

ORIGINAL ARTICLE

초등과학 수업에서 시스템사고 학습을 위한 교수-학습 프로그램 개발 및 적용

송진여^{1*} · 문병찬² · 김종희³

(¹봉산초등학교 · ²광주교육대학교 · ³전남대학교)

The Development and Application of the Teaching-Learning Program for Systems Thinking Learning in Elementary Science Classes

Jinyeo Song^{1*} · Byungchan Moon² · Jonghee Kim³

(¹Bongsan Elementary School · ²Gwangju National University of Education · ³Chonnam National University)

ABSTRACT

The purpose of this study was to develop the systems thinking learning program and to confirm the effects of its application in the fourth grades' science class. For it, the test tools were designed to survey divergent thinking and the closed loop based on the casual relation. The systems thinking learning program was developed to make students learn scientific knowledge and systems thinking educational strategies through their regular science class. The two classes of fourth grade were selected and divided into experimental and control groups. After applying pre-test to two groups, the system thinking education program was applied to an experimental group according to the reconstructed lesson plan. Subsequently, post-test was applied to two groups 3 weeks after pre-test. The findings in this study were as follows. In divergent thinking, the systems thinking program was useful to two groups. It could be the repetition effect, but only the experimental group shows a statistically significant change. The effect of the closed loop based on casual relation was deemed statistically significant. It shows these educational strategies were effective in making students understand the systems thinking. Finally, the results of students' interviews shows they were satisfied with this program because they were able to express their thinking with confidence and to find new relations in the change of land. The results suggest that the more research is needed to further develop and improve on students' thinking skills in their regular science classes.

Key words : thinking skill, divergent thinking, systems thinking, elementary science class

Received 29 November, 2015; Revised 18 December, 2015 ; Accepted 21 December, 2015

*Corresponding author : Jinyeo Song, Bongsan elementary school 57, Sanwol-ro, Gwangsan-gu, Gwangju, 62283, Korea.

Phone: +82-62-970-1859

E-mail: sjy5729@hanmail.net

© The Korean Society of Earth Sciences Education . All rights reserved.
This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

국가차원에서 학교교육의 목적 중 하나는 학생들에게 민주시민으로서 소양과 자질을 갖추게 하고, 글로벌 환경에서 경쟁력을 확보하는데 필요한 역량을 지닌 인재를 양성하여 지속발전 가능한 국가의 미래를 대비하는 것에 있다. 반면, 학생차원에서는 미래사회에서 공익 및 개인의 행복한 삶을 영위하는데 필요한 실질적인 힘을 기르는 것이 중요한 목적 중 하나이다. 따라서 학교를 통해 이루어지는 교육과 학습은 현대사회를 살아가는데 필요한 능력 뿐만 아니라 미래사회의 상황 및 환경적 조건 등을 고려하여 계획되고 실천되어야 한다. 그러나 학교교육이 현대사회를 살아가는데 필요한 능력을 길러주는데 한계가 있다는 문제가 제기되면서 학생들 입장에서 미래 성공적인 삶을 위해 반드시 필요한 역량들을 중심으로 학교교육을 재구조화해야 한다는 의견들이 확산되고 있다(Song & Park, 2007). 문제해결을 위한 지식들을 간단한 검색기술을 통해 누구나 쉽게 얻을 수 있게 됨으로써 학교교육에서 중요하게 다루어 왔던 단편지식의 암기와 기억능력이 성공적인 삶을 위한 개인가치의 경쟁력으로서 더 이상은 작용될 수 없다는 것을 의미한다.

최근 교육과학기술부는 빠르게 변화하는 사회 환경에 따라 적절한 학교교육을 구현하는 차원에서 2009개정교육과정을 공시하고, 창의·인성교육의 확산을 중점과제로 제시하였다(MEST, 2010b). 2009개정교육과정은 ‘미래를 이끌어 나갈 능력과 교양을 갖춘 새로운 가치 창조자를 양성’한다는 기본 철학에서는 제7차 교육과정과 그 맥을 같이 하지만 인재육성 전략에서 창의성과 인성 그리고 상상력 등 미래사회에서 필요한 핵심역량들을 강조한 것은 교과별 지식중심의 학교교육을 지양하고, 학생들이 미래에 행복한 삶을 살아가는데 갖추어야 할 수준 높은 사고기술과 인성을 길러주려는 강한 의지의 표현으로 보여진다.

위와 같이 학교교육에서 학생들의 사고활동과 인성을 중요한 요소로 인식하는 경향은 비단 우리나라 뿐만 아니라 이미 세계적으로 나타나고 있는 현상이다. 미국, 영국, 핀란드 등 교육선진국에서도 학교교육을 통해 학생들에게 단편적인 지식보다는 스스로 잘 사고할 수 있도록 가르치는 것이 교육에서

매우 중요하다는 점을 강조하고 있다(Pitch & Soden, 2000). 이러한 학교교육의 변화에는 과학기술이 고도로 발달한 21세기 지식기반 정보화 사회의 특성이 핵심변인으로 작용한다. 예컨대, 이미 생산된 방대한 지식들이 단일 포털에 저장된 상황에서는 지식의 평가, 선별, 활용능력이 중요할 뿐 만 아니라 창의적인 문제해결에서 높은 수준의 사고기술이 유용하게 작용할 것임을 전제하기 때문이다(Kim, 2002). 지금까지 살펴 본 것과 같이, 학생들이 미래사회를 살아가는데 필요한 역량 중 하나로 수준 높은 사고기술이 제안되고 있음을 고려해 볼 때, 학교교육에서 교과지식의 교육과는 별개로 학생들의 사고기술과 수준을 신장시키기 위한 교육적 방안에 관심을 높일 필요가 있다.

사실, 학교교육에서 학생들에 대한 사고교육의 중요성은 항상 강조되어 왔다. Resnick(1987)은 방대한 양의 문헌분석을 통해서 고대 플라톤시대부터 현대에 이르기까지 학생들의 사고기술과 그 수준향상이 공교육의 궁극적 목적의 핵심에 있었음을 주장하였다. 과학교육과 관련하여 일부 학자들은 학생들의 과학탐구활동이 과학에 대한 이해와 과학적 소양을 높이는데 효과적인 교수-학습방법임과 동시에 학생들의 사고기술을 향상시키는데 유용함을 제안하고, 과학수업에서 학생들에게 과학적 사고를 포함한 수준 높은 사고기술을 향상시킬 수 있는 교수학습법의 개발과 활용을 강조 하였다(Resnick, 1987; Driver & Leach, 1993; Pedretti & Hodson, 1995; Yerrick, 2000; Dori & Tsashu, 2002; Moon et al., 2004).

한편, 과학교육에서 학생들의 사고교육, 특히 수준 높은 사고기술에 대한 교육이 중요하다는 인식은 어느 정도 공감대를 이루어가고 있으나 구체적으로 어떤 사고기술들을 교육해야 하는가는 과학적 사고와 창의적 사고를 제외하곤 특별한 합의는 이루어지지 않고 있다. 위와 관련하여 지금까지 과학교육의 중심에 있었던 선형적 사고에 기초한 분석적 사고를 지양하고, 새롭게 변화된 사고패러다임에 기반하여 비선형적 사고기술, 특히 시스템사고를 교육해야 한다는 주장이 확산되고 있다(Mayer, 1997; Chen & Stroup, 1993; Zeidler et al., 1992; Dori & Tsashu, 2002; Zohar & Dori, 2003; Kim & Kim, 2002). 시스템 사고는 인과관계를 기반으로 시스템을 구성하는 요소들간의 관계를 전체에서 부분으로 통찰하는 사고 기술이다(Kali et al., 2003; Moon et al., 2004).

과학교육분야에서 시스템사고를 강조하는 학자들은 시스템사고 교육 필요성의 배경으로서 그동안 과학 및 과학교육에서 일반적으로 널리 적용되었던 사고기술은 인식론적 배경인 객관주의에 기반하여 단편에 대한 원인, 과정, 결과를 탐구하는 선형적 사고를 기초로 한 분석적 사고방법이 중심이었고(Kim & Kim, 2002), 이와 같은 선형적 사고는 복잡시스템인 자연현상과 현대사회의 변화를 합리적으로 해석하고 예측하는데 그 유용성에 한계가 있다는 점을 지적한다. 또 시스템사고는 창의적 사고, 비판적 사고, 평가적 사고 등과 함께 수준 높은 사고(high order thinking)일 뿐 만 아니라(Chen & Stroup, 1993; Zeidler et al., 1992; Dori & Tsaushu, 2002; Zohar & Dori, 2003), 복잡한 시스템의 특성을 통찰하는데 매우 효과적이며(Ison, 1999; Maani & Maharaj, 2004; Sweeney & Sterman, 2000) 구성요소들 간 상호 맥락적 인관관계에 기반하여 시스템을 전체로 인식함으로써, 시스템의 전체구조와 특성을 보다 명확히 이해할 수 있어서 복잡 시스템을 해석하고 변화를 예측하는 사고기술로서 적합하다(Richmond, 1993; Sterman, 1994)는 것을 제시한다. 특히, 다양한 자연의 현상들은 복잡계로 인식되는 지구시스템의 구성요소들간 역동적으로 이루어지는 상호작용의 결과이고 지구시스템을 구성하는 단위요소인 생물계를 예로 들더라도 그것의 구성요소와 그 요소의 상위 조직 상호간은 물론이고 이들과 주변 환경 상호간에도 피드백을 통한 상호작용에 의해서 서로 영향을 받으며 함께 작동하는 시스템구조(Boersma et al., 2011; Kwon et al., 2011)임을 고려할 때 탐구의 올바른 접근으로서 시스템사고적 관점이 타당하다는 것이다(Mayer, 1997).

위와 같이 자연과학계와 과학교육분야에서 시스템사고가 크게 관심을 받는 상황에서 국내외적으로 교육 분야, 특히 과학교육과 관련하여 시스템사고에 대한 연구가 크게 증가하고 있다(Kim & Kim, 2002; Han & Choi, 2013; Moon et al., 2004; Kim et al., 2006; Kang et al., 2008; Moon & Kim, 2004; Jang, 2007; Kwon et al., 2011; Lee et al., 2011; Assaraf & Orion, 2010; Brandstüdt, 2012). 그러나 지금까지 과학교육과 관련하여 이루어진 선행연구들의 대부분은 사고 패러다임적 측면에서 시스템사고에 대한 중요성을 강조하거나 학생들의 시스템사고 특성과 수준을 조사하였으며, 학교 과학수업의 학습내용과

연계하여 학생들에게 시스템사고를 교육할 수 있는 방안에 대한 연구는 거의 이루어지지 않고 있다. 그러나 우리나라 학교교육 여건에서 교과수업이 아닌 별도의 시간에 학생들에게 사고기술의 교수-학습을 운영하는 것은 현실적으로 어려운 상황인 점을 고려하여 학교수업에서 교과와 사고 학습활동을 연계하여 인지·정의적 학습목표 외에 사고학습의 목표를 달성하는 방안을 제시할 수 있다.

본 연구는 창의성과 인성이 강조되는 2009개정교육과정의 운용에서 과학수업을 단위 과학수업의 학습내용과 연계하여 시스템사고 교수-학습을 수행할 수 있는 교육 프로그램을 개발하고, 개발된 교수-학습 프로그램을 적용한 과학수업을 통해서 학생들의 시스템사고에 대한 학습효과를 얻을 수 있는지 알아보는 것을 연구목표의 중심에 두었다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상 및 절차

본 연구는 G광역시에 소재한 초등학교 4학년 2개 학급 62명을 대상으로 하였다. 2개 학급 중 1개 학급의 31명은 과학과 ‘지표의 변화’ 단원의 11차시 중 4차시 분량의 내용에 시스템사고 교육 프로그램을 적용하여 재구성한 내용을 학습하였다. 반면, 비교반은 과학교과서에 제시된 인지적 내용을 중심으로 교수-학습과 실험활동을 진행하는 일반적인 초등과학 수업을 진행하였다.

실험반과 비교반은 ‘지표의 변화’ 단원을 학습하기 1주일 전에 ‘시스템 사고 검사지’를 활용하여 시스템사고와 관련된 사전 검사를 실시한 후, 3주간에 걸쳐 11차시의 과학수업을 각각 실시하였다. 실험반

Table 1. Study design

Experimental	O_1	X_1	O_2
Control	O_3	X_2	O_4

O_1, O_3 : pre-test(systems thinking examination)

O_2, O_4 : post-test(systems thinking examination)

X_1 : elementary science class applied the systems thinking education program

X_2 : elementary science class applied the typical instruction

은 학습내용과 연계한 시스템사고 교육 프로그램을 4차시 분량의 내용을 재구성하여 수업시간에 적용하였고 비교반은 교과서와 실험관찰을 활용한 일반적인 과학 수업을 실시하였다. 11차시의 수업이 모두 종료된 후 사전검사에서 사용하였던 동일한 도구로 사후검사를 실시하였고, 사전·사후검사 결과를 비교하여 의미있는 차이가 나타난 학생들을 대상으로 그 원인을 알아보기 위해서 심층면담을 실시하였다.

2. 검사도구 및 분석 방법

학생들의 시스템사고의 정도를 측정하기 위해

개발한 ‘시스템사고 검사지’는 총 2개의 문항으로 구성하였다<부록 1>. 본 검사 도구의 형식과 구성은 이미 수행된 시스템사고에 대한 연구들, Kim(2002), Kali et al.(2003), Moon et al.(2004)에서 적용된 것을 기반으로 본 연구의 목적에 맞도록 개발한 것으로 본 연구에서는 과학수업에서 습득한 학습내용이 학생들의 사고수준 측정에 미치는 영향을 통제하기 위해 검사지의 내용은 일상생활의 사건을 소재로 하였다. 연구자들에 의해 개발된 검사 도구로 초등학교 4학년 학생들의 사고수준을 고려하여 1차 검사지를 수정·보완하고 시스템사고 과학교육 전문가 2인과 검토를 거쳐 최종적인 검사

Table 2. The reconstructed lesson plan for systems thinking education in science classes

차시	일반적인 수업 내용	차시	시스템사고 교육을 위한 학습 내용
1,2/11	<ul style="list-style-type: none"> · 학교 주변의 흙 관찰하기 · 흙을 여러가지로 분류하기 	1/11	일반적인 수업 내용과 동일 (4차시를 위해서 학생들이 수업 전에 흙을 준비하도록 함)
3/11	<ul style="list-style-type: none"> · 화단 흙과 운동장 흙의 부식물 관찰하기 · 흙 속의 부식물과 생물의 관계 이해하기 	2/11	일반적인 수업 내용과 동일
4/11	<ul style="list-style-type: none"> · 풍화 작용에 의한 흙의 생성 과정 알아보기 · 풍화 과정의 다양성 이해하기 	3/11	<ul style="list-style-type: none"> · 흙의 형성 과정 알아보기 · 풍화 과정의 다양성 이해하기 · 인과관계에 기반한 지연 시간을 고려하여 발산적 사고를 적용하여 흙의 형성 과정 알아보기 <worksheet 1>
4/11	<ul style="list-style-type: none"> · 과학 이야기 - 흙을 보호할 수 있는 방법 알아보기 - 흙과 관련된 재해 알아보기 	4/11	<ul style="list-style-type: none"> · 과학 이야기 읽기 · 흙을 보호할 수 있는 방법 알아보기 · 흙의 유실과 관련하여 인과 관계에 기반한 원인과 결과의 작용의 순환성을 이해하기 <worksheet 2>
5/11	<ul style="list-style-type: none"> · 지표가 끊임없이 변화하고 그 변화의 속도가 매우 느림을 설명하기 	5/11	일반적인 수업 내용과 동일
6,7/11	<ul style="list-style-type: none"> · 유수에 의한 지표의 변화 과정을 유수대 실험을 통해 설명하기 · 유수에 의한 지표의 침식, 운반, 퇴적 작용을 설명하기 	6,7/11	일반적인 수업 내용과 동일
8,9/11	<ul style="list-style-type: none"> · 강의 상류, 중류, 하류에 따라 나타나는 지형과 발견되는 알갱이의 차이 알아보기 · 강에 의한 지표의 변화 설명하기 	8,9/11	<ul style="list-style-type: none"> · 유수에 의해서 상류에서 하류로 가면서 지표의 변화를 이해하기 · 강의 상류, 중류, 하류의 변화를 인과 관계에 기반한 순환성, 피드백, 역동성의 개념을 적용하여 이해하기<worksheet 3>
10/11	<ul style="list-style-type: none"> · 바다도 강처럼 지표를 변화시킬 수 있음을 이해하기 · 바닷가에서 침식과 퇴적이 우세한 지형 살펴보기 	10/11	일반적인 수업 내용과 동일
11/11	<ul style="list-style-type: none"> · 퇴적어 보기/확인하기/과학 글쓰기 	11/11	일반적인 수업 내용과 동일

도구를 개발하였다.

첫 번째 문항은 학생들의 발산적 사고의 수준을 측정하기 위한 것으로 학생들이 서술한 단문의 개수를 조사하여 실험반과 비교반의 사전·사후 결과를 비교하였다. 두 번째 문항은 순환적 사고수준을 측정하는 것으로 학생들의 서술내용 또는 그림을 인과지도로 변환하여 인과관계 기반 피드백 작용이 반영된 순환 고리의 완성여부를 기준으로 개수를 조사하였다. 예컨대 학생들이 작성한 서술과 그림내용에서 첫 번째로 발생한 원인이 또 다른 요소의 결과로 작용하고 순환 고리가 지속적으로 유지 또는 가속될 경우에 한해 피드백 작용을 인식한 것으로 인정하였다.

사전검사 결과와 과학수업에서 나타난 학생들의 학습 활동지 그리고 사후검사의 결과는 과학교육 전문가인 교수 1인과 과학교육 박사과정인 공동연구자 외에 석사과정에서 초등과학교육을 전공하고 있는 교사 5명이 협의하여 분석하였다. 실험반과 비교반의 검사결과는 PASS Statistics 18.0을 이용하여 사전·사후 검사 결과를 대응표본 t검증을 실시하였다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 교육과정 재구성 및 교수-학습자료 개발

과학수업에서 교과서의 학습내용과 연계하여 학생들에게 시스템사고를 교육하기 위해 재구성한 내용을 일반적인 수업 내용(MEST, 2010a)과 비교해보면 다음과 같다(Table 2).

본 연구에서 시스템 사고 교육을 위해 개발한 학습 자료는 다음과 같다(Fig. 1). Fig. 1에서 나타난 바와 같이 시스템사고 교육 활동지는 학생들이 학습 내용과 더불어 시스템사고에 대한 학습효과를 얻을 수 있도록 학습의 인지적 내용과 시스템사고의 핵심요소를 연계하였다. Fig. 1(a)와 Fig. 1(b)는 각설당을 이용한 실험과 과학 이야기를 통해 흙이 어떻게 만들어지는지를 학습하는 차시로 흙의 생성과 다양한 풍화작용을 이해하고 흙의 소중함을 인식할 수 있도록 하기 위해서 두 차시로 늘려서 재구성하였다. 재구성 과정에서 추가된 한 차시의 수업은 화단과 운동장 흙을 비교하는 1~2차시를 한 차시로 통합하여 운영함으로써 확보하였다. Fig. 1(a)에서는 학습내용인 흙과 풍화작용을 중심개념으로 설정하

고, 도자기 파편이 흙으로 변화되는데 오랜 시간이 필요하다는 인식을 통해 시스템사고의 요소 중 지연 시간(delay time)개념을 이해할 수 있도록 의도하였다. Fig. 1(b)는 흙의 유실개념을 중심으로 인과적 관계에서 복잡시스템(complexity system)의 순환성(closed loop)과 피드백(feedback)작용을 이해하는 것에 중점을 두었다. Fig. 1(c)는 강의 상류에서 하류로 가면서 달라지는 지표의 변화를 알아보는 차시로 유수대를 사용한 실험활동을 통해 강의 상류, 중류, 하류에서 나타나는 지질학적 특징을 이해하는 것이다. Fig. 1(c)에서는 물에 의해 발생하는 지표변화를 중심내용에 두고 시스템사고를 구성하는 핵심요소인 순환성과 피드백 작용 그리고 역동성(dynamics) 등을 이해할 수 있도록 교수-학습전략을 수립하였다.

2. 사고 학습의 효과

본 연구에 참여한 실험반과 비교반 학생들에게 실시한 시스템사고 사전·사후 검사 결과는 다음과 같다(Table 3).

발산적 사고를 측정하는 시스템사고 사전검사에서 실험반은 평균 4.65개, 비교반은 평균 4.74개의 단문을 서술하였다. 실험반과 비교반의 사전검사 결과를 단순비교하면 비교반이 실험반 보다 약간 높았다. 시스템사고 교수-학습활동을 반영한 실험반과 일반적인 과학수업을 실시한 비교반 학생들을 대상으로 사전검사와 동일한 시스템사고 검사지를 이용하여 사후검사를 실시한 결과 실험반과 비교반 모두 발산적 사고의 수준이 향상된 것을 확인할 수 있었다. 실험반과 비교반의 결과에 대해서 대응표본 t검증을 실시한 결과, 시스템사고 교수-학습활동을 한 실험반 학생들의 발산적 사고 향상에 긍정적인 효과가 있었음이 통계적으로 유의미하게 나타났다. 반면, 비교반의 사전·사후 검사 결과는 통계적으로 유의미하지 않음으로서 사전검사 결과에 비해 증가

Table 3. Result of pre-test and post-test on the divergent thinking

Group	N	M	SD	t	p	
Experi-mental	pro	31	4.65	1.20	-3.321	.002 *
	post	31	5.94	1.69		
Control	pro	31	4.74	1.24	-1.626	.114
	post	31	5.26	1.86		

한편, 시스템사고는 비선형적 사고로서, 시스템을 구성하는 요소들 간 정성·정량적 인과관계를 기반으로 전체 시스템의 지속적인 역동성을 파악할 수 있도록 순환성과 피드백 작용을 고려하는 것이 사고의 핵심에 있다(Kim et al., 2006). 따라서 문제해결 과정에서 단선적 사고의 활용을 지양하고 피드백 작용을 반영할 수 있는 순환적 사고로서의 접근이 시스템사고의 수준을 측정할 수 있는 기준요소로 인정될 수 있다(Moon et al., 2004). 위 맥락에서

4차시에 걸쳐 적용된 교수-학습활동이 학생들의 시스템 사고의 수준향상에 효과가 있었는지를 알아보기 위해 실험반과 비교반 학생들의 순환성과 피드백 작용의 인식에 대한 사전·사후결과를 조사하였다. 사전·사후결과의 분석결과, 연구에 참여한 실험반과 비교반 학생들 중 순환적 사고에 기반하여 단문 또는 낱말 들을 인과관계적 측면에서 상호 연결하여 순환 고리(loop)를 완성한 학생의 수는 다음과 같다<Table 4>.

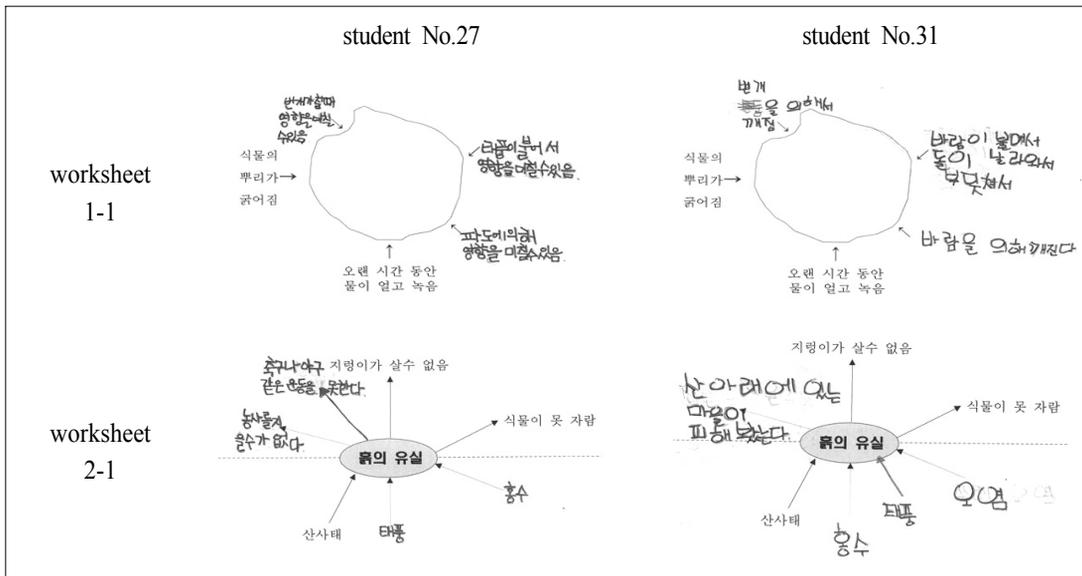


Fig. 2. The products of students who were displayed lower values in post-test than in pre-test

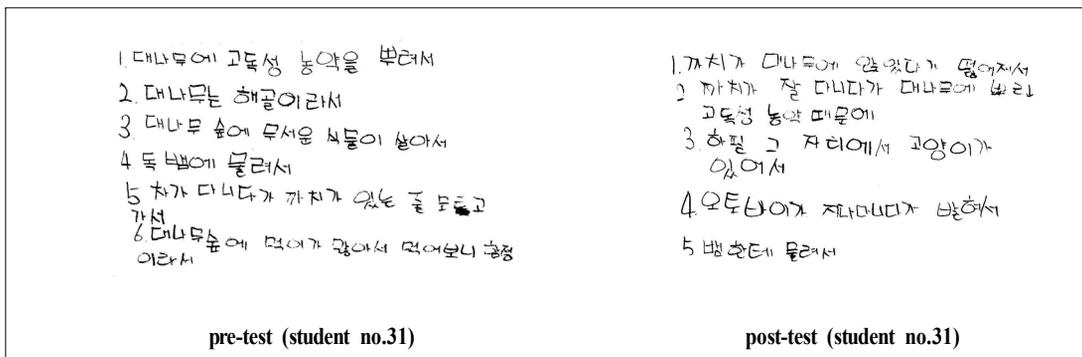


Fig. 3. The example of systems thinking examination results displayed by student who showed lower values in post-test than in pre-test

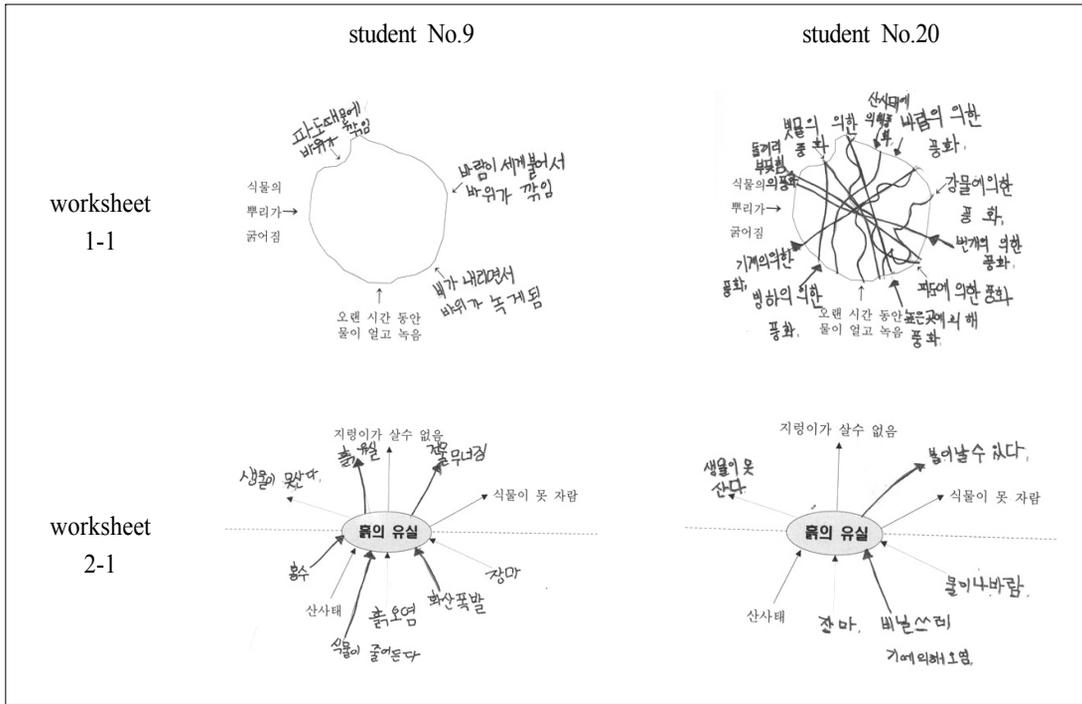


Fig. 4. The products of students who were displayed higher values in post-test than in pre-test

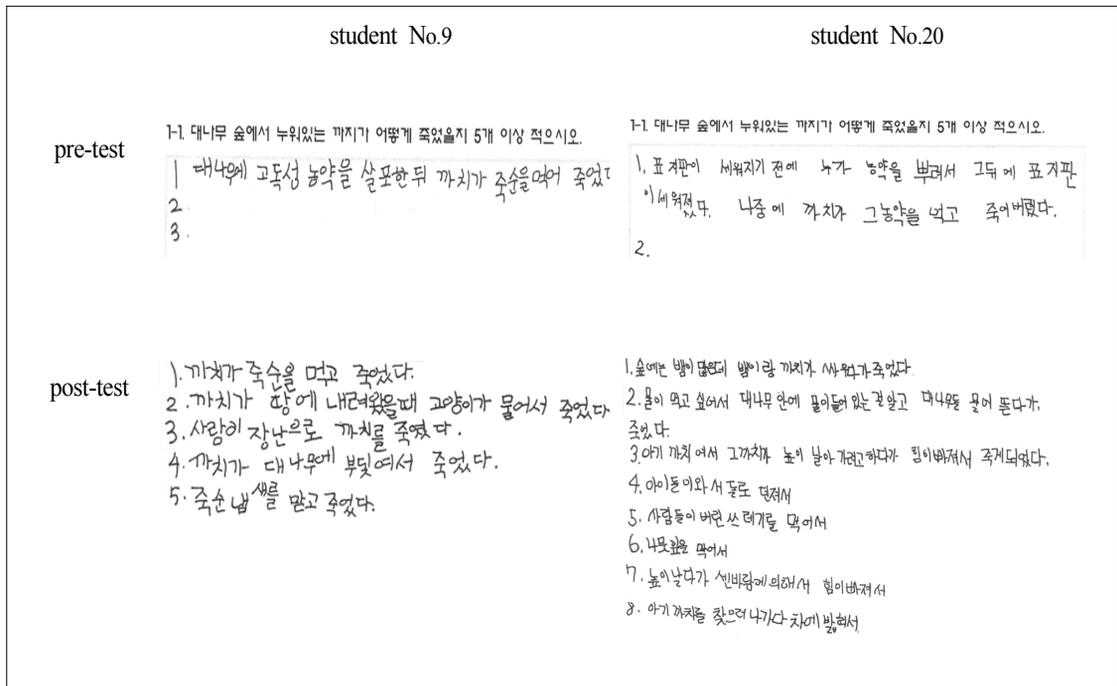


Fig. 5. The example of systems thinking examination results displayed by student who showed higher values in post-test than in pre-test

Table 4. The number of students who completed the closed loop based on causal relation and feedback

Group	pre-test	post-test
Experimental	6(19.4%)	15(48.3%)
Control	7(22.6%)	6(19.4%)
Total	13(21.0%)	21(67.7%)

시스템사고 검사 도구가 단위 시스템을 순환 고리로 구축하도록 설계되어 있고, 제시된 내용에서 학생들의 인지적 수준과는 상관관계가 없는 문제해결에서 사전검사에서는 13명(21%)의 학생들이 순환 고리를 완성하였다. 실험반과 비교반을 비교해 볼 때 큰 차이는 나타나지 않았다. 하지만 시스템사고가 수준 높은 사고기술이고 연구대상이 초등학교 4학년임을 고려해 볼 때 21%의 학생들이 문제해결에서 시스템사고를 적용한 결과는 우리나라 초등학교 학생들을 대상으로 창의성과 시스템사고 등 수준 높은 사고기술 교육을 위한 교수-학습활동이 긍정적 효과를 기대할 수 있을 만한 수준으로 판단된다. 더욱이 사전검사 실시하고 수업 처치가 이루어진 후에 실시된 사후검사에서 실험반 학생들 중 9명의 학생이 더 문제 해결 과정에서 인과관계에 기반한 순환적 사고를 적용한 것으로 보아 고등 사고기술 교육의 가능성을 확인할 수 있다.

Table 4에서 나타난 바와 같이 실험반의 학생들은 사후검사 결과에서 사전검사 결과와 비교하여 순환 고리의 수가 증가하였다. 반면, 비교반의 경우에는 사후검사 결과에서 미미한 수준에서 순환 고리의 수가 사전검사 결과보다 감소하였다. 두 집단의 사전·사후 검사결과를 통계적으로 분석해 볼 때 본 연구에서 적용한 시스템사고 교수-학습활동이 학생들의 순환적사고 향상에 긍정적으로 작용했음을 알 수 있다(Table 5).

비록 11차시의 과학수업 중 4차시에 걸쳐 학습내용과 연계한 시스템사고 교육을 위한 교수-학습활동을 적용하였지만, 위와 같은 사고 교수-학습활동을 통해 학생들은 다양한 구성요소들 사이의 인과관계에 기반한 단위시스템의 순환성 인식이 증가한 것으로 보아 시스템사고 교육의 효과가 있었다고 볼 수 있다. 순환적 사고 활용도가 높아진 학생들의 시스템사고 사전·사후 검사지와 그 사이에 적용된

Table 5. Result of pre-test and post-test on the divergent thinking

Group	N	M	SD	t	p	
Experimental	pre	31	0.23	0.50	-3.96	.000*
	post	31	1.16	1.55		
Control	pre	31	0.35	0.80	.441	.662
	post	31	0.32	0.79		

교수-학습활동 결과물을 확인해 보면 다음과 같다 (Fig. 6).

Fig. 6에서 나타난 바와 같이 학생들이 과학수업에서 학습활동으로 경험한 시스템사고 학습 활동지가 학생들의 단선적 사고 성향을 비선형적인 사고로 전환하는데 긍정적으로 작용했음을 알 수 있다.

이는 본 연구에서 적용된 과학의 인지적 학습내용과 연계한 시스템사고 교육 프로그램이 학생들의 순환적 사고와 역동적인 시스템에서 인과 관계에 따른 피드백 개념에 대한 학습효과가 있었다는 결론을 도출할 수 있다. 위와 같은 결론은 학생들의 면담과정을 통해서도 확인할 수 있었다.

T: 과학수업이 끝나고 활동지를 작성했는데, 과학 수업 전에 작성한 활동지보다 더 많은 화살표를 사용하여 활동지를 작성한 이유는 무엇인가요?

N(11): 글로만 적을 때는 잘 이해가 안 되었는데 어떤 행동을 하면 그 행동이 다시 돌아온다는 것을 동그라미로 그려보니까 그 모든 게 다시 돌아온다는 것이 더 잘 이해가 되었어요. 그래서 행동을 할 때는 조심해야겠다고 생각했고 모든 게 돌아온다는 것을 알았어요.

N(17): 글로만 쓰면 계속 순환이 되지 않고 끝나는데, 수업 전에는 모든 것은 순환이 돼서 다시 돌아온다는 것을 몰랐지만, 수업 후 모두 순환이 된다는 것을 알고 순환을 표시하기 위해 화살표를 사용했어요.

N(24): 교과활동을 하고 나니 요령도 생기고 선생님의 설명과 예시 등을 통하여 알게 되었어요. 원인으로 결과가 생기고 그 결과가 원인이 되어 동그라미 모양으로 순환하게 되는 것을 알게 되어 동그라미 즉, 순환하는 모양으로 그리고 주제나 내용을 교과활동을 하기 전보다 더 많이 쓸게 있게 되었어요.

III. 결론 및 제언

본 연구에서는 시스템사고 교육의 필요성을 인식하고 초등학교 교실 현실을 고려하여 초등학생들의 단위 과학수업의 학습내용과 연계하여 시스템사고 교수-학습을 수행할 할 수 있는 교육 프로그램을 개발하고, 개발된 교수-학습 프로그램을 적용한 과학수업을 통해서 학생들의 시스템사고에 대한 학습효과를 얻을 수 있는지 알아보았다. 이를 위해 초등학교 4학년 2개반을 각각 실험반과 비교반으로 선정하였고, '지표의 단위'의 총 11차시 중 4차시의 학생 내용을 재구성하여 학생 내용과 함께 시스템사고를 학습할 수 있도록 하였다. 본 연구에서 나타난 결과에 근거하여 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다.

첫째, 시스템사고 교수-학습 프로그램을 적용한 과학 수업을 실시한 학생들의 발산적 사고의 수준이 유의미한 수준에서 향상되었다. 하지만 동일 검사도구를 사용하여 반복효과가 긍정적으로 작용하였을 가능성이 있으므로 시스템사고 교수-학습 프로그램의 효과라고 단정하기는 어렵다.

둘째, 시스템사고 교수-학습 프로그램을 적용한 과학 수업을 실시한 학생들의 순환적 사고 수준의 향상에 유의미한 효과가 있었다. 이는 과학 수업에서 '지표의 변화' 단원을 학습하는데 있어서 흠이 사라지는 원인과 결과를 연결하는 과정을 통해 흠모습의 변화를 순환적으로 이해하도록 돕는 교수-학습 활동이 학생들의 순환적 사고 수준 향상에 도움이 된 것으로 생각된다.

위 맥락에서 Moon et al.(2013)은 '초등과학 수업에서 통합적 사고 학습을 위한 R.G.B. 기법 개발 및 적용' 연구를 통해 교육과정 재구성과 학습 활동지를 적용하여 학습내용 기반 사고교육을 통합적으로 운영한 과학수업을 적용한 결과, 학생들의 인지·정의적 학습목표 달성에 큰 무리가 없었을 뿐 만 아니라 사고 교육적 관점에서 학습효과를 긍정적으로 얻었다는 연구결과와 초등과학 수업에서 학습내용과 연계한 시스템사고 교수-학습활동을 통해 학생들의 사고 교육적 목표를 유의미한 수준에서 달성한 본 연구의 결과들은 시사점이 크다. 왜냐하면, 창의·인성교육은 지금까지 학교교육의 중심에 있었던 특정교과의 지식에 대한 이해, 종합, 기억, 적용 등의 학습목표를 뛰어넘어, 학생들에게 학교의 교과

수업을 통해 창의성과 같은 사고기술적 학습목표를 요구하기 때문이다.

본 연구에서 적용한 과학수업에 대해 연구목표로서 학생들의 흥미도 향상은 고려되지 않았지만 연구 수행과정 중 학생들과의 면담내용에서 학습내용과 연계한 시스템사고 교육프로그램을 적용한 과학수업이 재미있었다는 진술이 여러 학생들에게서 나타났다. 이를 통해 새로운 사고 기술에 대한 학생들의 관심이 높다는 것을 확인할 수 있었다.

물론, 본 연구는 초등학교 4학년 학생들을 대상으로 「지표의 변화」 단원에 대한 11차시 과학수업 중 4차시를 재구성하여 시스템사고 교육 프로그램을 적용한 것이므로 연구결과를 일반화하는 것은 큰 무리가 있다. 하지만 본 연구를 통해 적용된 교육과정 재구성과 시스템사고 교육을 위한 학습프로그램을 많은 교사들이 초등학교 4학년 과학 수업에 충분히 적용해 봄으로써 과학적인 수준에서의 타당도와 신뢰도를 평가할 수 있기를 제안한다. 또한 서론에서 언급한 바와 같이 현재 전 세계적으로 빠르게 추진되고 있는 학교교육 개혁의 주요 방향이 교과 지식 자체에 대한 이해적 측면보다는 지식교육을 통해 학생들이 살아가야 할 미래사회에서 필수적으로 요구되는 핵심역량과 창의적 사고, 비판적 사고 그리고 시스템사고와 같은 수준 높은 사고기술에 대한 교육적 방안을 마련하는 것에 초점이 모아지고 있다. 위와 같은 상황에서 과학교육계는 교과서에 제시된 학습내용과 연계하여 학생들에게 핵심역량 및 고차원 사고기술 교육을 통합적으로 운영할 수 있는 효과적인 교수-학습 프로그램 개발에 관심이 높아지기를 제언한다.

References

- Assaraf, O. B., & Orion N. (2010), System Thinking Skills at the Elementary School Level. *Journal of Research in Science teaching*, 47(5), 540-563.
- Boersma, K., Waarlo, A. J., & Klaassen, K. (2011). The feasibility of systems thinking in biology education, *Journal of Biology Education*, 45(4), 190-197.
- Brandstadter, K., Harms, U., & Grossschedl, J. (2012). Assessing System Thinking Through Different

- Concept-Mapping Practices. *International Journal of Science Education*, 34(14), 2147-2170.
- Chen, D. & Stroup, W. (1993). General system theory: Toward a conceptual framework for science and technology education for all. *Journal of Science Education and Technology*, 2, 447-459.
- Driver, R. & Leach, J. (1993). A constructivist view of learning: Children's conceptions and the nature of science. In T. E. Yager(Ed.), *The science, technology, society movement*, Vol. 7: What research says to the science teacher (pp. 103-112). Washington, DC: National Science Teachers' Association.
- Han, J. & Choi, D. (2013). Analysis of Elementary Students' System Thinking Application Types in Learning Ecosystem. *Korea Environmental Education Society*, 26(2), 253-267.
- Ison, R. (1999). Applying system thinking to higher education. *Systems Research and Behavioral Science*, 16, 107-112.
- Jang, E. (2007). The Reconstitution of the Geographical Thinking on the Basis of System Thinking. *Korean Association of Geographic and Environmental education*, 15(1). 77-92.
- Kali, Y., Orion, N., & Eylon S. B. (2003). Effect of knowledge integration Activities on Students' perception of the Earth's crust as a cyclic system. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(6), 545-565.
- Kang, C., Lee, H., Yoon, I., & Kim, E. (2008). Analysis of Conceptions Related to Earth System and Systems-Thinking of High School Student about Water Cycle. *Science Education Journal in Kyungbook National University*, 32(1), 61-72.
- Kim, D., Lee, M., Hong, Y., & Choi, J. (2006), Analysis of Thinking Expansion Effect as a Basis of Creativity through Systems Thinking Education. *Korea System Dynamics Society*, 7(1), 51-65.
- Kim, M. (2000). A Philosophical Study on the Paradigms of Science Education – Focused on the Science Education Reform Efforts in USA. Master's Thesis, Korea National University of Education.
- Kim, M. (2002). Issues and Direction of Critical Thinking Education in Elementary and Secondary Education. *Society of Philosophical Studies*, 58, 107-144.
- Kim, M. & Kim, B. (2002). A comparative Study of the Trends of Current Science Education and the System Thinking Paradigm, *Journal of Korean Science Education*, 22(1), 64-75.
- Kwon, Y., Kim, W., Lee, H., Byun, J. & Lee, I. (2011). Analysis of Biology Teachers' Systems Thinking about Ecosystem, *Korean Society of Biology Education*, 39(4), 529-543.
- Lee, H., Kwon, Y., Oh, H. & Lee H. (2011). Development and Application of the Educational Program to Increase High School Students' Systems Thinking Skills - Focus on Global Warming, *Korean Earth Science Society*, 32(7), 784-797.
- Maani, K. E. & Maharaj, V. (2004), Links between system thinking and complex decision making. *System Dynamics Review*, 20(1), 21-48.
- Mayer, V. J. (1997). Global science literacy. An Earth System View, *Journal of Research in Science Teaching*, 34(2), 101-105.
- Ministry of Education, Science and Technology(2010a). Elementary school science 4-1, Kumsung.
- Ministry of Education, Science and Technology(2010b). Teacher's guidebook of elementary school science 4-1, Kumsung.
- Moon, B., Jeong, J., Kyung, J., Koh, Y., Youn, S., Kim, H. & Oh, K. (2004). Related Conception s to Earth System and Applying of Systems Thinking about Carbon Cycle of the Preservice Teachers. *Korean Earth Science Society*, 25(8), 684-696.
- Moon, B. & Kim, H. (2004). A Study on the Abilities and Characteristics of the System Thinking for Pre-service Elementary Teachers. *Korea System Dynamics Society*, 8(2), 235-252.
- Moon, B., Lee, K., Seo, H., Kim, H. & Oh, K. (2013). The Developing and Applying of the R.G.B. Technique for Combined Thinking Learning in the Elementary Science Classes, *The Journal of*

- Korean Elementary science Education, 32(1), 10-21.
- Pedretti, E. & Hodson, D. (1995). From rhetoric to action: Implementing STS education through action research. *Journal of Research in Science Teaching*, 32, 463-485.
- Pitcher, R. T., & Soden, R. (2000). Critical Thinking in Education: A review, *Educational Research*, 42(3), 237-249.
- Resnick, L. (1987). *Education and learning to think*. Washington DC: National Academy Press.
- Richmond, B. (1993). Systems thinking: Critical thinking skills of 1990's and beyond. *System Dynamics Review*, 9(2), 113-133.
- Song, K. & Park, M. (2007). A Study of Characteristics and Applicability of Competence-based Education Reform. *The journal of Korean Education*, 34(4), 155-182.
- Sterman, J. D. (1994). Learning in and about complex system. *System Dynamics Review*, 10(2), 291-330.
- Sweeney, L. B. & Sterman, J. D. (2000). Bathtub dynamics: initial results of a systems thinking inventory, *System Dynamics Review*, 16(4), 249-286.
- Yerrick, R. K.(2000). Lower track science students' argumentation and open inquiry instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 807-838.
- Zeidler, D. L., Lederman, N. G. & Taylor, S. C. (1992). Fallacies and student discourse: Conceptualizing the role of critical thinking in science education. *Science Education*, 76, 437-450.
- Zohar, A., & Dori, Y. J. (2003). Higher order thinking skills and low achieving students: Are they mutually exclusive?. *Journal of the Learning Sciences*. 12(2).

Appendix 1

<발산적 사고 검사지>

아래 사진은 많은 학생들이 공부하고 있는 학교 안의 대나무 숲에서 일어난 일입니다. 오후 3시에는 대나무 숲 옆에 아무것도 없었는데, 한시간이 지난 후 대나무 숲 옆에 안서 보니 까치 한 마리가 죽어 있었습니다. 이곳에 누워있는 까치가 어떻게 죽었는지 가능한 경우와 죽은 까치가 어떻게 대나무 숲 옆에 있게 되었는지 가능한 경우를 각각 5개 이상 적으시오!

오후 3시 대나무 숲 옆

오후 4시 간신히 끝!

표지판의 내용
대나무에 고독성
오동작을 살포함!
- 죽순 채취금지 -

죽어
있는
까치
한 마리

<인과관계 기반 피드백 반영 순환적 사고 검사지>

아래 사진은 지구에서 까치 한 마리가 죽었을 때, 까치가 부패되면서 공기가 오염되고, 오염된 공기 때문에 지구가 더욱 뜨겁게 되어 결국에는 더 많은 까치가 죽을 수도 있는 경우를 생각해 본 것입니다. 지구는 많은 식물들과 생물이 살고 있고, 여러 가지 자연현상과 물질들이 있습니다. 까치 한 마리가 죽은 것이 원인이 되어 결국에는 더 많은 까치가 죽게 되는 경우는 매우 많은 것입니다. 그런 경우를 생각해서 3개 이상을 글과 그림으로 자세히 설명해 보세요.

지구에서 까치가 죽어서 부패 되면?

이산화탄소가 발생하여 지구의 공기가 오염 될 것임.

오염된 공기는 지구를 더욱 뜨겁게 할.

더 많은 까치가 죽게 될.