韓國數學教育學會誌 시리즈 A <數學教育>
http://dx.doi.org/10.7468/mathedu.2013.52.4.497
2013. 11. 제 52권, 제 4호, 497-516.

J. Korean Soc. Math. Ed. Ser. A:
The Mathematical Education
November. 2013, Vol. 52, No. 4, 497-516.

스토리텔링 수학수업의 예상되는 문제점과 해결방법의 모색

김연미(홍익대학교)

Ⅰ. 서론

1. 연구의 필요성 및 목적

스토리텔링 수학학습이 도입되는 배경에는 우리나라 학생들의 학업성취도는 국제적으로 최상위 수준을 차지하지만 흥미나 자신감과 같은 정의적 측면에서의 성취는 하위를 차지한다는 인식이 자리하고 있다. 2012년 교육과학기술부는 수학교육을 미래 사회에 대비하여 사고력과 창의력을 키우는 수학교육으로 개선하고, 수학에 대한 학생들의 흥미와 긍정적 인식을 높이기 위해 수학교육 선진화 방안을 발표하였다. 이러한 맥락에서 교육과학기술부는 공식의 암기와 문제풀이 위주의 수학수업이 초래하는 부정적인 측면을 개선하고 바람직한 수학교육을 학교현장에 정착시키기 위한 대안으로 스토리텔링 수학 교과서의 도입을 제안하였다(서보억, 2013). 현재 스토리텔링 수학 교과서가 다양한 방법들-수학사의 활용, 학문 간의 융합, 실생활과의 연계를 통해서 수학교과에 대한 관심과 학습동기를 유발하자는 데 일차적인 목표를 두고 2014년 전면 시행을 앞두고 있다. 수학 교과서에 스토리텔링을 활용하면 스토리에 등장하는 인물, 사건 등의 상황과 맥락적 요소가 교과내용의 실생활 적용력 및 밀접성을 보여주어 학습에 대한 흥미뿐만 아니라 자기 주도적 학습이 가능할 것으로 기대하는 것이다(권오남 외, 2013). 실제로 이야기는 인간이 문자를 발명하기 이전부터 혹은 그 후에도 정보를 전달하는 가장 기본적인 방식이었고 스토리는 복잡한 정보를 다양한 사람들에게 효과적으로 전달하며, 여러 가지 정보저장 방식 중에서도 가장 효과적인 것으로 알려졌다(Hamilton & Weiss, 2005; Pink, 2005). 그런데 역사 과목이나 국어 과목이라면 스토리텔링 교수법을 도입하는 것이 무리가 없겠지만 기호를 사용하여 추상적인 개념을 전달하는 수학과목에서 스토리텔링을 어떻게 도입해서 전개할 수 있을지에 대하여 관심과 우려가 교차하는 것이 사실이다. 실제로 스토리텔링 수학 교수법에 대한 개념 정립부터 실행 가능한 교과서의 개발, 수학 교사들과의 공감대 형성 등이 당면 문제로 부각되고 있다. 권오남 외(2013)가 개발한 모델 교과서에서도 스토리텔링 교수법이 무엇이어야 하는지에 대한 개발자들 간의 완벽한 합의가 이루어지지 않은 것으로 보인다. 또한 수학사적 통합과 타 학문과의 융합, 실세계와의 연계 등이 이루어진 완벽한 교과서가 구현된다하여도 그것을 전달하는 교사들은 이런 다양한 주제들에 익숙하지 않을 가능성이 높다. 한편 스토리텔링 수학 교수법을 도입하면 읽어야 하는 양도 많아지고 발표하고, 쓰는 활동도 늘어나기 때문에 학생들의 부담을 줄이기 위해 학습량을 20% 정도 줄이겠다고 발표하였는데(교육과학기술부, 2009) 학습량을 줄이는 것이 수학을 어려워하는 학생들을 위한 최선의 해결책인지 고려해야 한다. 흥미와 관심을 끌기 위해서 실력을 포기하는 일은 없어야 할 것이다. 이러한 연구적 필요성에 의해서 본 연구에서는 먼저 스토리텔링 교수법의 장점이라고 알려진 사실들이 수학 수업에 도 적용되는지를 확인해 보고자 한다. 현재 스토리텔링 교수법과 관련된 문헌들에서는 스토리텔링은 흥미와 상상력을 키우는 것을 넘어서 개념이해를 돕고, 기억을 쉽게 한다는 일반적인 주장을 수학학습에도 그대로 적용하고 있지만 이 주장들이 현재 검증된 것은 아니다. 스토리텔링 교수법을 수학 학습에 적용하기 전에 수학학습과 스토리텔링의 관계를 확인하고, 발생할 수 있는 문제점을 파악하여 이에 대비하는 작업도 필요하다. 현재까지 국내의 스토리텔링

* 접수일(2013년 09월 02일), 수정일(2013년 10월 05일), 게재확정일(2013년 11월 12일)
* ZDM분류 : D13
* MSC2000분류 : 97D42
* 주제어 : 스토리텔링, 유추적 부호화, 점진적 형식화, 유혹적인 요소들의 부작용, 지식의 비활성화
* 본 연구는 2013년도 홍익대학교 학술연구비에 의해 수행되었음.

학습 관련 문헌들은 이런 문제점을 지적하기보다는 장점을 부각시킨 측면이 있다. 그러나 스토리텔링 수학 수업에 대하여 우려되는 점들은 스토리의 복잡한 요소들이 오히려 개념이해를 방해하지는 않는지, 구체적인 스토리의 맥락 속에서 개념을 배운 후에 그 개념을 다른 구체적인 상황이나 추상적인 상황에 적용할 수 있는가의 문제이다. 인지 심리학의 이론들은 구체적인 맥락 속에서 문제를 풀 때 그 문제의 구조를 새로운 상황과 매치시키는 것이 매우 어렵다는 것을 보여주기 때문이다. 본 연구는 이러한 문제해결을 위해서 학습 심리학 분야의 연구 문헌들과 수학 학습과 관련된 스토리텔링 논문들에 대한 분석을 함께 시도할 것이다.

2. 연구문제

수학학습 성취도는 학생들이 미래의 직업군에서 STEAM 분야로 진출할 수 있는가를 결정짓는 중요한 요인이다. 이것은 국가 경쟁력과도 직결된다. 낙오자를 줄이고 수학 학습에 대한 흥미와 동기를 유도하기 위하여 시도되는 스토리텔링 수학 교수법이 성공하기 위해서는 이론적인 검증이 필요하다는 연구목적을 위해 본 연구는 세 가지 주제를 연구문제로 정하였다.

첫째, 스토리텔링 교수법과 수학학습과의 관계를 확인한다. 스토리텔링 교수법의 장점으로 알려진 흥미와 동기부여, 기억 및 개념 이해가 어떤 조건에서 촉진될 수 있는가를 인지심리학의 이론 등을 통하여 확인하고자 한다.

둘째, 스토리텔링 수학 학습이 가져올 수 있는 예상되는 문제점을 문헌 등을 통하여 검토할 것이다.

셋째, 위의 두 가지 사항들과 상호관련된 것으로 위에서 언급한 문제점을 어떻게 해결할 지를 모색할 것이다.

Ⅱ. 이론적 배경

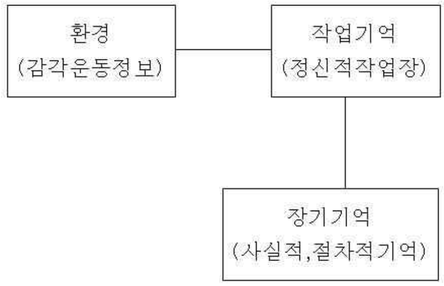
1. 스토리텔링 수학 교수법과 인지 심리학

스토리텔링 교수법을 수학 수업에 도입할 것을 처음으로 주장한 Boidy(1994)를 비롯하여 Egan(2005), Zazkis & Liljedahl(2008) 등은 스토리텔링 수업이 수학에 대한 관심과 흥미, 수학 불안감의 해소를 넘어서서 수학적 지식과 정보를 효과적으로 전달하고, 체계적으로 기억하게 하며, 수학적 개념이나 원리에 보다 쉽게 접근하게 하고 나아가서 문제해결에도 도움을 준다고 주장한다(서보억, 2013). 스토리텔링 수업이 아동들의 수학에 대한 관심과 흥미를 유발할 것이라는 기대는 공감을 기대할 수 있다. 그렇지만 스토리텔링이 가지는 일반적인 장점이 그대로 수학교육에도 적용되는지는 확인이 필요하다. 수학은 기호와 수학고유의 용어들을 사용해서 추상적인 개념들을 다루기 때문에 이야기의 구조로 표현하기 어렵다는 문제가 존재한다. 1960년대의 새 수학에서 수학의 추상성과 구조를 강조하여 수학학습을 했을 때 여러 부작용이 나타났고 그 반작용으로 나타난 Realistic Mathematics Education 운동 등에서 수학을 구체적인 상황 속에서 가르쳐야 한다는 주장이 힘을 얻게 되었다. 한편 인지 심리학 분야에서는 어떤 조건하에서 학습의 전이와 스키마의 형성이 용이해지는지에 대하여 지난 30여 년간 많은 연구결과를 축적 하였다. 그 중에는 수학과 물리와 같은 영역에서 전문가와 초보자가 문제를 분류해서 범주화하는 능력의 차이에 대한 연구결과도 있고, 구체적인 맥락과 추상적인 맥락에서 수학 개념을 배우는 것 중 어떤 조건이 새로운 정보를 기존의 지식구조에 의미 있게 통합하고 전이를 쉽게 해주는가에 대한 연구들도 포함된다(Kaminski, Sloutsky, & Heckler, 2008; Gentner & Smith, 2012; Richland, Stigler, & Holyoak, 2012). 물론 아쉽게도 이 연구들이 일관된 결과를 보여주는 것은 아니다. Chi, Feltovich & Glaser(1981)는 물리 전공 대학원생과 대학 물리를 수강한 신입생들에게 물리 문제를 주고 카테고리로 분류해보라고 주문하였다. 이 때 신입생들은 문제들이 구체적인 특징과 대상(용수철 문제인가 기울어진 경사면인가 등)을 공유하는가를 근거로 분류하였지만 대학원생들은 기반에 깔린 원리(에너지의 보존법칙, 운동법칙 등)를 공유하는가에 의해 분류하였다. 학습자들이 이와 같이 매우 구체적이고, 맥락에 의존적인 방식으로(context-specific) 표상을 형성한다면, 시간이 흐른 후에 이전에 배운 것과 표면적인 특징을 공유하는 예들에 한해서만 기억을 하는 것도 놀라운 결과는 아니다(Gentner, Loewenstein, & Thompson, 2003). 수학 개념을 구체적 맥락에서 소개할 것인가 혹은 추상적으로 접근하는 것이 전이를 쉽게 하는가에 대

하여 아직 합의점을 도출하지 못한 이유 중에는 각 연구들이 다룬 주제나 대상이 너무 다양하기 때문일 수도 있다. 예를 들어 Kaminski Sloutsky, & Heckler(2008)는 대학생들에게 그룹(group)의 구조를 가르칠 때 추상적으로만 소개했을 때가 구체적인 예들을 통해서 소개한 방식보다 전이의 측면에서 뛰어나다고 주장했다. 그러나 이 동일한 실험을 수학실력이 우수한 다른 대학의 학생들에게 실시했을 때, 그리고 시간이 흐른 후에 전이를 조사했을 때는 다른 결과를 보였다(McNeil & Fyfe, 2012). 현재 학습 자료를 어떤 방식으로 제시할 것인가에 대하여는 ① 추상적인 맥락으로만 제시(abstract only), ② 구체적 맥락으로만 제시(concrete only), ③ 구체적인 맥락에서 추상적인 맥락으로 이동(progressive formalism), ④ 추상적인 맥락에서 구체적 맥락으로 이동(abstract to concrete) 등을 고려할 수 있다. 각 이론들의 장단점이 대상 연령과 지적 수준, 그리고 영역에 따라서 다르게 나타날 수 있기 때문에 스토리텔링 수학수업에 최적인 방법을 찾아야 한다.

2. 사고가 발생하는 과정

인간의 사고가 어떤 경로를 거쳐 가능하게 되는지를 이해하는 것은 매우 중요하다. 그래야만 우리는 서론에서 소개한 공식 암기와 문제풀이 위주의 수학수업이 초래하는 부정적인 측면을 개선하고 창의성 및 고등 수학적 사고력을 개발하기 위해서 어떤 행동을 해야 하는 지를 판단할 수 있기 때문이다. 여기서는 사고 자체에 대한 고찰을 하지는 않겠다. 그것은 루소, 칸트, 프로이드, Vygotsky와 같은 인류사의 위대한 사상가들이 오랜 시간에 걸쳐 도전한 주제로 본 연구의 주제를 뛰어 넘는다. 다음 [그림 1]은 사고가 일어나는 과정에 대한 단순한 도식이다. 사고는 우리가 환경으로부터 입력된 정보와 장기기억에서 가져온 정보들을 새로운 방식으로 조합할 때 발생한다. 이 조합이 발생하는 곳이 작업기억(working memory)이다. 작업기억은 60 년대의 단기기억의 개념을 확장한 것으로 단기기억이 정보를 단시간 저장하는 것을 의미한다면, 작업기억은 정보를 저장하면서 동시에 처리하는 일도 수행한다. 그렇기 때문에 작업기억은 수학적 사고능력과 매우 밀접한 관계를 가지고 있다. 전두엽에서 수행되는 작업기억의 기능이 뛰어난 것이 영재들의 신경학적 특징이기도 하고, 작업기억의 부진은 수학학습장애를 포함하여 일반적인 학습장애의 한 원인으로 지목되기도 한다. 그 이유는 작업기억과 유동성 지능(fluid intelligence)이 공통적인 신경기반(전두엽과 두정엽 등)을 갖기 때문인 것으로 파악된다(김연미, 2013). 이제 14×7을 계산하기 위해서는 $4\times7=28$이라는 사실도 알아야 하고 알고리즘을 수행하는 방법도 알아야 한다. 이것들은 장기기억 중 의미적 기억과 절차적 기억으로 각각 분류된다.



[그림 1]사고가 발생하는 경로
[fig. 1] Pathway for thinking

문제해결 능력 중 하나인 유추적 추론(analogical reasoning)의 경우에는 목표가 제시되었을 때 장기기억에서 정보를 인출해 와서, 작업기억에서 문제를 표상하고, 목표와 정보 사이에 대응 관계를 만들면서 결론을 이끌어내고, 학습이 이루어진 후에는 추상적인 스키마를 생성하는 것이다(Holyoak, 2012). 추론 능력은 여러 관계들을 통합하는 능력과, 표면적인 유사성을 갖는 잠재적인 원천 정보들이 경쟁할 때 불필요한 정보를 억제하는 능력을 요구한다. 그런데 작업기억의 용량은 제한적이다. 작업기억은 여러 단계의 지시를 따라야 하는 학습이나 두 세 단계 이상의 논리적 추론, 연관성이 없는 사실들의 나열이 계속되면 쉽게 과부하 상태가 된다. OECD(2010)에 의하면 작업기억의 부하를 줄이는 한 가지 방법은 학습 재료를 가능한 간단하게 유지하는 것이다. 예를 들면 컴퓨터로 제시되는 슬라이드의 경우, 청중의 관심을 끌기 위해 필요한 그 이상의 만화나 크로스페이딩 효과, 애니메이션을 사용하는 것도 지양해야 한다. 똑같은 원리가 언어에도 적용되는데 복잡한 관계를 설명

하는 데 더 간단한 언어가 사용될수록 학생들은 더 빠르고, 그 개념을 더 잘 이해할 것이라는 것이다. 이 주장은 스토리텔링 교수법이 의도하는 것과는 모순되어 보인다. 그렇지만 발달 심리학의 연구들에 의하면 아동기에는 주의집중을 방해하는 작은 자극에도 추론 능력이 많은 영향을 받는 것으로 알려졌다(Richland, Morrison, & Holyoak, 2006). 이와 같이 스토리텔링 교수법과 인지심리학의 이론들이 상충하는 면이 있기 때문에 스토리텔링 수학 수업이 성공하기 위해서는 대비해야 할 점들이 존재한다.

3. 수학사를 수학교육과정에 적극 통합하지 못한 이유

5000년 이상 된 수학의 역사를 생각하면 수학사를 통합하여 가르치지 못한 것이 이상하게 느껴질 수도 있다. 수학사를 읽어보면 흥미롭고 감동적인 이야기들이 많이 있다. 그런데 스토리텔링 수학에서 고려하는 수학사 통합은 어느 정도가 되어야 할까? 음식으로 은유하면 전채인가, 주 요리인가, 후식일까? 아니면 그 모두가 어우러진 한 상차림인가? 사실 현재 사용 중인 교과서에도 수학사나 수학자들과 관련된 간단한 역사나 에피소드는 포함되어 있다. 그런데 스토리텔링 수학에서 이런 개인적 에피소드는 지양하고 학생들이 수학자의 발견의 과정에까지 동참하기를 원한다면 문제의 양상이 달라진다. 왜냐하면 학생들이 현재 배우는 단원과 관련된 주제를 과거 어떤 수학자들이 연구하였다 할지라도 그것은 지금과는 다른 용어를 사용하고 다른 배경지식을 요구하는 새로운 수학일 가능성이 아주 높기 때문이다. 권오남 외(2013)에서 개발한 모델교과서 중 '이차방정식과 복소수' 단원에서도 수학자 카르다노의 삼차방정식과 관련된 스토리가 진행된다. 특수한 형태의 삼차 방정식은 교육과정과 일치하지 않은데도 무리수를 둔 것은 그만큼 소재 개발이 어렵다는 증거이기도 하다. 다음 예는 모두가 알고 있는 아르키메데스와 관련된 이야기다.

> 그가 목욕탕에 갔을 때 아르키메데스는 탕 밖으로 넘쳐 나온 물의 양은 물속에 잠긴 자신의 몸의 부피와 같다는 것을 깨달았다. 이 사실은 왕의 왕관이 순금으로 만들었는지를 결정하는데 아이디어를 주었기 때문에 목욕탕에서 뛰쳐나와 자신이 찾던 것을 발견한 기쁨에 넘쳐 벗은 몸으로 집으로 달려오며 유레카를 외쳤다. 유레카 스토리는 부피와 부력이라는 개념을 수학적으로 탐구하는 문을 활짝 열어준다(Zazkis & Liljedahl, 2008).

그런데 이 스토리가 부피와 부력을 탐구하는 문을 정말 활짝 열어주는가? 훌륭한 소재임에도 그 동안 적극적으로 활용되지 못한 이유는 이 주제를 가지고 탐구하기 위해서는 부피와 질량과 밀도 사이의 관계, 부력의 개념, 또는 뉴턴의 운동 법칙까지 다루어야 하는데 이 스토리와 정확히 일치하는 교육과정이 없기 때문이다. 수학사가 그동안 수업에 적극적으로 통합되지 못한 이유 중에는 위와 같은 내용을 제대로 가르치려면 수업시간을 많이 할애해야하기 때문이기도 하고 적절한 자료가 부족하기도 한 것이 요인이기도 하지만 수학사에 등장하는 구체적인 내용이 학생들이 배우는 내용과 상당히 다르거나 더 어렵기 때문이다. Siu(2004)는 수학교사나 수학 교육자들이 수업시간에 수학사를 통합하지 않는 이유 16가지를 소개하였는데 이것들은 스토리텔링 수학에 수학사를 통합하려는 계획을 하는 경우라면 고려해야 할 사항들이다. 그 중에는 위에서 언급한 요인들 외에도 '시간이 부족하다', '수학의 발전은 어려운 문제를 일상적으로 혹은 단순하게 만들어온 과정인데 왜 구태여 다시 회귀 하는가'등이 포함되어 있다. 실제 수학사에 나타나는 내용들은 현재와 같은 일반적인 형태이기보다 특수하고 개별적인 사례에서 출발하는 경우가 많다. 물론 이것들을 다루면서 현대 수학에 오히려 감사함을 느낄 수 있다. 수학사에는 스토리가 풍부하지만 교육과정과 부합되는 내용을 현대의 용어로 재해석하는 작업이 도전해야 할 과제이다.

Ⅲ. 연구방법

본 연구는 스토리텔링 교수법의 일반적인 장점이 수학수업에 적용되는지를 검증하고, 예상되는 문제점을 파악하며, 나아가서 문제해결 방안을 제시하고자 한다. 이를 위하여 인지심리학과 수학교육 분야에서 스토리텔링과 관련된 국내외 문헌과 모델 교과서를 수집하여 분석한다. 또한 예상되는 문제해결 방법을 위하여 미국 노스

웨스턴 대학의 Gentner 교수와 e-mail을 통하여 의견 교환을 하였다.

Ⅳ. 결과 분석 및 논의

1. 스토리텔링과 수학 학습

1) 호기심

(1) 흥미와 호기심의 조건

인간은 흥미를 느끼면 새로운 것을 기꺼이 배우고 탐구한다. 무엇인가를 배우고자 하는 동기부여가 되면 우리는 기술이나 경험, 지식을 폭넓게 쌓을 수 있다. 흥미를 느낄 때 우리는 과제에 많은 정성을 들이고 공부하는데 더 많은 시간을 보내고, 더욱 잘 기억하고 결과적으로 더 높은 성취를 이룬다. 그렇다면 어떤 것을 흥미롭게 만드는 요인은 무엇일까? 물론 여기에는 개인차가 존재한다. 어떤 사람은 수학에 흥미를 느끼지만 다른 사람은 전혀 그렇지 않을 수 있기 때문이다. 또 동일한 사람도 한 동안은 어떤 분야나 주제에 지대한 관심을 보이다 시간이 흐르면서 관심이 바뀔 수가 있다. 없던 관심이 새로 생겨서 평생을 지속할 수도 있다. 그러므로 어떤 주제가 흥미롭다 아니다 하는 것은 결국 개인의 주관적인 평가와 판단에 달려있다(Lazarus, 1991). Silvia(2008)는 흥미와 호기심은 개인의 머릿속에서 두 가지 평가를 거친 후에 나타난다고 주장한다. 첫 번째 평가는 어떤 사건의 새로움과 복잡성에 대한 것이다. 우리는 어떤 사건을 대할 때 새롭다거나, 기대하지 못했던 것이라든지, 놀랍다, 복잡하다, 또는 신비스럽다, 애매하다, 진부하다 등으로 평가한다. 두 번째 판단 기준은 사건의 '이해 가능성'이다. 이것은 우리가 그 사건을 대하면서 여기에 대처할 수 있는 기술이나 지식을 가지고 있는가를 판단한다는 의미이다(coping potential). 우리가 새롭고 복잡한 문제에 부닥쳤을 때 우리는 그 문제를 파악하려고 시도한다. 그리고 그 사건이나 문제를 새로운 것으로, 이해할 수 있다고 판단을 내리면 그 때 비로소 흥미를 느끼게 된다. 현대 추상 미술에 별다른 관심이 없던 사람이 어떤 기회를 통해 한 작가의 생애와 시대적 배경에 대해 알게 되고 그가 작품을 통해 무엇을 표현하려고 했는지 사전지식을 가지고 있다면 현대 미술관을 방문하게 되었을 때 그는 다른 작가의 그림보다 그의 그림에 더 많은 흥미를 느끼고 감상하게 될 것이다. 그러므로 새롭고 복잡하고 익숙하지 않은 사건이 지속적인 흥미를 끌려면 그 사건을 이해할 수 있고 그 도전을 해결할 수 있다고 판단해야만 한다(Csikszentmihalyi, 1990). 초보자에게는 혼란스러운 개념이 전문가에게는 흥미로울 수 있는 이유 중 하나가 그것을 자신들이 해결할 수 있다는 자신감을 주기 때문이라는 것이다(Silvia, 2008). 이런 관찰은 교실에서도 자주 경험하는 사실이다. 동료와 비교하여 어떤 개념을 잘 이해한다거나 문제를 빨리 해결하는 학생들이 자신감과 수업참여도, 근사한 질문을 더 많이 한다. 캐나다와 영국에서 성공한 커리큘럼 Jump Math의 설립자 Mighton에 의하면 학교생활을 시작한 아주 초반기부터 많은 아동들이 자신들이 스마트한 그룹에 속하지 못한다는 생각을 갖게 되는데 이런 자신감의 부족은 결국 학습에 대한 흥미를 유발하지 못하고 그들은 계속 뒤진 그룹에 남게 된다. 그들에게 자신감을 불어넣는 직접적인 방법은 그들을 뒤쳐진 상태에서 벗어나게 하는 것이 우선이다. 이런 일련의 연구들이 학생들이나 자녀에게 동기와 학습의욕을 고취시키려는 교사와 부모들에게 주는 시사점은 결국 새로움과 이해가능성, 자신감 세 가지 모두를 강화시켜야 한다는 것이다. 스토리텔링 수학이 학생들의 학습 동기와 흥미를 지속적으로 높이겠다는 목표를 달성하려면 스토리라는 전달방식 뿐만 아니라 스토리 안의 내용 역시 새로우면서도 이해 가능한 수준이어야 한다. 호기심이야말로 인간으로 하여금 새로운 아이디어와 문제를 탐구하도록 자극하고 유발시키는 요인이다. 그러나 일단 시작했을 때, 우리는 그 일을 해결하는데 얼마나 걸릴지, 얼마나 많은 정신적 노력이 필요할 지를 재빨리 계산한다. 그리고 그 노력의 정도가 너무 크거나 너무 작다는 판단이 내려지면, 우리는 그 문제를 해결하기 위해 더 이상 노력하지 않는다. 난이도가 적당한 수준의 문제를 해결한다면 우리는 보상감과 자신감을 느끼고 다음 단계로 나갈 준비를 한다. 그러나 문제가 너무 쉬우면 지루해지고, 문제가 너무 어려우면 위축되는 것이다.

(2) 스토리에 대한 학생들의 반응

우리나라에서는 아직 스토리텔링 수학수업이 전면적으로 실시되지 않았기 때문에 학생들의 반응이나 선호를

직접 관찰할 단계는 아니다. 외국의 경우 학자들이 스토리에 대한 학생들의 선호도나 남녀 간의 차이, 학년에 따른 변화를 연구하였다. Wiest(2001)는 4-6학년 아동을 대상으로 스토리를 네 종류로 분류하여 ① 낮은 수준의 판타지(장난감들이 살아서 움직이는 이야기), ② 높은 수준의 판타지(유니콘이나 하늘을 나는 용이 나오는 이야기), ③ 아동들의 실세계 이야기(놀이동산과 놀이기구들), ④ 성인들의 실세계 이야기(미술관과 작품 경매 등)를 카테고리별로 몇 개씩 읽게 하고나서 등급을 매기게 하였다. 그 결과는 높은 수준의 판타지와 아동들의 실세계 이야기가 가장 높은 점수를 받았고, 다음은 낮은 수준의 판타지 그리고 성인들의 실생활 스토리 순서였다. 그런데 두 번째 실험에서는 위의 스토리들을 숫자가 들어가는(놀이 기구의 수나 장난감의 수 등으로) 수학 문제로 각색을 한 뒤 아동들이 읽고 나서 점수를 매기게 하였다. 이때도 선호도의 순위는 변하지 않았는데 전반적으로 점수가 모두 낮아졌다. 후속되는 인터뷰에서 아동들은 실생활과 관련된 스토리에 대해서는 비슷한 반응을 보였지만 판타지에 대한 반응은 스펙트럼이 다양했다. 소재의 신선함이 흥미를 불러일으켰지만 동일한 이유로 싫다는 반응도 나타났다. “이런 일이 정말 발생할 수 있을까? 라는 생각은 집중을 못하게 해요. 비현실적인 일들은 나를 성가시게 해서 대충 읽게 되고, 그럴 땐 숫자에만 집중해요.”(6학년 여학생)

“읽을 때 뭔가 웃기고, 이상하고, 창의적인 것이 나타나면 정말 나를 깨우는 것 같아요. 이런 종류는 나를 웃게 만들고 문제를 끝까지 풀게 만들어요.”(6학년 남학생)(Wiest, 2001, pp83-84). 위의 인터뷰 내용은 판타지를 소재로 한 스토리텔링 수학 수업이 반드시 모든 학생의 공감을 받지는 않음을 시사한다.

학생들은 스토리를 대할 때 그 자체를 목적으로 읽는 것과 자신들이 풀어야하는 수학 문제와 결합된 것으로 간주할 때 각각 다른 기대와 기준을 가지게 된다. 그래서 학생들은 맥락 자체에 대한 관심보다는 문제의 해결가능성에 더 관심을 갖는다. Lester, Garofalo, & Kroll(1989)의 문장제에 대한 연구는 이런 사실을 반영한다. 7학년 학생들에게 다양한 문장제를 제시하고 매우 지루한 문제(1점)부터 매우 흥미로운 문제(5점)까지 점수를 매겨보라고 하였다. 그 후 실제로 문제를 푼 순서를 써 보라고 하였더니 75%의 학생들이 매우 지루하다고 낮은 점수를 매긴 문제를 오히려 먼저 시도하였다. 이것은 정답률을 높이려는 시도로 해석된다. 남학생들이 사이언스 픽션을 동화보다 선호하고, 여학생들은 스포츠보다 패션에 관심이 많겠지만 패션에 관한 스토리 문제에서 의외로 여학생들이 더 낮은 점수를 보였다는 연구결과도 주목해야 할 것이다(Boaler, 1994). 연구자들은 여학생들이 스토리라인에 집중해서 오히려 문제에 집중하지 못했다는 해석을 내놓고 있다. 위의 연구들은 스토리에 대한 학생들의 선호가 매우 다양하다는 것, 일반적인 스토리를 대할 때와 수학이 포함된 스토리를 보는 관점이 다를 수 있다는 것, 선호가 반드시 높은 점수와 연결되는 것은 아니라는 것을 보여준다.

2) 스토리가 기억을 도와주는 조건

학생들은 왜 수업의 중요한 내용은 기억하지 못하면서도 수업 중에 한 농담은 기억하는 것일까? 오래 전에 관람한 영화 스토리는 친구에게 잘 전달하면서도 어제 배운 새로운 수학 개념은 생각나지 않는다고 하는 것일까? 그 이유가 학생들이 집중하고 주의를 기울이지 않았기 때문만은 아니다. 새로운 주제를 시작할 때 학생들이 처음에는 주의를 기울이다가도 점차 관심을 잃는 상황을 자주 목격할 수 있다. 잘 해보려는 의지와 열정이 부족해서인가? 그것도 답은 아닌 것 같다. 재미있는 농담의 경우나 정서적으로 감동을 주는 주제들에 학생들이 좀 더 주의를 집중한다는 것도 연구에 의해 밝혀졌다. 그리고 학생들이 여러 가지 정보전달의 방식 중에서 이야기 형태로 전달된 내용을 가장 잘 기억한다는 것은 여러 연구에서 이미 밝혀졌다(Hamilton & Weiss, 2005; Pink, 2005). 스토리는 여러 가지 이유로 기억이 오래 유지되도록 한다. 먼저 스토리는 선명한 이미지를 포함하고, 연결된 요소들을 가지고 있고, 듣는 사람의 정서적 감정을 불러일으키기 때문이다. 아동들도 스토리의 전반적인 구조에 어느 정도 익숙하며 이야기에는 인과관계가 있기 때문에 줄거리를 따라가면 이야기는 기억하기 쉽다. 또 스토리를 이해하기 위해서는 중간정도의 추론능력이 요구되는데 이 정도의 추론 능력은 대부분의 사람이 가지고 있다. 그러나 이 점이 우리가 수학의 개념을 스토리텔링의 형식과 통합하기 위해서 인식해야 할 중요한 점

이다. 다음의 modus tollens($P \rightarrow Q$, $Q \rightarrow R$. 그러므로 $P \rightarrow R$)를 보자. “수학적 개념을 이야기의 형식으로 도입할 수 있다” - “이야기는 기억하기 쉽다” - “그러므로 수학개념이 기억하기 쉬워진다”는 삼단 논법은 자동적으로 성립하지 않는다. 그 이유는 첫 번째 명제는 “어떤 수학적 개념은 이야기의 형식으로 도입이 가능하다”로, 두 번째 명제는 “고도의 추론능력을 요구하지 않는 이야기는 기억하기 쉽다”로 바뀌어야 하기 때문이다. 추상적인 수학의 개념을 이야기의 형식 속으로 집어넣으려고 할 때 그 개념이 적당한 추론 능력을 요구하는 수준이어야만 일반적인 이야기처럼 기억할 수 있다는 의미이다.

3) 바람직한 스토리의 구조

스토리텔링 수학이라고 하면 흔히 도입과 전개, 갈등, 결론의 줄거리가 있는 이야기의 형태를 떠올린다. 역사 과목이나 문학작품이라면 이것은 올바른 전제이다. 그러나 스토리텔링 수학은 학생들의 학습 동기를 고취하고 흥미를 유지시키며 학생들의 자발적 참여를 유도하려고 한다. 그러자면 스토리텔링 수학에서 이야기는 어떤 형태를 띌 수 있을까? Willingham이 말하는 좋은 이야기란 도입, 플롯과 결론이 있는 이야기가 아니다. 차라리 스토리는 질문을 하고 흥미를 불러일으켜서 학생들이 답을 알고 싶어지도록 구성되어야 한다. 이야기의 요소는 4C를 가지고 있어야 하는데 이들은 인과관계(사건들 사이의 관계들, causality), 갈등(conflict), 복잡한 문제 complications), 등장인물(character)이 그것이다. 스토리가 관계없는 이야기를 너무 많이 포함할 때 흥미는 급격히 감소하는 것으로 나타났다(Willingham, 2010).

다음은 칠교와 관련된 전설이다.

> 탱은 고대 중국의 가난한 도자기 굽는 사람이었다. 그는 너무 가난해서 하루 한 끼를 겨우 먹을 정도였다. 탱은 사랑하는 사람이 있었지만 결혼을 위해 아무것도 장만할 형편이 못 되었다. 그러나 탱은 아름다운 타일을 만드는 솜씨를 가지고 있었다. 어느 날 황제는 정사각형으로 된 아름다운 타일을 만들어보라고 명령하였다. 탱은 이번 일만 잘 된다면 이름도 날리고 돈도 벌 수 있을 것이라고 기대하고 가장 아름다운 타일을 만들기 위해 노력하였다. 타일을 완성해서 황제에게 바치러가는 길에 그만 타일이 떨어져서 일곱 조각이 나 버렸다. 탱은 매우 실망하였다. 그의 모든 노력이 산산조각이 나 버렸기 때문이다. 탱이 부서진 조각들을 바라보고 있는데 그 조각들이 삼각형, 정사각형, 평행사변형이라는 것이 눈에 들어왔다. 그는 앉아서 일곱 조각을 정사각형 형태로 다시 맞추려고 노력하였다. 드디어 성공했을 때 탱은 매우 기뻤다. 탱은 이 조각들을 황제에게 가져가서 이것이 특별한 형태의 퍼즐이라고 말씀드려야겠다고 결심했다. 왜냐하면 황제가 퍼즐을 좋아한다는 사실을 들었기 때문이다. 황궁으로 가는 도중에 탱은 이 일곱 조각들을 정사각형이 아닌 다른 형태들, 삼각형이나 직사각형, 혹은 평행사변형으로 바꿀 수 있을 지 궁금해졌다. 그리고 혹시 고양이나 물고기, 배의 모양도 가능할까 생각해보았다. 드디어 황제에게 이 퍼즐을 보여주었을 때 황제는 매우 즐거워하였다. 그리고 환제는 만일 탱이 일곱 조각으로 다른 익숙한 형태를 만든다면 상을 내리겠다고 하였다. 황제는 이 퍼즐의 이름을 탱의 이름을 따서 탱그램이라고 부르라고 하였다. 이제 탱이 많은 새로운 퍼즐을 만들어서 황제에게 바친다면 그는 유명해지고 부자도 될 기회를 잡은 것이다(Schiro, 2004).

이 이야기를 들은 후에 칠교놀이를 하게 된다면 아동들은 자신의 성공과 실패가 탱의 성공과 직결된다는 생각을 가지고 답을 찾기 위해 좀 더 열정을 보일 것이라고 확신한다. 이 이야기는 Willingham의 제안이 의미하는 바를 완벽히 보여준다.

한편 문장제와 관련된 Schiro(2004)의 다음 주장을 살펴보자. ‘학생들이 접하는 문장제는 캐릭터의 전개가 없고, 역동적인 플롯도 결여되었고, 매력적인 세트도 나타나지 않는다. 문장제는 압축적이고, 다른 문제들과 응집력이 없으며, 정서적인 교감을 일으키지 않는다. 그러므로 문장제에 역동적인 캐릭터들과 신나는 플롯, 정교한 맥락을 주입해서 이것을 스토리로 만든다면, 학생들은 문장제를 읽고 이 안에 들어있는 수학 문제의 해답 찾기를 고대할 것이다’. 이 주장을 다음 예를 통해 살펴보자. 다음은 동일한 문제를 세 가지 방식(추상적 문제, 문장

제, 상황이 설정된 문장제)으로 표현한 것이다.

예1. A = $\{a, b, c, d\}$, B = $\{e, f, g\}$ 일 때 $A \times B = ?$

예2. 영수는 블라우스가 흰색, 노랑색, 빨강색, 보라색으로 네 장, 바지가 검정색, 파랑색, 회색으로 세 벌이 있었다. 이 옷들을 몇 가지 다른 방법으로 입을 수 있는가?

예3. 영수는 오늘 아침에 일어나서 마음이 급했다. 왜냐하면 오늘은 학예회 날이어서 아침에 최종 준비를 하기로 되어있기 때문이다. 옷장을 열어보니 블라우스가 흰색, 노랑색, 빨강색, 보라색으로 네 장, 바지가 검정색, 파랑색, 회색으로 네 벌이 있었다. 흰색 블라우스와 검정색 바지를 입을까? 아니면 다른 조합을 해 볼까? 영수가 오늘 아침에 입을 수 있는 가능한 옷의 조합은 모두 몇 가지인가?

위에서 첫 번째 예는 집합의 계산 문제로 고등학교 집합이론에서 접하는 문제다. 여기에 상황을 첨가한 것이 두 번째 문장제인데 초등학교 학생들도 해결할 수 있다. 여기에 좀 더 스토리를 가미한 것이 세 번째 예이다. 스토리텔링 수학수업에서는 세 번째 예와 같은 형식으로 실생활에서 직면하는 상황에서 등장인물도 있고, 구체적인 배경도 있는 맥락에서 주제를 도입하자는 것이다. Shiro는 세 번째 예를 스토리텔링 수학수업의 좋은 예로 제시하지만 이것이 실제로 간결한 문장제보다 학생들의 호기심과 흥미를 어느 정도 유발하는지에 대하여는 후속 연구가 필요하다고 생각한다.

4) 담화의 이해과정과 개인차이

스토리텔링 수학 교수법에서는 기존의 문장제 보다 문장 이해력이 더욱 중요한 역할을 하게 된다. 문장 이해력에서의 개인 차이가 수학 문제 해결력과 직결될 수 있다. 먼저 담화이해 과정과 개인 차이는 어디서 비롯되는지 살펴본다.

(1) 담화이해의 과정

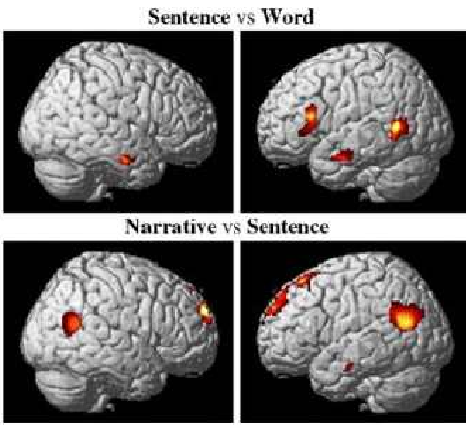
담화이해의 과정은 일차적으로 단어 인식과 문장의 통사적 분석, 의미론적 통합을 거쳐야 한다. 그 후에 글의 내용들이 (하나의)주제를 중심으로 연결되고 통일된 내용으로 표상돼 일관성 있는 응집된 이야기로 만든다. 이 때 국지적인 응집성은 담화에서 주어진 물리적인 단서를 통하여 개별 문장들을 관련지어 준다. 이를 위해서는 선행어에 포함된 전제를 이용하여 문장 간의 다리를 이을 수도 있고, 기존의 지식을 새로운 정보와 통합할 수도 있고, 상황으로부터 인출할 수도 있다. 이 때 인과적 연결이 낮을수록 맥락이 불확실해진다. 그리고 전반적 응집성은 이야기 전체의 주제를 파악하게 한다.

(2) 개인 차이를 발생시키는 요인들

인지 심리학의 연구에 의하면 담화이해의 개인 차이는 어휘력과 그 주제에 대한 배경지식, 그리고 작업 기억의 개인 간 용량 차이가 결정한다. 먼저 단어는 문장을 이루는 기본 구성 요소 중 하나이다. 단어를 부호화하고, 표상하고 인출하는 능력이 문장 이해의 기본이 된다는 사실은 쉽게 이해할 수 있다. 어휘력과 담화이해와의 상관관계는 $r \sim 0.69$이다(Willingham, 2010). 단어에 대한 지식은 중요한 인지적 자원으로 언어 경험을 통하여 획득되고 일생을 통하여 증가한다. 어휘가 풍부한 학생들일수록 문장을 읽을 때 전두엽의 활성도(포도당 대사율)가 오히려 낮은 것으로 나타나는데 이것은 자원이 풍부하기 때문에 필요한 단어의 뜻을 추측하기 위해서 탐색하는데 힘들이지 않아도 된다는 것을 의미한다(Prat & Just, 2011). 두 번째로 배경지식은 어떤 주제에 관한 글을 읽거나 이야기를 들을 때 이미 알고 있는 배경지식을 통합하여 이야기를 듣고, 읽고 이해하고 추론하는 활동에 도움을 준다. 어떤 주제에 대한 배경 지식이 적은 학생들일수록 응집성이 높은 텍스트에서 이익을 얻게 되고, 배경지식이 높은 학생들은 응집성이 최소한인 텍스트라 하더라도 큰 영향을 받지 않는다는 것이다(McNamara, Kintsch, Songer & Kintsch, 1996). 세 번째로 작업기억은 정보를 기억에 저장하면서 동시에 문장을 처리하는 능력이다. 작업기억의 용량이 클수록 통사구조가 복잡한 문장을 잘 분석할 수 있고 언어 이해 능력과 상관관계가 높다.

문장과 비교했을 때 이야기 구조(담화)는 훨씬 많은 정신적 작업을 요구한다. 이야기는 언어적인 측면을 넘어서 독자의 ‘세상에 대한 지식’을 요구할 경우가 많고

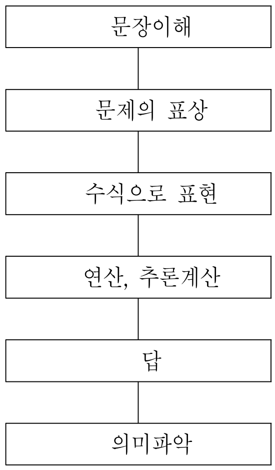
텍스트에 명시되지 않은 의미를 추출해야 하기 때문이다(Xu et al. 2005). Mason & Just(2013)가 이솝 우화를 가지고 수행한 뇌 영상 촬영에 의하면 담화의 이해는 어휘적, 통사적인 처리 외에도 다섯 가지 특화된 두뇌 회로를 동원한다. 여기에는 ① 의미(semantic)를 처리하는 신경회로(우반구 측두엽), ② 일관성이 있는가를 모니터 하는 회로(전두엽), ③ 글을 통합하는 회로(좌반구 측두엽), ④ 주인공의 관점이나 다른 사람의 마음을 해석하는 회로(전두엽, 우반구 측두엽), ⑤ 공간적 심상을 형성하는 회로(좌반구 두정엽)가 활성화되는 것을 보였다. 그 후에 아동들은 이야기로부터 개념이나 문제해결과 관련된 수학적인 구조를 추출해야 하기 때문에 스토리텔링을 통한 수학문제해결은 기존의 문장제보다 더 어려운 과제가 될 것임을 짐작할 수 있다.



[그림 2] 문장과 단어, 이야기와 문장을 비교했을 때의 활성화 비교. Xu 외(2005)
[fig. 2] Hierarchical comparison of word, sentence, and discourse [Elsevier 와의 저작권 협약에 의해 허가 받음] (위) 문장과 단어를 읽을 때 문장을 읽는 상황에서 더욱 활성화 되는 영역들, (아래) 담화를 읽을 때 문장과 비교하여 더욱 활성화 되는 영역들

(3) 수학적 사고는 내적인 의사소통 이상이다.

스토리텔링수학 교수방법을 도입하는 목표 중에는 스토리텔링수학을 통하여 의사소통 능력을 키우자는 의지도 포함되어 있다. NCTM(1991) 규준에도 수학을 언어라고 보는 관점이 나타나 있다. 물론 수학을 언어로 간주할 수 있다. "언어란 자신을 표현하고 다른 사람과 의사소통하는 부호체계다"라는 정의를 따른다면 수학은 언어의 구성요소인 어휘, 문법, 공동체, 의미를 가지고 있다. 물론 수학적 의사소통을 위해 사용하는 언어는 자연언어(한국어)와 수학에 고유한 전문 용어들과 기호들이다. 또한 스토리텔링 수학학습을 통해 학생들이 자신의 생각을 표현하고 의견을 교환하는 활동을 통해서 의사소통 능력이 커질 것이라는데도 전적으로 동의한다. 그런데 최근에는 수학을 담화(discourse)로 보아야 한다는 주장이 나타나고 있다. 사고도 자신과의 내적인 의사소통이므로 담화의 일부로 간주하자는 것이다(Sfard, 2001).



[그림 3] 문장제 해결 단계
[fig. 3] Steps for word problem solving

수학을 어떻게 보는가에 따라 수학을 가르칠 때 강조하는 것도 달라지기 때문에 최근의 이러한 경향이 스토리텔링 교수법에 반영되었다고 보인다. 그렇지만 수학적 사고가 내가 나에게 말하면서 이루어지지 않는다는 것은 다양한 반례들을 생각하면 명확해진다. 한 예로 심적 회전이나 심적 종이접기 같은 공간적 사고는 언어적 사고와는 다르다. 두 번째는 연역 추론의 경우에도 공간적 표상이 필요하다는 사실이다. 일반적으로 연역추론은 논리적, 통사적 규칙을 따라서 이루어지기 때문에 공간적 사고와는 다른 언어적 능력에 의존할 것이라고 생각해왔다. 다음 예시문을 보자.

<table><tr><td>
다섯 명의 학생이 있다.
이 중에 적어도 세 명은 축구를 한다.
이 중에 적어도 세 명은 수영을 한다.
이 중에 적어도 세 명은 마라톤을 한다.
<u>문제1</u>. 이 중에 수영을 하는 사람이 적어도 한 명 있는가?
<u>문제2</u>. 이 중에 축구와 수영과 마라톤을 모두 하는 사람이 반드시 한 명은 있는가?
</td></tr></table>

문제 1의 해결과정은 주어진 전제로부터 직접 추론을 할 수 있는 경우다. 문장을 읽으면 인과관계가 이미 나타나 있기 때문에 답을 쉽게 찾는다. 그런데 두 번째 경우는 문장 안에 직접적인 인과관계가 나타나 있지 않기 때문에 사고를 요구한다. 이 경우 연역추론의 과정은 주어진 전제들로 부터 논리적-통사적인 전개를 따라가서 조건을 만족하는 새로운 문장을 구성하는 것이 아니고, 상황에 맞는 모델을 만들어서 확인을 하든가 혹은 반례를 찾아야 할 것이다(Kroger 외, 2008). 다음은 이 상황에 대한 모델(표상) 중 하나이다. 이 과정은 전제에서 주어진 문제 요소들을 조작해서 재구성하는 공간적 추론을 통해 이루어진다. 언어가 사고과정을 도와주고 사고를 명료하게 하지만 언어 자체가 사고가 아닌 경우가 연역추론에서 조차 존재한다는 사실이다.

A	B	C	D	E
축구	축구	축구		
수영	수영		수영	
		마라톤	마라톤	마라톤

수학적 의사소통에는 사회적 인지능력이나 문화적 경험 외에도 사고능력(추상화, 심상, 유추 등)이 필수적이다.

이상을 종합하면 스토리텔링 수학학습은 ① 흥미와 동기 유발에는 긍정적인 요인으로 작용하지만 흥미와 호기심을 지속하기 위해서는 스토리의 내용이 새롭고 복잡하면서도 학생들의 자신감을 유지시키는 수준이어야 한다. ② 스토리의 장르에 따라 학생들의 선호가 연령, 성별, 혹은 문화적 환경에 따라 다를 수 있으므로 여러 양식에 대한 체계적인 분석이 필요하다. ③ 학생들은 과거의 문장제를 넘어 담화 이해라는 새로운 상황을 맞게 된다. 담화 이해에는 수학적 사고력과는 다른 형태의 인지능력이 요구되는데 이야기의 구조가 복잡할수록 개념 이해를 방해한다는 주장도 존재한다.

2. 스토리텔링 수학 학습의 예상되는 문제점

1) 담화이해에서 유혹적인 요소들의 부작용

담화이해와 학습에 대한 최근의 연구 중에는 삽화나 애니메이션이 포함된 문서가 학습을 촉진시키기도 하지만 때로는 이것이 학습을 방해하는 요인이 된다는 것을 밝혀주었다. 1990년대부터 연구되기 시작한 '유혹적인 요소들의 부작용(seductive details effect)'이라 불리는 이 현상은 유혹적인 디테일들, 즉 흥미롭지만 핵심과 직접적인 관련이 없는 삽화나 내용을 추가함으로써 문서의 이해가 감소된다는 주장이다(Harp & Mayer, 1998). Harp & Mayer는 학부생들에게 네 종류의 문서- 아무런 유혹적 요소가 포함되지 않은 문서, 유혹적이지만 관련 없는 내용이 포함된 문서, 유혹적인 삽화가 포함된 문서, 유혹적인 삽화와 내용이 모두 포함된 문서를 읽고 나서 회상과 문제해결을 측정하였다. 연구 결과는 삽화든 내용이든 유혹적인 요소가 포함된 문서를 읽은 학생들의 점수가 현저하게 낮았고, 읽기 수행력이 손상되는 정도는 문서에 포함된 유혹적인 요소들이 일으키는 감성적인 관심의 수준과 비례했다는 사실이다. Harp & Mayer는 감성적인 요인에 집중함으로써 문서를 읽을 때 인과적인 고리를 따라가는데 실패할 수도 있고, 부정확한 스키마가 활성화되어서 문서를 잘못 이해할 수도 있다고 해석한다. 이 현상을 앞에서 살펴본 담화이해에서 개인차를 결정하는 요인 중 하나인 작업기억의 용량차이와 연결할 수 있다. Conway & Engle(1994)은 작업기억의 기능을 '주의/집중에 대한 통제'(controlled attention)의 관점에서 본다. 이 관점에 따르면 작업기억의 용량은 작업기억에 저장할 수 있는 정보의 총량이라기보다는 주의/집중을 통제하고 부적절한 정보를 다루는 능력으로 이해한다. 그렇기 때문에 담화이해에서의 개인차는 주의/집중의 통제를 통해서 부적절한 정보를 무시할 수 있는 개인의 능력에 달렸다는 점이다. Sanchez & Wiley(2006)가 대학생들을 작업기억 용량이 높은 그룹과

낮은 그룹으로 나누어서 이들에게 빙하기의 원인에 대한 세 종류의 문서- 삽화가 없는 것, 개념적으로 관련 있는 삽화가 포함된 것, 유혹적인 삽화 요소가 포함된 문서를 주고 각 문서에 대한 이해를 측정하였다. 결과는 작업기억의 용량이 높은 학생들은 유혹적인 요소들에 별다른 영향을 받지 않았지만 용량이 낮은 학생들은 삽화가 포함되지 않은 문서 > 개념적으로 관련된 삽화가 포함된 문서 > 유혹적인 삽화가 포함된 문서의 순으로 이해도가 낮아졌다. 이 연구결과가 스토리텔링 수학수업에 시사하는 점은 작업기억의 용량이 낮은 아동들에게는 스토리가 풍부해지고 역동적이 될수록 오히려 역효과를 가져올 수 있다는 점이다.

2) 구체적 맥락이 야기하는 낮은 전이효과

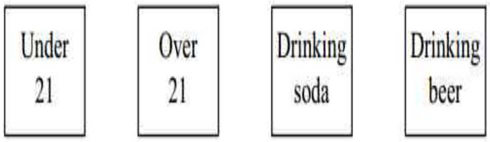
Zazkis & Liljedahl(2008)는 수학을 이해하기 쉽게 하기 위해서는 지식을 단순히 나타내기 보다는, 원래 발견 당시의 맥락으로 또는 인간이 사용하려고 하는 맥락에 지식을 넣어서 그 지식을 기억하기 쉽고 의미 있도록 만들 필요가 있다고 주장한다. 실세계와 관련된 맥락에서 수학을 배우면 학습동기와 흥미 면에서 학생들에게 다가갈 수 있다는 장점이 있다. 생동감 있고 나의 삶과 관련이 있어 보인다. 구체적인 맥락은 사전 지식을 이용하든가, 찾고자하는 구조와 관련 있는 정보를 가지고 출발하기 때문에 배워야하는 새로운 개념에 대하여 소통하기 쉽다는 장점도 있다. 그렇지만 어떤 개념을 쉽게 배우는 것과 그것을 구조적으로는 동일하지만 다른 옷으로 갈아입고 나타난 문제에 쉽게 적용하는가는 다른 문제다. 이 두 번째 주제가 바로 학습의 전이 효과에 대한 것이다. 학습에서 전이란 한 상황에서 배운 지식이나 아이디어를 다른 상황에 사용하는 것을 의미한다. 수학학습에서의 전이는 물리학이나 경제학과 같은 다른 학문 분야, 혹은 매일의 일상생활로의 전이와 같은 넓은 맥락에서도 생각할 수 있지만 여기서는 이전에 다루었거나, 유사한 상황(source)을 선택하여 과거의 문제해결 방법을 직접 적용하거나 수정해서 목표상황을 해결하는 것과 같은 비교적 좁은 의미에서 고려하고자 한다. 이 때 중요한 것은 광범위한 지식의 데이터들 중에서 유용한 원천이 되는 상황을 찾아서 선택하는 것이다. 이것이 가능하려면 둘 사이에는 구조적이거나, 의미적이거나, 혹은 실용적인 유사성이 존재해야 한다. 초보자들이라면 많은 예들을 다룬 후에 관련된 개념 등과 함께 지식을 저장한 뒤에, 문제에서 제시된 조건, 구하려는 것 등을 비교할 것이다, 그러나 전문가는 문제의 표면적인 형태보다는 그 문제가 성립하는 원리나 관계성, 구조적인 특징에 더 주목한다. 전문가에겐 수학적 개념을 나타내는 예들의 표면적인 닮음은 그다지 중요하지 않다. 예를 들면 동일한 미분 방정식(뉴턴의 냉각법칙)이 용기에 담긴 커피의 온도가 시간에 따라 어떻게 변화하는지를 나타내기 위하여 사용되고, 사고로 숨진 시신의 사망시간을 측정할 때도 사용되고 약물 섭취 후에 신체 내에서의 대사를 표현하기 위해서도 사용된다. 이 예시들은 모두 냉각법칙을 따르지만 표면적인 유사성은 거의 없어 보인다. 이렇게 동일한 개념을 사용하는 예들의 표면적인 변화가 광범위하기 때문에 초보자는 상황이 바뀌었을 때 이들을 지배하는 공통적인 개념을 파악하기 힘들게 된다. 전문가의 수준에서는 단순하다고 느끼는 수평적인 전이(예제와 유제의 관계)도 학생의 입장에서는 전혀 다를 수 있다. 배운 것(예를 들면 EBS 교재)을 조금만(예를 들면 계수) 바꾸어도 잘 못 푸는 학생들이 대다수라는 교사들의 관찰은 수학학습에서 전이가 기대만큼 쉽게 일어나지 않는다는 것을 보여준다. New Math 시대를 거치면서 추상적인 맥락 속에서 배운 학생들이 배운 것을 응용하지 못한다는 관찰이 “mathematics in context” 와 같은 개혁 운동이 나오게 된 배경이기도 하다. 그런데 실세계와 관련된 맥락이든 혹은 추상적인 맥락 속에서 배우든 간에 그것을 관련된 다른 상황에 쉽게 적용하지 못하는 것은 학업 성취도가 낮은 학생의 경우가 더 심하다. 새로운 상황과 이전 학습 상황과의 비교를 통해서 공통의 특징과 구조를 추출하지 못하면 전이가 일어나기 어렵기 때문이다.

실세계 맥락에서 이해한 개념이 과연 동일한 구조를 갖는 추상적인 맥락으로 전이가 되는가의 문제는 인지심리학 분야에서는 역사가 오래된 주제다. 다음의 “네 장의 카드 문제(Wason 테스트)를 보자. 여기에는 다음과 같이 앞면에는 알파벳이, 뒷면에는 숫자가 써 있다.

P A 6 3

여기서 규칙은 “앞면에 모음이 나타나는 경우에 뒷면

에는 짝수가 나타나야한다”는 것이다. 이 규칙이 성립한다는 것을 확인하기 위해서 뒤집어봐야 하는 카드는 어떤 것인가? 대부분의 성인들은 A가 써진 카드라고 답한다. 이 낮은 정답률 때문에 학자들은 구조적으로 동일한, 그러나 실생활 맥락을 가진 문제로 다시 구성하였다. 80년대에 이 문제를 확인하기 위하여 “음주 문제”가 개발되었다. 규칙은 “21세 이하면 알코올을 마실 수 없다”는 것으로 이것은 많은 문화권에 공통적으로 적용되는 문제다. 아래와 같이 두 명은 신분증을, 나머지 두 명에 대해서는 마시고 있는 음료수를 알 수 있을 때 규칙을 어기지 않았다는 것을 확인하기 위해서는 첫째 사람이 마시는 음료수와 넷째 사람의 나이를 확인해야 한다.



대부분의 사람들에게 처음의 카드 문제는 논리의 문제로 이해되지만, 두 번째 음주 문제는 순수한 논리의 문제라기보다는 일상적인 문제로 이해된다. 두 번째 문제의 경우는 수학적 구조보다는 상황의 친숙함이 성공을 촉진시켰다. 그런데 이 문제를 푼 사람들이 “$P \rightarrow Q$ 이다”는 논리구조를 배웠을까? 심리학자들이 확인한 바로는 두 번째 문제를 성공적으로 해결한 경우라도 이 성공이 첫 번째 카드 문제의 성공으로 연결되지 않는다는 점이다(Shannon, 2007).

구체적 맥락 속에서 배울 때 학습은 쉬울 수 있지만 이것이 오히려 전이를 방해한다는 연구 결과들이 있다(Gentner & Smith, 2012; Goldstone & Sakamoto, 2003). 그 이유는 무엇일까? 구체적인 상황이 추상적 표현에 비하여 불필요한 정보를 더 많이 포함하고 있다는 것이 원인이다. 불필요한 정보들 때문에 문제의 구조를 인식한 다음 이전에 배운 것과 새로운 상황 사이의 유사점을 찾는 것이 어려워질 수 있다(Holyoak & Thagard, 1997). 어떤 상황에서 예시문의 피상적인 특징에 집착하다가 주의집중이 분산되어 관계적인 구조를 이해하지 못하고 넘어갈 수 있고, 부적절한 정보가 문제 해결과 관련된 중요한 정보로 오인될 여지가 있다는 점이다.

3) 스토리와 기호화의 문제

스토리에 등장하는 구체적인 대상물은 기호로 나타내기가 어렵다는 단점이 있다. 이것은 결국 심적 표상의 어려움으로 인하여 인지적 부담을 가중시킬 수 있다. 이와 관련된 스토리텔링의 사례를 아래에서 소개한다.

눈의 나라 여왕은 추운 겨울이 다가오자 추위에 떠는 백성들을 위하여 성대한 파티를 계획하였습니다. 그래서 하루는 종이에 자신이 알고 있는 모든 사람의 이름을 썼습니다. 그리고 다음 날은 그 사람들에게 보내는 초대장을 카드에 썼습니다. 그리고 그 초대장을 편지 봉투에 넣으려고 신하에게 봉투를 준비하라고 하였습니다. 신하들은 초대장이 너무 많아서 모두 몇 개인지 세기가 어려웠습니다. 한 신하가 아이디어를 냈습니다. 초대장을 10 장씩 모아서 빨간 리본으로 묶고, 빨간 리본 10개가 모이면 그것을 녹색 리본으로 다시 묶는 것입니다. 이렇게 여러 시간 동안 일을 해 보니 녹색 리본이 7개, 빨간 리본이 5개, 그리고 리본으로 묶지 않은 초대장이 3개가 있었습니다. 초대장은 모두 몇 장일까요?

위의 예시문은 미국의 대학에서 개발한 2학년 용 스토리텔링 수업의 사례이다. 실제 수업에서는 이야기를 들려준 후 종이 봉투를 이용하여 학생들이 실제로 봉투 묶음을 리본으로 묶어보면서 수개념을 익히는 활동이 포함되어 있다. 수개념이 완전하지 않은 학생들에게 이 과제는 매우 어렵다. 또 수개념이 자리 잡힌 학생들에게도 이 문제는 딘즈 블록을 사용하는 것과 비교했을 때 훨씬 어렵다고 교사들은 판단할 것인데 그 이유를 생각해 보자. 위의 예시문의 해결을 위해서는 빨간 리본은 10을 의미하고, 녹색 리본은 100을 의미한다는 사실, 즉 지시물과 상징 사이의 관계를 추출해야하고 동시에 이에 대한 심적 표상을 만들어야 한다. 이것은 2학년 아동에게는 상당한 인지적 부담이고 수개념이 공고하지 않은 경우에는 이 활동에 수업시간의 상당 부분이 지나가게 된다. 그러나 그림 모델이 제시되는 경우에는 이런 심적 표상의 과정이 생략되고, 주어진 시각적 이미지를 가지고 직접 계산의 단계로 넘어갈 수 있기 때문에 학생들에

게는 쉽게 느껴지는 것이다.

4) 지식의 비활성화 가능성

수학 수업에서 자주 경험하듯이 과거에 다룬 유사한 주제나 예를 쉽게 회상하지 못하는 것은 망각 때문이 아닌 것은 분명하다. 이것은 Whitehead가 비활성 지식(inert knowledge)이라고 부른 것에 대한 한 사례다. 비활성화 지식 문제는 성공적으로 인출했을 경우에는 매우 유용한 예이지만 정보에 접근을 하지 못하는 경우를 의미한다. 다음 예를 보자.

마리는 물리 실험실의 조교로 근무하고 있다. 그녀는 자신의 일을 매우 사랑한다. 어느 날 아침 마리는 물리 실험에서 자주 사용하는 전구의 불이 들어오지 않는다는 것을 알아차렸다. 전구를 자세히 들여다보니 전구안의 필라멘트가 끊어진 것을 발견하였다. 그런데 전구의 껍질을 열고 필라멘트를 연결하는 것은 불가능해 보였다. 전구 껍질은 완벽하게 봉인돼있었고 깨트릴 수는 없었기 때문이다. 마리는 전구를 비싼 값으로 다시 주문할 수도 있었지만 실험이 곧 시작되기 때문에 일단 고쳐보려고 하였다. 그녀가 아는 유일한 방법은 고강도의 레이저 빔을 단시간 쏘여서 필라멘트를 이어 붙이는 것이다. 다행히 물리 실험실에는 그런 장비가 있었다. 문제는 고강도 레이저 빔을 쏘면 필라멘트를 둘러싼 전구의 유리가 깨질 수 있다는 점이었다(Holyoak & Koh, 1987).

Holyoak & Koh는 실험에서 대학생들을 두 그룹으로 나누었다. 통제그룹은 위의 스토리만 읽었고 대조 그룹은 이 문제를 받기 며칠 전에 유사한 스토리를 수업시간에 읽었다. 그것은 전쟁에서 한 장군이 중심부에 위치한 적의 요새를 공격하기 위해서 전력을 집중하지 않고 여럿으로 나누어서 소규모 병력이 각각 다른 경로로 공격해서 요새를 공격하는 이야기였다. 위의 문제를 풀라고 했을 때 통제 그룹에서는 10%가 문제를 해결하였고, 장군 이야기를 들은 대조그룹에서는 30%의 학생이 정답을 찾았다. 그런데 통제 그룹에 전쟁 이야기를 새로 들려주고 나서, 대조 그룹에는 지난번에 다룬 전쟁 이야기를 사용하라는 힌트를 들은 후에는 두 그룹 모두 80% 이상이 정답을 찾게 되었다. 이 실험은 학습의 전이에서 중요한 요소는 목표 상황을 해결할 수 있는 구조적으로 유사한 원천(source)상황을 장기기억에서 찾는 능력이라는 사실을 보여준다. 문제를 처음 접했을 때 아무런 도움 없이 해결할 수 있는 집단이 10%이고, 20%는 과거에 배운 내용을 성공적으로 전이한 경우고, 힌트가 주어졌을 때 문제를 해결한 경우가 50%이고, 나머지 20%는 힌트를 듣고도 문제해결에 성공하지 못했다는 사실이다. 결국 50% 학생들은 지식을 배웠지만 사용하지 못하고 망각한 것도 아닌, 지식의 '비활성화'상태라는 것이다. 우려되는 것은 스토리텔링 교수법에서도 이와 같은 현상이 충분히 나타날 수 있다는 점이다. 유사한 연구로 Ross(1984)는 실험에서 문장제를 제시하고 문제해결 절차를 충분히 설명하였다. 시간이 흐른 후에 다른 문제들을 제시하고 이를 푸는 과정 중에 이전에 풀었던 유사한 문제가 떠오르는지 적어보라고 주문하였다. 그런데 회상의 80% 이상이 표면적 유사성(예를 들면 쇼핑 리스트, 골프 경기)에 관한 것이었다. 문제해결을 돕는 잠재적인 유사형을 기억하는 것은 관계적인 구조의 유사성보다는, 비슷한 대상이나 상황과 같은 표면상인 유사성에 의해서 유도되는 경향이 높다. 물론 어떤 사람들에서는 진정한 전이가 가능하지만 이 경우는 상당히 드물고 앞에서 살펴본 카드 문제처럼 대부분의 경우에는 표면적 유사성이 오히려 기억하기 쉽다. Gentner, Lowenstein & Thompson(2003)은 이에 대하여 두 가지 상호 관련된 설명을 내 놓았다. 첫째는 인간은 경험을 부호화할 때 구체적인 내용에 의존하는 방식(content-specific manner)을 따른다는 것이다. 그런 이유로 나중에도 표면상으로 비슷한 경험일 때에만 회상이 이루어진다는 것이다. 둘째는 관계에 대한 표상은 대상이나 실체에 대한 표상보다 더욱 맥락 의존적(context-specific)이라는 사실이다. 이런 이유로 지식은 경우에 따라서는 필요한 경우에도 쉽게 회상되지 않고 비활성화 상태로 남게 된다.

이상을 종합하면 구체적인 맥락 속에서 수학적 개념을 전달하는 것은 추상적 표현에 비하여 더 많은 불필요한 정보를 전달하기 때문에 불필요한 정보를 억제하는 수준에 도달하지 못한 아동에게는 스토리에서 개념을 추출하는 것이 어려울 수 있으며, 스토리의 구체적 맥락이

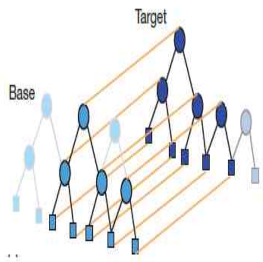
기억에 함께 저장되기 때문에 구조적으로 동일한 다른 상황에 쉽게 전이되지 않을 수 있다는 것이다. 이러한 문제점을 해결할 수 있는 방법을 살펴보자.

3. 문제해결을 위한 제언

1) 유추적 부호화(analogical encoding)

Holyoak & Koh(1987)나 Gentner & Smith(2012) 등에 의하면 학생들이 스토리텔링의 맥락에서 배운 개념을 새로운 상황에서 유추하는 것을 돕는 방법 중에는 비교를 통해서 그것들 사이의 관계적인 의미와 연결을 찾게 하자는 것이다(유추적 부호화). 물론 경우에 따라서는 교사가 둘 사이의 대응관계를 정확히 설명해 주는 것이 스스로 발견할 때까지 기다리는 것보다 효과적이다. 단순히 많은 문제를 푸는 것이 개념 이해나 스키마 형성의 충분조건은 아니라는 것에 모두 동의할 것이다. 초보자는 제시된 문제가 열이면 열 모두 새롭고 다른 문제로 느낄 수 있지만 전문가는 그들 사이의 구조적인 공통점을 간파할 수 있다. 두 예제가 나란히 제시되더라도, 이 둘을 독립적으로 처리하고 둘 사이의 관계를 비교하는 활동이 뒤따르지 않는다면 학습은 제한적일 수 있다(Gentner, Lowenstein & Thompson, 2003). 학생들이 하나의 예를 통해서 원리를 추상화할 수 있다고 기대한다든가 혹은 여러 예를 가지고 자발적으로 비교를 할 것이라고 가정하는 것은 무리다. 물론 두 표현 사이의 비교를 강하게 권장하는 경우에도 어떤 학생들은 목표에 부합하는 관계에 주목하지 못함으로써 전이에 실패하는 경우도 발생한다(Holyoak & Koh, 1987). 그리고 수학 문제가 구체적인 상황 속에 몰입되어(embed) 제시될 때, 각각의 상황이 공유하는 세부상황들이 개념의 이해가 아닌 절차적 학습으로 마무리 될 수도 있는 점에도 주의하여야 한다. 그러므로 수업은 단순히 예들을 제시하는 것으로 끝내지 말고 사례들의 적극적인 비교가 뒤따라야 한다. 즉 두 예를 나란히 놓고 공통점을 학생들에게 물어보는 직접적인 방법 또는 학생들에게 질문을 던져서 그들에게 대응되는 요소들 혹은 관련된 성질들을 열거하거나 설명하도록 할 수 있다(Bernardo, 2001; Kurtz, Miao & Gentner, 2001). 위와 같은 방법들을 적용한 학습에서 대조그룹은 통제그룹과 비교했을 때 높은 성취도를 보였는데 그 이유는 ① 이러한 활동들이 학생들이 문제의 핵심구조를 파악할 수 있는 기회를 준다. ② 인지심리학적인 관점에서 보면 의미적(semantic) 기억에 속하는 개념이 활성화 될 때는 여러 신경회로들에 분산 저장된 개념의 부분집합들도 활성화되어야 하고, 그 개념에 대하여 알려진 것들을 재현하는 과정이 포함된다(Barsalou & Wiemer-Hastings, 2005). 이 때 분산 저장된 부분집합에는 개념이 형성되던 초기의 일화적 기억도 포함하므로, 구성요소를 비교하고 대응시키는 활동들이 의미 있는 일화적 기억을 만드는 기회를 학생들에게 제공하기 때문으로 해석할 수 있다.

이를 토대로 본 연구자는 교과서의 각 단원의 마무리 단계나 필요한 곳에 다음과 같은 활동을 제안한다. ① 각 단원에서 다룬 두 구체적인 상황을 다시 제시하면서 이들 사이의 관계를 비교해보는 과제를 제시한다. ② 구체적인 상황을 배운 후에 그와 구조적으로 유사한 문제를 학생들이 구성해보도록 한다. ③ 스토리텔링을 통해 개념을 배운 후에 그 이야기에서 개념이나 문제해결과 관련되어 가장 중요한 핵심을 말해보는 활동을 해본다. 이러한 활동은 배운 개념을 명확히 하고, 두 상황의 대응관계를 비교함으로써 공통적인 구조를 추출하고 유추적인 추론을 하는데 도움이 될 것이다. [그림 4]는 유추적 추론의 대응 관계와 구조이다.



[그림4] 유추적 추론 과정

[fig. 4] analogical encoding. 네모는 대상들을, 동그라미는 대상들 사이의 관계를 나타낸다(Gentner & Smith, 2012)

2) 점진적 형식화(progressive formalism)

두 번째 방법은 Freudenthal(1991)이 강조한 점진적 형식화(progressive formalism), 혹은 McNeil이 주장하는 구체성의 감소(concreteness fading)이다. 이것은 예를 들면 숫자 3을 가르치기 위해서 처음에는 출발을 구체물

을 가지고 하지만 점차로 구체물(세 개의 사과) → 세 개의 사과가 있는 그림→ 세 개의 빨간 점 → 막대 세 개(tally) →3 으로 하는 것처럼 실물이나 그림 혹은 스토리에서 출발해서 점진적으로 맥락을 없애 가면서 추상적인 개념으로 이동하는 것을 의미한다. 현재 우리나라의 교과서 중에는 개념과 구조만을 강조하는 교과서도 없고 수학적 개념을 숨긴 채 실세계와 관련된 구체적 맥락만을 강조하는 교과서도 없지만 앞으로 스토리텔링 수학수업이 도입되면 스토리나 구체적인 맥락을 통해서 개념을 배우게 된다. 이 때 교사들이 당면하게 되는 큰 도전 중의 하나가 구체적 맥락에서 배운 개념을 추상적이고 기호를 사용하는 수학과 자연스럽게 연결시켜 주는 작업이다. 스토리텔링 수학 수업을 통해서 사고력과 문제 해결력을 키우는 것이 목적이기 때문에 수학 기호를 유창하게 사용하고, 개념들 사이의 연결도 유연해야 한다. 적어도 초등학교 수준에서는 점진적 추상화가 형식성만 강조하거나 구체적인 맥락에서만 진행되는 수업보다 우수하다는 연구결과들이 많다. McNeil & Fyfe (2012)이 7-9세 아동들을 대상으로 덧셈의 교환법칙의 전이를 확인하는 과제에서 전이 효과는 구체적 맥락을 통해 먼저 배우고 나서 추상적 맥락으로 배운 경우(concrete to abstract)가 가장 높았고, 다음은 추상적으로만 배운 경우(abstract only), 추상적 맥락에서 구체적 맥락으로 이동한 경우(abstract to concrete), 그리고 마지막이 구체적인 맥락에서만 배운 경우(concrete only)로 나타났다. 이 결과가 모든 연령, 수학의 모든 영역에 일관되게 적용된다는 의미는 아니지만, 스토리텔링으로 단원을 시작한다고 그 이후의 과정과 평가까지 일관되게 스토리텔링 방식을 따를 필요는 없어 보인다. 위의 연구가 보여주듯이 구체적인 맥락으로만 학습한 경우에 전이가 가장 낮다는 사실은 초등학교 수준에서도 추상적 개념이해가 병행되어야 한다는 사실이다.

3) 작업기억 용량 문제 극복

수학교육에서는 단순 암기와 알고리즘적 지식을 경시하는 경향이 있다. 고등사고와 비교하여 낮은 수준의 지식이기 때문이다. 그러면 문제해결력을 키우려면 출발점은 어디일까? 전문가 연구 분야에서 많이 연구된 집단 중에 체스 고수들이 있다. 체스는 인간과 슈퍼컴퓨터와의 대결이라는 구도 때문에 전 세계인의 관심을 받기도 했고 베스트셀러 소설 '뇌'의 소재로도 쓰였다. 인지 심리학의 연구에 의하면 체스 고수들의 머릿속에는 약 5만 가지 경우에 대한 상황적 지식이 잘 조직된 형태로, 즉 청크(chunk)로 입력되어있다고 한다. 그들도 무작위하게 말들이 놓여있는 상황에서 테스트한 단기 기억은 초보자와 별다른 차이가 없는 것으로 나타났다(De Groot, 2008). 그들의 장기기억에는 초심자와는 구조적으로 다른 형태의 방대한 지식이 존재하기 때문에 그 기억을 인출해서 사용하는 것이지 체스 마스터가 순간적으로 많은 추론을 하는 것은 아니라는 의미이다. 이것은 수학을 포함한 다른 전문 분야에서도 마찬가지다. 수학자가 문제를 해결할 때 그는 가능한 모든 경우를 고려하는 것이 아니라 가장 유력한 경로에 대한 직관을 가지고 그 길로 직행할 수 있는 것이다. 전문가는 조직적으로 저장된 데이터베이스의 양이 방대하기 때문에 탐색 과정이 단축되고 문제해결 속도가 빠르다. 문제가 제시되었을 때 초보자인 학생들은 문제의 표면적 특징에 의존하거나 비슷한 유형의 문제를 푼 것을 기억에서 인출해 와서 문제 해결을 시도하지만 전문가는 문제가 암묵적으로 드러내는 개념과 구조에 대한 지식에서 출발하기 때문에 초보자가 수학자처럼 생각하는 것은 불가능하다. 전문가와 초보자는 지식을 분류하고 범주화하는 것에서 질적, 양적 차이가 있는 것이다(Willingham, 2010; Richland, Stigler, & Holyoak, 2012). 전문가와 초보자의 또 다른 차이는 작업기억의 제한된 용량을 어떻게 극복하는가의 차이이다. 작업기억의 용량을 늘이는 방법은 현재로선 알려지지 않았기 때문에 우리는 다른 방법을 고안해야 한다. 그 문제를 해결하는 첫 번째 방법이 기억을 chunking을 통해 조직화하라는 것이다. 즉 기억해야 할 대상들을 의미적 특성이나 지각적인 특성, 구조적 특성에 따라서 범주화할 때 정보의 기억과 회상이 용이해진다는 의미다. 위의 세 가지 특성 중에서 수학이나 과학과 같은 학문에서는 개념이나 원리 등과 같은 구조적 특성에 따른 범주화가 가장 중요하다. 작업기억의 용량을 해결하는 두 번째 방법이 연습과 훈련이다(Willingham, 2010). 인지 심리학자들은 훈련이 적어도 세 가지 이유에서 유효하다고 믿는다. 그 첫째는 연습을 통해 보다 높은 상위 수준의 스킬을 얻기 위한 기초적인 스킬을 강화시켜주기 때문이고,

두 번째는 망각을 막아주고, 마지막으로 학습의 전이를 용이하게 해 준다. 많은 훈련을 통해서 정보의 흐름이 효율적이고 자동적이 된다면 작업기억의 용량을 거의 사용하지 않기 때문에 다음 단계의 수준 높은 사고를 할 공간이 남게 되는 것이다. 수학부진 아동들의 특징 중에는 문제해결에 필요한 수학적 사실들의 인출과 유추적 추론에 필요한 적합한 정보를 선택하는데 오랜 시간이 걸리거나 실패하는 것이 주요인이다(김연미, 2013). 그들은 이러한 과정이 많이 포함된 문장제와 다단계 연산 문제들을 특히 어려워하는데 이들 과제의 수행에는 작업기억의 용량제한이라는 문제가 공통적으로 들어있다. 그들에게 필요한 것은 흥미를 유발하는 것 외에도 개념에 대한 명확한 지도와 개념을 공고히 하기 위한 충분한 연습이다.

V. 결론 및 제언

스토리텔링 수업의 일반적인 장점들로는 다양한 스토리를 사용함으로써 아동들의 수업에 대한 흥미와 주의집중을 높이고, 딱딱할 수 있는 개념이나 정보전달을 쉽게 해서 이해를 도와주며, 이야기의 구조가 기억을 쉽게 해 준다는 것을 들 수 있다. 본 연구는 이러한 장점들이 수학학습에도 동일하게 적용되는지에 대한 검증이 필요하다는 판단에서 출발하였는데, 그 이유는 수학은 자연언어 자체가 아니라 수학 고유의 용어와 기호를 사용하는 인공언어이기 때문에 추상적인 개념을 스토리텔링으로 표현하기에는 한계가 있기 때문이다. 그 결과 확인한 사항들은 스토리를 통한 흥미와 호기심의 유발은 긍정적으로 평가되지만 주어진 과제가 새롭고 적당한 수준에서 복잡하고 당사자가 해결 가능성에 대한 자신감이 있을 경우에만 지속된다는 사실이다. 또 이야기의 구조가 개념이해와 기억을 도와주는 것도 고도의 추론 능력을 요구하지는 않는 구조일 때 가능하다는 것이다. 이 사실들은 스토리를 도입할 때 세심하게 준비해야하고 다양한 장르의 스토리와 학생들의 반응에 대한 체계적인 분석도 필요함을 의미한다. 본 연구의 두 번째 주제는 스토리텔링 수학수업에서 발생할 수 있는 몇 가지 문제점들을 예측하고 이에 대한 해결방안을 제시하고자 하였다. 연구에서 확인한 스토리텔링 수학수업의 예상되는 문제점은 크게 세 가지이다. 첫째는 스토리가 흥미롭고 역동적이 될수록 주의/집중에 대한 통제 능력이 낮은 아동기에는 이런 피상적인 특징에 빠져서 정작 중요한 개념을 파악하는데 실패하거나 잘못된 개념을 가질 수 있다는 점이다. 두 번째는 스토리는 구체적인 맥락에서 진행되기 때문에 개념의 이해는 쉬울 수 있지만 바로 그 사실이 구조적으로는 동일한 새로운 맥락에서 문제를 해결할 때나 혹은 추상적인 개념을 형성하는 전이의 측면에서는 오히려 효과가 낮을 수 있다는 점이다. 그 이유는 인간의 기억은 맥락과 내용에 크게 의존하기 때문에 기억이 이루어지던 당시의 상황과 구체적인 내용이 기억의 질을 결정할 수 있기 때문이다. 이러한 이유로 스토리와 결합된 지식이 망각한 것도 아니면서 필요할 때 회상하지 못하는 비활성화 지식으로 남을 가능성이 존재한다. 세 번째는 이러한 문제점들이 발생하는 인지적 능력과 관련된 것으로 위의 문제들이 상위권 학생보다는 성취도가 낮은 학생들에게 더 큰 영향을 끼친다는 점이다. 수학 성취도가 낮은 학생들은 담화이해력도 떨어지고, 다단계 계산이나 정보를 통합하여 추론하는 능력도 떨어지는데 이런 현상들의 배후에는 작업기억의 용량 부족이라는 문제가 내재하고 있다.

본 연구에서는 스토리텔링 수학 수업의 예상되는 문제점을 해결하기 위하여 몇 가지 제안을 하였다. 첫째는 Gentner 교수가 제시한 방안인데 이것은 “유추적 부호화”로 요약할 수 있다. 아동들이 단 하나의 스토리를 통해서 개념을 일반화시키는 것을 기대하는 것은 무리이기 때문에 구조적으로 동일한 두 상황을 교사가 직접 설명함으로써 또는 학생들이 대응관계를 이야기를 통해 비교하면서 추상화 능력을 키우자는 것이다. 혹은 예제들을 다룬 뒤에 그와 유사한 문제를 학생들 스스로 구성하게 하는 것도 개념 형성을 촉진하는 효과를 낼 것 이다. 추상적인 개념은 그것과 관련된 많은 일화적 기억들을 기초로 형성되는데 이러한 활동은 학생들에게 개념과 직접 관련된 의미 있는 일화적 기억을 제공하기 때문이다. 두 번째 방법은 “점진적 형식화”방법이다. 어떤 개념을 처음 도입할 때는 그림이나 이야기를 가지고 출발해서 점차로 구체성과 맥락을 줄이면서 최종적으로는 추상적인 개념과 부호를 사용해서 형식화된 수준으로 진행하자는 것이 핵심 아이디어이다. 수학수업을 진행할 때 점진적

형식화 방법이 구체적인 혹은 추상적인 맥락에서만 수업을 진행하는 경우보다는 초등학교와 중학교 수준까지는 효과적인 방법으로 알려져 있다. 스토리텔링 수학수업의 목표도 궁극적으로는 학생들의 수학적 사고력과 스키마의 형성을 목표로 하기 때문에 스토리텔링으로 출발을 하더라도 추상적인 기호와 용어의 사용에 능숙해져야 할 것이다. 세 번째는 수학부진 학생들에 관한 것이다. 스토리텔링 수학 교수법이 학생들의 수학에 대한 흥미와 태도를 바꾸기 위해서 시도 되지만 스토리텔링이 가진 흥미로운 요소들이 오히려 성취도가 낮고 주의집중에 대한 통제가 부족한 학생들에게는 부정적인 영향을 준다는 연구들은 예상 밖의 결과다. 성취도가 낮은 학생들을 위해서는 스토리텔링 수업을 통한 흥미와 호기심 유발 외에도 많은 연습과 훈련을 통해서 정보가 자동적으로 처리되어야 다음 단계에서 개념이해와 스키마 형성이 용이해질 수 있다.

앞으로 스토리텔링 수학 수업이 실시되면 현장의 교사들은 다양한 문제와 마주치게 될 것이다. 수학과 과학, 공학 또는 예술, 경제학 등과 통합된 내용들이 포함된 교과서를 사용할 때 교사들의 부담은 늘게 될 것인데 가장 큰 우려는 이런 다양한 분야에 대한 배경지식이 해박하지 못한 경우에는 수업 진행이 어렵다는 점이다. 교사 자신에게도 어려운 내용은 학생들에게 잘 전달할 수도 없고 질문에 답하기도 어려워진다. 이것은 이미 미국에서 혁신 교재들이 개발된 후에 나타난 부작용이기도 하다. 그러므로 수학사를 활용한 소재나 타 학문과의 융합적인 주제들에 대하여는 교사들을 위한 보조 자료의 개발이 시급하다.

참 고 문 헌

교육과학기술부 2009). 2009년 개정 수학과 교육과정(교육과학기술부 고시 제 2009-41호)

권오남, 박규홍, 이상구, 박제남, 주미경, 신준국, 김영록, 이재성, 장훈, 김지선, 박지현, 박정숙, 오혜미, 김영혜, 박윤근, 박상의, 전철 (2013). 고등학교 스토리텔링 모델 교과서 개발, 한국과학창의재단.

Kwon, O.N., Park, G.H., Lee, S.G., Park, J.N., Joo, M.K., Shin, J.K., Kim, Y.R., Lee, J.S., Jang, H., Kim, J.S., Park, J.H., Park, J.S., Oh, H.M., Kim, Y.H., Park, Y.K., Park S.E., & Jeon, C. (2013). Development of model highschool textbook based on storytelling, Korea foundation for the Advancement of science & creativity.

김연미 2013). 수학적 사고에 동원되는 두뇌 영역들과 이의 교육학적 의미, 수학교육, 52(1), 19-42.

Kim, Y.M. (2013). Mathematical thinking, its neural systems and implications for education, *The Mathematics Education, 52*(1), 19-42.

서보억 (2013). 수학교육에서 스토리텔링에 관한 문헌분석연구, 수학교육, 52(1), 65-82.

Suh, B.E. (2013). A literature research on storytelling in mathematics education, *The Mathematical Education 52*(1), 65-82.

Barsalou, L & Wiemer-Hastings, K.(2005). Situating abstract concepts. In D. Pecher & R. Zwan (Eds.), *Grounding cognition: The role of perception and action in memory, language, and thinking* (129-163). Cambridge: Cambridge University Press.

Bernardo, A. (2001). Principle explanation and strategic schema abstraction in problem solving, *Memory & Cognition 29*(4), 627-633.

Boaler, J. (1994). When do girls prefer football to fashion? An analysis of female underachievement in relation to 'realistic' mathematic contexts. *British Educational Research Journal 20*(5), 551-564.

Boidy, T.(1994). Improving students' transfer of learning among subject areas through the use of an integrated curriculum and alternative assessment, Chicago: Saint Xavier University.

Chi, M. T. H., Feltovich, P. & Glaser, R.(1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science 5*, 121 -152.

Conway, A. R. A. & Engle, R. W. (1994). Working memory and retrieval: A resource dependent inhibition model, *Journal of Experimental Psychology*: General *123*(4), 354-373.

Csikszentmihalyi, M. (1990). *Flow: The psychology of optimal experience.* New York: Harper & Row. De Groot(2008). *Thought and choice in chess*,

Amsterdam University Press.
Egan, K.(2005). An imaginative approach to teaching, Chicago: The University of Chicago Press.
Freudenthal, H. (1991). Revisiting Mathematics Education: China Lectures, MA: Kluwer Academic Gentner, D. & Smith, L.(2012). Analogical reasoning, In V.S. Ramachandran (Ed.) *Encyclo-pedia of human Behavior*, 2nd edition (130-136). Oxford: Elsevier.
Gentner, D., Lowenstein, J. & Thompson, L. (2003). Learning and transfer: A general role for analogical encoding, *Journal of Educational Psychology 95*(2), 393-408.
Goldstone, R. L. & Sakamoto, Y. (2003). The transfer of abstract principles governing complex adaptive systems. *Cognitive Psychology 46*(4), 414-466.
Harp, S. F. & Mayer, R. E. (1998). How seductive details do their damage: A theory of cognitive interest in science learning, *Journal of Educational Psychology 90*(3), 414-434.
Hamilton, M. & Weiss, M. (2005). Children tell stories: teaching and using storytelling in the classroom, N.Y. : Richard. C. Owen.
Holyoak, H & Koh, K.(1987). Surface and structural similarity in analogical transfer, *Memory and Cognition 15*(4), 332-340.
Holyoak, K. J. (2012). Analogy and relational reasoning. In K. J. Holyoak & R. G. Morrison(Eds.), *The Oxford handbook of thinking and reasoning* (234-259). New York: Oxford University Press.
Holyoak, H & Thagard, P. (1997). The analogical mind, *American Psychologist 52*(1), 35-44.
Kaminski, J.A., Sloutsky, V. & Heckler, A.(2008). Transfer of mathematical knowledge: The portability of generic instantiations, *Child Development Perspectives 3*(3), 151- 155.
Kroger, J., Nystrom, L., Cohen, J, & Johnson-Laird, P. (2008). Distinct neural substrates for deductive and mathematical processing, *Brain Research, 1243,* 86-103.
Kurtz, K. J., Miao, C., & Gentner, D. (2001). Learning by analogical bootstrapping. *Journal of the Learning Sciences 10*(4), 417 - 446.
Lazarus, R. S. (1991). *Emotion and adaptation*. New York: Oxford University Press.
Lester, F., Garofalo, J., & Kroll, D. (1989). The role of metacognition in mathematical problem solving: A study of two grade seven classes. *Final report to the National Science Foundation of NSF Project*, MDR 85-50346.
Mason, R.A, & Just, M,A. (2013) In M. A. Britt, S. R. Goldman, & J. F Rouet (Eds.). *Identifying component discourse processes reading from works to multiple texts*(147-159). New York: Routledge.
McNamara, Kintsch, Songer & Kintsch, (1996). Are good texts always better? Interactions of text coherence, background knowledge, and level of understanding in learning from text. *Cognition and Instruction 14*(1), 1-43.
McNeil, N. M. & Fyfe, E. (2012). Concreteness fading promotes transfer mathematical knowledge, *Learnig and Instruction 22*(6), 440-448.
National Council of Teachers of Mathematics (1991). *Professional standards for teaching of Mathematics,* VA: NCTM.
OECD. (2010). *The Nature of Learning: Using Research to Inspire Practice*,(H. Dumont, D. Istance, & F. Benavides (Eds.), OECD Prat, C & Just, M. (2011). Exploring the neural dynamics underpinning individual differences in sentence comprehension, *Cerebral Cortex 21*(8), 1747-1760.
Richland, L. Stigler, J. Holyoak, K. (2012). Teaching the conceptual structure in mathematics, *Educational Psychologist 47*(3), 189-230.
Richland, L. E., Morrison, R. G., & Holyoak, K. J. (2006). Children's development of analogical reasoning: Insights from scene analogy problems.

Journal of Experimental Child Psychology 94(3), 249-271.

Ross, B. H. (1984). Reminding and their effects in learning a cognitive skill, *Cognitive Psychology, 16,* 371-416.

Sanchez, C. & Wiley, J. (2006). An Examination of seductive details effect in terms of working memory, *Memory and Cognition 34*(2), 344-355.

Schiro, M. (2004). *Oral storytelling and teaching mathematics*: Pedagogical and multicultural perspectives. Thousand Oaks, CA: Sage.

Sfard, A. (2001). There is more to discourse than meets the ears: looking at thinking as communication to learn more about mathematical learning, *Educational Studies in Mathematics 46*(1), 13-57.

Shannon, A. (2007), Task context and assesment Mathematics Proficiency, In. A. Schoenfeld(Ed.) *Assessing Mathematical Proficiency* (177-191). MSRI publications *53*.

Silvia, P.J. (2008). Interest: The Curious Emotion, *Current Directions in Psychological Science 17*(1), 57 - 70.

Siu, M. K. (2004). "No, I don't use history of mathematics in my class, why?" *Proceedings in HPM 2004 & ESU4 2004*, 268-277.

Wiest, R. (2001). The role of fantasy contexts in word problems, *Mathematics Education. Research Journal 13*(2), 74-90.

Willingham, D. (2010). *Why don't students like school*, San Francisco: Wiley.

Xu, J., Kemeny, S., Park, G., Frattali, C. & Braun, A. (2005). Language in context: emergent features of word, sentence, and narrative comprehension *Neuro image*, *25*(3), 1002-1015.

Zazkis, R., & Liljedahl, P. (2008). *Teaching mathematics through storytelling,* Thousand Oaks, CA: Sage.

Expected problems for storytelling mathematics education and some suggestions

Yon Mi Kim
Department of Basic Science, Hong Ik University
E-mail : kimym@hanmail.net

Inspite of many strengthens of storytelling mathematics education, some problems are expected: when math is taught in concrete contexts, students may have trouble to extract concepts, to transfer to noble and abstract contexts, and they may experience inert knowledge problem. Low achieving students are particularly prone to these issues. To solve these problems some suggestions are made by the author. These are analogous encoding and progressive formalism. Using analogous encoding method students can construct concepts and schema more easily and transfer knowledge which shares structural similarity. Progressive formalism is an effective way of introducing concepts progressively moving from concrete contexts to abstract context.

* ZDM Classification : D13
* 2000 Mathematics Subject Classification : 97D42
* Key words : Storytelling, Inert knowledge, Analogical Encoding, Progressive formalism, Seductive derails effects