

## 교양기초교육으로서 양적추론(Quantitative Reasoning) 교과와 학습 구성 요소 분석

김혜영

한국체육대학교 교수, hykim@knsu.ac.kr

### 초록

양적추론은 데이터를 중심으로 소통하는 사회에서 익숙한 정보에 의문을 제기하고, 비판적이고 분석적으로 생각하며, 양적 자료로 의사소통할 수 있는 능력이다. 이 연구에서는 교양의 기초교육으로서 양적추론의 학습 목표와 학습 내용 그리고 학습 방법과 학습 평가 등을 확인하고 분석하여, 양적추론의 학습 구성 요소와 그 특징을 고찰하였다. 양적추론은 첫째, 교양의 기초교육에서 개발해야 할 실용적인 지적 능력이고 사고의 습관이다. 둘째, 교과과정 전반을 아우르는 학제간 맥락에서 통합적으로 학습할 수 있다. 셋째, 정해진 지식의 학습이 아닌 탐구 과정을 경험하는 문제 중심의 능동적 참여 학습이다. 넷째, 루브릭을 활용한 과정 중심 평가가 필요하다. 마지막으로 민주사회의 시민으로서 비판적 정보 수용자가 되도록 한다.

양적추론은 의사소통 능력과 마찬가지로 교과과정 전반에 걸쳐 중요한 위치를 차지하는 기초교육이다. 양적추론은 학제적 과목으로 여러 학문 분야에서 학습할 수 있으며, 수학을 중심으로 다양한 학과에서 개설할 수 있다. 실제로 양적추론은 '교과과정에 스며들고' 공통의 방법론적 프레임워크(common methodological framework)에 다양한 과목을 연결하는 학제간 학습의 중심에 있다.

**주제어:** 양적추론, 학제간 학습, 학습 구성 요소

교양 교육 연구  
Korean Journal of  
General Education

이 논문은 2021년 11월 20일에 투고 완료되어  
2021년 12월 03일 편집위원회에서 심사위원을 선정한 뒤  
2021년 12월 24일까지 심사를 완료하여  
2021년 12월 27일 편집위원회에서 게재가 결정된 논문임.

1. 서론
2. 연구 결과 및 논의
3. 결론

## 1. 서론

### 1.1. 연구의 필요성

올해 처음으로 문·이과 구분을 없애고 선택과목을 늘린 2022학년도 대학수학능력시험이 치러지면서 대학과 대학에 진학할 학생들은 새로운 수능체계에 적응해야 했다. 온라인 강좌가 전통적인 대학 교육의 파괴적 혁신을 이끌 것이라는 예측도 있다. 대학은 시대변화에 관계없이 다양한 학문을 경험하고 자신의 적성을 찾아가는 기회를 제공하며, 노동시장의 요구도 반영해서 미래 산업을 이끌 인재를 배출한다. 그렇다면 양질의 교육을 제공해야 할 대학은 교양에서 무엇을 어떻게 가르쳐야 할까?

우리나라 대학은 교양교육을 통해서 대학과 사회에서 요구하는 기초 지식과 능력을 함양하고 인간, 사회, 자연에 대한 균형 잡힌 지식과 폭넓은 이해를 갖추도록 교육과정을 편성하고 있다. 한국교양기초교육원(교기원)의 표준모델에 따르면 대학의 교양교육은 보편적 교육이며, 교양의 기초교육은 대학에서 학문수행을 하는데 공통적으로 요구되며, 학사과정 이후의 활동에서도 지속적으로 활용하게 될 기본 능력을 갖추는 것이다. 즉, 학문탐구에 필요한 보편적 문해능력, 비판적 사고능력, 의사소통능력을 함양함이 기초교육의 목표이다.<sup>1)</sup> 이에 대학은 고등교육을 졸업하고 바로 진학한 대학생들에게 지식 전수 중심의 교양교육이 아닌, 비판적 사고력을 강화하고, 복잡한 문제의 추론 능력을 배양하는 교양교육을 제공해야 한다(허준, 2020, 173쪽).

2005년부터 미국대학협의회(Association of American Colleges and Universities, AAC&U)는 ‘자유교육과 미국의 가능성(Liberal Education & America’s Promise, LEAP)’ 프로젝트를 통해서 경제적 창의성과 민주적 존속력에 의존하는 개인과 국가를 위하여 교양교육의 의미와 중요성을 전국적으로 알리며 이를 교육과정에 반영하기 위해 노력하였다.<sup>2)</sup> 그 일환으로 AAC&U는 대학 졸업생들이

현재와 미래의 일터에서 성공하기 위해 어떤 지식과 역량이 필요한지, 대학이 이를 위해 어떻게 기여하고 있는지 살펴보기 위해서 2007년부터 사용자를 대상으로 주기적으로 설문조사를 하고 있다(파스케렐라, 2021). 2020년 설문조사 결과를 분석한 2021년 보고서에 따르면<sup>3)</sup>, 교육의 결과를 사회의 요구에 맞추는 것은 개인의 사회경제적 유동성, 그리고 국가의 경제성장과 경쟁력 측면에서 중요하다라고 강조한다. 사용자들은 학습의 넓이와 깊이를 겸비하도록 교양과 전공 교육으로 구분된 대학교육의 특성을 선호하며, 그들이 대학 졸업자에게 바라는 가장 중요한 역량은 우선 팀에서 효과적으로 일하는 능력, 비판적 사고력, 데이터 분석과 해석 능력, 실제 상황에 배운 지식을 활용하는 능력 순이며 이는 2019년 설문조사 결과와 동일하다(Finley, 2021) 이와 같은 결과는 대학의 교양교육의 목표와도 광범위하게 일치한다는 것이 AAC&U의 판단이다.

LEAP은 2011년 ‘학습을 위한 비전’ 보고서를 통해서,<sup>4)</sup> 21세기 대학 교양교육의 필수학습 성과는 인문·사회·자연의 세계에 대한 폭넓은 지식의 함양, 지적·실용적 능력<sup>5)</sup> 개발, 개인적·사회적 책임, 통합과 적용의 역량(competency of integration and application)이라고 명확히 제시하였다. 이는 수많은 대학과 근로 현장이 다년간 소통한 결과이며, 사용자 보고서를 반영하고 공학, 경영학, 간호학 등의 교육인증요건을 분석한 결과이다. LEAP은 교양교육에서 달성해야 할 지적·실용적 능력을 여섯 가지로 구분했고,<sup>6)</sup> 이 중에 양적 문해력(Quantitative Literacy)을 포함하였다. 데이터가 충만한 시대에 양적 문해력 또는 양적추론(Quantitative Reasoning, QR)은 대학에서 함양해야 할 핵심 역량으로, 양적추론 능력을 습득할 수 있는 강좌에서 교수자가 이를 가르치고 그 결과를 평가해야 한다고 AAC&U는 강조한다.<sup>7)</sup> LEAP은 개인적인 문제에서 사회적인 문제에 이르기까지 양적추론이 필요하지만 대부분의 고등학교 교육에서 이 능력을 충분히 함양하지 못하고, 대학도 양적추론의 필요성을 간과할 수 있다고 판단하고 있다. 미국의 여러 대학들은 이와 같은 LEAP의 권유를 교양교

1) [https://www.konige.kr/data/general\\_edu.php](https://www.konige.kr/data/general_edu.php)

2) <https://www.aacu.org/leap> 이 프로젝트는 2005년부터 2018년까지 지속되었다.

3) <https://www.aacu.org/sites/default/files/files/research/AACUEmployerReport2021.pdf>

4) [https://www.aacu.org/sites/default/files/files/LEAP/leap\\_vision\\_summary.pdf](https://www.aacu.org/sites/default/files/files/LEAP/leap_vision_summary.pdf)

5) skill은 기능, 역량, 능력 등으로 쓰이는데, 이 연구에서는 skill을 능력으로 번역하였다.

6) LEAP에 따르면, 교양교육에서 달성해야 할 지적이며 실용적인 능력은 연구조사 및 분석, 비판적 창의적 사고, 쓰고 말하는 의사소통, 양적 문해력, 정보 문해력, 팀워크와 문제해결이다. 이는 어려운 문제나 프로젝트 등의 맥락에서 교과과정 전반에 걸쳐 폭넓게 실행되어야 한다.

7) <https://www.aacu.org/peerreview/2014/summer/elrod>

육과정에 반영하고, 학교 홈페이지를 통해서 양적추론의 학습을 강조하고 있다.

양적추론이란 비판적 사고를 기반으로 기초 수학 및 통계학을 이용하여, 인위적으로 조작된 데이터가 아닌 일상에서 발생하는 실제 데이터를 해석하고 결론을 도출하며, 학제간 맥락(context)에서 문제를 해결하는 것이다(Elode, 2014). 양적추론은 정량적 사고방식이며, 양적 문해력, 수리 능력(Numeracy) 이라고도 한다. 미국의 많은 대학들은 교양교육에서, 전형적인 대수학이나 미적분학 과정보다는 확실한 의사결정을 하는 데 필요한 양적추론의 관점을 제공하고 있다. 양적추론을 통해서 양적 정보를 사용하는 성향과 능력을 개발하고, 양적으로 생각하는 습관을 갖도록 교육한다. 양적추론은 모든 학문 분야에서 요구되고, 대부분의 업무에서 사용되며, 일상생활에서도 의사결정을 하는 데 꼭 필요한 능력이다. 취업을 해도 현대 사회의 업무에는 상당한 계량적, 통계적, 정량적 사고방식이 필요하다.

4차 산업의 격랑 속에서 문·이과 구분 없이 대학에 들어온 학생들에게 대학의 교양교육은 컴퓨터와 인공지능이 잘 해낼 수 있는 지식 암기와 패턴 인식보다는 인간이 더 잘 할 수 있는 창의력, 비판적 사고력, 소통 능력, 협업 능력을 강화할 수 있도록 개편되어야 한다(허준 2020, 173쪽). 그래서 미국의 대학은 학생들이 익숙한 정보에 의문을 제기하고, 자기 성찰에 참여하고, 비판적이고 분석적으로 생각하며, 양적 증거를 기반으로 의사소통을 할 수 있도록 양적추론 프로그램을 교양교육과정에 편성하고 있다. 그러나 우리나라 대학에서 AAC&U가 권유하는 양적추론은 그 중요성에도 불구하고 대부분 간과되고 있다(김혜영 외, 2019).

## 1.2. 연구의 목적 및 연구 방법

학습자가 양적추론 능력을 갖추도록 대학은 무엇을 어떻게 가르치고 평가해야 할까? 이 질문에 답하기 위해서, 이 연구에서는 양적추론의 학습 목표와 내용 그리고 학습 방법과 평가 등을 확인하고 분석하여, 교양의 기초교육으로서 양적추론의 학습 구성 요소<sup>8)</sup>와 그 특징을 고찰하고자 한다.

이와 같은 연구를 위해서 우선 AAC&U의 LEAP 프로

젝트와 다양한 보고서를 검토하여, 교양교육에서 양적추론의 역할을 조사하였다. LEAP은 교양교육의 가치와 성과를 분석하고 대학들과 소통하며 지속적으로 교양교육 연구하였다. AAC&U는 LEAP의 연구를 근거로 교양교육의 중요성을 대중에게 알리고, 대학들과 협력하여 대학 교양교육의 발전을 주도하고 있다. 이 기관의 여러 보고서를 분석함으로써 양적추론을 이해하고자 하였다.

양적추론의 학습 구성 요소를 알아보기 위해서 각 대학의 홈페이지를 방문하여 교양교육의 구성 체계와 양적추론 프로그램을 조사하였다. 리버럴아츠컬리지는 대부분 양적추론을 중요하게 다루고 있으며, 여러 주립과 시립대학, 사립대학, 그리고 커뮤니티컬리지에서도 양적추론을 개설하고 있다. 많은 대학들의 학습 목표와 학습 내용이 중복되었기 때문에 양적추론의 학습 특징이 뚜렷하고 정보가 풍부한 세 대학을 선정하여 자세히 살펴보았다.<sup>9)</sup> 그리고 교양교육과정에서 양적추론을 강조한 여러 대학 중에서 학습 구성 요소를 분명히 제시한 대학들을 선정하여 분석하였다. 대학의 위치나 크기, 공립과 사립 등의 안배를 고려하지 않았다.

그 외에 양적추론을 연구한 다양한 분야의 연구논문 등 여러 문헌을 분석하였다.

## 2. 연구 결과 및 논의

추론은 이미 알고 있는 지식을 통해 새로운 지식을 만드는 과정이다. 일상생활에서 발생하는 다양한 문제를 분석하며 발견된 규칙들을 통합하고 논리적인 근거를 토대로 일반화한 자신의 주장이나 의견을 자신뿐만 아니라 다른 사람도 설득시키는 모든 과정을 의미한다(황혜정 외, 2014). 비판적 사고는 추론 능력에 기반을 두고 이를 응용하여 당면한 문제를 해결하는 과정에서 배양되며(서민규 2010), 비판적 사고가 지니는 의미는 문제해결 능력이다(이효영 2020). 양적추론은 학문적 맥락이 있는 현실의 문제를 찾아서 비판적으로 생각하고 질문을 던져서 기초 수학 및 통계 기술을 적용하여 데이터를 해석하고 결론을 도출하여 그 문제를 해결하도록 요구한다.

8) 이 연구에서는 학습 목표와 내용 그리고 학습 방법과 평가를 학습 구성 요소로 두었다.

9) 세 대학은 웰즐리대학, 브랜디스대학교, 리먼대학이다.

## 2.1. 학습 목표 및 학습 내용에 관한 분석

학습 목표를 명확히 하는 것은 효과적인 양적추론 교육을 위해 중요하다. 학문에서 그리고 다양한 상황에서 양적 추론이 필요하므로 미국의 많은 대학들은 양적추론을 교과과정 전반에 걸친 강좌로 개설하고 있다. 몇몇 미국 대학의 사례를 통해 양적추론이 지향하고 있는 학습 방향과 내용을 모색해 보고자 한다.

### 2.1.1. 웰즐리대학 사례

미국 매사추세츠주 웰즐리에 위치한 리버럴아츠컬리지, 웰즐리대학(Wellesley College)은 교양교육을 통해서 양적추론(QR) 및 데이터 문해력(Data Literacy, DL)을 함양하도록 요구하고 있고, 전공에 관계없이 모든 학생은 QR과 DL로 구분된 영역에서 각각 한 과목씩 수강해야 한다. 웰즐리대학에서 양적추론은 기초 수학 능력을 함양하는 입문과정이고 DL은 미술사학, 천문학, 생물학, 화학, 컴퓨터 과학, 경제학, 교육학, 지구과학, 수학, 철학, 물리학, 정치학, 심리학, 사회학 등 교과과정 전반을 아우르는 학제간 맥락에서 데이터 활용 강좌를 제공하고 있다.<sup>10)</sup> 웰즐리 대학이 홈페이지를 통해서 제시하고 있는 QR과 DL의 학습 목표 및 내용은 다음과 같다.<sup>11)</sup>

양적추론의 학습 목표는 소비자이자 시민으로서 마주치는 현실의 문제를 해결하는데 필요한 논리, 수학, 통계를 활용하는 방법을 익히는 것이며, 구체적인 학습 내용은 다음과 같다.

- 익숙한 단위와 익숙하지 않은 단위, 스케일과 비율이 포함된 단위 변환을 사용하여 다단계 계산이 필요한 실제 문제를 설정하고 해결한다.
- 표를 사용하여 백분율을 계산하고 설명한다.
- 선형적 또는 지수적 성장이 포함된 현실의 문제를 설정하고 해결한다.
- 과학적 표기법으로 표현된 숫자를 이해하고 계산한다.
- 면적, 부피, 표면적 공식을 활용하여 다단계의 페르미 추정을 설계하고 수행한다.
- 평균, 중앙값, 표준 편차를 계산하고 해석하며, 이것을

그래프와 글로 작성한다.

- 현실의 문제를 수학적으로 모델링하고 실제 데이터를 해석하기 위해서 스프레드시트를 활용한다.

이 강좌에서 학생들은 수학, 논리, 통계 기술을 배우고 적용하여, 실제 맥락에서 생긴 문제를 해결한다. 여기에 기초 대수, 기하, 확률, 통계, 추정, 그리고 수학적 모델링을 포함한다. 복잡한 추론과 의사결정 과정을 수행하기 위해 기초 수학을 활용하지만 계산을 수행하는 방법보다는 계산 결과를 평가하고 해석하는 것이 더 중요하다. 이 학습으로 개발된 능력은 개인 금융, 의학적 치료결정 등 현실의 문제를 해결하는 데에도 사용된다.<sup>12)</sup>

이와 같은 기초 수학을 바탕으로, 데이터 문해력 DL은 정량적으로 답할 수 있는 질문을 식별하고 이해하며, 이러한 문제를 해결하는 데 필요한 관련 데이터를 수집하고 분석하는 적절한 방법을 선택한다. 분석 후에는 결론과 그 한계를 설명하고 해석하는 방법을 배우는 것이 학습 목표이다. DL의 구체적인 학습 단계는 다음과 같다.

- 적절한 경험적 질문이나 가설을 어떤 방식으로 바라볼 것인지 제시한다.
- 데이터 수집에서 발생할 수 있는 편견을 해결한 후, 관련 데이터를 수집하고, 데이터를 기반으로 결정한 결과를 검토하고 평가한다.
- 적절한 시각화와 간단한 통계로 데이터를 제시하고, 통계에서 드러난 것과 드러나지 않은 것을 고려한 다음에 제시한 데이터를 해석한다.
- 문제해결 과정과 결론을 내릴 때 무작위성의 역할을 인식하고 설명한다.
- 현실에 존재하는 경험적 질문에 답하기 위해 적절한 분석 기법을 적용하고, 분석의 의미를 해석하고 설명한다.

### 2.1.2. 브랜다이스대학교 사례

미국 매사추세츠주 알템에 있는 연구중심대학, 브랜다이스대학교(Brandeis University)는 브랜다이스 코어(Brandeis Core)라는 교양필수과정에 기초 문해력(Foundational Literacies) 영역을 두고 있다.<sup>13)</sup> 이 영역은 학업과 직업에

10) <https://www.wellesley.edu/qr>

11) <https://www.wellesley.edu/qr/requirement>

12) <https://www.coursicle.com/wellesley/courses/QR/>

서 성공하기 위하여, 전공에 관계없이 효과적인 의사소통자이고 연구자이며 비판적 사고자가 되는데 필요한 기본 지식을 제공한다.<sup>14)</sup> 기초 문해력 영역에는 글쓰기, 말하기, 디지털 문해력, 양적추론이 있다.

양적추론의 학습 목표는 분명하다. 첫째, 수치 데이터를 수집, 요약, 분석하는 능력을 개발하고, 둘째, 추상적 개념을 연산 가능하도록 만들고, 셋째, 데이터 또는 수학적 모델을 근거로 결론을 내리고, 그 결론의 정확성과 확실성에 관해 비판적으로 사고한다. 보편적으로 양적추론 과정은 방법론적 절차를 포함하는데, 이 과정에서 강조하는 능력은 아래와 같다. 양적추론 영역에 개설된 교과라면 다음 중 하나 이상을 포함하도록 요구하고 있다.<sup>15)</sup>

- 표, 그래프, 차트를 읽고 해석하고 평가하는 방법을 학습한다.
- 물리적, 행동적, 사회적 현상에 대한 양적 측정 방법을 개발한다.
- 수학적 모델을 사용하여 인과관계를 표현하고, 물리적 또는 사회적 문제를 설명하기 위해 선택한 가정과 최종 해결책의 의미를 탐구한다.
- 아카이브, 설문조사, 실험실 자료 등 믿을 수 있는 출처에서 수치 데이터를 수집하고 정리한다.
- 실험이나 통계의 대조군을 사용하여 가설을 검증한다.
- 측정의 신뢰성과 타당성, 실험 설계의 적절성, 표본의 크기와 질, 대안적 가설과 해석 등 연구의 한계를 평가한다.

브랜다이스대학교의 양적추론은 생화학, 생물학, 비즈니스학, 데이터과학, 통계학, 경제학, 환경과학, 언어학, 건강과학, 국제학, 수학, 물리학, 정치학, 심리학, 사회학 등의 입문과정 교과목에서 다루도록 되어있다.<sup>16)</sup> 대학은 교과과정 전반을 아우르는 학제간 맥락에서 양적추론을 개설하고 있다. 양적추론 프로그램 가운데 2020년 가을에 개설된 ‘현대 시민을 위한 양적 사고(Quantitative Thinking for the Modern Citizen)’ 강좌의 강의계획서(4학점)에서 양적추론을 아래와 같이 소개하고 있다.<sup>17)</sup>

“코로나-19를 포함한 다양한 통계, 개인의 건강과 재정적 의사결정 등 우리는 수(數)에 둘러싸여 있다. 그러나 사람은 수십억 또는 수십억 분의 일과 같은 크기의 정도를 이해하고 이를 근거로 의사결정을 하도록 진화하지 않았다. 우리의 뇌는 이런 정보를 쉽게 처리하지 않는다. 이 강좌(QR 10a)는 양적 데이터를 기반으로 결론을 내리고 논의를 하는 방법을 공부하기 위해서 실용적인 사례를 소개한다.

이 강좌의 구체적인 학습 목표는 아래와 같다.

1. 데이터 또는 데이터 기반 주장이 제시될 때 겁먹기보다는 자신감을 갖는다.
2. 뉴스 보도, 마케팅 및 공개 토론에서 틀린 점을 감지할 수 있는 능력을 갖춘다.
3. 자신의 삶에서 위험과 불확실성이 수반되는 상황을 더 잘 이해한다.
4. 미래를 위하여 간단하게 양적 계획을 세울 수 있는 능력을 보유한다.
5. 올바른 결정을 내릴 때 방해가 되는 편견과 한계를 인식한다.

이 강좌는 경험에 의한 학습(learning by doing)을 강조한다. 데이터 및 양적 관계를 이해하는 학습자는 개인과 사회의 문제를 해결하는 과제에 도전할 수 있다. 토론은 과제에 관한 발표나 분석 또는 문제해결 방안을 중심으로 진행된다. 토론 주제는 개인의 재정문제와 의료문제 그리고 우리 사회의 경제, 보건 및 환경과 관련된 공공 정책과 그 의사결정에서 발생하는 특정 문제이며, 이를 해결하기 위한 개별 과제 또는 팀별 프로젝트가 있다.”

### 2.1.3. 리먼대학 사례

뉴욕시립대학교(The City University of New York, CUNY)에 소속된 리먼대학(Lehman College)은 교양교육의 학습

13) 브랜다이스 코어(Brandeis Core)를 구성하는 5개 영역은 신입생 세미나, 기초 문해력, 배분이수, 글로벌 참여, 건강 웰빙 및 삶의 기술이다.

14) <https://www.brandeis.edu/arts-sciences/core/requirements/foundational-literacies.html>

15) <https://www.brandeis.edu/registrar/bulletin/provisional/arts-sciences/req-ugrd-beginning-fall-2019/qr.html>

16) <http://registrar-prod.unet.brandeis.edu/registrar/schedule/search?strm=1213&view=UGRD>

17) <https://moodle2.brandeis.edu/syllabus/public/261eb5a76e72052ea2355428755c8d1a.pdf> 지금은 이 사이트에서 2021년 가을학기 강좌를 볼 수 있다.

목표를 다음과 같이 설명하고 있다.<sup>18)</sup>

“교양교육은 대학교육의 기초를 제공한다. 교양 교육은 전 학문 분야를 아우르는 폭넓은 지식과 이해를 제공하도록 체계화되어 있으며, 학생들이 비판적 사고와 글쓰기와 같이 광범위하게 적용할 수 있는 기초 능력을 개발하도록 지원한다. 교양교육은 또한 학생들의 평생학습 능력을 향상시키며, 문화적으로 다양한 사회에서 효과적으로 기여하는 능력을 강화하도록 고안되었다.”

이와 같은 학습 목표를 달성하기 위해서 교양교육을 핵심교양, 배분이수, 선택교양으로 구분하고, 핵심교양은 실험을 포함한 과학, 양적추론, 의사소통능력의 세 가지 영역으로 나뉜다.<sup>19)</sup> 리먼대학은 교양교육을 통해서, 질문하는 습관이 있는 자기주도 학습자로서 증거기반 추론과 논리적이고 비판적인 사고 능력을 함양하도록 한다. 자신의 관점과 해석으로, 여러 학문 분야의 정보와 지식을 통합하는 능력을 갖추도록 요구하고 있다.

리먼대학은 양적추론 프로그램을 통해 모든 교과과정에 수리적 문해력(numerical literacy)을 포함하며, 양적 데이터를 이해하고 분석하며 해석할 수 있는 능력을 요구한다. 양적추론의 학습 목표는 학생들이 비판적으로 생각하고 데이터를 해석하고 결론을 도출하며 학문과 학제간 맥락 내에서 문제해결을 위해 기초 수학을 적용하는 지적·실용적 능력을 함양하는 것이다.<sup>20)</sup> 즉, 인터넷이나 다른 형태의 미디어를 통해 접근할 수 있는 정보의 대부분은 본질적으로 양적이며, 학생들은 일상생활에서 중요한 결정을 내릴 때 이러한 정보를 효과적으로 분석할 수 있는 기초 능력을 갖추어야 한다는 것이다. 양적추론은 LEAP에서 강조한 지적·실용적 능력 중 하나이며, “리먼 졸업생의 특성”에 포함되는 대학 전체의 학습 목표 중 하나라고 소개하고 있다.

리먼대학의 홈페이지에 따르면, 양적추론은 기초 수학 강좌가 아니라 수치 정보를 이해하고 해석하는 능력에 기반을 둔 더 광범위한 능력을 요구한다. 즉 다양한 학문과 실생활에 양적추론을 적용하는 것을 매우 가치 있게

여기며, 일반적으로 숫자와 관련이 없는 문제라도 풍부한 관점에서 양적 관계를 식별하고 적용할 수 있어야 한다고 강조하고 있다. 예를 들어 공중 보건(예: 백신과 자폐증 사이의 연관성 평가), 정치학(예: 정치적 여론 조사에 기초한 판단), 영양학(예: 영양학적 사실 및 라벨 해석), 심지어 문학 및 예술 분야에서도 양적추론 사례를 찾도록 권유하고 있다.

#### 2.1.4. 양적추론의 학습 목표 및 내용

지금까지 살펴본 세 개 대학과 학교 홈페이지에 양적추론을 중요하게 다루고 있는 대학들을 조사하여, 모두 11개 대학의 학습 목표를 <표 1>에 제시하였다. 학습 목표의 공통점은 맥락이 있는 문제를 양적으로 해결하기 위한 일련의 과정을 통해서 비판적 사고의 습관을 갖는 것이다. <표 1>에 기술된 학습 목표는 대부분 AAC&U의 2014년 보고서, ‘양적추론: 교과과정 전반에 걸친 운동’에서 제안한 양적추론의 개념과 학습 결과에 근거하고 있다. 학습 목표는 모호한 표현보다는 학습을 통해서 습득해야 할 역량이나 능력을 분명히 전달하고 있다.

AAC&U는 양적추론이 “비판적 사고, 기초 수학, 학문적·현실적 맥락의 교차점에 위치한다”고 설명한다. 이 세 가지 요소가 양적추론의 핵심인 셈이다. 따라서 학습 내용은 학문 또는 학제간 맥락에 의존한다. 숫자와 관련이 없을 듯한 학문분야에서도 양적 관계를 파악하고 추론할 수 있어야 한다는 것이다. 그래서 건강, 경제, 정치, 과학, 공학, 사회과학, 예술과 같은 거의 모든 분야에서 양적추론은 다학문적 접근이 가능하며, 대학 교과과정 전반을 아우르는 과목으로 양적추론을 개설할 수 있다(Elrod, 2014). 교과과정 전반에 걸친 학습은 통합적인 학습(integrated learning)으로, 학습자가 중요한 정보를 유지하면서도 나무를 놓치지 않고 숲을 시각화하는 능력을 개발하는 데 도움이 된다. 이와 같은 경우 학습 목표는 학문 분야에 따라 다를 수 있다.

교육자들은 실제 맥락(context)에서 진행되는 학습의 중요성을 강조하고 있다. 맥락을 고려한 수업은 통합적인 학습으로, 학습자에게 필요한 배경지식보다는 ‘문제’ 또는 ‘질문’에 초점을 두고 있기 때문이다(김경원 외, 2016).

18) <https://www.lehman.cuny.edu/office-academic-programs/general-education.php>

19) <https://www.lehman.cuny.edu/academics/general-education-requirements.php#general>

20) <https://www.lehman.edu/office-academic-programs/quantitative-reasoning.php>

〈표 1〉 대학별 양적추론 교과목의 학습 목표

미국의 대학	양적추론 교과목의 학습 목표
보딘대학* Bowdoin College	수학, 통계 또는 양적 방법을 사용하여 실제 질문을 모델링하고 분석하여 관심 주제나 학문 분야에 적용함으로써 주변 세계를 이해한다. 비판적 사고와 문제해결을 능력을 습득한다. <sup>21)</sup>
웰즐리대학* Wellesley College	데이터로 답할 수 있는 질문인지 판단하고, 문제해결을 위해 필요한 데이터를 수집하고 분석하는 적절한 방법을 선택하며, 분석의 결론과 한계를 설명하도록 한다.
칼튼대학* Carleton College	정량적 정보를 사용하여 논이나 주장을 평가하고 구성하고 소통하는 능력을 향상한다. 즉, 양적으로 생각하기, 데이터를 능숙하게 활용하기, 신중하게 해석하고 평가하기, 효과적으로 소통하기이다. <sup>22)</sup>
네브래스카대학교 오마하 University of Nebraska at Omaha	현실의 문제를 해결하기 위해서 수학적, 계산적, 통계적 방법을 사용하고, 데이터 또는 양적 정보를 바탕으로 추론한다. 이 과정을 통해 유도된 결론을 정당화한다. <sup>23)</sup>
노스웨스턴대학교 Northwestern University	양적 수단을 통해 해결할 수 있는 질문인지 식별하고, 필요한 데이터를 수집하고, 데이터를 분석하기 위해 사용하는 기초 수학을 이해한다. 양적 분석을 기반으로 질문에 대한 답변을 체계적으로 제시한다. <sup>24)</sup>
드폴대학교 DePaul University	개인의 경력과 삶에 필요한 양적 능력을 개발하도록 그 기초를 제공하며, 모든 종류의 양적 정보에 대해 자신감 있고 비판적이며 유능한 사용자가 되도록 한다. <sup>25)</sup>
CUNY의 리먼대학 Lehman College	학문과 학제간 맥락 내에 존재하는 문제를 해결하기 위해서 비판적으로 생각하고 데이터를 해석하고 결론을 도출하며, 이 과정에 기초 수학과 통계를 적용한다.
벨몬트대학교 Belmont University	복잡한 문제를 해결하고 세상에 새로운 지식을 제공하기 위해서, 비판적 사고를 기반으로 양적 증거와 추론을 사용하여 의미 있는 질문을 제기하고 상상력이 풍부한 답변을 찾는다. <sup>26)</sup>
브랜다이시대학교 Brandeis University	수치 데이터를 수집, 요약 및 분석하는 능력을 개발하고, 추상적 개념을 연산이 가능하도록 만들며, 데이터나 수학적 모델에 근거한 결론의 정확성과 확실성을 비판적으로 고려한다.
퍼시픽대학교 Pacific University	현실 세계의 여러 문제에서 발생한 데이터를 양적으로 분석하고, 이를 기반으로 적절한 결론을 도출할 수 있도록 양적 능력을 개발한다. <sup>27)</sup>
캘리포니아대학교 데이비스 University of California, Davis	자연이나 사회, 정치 시스템에서 발생한 사건을 연구하기 위해 수집된 수치 데이터와 연구자들의 주장을 이해하고, 이 수치 데이터에 관해 다른 사람들이 제기한 수학적 통계적 주장도 이해하도록 한다. <sup>28)</sup>

\* 리버럴아츠컬리지

양적추론은 학문 또는 학제간 맥락에서 실제 데이터를 수집하고 분석하고 해석하는 방법을 훈련한다. 질문에 답하기 위해서 혹은 문제를 해결을 위해서 어떤 데이터가 필요한지 정하는 것이 데이터 해석보다 훨씬 어렵다. 필요한 데이터를 늘 찾을 수는 없기 때문에, 제한된 데이터를 사용하려면 이에 필요한 가정을 세워야 한다. 비록 수(數) 자체가 그릇된 정보의 시대에서 판단의 기준이 되는 핵심 도구이지만, 맥락이 없으면 수는 사실상 아무 의미가 없다.<sup>29)</sup> 양적추론의 학습 내용은 학문적·현실적 맥락에서 시작된다. 과학을 비롯한 학문과 실생활에서 느끼는 낯선 질문은 모두 맥락이며 학습 내용이다.

Mayes 외(2013)의 연구에 따르면, STEM 분야와 사회 과학 분야를 공부하는 대다수 학생들의 경우 양적추론의 학습 성과가 전공 과정에서 충족될 수 있으나, 양적추론은

자연과학, 사회과학, 공학 분야의 학습 내용을 이해하는데도 중요한 역할을 한다. 처음에 학생들은, 주어진 맥락 내에서 정보를 해석하고, 그래프를 그리고 모델링하는데 큰 어려움을 겪지만, 양적추론을 학습하는 과정에 집중하면서, 과학적 지식과 과학적 사고방식도 상당히 향상된 것으로 분석되었다. Uzpen 외(2019)의 연구에서도 학생들의 양적추론 능력은 과학적 소양과 상관이 있음을 시사했으며, 비이공계 학생들의 교양과학 수업에서 과학적 소양을 향상시키기 위해서는 양적추론 능력도 함께 향상되어야 한다고 결론지었다. 과거의 과학 교육이 개념 중심의 지식 전달 교육이었다면, 양적추론을 통한 과학 교육은 추동질문(driving question)을 시작으로 질문의 본질을 이해하고 문제를 해결하는데 필요한 탐색과 모험의 과정을 학습자 중심으로 진행한다. 이로써 학습자는 무관심했던 상황을

21) <https://www.bowdoin.edu/baldwin-center/for-students/qv-program/quantitative-literacy-information.html>22) <https://apps.carleton.edu/quirk/design/elements/goals/>23) <https://www.unomaha.edu/general-education/approved-courses/quantitative-literacy.php>24) <https://canvas.northwestern.edu/courses/95190/assignments/syllabus>25) <https://catalog.depaul.edu/undergraduate-core/liberal-studies-program/liberal-studies-common-core/first-year-program/quantitative-reasoning-and-technological-literacy>26) <https://www.belmont.edu/bellcore/purpose.html>27) <https://www.pacificu.edu/academics/academic-resources/core-graduation-requirements/quantitative-reasoning>28) [https://ge.ucdavis.edu/sites/g/files/dgvnks4376/files/inline-files/final\\_quantitative\\_literacy\\_0.pdf](https://ge.ucdavis.edu/sites/g/files/dgvnks4376/files/inline-files/final_quantitative_literacy_0.pdf)29) 데이비드 헬펀드(2017) *생각한다면 과학자처럼*, 노태복 옮김, 도서출판 길벗, 114쪽

관심과 문제의식을 갖고 맥락으로 이해하며, 그 맥락에서 양적으로 명확하게 생각할 수 있는 능력을 키우게 된다.

## 2.2. 학습 방법 및 학습 평가에 관한 분석

### 2.2.1. 학습 방법

학습자가 학습 과정에 적극적으로 참여할 때 학습만족도가 올라가며, 더 빨리 배우고 지식을 더 오래 유지하며 탁월한 비판적 사고 능력을 개발할 수 있다(이효영, 2020). 좋은 교육은 교수자가 전달한 지식을 축적하도록 돕는 것이 아니라, 학습자가 스스로 새로운 정보를 이해하고, 새로운 정보를 기존의 아이디어와 통합하고, 의미 있고 적절한 방식으로 새로운 이해를 적용하도록 돕는 것이다.<sup>30)</sup> 교수자는 단순히 암기해야 하는 내용을 전달하기보다는 학습자가 자신의 생각을 체계화하도록 의도적으로 도와야 한다. 양적추론의 학습 방법은 능동적 학습으로 학습자가 학습 활동에 적극 참여하는 학습자 중심의 교육이다.

양적추론은 다양한 맥락에서 양적 관계를 식별하는 능력이고, 학문의 맥락에서 학습하고 있으며, 상황맥락적 문제해결을 포함하기 때문에 학제간 성격을 띤다(Elode, 2014). 전공이나 특정 분야의 시야에 국한되기보다는 다른 분야와 풍부한 접점을 통해 문제해결의 프로세스를 많이 경험하고 넓은 관점을 갖도록 학습을 통해서 훈련할 필요가 있다(문병로, 2020). 문제해결능력을 키우는 학습 환경은 정답이 없는 과제를 다양한 배경을 가진 팀원이 모여 해결해 보는 학습 방법이 바람직하다(허준, 2020: 172) 양적추론은 문제 중심의 학습으로 팀원으로서 배우고, 성장하고, 서로를 지원하도록 권장하며, 협력을 통해 문제를 해결하고, 관점이 다른 학습자들이 모여 소통한다. 양적추론은 지식을 집어넣는 주입식 교육이 아니라 학생들이 가지고 있는 지식과 능력을 끄집어내어 그것을 기반으로 새로운 개념을 연결하는 학생 참여 중심의 창의적 학습이다.

양적추론은 탐구 과정을 통해서 논리적·비판적 사고, 문제해결, 협동과 소통 등의 능력을 배양하고 성취감, 리더십을 경험하게 된다. 일반적으로 과학적 탐구 과정은 2013년에 미국의 차세대과학교육기준(Next Generation Science Standards, NGSS)이 제시한 8가지의 실천(practice)

으로 구분한다(오피석, 2020). 즉 질문하기, 모델을 개발하고 사용하기, 조사를 계획하고 수행하기, 자료를 분석하고 해석하기, 수학적·전산적 사고 이용하기, 설명을 구성하기, 증거에 입각하여 논의하기, 정보를 얻고 평가하고 소통하기 등이다. 이 연구에서는 NGSS의 8가지 실천과 5가지(문제 인식, 탐구 설계, 탐구 수행, 자료 해석, 결론 도출) 기능(skill)으로 탐구 과정을 범주화한 국내 연구(권문호 외, 2020) 등을 참고하여, <표 2>와 같이 양적추론에 적합한 학습 방법을 3단계로 제시하였다. 우선 문제를 인식하고, 관련 지식을 공부한다. 그 다음으로 문제해결을 위한 탐구와 자료 해석이 필요하다. 마지막으로 결론이 도출되면 한계를 인식하고 소통한다. 이와 같이 양적추론의 학습 방법은 과학적 지식을 쌓아가는 일련의 탐구 과정이다. 3단계로 구분된 학습 방법은 탐구 학습에 필요한 절차이다. 양적추론의 학습 특성을 반영한 3단계 학습 방법을 <표 2>에 구체적으로 제시하였다.

양적추론은 정해진 지식을 학습하기 보다는 탐구 과정을 경험한다. 이 과정을 통해서 학습자는 문제를 발견하고 해결하는 재미를 느끼며, 수학적 사고에서 벗어나 능동적 학습을 경험하게 된다. 수를 이용하고 그래프를 읽고 기초 확률을 이해하는 등 기본적인 양적 사고능력은 시민교육의 일환이며 비판적 정보 수용자가 되도록 한다. 정보를 해석하고 평가하는 양적추론은 신문이나 뉴스에 있는 그릇된 정보를 구분할 수 있는 도구이며 민주사회의 시민으로서 살아가는데 필요한 능력이기도 하다.

<표 2> 양적추론의 단계별 학습 방법

단계	양적추론의 학습 방법
문제 인식 및 학습	<ul style="list-style-type: none"> <li>이 질문을 통해서 해결하고자 하는 것은 무엇인지 이해하기</li> <li>양적 접근 방법으로 해결할 수 있는 문제인지 판단하기</li> <li>질문을 명확하게 정의하고, 관련 지식 공부하기</li> </ul>
탐구 및 자료 해석	<ul style="list-style-type: none"> <li>문제해결에 필요한 데이터를 정하고 수집하기</li> <li>추정, 수학적 모델링, 데이터 분석에 필요한 가정 설정하기</li> <li>모델을 만들고, 양적으로 해석하고, 추론을 도출하기</li> </ul>
결론 도출 및 소통	<ul style="list-style-type: none"> <li>결과를 해석하여 결론을 도출하고, 검토하기</li> <li>수학적 통계적 방법의 한계를 인식하기</li> <li>요약을 작성하고 의견 나누기</li> </ul>

30) [https://serc.carleton.edu/NICHE/best\\_practices.html](https://serc.carleton.edu/NICHE/best_practices.html)



### 2.2.2. 학습 평가

뉴욕시립대의 양적추론 연합 프로젝트(A Project of the CUNY Quantitative Reasoning Alliance)에 따르면, 학습 평가를 위한 네 가지 핵심 구성 요소를 소개하고 있다.<sup>31)</sup> 첫째, 분명하고 측정 가능한 예상 학습 결과를 설정한다. 둘째, 학습 결과를 달성할 수 있는 충분한 기회를 갖도록 학습자에게 보장한다. 셋째, 학습 결과가 설정된 목표를 달성했는지 알아보기 위해 증거를 체계적으로 수집, 분석, 해석한다. 마지막으로 숙제나 시험 결과 등의 정보를 활용하여 학습 결과를 이해하고 개선한다. 이런 요소들을 갖추어야 정확한 교수·학습 평가가 가능하다고 보고 있다.

AAC&U가 제안한 양적추론의 학습 결과는 양적 데이터를 해석하고(interpretation), 표현하고(representation), 계산하고(calculation), 응용·분석하는(application/analysis) 능력과 가정을 만들고(assumptions), 소통하는(communication) 능력을 갖추는 것이다(Elode, 2014). 교수자는 이 6가지 능력을 평가해야 한다. 학습 평가를 위해 성취도를 측정할 때 다양한 난이도의 문제가 많으면 혼란스러울 수 있다고 지적하고 있다. 예를 들어, 단순한 문제를 다룰 때 학습자는 높은 수준의 성취도를 보였지만, 매우 복잡한 문제에서는 낮은 수준의 성취도를 보일 수 있다. 따라서 학습자의 성취도를 정확하게 판단하기 위해서는, 기술적인 면과 예술적인 면을 평가하는 스포츠 경기와 마찬가지로, 문제의 복잡성을 고려해서 성취도를 측정할 필요가 있다. 즉 문제를 푸는 성취도에 대해 점수를 부여하고, 문제의 복잡성에 대해서도 점수를 추가하는 것이다.

양적추론의 학습 평가는 학습자의 지식을 평가하는 결과 중심의 평가 방식보다는 문제해결 과정을 중시하는 과정 중심 평가가 적절하다. 과정 중심 평가는 학습 결과에 관한 평가(assessment of learning)를 넘어 평가의 결과를 ‘교수·학습의 질 개선’ 또는 ‘교수·학습 방법 개선’을 위해 사용하도록 하여 학습을 위한 평가(assessment for learning)로 평가의 의미를 확장한다(임은영, 2017). 따라서 과정 중심 평가에는 평가 도구로서 학습의 과정과 내용을 모두 평가하는 루브릭(rubric)이 필요하다(<표 3> 참조). 루브릭은 학습 과제를 평가하는 기준표이며, 항목별 수준별로 구성되어 있다. 이는 학습자와 교수자에게 허용

가능한 성과와 허용되지 않는 성과의 범위를 명확하게 정의해 준다.

미국 애리조나주 프레स्क릿(Prescott)에 있는 공립 커뮤니티칼리지, 야바파이대학(Yavapai College)은 양적 자료로 소통하는 시대의 흐름에 맞추어 2012년 가을부터 교양 교육과정에 양적 문해력(Quantitative Literacy)을 개설하였고, 대학이 추구하는 새로운 교양교육의 가치와 성과에 이 교과의 학습 결과를 포함시켰다. 야바파이대학은 <표 3>과 같이 양적추론의 6가지 학습 결과를 평가하기 위해서 학습 단계별 성취 기준을 4단계로 범주화하여 루브릭을 개발하였다.<sup>32)</sup> 1단계는 적절한 수학 언어와 연산을 사용하는 능력을 평가하기 위해서 양적추론에 필요한 기초 수학을 요구한다. 2단계는 수학 개념을 실제 상황에 적용하는 능력을 평가한다. 학습자의 수학 능력이 뛰어나도 맥락에서 문제를 해결하는 데 힘들어 할 수 있다. 3단계는 다양하게 표현된 데이터를 생성하고, 분석하고, 해석하는 능력을 평가한다. 수학적 모델의 약점과 계산 또는 통계의 한계를 이해하는지도 평가에 포함할 수 있다. 4단계는 다양한 문제해결 전략을 사용하고 선택한 전략의 적절성을 학습자가 평가할 수 있는지를 보는 것이다. 수준별 성과 등급은 우수, 보통이상, 기본, 기본미달의 네 단계로 구분하였다. 단계별, 수준별 성취 기준을 보면 교과를 통해서 배워야 할 내용과 학습 후 기대하는 능력이 결합된 형태로 작성되어 있다(권문호 외, 2020).

<표 3>은 수행중심으로 성취 기준을 진술하고 있으며, 학습자가 알아야 할 것과 할 수 있어야 하는지를 진술하고 있다. 야바파이대학의 양적추론 평가에는 성취 기준과 기대 수행 능력을 모두 담고 있다. 이는 탐구중심 수업을 유도한 것이며, 학습 성과와 실천(practice)을 담아 평가 기준을 개발한 것으로 판단된다.

평가의 목적은 교육의 목표와 내용을 학습자에게 구체적으로 알리고, 교육의 효과성에 대한 정보를 수집하여 교수·학습을 향상시키기 위한 것이다. 예를 들어, 학습자가 양적추론의 교육 목표이자 학습 결과인 6가지 능력을 얼마나 갖추었는지 평가하고 이와 같은 정보를 활용하여 교수·학습을 개선할 수 있다. 교수자는 학습 목표를 세우고, 목표 달성을 위한 학습의 기회를 제공하며, 학습 결과를 평가하고, 평가 결과를 다시 학습에 반영하는 선순

31) [https://serc.carleton.edu/NICHE/assessing\\_qr.html](https://serc.carleton.edu/NICHE/assessing_qr.html)

32) <https://www.yc.edu/v6/student-learning-outcomes/docs/quantitative-literacy-report-s2018-final.pdf>

〈표 3〉 양적추론의 4가지 학습 결과와 이에 따른 성취도 등급별 평가 기준 (야바파이대학)

구분	우수(4점)	보통이상(3점)	기본(2점)	기본미달(1점)
#1: 적절한 수학 언어와 연산을 사용하는 능력	수학적 언어로 의사소통을 잘 하고, 기초 수학의 개념과 연산에 관한 탁월한 지식을 입증함. 기초 수학의 개념과 연산을 타인에게 가르치고 설명할 수 있는 능력을 소유함.	수학적 언어로 의사소통을 적절히 하고, 기초 수학의 개념과 연산을 적절하게 사용함. 기초 수학의 개념과 연산에 관한 토론을 시작하거나 토론에 기여함.	수학적 언어와 기초 수학의 개념을 이해함. 수학의 개념과 연산에 관한 토론에 참여하고 적절한 지식을 입증함.	수학적 언어로 하는 의사소통이 어렵고, 기초 수학의 개념에 관한 지식을 입증하지 못함. 수학 개념과 연산에 관한 토론에 참여하지 못함.
#2: 수학 개념을 실제 상황에 적용하는 능력	응용 문제해결을 위한 양적 접근 방식을 넓은 범위에서 이해하고 각각의 장단점도 이해함. 가장 효율적인 양적 방법(방정식, 공식, 연산, 표, 그래프 등)을 선택하여 문제를 설명하고, 수학 연산을 정확하게 수행하며, 솔루션의 의미를 원래 문제의 관점에서 명확하게 표현함.	응용문제를 양적 방법으로 해결할 수 있음을 인식함. 문제를 설명하고, 수학 연산을 정확하게 수행하며, 솔루션의 의미를 원래 문제의 관점에서 명확하게 표현할 수 있도록 적절한 양적 방법(방정식, 공식, 연산, 표, 그래프 등)을 선택함.	응용문제를 양적 방법으로 해결할 수 있음을 제한된 범위에서 인식함. 문제를 설명하고 대부분의 수학 연산을 정확하게 수행하기 위해서 적절한 정량적 방법(방정식, 공식, 연산, 표, 그래프 등)을 선택하지만, 솔루션의 의미를 원래 문제의 관점에서 명확히 표현하는 능력은 제한적일 수 있음.	응용문제를 어떤 양적 방법(방정식, 공식, 연산, 표, 그래프 등)으로 해결할 수 있는지 인식하지 못함. 적절한 정량적 방법을 선택하거나 기초 수학 연산을 수행할 수 없음.
#3: 다양하게 표현된 데이터(예: 그래프, 표, 차트, 요약, 통계 등)를 생성, 분석, 해석하는 능력	정교한 데이터 결과(예: 그래프, 표, 차트, 요약 통계 등)를 생성, 분석, 해석하고 데이터와 일치하는 추론을 함. 데이터의 의미를 일상 언어로 명확히 설명하고 적절한 맥락과 연관시킴.	정교한 데이터 결과(예: 그래프, 표, 차트, 요약 통계 등)를 생성, 분석, 해석함. 적절한 데이터 표현을 생성하고 데이터의 의미를 일상 언어로 설명하고 적절한 맥락과 연관시킴.	단순한 데이터 결과를 생성, 분석, 해석하고, 데이터 결과와 일치하는 추론을 하며, 제한된 맥락 내에서 추론을 설명함.	정확하지 않거나 부족한 추론 때문에 단순한 데이터 결과를 생성, 분석, 해석하는 능력이 제한적이라는 것을 보여줌.
#4: 다양한 문제해결 전략을 사용하고 그 적절성을 평가하는 능력	문제해결을 위한 적절하고 효율적인 전략을 선택함. 여러 솔루션 전략을 사용하여 솔루션이 올바르고 접근 방식이 유효한지 확인함.	문제해결을 위해 적절하고 효율적인 전략을 선택하지만, 다른 전략을 사용하여 솔루션이 올바른지 검증하지는 않음.	문제에 대해 지나치게 단순화된 접근 방식을 사용하거나, 전략에 관한 설명을 거의 하지 않음. 학생의 표현 중 일부는 문제의 측면을 정확하게 묘사하지만, 때때로 이해하기 어려운 논리로 비약함. 학생이 선택한 과정은 부분적으로 올바른 솔루션으로 이어짐.	학생이 선택한 전략은 문제해결에 적합하지 않고, 문제에 대한 접근은 올바른 솔루션으로 이어지지 않음. 문제를 어디서부터 시작해야 할지 몰랐거나, 추론이 학생의 학업을 뒷받침하지 못하는 것임. 학생의 표현과 과제 사이에 뚜렷한 관계가 없음.

환 구조의 환류체계를 갖추어야 한다. 학습자도 평가를 통해서 자신의 학습 수준을 측정할 수 있기 때문에 학습 평가를 통해 교수·학습의 질과 방법을 개선할 수 있다.

미국 미네소타주 노스필드(Northfield)에 있는 칼튼대학(Carleton College)은 교수1인당 학생 비율이 8:1이며, 강의당 학생수는 15명으로 강의규모가 작은 대학이다<sup>33)</sup>. 이 대학은 양적추론의 학습 성과를 평가하기 위해서 표준화된 시험보다는 학술적 글쓰기에 양적추론을 적용하도록 권유하고 이를 평가하고 있다.<sup>34)</sup> 표준화된 시험은 그 설계에 의한 문맥이탈로 인해 본질적으로 양적추론 평가에 부적합하다는 것이다. 양적추론은 반드시 맥락에서 구현되기 때문이며, 인문학을 포함한 대부분의 기초 학문 분야에서 양적추론을 다룬다는 의미가 포함되어 있다. 예를 들어, 학술적 글쓰기를 할 때 꼭 필요한 세부 정보를 제시하거나, 설명을 풍부하게 한다거나, 연구배경을 작성할 때 양적 자료를 사용한다는 것이다. 또한 질문이나

문제의 양적 측면을 고려하는 학습자 개개인의 성향을 표준화된 시험으로는 본질적으로 평가할 수 없다는 것이다. 글쓰기 기반 평가 전략은 양적추론의 네 가지 측면을 반영하고 있다.

1. 양적추론의 학제간 특성을 고려해서, 학제간 교차 평가 방식의 동등한 평가를 적용한다.
2. 글쓰기에 양적추론을 적용함으로써 맥락이 풍부한 환경이 조성되고, 이로 인해 본질적인 숙련도를 평가할 수 있다.
3. 글쓰기로 인해 양적으로 의사소통하는 능력을 상세히 평가할 수 있다.
4. 명시적으로 글쓰기에 양적 증거를 요구함으로써, 양적 자료를 대하는 사고의 습관과 통찰력을 갖추었는지 확인할 수 있다.

33) <https://www.carleton.edu/>

34) <https://apps.carleton.edu/quirk/design/elements/assessment/writing/>

칼튼대학에 따르면, 이와 같은 평가 방법에 따른 장점은 우선 교과과정 전반에 걸쳐 양적추론을 적용할 수 있고, 기존 글쓰기 프로그램을 활용하여 양적추론 프로그램을 대학 교육과정에 통합하기가 용이하며, STEM 분야 전공을 선택할 가능성을 높일 수 있다는 것이다. 학습 평가 프로세스는, 우선 평가팀을 구성하고 제출된 학술적 글쓰기 중에서 무작위로 선택된 것을 평가한 후, 개개인의 채점 결과를 토론한다. 평가의 표준화 과정을 통해서 숙련도 등급을 4단계로 구분하고 평가팀의 합의를 거쳐서 공정한 평가를 진행하고 있다. 칼튼대학은 양적추론과 글쓰기를 연결해서 학습자의 양적추론 능력을 더 강화하고 있다고 판단한다.

### 3. 결론

대학의 혁신 과제는 교육이다. 4차 산업의 격랑 속에서 양질의 교육을 제공해야 할 대학은 교양에서 무엇을 어떻게 가르쳐야 할까? 이 질문에 답하기 위해서 우선 이 연구는 AAC&U가 LEAP(자유교육과 미국의 가능성) 프로젝트를 통해서 교양교육에서 강조한 내용을 조사하였다. 데이터를 중심으로 소통하는 사회에서 양적으로 명확하게 생각하는 능력은 대학교육에서 간과할 수 없다는 사실과, 수많은 대학과 근로 현장과의 소통을 통해서 LEAP은 교양교육에서 양적추론의 필요성을 강조하였다. AAC&U는 사용자를 대상으로 설문조사한 연구 보고서 등을 근거로 미국 대학들이 양적추론을 교양교육과정에 반영하도록 권유하였다. 이와 같은 AAC&U의 LEAP 프로젝트와 양적추론 관련 보고서(Elode, 2014) 외에 미국의 리버럴아츠컬리지, 주립대학, 연구중심대학 등 여러 대학의 홈페이지를 조사하여, 대학이 교양기초교육으로서 양적추론을 통해 달성하고자 하는 학습 목표와 학습 결과는 무엇이고, 그 결과를 어떻게 측정하고 있는지에 대하여 조사하였다. 이 연구에서는 양적추론의 학습 목표와 학습 내용 그리고 학습 방법과 학습 평가 등을 확인하고 분석하여, 양적추론 교과의 학습 구성 요소와 그 특징을 고찰하였다. 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 양적추론은 모든 학생들을 대상으로 개설하는 교양의 기초교육이며, 교육 목표는 학생들이 비판적으로 생각하고 데이터를 해석하고 결론을 도출하며 학제간 맥

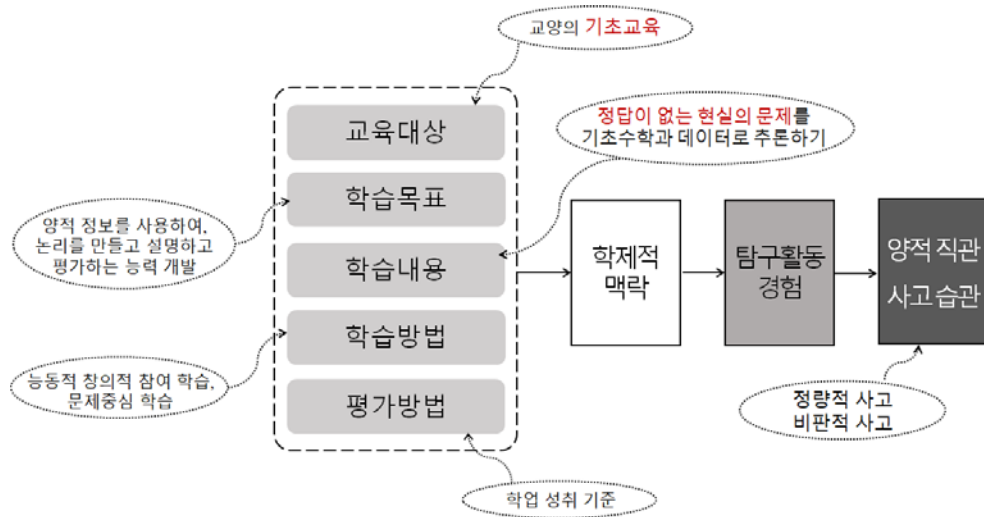
락 내에서 문제해결을 위해 기초 수학을 적용하는 지적·실용적 능력을 함양하는 것이다. 양적추론은 익숙했던 상황을 낯설게 느끼고 불편한 문제의식을 갖게 되어, 맥락 속에서 문제를 해석하고 양적으로 해결하는 사고의 습관이다. 양적추론은 상황과 맥락, 경험과 학습을 통해서 새로운 지식을 만드는 과정이다.

둘째, 양적추론의 학습 내용은 학문적·현실적 맥락에서 시작된다. 과학을 비롯한 학문과 실생활에서 느끼는 낯선 질문은 모두 양적추론의 학습내용이고 맥락이다. 양적추론은 다학문적 접근이 가능하며, 학문 분야 전반을 아우르는 교과과정으로 양적추론을 개설할 수 있다. 신뢰할 수 있는 데이터를 수집하고, 예측과 가정과 모델링을 통해서 데이터를 적용하고, 결론을 내리기 위해서 데이터를 다양한 관점에서 살펴본다. 양적추론은 맥락이 있는 질문을 던지고 양적 데이터로 문제를 해결하도록 요구한다.

셋째, 양적추론은 정답이 없는 문제를 다양한 배경을 가진 학생들이 팀으로 모여 해결하는 문제 중심의 능동적 학습이다. 교수자는 학생들의 능동적 학습을 돕는 협력자이며, 학습자는 협력 활동을 통해서 팀에서 효과적으로 일하는 능력을 키울 수 있다. 이 연구에서 제안한 3단계 학습 방법은 우선 문제를 인식하고, 관련 지식을 공부한다. 그 다음으로 문제해결을 위한 탐구와 자료 해석이 필요하다. 마지막으로 결론이 도출되면 한계를 인식하고 소통한다. 이와 같이 양적추론의 학습 방법은 과학적으로 생각하는 방법을 배우는 일련의 탐구 활동이며, 3단계 절차에 따라 학습할 수 있다.

넷째, 학습 평가는 학습의 효과를 향상시키기 위한 중요한 요인이며, 교수법 개선을 위해서도 중요하다. 양적추론은 탐구 과정을 평가할 수 있는 과정 중심의 평가 방식이 적절하며, 평가 도구인 루브릭(rubric)을 활용할 수 있다. 루브릭은 학습 결과의 범위를 명확하게 제시하고, 학습 과정과 내용을 모두 평가하는 데 사용한다. 다만 교수자가 학습 목표를 세우고, 목표 달성을 위한 학습의 기회를 제공하며, 학습 결과를 평가하고, 평가 결과를 다시 학습에 반영하는 선순환 구조의 환류체계를 갖출 때, 학습 평가는 의미가 있다.

[그림 1]은 양적추론의 학습 구성 요소와 특징을 시각화한 한 장의 도표이다. 양적추론은 교양의 기초교육으로서 모든 학생들을 대상으로 양적 정보를 사용하여 논리를 만들고 설명하고 평가하는 능력을 개발하며, 학제적 맥락에서 기초 수학과 데이터로 추론한다. 능동적 학습방법으



[그림 1] 학습 구성 요소를 포함한 양적추론 교과 개념도

로 탐구활동을 경험하고 양적 직관과 비판적인 사고의 습관을 키우는 것이 핵심이다.

양적추론은 복잡한 추론 및 의사 결정 과정을 수행하는데 기초 수학을 활용하지만, 계산을 수행하는 방법보다는 계산 결과의 의미를 해석하고 설명하는 것이 더 중요하다. 기존의 교양수학이나 수학입문 교과목은 대부분 고급화된 수학 과정을 준비하는 데 필요한 내용으로 구성된 경향이 있다. 교양에 개설된 기초 과학도 주로 이공계 전문가 양성을 위한 전공기초로 그 역할을 하고 있다. 대학은 고등학교를 졸업하고 바로 진학한 대학생들에게 지식 전수가 아닌, 비판적 사고력을 강화하고 복잡한 문제의 추론 능력을 배양할 수 있도록 학습 환경을 제공해야 한다. 새로운 교양교육과 문제해결 능력을 키우는 교육이 절실하다.

현대사회는 주어진 문제를 명확히 이해하고 대안들을 찾아서 비교 검토하고, 양적 자료를 근거로 최적의 해법을 찾아내는 문제해결 능력을 요구하고 있다. 정확하고 빠른 계산 능력이 아니라 논리적·비판적 사고 능력과 컴퓨터 활용 능력을 기반으로 양적 데이터를 활용하여 문제에 접근하고 이를 해결하는 능력이다. 이것이 바로 양적추론 능력이며 대학은 교양교육을 통해서 학습의 기회를 제공해야 한다.

우리는 모두 그릇된 정보로부터 현명한 결정을 내릴 수 있도록 정보의 타당성을 평가할 수 있어야 한다(헬펀드, 2017). 비판적 정보 수용자이며 민주사회의 시민으로서 신문과 뉴스 등에서 제공되는 양적 정보를 이해해야 한다. 통계를 이용한 거짓 정보를 믿거나, 무의미한 상관

관계가 새롭고 중요한 정보인 양 소개되는 경우에 흔들릴 수 있다. 이런 점에서 양적 정보를 해석하고 평가할 수 있는 비판적 사고의 습관은 우리의 삶과 매우 밀접하다.

지금까지 살펴본 양적추론의 특징을 정리하면 다음과 같다.

1. 교양의 기초교육을 통해 개발해야 할 실용적인 지적 능력이며 사고의 습관이다.
2. 교과과정 전반을 아우르는 학제간 맥락에서 통합적으로 학습할 수 있다.
3. 정해진 지식의 학습이 아닌 탐구 과정을 경험하는 문제 중심의 능동적 참여 학습이다.
4. 루브릭을 활용한 과정 중심 평가가 필요하다.
5. 민주사회의 시민으로서 비판적 정보 수용자가 되도록 한다.

대학의 교육과정에서 양적추론을 학습할 수 있는 과목은 다양하고, 양적추론의 학습 성과는 역량중심의 교육에 매우 적절하다. 개인과 사회가 요구하는 능력을 학습할 수 있는 양적추론은 모든 학생들을 위한 교양으로 충분한 가치가 있다. “특히 글로벌 정보사회라는 새로운 시대상을 맞아 비판적·창의적 사고와 원활하고 개방적인 의사소통을 통해 공동체의 문화적 삶을 자율적으로 주도할 수 있는 자질을 함양하는 교육”(교기원, 2016)을 실천하기 위해 양적추론은 반드시 필요하다.

양적추론은 의사소통 능력과 마찬가지로 교과과정 전

반에 걸쳐 중요한 위치를 차지하는 교양의 기초교육이다. 양적추론은 학제적 과목으로 여러 학문 분야에서 학습할 수 있으며, 수학을 중심으로 다양한 학과에서 개설할 수 있다. 실제로 양적추론은 ‘교과과정에 스며들고’ 공통의 방법론적 프레임워크(common methodological framework)에 다양한 과목을 연결하는 학제간 학습의 중심에 있다.<sup>35)</sup>

## 참고문헌

- 교육부(2015). “과학과 교육과정. 교육부 고시 제2015-74호[별책 9]”.
- 권문호, 박종석(2020). “2015 개정 과학과 교육과정의 ‘기능’에 대한 비판적 검토”, *한국과학교육학회지* 40(2), 한국과학교육학회, 151-161.
- 김경원, 우애자(2016). “학습 맥락을 고려한 활동 중심 과학 수업의 효과”, *학습자중심교과교육연구* 16(6), 학습자중심교과교육학회, 1-25.
- 김혜영, 이은하(2019). “대학 교양의 기초교육으로서 양적 추론(Quantitative Reasoning) 개설 현황과 분석”, *교양교육연구* 13(6), 한국교양교육학회, 29-55.
- 문병로(2020. 7. 31). “전문가는 시행착오를 거쳐 만들어진다”, 중앙일보 문병로의 알고리즘여행.
- 서민규(2010). “비판적 사고 교육, 무엇을 어떻게 할 것인가?”, *교양교육연구* 4(2), 한국교양교육학회, 129-139.
- 오필석(2020). “과학 교육에서 기능 중심의 과학 탐구에 대한 비판적 고찰”, *한국과학교육학회지* 40(2), 한국과학교육학회, 141-150.
- 이효영(2020). “비판적 사고에 기반 한 토의식 교양수업에 관한 연구”, *교양교육연구* 14(6), 한국교양교육학회, 309-322.
- 임은영(2017). “과정 중심 평가의 개념과 의미”, *행복한교육* 2017년 2월호, 교육부.
- 정승원, 장현수, 김세준(2020). “한국교양기초교육원의 표준모델을 적용한 4년제 대학 교양기초교육의 현황과 시사점”, *교양교육연구* 14(5), 한국교양교육학회, 83-95.
- 천현득(2021. 7. 22). “이공계가 바라는 2022 수학·과학 교육과정 개정방향”, *토론·파충·과기협 연합포럼*, 한국과학기술단체총연합회, 기초과학학회협의체.
- 파스케렐라 린(2021. 9. 11). “포스트 코로나 세계의 자유교육”, *제11회 창파강좌*, 1-8.
- 허준(2020). *대학의 과거와 미래*, 서울: 연세대학교 대학출판문화원
- 헬펀드 데이비드(2017). *생각한다면 과학자처럼*, 노태복 옮김, 도서출판 길벗.
- 황혜정, 김슬비(2014). “수학 교과에서의 추론 유형의 문제에 대한 탐색: 집합과 명제, 수열 영역을 중심으로”, *한국수학교육학회지* 28(4), 한국수학교육학회, 529-552.
- Finley, Ashley(2021). *How College Contributes to Workforce Success, Employer Views of What Matters Most*, AAC&U, Hanover Research.
- Follette, Katherine B., Donald W McCarthy, Erin Dokter, Sanlyn Buxner, & Edward Prather(2015) “The Quantitative Reasoning for College Science (QuARCS) Assessment, 1: Development and Validation”, *Numeracy* 8(2), Article 2. <http://dx.doi.org/10.5038/1936-4660.8.2.2>
- Mayes, Robert L., Franziska Peterson, & Rachel Bonilla(2013). “Quantitative Reasoning Learning Progressions for Environmental Science: Developing a Framework”, *Numeracy* 6(1), Article 4. <http://dx.doi.org/10.5038/1936-4660.6.1.4>
- Uzpen, B., A. K. Houseal, T. F. Slater & E. B. Nuhfer(2019). “Scientific and Quantitative Literacy: A Comparative study between STEM and non-STEM undergraduates taking Physics”, *European Journal of Physics* 40(3), 1-17. doi: 10.1088/1361-6404/ab07d4
- Wismath, Shelly L., & D. Bruce Mackay(2012). “Quantitative Courses in a Liberal Education Program: A Case Study”, *The Journal of General Education* 61(4), Published by Penn State University Press, 314-322.
- Wolfe, Christopher R.(1993). “Quantitative Reasoning across a College Curriculum”, *College Teaching* 41(1), 3-9.
- Elode, Susan(2014). “Peer Review, Quantitative Reasoning: The Next “Across the Curriculum” Movement”, *AAC&U(Association of American Colleges & Universities)*, Retrieved from <https://www.aacu.org/peerreview/2014/summer/elrod>

35) <https://serc.carleton.edu/qlra/what.html>

## Analysis of Learning Components of Quantitative Reasoning in the Core Curriculum

Kim, Hye Young

Professor, Korea National Sport University

### Abstract

Quantitative Reasoning (QR) requires students to think critically and to apply basic mathematics and statistics to interpret data, draw conclusions, and solve problems within a disciplinary or interdisciplinary context. In this study, the learning goal, learning content, learning method, and learning evaluation of QR were identified and analyzed. In other words, the learning components and characteristics of QR as a type of general education were examined. As a result, QR can be defined as follows:

1. a habit of mind and one of the practical intellectual abilities that should be developed as a core curriculum in general education.
2. integrated learning in an interdisciplinary context across the curriculum.
3. a problem-centered, active participatory approach to learning that focuses on the process of inquiry rather than the learning of fixed knowledge.
4. appropriate for process-oriented evaluation using a rubric.
5. allowing us to be critically informed as citizens of a democratic society.

QR thus takes on an over-arching status across the curriculum similar to effective communication skills. QR is an interdisciplinary subject that can be studied within various fields of learning, and can be opened in several departments with a focus on mathematics. Indeed, the call for QR to 'permeate the curriculum' and to become a centerpiece for interdisciplinary learning, linking a wide range of subjects to a common methodological framework, is highly recommended.

**Key Words:** Quantitative Reasoning, Interdisciplinary Learning, Learning Components