Jour. Korean Earth Science Society, v. 25, no. 6, p. 391-401, August 2004

고등학생들의 지질학 관련 공간 능력 향상을 위한 학습 프로그램 개발 및 적용 효과

이왕순[1] · 김희수[2,*] · 김 혁[3]

[1]의정부여자고등학교, 480-814 경기도 의정부시 가능 1동 653
[2]공주대학교 과학교육학부 지구과학교육 전공, 314-701 충남 공주시 신관동 182
[3]경기과학고등학교, 440-800, 경기도 수원시 장안구 송죽동 산 28-1

Development and Effects of Program for Enhancement of Spatial Abilities in the Units related to Geology of High School Students

Wang-Soon Lee[1], Hee-Soo Kim[2,*], and Hyouk Kim[3]

[1]Uijeongbu Girl High School, Uijeongbusi, 408-814, Korea
[2]Department of Earth Science Education, College of Education, Kongju National University, Kongju 314-701, Korea
[3]Kyonggi Science High School, Suwon 440-800, Korea

Abstract: This study has developed the software to enhance the level of spatial perception of geological structure for high-school students. And it is examined the effects after applying in high school. The contents of the software are compose of the two elements (space direction, space visualizing) forming spatial concepts in the structure geology. The program was applied to the 60 high school students of 4 high schools in the Gyeonggido. And we interviewed with 4 students of the study group to obtain the variation of the geology spatial concept. As a result of appling, the geology spatial concept level enhanced significantly ($p < 0.05$). And the result of interview for 4 students using the program showed more enhanced achievement for the students through the process of space visualizing.

Keywords: geology spatial ability, space direction, space visualizing

요 약: 본 연구에서는 고등학생들의 지질구조에 대한 공간 능력을 향상시키기 위한 프로그램을 개발하고, 개발된 프로그램의 현장 적용효과를 분석하였다. 이 프로그램은 지질 공간 방향 인식 및 공간 시각화 인식 요소로 구성되어있다. 개발된 학습 프로그램의 효과를 분석하기 위해 경기도에 소재하는 4개 고등학교 학생 60명을 연구대상으로 선정하였다. 또한 연구대상 학생들 중 4명을 대상으로 지질 공간개념 수준의 변화를 알아보기 위해 면담을 실시하였다. 본 연구에서 개발된 프로그램의 투입 결과, 학생들의 지질 공간개념 수준에 유의미한 변화를 보였다($p < 0.05$). 또한 4명의 학생들의 면담결과 공간 시각화 과정을 거치는 학생들의 지질 공간 능력이 향상되었다.

주요어: 지질 공간 개념, 공간방향, 공간시각화

서 론

지질학은 지표의 암석이나 지층 등을 관찰하여 지구 표면을 이루고 있는 물질의 생성과 변화 원리를 연구하고, 지각의 변화에 따른 구조와 내부의 힘에 대한 관계를 연구한다. 이를 위해서는 여러 가지 지질구조를 자른 단면의 형체를 상상하고 지층의 공간적인 형태와 단면까지도 생각해야하기 때문에 공간 능력은 매우 필요하다(Kali and Orion, 1996). 특히 고등학교 수준에서의 지질학 관련 학습 내용은 지구 내부구조, 판구조론, 지각변동에 의한 지질구조, 지질도, 지질단면도 등의 학습내용은 지질 공간개념이 형성되어 있어야 효과적인 학습이 이루어지는 내용이 대부분이다. 이런 점에서 Kali and Orion(1997)은 지

*Corresponding author: heesoo54@kongju.ac.kr
Tel: 82-41-850-8291
Fax: 82-41-850-8299

질구조에 대한 공간지각 능력을 향상시키기 위한 3D 프로그램을 개발하여 연구에 활용하였다. 이 연구는 지질 공간개념을 공간방향과 공간시각화의 두 요소로 구분하여 제시하였다(McGee, 1979). 또 윤영준(2000)은 투명 필름과 슬라이드를 이용하여 지질 공간 개념 향상을 이끄는 연구를 하였으나 그 활용 범위가 비교적 좁다. 학교 현장에서는 일반적으로 간단한 지질구조 모형을 활용하는 경우가 많다. 이러한 연구 결과와 지질 모형 자료가 있음에도 불구하고 지질 구조 잘라 보기, 습곡의 내부 구조 관찰하기, 지질 블록을 쌓아보기 등 다양한 지질 공간 개념학습 과정에서의 어려움이 많다.

이에 본 연구에서는 다양한 지질 공간개념 관련 학습의 어려운 점을 해결할 수 있는 상호작용적형 멀티미디어 교육 프로그램으로 개발하여 그 활용 가능성을 탐색하고자 한다. 이를 위한 연구 내용은 다음과 같다.

1) 지질학과 관련된 공간개념의 교과내용을 정리하여 공간개념 요소별로 분석한다.

2) 지질 공간능력을 향상시키기 위한 프로그램을 개발한다.

3) 개발한 프로그램을 고등학교 현장에서의 적용하여 그 효과를 분석한다.

용어의 정의

1) GeoSAT: 지질구조에 대한 공간능력 검사지

이 검사지는 Kali and Orion(1996)이 만든 지질구조에 대한 공간능력 검사지(GeoSAT: geologic spatial ability test)이다. 이 검사지는 지질 블록선도의 A-B를 따라 자른 단면을 그리는 단면도 검사 4문항, 블록선도의 한쪽 면을 보고 빈 공간의 지층 모양을 그리는 완성형검사 4문항, 주어진 지질도(geological map)와 두 개의 단면도(A-B, B-C)를 참고하여 3번째 단면도(D-C)를 그리는 구성검사 5문항으로 구성되어 있다.

2) 지질 공간능력

지질구조를 정신적으로 투시하여 그 내부를 마음속에 그릴 수 있는 능력이다.

선행 연구

McGee(1979)는 공간개념을 공간방향과 공간시각화의 두 요소로 구분하였다. 공간방향이란, 물체를 제시하는 방향이 변화할지라도 그 형태를 혼돈하지 않는 능력을 말한다. 공간 시각화란 그림으로 제시된 시각적 자극을 마음속으로 조작하고, 회전하고, 비틀고, 뒤집는 능력을 말한다. 이렇게 공간 개념 요소를 둘로 나누어 연구한 결과 예로 Kali and Orion(1996)은 지질 공간능력을 지층의 계층적 공간 구조를 인지하는 공간형태지각능력(spatial configuration perception ability)과 지질구조의 내부 횡단면을 마음속에 그릴 수 있는 공간투시능력(VPA: Visual Penetration Ability)으로 나누어, 이들은 측정할 수 있는 GeoSAT (geologic spatial ability test)라는 검사지를 개발하여 이스라엘 학생들을 대상으로 투시오답자와 비투시 오답자를 비교·분석하였다. 또 Kali and Orion(1997)은 지질구조에 대한 고등학생들의 공간지각을 도와줄 소프트웨어(Geo3D)를 개발하여 4명의 학생들에게 이 프로그램을 학습하도록 한 후, 학생들의 인지영역 및 정의적 영역의 변화 과정을 관찰한 결과 긍정적이었다고 하였다. 윤영준(2000)은 OHP, 슬라이드, 스티로폼, 찰흙 등을 활용한 지질 공간 개념 향상 학습 연구에서 실험집단과 비교집단 및 남녀 별 차이를 분석하여 중·하위 수준의 집단에서 의미있는 학습이었다고 제시하였다.

연구 방법 및 절차

연구 대상

본 연구의 대상자는 교육과정의 운영에 직접적인 영향을 주지 않은 고등학교 특별 활동 과학반 1학년생 60명이다. 그리고 이들 중 면담 대상자는 GeoSAT 검사를 통해 지질 공간개념 수준별로 4명을 선정하였다. 선정된 면담자 특성은 Table 1과 같다.

연구대상 학생들은 처치활동으로 컴퓨터실에서 교사가 약 5분 정도 학습내용에 대한 안내를 받은 후 각자 프로그램을 통한 학습에 참가하였다. 학습자들이 학습하는 동안 교사는 순회하면서 학습자들의 질문에 따라 안내하였으며, 구체적인 학습과정은 학생 스스로 하도록 하였다. 학습 후 지질 공간능력 변화를 파악하기 위하여 양적 연구 대상자 60명과 면담 연구 대상자 4명에게 GeoSAT 검사 및 면담을 실시하였다.

연구 절차

본 연구에서는 Fig. 1과 같은 순서에 따라 지질 공간지각 능력 관련 문헌연구를 실시한 다음, 선정된 연

Table 1. Interview participants

이름	선발고사 석차 (149명중)	GeoSAT사전검사결과				학생의 특성
		단면	완성	구성	평균	
Song	3	100	100	60	83	적극성이 결여된 학생
Kim	57	25	100	40	55	침착하고 적극적인 성격
Joe	10	75	50	0	42	질문을 자주하고 활동적인 학생
Hong	43	75	75	40	63	성격이 급하고 침착성이 떨어짐

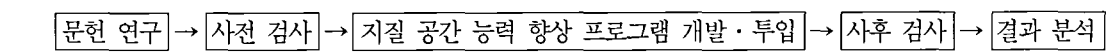

Fig. 1. Research procedure

구 대상자들에게 GeoSAT 검사지로 지질 공간능력을 측정하였다. 그리고 본 연구에서 개발한 프로그램으로 4차시에 걸쳐 수업한 다음, 사전 검사에서와 동일한 GeoSAT 검사지로 다시 지질 공간능력을 측정하였다. 연구설계는 단일집단 사전-사후 설계로 하였다.

교과서 분석 및 프로그램의 내용

1) 교과서 분석

지질학 내용은 7차 교육과정의 10학년의 과학, 지구과학 I, 지구과학 II에 제시된 지질학 내용(과학과 교육과정, 1997; 김희수 외, 2004; 차동우 외, 2003)에서 정리하여 Table 2에 제시하였다. 이러한 지질학 내용 중, 공간 개념 관련 내용은 지층의 층서와 구조적 형태를 파악하는 공간형태지각 능력(공간 방향)과 지질 구조의 내부 횡단면을 마음속으로 그릴 수 있는 공간투시 능력(공간시각화)으로 구분할 수 있었다. 이들 요소에 대한 조작적 정의는 Table 3과 같다.

2) 개발된 프로그램 내용

본 연구에서 교과서의 내용을 분석한 후, 다룰 프로그램 내용들의 지질 공간개념을 향상시키는데 적합한 내용인가의 여부를 알아보기 위해 지구과학교육과 대학원생 10명과 지질학 내용 전문가 3명, 지구과학 교과교육 전문가 2명으로부터 의견을 듣고, 수정 · 보완 과정을 거쳐 결정되었다.

순환학습 모형을 채택하여 설계된 본 학습 프로그램의 내용은 Table 4와 같이 주사위 전개도 만들기, 전개도로부터 주사위 만들기, 지질단면도 그리기, 지질도평면도와 종단면도로부터 횡단면 그리기 등을 통하여 2차원의 평면을 3차원의 입체모형으로 변환하고 3차원의 물체를 2차원 평면으로 전환하기 등을 통해, 물체를 마음속으로 잘라보고 그 단면을 그려보는 학습 활동 등을 할 수 있도록 구성하였다. 이를 위해 교수 설계 결과를 토대로 화면설계를 한 다음, 멀티미디어 저작도구 툴북과 플래시를 이용하여 개발하였다. 개발된 학습 화면은 상측화면과 하측의 우측화면과 좌측화면 셋으로 나누었다. 하측의 우측화면은 학습내용이, 좌측화면은 메뉴화면으로 상측부분은 학습 제목 난으로 설계하였으며 메뉴화면에는 공간능력, 주사위학습, 단면도 그리기, 블록선도완성하기, 지질도와 단면도학습, GeoSAT 검사지, 학습정리 등의 학습 단계로 이동할 수 있도록 연결시켰다. 학습화면의 총수는 85개이며 해상도는 1024×768 픽셀로 하였다(부록 1. 참고).

연구 결과 및 논의

본 연구에서 개발한 공간능력 향상 프로그램 적용 전·후에 GeoSAT를 이용하여 지질 공간 능력 수준을 측정하고, 인터뷰를 통하여 프로그램 학습 전 · 후의 공간능력의 변화와 적용 프로그램의 학교 현장에서의 활용 가능성을 알아보았다.

프로그램의 적용 효과

개발한 프로그램의 효과성을 알아보기 위해 프로그램 적용 사전·사후에 GeoSAT 검사를 실시한 결과는 Table 5와 같다.

프로그램 적용 후, GeoSAT 종합 점수는 사전에 비하여 평균 10.56점이 높아져 프로그램의 효과가 유의미하게 나타났다($p < .05$). 또한 각 항목별로 살펴보면, 단면도영역, 완성영역, 구성영역 등의 검사 영역에서도 t-검증 결과, 통계적으로 유의미한 차이를 보여주었다($p < 0.05$). 이러한 결과는 Kali and Orion (1997)의 연구결과처럼 지질 공간개념 향상을 위한

Table 2. Geological contents related spatial concepts

교과	단 원 명		공 간 관 련 요 소	공간능력	
				공간방향	공간시각화
과학	14. 지구의 변동	1. 지진과 화산 활동	· 지진에 의한 지표 변화	O	
		2. 움직이는 지각	· 판의 경계에서의 지각 변동	O	
			· 일본주변의 판의 운동		O
			· 판과 판의 충돌 과정	O	
			· 단층의 구조		O
지구과학 I	I. 지구의 탐구	2. 지구의 구성	· 암권과 내권의 구조	O	
	II. 살아있는 지구	1. 지각 변동	· 진원과 진앙	O	
			· 지진계의 원리		
			· 지진파의 전파	O	
			· 맨틀의 대류	O	
			· 습곡산맥의 형성과정	O	
			· 판의 운동과 여러 가지 지형		O
			· 열점과 열도	O	
지구과학 II	I. 지각의 물질과 지각 변동	1. 지각과 지구 내부	· 지진파를 이용한 지구내부	O	
			· 지각과 상부 맨틀의 구조		O
			· 지구의 자기장		O
			· 지구자기 3요소	O	
		2. 광물과 암석	· 금강석과 흑연의 결정형태	O	
			· 조암광물의 구조	O	
			· 화성암의 산출상태	O	
			· 마그마의 생성위치	O	
		3. 지각 변동	· 지구자기 역전 과정	O	
			· 판의 경계와 지각변동	O	
			· 연약권의 구조		O
			· 발산형 경계	O	
			· 수렴형 경계	O	
			· 보존형 경계의 변환단층	O	
			· 판의 구조와 관련된 화산		O
			· 해령과 변환단층의 지진		
			· 지각 변동의 기록 지질구조		O
	V. 지질 조사와 우리 나라 지질	1.지질 시대	· 지질단면도의 해석	O	
		2. 지질 조사와 지질도	· 지형단면도 그리기	O	
			· 간단한 지질 단면도 그리기	O	
			· 지층의 두께 구하기	O	
			· 지질 단면도의 해석	O	

Table 3. The elements of spatial concepts related geology and definition

하위 요인	정의
공간 방향	지층의 내부 구조를 이해하는 능력, 지층의 구조 및 형태를 전체적으로 인식하는 능력
공간 시각화	지층의 구조나 형태를 마음속으로 조작하고 회전하고 비틀고, 뒤집고, 그릴 수 있는 능력

프로그램을 개발할 때 지질 공간개념 요소와 내용을 적절히 반영하여 상호작용적으로 흥미 있게 구성되었기 때문으로 판단된다. 즉 프로그램 화면에서 학습자가 지질 공간 개념 요소와 관련된 학습 과제를 '생각하면서 그리기-지질구조 맞추어보기-힌트 활용하기-결과 확인하기' 등의 활동을 반복적으로 수행하면서 지질 공간개념을 획득한 결과로 판단된다.

사례 연구

연구자는 선정된 4명의 학생들의 학습 과정을 별

Table 4. Program contents

구분		프로그램 내용	화면 수	화면구성요소 및 활동요소
단면도 그리기	사물의 단면도 그리기	원기둥의 종 · 횡단면 그리기 지우개의 종 · 횡단면 그리기 사각뿔의 종 · 횡단면 그리기	8	단면도 개념 탐구
	지층의 단면도선택	배사습곡의 단면도 선택하기 향사습곡의 단면도 선택하기	6	단면도 개념 도입
	지층의 단면도 그리기	수평층의 횡단면 그리기 경사층의 종 · 횡단면도 그리기 향사습곡의 종 · 횡단면도 그리기 배사습곡의 종 · 횡단면도 그리기	8	지층의 내부구조와 생성과정 및 층서알기
주사위 만들고 펼치기	주사위 전개도 만들기	점주사위 전개도 완성하기 글자 주사위 전개도 완성하기 줄무늬 주사위 전개도 완성하기	15	3차원 물체를 2차원 평면으로 만들기
	전개도로 주사위 완성하기	점 주사위 만들기 글자 주사위 만들기 줄무늬 주사위 만들기	14	3차원 물체를 2차원 평면으로 만들기
지층 블록 완성하기		수평층면 완성하기 경사층면 완성하기 향사습곡 · 배사습곡면 완성하기	8	지층의 모양 상상하기
지질평면도와 단면도로 단면도 선택하기		수평층 · 경사층 · 배사 · 향사 습곡 지질 평면도로 단면도 그리기	11	단면도 상상하기 내부구조 파악
지질구조 사진 및 그림		습곡, 단층, 부정합 등 지질구조사진 및 그림 게시	15	사 진 게시
합 계			85	

Table 5. The results of GeoSAT test

test contents	pre-test		post-test		t
	Mean	SD	Mean	SD	
단면도검사	58.75	30.12	70.42	30.00	4.238*
완성검사	87.50	21.83	94.17	18.04	3.572*
구성검사	51.67	29.98	65.00	30.73	4.907*
전 영역	65.97	22.24	76.53	20.88	6.584*

N = 60명, *: $p < 0.05$

다른 제약없이 학습하는 모습을 지켜보면서 학습 진행 과정의 특이점, 학습 진행 유형을 관찰하고 학습 후 면담을 통해 그들의 학습 유형을 확인하였다. 면담은 GeoSAT 검사한 다음날 방과 후에 과학실험실에서 이루어졌다. 과학실험실은 다른 학생의 접근을 통제하고 밀폐감을 없애기 위해 운동장 쪽의 창문은 열고 편안한 의자를 준비하였다. 학생이 편안하게 답할 수 있도록 실험대에 나란히 앉아 연구자와 일대일로 학생이 작성한 검사지를 제시하고 왜 그렇게 그렸는지에 대한 답을 하도록 하였다. 다음은 학습자별 관찰 결과이다.

1) Song 학생의 학습 과정에 대한 관찰 기록 및 인터뷰

Song 학생은 학업 성취도가 상위인 학생으로 적극성은 떨어져 보였다. 이 학생의 학습 유형은 답을 선택하거나 답을 그리기 전에 물체의 모양이나 내부 등을 먼저 생각하였고, 힌트는 답을 확인한 다음이나 오답을 선택하고 난 다음에 힌트를 참고하는 학습 유형을 유지하였다. 즉 답을 선택하거나 그림을 그리기 전에 공간 상황을 깊게 생각하였다.

2) Kim 학생의 학습 과정에 대한 관찰 및 인터뷰

Kim 학생은 비교적 성격이 차분한 편이었다. 이 학생의 학습 유형은 문제를 인식한 다음 공간 상황을 이해하기 위해 힌트를 이용하거나 주변의 물체를 이용하여 공간 상황을 구체적으로 이해하려고 노력한

Table 6. The results of pre-test and post-test for interview participants

성명	구분 문항	사전 검사			사후 검사			학습유형
		단면	완성	구성	단면	완성	구성	
Song	1	0	2	2	2	2	2	공간의 시각화 과정을 거친 후 답을 확인함.
	2	0	2	2	2	2	2	
	3	2	2	0	2	2	1	
	4	0	2	0	1	2	1	
	5			2			2	
Kim	1	0	2	1	2	2	2	공간의 시각화 과정에서 보조자료를 활용함
	2	2	2	2	2	2	2	
	3	0	2	2	2	2	2	
	4	0	2	0	1	2	2	
	5			1			2	
Joe	1	2	2	2	2	2	2	공간의 시각화 과정 거친 후 답을 하고 확인함
	2	2	2	0	2	2	2	
	3	2	2	2	2	2	2	
	4	2	2	2	2	2	2	
	5			0			1	
Hong	1	0	2	2	0	2	2	공간의 시각화 과정을 소홀하게 함
	2	2	1	0	2	2	0	
	3	2	2	2	2	2	2	
	4	2	2	0	2	2	0	
	5			1			1	
점수합		18	31	23	28	32	32	

뒤, 답을 그리거나 보기의 답을 선택한 다음 확인하는 학습의 형태를 보였다.

3) Hong 학생의 학습 과정에 대한 관찰 및 인터뷰

Hong 학생은 성격이 비교적 급한 편이었다. 이 학생의 학습유형은 학습화면이 띄워지면 문제를 인식하기도 전에 답 선택, 답 확인, 그리기, 힌트 버튼 등을 순서에 관계없이 선택하고 다음 화면으로 넘어가 학습활동에 관심이 있는 것이 아니라 화면의 구성에 더 많은 관심을 가진 학생으로 공간 상황을 빠른 시간 내에 급하게 판단하려고 하였다.

4) Joe 학생의 학습 과정에 대한 관찰 및 인터뷰

Joe 학생은 질문을 자주하고 매우 활동적이었다. 이 학생의 학습 유형은 문제를 인식한 다음 공간 상황을 이해한 다음 답을 선택하거나 그린 다음 답을 확인하였다. 힌트는 문제를 확인한 후에 참고 자료로 활용하는 유형으로 가능한 힌트를 이용하지 않고 문제를 해결하려는 학생이었다.

지질 공간개념 수업 및 GeoSAT 검사후- 면담으로 지질구조에 대한 공간개념 수준을 정할 때의 채점 기준은 '지질구조를 투시하여 옳은 답은 제시한 경우 2점', '투시하였으나 답이 틀린 경우 1점', '투시하지 못하였으며 답이 틀린 경우 0점'을 부여하였다. 그 결과는 Table 6과 같다. 이 결과를 학습자들의 수업 과정의 관찰 결과와 면담 결과와 함께 종합적으로 분석해보면, GeoSAT 성취도가 향상된 Song, Kim, Joe 학생은 학습과정에서 공간 상황을 깊이 있게 생각하는 과정, 즉 단면도 그리기와 주사위 전개도로 주사위 만들기, 지질도와 단면도를 블록에 입히는 학습과제를 해결할 때, 정신적으로 사물을 떠올리는 공간시각화 추론 과정을 거치는 것으로 판단되었지만, GeoSAT 성취도의 변화가 없는 Hong 학생은 3차원적 공간 상황에 대한 깊은 사고 없이 판단하였다. 이러한 결과는 학습자들의 학습 성향과 함께 공간시각화 훈련 정도가 그 영향을 준 것으로 판단된다.

따라서 지질 공간 개념을 향상시키기 위해서는 차분하게 생각하게 하는 훈련과 함께 다양한 3차원적인 지질 내부구조를 이해시키기 위한 3차원 물체의 단면도 그리기, 전개도 만들기, 3차원 물체 맞추기 등의 체계적인 공간시각화 훈련이 특히 필요함을 알 수 있었다.

결론 및 제언

본 연구에서는 지질 공간 개념 수준을 향상시킬 수 있는 학습프로그램을 개발하였다. 프로그램을 학생들에게 투입하고 GeoSAT검사와 학습과정에 대한 인터뷰 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 본 연구에서 개발한 지질 공간능력 학습프로그램을 고등학교 60명의 학생들에게 적용한 결과, 지질 공간능력이 유의미하게 향상되었다($p < 0.05$). 따라서 본 연구에서 개발한 학습 프로그램은 지질 공간능력 향상을 목표로 할 때, 유용한 학습 도구가 될 수 있다고 판단된다.

둘째, 4명의 면담자들을 대상으로 지질 공간 학습 유형의 관찰 및 면담 결과, 정신적으로 3차원적 공간 상황을 차분하게 이해하려고 애쓰는 학생은 공간개념 수준이 사전에 비하여 더 향상되었으나 급하게 공간 상황을 판단하려는 학생은 사전-사후에 변화가 없었다. 이러한 결과가 시사하는 바는 본격적인 지질 구조 학습 시작 전에 3차원 물체의 단면도 그리기 훈련이나 다양한 형태로 구성된 지층 블럭 완성하기 등의 기초 훈련을 체계적으로 실시할 필요가 있음을 암시한다.

한편 향후 지질 공간 개념 학습을 보다 흥미있고 실제에 가깝게 진행하기 위해서는 지질구조를 실제와 유사한 3차원 가상현실 프로그램을 개발하여 제공하는 것이 필요할 것으로생각된다.

감사의 글

본 연구는 학술진흥재단 연구비 지원(KRF-2003-005-C00034)에 의해 수행되었다. 본 논문을 심사해주신 부산대학교 김상달 교수님과 이름을 밝히지 않은 두 분께 감사드린다.

참고 문헌

교육부, 과학과 교육과정, 제 7차교육과정 교육부 고시 제 1997-15호(별책 9). 101 p.

김희수, 정남식, 신동원, 박정웅, 이정식, 한홍열, 박용선, 2004, 지구과학 I. 천재교육, 91 p.

김희수, 정남식, 신동원, 박정웅, 이정식, 한홍열, 박용선, 2004, 지구과학 II. 천재교육, 330 p.

윤영중, 2000, 지질구조에 관한 중학생의 개념이해와 공간능력 향상 수업의 효과. 한국교원대학교 대학원 석사학위논문, 83 p.

차동우, 김희수, 이명석, 이현주, 최종한, 이복영, 옥준석, 윤세진, 이원경, 정남식, 신동원, 2003, 과학. 천재교육, 236 p.

Kali, Y. and Orion, N., 1996, Spatial Abilities of High-School Students in the Perception of Geologic Structures. Journal of Research in Science Teaching, 33 (4), 369-391.

Kali, Y. and Orion, N., 1997, Software for Assisting High-School Students in the Spatial Perception of Geological Structures. Journal of Geoscience Education, 45, 10-21.

McGee, M.G., 1979, Human Spatial abilities: Psychometric studies and environmental, genetic, hormonal, and neurological influences. Psychological Bulletin, 86, 889-918.

2004년 3월 22일 원고 접수
2004년 7월 5일 수정원고 접수
2004년 7월 5일 원고 채택

[부록 1] 프로그램의 세부 내용

시작 화면

시작 화면(Fig 4)에서는 단면도 그리기, 주사위전개도, 지질블록 완성하기, 지질도와 단면도 등의 학습단계로 이동할 수 있도록 구성되어있다.

주사위 학습

주사위 전개도를 만드는 학습은 Fig. 5와 같이 3차원의 주사위(D)를 2차원의 전개도(F)로 전환하는 학습으로 주사위 조각(E)을 드래그하여 전개도(F)로 이동시키면 정 · 오답 메시지가 띄워지게 하였고 오답 선택 시 피드백 되도록 하였다.

전개도로 주사위를 만드는 학습은 Fig. 6와 같이 2차원의 전개도를 3차원의 주사위로 전환하는 학습으로 학습과제와 방법(A)을 제시하고 제시된 전개도(B)의 주사위(C)를 선택하면 정 · 오답의 메시지가 띄워지게 하였다. 힌트(D)를 클릭하면 전개도를 접어 주사위를 만드는 과정이 에니메이션으로 나타난다. 또 다른 유형으로는 주사위의 빈칸에 알맞은 주사위 조각을 선택하도록 하였다.

단면도 개념 익히기

단면도 개념을 익히기 위하여 Fig. 7과 같이 기계부품(B)을 제시하고 반으로 절단된 모형(C)을 생각한 다음 클릭하여 절단면을 확인하고, 단면도 모양을 생각한 다음 클릭하여 생각한 단면의 모양(D)과 같은지를 확인하게 했다.

화면의 하단에는 단면도에 대한 설명과 백과사전을

Fig. 4. Logo screen.

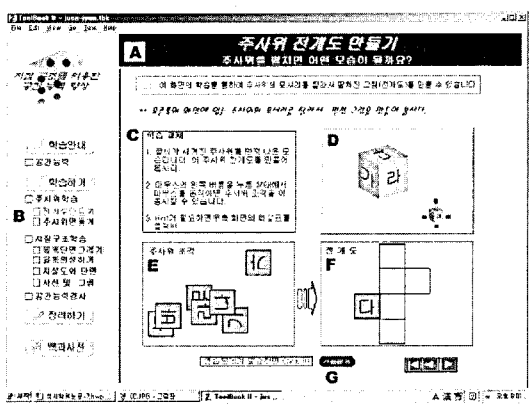

Fig. 5. Dice unfolding.

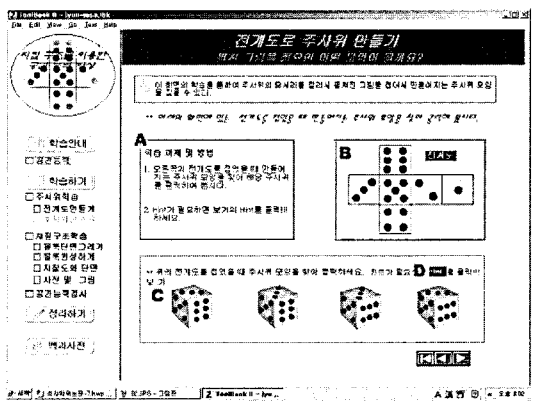

Fig. 6. Dice making.

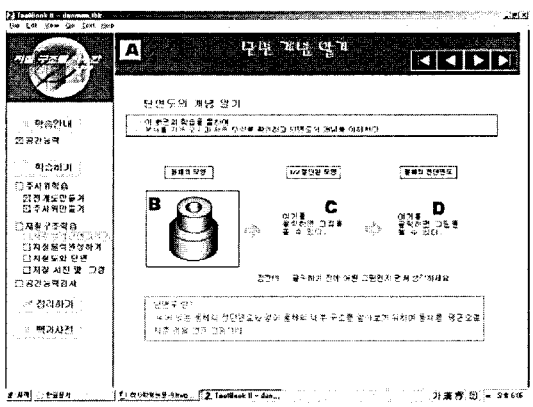

Fig. 7. Section concept.

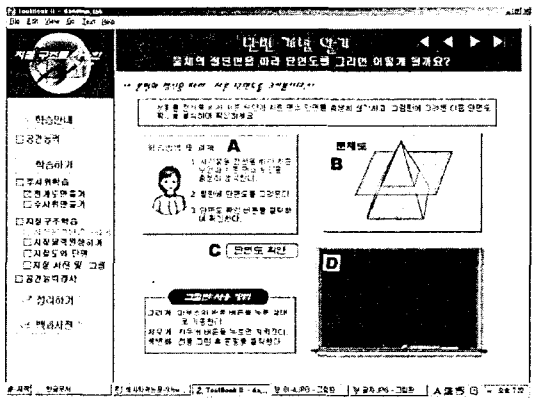

Fig. 8. Section concept.

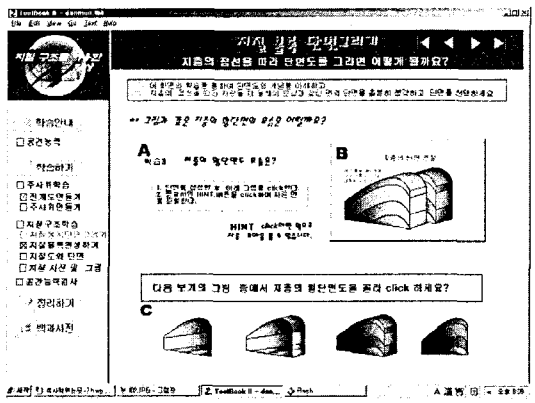

Fig. 10. Selection of geological section.

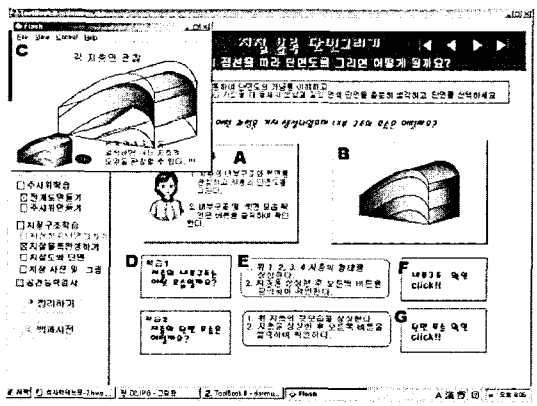

Fig. 9. Observation of geological interior structure.

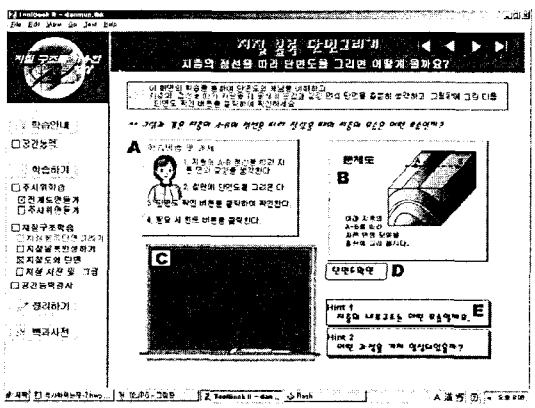

Fig. 11. Painting of cross section of anticline fold structure.

연결시켜 학습에 관한 자료를 검색할 수 있도록 했다. 또 다른 단면 개념 익히기 학습은 Fig. 8과 같이 원기둥과 사각뿔(B)의 종단면, 횡단면, 사선으로 자른 단면의 모양을 그림판(D)에 그리고 단면도확인 버튼(C)을 클릭하여 바르게 그렸는지 확인하게 했다.

습곡의 내부구조 관찰

습곡의 내부구조의 모습과 형태를 익혀 내부를 투시할 수 있는 능력을 향상시키기 위하여 Fig. 9와 같이 첫 화면에는 습곡의 모습(B)을 관찰하고 내부구조의 모습을 생각한 다음 확인 버튼(F)으로 내부구조(C)를, 뒷면관찰 버튼(G)을 클릭하면 뒷면에서 바라본 지질구조의 모형을 C와 같은 화면에서 확인하도록 하였다. 다음 화면에서는 Fig. 10과 같이 점선을 따라 횡으로 잘랐을 때의 단면도를 알아보는 학습 화면을 구성하였다. 보기(C)에서 오답을 클릭하면 "다시 한번 생각하고 선택하세요"라는 오답 메시지와 함께 힌트버튼을 띄워 클릭하면 힌트(B)를 볼 수 있도록 하였다. 정답을 선택하면 정답 메시지를 띄웠다.

지질단면도 그리기

지질단면도 그리기 학습 화면은 Fig. 11과 같이 습곡모형의 블록선도(B)를 제시하고 점선을 따라 잘랐을 때 나타나는 단면도를 그림판(C)에 그리도록 하였다. 그린 다음 버튼 클릭에 따라 정답 화면이, 화면이 띄워지게 했다.

힌트 1 화면은 Fig. 12와 같이 지층의 내부구조(B, C)를 힌트 2 화면에서는 생성과정을 에니메이션으로 구성하였다.

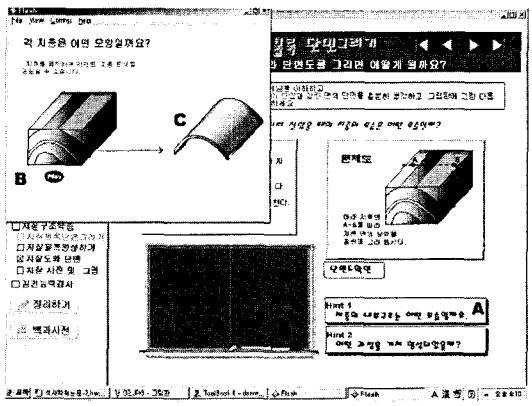

Fig. 12. Painting of cross section of anticline fold structure.

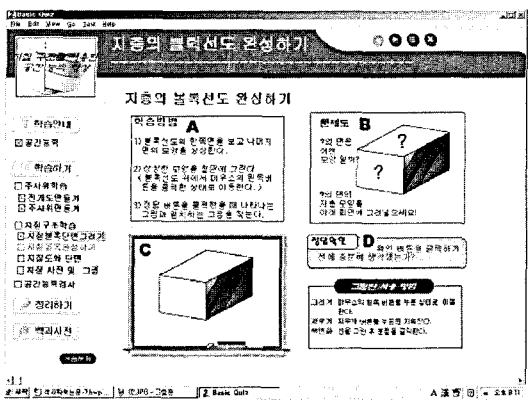

Fig. 13. Completion of geological block.

지질블록 완성하기

지질블록 완성하기 학습에서는 Fig. 13과 같이 블록선도(B)에 한쪽 의 지층 모양을 제시하고 블록의 빈 공간을 완성하는 학습으로 지층의 공간 형태를 파악하는 학습이다. 그림판(C)에 빈 공간의 지층 모양을 그리고 정답확인 버튼(D)을 선택하면 문제화면(B) 난에 다양한 형태의 지층 모양이 에니메이션으로 띄워진다. 여러 형태의 지질블록선도 중학생이 그린 그림과 유사한 형태의 그림이 있는지를 확인하도록 하였다.

지질 횡단면도 학습

수평층, 경사층, 향사 습곡, 배사 습곡, 돔형 등의 지질평면도를 3차원의 블록선도로 전환하고 그 블록선도를 횡으로 자른 2차원의 단면도를 찾아보는 학

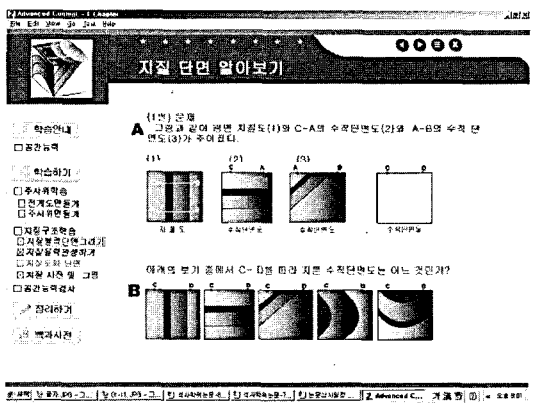

Fig. 14. Selection learning of geological map and cross section.

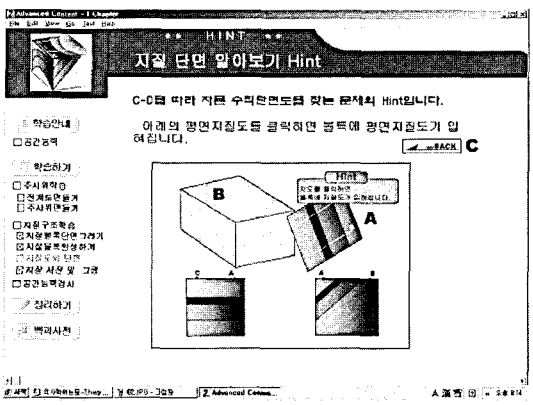

Fig. 15. Hint of geological map and cross section.

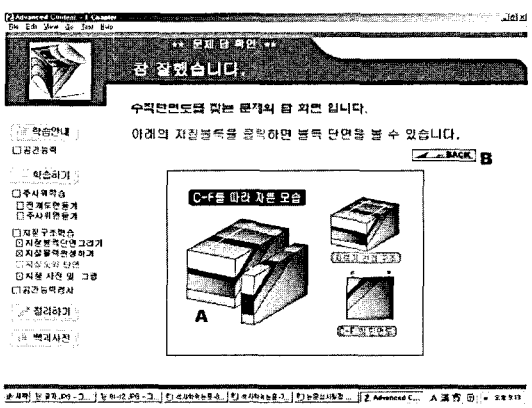

Fig. 16. Answer of geological map and cross section.

습으로 비교적 높은 수준의 사고를 요구하는 학습단계이다. Fig. 14와 같이 지질평면도와 종단면도(A)를 제시하고 보기(B)에서 횡단면도를 찾아 선택하도록 하였다. 그림판을 연결시켜 필요시 그림을 그려볼 수

있도록 하였다. 오답을 선택하면 오답 메시지와 힌트 버튼이 나타나고, 힌트 버튼을 클릭하면 Fig. 15와 같이 힌트 화면이 나타나 클릭하면 블록선도에 지질 평면도가 입혀지도록 하였다. 정답을 선택하면 Fig. 16과 같이 정답 확인 화면이 나타나고 화면(A)을 클릭하면 단면 모양을 에니메이션으로 확인할 수 있다.