

스토리텔링을 활용한 복소수 단원의 효과적인 지도방안

황현우¹, 김동화^{2*}

¹주례여자고등학교, ²부산대학교

An Effective Teaching Method for the Complex Number Based on Storytelling

Hyun-Woo Hwang¹, Dong-Hwa Kim²

¹Jurye Girls' Highschool, ²Pusan National University

ABSTRACT

The Complex Number is an important topic in the current high school mathematics. It has been recognized by many researchers that high school students often have difficulty or misconceptions in the learning of the complex number because they learn the concept of complex number from teachers with the form of completion and their learning is usually focused on doing calculation on complex numbers. In this research, we suggest a way of teaching the complex number using history of mathematics and storytelling method based on some mathematics teaching and learning theories. It enables students to recognize that mathematics has been developed by human's needs and experience a process of having constructed the complex number system by many mathematicians under the teacher's careful guidance. We identified this approach was a feasible way to improve the teaching and learning methods of the complex number.

Key word: complex number, storytelling, history of mathematics

I. 서론

1. 연구의 필요성

수의 개념은 논리적 사고의 기초가 될 뿐 아니라 많은 학문분야와 관련되어 인간의 문화발전에 중요한 역할을 담당하였고, 수에 대한 인류의 지속적인 연구는 과학과 문명의 발달의 바탕이 되었다.

또한 수의 개념은 수학에서 가장 기본적인 과정 중의 하나로 인지되고 있으며 각 나라에서 그것의 도입방법과 지도에 대하여 많은 연구가 이루어지고 있다(김흥기 외, 2001).

* 교신저자: 김동화, E-mail: dhgim@pusan.ac.kr

우리나라의 2009개정 교육과정에서 수와 연산 관련 내용은 초등학교, 중학교 과정인 공통교육과정과 선택교육과정의 일반과목 중 수학 I 까지 고루 분포되어 있다. 초등학교에서는 1~2학년군에서 3~4학년군 까지 자연수의 개념과 그 사칙연산이 등장하며 3~4학년군에서 5~6학년군까지 양의 분수와 소수 개념 그리고 그 사칙연산을 학습한다. 중학교 1~3학년군에서 정수와 유리수의 개념, 대소 관계, 사칙계산을 다루며 유리수와 순환소수를 관련짓고, 제곱근을 통해 무리수를 도입하여 실수체계를 학습한다. 고등학교 1학년 학생들을 대상으로 하는 수학 I 과목에서는 허수 i 를 통해 복소수체계를 도입하고 그 연산에 대해 학습한다(교육과학기술부, 2012).

이러한 수 개념의 중요성은 몇 번을 반복해서 강조하여도 이상할 것이 없으나 실제 교육현장에서 이러한 수 개념의 학습에 대해 학생들이 느끼는 흥미는 매우 미미한 편이다. 교육과학기술부(2012)의 자료에 의하면 우리나라의 경우 수학과목에서 학생들의 학업 성취도는 높지만, 수학 공부를 왜 해야 하는지에 대한 학습 동기는 낮은 수준이다. 많은 학생과 학부모들이 수학 학습에 상당한 관심과 노력을 기울이며 PISA 등 국제학력 비교평가에서도 우수한 성적을 거두고 있으나, TIMSS 2007 2위(50개국 중), PISA 2009 3~6위(65개국 중), 한편으로 다수의 학생들은 입시 때문에 어쩔 수 없이 수학을 공부한다고 생각하는 등 학습동기가 미약하며, 실생활에선 별로 쓸모가 없는 과목으로 여기는 등 부정적인 인식이 강하여 학교를 졸업하면 수학을 멀리하는 실정이다.

수 체계에서 가장 확장된 것이 복소수체계이며 고등학교 수학 교육과정에서 다항 방정식의 근을 구하는데 복소수 체계는 필수적인 개념이다. 초등학교와 중학교 교육과정을 통해 실수체계를 학습하고 고등학교에 진학한 학생들은 더 이상의 수 체계는 없는 것처럼 인식하고 있을 수 있다. 그러나 교과서에는 설명이 필요한 최소한의 것만 들어 있고 해결해야 할 문제가 더 많이 있다. 허수의 도입 부분에서 방정식 $x^2 = -1$ 은 실수 범위에서 해를 구할 수 없기 때문에 $i^2 = -1$ 인 수 i 를 도입한다는 정도의 설명만 하고, 바로 i 를 포함하는 식의 계산 연습만 한다. i 가 어떠한 필요로부터 발견되었는지, 그것이 수학 발전에 있어 어떤 역할을 하였는지, 수학을 어떻게 변화시켰는지 등의 설명은 빠져 있다. 물론 고등학교 1학년 단계에서 이러한 부분을 모두 정확하게 이해시키는 것은 무리겠지만, 적어도 발견의 과정은 가르칠 수 있다(Zenichiro Katano, 1992).

복소수의 발생 배경, 필요성, 복소수가 수로 인정되어 온 역사적인 과정 등을 생략하고 그저 새로운 단위인 i 의 도입을 통해 완성된 복소수체계를 설명하는 것은 학생들로 하여금 복소수에 대한 괴리감을 느끼게 할 수 있다.

학생들의 수학에 대한 관심과 흥미, 긍정적 인식을 높임으로써 자발적인 학습을 촉진하는 것으로 알려진 스토리텔링 교수·학습방법이 우리나라에 소개되고 많은 사람들이 그것에 관심을 가진 것이 얼마 되지 않았기 때문에 스토리텔링을 활용한 복소수단원의 지도에 대한 선행연구는 많지 않다.

먼저 권오남 외(2013)는 수학을 통해 복소수단원을 지도하는 고등학교 스토리텔링 모델 교과서를 개발하였다. 개발된 교과서의 스토리텔링은 수학 개념 밖에서 수학적 개념 사이를 이어줌으로써 학생들이 이야기에 흥미를 느끼면서 수학학습에도 흥미를 느낄 수 있도록 유도하였다. 또한 학생들이 수학자들이 겪었던 고민을 함께 하면서 주도적 탐구과정을 통하여 수학적 개념을 형성하도록 할 것으로 기대하였다.

권오남 외(2013)는 앞서 개발한 고등학교 수학 스토리텔링 모델교과서를 두 차례에 걸쳐 고등학교 현장에 적용하였고 교사, 학생들을 대상으로 사전·사후 설문을 실시한 결과 ‘수학이 흥미롭게 재미있게 느껴짐’, ‘이야기라는 방법이 아이들의 학습 상황에 적합함’, ‘다양한 소재를 통해 통합적 사고에 도움이 됨’, ‘수학 내용을 의미 있게 학습할 수 있음’과 같은 내용에 대하여 65%이상의 긍정적인 반응을 얻었다. 또한 실제 수업을 담당한 교사들은 학생들이 수학의 실용성이나 수학적 개념을 깊이 있게 이해하는데 도움이 되었다고 답변하였다.

이상에서 살펴본 바와 같이 고등학교 교실에서 학생들은 복소수체계를 학습하여 수를 확장하고 수 체계를 포괄적인 관점으로 바라보는 것에 흥미를 느끼지 못하고 단지 복소수의 사칙연산을 이용한 문제해결만을 기계적으로 반복하는 지경이다. 수학과와 스토리텔링 기법을 활용한 수업의 효과와 그 이점에 대한 연구 결과들이 있지만 학교 현장에서는 여러 가지 이유로 이를 실행하기가 쉽지 않은 것이 현실이다.

2. 연구목적 및 연구문제

교육과학기술부(2012)는 수학교육 선진화 방향으로 ‘쉽게 이해하고 재미있게 배우는 수학’이라는 주제를 가지고 실생활 연계, 스토리텔링, 수준별 맞춤형 등 다양한 교수·학습방법을 통해 수학에 대한 관심과 흥미, 긍정적 인식을 높임으로써 자발적인 학습을 촉진하는 방안을 제시하였다.

본 연구의 목적은 수학교육 선진화 방향으로 교육과학기술부가 제시한 교수·학습방법 중 스토리텔링 교수·학습 방법에 수학을 도입하여 학생들이 복소수의 필요성을 알고 복소수의 발달에 관한 역사적인 과정들을 함께 탐구하는 수업이 복소수 개념의 이해와 포괄적인 관점에서 수 체계를 바라볼 수 있는 능력의 발달에 효과적인지를 사례연구를 통하여 알아보는 것이다. 이를 바탕으로 복소수체계에 대한 효과적인 지도방안을 찾아 수업현장에서 실제로 활용할 수 있는 도구로써 도움을 줄 수 있을 것이다. 연구자가 설계한 수업은 1차시로 이루어져 있고 이탈리아의 수학자 지롤라모 카르다노의 저서 《Ars magna(위대한 기법)》에 등장한 문제를 학생들에게 제시하여 복소수의 필요성을 함께 느끼고 역사적으로 복소수 개념이 인정되기까지의 과정을 스토리텔링 기법을 활용하여 함께 탐구해 보도록 한다. 이러한 과정은 학습자가 복소수 개념을 바르게 이해하고 수 체계를 복소수까지로 확장하는데 도움이 될 것이다. 이를 바탕으로 연구자가 설정한 구체적인 연구문제는 다음과 같다.

- (1) 복소수의 역사적 발달과정을 기초로 스토리텔링 기법을 통해 학습자가 복소수의 필요성을 알고 복소수의 발달에 관한 역사적인 과정들을 함께 탐구하는 수업이 복소수 개념의 이해와 포괄적인 관점에서 수 체계를 바라볼 수 있는 능력의 발달에 도움을 줄 수 있는가?
- (2) 스토리텔링 기법을 활용한 수업이 성취도가 다른 학생들 가운데 어떤 그룹에게 더욱 효과적인가?

II. 이론적 배경

본 논문에서는 복소수체계의 역사적 발달 과정을 기초로 스토리텔링 기법을 활용하여 학습자 스스로 복소수의 필요성을 알고 복소수체계를 완성시킬 수 있도록 돕는 수업의 사례를 다룬다. 이 장에서는 수업의 이론적인 근간을 이루는 수 체계, 복소수의 역사적 발달 과정과 본 연구와 관련된 스토리텔링 수업기법, 수학수업에서 수학사 활용의 효과에 대해 살펴보고자 한다.

1. 수 체계의 역사적 발달

1) 수의 역사

수는 물건을 헤아리는 가운데 생겨난 추상적인 개념이다. 물건의 개수를 헤아리는 것 자체는 원숭이 같은 동물도 어느 정도 할 수 있다는 사실이 알려져 있지만, 순수하게 수라는 개념을 다루는 것은 지구상에서 인간뿐이라고 해도 좋다. 사람이나 동물을 헤아리는 것은 물론, 날짜를 헤아리는 데 사용하면서 인류는 수를 발견하게 되었으며 자연수, 분수(유리수), 무리수, 음수를 거쳐 복소수 체계로까지 수의 확장이 이루어 졌다. 이러한 발전은 이전까지의 수의 개념으로는 해결할 수 없는 문제와 마주칠 때 이를 극복하는 과정을 통해 이루어졌다. 이처럼 수 개념의 역사는 인류의 역사가 기록되기 이전부터 인류와 함께 현재까지 발전되어 왔다. 숫자가 처음 생긴 곳은 대략 4000년 전의 고대 이집트와 고대 메소포타미아라고 알려져 있다. 고대 이집트에서는 히에로글리프라는 문자를 사용해 수를 나타냈고 10진법이 사용되었다. 메소포타미아에서는 쉼표 모양의 기호가 숫자로 사용되었다. 그리고 메소포타미아에서는 고대 이집트와는 달리 60진법이 사용되었다. 메소포타미아와 고대 이집트 이외에도 고대 마야 문명, 고대 중국에서도 각각 독자적인 숫자를 사용했음이 알려져 있다. 마야 문명에서는 1을 나타내는 데 점이나 막대, 조개 등의 기호와 20진법이 사용되었다

그러나 많은 사람들은 좀 더 나은 생활을 영위하기 위해서 물체의 개수뿐 아니라 길이, 무게, 부피 등의 양을 수로 나타낼 필요가 있었고 이에 분수 형태의 유리수가 나타났다. 인류는 청동기 시대가 되어 문화가 발전하면서 분수 개념과 그 표기법을 필요로 하게 되었다. 분수의 탄생은 사물의 개수가 1보다 클 때에는 정수의 개념으로 나타내고 1보다 작을 때는 분수로 나타내는데서 기인한다. 실제 고대의 기록에도 그러한 흔적이 많이 나타나고 있는데 이집트의 단위분수, 중국의 십진분수, 메소포타미아의 60진법 분수 등이 잘 보여주고 있다. 유리수의 수학적 정의는 두 정수의 비, $\frac{p}{q}$ ($q \neq 0$)

이고, 유리수(rational number)는 비율을 뜻하는 ratio에서 유래된 것이다. 분모가 q 인 분수들은 단위 구간을 q 등분할 때 각 분점으로 표현할 수 있으므로 모든 유리수를 수직선상에 위치시킬 수 있었다.

기원전 6세기의 피타고라스는 유리수가 수의 전부이며 유리수로 나타낼 수 없는 수는 없다고 말했다. 하지만 피타고라스학파는 한 변의 길이가 1인 정사각형에서 대각선의 길이를 어떠한 자연수의 비로도 나타낼 수 없음을 알게 되었다. 따라서 새로운 수가 정의되어야 했고 이러한 수는 자연수의 비의 값으로 표현되는 유리수가 아니므로 무리수(irrational number)라 하였다. 고대 그리스인들은 무

리수의 발견에 얼마 동안 혼란스러워 했지만, 이윽고 그것을 수로 받아들였다.

대부분의 문명에서는 음수를 수로 다루지 않았다. 고대 그리스의 디오판토스는 방정식 $4x + 20 = 4$ 의 해 $x = -4$ 는 불가능한 것이고, ‘(우변의) 4는 20보다 큰 수이어야 한다.’고 그의 저서 《Arithmetica》에 기술하고 있다. 그 후 음수를 문제의 답으로 인정하고 본격적인 수로 도입한 곳은 7세기 무렵의 인도였다. 인도에서는 빛을 나타낼 때 음수를 사용했던 것 같다. 인도에서 발명된 음수는 아라비아를 경유해 유럽에 전해져 일부의 수학자들에게 알려졌지만, 유럽에서는 좀처럼 음수가 인정되지 못했다. 17세기의 데카르트조차 음수의 답을 가짜 답이라고 하면서 올바른 답과 구별했다. 역사적으로 음수가 출현하여 정당한 수로 인정받는 데에는 1500년 이상의 긴 시간이 필요했다. 많은 수학자들이 음수에 합법성을 부여하려고 노력하였지만 19세기에 와서야 독일의 수학자 항켈에 의해서 음수 체계가 확립되었으며 그는 음수가 어떤 구체적인 실체적인 것을 나타낸다는 관점을 버리고 형식적인 구조로만 음수를 이해하였고, 음수를 설명하는 구체적인 모델을 더 이상 찾지 않았다.

이후에 음수까지 수로 인정되면서 인류는 실수(real number)체계를 완성하게 되었고, 그로부터 오랜 세월이 흐른 후에 복소수 개념이 확립되어 요즘 우리가 사용하는 수 체계가 완성되었다.

2) 복소수의 발견

이차방정식의 근의 공식을 사용하면, 해는 그 방정식의 계수에 의해 대수적으로 나타난다. 여기서 등장한 것이 음의 제곱근이었다. 과거 오랫동안 이차방정식의 해에서 근호 안의 수가 음이 되는 경우는 ‘해가 없다’ 또는 ‘불가능’으로 처리하였다. 대부분의 이차방정식이 현실에 기반 한 문제를 풀기 위하여 만들어진 것이기 때문에 그러한 것은 사람들에게 자연스럽게 받아들여졌다. 이러한 생각이 바뀌는 데는 많은 시간이 필요했다. 16세기에 이르러 이탈리아의 카르다노가 ‘제공해서 음수가 되는 수’ 즉 허수를 사용하면 어떤 이차방정식에도 답이 나올 수 있음을 처음으로 보여주었다. 그의 저서 《Ars magna》에서 그는 ‘10을 두 부분으로 나누어 그 곱이 40이 되게 하라.’라는 문제를 제시하였는데 이 문제는 이차방정식 $x^2 - 10x + 40 = 0$ 으로 나타낼 수 있다. 여기서 x 와 $10 - x$ 가 두 부분이고 이 방정식은 $5 + \sqrt{-15}$ 와 $5 - \sqrt{-15}$ 를 두 근으로 갖는다. 카르다노는 이 문제의 답으로 ‘제공하면 음이 되는 수’ 즉 ‘허수’를 등장시켰고 《Ars magna》는 허수를 사용하면 어떤 이차방정식에서도 답을 얻을 수 있다는 것을 서술한 최초의 책이다. 그러나 카르다노는 ‘이것은 궤변적이며, 수학을 여기까지 정밀하게 해도 실용적인 용도는 없다.’고 덧붙였다.

또한 《Ars magna》에는 삼차방정식의 근의 공식도 등장하는데 삼차방정식 $x^3 = px + q$ ($p, q > 0$)의 일반적인 해는 다음과 같다.

$$x = \sqrt[3]{\frac{q}{2} + \sqrt{\frac{q^2}{4} - \frac{p^3}{27}}} + \sqrt[3]{\frac{q}{2} - \sqrt{\frac{q^2}{4} - \frac{p^3}{27}}}$$

이 공식은 효력은 실수의 근이 1개인 방정식에 한정된다. 2개 이상의 실수 근을 가지는 3차방정식을 이 공식을 이용해 해결하면 음수의 제곱근이 등장하게 된다.

이러한 상황에서 봄벨리는 삼차방정식 $x^3 = 15x + 4$ 를 제시했는데,

$x^3 - 15x - 4 = (x - 4)(x^2 + 4x + 1)$ 로부터 $4, -2 + \sqrt{3}, -2 - \sqrt{3}$ 이 삼차방정식의 세 실근이 되지만 카르다노의 공식에 대입하면

$$x = \sqrt[3]{2 + \sqrt{-121}} - \sqrt[3]{-2 + \sqrt{-121}} = \sqrt[3]{2 + 11\sqrt{-1}} + \sqrt[3]{2 - 11\sqrt{-1}}$$

이 된다. 여기에는 허수가 포함되어 있어 더 이상은 계산할 수 없는 것처럼 보인다.

그러나 실수 a, b 에 대하여 $\sqrt[3]{2 + 11\sqrt{-1}} = a + b\sqrt{-1}$ ($a, b > 0$)라 두고, 양변을 세제곱하면

$$\begin{aligned} 2 + 11\sqrt{-1} &= a^3 + 3a^2b\sqrt{-1} - 3ab^2 - b^3\sqrt{-1} \\ &= a(a^2 - 3b^2) + b(3a^2 - b^2)\sqrt{-1} \end{aligned}$$

여기서 식의 양변을 비교하면,

$$\begin{aligned} a(a^2 - 3b^2) &= 2 \quad \dots \text{①} \\ b(3a^2 - b^2) &= 11 \quad \dots \text{②} \end{aligned}$$

①² + ②² 을 구하면, $a^6 + 3a^4b + 3a^2b^2 + b^3 = 125$

$$\therefore (a^2 + b)^3 = 125 \quad \text{즉, } a^2 + b = 5 \quad \dots \text{③}$$

①과 ③의 식에서, $a = 2$ 이고 $b = 1$ 이다.

따라서 $\sqrt[3]{2 + 11\sqrt{-1}} = 2 + \sqrt{-1}$, $\sqrt[3]{2 - 11\sqrt{-1}} = 2 - \sqrt{-1}$ 이고, $x = 4$ 이다. 이리하여 봄벨리는 근에 포함되는 허수가 경우에 따라서는 간단히 소거되어 실수만의 근으로 고칠 수 있음을 보여주었다. 즉, 어떤 종류의 삼차방정식에서는 허수의 계산을 이용함으로써 실수의 근에 이를 수 있다.

카르다노의 책에 처음으로 등장한 ‘음수의 제곱근’이 곧바로 수학자들에게 받아들여진 것은 아니다. 프랑스의 철학자이자 수학자였던 데카르트는 ‘음수의 제곱근’은 그림으로 그릴 수 없다고 결론을 내리고 부정적인 의미를 가미시켜 ‘상상의 수(imaginary number)’라고 불렀다. 이후 많은 시간이 흘러 18세기에 이르러 최초로 오일러가 허수가 가진 중요한 성질을 천재적인 계산 능력으로 규명해 나갔다. ‘-1의 제곱근’ 즉 $\sqrt{-1}$ 을 허수단위(imaginary unit)로 정하고, 그 기호를 imaginary의 머리글자에서 따와 i 라고 했다.

오일러가 허수의 중요성을 보여 준 뒤에도 허수의 존재를 인정하지 않는 사람이 많았다 아무리 중요해도, 사람들은 시각적으로 그려볼 수 없는 것을 여간해서 받아들이지 않았다. 허수는 처음 수학에 도입된 이래로 무려 2세기라는 긴 세월 동안 불신과 비밀에 쌓여 있다가 결국 덴마크의 측량기사 베셀에 의해서 간단한 기하학적 해석을 얻게 되었다. 수평으로 놓은 수직선으로 실수를 나타내고, 그것

에 수직인 또 하나의 수직선을 그려 허수를 나타내면, 두 좌표축을 가진 평면이 완성된다. 이 평면이 현재 우리가 사용하는 복소평면이며, 이 그림을 사용하면 허수를 그림으로 그릴 수 있다. 허수가 ‘눈에 보이는’ 것이다.

프랑스의 회계사 아르강과 독일의 수학자 가우스도 베셀과 나란히 각각 독자적으로 같은 아이디어에 이르렀다. 가우스는 자신의 연구 논문에서 이 평면위에 점으로 나타낼 수 있는 수를 ‘복소수 (complex number)’라고 했다.

그런데, 영국의 해밀턴은 $a+bi$ 에서 ‘+’는 보통의 덧셈 기호와 다른 성질을 가진 것이라는 것에 주목하고 순서쌍 개념을 도입하여 복소수를 정의하였다. 즉, $a+bi$ 를 순서쌍 (a, b) 에 대응시켜 정의하였다.

이렇듯 허수의 발생에서부터 수로서 인정받게 되고 구체적인 기호화와 복소수로의 수 체계 확장에 이르기까지 수백년의 시간동안 많은 수학자들의 관심과 노력이 필요했다. 또한 허수는 인간 상상력의 창조적 힘과 유용성을 단적으로 보여주는 사례임을 알 수 있다. 허수는 헛되고 공허한 수라기 보다는 아직 알지 못하는 세계에 존재할지 모르는 상상의 수이면서도 동시에 유용한 수였다. 미지의 수였지만 그것의 사용이 정합적이고 유용하다는 점에서 수학자들은 그 수의 사용에 대한 유혹을 뿌리치기 어려웠음은 물론 그 수의 의미를 상상하면서 흥분과 고뇌를 동시에 느꼈을 것이다(이기돈 · 최영기, 2013).

2. 스토리텔링 수업기법과 수학수업에서 수학사 활용의 효과

본 연구에서는 복소수체계의 역사적 발달 과정을 기초로 스토리텔링 기법을 활용하여 학습자 스스로 복소수의 필요성을 알고 복소수체계를 완성시킬 수 있도록 돕는 수업에 대하여 다룬다. 이 수업은 스토리텔링 수업기법, 수학수업에서 수학사 활용의 효과를 바탕으로 수행되었다.

1) 스토리텔링 수업기법

(1) 스토리텔링

스토리텔링이란 용어 그대로 이야기라는 뜻을 가진 명사 ‘스토리(story)’에 말하기라는 동사성 명사 ‘텔링(telling)’이 부가된 합성어로서 스토리텔링(story-telling)은 이야기를 지닌 모든 서사 장르를 의미한다.

스토리텔링의 사전적 의미를 살펴보면, ‘이야기를 들려주는 활동, 이야기가 담화로 변화는 과정’이다. 원래 스토리텔링은 문학 용어로서 ‘이야기를 들려주는 것’ 혹은 ‘구전을 말하는 것’으로, 사건과 사물에 대한 물리적 속성이나 사실에 대한 전달이 아닌 사물이나 인물이 가져다주는 개인적 의미로서의 이야기를 지어서 말하는 것이다. 사람과 사물의 본질을 전달하는 과정에서 스토리가 개입되며, 이를 엮어서 전달하는 창조적인 활동이 수반되는 것이 스토리텔링이다(송정란, 2006).

(2) 스토리텔링 수업의 효과

스토리텔링을 적용한 수업은 학생들의 인지적 측면과 감성적 측면 모두를 활성화하여 교수·학습에 균형을 가져오고 학습효과를 높인다. 구체적으로 살펴보면 각각의 학생들이 가지고 있는 상상력을

수업시간에 발휘하여 상세한 지식, 추론과 발견 과정 등의 경험을 가능하게 하여 지성과 감성이 통합된 교실 수업 환경을 조성할 수 있다. 이를 통해 학생들의 개별적인 인지구조와는 관련 없이 교사에 의해 미리 구성된 논리적인 지식체계를 단지 전달하는 것만을 중심으로 하는 기존의 수업방법과는 달리 스토리텔링을 적용한 수업은 의미를 효과적으로 조직하고 의사소통을 하는데 관심이 집중되어 있으므로(민덕기, 2002) 학생들이 스스로 학습내용의 의미를 전체적으로 공감하고 재구성하도록 유도한다(권오남 외, 2012).

(3) 교육적 상황에서의 스토리텔링

교사는 스토리 즉 이야기 그 자체나 청중이 이야기를 통해 느끼는 극적인 즐거움에만 관심을 가져서는 안 된다. 교사는 스토리텔링을 학생들이 스스로 학습내용의 의미를 공감하고 재구성할 수 있는 학습 환경을 조성할 수 있는 수단으로 보아야 한다. 이를 통해 교사는 이야기를 듣는 학생들의 흥미를 유발하며 생각할 수 있는 기회를 제공할 수 있다.

헤븐(Haven, 2000)은 교육적 수단으로써 스토리텔링의 10가지 이점을 다음과 같이 요약하였다.

- ① 스토리텔링은 4가지 주요 언어 기술(읽기, 쓰기, 듣기, 말하기)을 향상시키고 개발하는 데 강력하고 효과적인 요소이다.
- ② 정보(개념과 사실 모두)는 스토리 형식으로 제공되었을 때 잘 그리고 오래 기억된다.
- ③ 스토리텔링은 여러 학문적인 분야를 연결하고 교육과정을 관련짓는 강력하고도 효과적인 교육적 도구이다.
- ④ 스토리텔링은 학생들이 학습하는데 긍정적인 동기를 제공한다. 이야기가 진행되는 동안 학생들은 학습에 더욱 집중하며 관련된 학습을 수행하는데 즐거워한다.
- ⑤ 학생들은 스토리텔링을 통해 자신감과 자존감을 갖게 된다.
- ⑥ 스토리텔링은 다른 어떤 교실 활동보다 상상력과 창의성을 기르는 데 효과적이다.
- ⑦ 스토리텔링은 듣는 이를 즐겁게 한다.
- ⑧ 스토리텔링은 감정이입을 가능하게 한다.
- ⑨ 스토리텔링은 분석능력과 문제해결능력 증진시킨다.
- ⑩ 스토리텔링은 사회공동체 사이의 연결을 가능하게 한다.

(4) 수학교실에서의 스토리텔링

스토리는 수학교실에서 잘 활용되지 않는다. 대부분의 수학수업에서 교사는 이미 완성되어있는 수학적 개념을 제시하고 학생들이 쉽게 따라할 수 있도록 예제나 예시를 활용하여 짧게 설명한다. 수업내용에 높은 수준의 수학적 사고가 필요하거나 어려운 문제해결이 포함되어 있더라도 스토리를 활용하여 수업을 하는 경우는 거의 드물다. 많은 전문가들이 교차 교육과정 도구(cross-curriculum tool), 교과통합교육을 위한 도구로 스토리텔링을 언급하지만, 그들이 제시하는 대부분의 예시들은 역사나 과학과 언어와 관련된 내용이며 수학과 관련된 내용은 찾아보기 어렵다.

수학 시간에 스토리텔링을 이용하는 것의 이점을 살펴보면 앞서 언급한 10가지 교육적 수단으로써 스토리텔링의 이점 모두를 포함하는데, 특히 학습내용에 대한 기억을 유지, 학습내용에 대한 동기와 흥미를 유발, 그리고 학생들의 분석능력, 문제해결능력을 신장시키는데 도움이 된다.

더불어 추가적인 이점도 있다. 수학 스토리는 기억하기 쉬운 형태로 학생들의 눈높이에 맞게 제시 되므로, 어려운 개념을 도입하거나 설명할 때 학생들이 위화감을 느끼거나 포기하지 않도록 도움을 주고 수업시간에 이루어지는 수학적 활동에 학생들이 적극적으로 참여하도록 한다. 또한 지금까지 딱딱하고 기계적인 교과목으로 알려진 수학에 인간적인 요소를 추가할 수 있다. 그것을 통해 수학 수업시간에 경험해 본 적 없는 색다른 체험이 가능하며 창의적인 환경이 되도록 분위기를 바꿔 수업 시간의 활동도 변하게 된다(박경은, 조호윤, 2013). 현재 수학 교실 환경은 인위적이고 조작적인 반면에 스토리텔링은 생생하고 친숙하고 개인과 밀접하게 관련되어 있으며 학생뿐만 아니라 교사 자신에게도 정보를 더 재미있고 잘 기억할 수 있게 전달한다. 몇몇 연구자는 교수 전략으로써 스토리텔링의 사용에 대한 긍정적인 효과를 연구해 왔으며 여러 교사들도 지속적으로 이런 전략을 사용해왔다. 스토리텔링의 가치에 의심의 여지가 없기 때문이다(Cooper&Simods, 2007).

2) 수학교육에서 수학사 활용의 효과

수학사가 중, 고등 교과 과정에서 독립된 한 교과나 단원으로 일종의 체계성을 갖고 도입이 되어야 할 정도로 필요성이 있다고 볼 수는 없지만, 기존의 수학 교육을 보다 효과적으로 이끌고, 보다 충실한 수학 내용의 전달을 위해서는 수업시간에 수학사를 도입하는 것이 여러 가지로 의미가 있을 것으로 예상된다.

수학 교육과정의 개발에 있어서 새로운 내용을 첨가하거나 불필요하게 여겨지는 내용을 삭제하는 식의 수학내용 개편에 못지않게, 기존의 수학 내용을 학생들이 보다 재미있고 충실하게 배울 수 있게 해주고, 수학에 대한 흥미를 유발시켜 주는 방법의 개발 또한 중요하다. 이러한 입장에서 수학사의 도입이 수학 교육과정 개발에 필요하고 중요한 역할을 하리라 생각된다.

수백 수천 년 전에 등장했던 수학 문제나, 이와 관련한 수학자들의 일화나, 시간의 흐름에 따라 변천 발전하는 수학적 구조나 개념들을 경험하는 것은 수학사만을 통해서 얻을 수 있는 것으로 학생들이 박물관에서 느끼게 되는 관심이나 흥미에 못지않고, 또한 윤택한 수학 학습을 가능하게 할 것이다(백석윤, 1990).

허민(1997)은 수학교육에서의 수학사 도입의 필요성을 다음과 같이 주장하였다.

첫째, 수학의 유용성을 강조할 수 있다. 수학사를 통해 ‘수학은 필요에 의해 발생했다.’는 점을 확신할 수 있다.

둘째, 수학은 발전하는 학문임을 인식시킬 수 있다. 수업중 수학사의 도입은 수학이 계속해서 변해왔고 현재도 발전하고 있으며 앞으로도 더욱 발전할 것이라는 생각을 심어줄 수 있다.

셋째, 수학의 ‘인간화’를 도모할 수 있다. 현재의 수학은 인간의 엄청난 노력이 투여된 뒤에야 발견되었다. 수업중 이런 인간적인 요소를 강조함으로써 좀 더 생동감 있게 수학을 가르칠 수 있다.

넷째, 현대 수학을 좀 더 친밀하게 이해시킬 수 있다. 수학의 많은 발전 단계는 유추에 의해 자극받고 효율적인 알고리즘에 의해 촉진되며 종종 불완전하고 때로는 잘못된 추측에 의해 지시된 귀납적 도약의 결과이다. 학생들에게 이런 점을 보여주는 것은 수학에 접근하기 쉬운 경로를 제시하고 수학을 좀 더 친근하게 만들어준다.

다섯째, 수학의 문화적 가치를 인식시킬 수 있다. 오랫동안 많은 사람들의 노력의 결과로 누적된 수학은 현대 문명 사회에 막대한 영향을 끼친 거대한 분야로 발전되었다. 수학 교사는 수학이라는 인류 문화의 전달자이며, 이런 문화를 학생들에게 전달하는 것은 교사의 책임이다.

여섯째, 수학 학습의 어려움을 이해할 수 있다. 수학 개념 발달의 장애를 보여주는 역사적 사실을 살펴보는 것이 교사로 하여금 학생의 오류를 더욱 잘 이해할 수 있도록 도와줄 것이다.

일곱째, 교수 방법을 개선시킬 수 있다. 특별한 예로부터 이론적인 일반화로 이동하는 교육이 학생으로 하여금 더 높은 수준으로의 도약을 가능하게 한다.

여덟째, 수학에 대한 흥미를 유도할 수 있다. 수학에 대한 흥미와 긍정적인 자세가 없다면 지적인 영역의 목표를 달성할 수 없다. 수업중 간단한 역사적 사실과 일화를 소개함으로써 학생들의 흥미를 유발시킬 수 있다.

이상에서 살펴본 바와 같이 수학수업에 스토리텔링을 적용하는 것은 많은 이점을 가지고 있다. 또한 수학사를 활용한 수업은 이미 많은 선행연구들을 통해 효과적인 것으로 인정받아 왔다. 그렇다면 수학 수업시간에 학생들에게 이미 완성되어 있는 수학적 개념을 주입하는 것에서 벗어나 수학사 이야기를 소재로 삼아 수업의 주제인 수학적 개념이 완성되어가는 과정을 소개하고 또한 학생들이 그 과정에 직접 참여해서 경험할 수 있도록 하면 그 효과는 배가될 것이라 예상한다.

III. 본 론

1. 연구방법

1) 연구대상

본 연구는 2014년 3월부터 연구자가 지도하고 있는 J여고 1학년 중 8개 학급 204명의 학생을 대상으로 하였다. 학력평가 결과로 미루어 볼 때 J여고 1학년 학생들의 수학과목에 대한 성취수준은 부산광역시에 위치한 인문계 고등학교들 중에서 중·하위권에 속한다고 할 수 있다.

수업에 참여한 학생들은 1학기 정규수업시간 중 복소수 단원을 이미 배웠으나 수업 후 4개월 정도가 지났고 정규수업시간에는 수학사를 도입하거나 스토리텔링 기법을 활용하지 않았기 때문에 복소수의 필요성을 알고 복소수의 발달에 관한 역사적인 과정들을 함께 탐구하는 수업이 복소수 개념의 이해와 포괄적인 관점에서의 수 체계를 바라볼 수 있는 능력의 발달에 얼마나 도움을 주는지 분석하는데 이 학생들이 적합하다고 판단하였다.

2) 연구절차

본 연구에서 실시된 수업의 내용은 고등학교 수학 I에서 학습하는 내용으로 현행 교육과정상 3, 4월에 학습하게 되어있다. 먼저 1학기 중간고사를 통해 복소수단원에 대한 평가가 끝난 5월 중 방과후 수업시간을 이용하여 무작위로 선정된 4개 반 학생 106명을 대상으로 본 연구자가 개발한 검사 도구를

이용하여 학습자가 복소수의 개념, 연산, 포함관계에 대하여 얼마나 이해하고 있는지를 1차 조사하였다.

1차 조사가 끝난 후 수학사를 도입한 스토리텔링 수업지도안을 작성하였고 그 지도안을 토대로 8월 중 여름방학 방과후 수업시간을 이용하여 1학년 학생들을 대상으로 수업을 실시하였다. 스토리텔링 수업을 실시한 이후 1차 조사에 참여하지 않은 4개 반 학생 98명을 대상으로 검사 도구를 이용하여 학습자가 복소수의 개념, 연산, 포함관계에 대하여 얼마나 이해하고 있는지 2차 조사를 실시하였다.

3) 연구자료 수집 및 분석

본 연구를 위해 사용할 표준화된 검사 도구가 없었기 때문에 본 연구자가 선행연구 및 우리나라 2009개정 교과서를 분석하여 직접 개발하였다. 개발 후 현장 교사들의 협의와 검토를 통해 그 타당성을 검증 받았다.

복소수의 개념, 연산, 포함관계에 대한 이해 상태를 조사할 검사지의 문항은 고등학교 수학 I 교과서와 교사용 지도서 그리고 선행연구의 검사 도구(최종민, 2009)를 바탕으로 하여 총 7문항을 만들었다. 검사지의 개발과정에서 문항의 수, 문항의 난이도, 검사 시간의 적절성을 알아보기 위하여, 검사대상이 아닌 반을 대상으로 예비검사를 실시하였으며, 본 검사지의 문항별 선정 내용과 선정 의도는 다음과 같다.

<표 1> 문항별 선정 내용 및 의도

구분	문항영역	문항번호	선정의도
개념	복소수의 개념, 성질	1, 2, 3	복소수의 개념과 그 성질을 정확하게 알고 있는지를 알아본다.
연산	복소수의 사칙연산	4	복소수의 사칙연산을 정확하게 할 수 있는지를 알아본다.
		6	허수단위 i 의 거듭제곱에 대해 정확하게 알고 있는지를 알아본다.
	음수의 제곱근	5	음수의 제곱근을 정확하게 알고 있는지를 알아본다.
포함관계	복소수의 포함관계	7	복소수의 집합과 실수, 허수 집합의 포함관계를 정확하게 알고 수 체계를 포괄적으로 바라볼 수 있는지를 알아본다.

검사도구의 문항을 복소수의 개념, 복소수의 연산, 복소수의 포함관계 이 세 가지의 영역으로 나누어 검사지에 학생들이 직접 기록한 정답 및 풀이과정을 검토해 영역별로 학생들의 점수를 100점 만점으로 환산하여 평균과 표준편차를 분석하였다. 또한 풀이과정이 요구되는 문항의 경우 정답을 제시하였더라도 풀이과정이 없거나 틀리면 오답으로 처리하였다.

이를 통해 얻은 1차 검사의 결과와 2차 검사의 결과를 비교하여 분석한다.

2. 연구결과 및 분석

1) 복소수 단원의 지도

J여고에서는 정규수업시간에 수학사의 도입이나 스토리텔링 기법을 활용한 복소수단원의 지도가 이루어지지 않고 있었으며, 복소수의 필요성 및 역사적 발달과정 등을 언급하지 않고 단지 허수단위 i 를 제시하고 완성된 복소수체계를 전달하는 형태의 수업이 이루어지고 있었다. 이와 같은 수업 방

식은 학습자의 동기를 유발하기 어려웠고 학습자로 하여금 단지 복소수의 복잡한 계산문제 해결에만 치중하게 되는 결과를 만들었다. 따라서 이러한 수업 방식을 개선해야할 필요가 있었으며 이에 따라 수학을 도입한 스토리텔링 교수·학습 방법을 활용하여 복소수단원을 지도하는 것이 흥미유발과 개념형성에 효과적일 것이라는 가설을 설정하게 되었다.

본 수업은 여름방학 방과후 수업시간을 활용하여 8월 중 50분에 걸쳐 실시되었으며, 주요학습활동은 다음과 같고 구체적인 교수·학습 과정은 <부록1>에 제시하였다.

<표 2> 주요학습활동

단계	시간	주요학습활동
도입	7'	· 학습동기유발 - 카르다노의 문제 '더하면 10, 곱하면 40이 되는 두 수는 무엇인가?'주어진 문제를 미지수를 이용한 식으로 바꾸어 표현하고 답을 찾아보도록 한다. · 학습목표제시 학생들이 수업시간 동안 계속 염두에 둘 수 있도록 지도한다.
전개	35'	· 수의 역사 수가 확장되어온 과정을 이야기를 통해 제시한다. 새로운 수의 개념이 갑자기 생겨난 것이 아니고 사람들의 필요에 의해 생겨났다는 사실을 자연스럽게 강조한다. · 허수의 정의 제곱하여 음수가 되는 새로운 수를 허수라 하고 허수의 단위를 $i = \sqrt{-1}$로 표기하기로 약속한다. · 허수의 가시화와 대소관계 수평으로 놓인 수직선에 수직인 또 하나의 수직선을 그려 허수를 나타낼 수 있으며 허수사이의 대소관계가 성립하지 않음을 보인다. · 복소수의 정의와 성질 벤다이어그램을 통해 수의 포함관계를 알아보고 $a+bi$의 꼴로 나타나는 복소수를 제시한다. · 카르다노의 문제 동기유발에서 제시했던 카르다노의 문제를 허수를 사용하여 해결한다.
정리 및 평가	8'	· 학습내용정리 허수가 나타나게 된 과정을 정리한다. · 형성평가 허수의 정의와 성질에 대한 문제를 제시하여 개인의 성취수준을 파악한다. · 차시예고 다음 차시에는 복소수의 사칙연산을 학습할 것임을 예고한다.

2) 1차 검사 결과 분석

1학기 중 정규수업시간에 복소수의 필요성 및 역사적 발달과정 등을 언급하지 않고 단지 허수단위 i 를 제시하고 완성된 복소수체계를 전달하는 방법으로 복소수 단원의 수업을 실시한 학생들 중 4개 반 106명을 대상으로 복소수의 개념, 연산, 포함관계의 세 가지 영역에 대한 검사지를 제시하고 각 영역의 점수를 100점 만점으로 환산하여 구한 평균과 표준편차는 다음과 같다.

<표 3> 1차 검사 결과분석

구 분	복소수의 개념	복소수의 연산	복소수의 포함관계
평균 (표준편차)	27.9 (24.4)	34.5 (33.6)	18.9 (26.4)

결과를 살펴보면 복소수의 연산영역에서 점수의 평균이 34.5점으로 가장 높은 것으로 나타났고 그에 비해 복소수의 개념영역에서 점수의 평균은 27.9점, 복소수의 포함관계영역에서 점수의 평균은 18.9점으로 복소수의 연산 영역보다 낮았다. 이러한 결과를 해석해 보면 학생들은 복소수의 계산에 대한 문제는 많은 연습을 통해 빠르고 정확하게 잘 해결할 수 있지만 정작 자신들이 계산하고 있는 복소수가 어떤 수인지 복소수의 체계는 어떠한지에 대해서는 정확하게 이해하지 못하고 있다는 것을 알 수 있다.

1차 검사 대상 학생들을 수학과목에 대한 2014학년도 1학기 중간고사 성취도를 기준으로 3개의 그룹으로 나누었을 때 각 영역 점수의 평균과 표준편차는 다음과 같다.

<표 4> 수학과목의 성취도에 따른 1차 검사 결과분석

구 분	복소수의 개념	복소수의 연산	복소수의 포함관계
1~3등급(28명)	48.2 (23.3)	65.7 (31.6)	34.5 (31.1)
4~6등급(56명)	24.3 (20.2)	28.9 (28.0)	15.8 (23.0)
7~9등급(22명)	11.4 (17.6)	9.1 (14.4)	6.8 (17.2)

수학과목의 성취도가 1~3등급인 학생 즉 우리가 흔히 수학을 잘한다고 생각하는 학생들조차 복소수의 개념이나 포함관계 영역에 대한 점수의 평균은 각각 48.2점, 34.5점으로 50점을 채 넘기지 못했다. 그러나 복소수의 계산 영역에 대한 점수의 평균은 65.7점으로 계산영역에 대해서는 뛰어난 해결 능력 가지고 있는 것으로 파악된다.

성취도가 4~6등급인 학생들은 복소수의 연산 영역에 대한 점수의 평균이 28.9점, 복소수의 개념, 복소수의 포함관계 영역에 대한 점수의 평균이 각각 24.3점, 15.8점으로 1~3등급의 학생들과 같이 많은 차이가 나는 것은 아니지만 복소수의 연산영역의 점수가 가장 높은 것을 알 수 있다.

성취도가 7~9등급인 학생들은 복소수의 개념 영역에 대한 점수의 평균이 11.4점, 복소수의 연산 영역에 대한 점수의 평균이 9.1점, 복소수의 포함관계 영역에 대한 점수의 평균이 6.8점으로 다른 학생들과 비교했을 때 오히려 복소수의 개념 영역에 대한 평균이 가장 높았다. 절대적인 기준은 아니지만 수학과목의 성취도가 낮은 학생들은 수학과목에 대한 관심이나 흥미, 자신감 등이 부족하고 또한 복소수의 연산에 대한 꾸준한 연습도 해오지 않아 다른 등급의 학생들과 차이가 나는 것이라 해석할 수 있겠다.

물론 1차 검사를 실시한 시기가 중간고사 직후였기 때문에 검사에 대한 학생들의 태도가 완전히 성실하지는 못했다는 사실을 감안하더라도 위의 표에서 대부분의 학생들이 복소수의 개념이나 포함관계 영역에 비해 복소수의 연산에만 많은 관심을 가지고 있고 그에 따라 얻은 점수의 평균도 높다는 유의미한 결과를 얻을 수 있다. 또한 상대적으로 수학과목에 대한 성취도가 높은 1~3등급의 학생들이 다른 학생들 보다 복소수의 연산 영역에 대한 관심과 이해도가 월등히 높는데 반해 복소수의 정의와 성질, 복소수를 포함한 수 체계의 포괄적인 이해도는 비교적 낮은 수준인 것으로 파악할 수

있다. 그러한 학생들의 구체적인 예를 아래에서 살펴보자.

1차 검사에 참여한 학생들 중 A학생은 4월중 실시된 1학기 중간고사 수학과목에서 92점을 받았고 과목석차는 276명 중 26위로 상위 9.4%에 속하며 2등급의 성적을 받은 학생이다. 수업태도 면에서도 성실하고 적극적으로 수업에 참여하며 수학과목에 대한 흥미를 가지고 있다. A학생의 1차 검사 결과는 복소수의 개념 영역 25점, 복소수의 연산 영역 100점, 복소수의 포함관계 영역 33.3점으로 복소수의 연산문제 해결능력은 매우 우수한 것으로 보이나 복소수의 개념과 성질, 복소수를 포함한 수 체계 전반에 대한 이해도는 50점을 넘지 못하고 많이 부족한 것으로 볼 수 있다.

실제 A학생이 작성한 검사지를 살펴보면 복소수의 연산 영역에 대한 문제인 4, 5, 6번 문항에서는 정확하고 간결한 풀이과정을 통해 정답을 얻어낸 것을 알 수 있다.

4. $\alpha = -1 + i$, $\beta = \frac{i}{i-1}$ 일 때 다음을 계산하여라.

① β 를 $a+bi$ 의 꼴로 고치시오.

$$\beta = \frac{i}{i-1} \cdot \frac{(i+1)}{(i+1)} = \frac{-1+i}{-1-1} = \frac{1-i}{2} = \frac{1}{2} - \frac{i}{2}$$

② $\alpha - \beta =$

$$-1+i - \left(\frac{1}{2} - \frac{i}{2}\right) = -\frac{3}{2} + \frac{3i}{2}$$

③ $\alpha\beta =$

$$(-1+i) \cdot \left(\frac{1}{2} - \frac{i}{2}\right) = -\frac{1}{2} + \frac{i}{2} + \frac{i}{2} - \frac{i^2}{2} = \frac{1-i}{2} = \frac{1-i}{2}$$

5. $\frac{2\sqrt{3}}{\sqrt{-6}} - \sqrt{(-5)^2} + \sqrt{-2} \sqrt{-4} + \frac{\sqrt{-8}}{\sqrt{-2}}$ 를 간단히 하시오.

$$\frac{2\sqrt{3}}{\sqrt{6}i} - 5 + \sqrt{2}i \cdot 2i + \frac{2\sqrt{2}i}{\sqrt{2}i} = \frac{2\sqrt{3}}{\sqrt{6}i} - 5 - 2\sqrt{2} + 2 = \frac{\sqrt{6}i}{3} - 2\sqrt{2} - 3$$

6. $i + i^2 + i^3 + \dots + i^{123}$ 을 간단히 하시오.

$$i - 1 - i = -1$$

[그림 1] A학생의 검사지(복소수의 연산)

그러나 복소수의 개념 영역의 문제에 대해 A학생이 작성한 답을 살펴보면 복소수의 연산 영역과는 달리 오개념을 가지고 있는 것으로 보인다. 먼저 복소수의 정의를 답하라는 문제에 ‘제공하면 음수가 되는 허수’라는 답을 적은 것으로 보아 복소수에 대한 개념 이미지가 정확하게 형성되어 있지 않은 것으로 파악되고 복소수의 형식적 도입으로 인해 복소수의 필요성을 이해하고 있는 것이 아니라 허수가 포함되어있는 수만을 복소수로 이해함으로써 복소수를 허수와 같은 수 개념으로 이해하고 있는 것으로 해석할 수 있다.

1. 복소수의 정의에 대하여 쓰시오. (복소수란 무엇인가에 대해 자유롭게 작성해도 됩니다.)

제곱하면 음수가 되는 허수

[그림 2] A학생의 검사지(복소수의 정의)

복소수의 성질을 정확하게 알고 있는지를 조사하기 위해 제시된 2번 문항에 대한 답안을 살펴보면 2-① 문항에서 ‘서로 다른 두 허수의 합은 항상 허수이다.’라는 명제가 참이라고 답하였다. 두 켈레복소수는 서로 다르고 그 합과 곱은 항상 실수가 된다는 것을 수업시간에 배웠음에도 불구하고 실수끼리의 연산의 결과는 항상 실수라는 규칙을 그대로 가져와서 두 허수의 합은 허수가 된다고 생각한 것으로 보인다. 또한 2-③ ‘ $1+i < 1+3i$ 이다.’라는 명제가 거짓이라고 답하였으나 그렇게 생각하는 이유나 예는 들지 못했고 또한 2-④ 문항에서 ‘ -2 의 양의 제곱근은 $\sqrt{2}i$, 음의 제곱근은 $-\sqrt{2}i$ 이다.’라는 명제가 참이라고 답하였다. 허수의 대소 관계에 대한 정확한 이해 없이 추측으로만 답을 한 것이라 생각할 수 있다.

2. 다음 명제를 읽고 참, 거짓을 말하고 그렇게 생각하는 이유를 쓰거나 예를 들어 설명하시오.

① 서로 다른 두 허수의 합은 항상 허수이다. (참)

$$\text{ex) } 2i + 3i = 5i$$

② 서로 다른 두 허수의 곱은 항상 허수이다. (거짓)

$$\text{ex) } 2i \cdot 3i = -6$$

③ $1+i < 1+3i$ 이다. (거짓)

④ -2 의 양의 제곱근은 $\sqrt{2}i$, 음의 제곱근은 $-\sqrt{2}i$ 이다. (참)

$$(\sqrt{2}i)^2 = -2$$

$$(-\sqrt{2}i)^2 = -2$$

[그림 3] A학생의 검사지(복소수의 성질)

복소수에 포함되는 수에 대한 정의를 정확하게 이해하고 있는지를 알아보기 위한 3번 문항에 대한 A학생의 답안을 살펴보면 3-① 문항에서 $z = ab + (a-b)i$ 가 실수가 되기 위해 허수부분이 0이 되어야 함은 알고 있으나 그것과는 상관없이 $ab \neq 0$ 이라는 조건을 쓴 것으로 보아 0도 실수임을 미처 생각하지 못한 것으로 보인다. 3-③문항에서는 z 가 허수가 되기 위해 허수부분이 0이 되어서는 안 된다는 것은 알고 있으나 그것과는 상관없이 $ab \neq 0$ 즉 실수부분도 0이 되어서는 안 된다는 조건을 쓴 것으로 보아 순허수도 허수의 범위에 속한다는 사실을 정확하게 이해하지 못하고 있다고 할 수 있다.

3. 복소수 z 에 대하여 $z = ab + (a-b)i$ (단, a, b 는 실수)라 하자. 다음 각각의 문제에 알맞은 조건을 쓰시오.

① z 는 실수이다.
 $z = ab + (a-b)i$ $\therefore a-b=0 \therefore a=b, ab \neq 0$

② z 는 순허수이다.
 $z = ab + (a-b)i$ $\therefore ab=0, a-b \neq 0$

③ z 는 허수이다.
 $z = ab + (a-b)i$ $\therefore ab \neq 0, a-b \neq 0$

[그림 4] A학생의 검사지(복소수에 포함되는 수)

복소수를 포함한 수 체계에 대한 포괄적인 이해도를 알아보기 위한 7번 문항의 답안을 살펴보면 A학생은 유리수, 무리수, 실수, 허수, 복소수 등이 어떠한 체계와 집합적인 관계를 가지고 있는지 전혀 이해하지 못하고 있음을 알 수 있다.

7. 다음의 각각의 수에 대해 해당하는 수 영역에 모두 ○로 표시하시오.

	유리수	무리수	실수	허수	순허수	순허수가 아닌 허수	복소수
0	○		○				
$-\sqrt{7}$				○	○		
i				○	○		○
$1+\sqrt{2}i$						○	○
$\sqrt{-2}i$		○	○				
$1+\sqrt{2}+\sqrt{3}i$				○		○	○

[그림 5] A학생의 검사지(복소수의 포함관계)

이와 같이 A학생의 경우 학교에서의 성적이나 수업에 임하는 태도, 수학이라는 과목에 대한 흥미가 우수한 학생으로 1학기 정규수업시간에 실시한 복소수 단원의 수업에도 적극적으로 참여하였다. 그러나 1차 검사 결과를 보면 복소수의 연산능력은 탁월한데 비해 정작 본인이 계산하고 있는 복소수가 무엇인지, 복소수가 가지고 있는 성질이나 복소수를 포함한 수 체계에 대한 이해도는 매우 부족하다는 것을 알 수 있다. 1~3등급 학생들의 1차 검사 결과를 보면 비단 A학생뿐만 아니라 다른 학생들의 상황도 비슷할 것이라고 예상할 수 있다.

3) 2차 검사 결과 분석

여름방학 방과후 수업시간을 통해 수학사를 도입하고 스토리텔링 기법을 적용한 복소수단원의 수업을 실시한 학생 98명을 대상으로 복소수의 개념, 연산, 포함관계의 세 가지 영역에 대한 문제를 제시하고 각 영역의 점수를 100점 만점으로 환산하여 구한 평균과 표준편차는 다음과 같다.

<표 5> 2차 검사 결과분석

구 분	복소수의 개념	복소수의 연산	복소수의 포함관계
평균 (표준편차)	51.5 (22.1)	29.6 (32.4)	38.3 (37.9)

결과를 살펴보면 학생들은 복소수의 개념영역에서 점수의 평균이 51.5점으로 가장 높은 것으로 나타났다 다음으로는 복소수의 포함관계영역에서 점수의 평균이 38.3점 그리고 복소수의 연산영역에서 점수의 평균은 가장 낮은 29.6점으로 나타났다. 이를 바탕으로 결과를 해석해 보면 2차 검사에 참여한 학생들은 복소수의 정의와 성질을 비교적 정확하게 알고 있으며 복소수를 포함한 수 체계에 대한 포괄적인 이해도 어느 정도는 하고 있는 것으로 보인다. 이러한 이해를 바탕으로 복소수의 연산 관련 문제를 해결하고 있는 것이라 할 수 있겠다.

2차 검사 대상 학생들을 수학과목에 대한 2014학년도 1학기 중간고사 성취도를 기준으로 3개의 그룹으로 나누었을 때 각 영역 문제에 대한 점수의 평균과 표준편차는 다음과 같다.

<표 6> 수학과목의 성취도에 따른 2차 검사 결과분석

구 분	복소수의 개념	복소수의 연산	복소수의 포함관계
1~3등급(24명)	65.6 (17.4)	58.3 (29.4)	56.9 (35)
4~6등급(53명)	52.1 (20.9)	27.2 (29.4)	35.5 (36.8)
7~9등급(21명)	33.9 (17.3)	2.9 (7)	23.8 (35.5)

결과를 보면 스토리텔링을 적용한 복소수 단원의 수업을 실시한 학생들은 수학과목의 성취도에 관계없이 복소수의 개념 영역에 대한 평균이 가장 높게 나타났다는 것을 알 수 있다.

1~3등급의 학생들의 경우 복소수의 개념 영역에 대한 점수의 평균은 65.6점, 복소수의 연산 영역에 대한 점수의 평균은 58.3점, 복소수의 포함관계 영역에 대한 점수의 평균은 56.9점 순으로 나타났고 모든 영역에서 점수의 평균이 50점을 넘었다. 학생들이 복소수의 정의, 성질과 수 체계에 대해 비교적 정확하게 알고 있으며 이를 바탕으로 복소수의 연산문제를 정확하게 해결한 것으로 볼 수 있다.

성취도가 4~6등급인 학생들은 복소수의 개념 영역에 대한 점수의 평균이 52.1점, 복소수의 포함관계 영역에 대한 점수의 평균이 35.5점, 복소수의 연산 영역에 대한 점수의 평균이 27.2점으로 나타났다. 복소수의 정의나 성질은 어느 정도 이해하고 있으나 복소수의 연산문제 해결 능력은 복소수의 개념이나 수 체계에 대한 이해도에 비해 조금 떨어지는 것으로 파악된다.

성취도가 7~9등급인 학생들은 복소수의 개념 영역에 대한 점수의 평균이 33.9점, 복소수의 연산 영역에 대한 점수의 평균이 2.9점, 복소수의 포함관계 영역에 대한 점수의 평균이 23.8점으로 복소수의 연산문제에 대한 해결 능력이 매우 부족한 것으로 파악된다. 학생들이 설문에 임하는 태도가 진지하지 않았고 복소수단원에 대한 평가가 끝나고 4개월이 지난 후라 학생들이 연산문제를 해결하는데 어려움을 느꼈을 것이라 생각된다. 또한 복소수의 개념이나 수 체계에 대한 이해도도 그리 높지 않은 수준인 것으로 보인다.

위의 결과를 종합해 볼 때 1~3등급 학생들을 제외하면 복소수의 개념 영역, 복소수의 포함관계영역, 복소수의 연산영역 순으로 평균이 높다는 것을 알 수 있다. 특히 1~3등급 학생들의 경우 스토리텔링을 적용한 수업 이후 복소수의 개념과 복소수를 포함한 수 체계, 복소수의 연산 영역 중 어느 한 영역에 치중하지 않고 골고루 정확하게 이해하고 있다고 할 수 있겠다. 그러한 학생들의 구체적인 예를 아래에서 살펴보자.

2차 검사에 참여한 학생들 중 B학생은 4월 중 실시된 1학기 중간고사 수학과목에서 95.6점을 받았고 과목석차는 276명 중 10위로 상위 3.6%에 속하며 1등급의 성적을 받은 학생이다. 수업태도 면에서도 항상 진지한 태도로 수업에 임하며 수학문제를 논리적으로 해결하는 능력이 뛰어난 학생이다. 스토리텔링 수업 이후에 실시된 B학생의 2차 검사 결과는 복소수의 개념 영역 100점, 복소수의 연산 영역 80점, 복소수의 포함관계 영역 100점으로 복소수의 개념과 성질 그리고 복소수를 포함한 수 체계에 대해 정확하게 알고 있으며 이를 바탕으로 복소수의 연산 영역에서도 우수한 성적을 얻은 것으로 파악할 수 있다.

실제 B학생의 검사지를 살펴보면 복소수의 정의를 답하라는 문제에 ‘ $a+bi$ 꼴로 표현될 수 있는 모든 수’라고 답했고 이는 교과서에 제시된 복소수의 정의와 같은 것으로 복소수에 대한 개념 이미지가 정확하게 형성되어 있는 것으로 파악할 수 있다.

1. 복소수의 정의에 대하여 쓰시오. (복소수란 무엇인가에 대해 자유롭게 작성해도 됩니다.)

$a+bi$ 꼴로 표현될 수 있는 모든 수. (i 는 $\sqrt{-1}$)

[그림 6] B학생의 검사지(복소수의 정의)

복소수의 성질을 정확하게 알고 있는지를 조사하기 위해 제시된 2번 문항에 대한 답안을 살펴보면 네 문항 모두에 정확한 예를 들거나 이유를 제시하며 거짓임을 밝혔다. 이를 통해 B학생의 경우 복소수의 성질 역시 정확하게 이해하고 있음을 알 수 있다.

2. 다음 명제를 읽고 참, 거짓을 말하고 그렇게 생각하는 이유를 쓰거나 예를 들어 설명하시오.

① 서로 다른 두 허수의 합은 항상 허수이다. (X)

$\hookrightarrow (1+j) + (1-j) = 2.$

② 서로 다른 두 허수의 곱은 항상 허수이다. (X)

$(1+j)(1-j) = 1^2 - j^2 = 1 + 1 = 2$

③ $1+i < 1+3i$ 이다. (X)

$(1+3j) - (1+j) = 2j$ 허수의 크기 비교는 불가능함.

④ -2의 양의 제곱근은 $\sqrt{2}i$, 음의 제곱근은 $-\sqrt{2}i$ 이다. (X)

$\sqrt{2}i$ 가 0보다 클지 작을지 다짐까지.
알 수 없음

[그림 7] B학생의 검사지(복소수의 성질)

복소수에 포함되는 수에 대한 정의를 정확하게 이해하고 있는지를 알아보기 위한 3번 문항에 대한 B학생의 답안을 살펴보면 3-③항에서 $z = ab + (a-b)i$ 가 허수가 되기 위해서 $a-b \neq 0$ 이라는 조건을 쓴 것으로 보아 복소수와 순허수 그리고 순허수가 아닌 허수에 대한 정확한 이해를 바탕으로 답안을 작성했다는 것을 파악할 수 있다.

③ z 는 허수이다.

$a \neq b$

[그림 8] B학생의 검사지(복소수에 포함되는 수)

복소수의 연산 영역의 5번 문항에서는 분모의 실수화 과정에서 계산실수를 제외하면 비교적 정확하고 간결한 풀이과정을 통해 정답을 얻었다. 약간의 실수는 있었지만 복소수의 연산에 대한 정확한 개념을 가지고 있는 것으로 파악할 수 있다.

$$\frac{j(j+1)}{j^2-1} = -\frac{j-1}{2} = \frac{1-j}{2}$$

4. $\alpha = -1+i$, $\beta = \frac{j}{j-1}$ 일 때 다음을 계산하여라.

① β 를 $a+bi$ 의 꼴로 고치시오.

$$\left(\frac{1-j}{2} \right)$$

② $\alpha - \beta =$

$$\frac{2(-1+j) - (1-j)}{2} = \frac{-2+2j-1+j}{2} = \frac{-3+3j}{2}$$

③ $\alpha\beta =$

$$(-1+j) \times \frac{(1-j)}{2} = \frac{-2j}{2} = -j$$

5. $\frac{2\sqrt{3}}{\sqrt{-6}} - \sqrt{(-5)^2} + \sqrt{-2}\sqrt{-4} + \frac{\sqrt{-8}}{\sqrt{-2}}$ 를 간단히 하시오.

$$\frac{2\sqrt{3}}{\sqrt{6}j} - 5 - \sqrt{2} \cdot \sqrt{4} + \frac{2\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = \frac{2\sqrt{3}}{\sqrt{6}j} - 5 - 2\sqrt{2} + 2$$

$$= \frac{(2\sqrt{3})(\sqrt{6}j)}{6} = \frac{2\sqrt{18}j}{6} = \frac{6j}{3} = 2j$$

6. $i+i^2+i^3+\dots+i^{123}$ 을 간단히 하시오.

$$-1$$

[그림 9] B학생의 검사지(복소수의 연산)

복소수를 포함한 수 체계에 대한 포괄적인 이해도를 알아보기 위한 7번 문항의 답안을 살펴보면 B 학생은 유리수, 무리수, 실수, 허수, 복소수 집합의 포함관계에 대해 정확한 개념을 가지고 있는 것으로 파악할 수 있다.

7. 다음의 각각의 수에 대해 해당하는 수 영역에 모두 ○로 표시하시오.

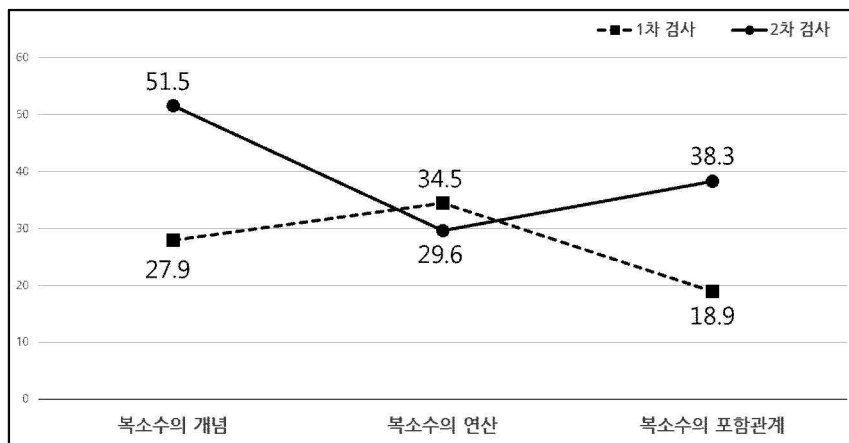
	유리수	무리수	실수	허수	순허수	순허수가 아닌 허수	복소수
0	○		○				○
$-\sqrt{7}$		○	○				○
i				○	○		○
$1+\sqrt{2}i$				○		○	○
$\sqrt{-2}i - \sqrt{2}$		○	○				○
$1+\sqrt{2}+\sqrt{3}i$				○		○	○

[그림 10] B학생의 검사지(복소수의 포함관계)

이와 같이 B학생은 학교에서의 성적이나 수업에 임하는 태도, 논리적인 문제해결능력이 우수한 학생으로 1학기 정규수업시간에 실시한 복소수 단원의 수업에 참여하였고 여름방학 중 본 연구자에 의해 실시된 스토리텔링 수업에도 참여하였다. 2차 검사 결과를 보면 복소수의 개념, 연산, 포함관계 등 전 영역에 대해 정확하게 이해하고 있다는 것을 알 수 있다. 1~3등급 학생들의 2차 검사 결과를 보면 대부분의 학생들이 세 가지 영역에 대한 개념이 큰 차이 없이 비교적 정확하게 형성되어 있다고 파악할 수 있겠다.

4) 1, 2차 검사 결과의 비교

1, 2차 검사의 결과의 비교 분석을 위해 t -검정을 실시하였다. t -검정을 통하여 복소수 단원에서 수학을 도입한 스토리텔링수업 이후 학생들에게 유의미한 변화가 있었는지 확인하고자 하였다. 통계 프로그램은 Excel을 사용하였다. 1, 2차 검사의 각 영역에서 학생들이 얻은 점수의 평균, 표준편차와 t -검정 결과는 [그림 11] 과 <표 7>에 제시하였다.



[그림 11] 1, 2차 검사 결과의 비교

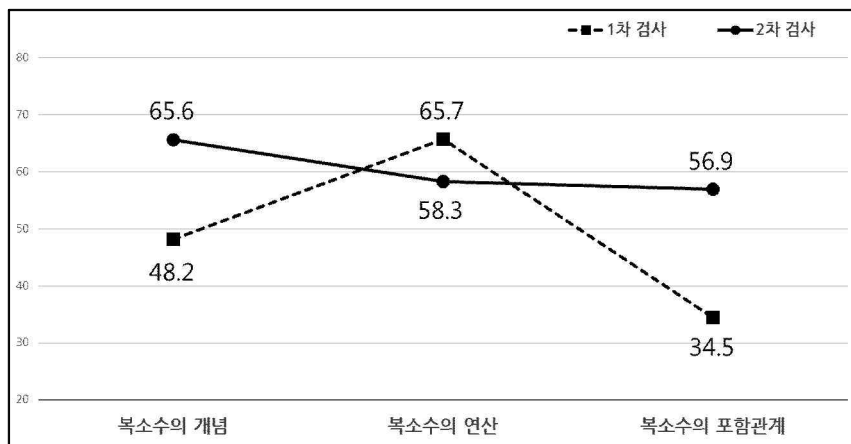
<표 7> 1, 2차 검사 결과의 비교

구 분	복소수의 개념	복소수의 연산	복소수의 포함관계
1차 검사	27.9 (24.4)	34.5 (33.6)	18.9 (26.4)
2차 검사	51.5 (22.1)	29.6 (32.4)	38.3 (37.9)
t 통계량	-7.173	1.062	-4.247
양측 p-값	0.000	0.289	0.000

t 통계량과 양측검정 p -값은 소수점 아래 넷째자리에서 반올림하였다. 유의수준 $\alpha = 0.05$ 에 대하여 복소수의 연산 영역에서 학생들이 얻은 점수를 대입한 결과 양측 검정 p -값 $\approx 0.289 > \alpha$ 로 1, 2차 검사에 참여한 학생들의 복소수 연산 영역에 대한 점수는 통계적으로 유의미한 차이가 없다는 것을 알 수 있다. 이것으로 볼 때 2차 검사의 대상자들이 단순히 같은 내용의 수업에 정규 수업시간과 여

를방학 중 방과후 수업시간 이렇게 두 번 참가하였기 때문에 검사에서 더 좋은 결과를 얻었을 것이라는 가정은 하지 않아도 될 것이다. 마찬가지로 방법으로 복소수의 개념 영역, 복소수의 포함관계 영역에서 학생들이 얻은 점수를 대입한 결과 두 영역 모두 양측 검정 $p\text{-값} \approx 0.000 < \alpha$ 로 통계적으로 유의미한 차이가 있다는 사실을 알 수 있었다. 스토리텔링 기법을 적용한 복소수단원의 수업이 학생들이 복소수의 개념을 형성하고 수 체계 전반을 이해하는데 도움이 된다는 사실을 확인할 수 있다.

1차 검사 결과에서 복소수의 연산능력은 떨어났지만 나머지 복소수의 개념이나 수 체계에 대한 이해도는 부족했던 1~3등급 학생들의 1, 2차 검사 결과를 t -검정으로 분석했다. 1, 2차 검사의 각 영역에서 1~3등급 학생들이 얻은 점수의 평균, 표준편차와 t -검정 결과는 [그림 12] 와 <표 8>에 제시하였다.



[그림 12] 1~3등급 학생들의 1, 2차 검사 결과의 비교

<표 8> 1~3등급 학생들의 1, 2차 검사 결과의 비교

구 분	복소수의 개념	복소수의 연산	복소수의 포함관계
1차 검사	48.2 (23.3)	65.7 (31.6)	34.5 (31.1)
2차 검사	65.6 (17.4)	58.3 (29.4)	56.9 (35.0)
t 통계량	-2.951	0.851	-2.396
양측 p-값	0.005	0.399	0.020

t 통계량과 양측검정 p -값은 소수점 아래 넷째자리에서 반올림하였다. 유의수준 $\alpha = 0.05$ 에 대하여 복소수의 연산 영역에서 학생들이 얻은 점수를 대입한 결과 양측 검정 $p\text{-값} \approx 0.399 > \alpha$ 로 1, 2차 검사에 참여한 학생들의 복소수 연산 영역에 대한 점수는 통계적으로 유의미한 차이가 없다는 것을 알 수 있다. 복소수의 개념 영역에서 학생들이 얻은 점수를 대입한 결과 양측 검정 $p\text{-값} \approx 0.005 < \alpha$ 로 1, 2차 검사에 참여한 학생들의 복소수의 개념 영역에 대한 점수는 통계적으로 유의미한 차이가 있다는 것을 알 수 있다. 같은 방법으로 복소수의 포함관계 영역에서 학생들이 얻은 점수를 대입한 결과 양측 검정 $p\text{-값} \approx 0.020 < \alpha$ 로 1, 2차 검사에 참여한 학생들의 복소수의 포함

관계 영역에 대한 점수는 통계적으로 유의미한 차이가 있다는 것을 알 수 있다. 이러한 결과를 해석해 보면 1차 검사 결과 수학과목의 성취도가 1~3등급인 학생들은 다른 학생들 보다 복소수의 연산 영역에 대한 관심과 이해도가 월등히 높은데 반해 복소수의 정의와 성질, 복소수를 포함한 수 체계의 포괄적인 이해도는 비교적 낮은 수준인 것으로 파악되었으나 2차 검사 결과 수학을 도입한 스토리텔링 수업 이후 적어도 복소수의 개념과 수 체계에 대해서는 비교적 정확하게 이해하고 있고 이를 바탕으로 복소수의 연산 영역의 문제를 해결한 것으로 보인다. 다시 말해 적어도 복소수가 무엇인지는 정확하게 이해하고 계산문제를 해결했다고 할 수 있다.

연구대상 선정에서 언급한 것처럼 복소수단원을 1학기 정규수업시간에 이미 배운 학생들을 대상으로 여름방학기간 중 스토리텔링을 적용한 복소수단원 수업과 2차 검사를 진행하였기 때문에 1차 검사의 결과와 2차 검사의 결과를 단순히 비교하는 것은 무리가 있다. 그러나 이전 수업내용의 단순 반복이 아니었고 복소수의 연산 영역에 대한 1, 2차 검사의 결과가 통계적으로 유의미한 차이가 없다는 점, 학생들에게는 이미 배운 단원이긴 하지만 1학기 수업 후 약 4개월 정도의 시간이 지난 후 수업과 검사를 실시했다는 점에서 1, 2차 검사의 결과를 비교하여 수학을 도입한 스토리텔링 수업의 유의미성을 분석하는 것은 의미가 있다고 할 수 있다. 이렇게 수업에 대한 학습자의 반응이나 1, 2차 검사의 결과로부터 미루어 볼 때, 본 연구자가 설정한 수업의 방식대로 복소수단원의 지도를 하는 것은 학습자로 하여금 복소수의 개념을 정확하게 알고 수 체계를 포괄적으로 볼 수 있는 능력을 키우며 복소수의 단순 계산에만 치중하지 않는 등 복소수 단원의 학습에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 판단할 수 있다.

IV. 결 론

복소수는 고등학교 수와 연산 영역에서 중요하게 다루어지고 있는 주제 중의 하나이다. 그러나 실제로는 수학에서의 수의 발견이나 확장 과정, 사고방법 등을 강조하기 보다는 허수를 포함한 식의 계산 연습만을 강조하고 있어 학생들은 복소수에 대해 관심을 잃고 수학으로부터 멀어져 가게 된다 (Zenichiro Katano, 1992). 따라서 본 연구에서는 이러한 현실을 개선하여 수학을 도입한 스토리텔링 수업을 통해 실수로부터 복소수까지의 수의 확장을 자연스럽게 학생들에게 소개하고자 시도하였다.

본 연구에서는 -1의 제곱근으로서 i 를 제시하여 복소수를 설명하고 곧바로 복소수의 연산에만 치중하는 기존의 수업방식에서 탈피하여 인류가 자연수에서부터 유리수, 무리수, 음수 등으로 수를 확장하는 과정을 이야기 형태로 적절한 멀티미디어 자료와 함께 다루었고 이를 통해 학생들의 흥미를 유발하였다. 또한 16세기의 책에 등장하는 문제를 함께 해결하는 것을 목표로 제시하여 학생들이 수업에 활발히 참여할 수 있도록 유도하였다. 특히 용어를 도입하는 부분에서는 원래 그렇게 주어진 것이 아니고 여러 수학자들의 고민과 노력 그리고 합의를 통해 정한 것임을 강조해서 학생들이 수학은 이미 결과가 정해져 있는 학문이고 그것을 무조건 받아들여야 한다는 막연한 두려움을 갖지 않도록 하였다. 또한 본 연구의 수업에서 비교적 적은 부분만을 차지했던 복소수의 연산도 중요한 주제인 만큼 소홀히 다루지 않고 다음차시의 수업을 통해 강조하였다. 이러한 과정으로 수학을 도입하

고 스토리텔링 기법을 활용한 복소수단원에 대한 수업을 하기 전과 후 학생들을 대상으로 복소수의 개념, 연산, 포함관계에 대한 이해도를 적절한 검사 도구를 사용해 측정해본 결과 확실히 복소수의 정의, 성질에 대한 이해도와 포함관계 즉 포괄적인 관점에서 수 체계를 바라보는 능력이 향상되었음을 확인할 수 있었다. 그리고 연구대상 학생들을 수학과목에 대한 성취도를 기준으로 상, 중, 하 세 개의 그룹으로 나누어 살펴보았을 때 상 수준의 학생들은 수업이전 1차 검사결과 복소수의 개념이나 수 체계에 대한 정확한 이해 없이 연산 문제에서만 뛰어난 능력을 보였으나 수업 후 2차 검사결과를 보면 복소수의 개념과 포함관계영역의 문제에 대한 정답률이 많이 상승한 것으로 보아 상 수준 학생들이 복소수의 개념을 정립하고 수 체계를 포괄적인 관점에서 살펴볼 수 있도록 하는데 이 수업이 많은 도움이 되었음을 알 수 있다. 또한 연구자가 직접 수업을 하면서 느낀 것은 이전의 수업들에 비해 학생들의 수업참여도와 흥미도가 확실히 차이를 보였다는 것이다. 이러한 점을 바탕으로 다음과 같은 연구결과를 얻을 수 있었다.

첫째, 복소수의 역사적 발달과정을 기초로 스토리텔링 기법을 통해 학습자가 복소수의 필요성을 알고 복소수의 발달에 관한 역사적인 과정들을 함께 탐구하는 수업은 복소수 개념의 이해와 포괄적인 관점에서 수 체계를 바라볼 수 있는 능력의 발달에 도움을 줄 수 있다.

둘째, 스토리텔링 기법을 활용한 수업은 수학과목에 대한 성취도가 다른 학생들의 그룹 중 상 수준의 학생들에게 적용되었을 때 비교적 많은 효과를 얻을 수 있다.

본 연구는 J여고 1학년 8개 반을 연구자가 임의로 선정하여 진행하였고, 또한 두 번째 연구 대상 학생들은 교육과정 운영상 복소수단원에 대한 수업이 이루어진 이후 여름방학 방과 후 수업시간을 이용하여 수학을 도입한 스토리텔링 수업 및 검사를 실시하였기 때문에 복소수 단원을 처음 배우는 학생들을 대상으로 수업을 진행하였을 때 동일한 연구 결과가 나올 것이라 기대하는 데에는 한계가 있다. 그러나 고등학교 복소수 단원의 보다 효과적인 교수·학습을 위해서 시사하는 바가 분명히 있을 것이라 생각한다.

요 약

복소수는 현 고등학교 수학 교육과정에서 중요한 주제 중 하나이다. 고등학생들은 주로 교사로부터 완성된 형태로 복소수의 개념을 학습하고, 복소수를 사용한 계산에 주로 초점이 맞추어진 학습이 진행됨으로써 학생들이 이 주제에 대하여 어려워하거나 종종 오개념을 가지는 것으로 많은 연구자들에게 인식되어왔다. 본 연구에서는 몇몇 수학 교수·학습 이론을 기반으로 하여 수학과 스토리텔링을 활용한 복소수 지도 방안을 제시한다. 이 방법에서 학생들은 교사의 주의 깊은 지도를 통하여 수학이 인간의 필요에 의해서 발전되어 왔음을 인식할 수 있고, 아울러 많은 수학자들에 의해서 복소수체계가 만들어져 온 과정을 경험할 수 있다. 제시된 방법은 복소수에 대한 하나의 효과적인 교수·학습 방법이 될 수 있음을 확인하였다.

주제어: 복소수, 스토리텔링, 수학사

참고문헌

- 권오남 외(2012). 고등학교 수학 교사의 스토리텔링 수학 교과서에 대한 이해. 한국수학교육학회지 시리즈 A 수학교육, 51(3), 223-246.
- 권오남 외(2013). 고등학교 수학 스토리텔링 모델 교고서 개발과 적용. 한국수학교육학회 2013 춘계 학술대회 프로시딩, 545-550.
- 권오남 외(2013). ‘수학사탐구형’고등학교 스토리텔링 모델 교과서 개발 사례. 한국수학교육학회지 시리즈 E 수학교육논문집, 27(3), 221-248.
- 교육과학기술부(2012). 수학교육 선진화 방안. 2012. 1. 10 홍보담당관실 보도자료.
- 교육과학기술부(2012). 수학과 교육과정. 교육과학기술부 고시 제 2011-361호 [별책8].
- 김흥기, 유진호, 정웅조(2001). 중학교 수학에서 유리수와 무리수의 취급에 관한 연구. 단국대학교 교과교육연구소 교과교육연구, 5, 121-140.
- 민덕기(2002). 디지털 스토리텔링을 통한 초등영어수업방안-서사 경험의 극대화를 중심으로, 초등영어 교육, 8(2), 175-208.
- 박경은, 조호윤(2013). 스토리텔링으로 수학 가르치기. 서울 : 경문사.
- 백석윤(1990). 수학사와 수학 교육과정. 과학교육연구, 16, 21-35.
- 송정란(2006). 스토리텔링의 이해와 실제. 서울 : 문학아카데미.
- 이기돈, 최영기(2013). 수학사와 지적 흥미를 고려한 복소수의 두 가지 제시 방법. 한국수학사학회지, 26(4), 259-275.
- 허민(1997). 수학사와 수학 교육. 한국수학교육학회 수학교육프로시딩, 6, 5-18.
- 황선옥 외(2014). 고등학교 수학 I. 서울 : ㈜좋은책신사고.
- 기무라 슌이치, 와다 스미오(2009). ‘실재하지 않지만 반드시 필요한 수’ 허수란 무엇인가?. 강금희 (역). 서울 : ㈜뉴턴코리아.
- Cooper, P. J., & Simonds, C. J. (2007). Communication for the Classroom Teacher. Allyn & Bacon Inc.
- 이창덕, 전인숙, 이정우, 김주영, 김지연 역(2010). 교실 의사소통. 파주 : 교육과학사.
- Haven, K. (2000). Super simple storytelling: A can-do guide for every classroom, every day. Englewood, CO: Teacher Ideas Press.
- Zenichiro Katano. (1992). SUGAKUSHI WO KATSUYO SHITA KYOZAI KENKYU. Meijitosho Shuppan Corporation. 김부윤, 정영우 역(2011). 수학을 활용한 교재연구, 서울 : 경문사.