교육의 모형

내용기반 언어교육은 그 교육 목표에 따라 여러 형태로 이루어진다. 그 형태를 나누어 보면 대략 다음 세 가지 형태를 기본 모형으로 하고 있으며, 이를 변형시킨 여러 가지 다른 모형도 공존한다([2, 3]).

Theme-based model	내용(수학) 중심으로 하여 이 강의를 목표언어(영어)로 교육하며 언어교육을 병행하거나 접목교육(immerse)함
Sheltered model	목표언어(영어)를 외국어로 사용하는 학생들만을 대상으로 내용 강의를 목표언어로 강의함
Adjunct model	내용 과목과 이와 연계된 언어 과목을 동시에 개설하여 수강하도록 하며 두 강의 내용을 서로 보완하여 교육함

〈표 24〉 내용기반 언어교육의 교육목표에 따른 분류

이들 기본 모형의 변형으로 Language Across Curriculum(LAC), Cognitive Academic Language Learning Approach(CALLA) 등이 있다. 한편 교육방법에 따라 분류하면 다음과 같다.

Cooperative learning	서로 다른 능력의 학생들이 같이 서로 도우며 공부함
Task-based learning	내용에서 적절한 활동(task)을 통하여 교육함
Whole language approach	내용을 사용하는 상황 전체를 경험하도록 교육함
Graphic organizers	시각적 content를 사용하여 내용의 이해를 도움

<표 25> 내용기반 언어교육의 교육 방법에 따른 분류

그러나 교육방법에 따른 분류는 수학 과목의 강의에 모두 동시적용 가능한 모형으로서 수학강의의 분류에 꼭 적합한 분류는 아니다. 특히 강의 위주로 진행되는 한국의 대학 수학 교육과는 현실적인 괴리가 있다.

1.3 내용기반 언어교육의 연구

내용기반 언어교육 연구의 효시는 1965년도에 캐나다 초등교육에서 이루어졌다([17]). 캐나다 초등학교에서 불어 교육을 위하여 일반교과목에 불어 접목강의를 도입하였다. 이 불어교육은 초기 접목교육, 지연 접목교육, 그리고 후기 접목교육으로 나누어 실시하였다. 초기 접목교육은 2~4학년에서 3년간, 지연 접목교육은 4, 5학년에서 2년간, 후기 접목교육은 7, 8학년(우리나라 중학교 1, 2학년에 해당함) 가운데서 1년간 시행하며 접목교육 기간에는 학생이 수강하는 모든 과목을 불어로 강의하였다. 이 연구의 중요 결과는 접목강의 참여 학생의 불어습득 수준은 모국어 수준에 도달하지 못하였지만 실험집단은 비교집단에 비하여 월등한 불어습득을 보였으며 과목 내용의 습득에서도 비교군과 같은 정도의 성과를 얻었다. 이로써 내용기반 언어교육의 효과를 보여주고 있다. 이 연구는 2~3년의 장기적인 연구의 결과이다.

중등교육 이상의 내용기반 언어교육에서 위의 모형에 따른 대표적인 연구로 다음과 같은 것을 들 수 있다. 그 첫째는 UCLA에서 대학교육 수준으로 행해진 프랑스 문화사 과목의 불어 접목강의이다([13]). 둘째로는 University of Ottawa에서 행하여진 sheltered model과 adjunct model을 조합한 심리학 강좌이다([11]).(Hauptman et al.) 그리고 마지막으로 국내의 숙명여자대학교에서 행하여진 sheltered model의 인문학 관련 강좌이다([12]).

이러한 연구 결과 내용기반 언어교육의 여러 가지 효과가 입증되었으며 내용 교육에 언어교육을 접목하는 것은 언어교육의 입장에서 매우 긍정적인 것으로 평가된다. 그러나 이러한 연구의 대부분은 인문학 관련 강좌에서 행하여진 언어접목교육이었으며 이미 강의 자체가 언어 성숙도를 요구하는 강의라는 점에서 수학과목과는 많은 차이가 있다.

즉, 이러한 강좌는 내용면에서 언어의 사용을 강조하고 있다. 따라서 외국어를 사용

한 강의는 자연스럽게 외국어의 습득에 큰 역할을 할 것이라는 것에는 이론의 여지가 없다. 더욱이 일상적 언어에 많이 의존하는 과목의 내용을 습득하는데 역으로 언어교육은 내용습득을 보조하는 역할을 하여 시너지 효과를 기대할 수 있으며 이는 연구의 결과로 나타나고 있다. 따라서 이러한 연구의 초점은 언어교육이 접목된 내용강의가 언어습득 면에서 단순한 언어교육만큼의 효과를 올릴 수 있는가, 그리고 또 내용습득 면에서 모국어를 사용한 경우와 같은 정도의 효과를 올릴 수 있는가에 초점이 맞추어질 수밖에 없다고 할 수 있다.

그러나 수학과목에 접목된 언어교육은 이와 다른 면이 많다. 일상적인 언어와는 많이 다른 언어를 사용하는 수학과목의 경우 언어교육이 접목된다고 일상적 언어습득에 도움을 줄 수 있는가? 그리고 외국어를 사용한 강의에서 내용을 이해하는데 도움 보다는 어려움을 줄 가능성이 많지 않은가? 한편 외국어의 일상적 용법 교육이 수학교과외의 외국어를 통한 학습에 직접적인 도움을 주지 못하는 상황에서 외국어를 접목한 내용 강의가 이러한 괴리를 해소해 줄 수 없을까? 하는 등등의 여러 가지 의문점을 해소할 연구가 필요하다.

1.4 수학교실을 통한 언어교육의 연구

내용기반 언어교육의 한 가지로 수학과목을 통한 언어교육은 여러 곳에서 시도되고 연구되었다. 그러나 앞 절에서와 같이 수학교육에서 언어 자체의 역할에 초점이 맞추어진 경우를 제외하고는 대부분 수학 내용 자체에 대하여는 큰 관심을 두지 않고 있다. 즉, 수학교육의 입장에서보다는 언어교육의 입장에서 접근하고 있으며 이러한 연구의 대부분이 수학 전문적인 관점에서 떨어져 있다.

이러한 점과 관련하여 중등교육에서의 연구로 최근에 홍콩(Hongkong)에서 다국적 환경에서의 영어접목 수학과목에 대한 연구는 특기할만하다. 이 연구는 홍콩의 외국인 학교에서 ESL학생(16~18세)을 대상으로 수학과목(통계와 기초 미분 수준)을 영어를 사용하여 강의한 내용에 대하여 연구하였으며, 수학강의에서 영어를 사용한 쓰기, 읽기 및 문화적인 차이 문제를 다양한 수준의 ESL학생과 영어가 모국어인 학생들을 상대로 비교 조사하였다. 이 연구의 결과로 홍콩의 특수한 상황에 필요한 수학교육 과정과 강의에서 영어사용과 병행하여 필요한 사항들을 제시하고 있다([10]).

그러나 홍콩은 비록 모국어는 중국어일지라도 영어를 공용어로 사용한지 오래 되었다. 따라서 많은 ESL학생들의 경우 영어의 사용이 자유롭지 못하여도 어느 정도 영어를 사용하는 문화에 익숙한 상황이라고 할 수 있으며 특히 영어를 모국어로 사용하는 학생들과 섞여서 수업하는 상황은 우리 실정과는 많이 다르다고 할 수 있다.

일반적인 내용기반 외국어교육 연구가 영어 사용 국가에서 ESL학생들에게 하는 교육이거나 그 밖의 나라에서의 국제학교에서의 교육임에 비추어 볼 때, 우리나라 대학의 수학과목에서 영어를 사용한 교육과는 많은 점에서 다른 환경일 수밖에 없으므로,

우리과 같은 상황에서의 교육성과에 대한 연구는 일천하다고 하겠다. 따라서 영어강의의 교육효과에 대한 여러 관점에서 장기간에 걸친 연구는 매우 시급하다고 생각된다. 특히 교육목표 가운데 가장 중심이 되는 말하기와 듣기 면에서의 교육성과에 대한 연구는 많은 연구비와 인력과 시간이 필요한 만큼 조직적이고 제도적인 뒷받침이 필요하다.

2. 연구 배경과 연구 목표

최근에 몇몇 대학에서 세계화(globalization)의 일환으로 대학 전공강의에서 영어를 사용한 강의의 비율을 늘리는 시도를 하고 있다. 이는 국내 대학의 경쟁력 강화 측면에서 널리 유행하고 있는 강의 형태이다. 이러한 강의는 대학에서 수학하는 동안 영어능력을 동시에 향상시켜 졸업 후에 필요한 영어능력을 확충하겠다는 목표와 함께 전공과 관련된 학업이나 업무에서 필요한 영어를 습득하게 하는 목표를 달성하게 하리라고 기대되고 있다. 특히 전공에 필요한 영어는 일반적인 영어강좌를 통하여 습득하기 어려운 점이 있어서 이러한 가설이 실제로 확인된다면 영어를 사용한 강의는 매우 유용한 강좌형태로 자리 잡을 가능성이 높다. 따라서 이러한 강의에서 강의 내용의 학습효과와 동시에 영어습득 효과를 측정하는 연구를 통하여 이러한 생각의 근거 유무를 확인할 학문적 필요가 있다.

본 실험은, 수학강좌에 영어접목강의를 하였을 때, 강의 내용에서 “수학적 지식의 습득”이라는 수학내용부분과 “수학적 의사소통에서 영어능력”이 얼마나 향상되는가 하는 물음에 대답하기 위한 목표로 고안한 실험을 수행하였다. 특히 수학적 지식의 습득에서는 세계화에서 필요로 하는 영어를 사용할 때의 수학적 지식을 평가하였고, 영어에서는 수학에 필요한 영어능력과 일반적인 영어능력의 향상에 차이가 있는가를 비교하였다.

3. 연구 방법

3.1 참여 인원

연구 대상 학생은 고려대학교 수학과 3개 과목을 수강하는 학생 170명이었다. 연구대상 과목은 집합론으로서 두 개 반으로 분반되어 있었으며 각 반 약 60명씩으로 나뉘어 있었다. 두 반 가운데 한 반은 한국어로 강의하였고 또 한 반은 영어로 강의하였다. 학생들에게는 반의 선택권이 없었으며 개강할 때 강사가 정하여졌다. 이 두 반에서의 실험을 통하여 연구 목표인 성취도를 비교하였다. 세 번째 반은 한국어로 강

의한 선형대수 강좌로서 이 반의 학생들을 통제집단으로 하여 실험하였다. 학생 가운데는 집합론(실험/비교집단)과 선형대수(통제집단)를 모두 수강한 학생들도 일부 있었으며 이러한 학생들은 결과 분석에서 제외하였다.

집합론 강의를 수강한 학생의 대부분은 이과대학 2~4학년 수학과 학생들이며, 전산학 전공자 수명과 이 밖의 학과 학생 수명이 있다. 한편 선형대수학을 수강한 학생은 수학과와 물리학과 학생들이 대부분을 차지하였으며 경제학과 학생 수명, 공과대학 학생 수명이 있었다.

두 집합론 강의는 같은 영어 교재를 사용하였으며 같은 강의계획서를 따라 같은 진도로 강의하였다. 그러나 강의의 중간시험과 기말시험은 각각의 강사가 따로 출제하여 시행하였다. 강의 시에 판서와 시험문제는 두 강의에서 모두 영어를 사용하였다. 즉 두 강의는 강의 시 강사가 구두로 어떤 언어를 사용하였는가를 제외하고는 다른 차이는 없다고 보아도 무방하다. 특히 이 강의의 목표는 수학의 내용을 영어를 사용하여 이해하고 표현하는 것이라고 할 수 있다.

세 반의 강사는 모두 수년 이상의 수학 강의 경력을 가진 고려대학교 조교수 이상으로서 강의 능력이나 경험 면에서 큰 차이를 보이지 않는다고 할 수 있다. 또 영어 구사 능력에서도 큰 차이를 보이지 않는다. 세 강사는 모두 미국의 정규 대학에서 대학원 교육을 받고 박사학위를 취득하였으며 미국 대학에서의 교육 경험을 가지고 있다. 그러나 강의를 맡은 강사는 언어교육과 관련된 어떠한 훈련도 받지 않았으며, 강사는 강의 시간 중에 언어습득과 관련된 도움을 학생에게 주지 않았다. 또 언어습득을 위한 보조 강좌나 보조수단도 전혀 없었다. 따라서 위의 강의는 1.2절의 분류에 따르면 교육목표로서는 theme-based model과 sheltered model을 병합한 형태에 가깝다고 할 수 있다.

3.2 실험 자료

실험에 사용된 시험문제는 수학내용 지식시험, 내용관련 영어시험, 일반 영어시험 등 3개조를 출제하였다. 본 논문에서는 이 가운데 일반 영어시험을 제외한 두 시험의 결과에 대한 분석을 보고한다. 수학내용 지식시험으로는 집합론에서 공부하는 내용에서 영어로 출제된 참/거짓 문제(10문항)를 사용하였으며, 이 집합론 시험 문항들은 집합론 과목의 강사들에 의하여 출제되었다. 내용관련 영어능력 측정에는 집합론과 관련된 내용의 두 한글 문단을 영어로 번역하는 시험을 사용하였다. 시험 문제에서 일반적 영어표현, 강의 내용에 필수적인(content-obligatory) 영어표현, 강의 내용에 유용한(content-compatible) 영어표현을 각각 추출하였다. 학생들이 제출한 답에서 추출한 3가지 범주의 표현이 나타난 회수를 세어 점수화 하였다. 번역과 집합론 지식 시험은 사전시험과 사후시험에서 같은 시험문제를 사용하였다.(부록 참조)

3.3 실험 과정

실험 대상인 3개 과목의 수강이 확정된 3월 말경 강의 시간 중에 3가지 시험을 사전시험으로 치렀다. 일반 영어능력 시험은 20분 동안 치르고, 내용관련 영어시험과 집합론 내용시험은 합하여 20분 동안 치렀다. 사후시험은 같은 학기 6월 초에 학기말 시험을 본 후에 치렀다. 두 시험 사이의 간격은 9주였다. 사후시험이 학기말 시험이 끝난 후에 치러져서 사후시험의 참여도가 떨어졌으며, 시험에 대한 학생들의 진지함이 떨어졌다는 것도 빈답지를 낸 학생 수가 많은 것에서 알 수 있다. 이를 감안하면 실험 결과 능력 향상이 보이지 않는 경우에도 실제로 실력 향상이 없었다고 단언하기는 어렵다.

3.4 결과 분석

데이터의 분석에는 SPSS 10.1 패키지를 사용하였다.

사전시험과 사후시험을 모두 치른 학생들에 대해서만 데이터 분석을 하였다. 따라서 분석 대상 학생 수는 실험집단 사이에 그리고 3가지 시험 사이에 차이가 있다. 각 실험집단 내에서 사전시험과 사후시험 간의 비교에는 대응표본 T검정(paired t-test)을 사용하였다. 한편 집단간 비교에는 다변량 GLM 과정을 사용하였다.

수학 지식습득 평가에 사용된 10문항의 총점에 대한 분석을 하였다. 그리고 각 문항별로 사전시험과 사후시험의 비교 및 각 집단간 비교를 하였다. 그리고 문항별 통계에 따라 구분된 문항 가운데 의미 있는 문항군에 대하여 다시 총점 분석을 하였다. 수학 시험에서는 10개 문항 가운데서 맞은 답의 개수로 채점하였다.

일반 영어능력 측정에서는 30개의 시험문항 가운데 바른 답을 제시한 문항의 개수로 채점하였다. 내용관련 영어시험에서 내용필수 표현 3개와 내용 유용한 표현 6개의 채점에서는 학생이 정확한 표현을 사용한 경우에만 맞는 것으로 하였다. 한편 일반 영어 표현 6개의 채점에서는 일반적으로 이해 가능한 표현이면 문법적인 오류가 없는 한 맞는 것으로 채점하였다.

실험에서 처치(treatment: 영어강의와 우리말 강의)는 독립변량으로 처리하였다. 그리고 시험 점수는 수학시험 점수, 3가지로 세분화된(내용필수, 내용유용, 일반표현) 영어시험점수로 분류해서 각각 종속변량으로 처리하였다. 사전시험 점수에서 집단간 차이를 통제하기 위하여 사후시험의 분석에서 사전시험 점수는 공변량으로 처리하였다.

4. 실험 결과

실험 결과에 대하여는 실험에 참여한 3개 집단을 다음 표와 같이 집단 1, 2, 3으로 구별한다.

집단	Treatment	과목/언어
집단 1	통제 집단	선형대수/우리말
집단 2	실험 집단	집합론/영어
집단 3	비교 집단	집합론/우리말

<표 26> 피험자 집단의 분류

4.1 수학 내용 습득

4.1.1 총 점수 분석

수학 내용의 지식시험 10개의 참/거짓 문항에서 세 집단의 사전시험 평균 성적은 6.4, 5.1, 3.1이었고(통제, 실험, 비교 집단 순), 사후시험 평균 성적은 7.0, 6.8, 4.6이었다. 대응표본 T검정을 사용한 분석에서 세 집단 모두 유의한 성적 향상이 보였다(각각 $p = .008, .000, .034$). 다변량 GLM분석을 사용한 집단간 분석에서 세 집단의 사전시험 성적은 서로 유의하게 달랐다(모두 $p = .000$). 그러나 사후시험에서는 통제 집단과 실험 집단 사이의 성적 차이는 없었다. 이는 실험 집단의 사후시험 성적이 많이 향상됐기 때문이다. 그러나 실험 집단과 비교 집단의 사후시험 성적은 계속해서 차이를 보였다(모두 $p = .000$). 사후시험에서는 실험 집단의 성적이 가장 높았고 그 다음으로 통제 집단, 비교 집단 순서였다. 사후시험의 공변량분석(covariate analysis)에 따르면 통제 집단과 실험 집단이 비교 집단에 비하여 집합론의 지식을 더 많이 습득했다고 할 수 있다. 따라서 영어강의는 내용의 습득에 대하여 긍정적 영향이 더 크다고 할 수 있다. 그러나 통제 집단이 사후시험에서 유의미한 향상을 보인 점과, 실험 집단과 비교 집단보다 사전 또는 사후 시험에서 더 높은 점수를 획득한 점은 논의가 필요하다. 이를 위해서 시험에 사용된 10개의 문항분석을 통해서 시험문항을 검토하고 그 결과에 맞추어 재분석하였다.

4.1.2 문항별 분석

수학 내용 지식시험의 10개 문항은 난이도 면에서 많은 차이를 보였다.

문항	사전시험	사전사후점수향상도
1	.91	.03
2	.33	.03
3	.93	-.02
4	.82	.08
5	.46	.23
6	.35	.18
7	.48	.15
8	.10	.19
9	.77	.14
10	.25	.19

<표 27> 수학시험 문항 난이도

사전시험 결과에 따르면 각 문항별 평균 성적은 1점 만점으로 하여 0.10점부터 0.93점까지 분포되어 있다. 따라서 성적이 좋은 문항 4개(평균 0.77점 이상, 1, 3, 4, 9번)는 어떠한 이유에서든 이미 많은 학생들이 알고 있는 내용이며, 따라서 이 문항들의 분석결과는 큰 의미가 없다고 판단되며, 사후시험에서의 점수 향상도에서도 가장 근소한 변화를 보였다.

한편 표 4에 나타난 바와 같이, 사전, 사후 시험성적의 상승폭에 대한 분석을 하여 문항별로 세 집단의 상승폭을 조사하였다. 그 결과 낮은 난도를 보인 4개 문항을 제외한 6개 문항 가운데 한 문항(8번)은 통제집단에서 사후시험 성적이 사전시험에 비하여 매우 많은 상승을 보였다(표 5 참조). 이는 설명할 수 없는 부분이 있다고 생각되므로 이 문항은 분석 결과를 해석하는데 난점이 있다.

이 문항들을 제외하고 남은 5개 문항 가운데 사후시험점수 상승폭에서 집단간 유의한 차이를 보인 문항(2, 7, 10번)과 집단간 유의한 차이가 나타나지 않은 문항(5, 6번)으로 구별하여, 유의한 차이가 있는 3개 문항에 대하여 집단간 비교를 하였다. 분석 결과 이 세 문항 모두에서 실험집단이 가장 큰 성적 향상을 보였다. 자세히 설명하면 세 문항 모두에서 실험집단은 통제집단에 비하여 유의한 수준의 차이를 보였다. 그러나 비교집단은 통제집단과 유의한 차이가 없었다. 집단간 유의한 차이가 없는 두 문항(5, 6번)에서는 비교집단 또는 실험집단이 가장 높은 점수를 획득하였다.

문항	통제집단 N=45	비교집단 N=12	실험집단 N=49	집단간 차이 (F-ratio, Sig.)		사후 검정 (Scheffe Post hoc test)
				F-ratio	Sig.	
1	.02	.17	.00	1.102	.336	저난도 문항
2	-.18	-.17	.27	8.849	.000*	통제<비교<<실험
3	.02	-.08	-.04	.652	.523	저난도 문항
4	.04	.25	.06	1.440	.242	저난도 문항
5	.13	.33	.29	.821	.443	통제<비교<실험
6	.11	.08	.27	1.006	.369	통제<비교<실험
7	-.11	.25	.37	7.070	.001*	통제<비교<실험 통제<<실험
8	.49	-.08	-.02	24.102	.000	통제집단만 상승
9	.04	.42	.16	3.576	.032*	저난도 문항
10	.02	.17	.35	4.023	.021*	통제<비교<실험 통제<<실험

<표 28> 사전시험에 비한 사후시험에서 성적 향상 점수의 집단별 평균 및 비교분석결과.

유의한 집단간 차이의 통계는 표6 참조. (<<: 유의한 차이 있음, <:차이는 있으나 유의하지 않음.)

문항		사후 검정 (Scheffe Post hoc test)		
		통제 - 비교	통제 - 실험	비교 - 실험
2	평균 ±표준오차	-.01±.175	-.44±.111	-.43±.173
	유의수준(Sig.)	.998	.001*	.049*
7	평균 ±표준오차	-.36±.203	-.48±.129	-.12±.201
	유의수준(Sig.)	.209	.002*	.843
9	평균 ±표준오차	-.37±.141	-.12±.090	.25±.140
	유의수준(Sig.)	.035*	.420	.200
10	평균 ±표준오차	-.14±.180	-.32±.115	-.18±.179
	유의수준(Sig.)	.726	.021*	.603

<표 29> 성적향상 점수에서 집단간 유의한 차이를 보인 문항에 대한 집단간 비교

종합해보면 이들 5문항의 점수 향상폭은 저년도 문항으로 제외된 1, 3, 4, 9번 문항보다 모두 전체집단의 점수 향상폭이 컸으며 집단별 비교를 하면 5번을 제외한 4개의 문항에서 실험집단이 가장 큰 폭으로 향상했고, 그중에서 3개의 문항, 2, 7, 10번은 통계적으로 유의미하게 실험집단의 향상이 다른 두 집단보다 컸다(표 5 참조).

결론적으로 수학시험에서 실험집단이 타 집단보다 향상이 더 컸던 것은, 저년도 문제를 제외한 비교적 고난도 문제에서 실험집단이 통계적으로 유의미한 집단차를 보였기 때문으로 해석된다. 이것은 영어로 진행된 강의가 한국어를 통하여 진행된 강의보다 영어를 사용한 집합론의 지식 내용 습득에 더욱 효과적이었음을 의미한다.

4.1.3 문항분석에 따른 총점 재분석

너무 쉬운 문항과 통제집단만이 유일하게 상승한 8번 문항을 제외한 5개의 문항의 총점에서는 사전, 사후 시험에서 유의미한 상승을 보인 집단은 실험집단이 유일하였다 ($p = .000$). 통제집단은 사후시험에서 다소 하락하며 거의 비슷한 점수를 보였고, 상관계수 또한 거의 유의하게 나타났다. 비교집단은 사후시험에서 상승하기는 하였으나, 유의수준에 미치지 못했다. 5개의 문항으로 분석할 경우, 10개 문항의 분석결과와는 달리, 통제집단의 상승이 없고, 실험집단과 비교집단의 상승이 있었던 것으로 나타나서, 보다 설득력있는 결과로 보여진다.

	사전	사후	상관계수	유의수준	t-값	유의수준
통제	2.67	2.64	.282	.061	.114	.910
실험	1.51	3.04	.076	.604	-7.491	.000
비교	.42	1.08	-.047	.885	-1.773	.104

<표 30> 5개 문항 총점의 집단별 사전 및 사후 시험 점수 비교

다음으로 다섯 문항에 대한 사전, 사후시험 성적에 대한 집단간 비교결과는 표 7에서 나타난 바와 같이, 사전시험에서 통제, 실험, 비교 집단은 각각 2.67, 1.51, .42 점으로 10개 문항 점수 분석에서와 같이 세 집단이 서로 유의미한 차이를 보였다. 그러나, 그러한 사전시험점수의 차이를 조정한 공변량 분석(covariate analysis)의 결과, 사후시험 성적은 실험, 통제, 비교 집단의 순서로 점수가 높았으며 (3.10, 2.51, 1.33), 세 집단의 점수가 모두 서로 유의미한 차이를 보였다.

	통제집단 N=45	실험집단 N=49	비교집단 N=12	집단간 차이 (F-ratio, Sig.)		사후 검정 (Scheffe Post hoc test)	
	평균 (표준편차)	평균 (표준편차)	평균 (표준편차)	F값	p값		
사전	2.67 (1.13)	1.51 (.96)	.42 (.90)	28.42	.000	통제-비교 통제-실험 비교-실험	.000* .000* .006*
사후	2.51 (.178)	3.10 (.157)	1.33 (.342)	13.73	.000	통제-비교 통제-실험 비교-실험	.005* .020* .000*

<표 31> 사전 및 사후시험 점수의 집단간 비교

5개의 문항으로 공변량 분석한 결과, 10개의 문항으로 분석한 결과와는 달리 사후 시험 성적에서 실험집단의 점수가 유의미하게 가장 높았다.

4.2 영어능력 분석

영어능력 분석은 선행연구의 연구내용을 간략히 옮긴다([14]). 내용 관련(content-relevant) 영어능력을 측정하는데 두 가지 범주로 나누어 측정하였다: 즉, 내용 필수적(content-required) 표현, 내용 유용적(content-compatible) 표현이다. 일반적 영어 표현 능력은 내용관련 영어와 함께 작문을 통해서 측정되었다. 영어 작문을 통하여 각 범주별로 측정된 표현은 다음 표와 같다.

범주	항목	항목수
내용 필수적 표현	axiom, set theory, subset	3
내용 유용적 표현	axiom of arithmetic (calculus), "A is a subset of B," set theoretic relation, relation of inclusion, relation of implication, if A then B	6
일반 표현	sharp line, smallest big number or biggest small number, increase by a sixth one, seem to be the same as logic, logical relation	6

<표 32> 수학 내용 작문을 통한 영어능력 시험의 영역별 평가 항목

영어능력의 향상을 측정한 결과는 표 10과 같다.

		통제	실험	비교
		N=44	N=49	N=11
내용필수 (3문항)	사전	2.1	2.2	1.4
	사후	2.2	2.4	1.6
	T값	-0.95	-1.81	-0.69
	p값	.35	.08†	.51
내용유용 (6문항)	사전	1.23	.88	.45
	사후	1.02	1.06	.64
	T값	1.22	-1.84	-1.00
	p값	.23	.07†	.34
일반표현 (6문항)	사전	2.11	1.84	1.82
	사후	2.00	1.78	1.73
	T값	.45	.33	.23
	p값	.65	.75	.82

<표 33> 수학내용 작문시험에 나타난 영역별 영어능력 향상 정도

(†: $p < .1$, 유의수준 근접)

위의 표 10에서 알 수 있듯이, 내용 필수적 표현으로 선정된 1~2 단어로 이루어진 표현 세 개 가운데 바른 표현의 개수의 평균은 사전시험에서 2.1, 2.2, 1.4였고, 사후시험에서 2.2, 2.4, 1.6이었다. 대응표본 T검정을 사용하여 분석한 결과 실험집단은 유의수준에 근접한 향상($p = .08$)을 보였다.

실험에서 사용된 6개의 내용 유용적 표현에 대하여 사전시험에서 세 집단의 평균성적은 1.23, 0.88, 0.45였으며, 사후시험에서 세 집단의 평균성적은 1.02, 1.06, 0.64였다. 대응표본 T검정을 사용한 분석에서 실험집단만이 유의수준에 근접한 향상($p = .07$)을 보였다.

실험에서 사용된 6개의 일반 영어 표현에서는 세 집단의 사전시험 평균 성적은 2.11, 1.84, 1.82였고, 사후시험 평균 성적은 2.00, 1.78, 1.73이었다. 대응표본 T검정을 사용한 분석에서 어느 집단도 사전시험에 비하여 사후시험에서 유의한 향상을 보이지 않았다.

이를 종합하면, 실험집단만이 유일하게 내용 관련된 수학내용에 필수적인 표현과 유용한 표현을 통계적으로 유의수준에 근접하게 습득하였고, 수학내용과 직결되지 않은 일반표현에서는 전혀 습득하지 못하였다. 한편 통제집단과 비교집단은 모든 영어 능력에서 향상이 없었다.

5. 결론

본 연구를 통하여 실험연구의 목표에서 제기한 물음에 대하여 다음과 같은 사실을 알 수 있다. 수학적 지식 및 수학내용과 관련된 영어능력은 영어접목강의에서 일반강좌에 비하여 더 많은 습득이 이루어지는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 일반적인 영어능력에서는 특별한 차이가 보이지 않았다.

특히 수학 지식 면에서는 영어 강의를 수강한 학생들이 우리말 강의를 수강한 학생들에 비하여 수학 지식을 더 잘 습득했다고 나타나 있다. 이는 중요한 사실로서 일반적으로 잘 모르는 언어를 사용하여 공부할 경우 학업성취도도 떨어진다는 예상과는 반대되는 결과이다. 이에 대한 설명은 몇 가지 면에서 가능하다.

우선 가장 바람직한 효과로 볼 수 있는 점은 학생들이 영어로 수업함으로써 영어를 사용하는 시험에서 나타나는 용어와 표현에 더 익숙해졌을 것이라고 판단된다는 점이다. 이는 영어를 사용한 강의의 목표가 전공 내용에서 영어로 의사소통을 하도록 하려는 것이라는 점에서 목표에 잘 부합되는 결과이다.

한편 영어 강의를 수강하는 동안 학생들은 강의 내용을 습득하는데 어려움이 컸을 것이다. 따라서 영어 강의 수강 학생들이 교과서를 더 많이 읽었을 것이라고 생각되는 점도 영어를 사용하는 수학내용 습득에 도움을 주었을 것이라고 생각할 수 있다. 학습한 내용에 대한 일정한 이해도에 도달하기까지, 영어만을 사용한 집단에서는 우리말을 사용한 집단보다 학습시간을 더 사용할 수밖에 없을 것이라고 생각되며 이 과정에서 학습내용을 영어로 이해하고 표현하는 능력을 더 길렀을 것이라는 추측이 가능하다.

여기서 영어를 사용한 수학내용습득의 향상이 어느 정도 수학내용습득의 향상 및 수학학습에서 영어사용능력의 향상에 기인하는지 본 실험은 구별하지 못한다. 특히 실험 및 비교집단의 학생들 전부가 영어를 사용한 판서, 시험 및 문제풀이를 하였으며, 강의 내용에 대하여 우리말로 의사소통하는 훈련도 없었던 만큼, 수학내용만을 따로 뽑아서 실험하려고 하여도 영어의 능력을 배제하고 수학능력 향상만을 측정하는 단순한 실험은 불가능하였다. 이와 관련하여 더 깊이 있는 연구가 필요하다고 생각된다. 이와 함께, 본 논문의 실험은 대학에서 수학전공과목이 교육목표로 하는 모든 부분, 특히 계산과 논증부분의 능력향상을 검증하지 못한다. 실험에서 사용한 시험에서 보이듯이 집합론을 공부하여 알게 되는 일반적인 수학적 사실들과 집합론과 관련된 의사소통에 필요한 수학적 영어표현능력 검증에 국한되어있다. 더욱 일반적인 부분은 더욱 깊이 있는 실험을 통하여 연구되어야 할 것이다.

한편 일반 영어 표현 능력 평가에서 세 집단은 사전과 사후시험 간에 차이가 없었다. 그러나 수학내용에 대한 의사소통에 필요한 표현과 관련하여서는 영어 강의 수강 학생만이 수학내용 관련 영어 표현 능력이 향상되었다. 이는 앞에서의 수학적 지식면의 분석과도 일치하는 것으로서, 영어를 사용한 수업에서 학생들은 수학적 내용의

영어표현에 집중하게 됨으로써, 이와 동떨어진 일반적 영어 표현의 습득은 없는데 반면에 수학 내용과 관련된 영어표현의 습득과 함께, 이와 불가분해에 있는 수학지식이 동시에 향상되는 자연스런 결과라고 해석할 수 있다.

전체적으로 분석하여 보면 결과적으로 영어를 사용한 전공 강의는 학생들이 영어에 준비가 되어 있지 않고, 또 강의에서 영어 습득을 높이기 위한 보조적인 수단을 동원하지 않은 상태에서도 전공 관련 영어 습득에 좋은 효과를 보일 뿐만 아니라, 결국 영어를 사용하게 되는 전공 지식의 습득에도 모국어 사용 강의보다 더 좋은 효과를 보이는 점이 있다고 판단된다. 이러한 결과는 초기의 예상과는 달리 어떤 점에서 전공에서 영어 강의가, 전공영어 습득 및 전공 내용 습득 면에서 모두 긍정적인 효과를 가지고 있으며 따라서 장려할 필요가 있음을 이야기하고 있다.

그러나 모든 강의가 영어강의일 필요성을 말해주는 것은 아니다. 이러한 강의와 함께 모국어 강의가 적절히 섞여 있을 때 교육 효과가 극대화될 수 있을 것임은 자명하다. 문제는 어느 정도의 영어강의가 필요한가 그리고 어떤 내용의 강의에서 영어강의가 효과적인가 하는 것은 연구하여야 할 문제이다.

또 대학 전공수업의 영어강의가 장기적인 면에서는 어떠한 좋고 나쁜 영향을 주는 지, 또 영어강의가 대학수업의 내용 습득에 전반적으로 고르게 긍정적인 효과를 가져오는지에 대한 연구 또한 시급히 시행되어야 할 문제이다. 한편 전공영어의 습득에 있어서 “읽기/쓰기”만큼 “말하기/듣기”도 중요한 목표이므로 “말하기/듣기”에의 효과에 대한 유사한 연구 또한 시급한 문제이다.

참고 문헌

1. Bell, G., & Woo, J. H., “Probing the links between language and mathematical conceptualisation,” *Mathematics education research journal*, 10(1998), 51-74.
2. Brinton, D., Snow, M., & Wesche, M., *Content-based second language instruction*. Boston: Heinle & Heinle, 1989.
3. Brinton, D., Snow, M., & Wesche, M., *Content-based second language instruction*. Ann Arbor: The University of Michigan Press, 2006.
4. Brown, T., *Mathematics education and language*, 2nd ed., Kluwer Academic Publishers, 2001.
5. Cruickshank, K., *Mathematics and language: a review of research since 1990*, Unpublished: University of Sydney, 2000.
6. Davis, G., & Jones, A., “Reading for comprehension and writing for communication in mathematics,” in G. Davis & R. P. Hunting (Eds.), *Language*

- issues in learning and teaching mathematics, Bundoora, VIC: La Trobe University, 1990.
7. Dawe, L., "Language and culture in the teaching of mathematics," in J. Pegg (Ed.), *Teaching secondary school mathematics: theory into practice*, Marrickville, NSW: Harcourt Brace, 1995.
 8. Durkin, K., & Shire, B., "Lexical ambiguity in mathematical contexts," in K. Durkin & B. Shire (Eds.), *Language in mathematical education: research and practice*, Milton Keynes: Open University Press, 1991.
 9. Ellerton, N. F., & Clements, M. A., *Mathematics in language: a review of language factors in mathematics learning*, Victoria, Australia: Deakin University, 1991.
 10. Gibbs, Penelope, M. Ed. Dissertation, University of Hongkong, 2004.
 11. Hauptman, P., Wesche, M., and Ready, D., "Second language acquisition through subject-matter learning: A follow-up study at the University of Ottawa," *Language Learning*, 38(1988), 433-475.
 12. Kang, AeJin., "How to promote comprehension and participation in CBI courses: The SIOP model," *English Teaching*, 60(2005), 159-196.
 13. Lafayett, R.C., & Buscaglia, M., "Students learn language via a civilization course: A comparison of second language classroom environments," *Studies in Second Language Acquisition*, 7(1985), 323-342.
 14. Lee, Haemoon, "A case study of university-level immersion: One class for two goals," *영어교육*, 61권 3호(2006), 145-168.
 15. Met, M., Content-based instruction, in M. Bryam (Ed.), *Routledge encyclopedia of language teaching and learning*, London: Routledge, 2004.
 16. Moschkovich, J., "A situated and sociocultural perspective on bilingual mathematics learners," *Mathematical thinking and learning*, 4(2002), 189-212.
 17. Omaggio Hadley, A., *Teaching language in context*, Boston: Heinle & Heinle, 2000.
 18. Olivares, R., "Communication in mathematics for students with limited English proficiency," in P. C. Elliott & M. J. Kenney (Eds.), *Communication in mathematics, K-12 and beyond*, Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics, 1996.
 19. Pimm, D., *Speaking mathematically*, London: Routledge & Kegan Paul, 1987.
 20. Rowland, T., "Hedges in mathematics talk: linguistic pointers to uncertainty," *Educational studies in mathematics* 29(1995), 327-353.

21. Rowland, T., *The pragmatics of mathematics education: vagueness in mathematical discourse*, London: Falmer Press, 2000.
22. Sierpiska, A., "Three epistemologies, three views of classroom communication: constructivism, sociocultural approaches, interactionism," in H. Steinbring, M. G. Bartolini Bussi & A. Sierpiska (Eds.), *Language and communication in the mathematics classroom*, Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics, 1998.
23. Veal, R., "Language, knowledge and authority in school mathematics," in F. Christie (Ed.), *Pedagogy and the shaping of consciousness: Linguistic and social processes*, London: Cassell, 1999.
24. Zepp, R., *Language and mathematics education*, Hong Kong: API Press, 1989.

부 록

Test of Mathematics and Translation

◎ (1-10) Read each statement and mark True(T) or False(F).

- (1) Every nonempty subset of Z^+ has a smallest element, where Z^+ is the set of positive integers. ()
- (2) $f^{-1}(A \cup B) = f^{-1}(A) \cup f^{-1}(B)$. ()
- (3) A countable union of countable sets is countable. ()
- (4) \mathbb{R} is countable, where \mathbb{R} is the set of real numbers. ()
- (5) If A is a set, then there exists an order relation on A which is a well-ordering. ()
- (6) There exists a set A such that there is an injective map $F: P(A) \rightarrow A$, where $P(A)$ is the power set of A . ()
- (7) Let \sim be an equivalence relation defined on X . There may exist equivalence classes G_x and G_y such that $G_x \neq G_y$ and $G_x \cap G_y = \emptyset$. ()
- (8) The power set of a countable set is countable. ()
- (9) The class of natural numbers, ordered in the usual way, is a well-ordered class. ()
- (10) There is an inductive set which does not have a maximal element. ()

◎ Translate the following paragraphs from Korean into English:

- 처음에 집합론은 논리학과 같은 것처럼 보였다. 'A는 B의 부분 집합이다.'라는 집합론적인 포함 관계는 'A이면 B이다.'라는 논리학적 함의 관계와 같다.
(At first, set theory seemed to be the same as logic. The set theoretic relation of inclusion, "A is a subset of B," is the same as the logical relation of implication, "If A, then B.")
- 작고 큼을 구분하는 뚜렷한 경계선은 없다. 가장 작은 큰 수 또는 가장 큰 작은 수는 없다. 당신은 스스로 선택한 M 을 사용할 수 있고, 산술에 관한 페아노(Peano)의 다섯 개의 공리에 다음을 여섯째 공리로 추가할 수 있다.
(There is no sharp line between small and large, no smallest big number or biggest small number. You could use the M you just picked, and increase Peano's five axioms of arithmetic by a sixth one.)

The Effects of Teaching University Mathematics in English

Department of English Language and Literature, Sungkyunkwan University **Hae moon Lee**

Department of Mathematics, Korea University **Young Wook Kim**

A math class in Korean university was taught in English for one semester and the students' improvement was measured in math content and English proficiency. Pre and post test in 9 week intervals showed that math content learning in the immersion class was superior to the non-immersed class. Especially, the immersion class showed remarkable improvement in difficult problems among math content test problems. The immersion class improved in math-related English, but not in general English. It is discussed that the particular English expressions for math are hardly separable from the math content knowledge in English because understanding and using those expressions correctly means the students' understanding of math concept in English and thus the math concept itself.

Key words: university math education, content-based language instruction, English immersion.

2000 Mathematics Subject Classification : 97B99, 97D99.

논문 접수 : 2006년 11월

심사 완료 : 2007년 1월