

초등학생들의 시스템사고 교수-학습 효과

The Effects of the Teaching and Learning Strategy for Systems Thinking Education in Elementary Students

문병찬* · 송진여**

Moon, Byeong-Chan · Song, Jin-Yeo

Abstract

The main purpose of this study is to explore the effects of the teaching and learning strategy for systems thinking education in elementary students.

For this, we developed the teaching and learning material for the systems thinking education based on the book, namely “The tip of the iceberg,” and applied to the control group(N=97) of the all students(N=201).

The results were as follows. Firstly, the products of the control groups showed more cycle loops than non-control groups. Secondly, the prominent difference of the number of cycle loops was displayed by the 5th graders between control and non-control groups. Thirdly, in this study, applying the teaching and learning strategy for systems thinking education didn't increase the students' thinking ability in terms of quantity.

Consequently, this study showed that improving systems thinking ability of higher elementary students is possible through the teleological education.

Keywords: 시스템사고, 시스템사고 교육

(Systems Thinking, Systems Thinking Education)

* 광주교육대학교 과학교육과 교수(제1저자, mbc@gnue.ac.kr)

** 수문초등학교 교사(공동저자, sjy5729@hanmail.net)

I. 서론

1. 연구필요성 및 목적

시스템사고는 복잡한 시스템의 동태적 문제를 이해하고 처방하는 방법론임과 동시에 역동적인 시스템의 특성을 파악하는데 효과적으로 적용할 수 있는 사고방식으로서 다양한 분야에서 널리 활용되고 있다(손태원, 1995; 김도훈 외, 1999; 김동환, 2004; 문병찬, 2011). 최근 과학교육 분야에서도 시스템사고에 대한 관심은 크게 증가하고 있다. 과학교육분야에서 시스템사고에 대한 관심이 높은 이유로 시스템사고가 지닌 두 가지 측면의 유용성을 제안해 볼 수 있다. 첫째, 시스템사고는 역동적인 시스템의 특성을 분석하여 결과를 예측하는데 유용한 사고기법이다. 자연현상과 자연사물들에 대해 타당하고 신뢰할 만한 방법으로 과학지식을 창출하는 과학에서 자연현상과 사물들의 특성이 거시적인 지구시스템의 구성요소들 간 상호작용의 결과(김만희 · 김범기, 2002; 문병찬 · 김해경, 2007; 장의선, 2007)로 인정되면서 시스템사고가 지닌 시스템 특성분석의 도구적 유용성이 주목을 받고 있다(Kali et al., 2003; 문병찬 외, 2004; 이효녕 외, 2011). 둘째, 시스템사고는 질적 사고임과 동시에 수준 높은 사고기술이다(김동환, 1999; Frank, 1999). 과학교육에서 학생들의 인지적 학업성취와 더불어 과학적 사고 및 창의성 신장 등 사고교육 목표 달성은 큰 비중을 차지한다(과학교육기술부, 2009). 이런 맥락에서 사고교육의 교육과정으로서 시스템사고가 매우 유용하다고 볼 수 있다.

위에서 언급한 사고교육 교육과정으로서 시스템사고의 유용성을 고려해볼 때, 2013년부터는 우리나라 교육 분야에서 시스템사고의 중요성이 크게 강화될 것으로 예상된다. 왜냐하면, 2013년부터 우리나라 모든 학교교육은 2009개정교육과정이 본격적으로 적용되기 때문이다. 2009개정교육과정은 기존 교육과정과는 달리 모든 교과교육을 통해 학생들의 창의·인성함양을 공통적인 목표로 설정하고 있다는 것이 가장 큰 특징이다(교육과학기술부, 2009). 창의성은 사고영역이므로 창의성을 신장하기 위한 교육에서는 학생들의 사고기술교육에 필요한 교수-학습전략이 요구되고 있으며, 이미 선행연구결과에서도 시스템사고에 대한 교육을 통해 창의성의 교육요소로 인정받고 있는 확산적사고 능력의 향상이 확인된 바 있다(김도훈 외, 2006).

더 나아가 교육에서 평가는 학생들의 학습효과를 측정하기 위한 필수과정이고, 평가에서 얻어진 학생들의 학습결과는 교사들이 지속적으로 교수-학습 전략을 수립하는데 반영되어져야만 하는 유용한 자료이기도 하다. 이런 맥락에서 2009개정교육과정이 표방하는 창의·인성의 학습효과를 측정하는 평가도구로서 시스템사고의 인과지도는 유용하게 사용될

수 있다(문병찬, 2011). 결론적으로 시스템사고가 지닌 동태적 시스템의 유용한 분석도구로서의 가치와 사고교육의 교육과정으로서의 유용한 가치를 충분히 활용하기 위해서는 우리나라 교육에서 학생 및 교사들에게 시스템사고를 교육할 수 있는 다양한 방안들을 모색해야 한다. 이를 위해서 우선 교육에 필요한 기초자료들이 과학적인 범주에서 수집되어야 하고, 이를 토대로 효과적인 교수-학습 방법이 구안되어야 할 것이다. 따라서 본 연구에서는 초등학교 학생들에게 시스템사고를 교육하고 시스템사고를 학습한 학생들의 검사지를 분석하여 시스템사고를 학습하지 않은 학생들의 결과와 비교·분석해 보았다. 지금까지 많은 선행연구들에서 적용된 방법인 교과지식을 대상으로 한 시스템사고 접근과는 달리 본 연구는 교과지식을 배제한 시스템사고교육 프로그램을 개발하여 적용하였으며, 이를 통해 초등학생들에서 나타나는 시스템사고 교육의 학습적 효과를 알아보는데 연구 목표를 두었다.

2. 이론적 배경

우리나라를 비롯한 세계 여러 나라 과학교육분야에서 ‘시스템사고’ 용어가 직접 언급된 것은 2000년대 전·후로서 약 10여 년의 짧은 역사를 가지고 있다. 1980년대 후반부터 1990년대 초반에 걸쳐 미국 과학교육 관련 분야, 특히 지구과학을 중심으로 과학의 본성 중 ‘시스템’이 강조되면서 지구시스템(Earth System, ES), 지구시스템과학(Earth System Science, ESS)개념 등이 등장하였고(Earth System Committee, 1988; Mayer, 1995), 21세기를 앞둔 시점에서 새로운 과학교육 패러다임으로서 과학적 소양과 더불어 지구계교육(Earth System Education, ESE)이 널리 확산되었다(Resnick, 1994; Mayer, 1995; Penner, 2000; 대한지구과학교육학회, 2010). 그러나 당시 과학교육분야에서 제안된 시스템개념은 자연현상이 단편적이고 독립적으로 작동하지 않으며 기권, 수권, 암석권, 생물권 등 복잡하고 다양한 구성요소들 간 상호작용에 의한 결과라는 것을 인식하는 것이 주요내용 이었다(AAAS, 1989; NSTA, 1990; NRC, 1996).

이는 시스템의 구조적 특성을 구성요소들 간 상호 관계에서 파악하고 역동성과 순환성 그리고 지연시간에 근거하여 전체시스템의 특성을 분석하는 사고방식(Senge, 1998; Ison, 1999)으로서의 시스템사고와는 그 의미에 차이가 있으므로, 과학교육분야에서 시스템사고와 직접적인 관계가 형성되었다고 보기에는 다소 무리가 있다.

Forrester(1992)는 학교교육이 실제 사회가 지닌 역동성을 반영하지 못할 뿐만 아니라 고정적이고 단편적인 사실만을 중심으로 교육과정을 운영함으로써, 학생들의 합리적인 의사결정 및 미래사회 대비를 위한 교육으로서 부족함을 지적하였다. 이를 극복하기 위한 방안으로 시스템다이내믹스와 시스템사고의 교육적 필요성을 강조함과 동시에 Robert(1975)의

연구사례를 통해 초등학생의 수준에서도 시스템다이내믹스 및 시스템사고의 교육적 효과를 얻을 수 있는 가능성을 주장하였다. 이후, 과학교육분야에서도 초등학생을 포함한 거의 모든 학년을 대상으로 시스템사고의 유용성과 과학교육적 효과 및 시스템사고 교육을 위한 교수-학습전략들에 연구들이 다양하게 이루어졌으며(Orion, 1998; Sheely et al., 2000; kali, 2003; kali et al., 2003; Ben-Zvi Assaraf & Orion, 2005). 위 연구결과들이 공통적으로 시사하는 바는 과학교육의 패러다임에 근거하여 시스템사고는 과학교육에서 매우 중요한 교육과정으로 인식해야 한다는 것과 현재 학생들의 시스템사고 수준은 낮다는 것 그리고 시스템사고 교육프로그램을 통한 교수-학습을 통해 학생들의 시스템사고의 수준을 향상시킬 수 있다는 것으로 정리될 수 있다.

우리나라의 경우, 김만희와 김범기(2002)에 의한 ‘현대과학교육의 동향과 시스템사고 패러다임의 비교연구’는 과학교육분야에서 ‘시스템사고’ 용어를 처음으로 언급하였을 뿐 만 아니라 과학과 과학교육을 시스템사고 패러다임과 비교하여 분석하였다는 점에서 큰 의의를 지닌다. 이후, 문병찬 등(2004)의 ‘예비교사들의 탄소순환에 대한 지구시스템의 관련개념과 시스템사고의 적용’, 장의선(2007)의 ‘시스템사고를 배경으로 한 지리적 사고의 재구성’, 문병찬과 김해경(2007)의 ‘예비초등교사들의 시스템사고 능력 및 특성에 대한 연구’, 한진아(2008)의 ‘생태계 학습에서 초등학생들의 시스템사고 적용실태’, 김태수(2009)의 ‘과학글쓰기를 통해 본 학생들의 지구시스템에 대한 이해와 시스템사고의 분석’, 이현동(2011)의 ‘고등학생들의 시스템사고 향상을 위한 프로그램개발 및 적용(지구온난화를 중심으로)’, 권용주 등(2011)의 ‘생태계에 대한 생물교사의 시스템사고 분석’, 윤태욱(2011)의 ‘마인드맵을 활용한 영재학급과 일반학급 중학생의 시스템사고 분석’의 연구들을 통해 과학교육분야에서 시스템사고의 교육적 유용성 및 중요성이 확인되었다. 이외에도 김도훈 등(2006)의 ‘청소년의 시스템 사고 교육을 통한 창의성의 기반이 되는 사고의 확장 효과 분석’ 연구는 학생들의 창의성을 향상시킬 수 있는 시스템사고의 교육적 유용성을 확인했다는 것과 문병찬(2011)의 ‘인과지도를 통한 창의검사 방안 탐색’ 연구는 시스템사고의 사고수준에 대한 측정도구로서의 가능성을 확인했다는 점에서 우리나라의 과학교육 분야와 시스템사고 간 밀접한 관계 설정의 의미를 찾을 수 있다.

지금까지 약 20여 년에 걸친 시스템사고와 과학교육분야와의 학문적 관계에 대해 개략적으로 언급하였다. 매우 짧은 역사임에도 불구하고 시스템사고는 우리나라 뿐 만 아니라 세계 여러 나라의 과학교육분야에서 과학교육 및 사고 패러다임으로 인정받을 만큼 큰 관심을 받고 있으며, 특히 최근 과학교육에서 학생들의 사고활동이 강조(교육과학기술부, 2009)됨에 따라 우리나라 과학교육분야에서 시스템사고와 관련된 연구들이 급속하게 증가하고 있다. 지금까지 과학교육 분야에서 이루어진 시스템사고 관련연구들이 시스템사고에

대한 사고방식으로서의 유용성, 학생들의 시스템사고에 대한 이해수준 및 교육 프로그램개발 및 적용효과 등에 중점을 두었다면 이후에는 학교에서 이루어지는 실제 과학수업에서 시스템사고 개념과 적용이 확산되어질 수 있도록 시스템사고 교육을 위한 구체적인 교수-학습 전략방안 등을 모색하는 많은 연구들이 이루어져야 할 것으로 생각된다.

II. 연구방법 및 절차

1. 연구대상

본 연구의 대상은 G광역시소재 초등학교의 6개 학급 4, 5, 6학년 학생 201명이며, 학년별로 각 두 개 반을 실험반과 비교반으로 구분하고, 실험반을 대상으로 개발된 교육 자료를 활용하여 시스템사고에 대한 교수-학습을 실시하였다.

2. 연구절차 및 방법

본 연구는 단일 초등학교 같은 학년에서 서로 다른 학급은 학생들의 학력 및 사고수준에서 동질집단으로 가정하였다. 따라서 연구에 참여한 학생들을 대상으로 학력 및 시스템사고 수준에 대한 사전검사는 실시하지 않았으며, 해당학교에서 각 학년별로 실험반과 비교반을 설정하였다. 비교반 학생들은 교육과정에 따라 일반적인 학교수업을 진행하였으며, 실험반 학생들은 별도의 시간에 40분 동안 시스템사고 교육을 실시하였다. 시스템사고 교육은 특별히 개발된 시스템사고 교육 자료와 학습 활동지를 적용하여 교수-학습을 진행하였다. 시스템사고 교육에서 적용된 교수-학습활동의 주요내용은 연구 대상이 초등학생임을 고려하여 시스템사고에 대한 개념중심의 이론적 수업보다는 시스템사고 개념을 이해할 수 있는 흥미 있는 이야기를 플래쉬 형식으로 재구성하여 교수-학습 자료로 활용하고, 학생들이 학습한 내용을 중심으로 재구성된 학습 활동지를 통해 시스템사고 개념을 이해할 수 있도록 하였다. 실험반 학생들에게 시스템사고 교육을 실시한 일주일 후에 실험반과 비교반에 속하는 201명을 대상으로 동일한 검사 도구를 통해 시스템사고 수준을 검사하고 그 결과를 비교·분석하여 실험반과 비교반 그리고 학년별로 나타난 특징을 분석하였다. 시스템사고 수준검사에서 평가준거는 Kali et al.(2003)와 김동환(2005)에 의해 제안된 시스템사고의 적절성 기준인 순환 고리의 완성여부에 두었다.

3. 시스템사고 교육 자료와 검사 도구

Senge(1990)는 학생들이 시스템사고를 하는데 다음과 같은 선개념들이 일반적인 장애물로 작용하기 때문에 시스템사고 교육에서는 그 개념들을 변화시켜 주는 것에 강조하는 것을 제안하였다. 즉, 1)오늘의 문제는 어제의 문제해결로 발생 되었다. 2)애쓰면 애쓸수록 전체시스템은 점점 악화 된다. 3)더 악화되기 전에 조치하면 상태는 호전된다. 4)일반적으로 문제 해결에서 쉬운 방법은 문제를 더욱 어렵게 한다. 5)질병 치료는 치료받기 전보다 더욱 상태를 악화시킨다. 6)재촉할수록 느려진다. 7)인과관계는 시·공간의 관계와 밀접하지 않다. 8)사소한 변화가 엄청난 결과를 만들 수 있다. 그러나 가끔은 지렛대의 가장 높은 곳이 가장 낮은 곳으로도 보인다. 9)너는 너의 케익을 먹을 수 있다. 그리고 지나치게 많이 먹을 수 있다. 그러나 그것을 한 번에 먹을 수는 없다. 10)한 마리의 코끼리를 반으로 나누는 것은 두 마리의 작은 코끼리를 만든 것은 아니다. 11)원인은 없다.

위와 같은 Senge(1990)의 제안에 근거해 볼 때, 시스템사고 교육을 위한 프로그램은 각각의 선개념들을 변화시킬 수 있도록 복합적인 내용으로 구성되어져야 한다. 그러나 연구 목적이 초등학생들을 대상으로 서로 다른 학년들에서 시스템사고의 교육적 효과를 알아보는 것이 핵심이다. 그러므로 이미 전문가에 의해 시스템사고를 널리 이해시키려는 목적에서 저술된 전문서적임을 인정하고, 데이비드 허친스가 글을 쓰고 바비 콤버트가 그림을 그린 『펭귄의 잘못된 계약(The Tip of the Iceberg)』을 박영옥(2008)이 해설한 책의 내용을 플래쉬 형식으로 재구성하여 시스템사고 교육프로그램으로 제작하였다. 『펭귄의 잘못된 계약』은 시스템사고 교육을 위한 내용에서 ‘펭귄과 바다사자들이 상호 협력하여 생활하는 역동적인 사회시스템에서 예기치 않게 발생된 문제의 원인을 시스템사고를 통해 효과적으로 분석하는 과정을 그려내며, 문제해결과정에서 모든 것들이 서로 연결되어 있다는 것을 이해하는 것’을 보여주고 있다는 측면에서 본 연구에서 적용하고자 하는 교육프로그램에 타당하다고 판단하였다. 또한 8세부터 88세까지 읽을 수 있는 철학 동화수준이라는 것 또한 초등학생을 대상으로 하는 본 연구의 목적에 적합하다고 판단하였다. 시스템사고 교육을 위한 프로그램은 총 44장의 화면과 배경음악 및 해설로 구성하였다(그림 1).



[그림 1] 시스템사고 교육 자료(중간 생략)

학생들의 시스템사고 수준을 평가하기 위해 사용된 검사 도구는 연구자들에 의해 개발된 것으로서, 연구자들 간 토론을 통해 수정·보완하여 최종적으로 확정되었고 전문가들을 대상으로 별도의 타당도 검사는 실시하지 않았다. 검사도구 내용은 문제해결 과정에서 학생들의 사고전개가 순환되는지와 시스템을 구성하는 요소들 간 상호관계를 논리적으로 파악하고 있는지를 평가하는데 중점을 두었다(그림 2).

다음 문제를 해결해 봅시다

문제 2. 아래 글을 잘 읽고 금값상승 원인을 잘 생각하여 변인들 간 관계를 화살표로 연결하고, 그것들을 모아서 전체 관계도로 그려보세요.

중동은 석유 자원이 풍부한 지역입니다. 석유는 교통수단에 이용될 뿐 만 아니라 산업현장에 없어서는 안 될 중요한 자원입니다. 하지만 종교적 또는 정치적인 이유로 중동에 전쟁이 일어나게 되면 석유생산이 원활하지 못하게 되어 석유가격이 올라갑니다. 이렇게 석유가격이 오르면 자동차에 이용되는 휘발유 값과 함께 전기요금을 포함한 모든 물가가 오르기 마련입니다. 또한 물가와 함께 금값이 오르게 됩니다. 그러면 경제가 불안해지겠군요. 전 세계가 경제가 불안해지면 어떻게 될까요?

문제 3. 우리 생활 속에서 일어났던 많은 문제들을 생각해 봅시다. 그 문제들은 여러 가지 변인들이 상호작용하여 발생된다는 것을 알 수 있습니다. 여러분이 생각한 문제 들 속에 서로 얽혀있는 변인 들은 무엇들이 있습니까? 그 변인들을 서로 연결 지어 상호작용을 관계도로 나타내어 봅시다.

[그림 2] 시스템사고 검사지

Ⅲ. 연구결과 및 논의

1. 초등학교 4학년 학생들의 시스템사고 교육 효과

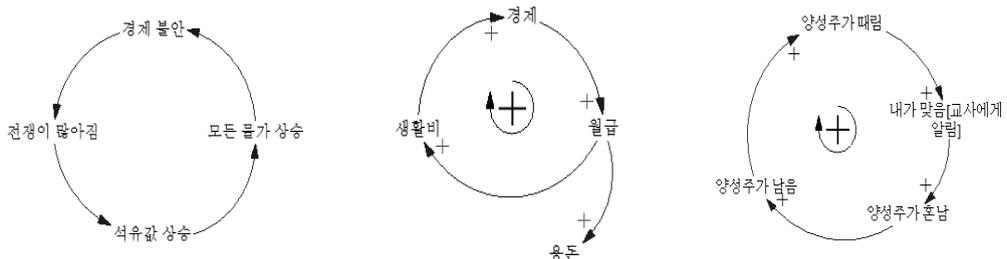
4학년 학생들을 대상으로 시스템사고 교육의 학습효과를 알아보기 위해 실험반과 비교반에 적용된 검사지의 결과를 분석하였다. 분석결과, 시스템사고를 학습한 실험 반 학생들의 산출물에서 비교반 학생들에 비해 더 많은 순환 고리가 나타났다(표 1). 검사도구로 사용된 두 개의 문제는 내용과 방법에서 서로 다른 특징을 가지고 있다. 2번의 경우, 전쟁과 물가 그리고 금값의 상호관계를 지문을 통해 미리 설명하고 서로 다른 두개의 구성요소들 간 관계에 대해 생각하는 활동을 실시 한 후, 최종적으로 모든 구성요소들의 상호관계에 따라 전체 시스템을 완성하도록 하였다. 반면 3번은 일상생활 속에서의 경험에 근거하여 구성요소들을 스스로 설정하고 그들 간 관계를 연결하여 전체시스템을 완성하는 것이다. 위와 같이 검사도구의 내용과 방법이 서로 달랐음에도 불구하고 학생들에서 나타나는 결과

는 매우 유사하였다. 실험반의 경우 2번과 3번 문항에서 11명과 10명이 순환 고리를 완성하였고 비교반에서는 5명과 2명이 순환 고리를 완성함으로써 시스템 사고를 수행하였다. 위 결과는 특별한 시스템사고에 대한 교수-학습을 경험하지 않은 초등학교 4학년 학생들의 경우에도 일부 학생들은 수준 높은 사고인 시스템사고를 일상생활에서 구현하고 있다는 것과 계획된 시스템사고 교수-학습을 통해 시스템사고 능력이 향상 될 수 있음을 시사한다. 이는 Sheehy et al.(2000)의 선행연구에서 주장한 것으로, 어린 초등학생들이 일상생활에서 수준 높은 사고 중 하나인 시스템사고를 구현하고 있다는 연구결과와 일치하며, Kali et al.(2003)등의 연구에서 학생들의 시스템사고 수준은 시스템사고와 관련된 학습프로그램을 통한 교수-학습을 통해 향상될 수 있다는 연구결과와도 일치한다.

〈표 1〉 4학년 학생의 검사지 결과

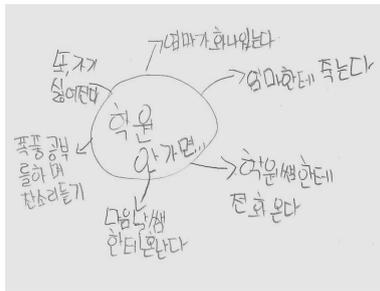
구 분	학생수	문항번호	순환 고리	비순환 고리	무응답
실험반	30	2번	11명(36.7%)	14명(46.7%)	5명(16.6%)
		3번	10명(33.3%)	13명(43.3%)	7명(23.4%)
비교반	35	2번	5명(14.3%)	28명(80.0%)	2명(5.7%)
		3번	2명(5.7%)	31명(88.6%)	2명(5.7%)

시스템사고 교육의 효과적 측면에서 분석해 볼 때, 실험반 학생들 중 20%의 학생들이 문제에 대한 무응답비율을 차지한 상태에서 35%의 학생들이 시스템 사고를 수행한 반면 비교반의 경우, 무응답 비율은 낮았지만 10%의 학생들이 시스템 사고를 수행하였다(표 1). 검사지에 학생들이 기술한 내용 중 일부를 핵심 프로그램으로 변환하였다(그림 3).

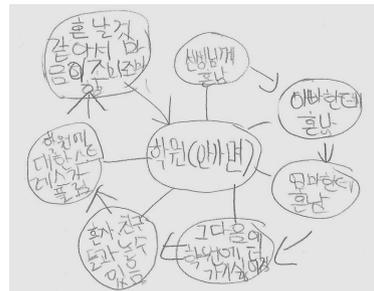


[그림 3] 4학년 학생들의 시스템사고 수행 사례

[그림 3]에서 나타난 바와 같이 시스템사고를 수행한 것으로 인정된 학생들은 사고형식에서 순환 고리를 완성하였을 뿐 만 아니라 순환 고리를 구성하는 요소들의 상호작용을 인과 관계적 측면에서 논리적으로 이해하고 있음을 알 수 있다. 한편, 김동환(2000)에 의해 주장된 합리적사고와 시스템사고가 사고방식에서 서로 다르다는 것을 인정하면, 일부학생들은 합리적 사고는 수행하였지만 시스템사고는 수행하지 못하였다. 김동환은 합리적 사고는 양적측면, 내적일관성, 형식적 측면을 강조하는 반면, 시스템사고는 질적 측면을 강조하며 외적일관성과 내용적 측면을 강조하는 사고방식으로 정의하였다. 위 관점에 근거하여 [그림 4]에서 제시한 두 학생의 검사지를 비교·분석해보면 A학생은 다양한 구성요소들 간 상호작용을 생각함에 있어서 인과관계에 따른 지연 시간(delay time)과 단일시스템의 순환성에 근거한 동태적 구조를 체계화시키지는 못하고 관련된 여러 개의 사건들을 나열하는 합리적 사고를 수행하였고 반면에 B학생은 A학생과 크게 다르지 않은 구성요소들을 활용하여 인과관계에 대한 동태적 구조를 체계화함으로써 시스템 사고를 수행한 것으로 볼 수 있다.



A학생: 합리적사고의 예



B학생: 시스템사고의 예

[그림 4] 합리적사고와 시스템사고

2. 초등학교 5학년 학생들의 시스템사고 교육 효과

5학년 학생들의 실험반과 비교반의 검사지 분석 결과는 다음과 같다(표 2). 분석결과, 시스템사고에 대한 학습이 이루어진 실험반 학생들의 검사지에서 37.5%인 14명의 학생들이 시스템사고를 구현한 것으로 나타났다. 반면, 비교반의 경우, 2명 학생의 검사지에서 순환 고리가 나타나 이를 근거로 시스템사고를 구현한 것으로 분류되었다.

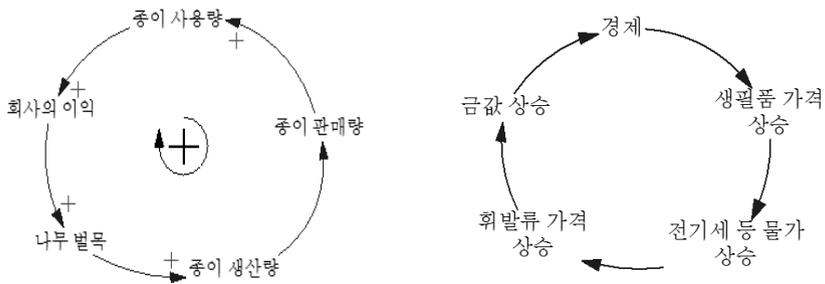
5학년 학생들의 결과를 4학년과 비교해볼 때, 시스템사고 교수·학습을 실시하지 않은 비교반의 경우, 4학년 학생들에 비해 오히려 시스템사고를 구현하는 학생 수가 더 적게 나타

났다. 반면, 시스템사고 교수-학습이 이루어진 실험반의 경우에는 37.5%인 24명의 학생들이 시스템사고를 수행하여 4학년 실험반에 비해 다소 많은 학생 수가 나타났다.

〈표 2〉 5학년 학생의 검사지 결과

구 분	학생수	문항번호	순환 고리	비순환 고리	무응답
실험반	32	2번	14명(43.8%)	13명(40.6%)	5명(15.6%)
		3번	10명(31.3%)	22명(68.7%)	0명(0%)
비교반	35	2번	1명(3.0%)	29명(87.9%)	3명(9.1%)
		3번	1명(3.0%)	17명(51.5%)	15명(45.5%)

비교반의 경우 별도의 시스템사고 교수-학습을 실시하지 않았으므로, 위 결과에 근거하여 초등학생들의 경우 학년이 높을수록 시스템사고 구현능력 또한 높을 것으로 단정 지을 수 없으며, 시스템사고 교육에 대한 학습효과는 4학년에 비해 5학년 학생들에서 더 높은 것으로 해석될 수 있다. 5학년 학생들의 검사지에서 시스템사고를 수행한 학생들 중 일부의 예는 [그림 5]와 같다.



[그림 5] 5학년 학생들의 시스템사고 수행 사례

3. 초등학교 6학년 학생들의 시스템사고 교육 효과

6학년 학생들의 검사지를 분석한 결과, 4학년과 5학년 학생들에 비해 실험반과 비교반 모두에서 시스템사고를 수행한 학생들의 비율이 높았다(표 3). 학년에 구분 없이 검사지의 내용이 동일하였으므로 6학년 학생들은 4, 5학년 학생들에 비해 문제를 이해수준에서 차이가 있을 것으로 가정하면 결과해석에서 6학년 학생들의 시스템사고 수행능력이 높은 것으로 판단하기에는 무리가 있다. 본 연구목적인 시스템사고 교육의 효과 측면에서 검사지의 결과를 분석하면, 시스템교육을 실시한 실험반 학생들이 비교반에 비해 시스템사고를 수행

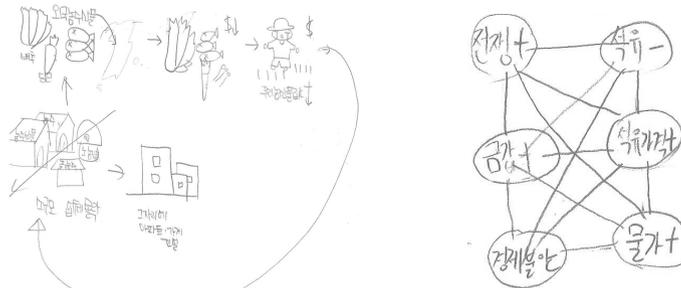
하는 비율이 높게 나타났다. 위 결과는 6학년 학생들 또한 시스템사고 교육의 효과가 있음을 의미한다.

〈표 3〉 6학년 학생의 검사지 결과

구분	학생수	문항번호	순환 고리	비순환 고리	무응답
실험반	35	2번	13명(37.1%)	19명(54.3%)	3명(8.6%)
		3번	15명(42.9%)	18명(51.4%)	2명(5.7%)
비교반	35	2번	7명(19.4%)	24명(66.7%)	5명(13.9%)
		3번	6명(16.7%)	25명(69.4%)	5명(13.9%)

6학년 학생들의 사고를 분석한 결과, 시스템사고에 대한 학습이 이루어진 실험반 학생들의 활동지에서 40.0%의 학생들이 순환 고리를 완성하였다. 이에 비해 시스템사고에 대한 학습이 이루어지지 않은 비교반 학생들 중 18.1%의 학생들이 순환 고리를 완성함으로써 시스템사고를 수행하는 것으로 판단되었다(표 3).

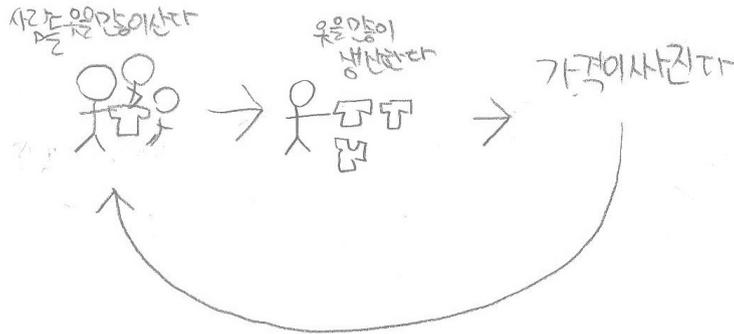
4, 5학년 학생들과는 달리 6학년 학생들에게서 나타나는 특징 중 하나는 일부 학생들이 시스템사고 교육에서 목표한 수준이상으로 시스템사고에 대한 학습효과가 나타났다. 예를 들면, 시스템사고 교육에서는 구성요소들 간 상호작용을 1:1의 개념에서 이해시켰으므로 학습한 내용을 그대로 적용하면 구성요소들의 관계에서 인과관계를 설정하여 단일 순환 고리를 완성할 것으로 예상하였지만, [그림 6]에서 나타난 바와 같이 일부 학생들은 하나의 원인에서 두 개 이상의 결과를 생각하거나 또는 구성요소들 간 다양한 관계를 설정함으로써 복잡한 시스템의 특성을 생각하였다.



[그림 6] 6학년 학생들의 검사지의 예

특히, 강○○ 학생의 경우 시스템사고를 수행하면서 다른 학생들처럼 원형의 순환 고리로 표현하지 않고 피드백작용을 강조하는 특별한 형식으로 나타냄으로써 시스템사고의 분

석적 유용성을 높은 수준에서 이해한 것으로 해석되었다(그림 7). 검사지를 분석한 후, 강○○ 학생과의 별도의 면담을 실시한 결과 학생은 시스템사고를 배우고 난 후 ‘모든 게 연결되어있다’는 것을 알게 되었으며, ‘경제가 신기하다’와 ‘한 가지가 잘못되면 다른 것도 영향을 끼친다’라는 것을 알게 되었다고 진술함으로써 시스템사고 교육의 효과가 높은 것으로 판단되었다.



[그림 7] 6학년 강○○학생의 검사지

4. 시스템사고 교육의 양적 사고능력 효과

본 연구에서 초등학생들을 대상으로 실시한 시스템사고 교육의 효과에서 학생들의 양적 사고 측면에 대한 향상 여부 결과를 알아보기 위해 학생들의 검사지를 대상으로 사용된 단어의 총수를 조사하였다(표 4).

<표 4> 4, 5, 6학년 학생들의 검사지에 사용된 단어수 (N=201)

	문항 번호	4학년		5학년		6학년	
		갯수	평균	갯수	평균	갯수	평균
비교반	2번	181	5.2	164	4.9	168	4.6
	3번	161	4.6	75	2.3	162	5.0
실험반	2번	129	4.3	143	4.5	174	4.5
	3번	95	3.2	131	4.1	120	3.4

단어 수를 조사함에 있어서 시스템사고를 수행한 것과 수행하지 않은 경우는 구분하지 않았으므로 시스템사고 수행능력과는 관계가 없다. 조사결과, 시스템사고 교수-학습을 경험한 실험반과 시스템사고 교육을 받지 않은 비교반 간 뚜렷한 차이점은 나타나지 않았다.

검사지의 내용에서 2번 문제의 경우, 이미 내용에서 특별한 상황을 주었으므로 학생들이 사용하는 구성요소들은 거의 비슷할 것으로 예상되었다. 그러나 3번 문제는 스스로가 상황을 설정하여 변인들간 관계를 사고하는 것이었으므로 학생들의 사고능력에 따라 큰 차이가 나타날 수 있다. 검사지의 분석결과, 시스템사고 교육을 받지 않는 비교반에서 더 많은 단어들 사용되었다. 특히, 6학년의 경우에는 3번 문제에서 실험반 학생들이 평균 3.4개의 단어를 사용한 반면, 비교반 학생들은 평균 5개의 단어를 사용하였다. 4학년에서도 3번 문제에서 비교반이 4.6개인 반면, 실험반은 3.2개로 나타났다. 본 연구의 결과를 김도훈 외(2006)에 의해 수행된 선행연구 결과인 시스템사고의 교육효과로 학생들의 확산적 사고에 효과를 얻은 것과 비교해 볼 때 차이가 나타난다.

그러나 김도훈 외(2006)의 연구에서는 본 연구와는 달리 시스템사고 교육을 중학교 학생들을 대상으로 하였으며, 교육을 일정시간 지속적으로 실시하였고, 효과를 검사하는 방법에서 마인드맵을 사용하였으므로 본 연구의 결과와 단순 비교하는 것은 무리가 있다. 또한 본 연구에서는 실험반의 경우, 이미 시스템사고라는 특별한 사고방법을 교수-학습함에 따라 학생들이 사고활동에서 내용적으로 확산적 사고에 치중하기보다는 구성요소들 간 연결 관계에 집중함으로써 사용된 단어 개수가 한정될 수 있는 가능성이 있다. 예컨대, 시스템사고의 교육효과가 가장 높게 나타난 5학년의 경우, 3번 문항에 대해 실험반 학생들의 검사지에서 순환 고리를 완성한 학생 수가 10명으로 1명인 비교반에 비해 높게 나타난 반면 사용된 단어 수는 오히려 큰 차이로 낮게 나타났다는 것을 근거로 들 수 있다.

IV. 결론

좁은 의미에서 과학교육은 인류의 발전을 위한 인간의 실질적 행위로서, 과학과 교육을 활용하여 사회·문화를 이루어가는 특별한 분야로 정의할 수 있다. 따라서 과학교육의 목적과 목표는 항상성 보다는 사회가 변함에 따라 당시 시대에 적합한 모습으로 적응해가는 변화의 속성을 지닌다. 예컨대, 특정 상황에서 자신의 기억 속에 보유하고 있는 과학지식만을 사용할 수 있었던 과거의 사회에서는 가능한 많은 지식을 이해하고 궁극적으로는 이를 기억하고 있는 것이 지식인의 지위를 확보하는데 우선적 요건이었다. 위와 같은 사회여건 하에서 과학교육은 학생들에게 가능한 많은 과학지식을 이해·기억시킴으로써 일상생활에서 직면하는 문제들을 해결하는데 보탬이 되도록 하는 것이 목표 중 일부분을 차지하였다. 그러나 과학기술의 발달로 다양한 지식들이 특정 포털에 쌓인 현재의 사회여건에서는 누구나 언제라도 필요한 지식을 검색하여 사용할 수 있게 되었다. 이는 현재의 사회에서 단편

적인 지식들을 가능한 많이 기억하여 개인의 소유로 지니고 있다는 것이 더 이상 특별한 유의미적 가치로 인정될 수 없음을 의미한다.

이에 따라 과학교육 뿐 만 아니라 거의 모든 교과교육에서 학생들의 사고력 향상에 대한 비중을 교과의 학습목표에서 높여가고 있다. 위와 같은 상황에서 Kim(2005)은 특히 타 교과와 비교하여 사고능력 향상을 교육적 목표로 강조하는 과학교육분야에서 시스템사고가 왜 중요한지에 대한 근거를 다음과 같이 구체적으로 제시하였다. “첫째, 시스템사고는 현재 과학교육의 목적과 목표에서 큰 비중을 차지하는 ‘과학적 소양’을 실현 하는데 매우 유용한 사고패러다임이다. 둘째, 20세기 이후로 과학 분야의 사고패러다임은 분석적 사고에서 시스템사고로 변화되었다. 셋째, 과학교육분야에서 사고패러다임과 과학적 소양의 관계는 시스템사고 방식으로 해석되어야 한다.”

본 연구는 Kim(2005)이 주장한 바와 같이 현재 시대여건을 반영하여 새롭게 정립된 과학교육에서 시스템사고의 중요성을 인정할 뿐 만 아니라 더 나아가 우리나라 학생들에게 시스템사고를 교육하는 것이 필요하다는 인식에서 시스템사고 교육의 효과적인 방안을 모색하기 위한 기초자료 확보차원에서 이루어졌다.

본 연구결과에 근거해 볼 때, 초등학교 4, 5, 6학년 학생들은 시스템사고 교육에 대한 합목적적인 교수-학습을 통해 시스템사고 능력이 향상될 수 있다는 결론을 내릴 수 있다. 비록 초등학교 단위 수업시간에 한 차례 시스템사고 교육을 실시하였지만 실험반 학생들의 산출물에서 교육을 실시하지 않은 비교반 학생들에 비해 인과지도의 완성도가 높게 나타났으며, 구성요소들 간 상호관계에 따른 연결 형태에서 전체적으로 순환성이 향상되었다. 특히, 5학년 학생들의 산출물에서 비교반에 비해 실험반의 교육적 효과가 두드러지게 나타났다.

위와 같은 결과에 대한 이유로 다음과 같은 것들을 추리해 볼 수 있다. 첫째, 지금까지 우리나라 학생들은 학교 교실수업에서 교과지식 외에 사고방식에 대한 교수-학습을 경험한 적이 거의 없었다. 따라서 펭귄과 바다사자 이야기를 소재로 하여 플래쉬 형식으로 진행된 교육내용과 형식에서 교과수업과는 다르게 큰 흥미를 느낌으로서 시스템사고 교육의 효과가 유의미하게 나타났을 수 있다. 위와 같은 추리는 스토리텔링 교수-학습전략이 학생들의 교육적 흥미유발에 효과적이었다는 결과(구정모 등, 2009)에 근거한다.

둘째, 시스템사고가 지닌 순환형식과 사용방법이 학생들에게 매우 인상적으로 작용했을 수 있다. 일반적으로 과학수업에서 다루어지는 학생들의 사고활동은 특정한 자연현상을 대상으로 인과관계에 대한 분석을 핵심에 둬으로써, 결국 단선적사고 형식에 익숙해져 있다. 이런 상황에서 “모든 것이 연결되어 있다는 것과 원인에 대한 결과가 또 다른 원인으로 작용할 수 있다는 것 그리고 작용에 대한 모든 결과가 즉각 나타나지는 않는다.”라는 것을 동물이야기 사례를 통해 직접 경험한 것이 학생들에게는 그동안 자신에게 익숙했던 단선적

사고와 쉽게 구별되어 시스템사고의 특성을 짧은 시간에 파악하는 것이 가능했을 수 있다. 비록 시스템사고에 대한 체계적인 이해는 부족할지라도 위에서 언급된 시스템사고의 특성을 학습한 경우 또 다른 사고활동에서 학습한 내용을 적용하는 데는 일반적인 초등학교 수준에서 크게 무리는 없었을 것으로 판단되기 때문이다.

위 추리결과들을 의미 있는 것으로 인정하면, 초등학교들에게 시스템사고를 교육하기 위한 교수-학습전략으로서 프로그램의 내용은 흥미 있게 구성하여야 하고, 시스템사고에 대한 구체적인 개념과 방법, 특징, 유용한 가치 등에 대해 지식적 측면에서 학생들의 이해를 목표로 수업을 진행하기 보다는 시스템사고의 핵심 개념인 피드백, 순환성, 역동성, 지연시간을 가상적인 상황에 적용하고 학생들이 학습과정에서 이를 경험하게 하는 것이 더욱 효과적이라고 결론내릴 수 있다.

본 연구는 단위 초등학교에 재학 중인 4, 5, 6학년 6개 반, 201명을 대상으로 이루어진 사례연구이므로 도출된 결론이 일반화 될 수는 없다. 다만, 학생들의 사고활동을 강조하는 2009개정교육과정은 우리나라 교육의 지표로 작용하는 현재 시점에서 학생들에게 과학교육분야에서 그 유용성과 중요성을 널리 인정받고 있는 시스템사고를 교육하는 것이 필요하다고 생각한다. 그러나 과학교육 분야에서 시스템사고 교육은 과학교육 학자들에 의해 이루어질 수 없는 한계를 가지고 있다. 시스템사고 전문가들에 의한 유의미한 교육자료 개발 및 교육학자들의 효과적인 교수-학습 전략수립이 우리나라 학생들에게 시스템사고를 교육할 수 있는 효과적인 방안으로 생각한다. 따라서 우리나라에서 시스템사고 교육과 관련하여 시스템사고 전문가와 과학교육 전문가들이 연계한 공동연구들이 이후 더 많이 이루어질 수 있기를 제언한다.

【참고문헌】

- 강천덕 · 이효녕 · 윤일희 · 김은주. (2008). “물의 순환에 대한 고등학생들의 지구시스템 관련 개념과 시스템 사고의 분석”, 『경북대학교 과학교육연구』 제32권 제1호: 61-72.
- 권용주 · 김원정 · 이효녕 · 변정호 · 이일선. (2011). “생태계에 대한 생물교사의 시스템 사고 분석”. 『한국생물교육학회지』 제39권 제4호: 529-543.
- 교육과학기술부. (2009). 『2009 개정교육과정 총론』. 교육과학기술부 고시 제2009-41호.
- 구정모 · 박정호 · 송정모 · 배영권 · 안성훈 · 이태욱. (2009). “문제중심 스토리텔링 프로그램 학습이 학습동기 및 문제해결 능력에 미치는 효과”, 『한국컴퓨터교육학회논문지』 제12권 제1호: 23-32.
- 김광복 · 남진. (2005). “주택재개발임대아파트의 단지배치특성에 따른 임대주택거주자의 커뮤니티의식 분석”, 『국토계획』 제40권 제7호: 73-86.
- 김기찬. (2007). 『Vensim을 활용한 SYSTEM DYNAMICS』. 서울: 서울경제경영.
- 김도훈 · 문태훈 · 김동환. (1999). 『시스템다이내믹스』. 서울: 대영문화사.
- 김도훈 · 이미숙 · 홍영교 · 최현아. (2006). “청소년의 시스템 사고 교육을 통한 창의성의 기반이 되는 사고의 확장 효과 분석”, 『한국 시스템다이내믹스 연구』 제7권 제1호: 51-65.
- 김동환. (2000). “김대중 대통령의 인과지도: 1997년도 금융위기의 원인과 극복에 관한 김대중 대통령의 시스템사고”, 『한국시스템다이내믹스 연구』 창간호: 5-28.
- _____. (2004). 『시스템사고: 시스템으로 생각하기』. 서울: 선학사.
- _____. (2005). “시스템사고의 적용에 관한 내면적 성찰”, 『정부학연구』 제11권: 63-85
- 김만희 · 김범기. (2002). “현대 과학교육의 동향과 시스템사고 패러다임의 비교 연구”, 『한국과학교육학회지』 제22권 제1호: 64-75.
- 김태수. (2009). 『과학 글쓰기를 통해 본 학생들의 지구시스템에 대한 이해와 시스템 사고의 분석』, 석사학위논문. 경북대학교 교육대학원.
- 리양즈웬. (2006). 『너는 꿈을 어떻게 이룰래? : 시스템 사고, 이종순 역』. 서울: 한인.
- 문병찬. (2011). “인과지도를 통한 창의성검사 방안 탐색”, 『한국 시스템다이내믹스 연구』 제12권 제1호: 131-153.
- 문병찬 · 김해경. (2007). “예비초등교사들의 시스템사고 능력 및 특성에 대한 연구”, 『한국 시스템다이내믹스 연구』 제8권 제2호: 235-252.
- 문병찬 · 정진우 · 경제복 · 고영구 · 윤석태 · 김해경 · 오강호. (2004). “예비교사들의 탄소 순환에 대한 지구시스템의 관련개념과 시스템 사고 적용”, 『한국지구과학학회지』 제25

권 제8호: 684-696.

- 대한지구과학교육학회. (2010). 『지구과학교육론』. 서울: 교육과학사.
- 손태원. (1995). “학습조직과 시스템 사고의 이론적 배경”, 『경제연구』제16권 제2호: 109-131.
- 윤태욱. (2012). “마인드맵(Mind map)을 활용한 영재학급과 일반학급 중학생의 시스템 사고 분석”, 석사학위논문. 한국교원대학교 교육대학원.
- 이현동. (2011). “고등학생들의 시스템 사고 향상을 위한 교육프로그램 개발 및 적용 : 지구온난화를 중심으로”, 석사학위논문. 경북대학교 교육대학원.
- 이효녕 · 권용주 · 오희진 · 이현동. (2011). “고등학생들의 시스템 사고 향상을 위한 교육프로그램 개발 및 적용-지구온난화를 중심으로”, 『한국지구과학학회지』 제22권 제1호: 64-75.
- 장의선. (2007). “시스템 사고를 배경으로 한 지리적 사고의 재구성”, 『한국지리환경교육학회지』 제15권 제1호: 77-92.
- 한진아. (2008). “생태계 학습에 초등학생들의 시스템사고 적용 실태”, 석사학위논문. 광주교육대학교 교육대학원.
- H. David. (2008). 『The Tip of the Iceberg; 펭귄의 잘못된 계약. 박영욱 역』. 서울: 바다어린이.
- AAAS. (1989). *Science for all Americans : Project 2061*. Washington, DC: American Association for the Advancement of Science
- Ben-Zvi Assaraf, O. & Orion, N. (2005). “Development of systems thinking skills in the context of earth system education”. *Journal of Research in Science Teaching*. Vol.42: 518-560
- Earth System Science Committee. (1988). *Earth System Science*.
- Forrester. J. W. (1992). *System Dynamics and Learner-Centered-Learning in Kindergarten through 12th Grade Education*. Cambridge, MA: MIT Press, pp.1-23.
- Frank, M. (1999). *Engineering systems view - Characteristics and learning processes, Unpublished dissertation*. Haifa.: The Technion Israeli Institute of Technology.
- Ison, R. (1999). “Applying Systems Thinking to Higher Education”. *Systems Research and Behavioral Science*, Vol.16: 107-113.
- Kali, Y. (2003). “A Virtual Journey within the Rock-Cycle: A software kit for the development of systems-Thinking in the context of the earth's crust”. *Journal of Geoscience Education*, Vol.51, No.2: 165-170.
- Kali, Y., Orion. N. & Eylon, B. S. (2003). “Effect of Knowledge Integration Activities on Students' Perception of the Earth's Crust as a Cyclic System”. *Journal of research in science teaching*, Vol.40, No.6: 545-565.

- Kim, M.H. (2005). "An Implication of System Thinking Paradigm in Current Science Education". *Key Engineering Materials*, Vol: 277-279.
- Mayer, V.J. (1995). "Using the earth System for integrating the science curriculum". *Science Education*, Vol.79: 375-391.
- NSTA (1990). *Science-Technology-Society: Science Education for the 1980s: An NSTA Position Statement*. Washington DC: NSTA.
- NRC (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press, pp.262.
- Orion. N. (1998). "Implementation of new teaching strategies in different learning environments within the science education". Proceeding of the international conference of secondary education in Portugal, Shaping the Future, Politics Curricula Practices, Portugal, pp.125-139.
- Orion. N., Kali, Y. (2003). "The effect of an Earth-Science Learning Program on Students' Scientific Thinking Skills". *Journal of Geoscience Education*, Vol. 53, No.4: 387-393.
- Penner, D. E. (2000). "Explaining Systems: Investigating Middle School Students' Understanding of Emergent Phenomena". *Journal of Research in Science Teaching*, Vol.37, No.8: 784-806.
- Resnick, M. (2004). *Turtles, termites, and traffic jams: Explorations in massively parallel microworlds*. Cambridge, MA: MIT Press, pp.184.
- Robert. N. (1975). "A Dynamic Feedback Approach to Elementary Social Studies: A Prototype Gaming Unit". Ph. D. thesis. Boston University.
- Senge, P.M. (1990). *The fifth discipline: The art & Practice of the learning organization*. New York: Doubleday, pp.371.
- Senge, P.M. (1998). "Fifth discipline: Review and discussion". *Systemic Practice and Action Research*, Vol.11: 259-273.
- Sheely, N.P., Wylie, J.W., McGuinness, C. & Orchard, G. (2000). "How Children Solve Environmental problems : Using computer simulations to investigate system thinking". *Environmental Education Research*, Vol.6, No.2: 109-126.