

한국 지구 과학회

임원(2004. 9 - 2005. 12)

고문	정창희	박희인	이민성	유환수	양승영	윤홍식	우영관	우종욱	조주환
회장	권병두								
수석부회장	이창진								
부회장	신인현	윤석원	윤일희						
총무이사	이희순								
재무이사	허식								
편집이사	최승언								
학술이사	경재복	김정률	김희수	정공수					
기획이사	김성렬	김희남	이문원	임성규					
홍보이사	김성용	김중현	류찬수	윤성호					
교육이사	김태완	신동희	이면우	이효녕					
환경이사	강영복	김여상	박정웅	신홍렬					
국제이사	김기현	김찬중	유정문	조규성					
감사	형식	황정							
총무간사	이영균								
홈사이트간사	윤석원								

편집위원회

위원장	최승언 (서울대 지구과학교육과, 151-748 서울특별시 관악구 신림동 산 56-1, choe@snu.ac.kr)
책임위원	경재복 (한국교원대 지구과학교육과, 363-791 충북 청원군 강내면 다락리 산 7, jbkkyung@knue.ac.kr)
	김기현 (세종대 지구환경과학과, 143-747 서울시 군자동 98, khkim@sejong.ac.kr)
	김중현 (공주대 지구과학교육과, 314-701 충남 공주시 신관동 182, jongheon@kongju.ac.kr)
	박승필 (전남대 지질학과, 500-757 광주광역시 북구 용봉동 300, sppark@chonnam.ac.kr)
	신동희 (단국대 과학교육과, 140-714 서울특별시 용산구 한남동 산 8, dss25@dankook.ac.kr)
	안건상 (조선대 지구과학교육과, 501-759 광주광역시 동구 서석동 375, aksahn@mail.chosun.ac.kr)
	유정문 (이화여대 과학교육과, 120-750 서울특별시 서대문구 대현동 11-1, yjm@mm.ewha.ac.kr)
	이면우 (춘천교대 과학교육과, 200-703 강원도 춘천시 석사동 339, leemaner@cnu.ac.kr)
	허식 (한국해양연구원 지질연구부, 425-744 경기도 안산시 사동 1270, sikhuh@kordi.re.kr)
	형식 (충북대 과학교육부, 361-763 충북 청주시 흥덕구 개신동, hyung@chungbuk.ac.kr)
위원	권석민 (강원대 과학교육학부 지구과학전공, 200-701 강원도 춘천시 효자 2동 192-1, smkwon@cc.kangwon.ac.kr)
	김성렬 (한국해양연구원 해양지질연구단, 425-744 경기도 안산시 사동 1270, srkim@kordi.re.kr)
	김여상 (공주대 지구과학교육과, 314-701 충남 공주시 신관동 182, yskim48@knu.kongju.ac.kr)
	김정률 (한국교원대 지구과학교육과, 363-791 충북 청원군 강내면 다락리 산 7, kimjy@knue.ac.kr)
	김철영 (공주대 지구과학교육과, 314-701 충남 공주시 신관동 182, cykim@kongju.ac.kr)
	김희수 (공주대 지구과학교육과, 314-701 충남 공주시 신관동 182, heesoo54@kongju.ac.kr)
	손병주 (서울대 지구환경과학부, 151-747 서울특별시 관악구 신림동 산 56-1, sohnbj@snu.ac.kr)
	박희두 (서원대학교 사범대학 지리교육과, 361-742 충청북도 청주시 흥덕구 모충동 231, hdpark@seowon.ac.kr)
	정공수 (충남대 지구환경과학부, 305-764 대전광역시 유성구 궁동 220, gschung@cnu.ac.kr)
	정진우 (한국교원대 지구과학교육과, 363-791 충북 청원군 강내면 다락리 산 7, jjeong@knue.ac.kr)
	조규성 (전북대 지구과학교육과, 561-756 전북 전주시 덕진구 덕진동 1가, earthcho@chonbuk.ac.kr)
	좌용주 (경상대 지구환경과학과, 660-701 경남 진주시 가좌동 900, jwayj@nongae.gsnu.ac.kr)
	최변각 (서울대 지구과학교육과, 151-748 서울특별시 관악구 신림동 산 56-1, bchoi@snu.ac.kr)
	Kripalani (Indian Institute of Tropical Meteorology, NCL PO, Pashan, Pune 411 008, India, rhksup@tropmet.ernet.in)
편집간사	이애연 (서울대 지구과학교육과, 151-748 서울특별시 관악구 신림동 산 56-1, kess21c@paran.com)

지구과학 탐구의 특징을 반영한 탐구 활동의 분석틀 개발 및 '지구의 역사와 지각 변동' 단원의 탐구 활동 분석

김찬종¹ · 박인선¹ · 안희수¹ · 오필석^{2,*} · 김동영³ · 박영신¹

¹서울대학교 지구과학교육과, 151-748 서울시 관악구 신림동 산 56-1

²이화여자대학교 과학교육과, 120-750 서울시 서대문구 대현동 11-1

³한국교육과정평가원, 110-230 서울시 종로구 삼청동 25-1

Development of an Inquiry Analysis Framework Based on the Features of Earth Science Inquiry Methodology and the Analysis of Inquiry Activities in the 8th Grade 'Earth History and Diastrophism' Unit

Chan-Jong Kim¹, In Sun Park¹, Hui Soo An¹, Phil Seok Oh^{2,*},
Dong-Young Kim³ and Young-Shin Park¹

¹Department of Earth Science Education, Seoul National University, Seoul 151-748, Korea

²Department of Science Education, Ewha Womans University, Seoul 120-750, Korea

³KICE, 25-1 Samchung-dong, Chongro-gu, Seoul 110-230, Korea

Abstract: The purpose of this study was to develop an inquiry analysis framework based on the features of earth science inquiry methodology and to analyze inquiry activities in the 8th grade 'Earth History and Diastrophism' unit by using this framework. The framework classified earth science methods as logical inference, hermeneutic, and historical methods, each of which was subdivided in consideration of its subordinate methods and characteristics. The analysis revealed that the logical inference method reflected in the unit as the 'abductive method' (70%) was used more frequently than the 'inductive' (23%) and 'deductive' (22%) methods. The hermeneutic method was found in terms of the 'forestructures of understanding' (92%), 'circular reasoning' (9%), and 'historical nature of human understanding' (17%). The historical method also used as the 'constructing proper taxonomy' (53%), 'adhering to the modern principle of uniformitarianism' (47%), and 'relic interpretation' (41%) were identified with ratios more greater than those for the 'place substituting for time in stage theorizing' (3%) and 'evaluating independent lines of inquiry for convergence' (3%).

Keywords: earth science inquiry methodology, logical inference method, hermeneutic method, historical method, inquiry activities

요약: 본 연구에서는 지질학 연구에 관한 과학철학적 논의를 기반으로 지구과학 탐구의 특징을 반영한 지구과학 탐구 방법의 개념적 틀을 개발하고, 이 틀을 분석 도구로 하여 중학교 2학년 과학 교과서에 수록된 탐구 활동을 분석하였다. 분석틀에서는 지구과학의 탐구 방법을 논리적 추론 방법, 해석적 방법, 역사적 방법으로 구분하고, 각각에 부속하는 방법이나 방법론상의 특징들을 세분화하여 제시하였다. 분석을 위해서는 중학교 2학년 과학 교과서의 '지구의 역사와 지각 변동' 단원의 탐구 활동을 대상으로 하였다. 분석된 탐구 활동들에 논리적 추론 방법이 반영된 비율은 귀납적 방법이 23%, 연역적 방법이 22%, 귀추적 방법이 70%로, 귀추적 방법이 가장 높은 반영 빈도를 보였다. 해석적 방법의 특징이 반영된 비율은 '이미 형성된 이해 구조의 역할'이 92%로 가장 높았으며, '순환적 추론'이 9%, '이해의 역사적 본성'이 17%였다. 역사적 방법은 그 반영된 비율이 높은 것으로부터 '적절한 분류체계의 구성'(53%), '현대적 동일과정설의 원리 적용'(47%), '잔존물 해석'(41%), '단계이론화 과정에서 장소로써 시간을 대체'(3%), '독립된 연구 결과들의 수렴 정도 평가'(3%)의 순으로 나타났다.

주요어: 지구과학의 탐구 방법, 논리적 추론 방법, 해석적 방법, 역사적 방법, 탐구 활동

*Corresponding author: philoh@ewha.ac.kr

Tel: 82-2-3277-4479

Fax: 82-2-3277-2684

서 론

과학적 소양을 가진 시민을 양성하는 것은 과학교육의 목표이며, 과학적 소양을 함양하기 위해서 과학의 본성을 제대로 이해하는 것은 중요하다(National Research Council[NRC], 1996). 그런데, 과학의 본성에 대한 이해는 과학적 방법을 옳게 이해하는 것으로부터 성취될 수 있다. 여러 가지 종류의 경험과 과학적 연구, 논리적 추론 등을 통해 과학 지식을 획득하는 일을 과학적 탐구라고 할 때, 과학적 방법이란 과학적 탐구를 수행할 때 지침으로 활용할 수 있는 일련의 원리로서 탐구를 특징짓는 과정과 논리, 전략, 기능, 기술 등으로 구성된다고 볼 수 있다. 이 점에서 미국의 국가연구위원회(NRC)는 ‘국가과학교육기준’(National Science Education Standards, NRC, 1996)에서 탐구로서의 과학을 강조하고, 학교 과학교육의 목표 중의 하나로 과학적 탐구에 필요한 능력의 획득과 과학적 탐구에 대한 이해의 증진을 강조하고 있다. 또, 미국의 과학진흥협회(American Association for the Advancement of Science[AAAS], 1990)는 과학 교육을 통해서 달성해야 할 여러 가지 목표들 중에 첫 번째로 과학의 본성에 대한 이해를 꼽고 있으며, 과학적 탐구를 과학의 본성의 중요한 항목으로 설정하고 있다. 우리나라에서도 과학과 교육과정의 내용을 지식과 탐구로 구분하여 제시하고 있으며, 최근에는 탐구를 탐구 과정과 탐구 활동으로 보다 세분화하여 제시함으로써 탐구를 강조한 과학교육을 펴고 있다(교육부, 1997).

과학의 본성을 이해하기 위하여 과학의 탐구를 강조하는 이러한 경향에 비추어 볼 때, 지구과학 교육 현장에서도 지구과학의 본성을 충분히 반영한 탐구 방법을 토대로 하는 수업이 이루어져야 한다. 일반적으로 말하여, 여러 과학 분야에서 공통적으로 사용되는 탐구 방법들이 존재하는 것과 동시에 과학의 각 영역들에는 다른 분야와 구별되는 독특한 방법론이 적용되고 있다고 볼 수 있다. 예컨대, Ault(1998)는 모든 과학에 일반적으로 적용된다고 여겨왔던 과학적 방법의 전통적인 형태는 통제된 실험에 가장 잘 적용될 수 있으며, 거대한 시·공간적인 규모를 지닌 복잡한 계(system)로서의 지구에 대한 탐구에서는 그러한 맥락에 적절한 과학적 방법을 활용할 필요가 있다고 주장하였다. 또, 여러 지구과학자들과 지구과학 교육 연구자들은 다른 과학 분야와는 달리 지구과학

에서 다루는 현상들이 거대한 시·공간 규모, 접근 불가능성, 통제 불가능성, 복잡성 등의 특성을 지니고 있으며, 따라서 지구과학자들이 탐구를 수행할 때 활용하는 방법을 옳게 이해하는 것이 지구과학의 본질을 이해하는 데 증추적이라는 데 일치된 의견을 보이고 있다(Kim, 2002; Selles-Martinez, 2004).

이에 본 연구에서는 지질학 연구에 관한 과학철학적 논의를 기반으로 지구과학의 탐구 방법에 관한 이론을 검토하여 지구과학 탐구의 특징을 반영한 지구과학 탐구 방법의 개념적 틀을 개발하고, 이 틀을 분석 도구로 삼아 중학교 과학 교과서에 수록된 지구과학 탐구 활동들을 분석해 보고자 한다. 특별히, 개발된 분석틀이 지구과학의 여러 영역 중 지질학 분야에서 주로 사용되는 탐구 방법들을 기반으로 하였음을 고려하여 8학년 ‘지구의 역사와 지각 변동’ 단원의 탐구 활동들에 지구과학 탐구 방법의 특징이 어느 정도로 반영되었는지를 계량적으로 조사하기로 한다. 즉, 본 연구에서 다루고자 하는 연구 문제는 다음과 같이 진술될 수 있다: 지구과학 탐구의 특징을 반영한 지구과학 탐구 방법의 개념적 틀을 분석의 도구로 활용하였을 때, 지구과학 탐구 방법의 특징이 중학교 2학년 과학의 ‘지구의 역사와 지각 변동’ 단원의 탐구 활동에 어느 정도로 반영되어 있는가?

연구 방법

분석틀 개발

지구과학의 탐구 방법론에 관한 체계적이고 종합적인 검토를 위하여 지구과학자들의 연구 방법을 과학철학적인 입장에서 고찰한 문헌을 수집, 검토하고, 이들 문헌의 내용을 종합하여 지구과학의 탐구 방법과 그 특징을 항목화 함으로써 지구과학 탐구의 특징을 반영한 지구과학 탐구 방법에 관한 개념적 틀을 개발하였다. 이 틀에서는 지구과학의 탐구 방법을 ‘논리적 추론 방법’(logical inference method), ‘해석적 방법’(hermeneutic method), 그리고 ‘역사적 방법’(historical method)으로 구별하였는데, 각각의 항목을 설정하는 데 고려하였던 대표적인 문헌은 Engelhardt & Zimmermann(1982), Frodeman(1995), 그리고 Ault(1998) 등이었다. 개발된 틀을 이미 고찰한 문헌들과 다시 비교하고 2인의 지구과학 교육 연구자를 통해 그 내용의 타당성을 검토한 후에, 우리나라 중학교 2학년 과학 교과서의 탐구 활동에 지구과학 탐구의

Table 1. Inquiry activities in the 8th grade 'Earth history and diastrophism' unit

교과서 부호	가	나	다	라	마	바	사
탐구 활동 종류							
탐구	8	19	12	5	5	4	9
실험	3						
생각해보기				1		4	
토의			4				
야외학습	1						
현장학습/답사		2					
과학마당			1	1			
보충	2	2	2	1	2	2	2
심화	2	2	2	2	2	2	2
합계	16	25	21	10	9	12	13

특징이 반영된 정도를 조사하기 위한 분석틀로 활용하였다.

분석 대상 선정

본 연구에서는 현재 사용되고 있는 중학교 2학년 과학 교과서 7종을 선정하고, 지구과학 영역 중 지질학 분야와 가장 직접적으로 관련이 있는 '지구의 역사와 지각 변동' 단원의 '탐구 활동'을 개발된 분석틀을 이용하여 분석하였다. 이 때 분석의 대상으로서 '탐구 활동'이란 교과서에 수록된 설명적 지문(text) 이외의 모든 활동을 포함하되, 단순한 읽을거리가 아니라 실험·실습 등 모종의 학생 활동을 도모하고 있는 것들을 선정하였다. 이렇게 포괄적인 기준으로 '탐구 활동'을 선정할 때에는 교과서마다 학습 활동을 명명하는 방식이 달랐기 때문인데, 예를 들어 '실험'과 '토의' 등을 모두 '탐구'라고 하는 교과서가 있는가 하면 '야외 학습'이나 '현장 학습' 또는 '답사'를 구별하여 제시하는 경우도 있었다. 본 연구에서 분석 대상이 되었던 중학교 2학년 과학 7종 교과서의 '지구의 역사와 지각 변동' 단원의 교과서별 탐구 활동 개수는 Table 1에 제시된 바와 같다.

분석 결과의 신뢰성 검토

개발한 틀을 이용하여 과학 교과서를 분석한 결과의 신뢰성을 검토하기 3명의 분석자가 중학교 2학년 과학 교과서에 수록된 탐구 활동들을 분석하고, 그 결과가 어느 정도로 일치하는가를 확인하였다. 분석자간 일치도는 2명의 분석자마다 짝을 이루어 일치 비율을 계산하는 방식으로 산출하였는데, 그 결과는 Table 2에 제시된 바와 같이 비교적 양호한 수준이었다.

Table 2. Inter-reliabilities between analyzers

지구과학 탐구 방법	분석자(A, B, C)간 일치도		
	A-B	A-C	B-C
논리적 추론 방법	76%	81%	73%
해석적 방법	68%	78%	70%
역사적 방법	70%	68%	73%

연구 결과

교과서 분석을 위한 지구과학 탐구 방법의 개념적 틀

지구과학 탐구의 특징을 반영한 지구과학 탐구 방법의 개념적 틀을 Table 3에 요약적으로 제시하였다. 이 틀에서는 지구과학의 탐구 방법을 논리적 추론 방법, 해석적 방법, 역사적 방법의 세 영역으로 나누고, 각각에 부속하는 방법이나 방법론상의 특징들을 세분하여 제시하였다.

논리적 추론 방법은 '귀납적 방법'(inductive method), '연역적 방법'(deductive method), '귀추적 방법'(abductive method)으로 구분하였다(Engelhardt & Zimmermann, 1982; Kim, 2002; Magnani, 2001). 이 중에서 귀납적 방법은 주어진 현상이나 상황 내에서 관찰한 사실을 정확하게 기술하고, 이러한 관찰 사실들에서 규칙성을 발견하는 과정을 뜻한다. 이러한 추론 과정에서는 대상의 속성과 관계를 확인하고 유사성과 차이점을 발견하는 전략 등이 동원된다. 연역적 방법은 보편적 법칙이나 일반적 주장에서 특수한 법칙과 주장을 도출하는 과정으로, 본 연구에서는 일반화된 과학적 주장을 구체적인 사례에 적용하거나 가설을 검증하기 위하여 관찰 가능한 현상을 추론해

내는 전략 등도 연역적 방법으로 보았다. 귀추적 방법은 어떤 현상을 관찰한 다음 관찰 결과를 설명하기 위하여 적절한 사실이나 법칙, 원리 등을 추리해 내고 그로부터 설명적 가설을 도입하거나 새롭게 구성하는 사고 과정을 의미한다. Table 3에서는 논리적 추론 방법으로서 귀납법, 연역법, 귀추법이 서로 대비될 수 있도록 Engelhardt and Zimmermann(1982)의 예를 함께 제시하였다.

해석적 방법에서는 그 특징을 ‘순환적 추론’(circular reasoning), ‘이미 형성된 이해 구조의 역할’(forestructures of understanding), ‘이해의 역사적 본

성’(historical nature of human understanding)으로 나누어 제시하였다. 순환적 추론은 부분의 의미를 전체에 대한 그것의 관계로부터 이해하며, 전체에 대한 개념을 그것의 부분에 대한 이해로부터 형성하는 사고방식을 뜻한다. 이미 형성된 이해 구조의 역할이란 어떤 이론과 예견, 널리 행해지고 있는 탐구의 관행과 같은 기존의 사고 구조를 가지고 대상에 접근하는 지구과학자들의 연구 경향을 의미한다. 이해의 역사적 본성이란 탐구의 목적, 기본 가정 등과 같은 예단들이 탐구를 통해 발견되는 사실에 영향을 미치고 새로운 연구와 발견을 촉발함으로써 지속적인 효과를

Table 3. The inquiry analysis framework based on the features of earth science inquiry methodology (The examples presented in the table are adapted from Ault (1998), Engelhardt & Zimmermann (1982), and Frodeman (1995))

지구과학 탐구 방법과 그 특징	
I. 논리적 추론 방법	
귀납적 방법:	주어진 현상이나 상황 내에서 관찰한 사실을 정확하게 기술하고, 관찰 사실들에서 규칙성을 발견하는 과정
(예)	1. 여러 가지 실험 상황에서 산소가 없고 온도가 1000°C일 때 탄소가 다양한 압력 하에 노출되었다. 2. 압력이 55 kbar를 초과한 모든 실험에서, 그리고 그러한 조건에서만 다이아몬드가 생성되었다. 3. 만일 산소가 없을 때 탄소가 55 kbar 이상의 압력과 1000°C 이상의 온도에 노출된다면, 다이아몬드가 만들어질 것이다.
연역적 방법:	보편적 법칙이나 일반적 주장에서 특수한 법칙이나 주장을 도출하는 과정
(예)	1. 55 kbar 이상의 압력과 1000°C 이상의 온도에서 산소가 없을 때에 탄소는 다이아몬드로 바뀐다. 2. 어떤 실험에서 탄소에 80 kbar의 압력과 1200°C의 온도가 가해진다. 3. 이 실험에서는 다이아몬드가 만들어질 것이다.
귀추적 방법:	어떤 현상을 설명하기 위하여 특정한 사실이나 원리, 법칙을 추리해 내고 그로부터 설명적 가설을 도입하거나 새롭게 구성하는 과정
(예)	1. 남아프리카의 화도에서 다이아몬드가 발견되었다. 2. 다이아몬드는 오직 탄소로부터 만들어지며 온도가 적어도 1000°C에 달하고 압력이 적어도 55 kbar일 때 탄소가 다이아몬드로 합성된다. 3. 화도가 형성될 당시 압력이 적어도 55 kbar에 이르는 심부에서 형성된 물질들이 위로 옮겨 왔을 것이다.
II. 해석적 방법	
순환적 추론:	부분의 의미를 전체에 대한 그것의 관계로부터 이해하며, 전체에 대한 개념을 그것의 부분에 대한 이해로부터 형성하는 사고 방식
(예)	개별 층들에 대한 이해에 기초하여 그것들이 이루고 있는 노두를 이해할 수 있고, 각 층들은 전체 노두에 대한 그들의 관계를 통해서 이해할 수 있다.
이미 형성된 이해 구조의 역할:	탐구 대상에 관한 선개념과 이론, 수집될 정보와 탐구 결과에 대한 예견, 관행적인 탐구 수행 방법, 사회적·정치적 조건 등을 가지고 연구 대상에 접근하는 탐구의 경향
(예)	지질학자들은 탐구 문제가 무엇이고, 어떤 종류의 정보가 수집되어야 하며, 어떠한 설명이 답으로 제공될 수 있는지에 관한 아이디어를 가지고 있으며, 해머(hammer)의 이용, 0.10%의 염산 용액의 사용과 같이 지질학에서 관행적으로 이루어지고 있는 탐구 행위로부터 연구를 시작한다.
이해의 역사적 성격:	탐구의 목적, 기본 가정 등과 같은 예단(prejudgment)들이 탐구를 통해 발견되는 사실에 영향을 미치고 새로운 연구와 발견을 촉발함으로써 지속적인 효과를 지닌다는 인식
(예)	과학자들이 어느 특정한 영역을 시간과 자원의 부족, 또는 충분한 연구 의지의 결여 등으로 인해 연구하지 않기로 결정하고, 이 결정이 수 십 년 동안 거듭되면 그 분야의 과학 지식은 역사적 요소를 지니게 된다.

Table 3. Continued

III. 역사적 방법	
현대적 동일과정설의 원리 적용:	현재 꾸준히 발생하고 있는 소규모의 변화 과정을 조사하고 그 효과를 지질학적인 사건에 외삽하여 과거나 미래에 대해 추리하고 예견하는 방법
(예)	다윈(Darwin)은 라이엘(Lyell)이 암층(rock strata)을 해석하는 데 사용했던 방법을 생물에 적용하여 선택 교배(selective breeding)의 과정으로부터 자연 선택(natural selection)의 결과를 추론하였다.
단계이론화 과정에서 장소로써 시간을 대체:	지구과학적 사건들이나 과정들이 발생한 단계를 이론화하는 과정에서 서로 다른 장소의 증거들을 시간적 순서가 있는 것으로 추정하는 방법
(예)	서로 다른 장소에서 거초(fringing reef), 보초(barrier reef), 환초(atoll)를 발견하고, 이것들이 서로 다른 지질학적인 시간에 섬들이 서서히 가라앉는 동안 산호가 변화한 순서라고 추정한다.
잔존물 해석:	가정된 어떤 지구과학적 단계의 사례가 현존하지 않을 때 과거 사건의 잔존물에 남아 있는 역사적 변화, 새로운 경향성 등을 해석하여 추론하는 방법
(예)	달에 운석이 충돌하는 것을 직접 관찰하는 것은 거의 불가능하므로, 달 표면에 남아 있는 운석 구멍이들을 조사하여 달의 지구과학적인 역사를 대략적으로(sketchy) 추정한다.
적절한 분류 체계의 구성:	지구과학적인 현상들을 설명하는 데 필요한 인과적 압시를 내포하고 있는 적절한 기술적 범주들을 사용하는 방법
(예)	판구조운동 이론은 오파올라이트(ophiolite), 확장 중심(spreading center), 수렴 경계(convergent boundary), 화산 열도(arc volcanics) 등과 같이 인과적 압시를 내포하는 있는 기술적 범주들의 사용에 힘입어 발전하였다.
독립된 연구 결과들의 수렴 정도 평가:	다양하고 서로 독립된 연구 결과들을 검토하여 공통된 해답에 수렴하는 정도를 사정하는 방법
(예)	해저에 나타난 지구자기의 줄부늬, 지구자기의 역전, 자극의 이동 등과 같은 독립된 탐구의 결과들이 대륙이동이라는 공통된 결론에 수렴함으로써 대륙이동설이 널리 받아들여지게 되었다.

지닌다는 인식을 뜻하는 것으로서, 지구과학 탐구 방법의 해석적인 특징 중의 중요한 한 가지 요소이다 (Frodeman, 1995).

역사적 방법에서는 지구과학자들이 지구의 역사를 탐구할 때 사용하는 전략이나 과정을 세분하여 제시하였는데, ‘현대적 동일과정설의 원리 적용’(adhering to the modern principle of uniformitarianism), ‘단계 이론화 과정에서 장소로써 시간을 대체’(place substituting for time in stage theorizing), ‘잔존물 해석’(relic interpretation), ‘적절한 분류 체계의 구성’(constructing proper taxonomies), ‘독립된 연구 결과들의 수렴 정도 평가’(evaluating independent lines of inquiry for convergence)등이 그것이다(Ault, 1998). 이 중에서 현대적 동일과정설의 원리 적용이란 ‘현재는 과거의 열쇠’라는 기본 가정에 기초하여, 현재 발생하고 있는 지구과학적인 과정을 과거 지질시대나 미래의 지구 환경에 적용하는 방식을 의미한다. 단계 이론화 과정에서 장소로써 시간을 대체한다는 것은 지구과학에서 다루는 시간 규모에서 발생하는 사건들은 인간의 시간 규모에서는 직접적으로 관측할 수 없다는 사실에 근거하고 있다. 즉, 지구과학에서는 서로 다른 장소에서 발견되는 증거들을 시간적 순서가 있는 것으로 추정하여 지질시대의 사건들이 발생

한 단계를 상정한다는 것이다. 지구과학 탐구에서 사용되는 탐구 방법으로서 잔존물 해석은 새로운 지구 과학적인 증거들이 과거 사건들의 유물 위에 첨가된다는 것을 전제로, 과거 사건의 잔존물에 남아 있는 역사적 변화와 새로운 경향성을 해석하고 추론하는 방법을 의미한다. 또, 적절한 분류체계의 구성이란 지구과학의 현상들을 설명하는 데 필요한 인과적 압시를 내포하고 있는 적절한 용어들을 사용하는 것을 뜻하며, 독립된 연구 결과들의 수렴 정도를 평가한다는 것은 동일한 결론에 수렴하는 독립적인 증거들로부터 지구과학적인 문제를 해결하는 방식을 의미한다.

교과서 탐구 활동 분석의 예

Table 3에 제시된 바와 같은 지구과학 탐구 방법과 그 특징들의 세분화된 항목들이 중학교 2학년 과학 교과서에 포함된 빈도를 조사하여 지구과학 탐구의 특징이 ‘지구의 역사 및 지각 변동’ 단원의 탐구 활동에 반영된 정도를 알아보았다. 개개의 탐구 활동을 분석할 때에는 하나의 활동이 지구과학의 여러 방법들과 특징들을 통합적으로 포함할 수 있다는 점을 고려하여 서로 다른 항목들이 중복되는 것을 허용하였다. Table 4는 이와 같은 분석 상의 고려 사항을 예시적으로 보여 주고 있다.

Table 4. Examples of analyzing inquiry activities in the 8th grade science textbooks

탐구 활동의 종류와 제목	탐구 활동 내용	분석 근거 및 결과
[탐구] 지층의 구조	• 전라남도 해남 지역 해안에 있는 지층의 사진 관찰	• 관찰 결과의 원인을 설명하는 활동이므로 '귀추적 방법'을 사용
	• 각 층의 두께, 색깔, 구성 알갱이의 크기를 조사	• 지층에서 조사해야 할 증거들에 대한 아이디어를 가지고 접근하므로 '이미 형성된 이해 구조의 역할'이라는 해석적 특징이 반영
	• 지층 속에 들어 있는 나뭇잎 흔적의 형성 과정 추론	• 지층에 남겨진 흔적으로부터 직접 관찰 가능하지 않은 단계를 추론하므로 '잔존물 해석'의 방법이 반영
[실험] 지층의 생성 원리	• 유수대에서 물을 흘리면서 자갈, 모래, 진흙이 섞인 흙이 흘러 내려 쌓이는 모습을 관찰하고 어느 것이 가장 멀리까지 이동하는지 결정	• 퇴적물 입자의 크기와 이동 거리 사이의 일반화된 관계를 유도해야 하므로 '귀납적 방법'을 사용
	• 유수대에서 물을 흘리면서 부식토를 떨어뜨려 어느 부분에 쌓이는지 관찰	• 실험 결과를 차용하여 지층의 여러 가지 특징을 설명하도록 요구하므로 '귀추적 방법'을 사용
	• 유수대에 퇴적물이 쌓인 모습과 지층의 사진을 비교한 후, 지층의 두께, 색깔, 구성 알갱이의 크기가 다른 까닭을 설명	• 실험 상황과 동일한 원리를 실제 자연 현상에 적용하여 추론하므로 '현대적 동일과정설의 원리 적용'

Table 5. Results from the framework-employed analysis of inquiry activities in the 8th grade 'Earth history and diastrophism' unit

	지구과학 탐구 방법	단원 분석 결과*		
		전체	'지구의 역사' 중단원	'지각변동' 중단원
논리적 추론 방법	귀납적 방법	23%	34%	5%
	연역적 방법	22%	14%	34%
	귀추적 방법	70%	65%	75%
	해당 없음	16%	20%	13%
해석적 방법	순환적 추론	9%	6%	13%
	이미 형성된 이해 구조의 역할	92%	88%	96%
	이해의 역사적 성격	17%	19%	13%
	해당 없음	8%	12%	7%
역사적 방법	현대적 동일과정설의 원리 적용	47%	56%	34%
	단계이론화 과정에서 장소로써 시간을 대체	3%	6%	0%
	잔존물 해석	41%	35%	46%
	적절한 분류 체계의 구성	53%	59%	43%
	독립적 연구 결과들의 수렴 정도 평가	3%	0%	10%
	해당 없음	14%	11%	16%

*중복을 허용하여 하나의 활동에 대해 두 개 이상의 항목이 포함될 수 있으므로, 세분화된 방법과 특징들의 반영 비율의 총합이 100%를 넘게 된다.

교과서 탐구 활동 분석 결과

Table 5는 중학교 2학년 과학 교과서의 '지구의 역사와 지각 변동' 단원에서 지구과학 탐구 방법의 특징을 반영하고 있는 탐구 활동의 수를 평균하여 백분율로 나타낸 것이다.

논리적 추론 방법의 반영: 논리적 추론 방법의 특징들을 포함하고 있는 탐구 활동의 수를 살펴보면, 평균적으로 귀납적 방법을 포함하는 활동이 23%, 연

역적 방법 22%, 귀추적 방법 70%이었고, 세 가지 방법 중 어느 것도 포함되지 않은 활동이 16%이었다. 즉, 중학교 2학년 교과서에는 귀추적 방법이 탐구 활동에 반영된 비율이 다른 논리적 추론 방법에 비해 훨씬 높게 나타났다.

교과서에 수록된 탐구 활동을 '지구의 역사'와 '지각 변동'의 두 중단원 수준으로 나누어 보았을 때는 귀납적 방법과 연역적 방법의 반영 정도에 많은 차이를 보였는데, '지구의 역사' 영역의 탐구 활동들이

귀납적 방법을 상대적으로 많이 포함하고 있었다. 이는 지층이나 화석을 대상으로 하여 그들의 유사성과 차이점을 관찰하고 어떤 경향을 발견하는 활동이 많았기 때문으로 해석되었다. 반면, '지각 변동' 중단원의 탐구 활동은 상대적으로 연역적 방법의 특징을 많이 포함하고 있는데, 이것은 습곡, 부정합, 침식 등과 같은 현상에 대한 정의와 원리의 진술과 같은 과학적 주장을 구체적인 사례나 모형, 실험에 적용하는 활동이 많았기 때문이다.

해석적 방법의 반영: 중학교 2학년 과학 교과서의 탐구 활동에 지구과학의 해석적 탐구 방법의 특징이 반영된 비율을 보면, 순환적 추론이 반영된 탐구 활동이 9%, 이미 형성된 이해 구조의 역할 92%, 이해의 역사적 본성 17%로, 지구과학의 탐구에서 이미 형성된 이해 구조가 하는 역할에 대한 내용이 반영된 비율이 매우 높은 반면, 이해의 역사적 본성이 반영된 비율이 낮게 나타났다. 이것은 교과서에 수록된 탐구 활동들이 대부분 한 가지 주제에 대한 1차시 분량의 것으로 구성되어 있고, 따라서 하나의 탐구 결과가 지속적인 효과를 나타내는 것을 보일 수 있도록 여러 작은 활동들로 세분화되지 못했기 때문이다. 중단원 수준에서는 '지구의 역사'와 '지각 변동'의 두 영역에서 탐구 활동들이 해석적 방법을 반영하는 비율에 큰 차이를 보이지 않았다.

역사적 방법의 반영: 지구과학 탐구 방법 중 역사적 방법의 특징이 중학교 2학년 '지구의 역사와 지각 변동'의 탐구 활동에 반영된 비율을 살펴보면, '적절한 분류 체계의 구성'(53%), '현대적 동일과정설의 원리 적용'(47%), '잔존물 해석'(41%)의 방법이 비슷한 비율로 반영되었으며, '단계이론화 과정에서 장소로써 시간을 대체'(3%), '독립된 연구 결과들의 수렴 정도 평가'(3%)의 방법은 매우 낮은 비율을 차지하고 있었다. 이 결과를 중단원 수준에서 살펴보면, '지구의 역사' 영역의 탐구 활동들이 '지각 변동' 영역의 탐구 활동들보다 '현대적 동일과정설의 원리 적용'과 '적절한 분류 체계의 구성'이라는 역사적 방법을 더 많이 반영하고 있었으며, '단계이론화 과정에서 장소로써 시간을 대체'라는 방법은 '지구의 역사' 영역의 탐구 활동에만 포함되어 있었다. 이러한 차이는 '지구의 역사' 영역에서 모형을 통해 지층이나 화석이 형성되는 것과 같은 지구과학적인 과정을 경험하

고 그 결과를 실제 자연 현상에 적용하는 탐구 활동들이 많았다는 사실로부터 부분적으로 설명된다. 또, 이것은 '지구의 역사' 영역에서 지질 시대의 연대기나 퇴적 환경의 변화와 같은 시간적인 연속물을 대상으로 하는 탐구 활동이 상대적으로 많았기 때문이기도 하다. 한편, '독립된 연구 결과들의 수렴 정도 평가'라는 역사적 방법이 '지각 변동' 영역에서만 나타나는 이유는 이 중단원에 대륙이동의 증거들을 수집하고 해석하는 활동이 일부 포함되어 있었기 때문이다.

결론 및 제언

본 연구에서는 지질학 연구에 관한 과학철학적 논의를 기반으로 지구과학의 탐구 방법에 관한 이론을 검토하여 지구과학 탐구의 특징을 반영한 지구과학 탐구 방법의 개념적 틀을 개발하는 한편, 지구과학 탐구 방법의 특징이 학교과학에 어느 정도 반영되었는지를 알아보기 위해 개발된 틀을 이용하여 중학교 2학년 과학 교과서의 탐구 활동을 분석하였다. '지구의 역사와 지각 변동' 단원을 분석한 결과, 전체적으로는 지구과학의 탐구 방법과 그 특징들 중의 일부 요소들이 교과서의 탐구 활동에 반영되어 있음을 알 수 있었다. 특별히, 귀추적 방법이 탐구 활동에 반영된 비율이 다른 논리적 추론 방법에 비해 훨씬 높게 나타났는데, 이것은 현재 남아있는 제한적이고 부분적인 증거들로부터 과거에 있었던 현상들과 과정들에 대한 최선의 설명을 추론하는 지구과학 탐구의 특징이 잘 드러난 예라고 할 수 있다. 해석적인 방법의 특징 중에서는 '이미 형성된 이해 구조의 역할'의 비율이 가장 높았는데, 이는 과학자들의 연구가 그들이 이전의 연구 경험으로부터 얻게 된 개념이나 이론, 예견 등으로부터 출발한다는 현대의 과학철학에서 주장하는 과학적 탐구의 본성이 반영된 결과라고 해석된다.

이러한 긍정적인 측면과 더불어, 중학교 2학년 과학 교과서에는 잘 반영되지 않은 지구과학 탐구 방법의 특징들도 있다는 것을 알 수 있었다. 특별히, '이해의 역사적 본성'이 반영된 빈도가 낮은 것은 한 차시 분량으로 구성된 탐구 활동에서 지구과학 연구 자체와 그 결과의 이해가 역사적 성격을 지닌다는 특징을 담아내기 어려웠기 때문이라고 해석된다. 또, '단계이론화 과정에서 장소로써 시간을 대체' 하거나

‘독립된 연구 결과의 수렴 정도 평가’와 같은 역사적 방법의 반영 비율이 낮은 것은 교과서의 탐구 활동이 대개 한두 가지 적은 주제를 중심으로 구성되어 있고, 따라서 다양한 종류의 증거나 연구 결과들을 서로 연계하고 조직함으로써 결론을 도출하도록 하는데 상대적으로 소홀했기 때문으로 생각된다.

결론적으로, 지구과학 및 지구과학 교육 연구나 지구과학 교사 교육 과정에서 지구과학의 탐구 방법론에 대한 논의가 미흡한 실정에서도 불구하고 지구과학의 탐구 방법들과 그 특징들의 일부가 과학 교과서에 반영되어 있다는 것은 의미 있는 결과라고 할 수 있다. 앞으로는 지구과학 탐구 방법에 대한 이론적, 실증적 고찰을 통해 지구과학 탐구의 특징이 반영된 탐구 활동이 각급 학교에서 보다 활발하게 이루어질 수 있도록 하는 노력이 필요할 것이다.

참고문헌

교육부, 1997, 과학과 교육과정(교육부 고시 제 1997-15호 별책 9). 대한교과서, 서울, 101 p.
 American Association for the Advancement of Science, 1990, Science for all Americans. Author, Washington, DC, 272 p.
 Ault, C. R., Jr., 1998, Criteria of excellence for geological inquiry: The necessity of ambiguity. *Journal of Research*

in Science Teaching, 35(2), 189-212.
 Engelhardt, W. von, & Zimmermann, J., 1982, Theory of earth science (translated by L. Fischer). Cambridge University Press, Cambridge, UK, 381 p.
 Frodeman, R., 1995, Geological reasoning: Geology as an interpretive and historical science. *Geological Society of America Bulletin*, 107(8), 960-968.
 Kim, C.-J., 2002, Inference frequently used in earth science. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 23(2), 188-193.
 Magnani, L., 2001, Abduction, reason, and science: Process of discovery and explanation. Kluwer Academic/Plenum, New York, NY, 205 p.
 National Research Council, 1996, National Science Education Standards. National Academy Press, Washington, DC, 262 p.
 Selles-Martinez, J., 2004, International Earth Science Olympiad: What to test and how to do so. Seoul Conference for the International Earth Science Olympiad Conference Proceedings, 136-142.

분석 대상 교과서

김정률 외 9인, 2001, 중학교 과학 2. 블랙박스, 서울.
 김찬중 외 11인, 2001, 중학교 과학 2. 디딤돌, 서울.
 소현수 외 10인, 2001, 중학교 과학 2. 두산, 서울.
 이광만 외 16인, 2001, 중학교 과학 2. 지학사, 서울.
 이성묵 외 11인, 2001, 중학교 과학 2. 금성출판사, 서울.
 정완호 외 9인, 2001, 중학교 과학 2. 교학사, 서울.
 최돈형 외 11인, 2001, 중학교 과학 2. 대일도서, 서울.

2005년 9월 9일 원고 접수
 2005년 10월 4일 수정원고 접수
 2005년 10월 14일 원고 채택