편각과 관련된 고등학생들의 오개념 및 교과서 분석

이 규 호*

서울대학교 지구과학교육과, 151-742, 서울특별시 관악구 관악로 1

Analysis of Highschool Students' Misconception Textbooks Related to the Declination

Gyuhoo Lee*

Department of Earth Science Education, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

Abstract: The declination is an important concept because it is the underlying concept to understand the plate tectonics and also is used to decide one's location by using the compass and the map in real life. So this study surveys the description of declination being used in six of the seventh curriculum earth science II textbooks followed by the investigation of the possible of misconceptions that the highschool students might have. Utilizing an inventory of key concept, this study examines the actual misconceptions of highschool students, and investigates the relationship between misconceptions and textbooks. As a result, highschool students possess some misconceptions particularly with respect to the magnetic north pole which is caused by a lack of explanation about declination and by a wrong illustration. Therefore we suggest that detailed explanations of declination with non-dipole effect and precise illustrations be provided in the textbook for students th have a better understanding about declination.

Keywords: declination, textbook, misconception, magnetic north pole, non-dipole effect

요 약: 편각은 판구조론 이해의 바탕이 되는 개념이며 실생활에서 지도와 나침반을 이용하여 자신의 위치를 결정할 때 도 쓰이는 중요한 개념이다. 이에 제 7차 교육과정에서 사용되고 있는 6종의 지구과학 II 교과서에서 편각에 대한 설명 이 어떻게 기술되어 있는지 확인하고 고등학생들이 오개념을 가질 수 있는 가능성을 조사하였다. 개념 검사지를 통해 실제로 나타나고 있는 고등학생들의 오개념을 확인하고 교과서와의 연관성을 알아보았다. 그 결과 고등학생들은 특히 자북극과 관련하여 오개념을 가지고 있었고 이는 교과서의 편각에 대한 설명 부족과 함께 잘못된 삽화와 밀접한 관계 가 있었다. 따라서 편각에 대한 정확한 이해를 위해서는 비쌍극자 효과를 추가한 편각의 설명이 필요하고 이에 따른 삽화의 제시가 필요함을 확인하였다.

주요어: 편각, 교과서, 오개념, 자북극, 비쌍극자 효과

서 론

학생들은 살아가면서 알게 되고 사용하게 되는 여러 과학 개념들을 다양한 출처로부터 학습하고 자기 자신의 언어로 이를 이해하고 있다(부덕현과 홍승호, 2008). 이렇게 학생들이 이해하고 있는 과학 개념들은 일반적으로 실제 과학 개념과 차이를 보이는 경우가 많다(최경희와 장현숙, 2003). 학생들이 지니고

있는 과학 개념이 과학자가 가지고 있는 과학 개념 과 차이를 보일 때 이를 연구자의 시각에 따라 선개 념(장명덕 외, 2001), 대안 개념(오준영 외, 2007), 오 인(최승일과 조희형, 1987), 또는 오개념(전인영과 국 동식, 1998) 등으로 표현하고 있다.

오개념에 대한 연구는 크게 각 분야에서의 오개념 유형을 밝히는 연구(정진우, 1991; 이재웅 외, 2003) 와 오개념의 생성 원인을 밝히는 연구(정진우, 1991; 조정일, 1993) 등이 존재한다. 그리고 나아가 오개념 을 과학적 개념으로 바꾸기 위한 처치에 대한 연구 (정완호, 1997)가 있다.

오개념의 생성원인에 대한 연구들 중 조정일(1993)

*Corresponding author: gyupo73@snu.ac.kr
Tel: +82-2-880-4069
Fax: +82-2-874-3289

은 과학 오개념의 생성원인들에 대한 연구에서 여러 학자들의 분류 체계와 개별 과학 개념들에 대한 오개념의 생성원인들에 대한 논의를 하였고 권재술과 김범기(1993)는 오개념의 형성 요인을 크게 내적 요인과 외적 요인으로 구분하였으며, 교과서가 외적 요인이 될 수 있음을 지적하고 있다. 특히 교과서와 관련된 오개념 연구에서 박종석과 조희형(1986)은 교과서에서 설명 없이 그림만 도식화 되어 있는 내용, 연관된 설명 등이 부족한 내용 등에서 학생들의 오개념이 나타나고 있다고 하였으며 최승일과 조희형(1987)은 교과서에서 그림 없이 설명만 제시되어 있는 내용, 내용의 연계성 등이 적절하지 않게 배열되어 있는 내용 등에서 학생들의 오개념이 나타나고 있다고 하였다. 김문수와 정영란(1997)은 교과서에서 구체적인 내용이 부족하고 표현이 명확하지 못할 경우 학생들이 그에 대해 오개념을 가질 가능성이 있다고 하였다. 그리고 고인배 외(2003)는 오개념 원인으로 교과서 내용이 아닌 삽화와의 관계에 주목하면서 적절한 삽화가 제공될 시에 학생들의 개념 변화가 일어나며 잘못 제시된 삽화는 오개념을 일으킬 가능성이 있음을 밝혔다.

오개념 원인을 밝히는 여러 연구에서 교과서를 분석한 것은 교과서가 우리나라의 교육에서는 다른 교육 자료보다도 매우 중요하게 여겨지기 때문이다(박종석과 조희형, 1986; 최승일과 조희형, 1987; 김문수와 정영란, 1997; 국동식, 2002). 하지만 기존의 연구에서는 교과서의 내용이 오개념을 유발할 가능성이 있음을 밝혀냈을 뿐 교과서의 어떤 내용이 학생들의 오개념을 유발하였는지 구체적으로 밝혀내지 못하였다. 또한 기존의 교과서와 관련된 연구에서 다루었던 주제들은 유전, 생식, 확산, 힘과 운동 등으로 학교에서 학습이 이루어지기 이전에 그 개념을 접할 가능성이 매우 높아 학생들이 가지고 있는 생각의 출처가 교과서 이외에 있을 가능성이 매우 컸다.

이에 본 연구에서는 학교 교육 이전에는 접하기 힘든 주제인 ‘편각’을 대상으로 교과서의 영향을 보다 더 자세히 살펴보고자 하였다. 연구를 위해 제 7차 교육과정에서 사용되고 있는 6종의 고등학교 지구과학 II의 편각에 대한 교과서 본문 내용에 대해 살펴보고 편각에 관련하여 학생들의 오개념을 유발할

수 있는 가능성을 알아보았다. 그리고 학생들을 대상으로 한 개념 검사를 통해 실제로 나타나고 있는 편각과 관련된 학생들의 오개념들을 알아보고 이들의 출처로서 제 7차 교육과정의 고등학교 지구과학 II의 편각에 대한 교과서의 본문 내용과 삽화가 어떤 역할을 하였는지 알아보하고자 하였다.

본 연구에서 편각을 대상으로 한 이유는 앞서 밝힌 학교 교육 이전에 접하기 힘든 주제라는 점 이외에도 다음과 같은 이유가 더 있다. 첫째, 편각은 학문적으로 클리노미터 등을 이용하여 실제로 지층의 주향을 측정할 때 고려해야 하는 개념이며 또한 해양지 확장설, 대륙 이동설, 나아가 판구조론을 확립하는 데 중요한 역할을 한 고지구조학에 대한 이해의 바탕이 되는 개념이다. 그리고 실생활적으로도 나침반과 지도를 이용하여 자신의 위치를 결정할 때에 필요한 필수적인 개념으로 학습에서 다루어야 되는 주제이다. 둘째, 학생들이 학습 주제에 대해 잘못된 개념 구성을 하게 되면 추후에 오개념¹⁾으로 자리잡을 수 있는데 편각의 경우 학습에 있어서 중요한 개념임에도 불구하고 그동안 지구과학 분야의 오개념 연구는 주로 천문 현상 특히, 달의 위상변화에 대해 이루어졌으며(김찬종과 이조옥, 1996; 채동현, 1996; 이면우, 2001; 오준영과 채동현, 2004; 변재성 외, 2004) 지질 분야에서조차도 편각은 오개념 연구에서 다루지 않았었기 때문이다.

본 연구를 통해 우선 편각에 대한 학생들의 개념들을 파악할 수 있으며 나아가 현재 사용하고 있는 교과서의 내용들은 학생들의 오개념의 발생과 어떤 상관관계가 있는지 파악하여 차후에 교과서를 집필할 때 고려해야 할 부분들에 대한 지침으로 삼을 수 있을 것이다. 이를 통해 차후에 학생들은 지구 자기장과 관계있는 여러 실제 상황에서 대해 정확한 이해와 적용을 할 수 있을 것이라 생각된다.

본 연구에서 해결하고자 하는 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, 편각에 관련된 고등학생들의 개념들에는 어떠한 것이 있는가?

둘째, 교과서의 어떤 부분들이 학생들의 오개념의 출처가 될 수 있는가?

셋째, 교과서 내용 수정을 통해 편각에 대하여 학

1) 연속적인 학습의 과정에서 하나의 학습이 끝난 후 학생들의 인지구조 내에서 새롭게 재구성된 개념이 여전히 다음 학습 때까지 유지가 된다면 학습 후에 형성된 개념 또한 선개념, 대안개념, 오개념이라는 용어로 표현할 수 있을 것이다. 연구자는 이러한 여러 용어들 중에서 현재 상태에서 학생들이 구성한 개념이 과학 개념에 대해 잘못되었다는 의미에서 오개념이라는 용어를 사용하였다.

생들이 오개념을 가질 가능성을 줄일 수 있는가?

이론적 배경

자철석이 다량으로 함유된 로드스톤(lodestone)이 기원 전 수세기 전에 중국에서 발견된 이래 자성에 대한 관심이 일어났다(민경덕 외, 1987). 그러나 지구의 자기장에 대한 연구는 그 후 오랜 기간이 흐른 1600년 William Gilbert에 의해 시작되었다(한국지구과학회, 1998). 그는 그의 저서 “De Magnete”에서 지구 자기장에 관한 개념과 방향성에 대해 기술하면서 지구를 하나의 커다란 구형의 자석과 같이 균일하게 자화된 하나의 거대한 자석이라고 하였다(한국지구과학회, 1998). 당시에는 지구가 어떻게 하나의 거대한 자석과 같은 성질을 나타내는지 알 수 없었으나 오늘날은 다이나모 이론으로 그 형성 기작을 설명하고 있다. 지구 내부 물질의 불균질성과 외핵에서의 흐름의 불균일성, 태양의 활동 변화 등으로 인해 지구 자기장은 끊임없이 변하고 있으며 그에 따라 한 지역에서의 편각, 복각, 그리고 전자기력 등은 계속해서 변하게 된다.

이러한 지구 자기장에 대한 내용은 제3차 교육과정의 지구과학 교과에서 처음 등장하였으며, 연구대상으로 삼은 교과서들이 현재 적용받고 있는 제7차 교육과정에서는 이에 대한 내용 체계상의 지침이 다음과 같이 제시되고 있다.

“지구 주위는 중력과 자력이 작용하는 공간이라는 것을 이해하고, 시간과 장소에 따른 역장의 변화를 설명한다. - 지구의 표면에는 물체를 끌어당기는 힘과 지구의 자력이 미치는 공간이 존재한다는 사실을 이해하고, 이들은 시간과 장소에 따라서 장·단기적으로 변한다는 사실을 이해한다(교육인적자원부, 1997).”

제7차 교육과정 이후 지구 자기장은 2007년 개정 교육과정 상에서는 일시적으로 빠졌으나 2009년 개정 교육과정에서 다시 포함되었으며, 지구과학 II의 (1) 지구의 구조와 지각의 물질 (가) 지구의 구조 단원 내의 ‘지구의 자기장’에서 “지구 자기장의 발생 과정과 성질, 그리고 그 변화를 이해한다.”라는 내용 지침이 제시되고 있다(교육과정 교과서 정보서비스, 2009).

구체적으로 교육과정 상에서는 편각, 복각 등의 지구 자기장 요소 등에 대한 언급은 없으나 관련 내용

인 판구조론에서는 지구 자기장의 요소가 중요한 내용이므로 반드시 다루어야 할 내용이라고 할 수 있다. 특히 편각의 경우 ‘지구의 변동과 역사’의 ‘우리나라의 지질’ 내용에 제시되고 있는 지질조사에 필요한 도구를 다루어 주향과 경사를 측정하기 위해서는 반드시 알고 가야 하는 내용이라 볼 수 있다.

지구 자기장

지구는 철과 니켈로 이루어진 외핵의 회전 운동으로 인해 자기장을 형성하고 있다. 지구의 자기장을 N극과 S극을 가진 하나의 커다란 자석에 의한 효과로 설명하려는 것이 쌍극자 모델이다. 지구 자기장을 가장 잘 묘사할 수 있는 이러한 쌍극자 모델에서 쌍극자의 연장선이 지구와 만나는 지점을 지자기극(geomagnetic pole)이라고 하며 이는 지구의 자전축(지리적인 극: geographic pole)과는 현재 약 11° 정도 기울어져 있다. 하지만 실제 지구 자기장은 쌍극자 모델로 90%만을 설명할 수 있으며, 실제 커다란 자석 주변에 여러 개의 작은 자석이 무질서하게 놓여 있을 때처럼 복잡하다.

어느 지점에서 나침반은 지구 자기장의 수평방향을 가리키는데, N극이 가리키고 있는 방향은 그 지역을 통과하는 자기력선의 수평 성분 중 북쪽 방향이며 이 방향을 자북(magnetic north)이라고 한다. 이러한 자북은 그 지방에서의 지구 자전축 방향인 진북과 차이가 나는데 이를 편각(declination)이라고 한다. 진북에 대해 자북의 방향이 동쪽이면 동편각 θ° , 또는 $+\theta^\circ$ 로 표현하고 진북에 대해 자북의 방향이 서쪽이면 서편각 θ° 또는 $-\theta^\circ$ 로 나타낸다.

한편 자침의 무게 중심에 실을 묶어 두면 자기력선의 방향에 따라 수평면에 대해 기울어지는데 그 기울어진 정도를 복각(inclination)이라하며 수평면에

Fig. 1. Magnetic components.

Fig. 2. Geographic north pole, geomagnetic north pole, and magnetic north pole (McElhinny, 1973).

대해 자침의 N극이 아래쪽 방향을 가리키면 +, 위쪽 방향을 가리키면 -로 각을 표현한다.

측정한 자기력의 수평 성분인 수평 자기력과 편각, 북각을 지자기 3요소라고 한다(Fig. 1).

자침을 이용하여 지구 자기를 측정했을 때 북각이 90°가 되는 곳을 자기극(magnetic pole)이라고 하는데 쌍극자 모델의 극인 지자기극과는 다르다. 2006년 현재 지자기 북극은 79.8°N, 71.8°W, 지자기 남극은 79.8°S, 108.2°E이며 자북극은 83.8°N, 122.0°W, 자남극은 64.5°S, 137.7°W이다.

지구의 여러 극들을 표시하여 보면 Fig. 2와 같이 나타난다.

Fig. 3. The Magnetic Meridians for the Dipole Field (★ is geomagnetic north pole, across the latitude lines are magnetic field lines.). (Homepage of Geological Survey of Canada)

쌍극자 모델을 이용해 지구 자기장을 100% 설명할 수 있다면 편각은 지자기극의 위치를 이용해 쉽게 계산할 수 있지만 실제로는 비쌍극자 효과로 인하여 자북과 지자기극으로의 방향은 일치하지 않는다. Fig. 3과 4는 각각 지구 자기장에서 쌍극자만 고려된 경우와 비쌍극자까지 고려되었을 때의 지구자기장의 수평 성분의 방향(자북 방향)을 나타낸다.

위도 40°N, 경도 40°E인 지점의 편각은 쌍극자만 고려하게 되면 Fig. 3처럼 서편각이 되지만 실제로는 비쌍극자 효과가 더해져 Fig. 4처럼 동편각이 된다.

연구 방법 및 절차

본 연구는 학생들이 가지고 있는 편각과 관련된 개념들과 교과서 내용 사이의 관련성을 찾아보고 나아가 교과서의 내용 수정을 통해 학생들이 편각에 관련한 정확한 개념획득이 가능한지 알아보고자 하는 것이다. 이에 우선 제7차 교육과정에서 사용되고 있는 6종의 고등학교 지구과학 II 교과서의 편각 관련 설명과 삽화 등을 분석하였고 이를 토대로 현행 교과서와 비슷한 분량에 해당하는 새로운 읽기 자료(이론적 배경의 지구자기장 부분)를 제작하였다. 이 과정에서 학생들의 오개념을 유발할 수 있는 가능성이 있는 내용들에 대한 분석을 병행하였다. 그리고 학생들에게 자체적으로 제작한 개념 검사지를 6종의 교

Fig. 4. The Real Magnetic Field (which is reflected in the non-dipole effect). (★ is magnetic north pole, across the latitude lines are magnetic field lines.). (Homepage of Geological Survey of Canada)

과서와 제작한 읽기 자료와 함께 투입한 후 나온 검사 결과를 분석하였다. 분석된 개념 검사 결과와 앞서 분석한 교과서 내용 중 오개념을 일으킬 가능성이 있는 분석 내용 사이의 관계를 살펴보았다. 또한 자체 제작한 자료에 대한 학생들의 개념 검사 결과를 토대로 교과서의 내용 수정을 통해 학생들이 오개념을 가질 가능성을 줄일 수 있는지에 대해서도 알아보았다.

연구 대상

본 연구의 개념 검사에 응답한 학생은 경기도에 위치한 고등학교의 1학년 학생 276명으로 이 학생들은 10학년 과학을 이수하였으며 아직 편각에 대한 수업을 받지 않은 학생들이다. 개념 검사가 이루어진 12월의 10학년 학생들은 현행 교육과정상에서 국민 공통 기본 교육과정을 거의 마무리한 상황이므로 주어진 글만을 통해서 충분히 내용을 이해할 수 있는 지적 능력을 소유하였다고 판단된다. 대상 학생들을 10학년으로 한 다른 이유는 본 연구에는 교과서의 기술 내용 및 삽화 등과 학생들의 개념간의 관계를 알아보기 위한 목적이 포함되어 있기 때문에 가급적 편각과 관련한 내용을 본 연구 과정에서 제시된 교과서 내용 이외에는 사전에 접해보지 못하도록 하기 위함이었다.

검사 도구 및 검사 절차

본 연구에서는 편각에 대한 학생들의 이해를 파악하기 위해서 선택형과 서답형으로 구성된 개념 검사지(Appendix 1)를 자체 제작하여 사용하였다. 개념 검사지는 지구물리 전공자들을 통해서 각 문항의 오류를 검토 받았다. 본 개념 검사지는 총 6문항으로 구성되어 있으며 선택형 문항인 1번, 2번, 3번 문항 중 1번 문항은 편각에 관련된 여러 용어의 의미를 스스로 점검할 수 있도록 한 용어와 용어의 의미를 연결 짓는 연결형 문항이며 2번, 3번 문항은 지구 자

기장을 측정하는 도구인 나침반과 자침의 작동원리와 관련된 학생들의 생각을 알아보고자 하는 선다형 문항이다. 서답형 문항들인 4번, 5번, 6번 문항은 각각 변형된 완성형, 단답형, 그리고 논술형이다. 4번 문항은 각 지점에서의 편각을 주고 실제 측정되는 나침반의 방향을 그리도록, 5번 문항은 임의의 지점에서 나침반의 방향이 정해졌을 때의 편각을 알아보도록 하였고, 6번 문항은 5번 문항의 답변 이유를 적도록 하여 편각을 실제 상황에 적용할 수 있는지 알아볼 수 있도록 하였고 이를 통해 편각과 관련하여 학생들이 가지고 있는 개념들이 나타나도록 만들어졌다.

개념 검사지를 투입하기에 앞서 학생들에게 편각에 관련된 6종의 교과서 내용과 자체 제작된 읽기 자료들 학생별로 각각 하나씩 나누어 준 다음 이를 20분간 스스로 읽고 이해하도록 하였다. 그런 다음 학생들에게 개념 검사지를 나누어 주고 20분간 답을 하도록 하였다. 개념 검사지에 답하는 과정에서 학생들은 자신들이 읽은 교과서 및 자체 제작한 읽기 자료를 자유롭게 볼 수 있도록 하였다.

검사가 이루어진 시기는 2009년 12월 23일부터 29일까지이며 고등학교 1학년 과학 수업 시간에 실시되었다. 전체 1학년 학생 총 276명 중 문항 2와 3에 대한 답변을 하나라도 하지 않은 학생을 제외한 247명에 대해서는 교차분석을 실시하였고, 문항 4와 5 중 하나라도 답한 112의 학생에 대해 서술한 답변을 유형화하여 문항에 대한 반응을 살펴보았고, 247명의 학생에 대해 교차분석을 실시하였다.

각 교과서 및 자체 제작된 읽기 자료에 대한 학생들의 응답정도는 Table 1과 같다.

자료 처리

본 연구에서는 문항 2와 3에 대해서는 SPSS 12.0K를 사용하여 빈도분석 및 교차분석을 실시하였다. 각 문항의 답변 양상을 통해 학생들이 가지고 있는 편각에 관련된 학생들의 개념들을 파악하였고, 교

Table 1. Responses to each textbook

Textbook of publisher ²⁾	A	B	C	D	E	F	G	Total
Total responses	37	32	34	32	33	37	71	276
Responses to item number 2 and 3	29	31	28	30	30	33	66	249
Responses to item number 4 or 5	12	16	9	16	14	12	29	112

2) 'A: (주)교학사, B: (주)금성출판사, C: 대한교과서(주), D: (주)중앙교육진흥연구소, E: (주)지학사, F: (주)천재교육, G: 자체 제작한 읽기 자료'이며 A~F까지는 이후 출판사의 교과서 대신 교과서로 표현함.

차분적 결과를 토대로 교과서별 차이가 있는지와 자체 제작한 읽기 자료와의 차이를 알아보았다. 그리고 문항 4와 5의 경우는 서술한 주관식 답안을 유형화하여 빈도분석 및 교차분석을 실시하였다.

연구 결과

교과서 분석

본 연구에서 사용된 6종의 교과서에서 편각과 관련된 내용 및 삽화 분량은 Table 2와 같다. 내용 분량은 삽화가 차지하는 공간을 제외하고 순수하게 글로 되어 있는 부분이 차지하는 페이지를 의미한다. 모든 교과서는 1페이지를 넘지 않으며 D 출판사의 교과서가 다른 교과서에 비해 조금 더 많은 지면과

삽화를 편각과 관련된 내용에 할애하고 있다.

교과서 내용을 세부적으로 살펴볼 때, 우선 각 교과서에서 제시하고 있는 편각에 대한 정의와 측정 방법은 Table 3과 같다. 교과서들은 자북 또는 자침의 방향과 진북 사이의 각으로 편각을 정의하고 있으나 E 교과서는 자북이 아닌 자북극과 진북 사이의 각으로 정의하고 있다. 우선 이 내용은 전적으로 잘못된 표현이므로 즉각적인 교정이 필요한 부분이라 하겠다. 편각의 이해를 돕는 과정에서 모든 교과서는 지구 자기(장) 3요소를 그림으로 제시하고 있다(Fig. 5).

그런데 이러한 편각의 정의에서 나오는 중요한 개념인 자북에 대한 직접적인 설명이 빠져있는 교과서가 있었다(Table 4). D, E, F 교과서는 본문 내용에서 자북에 대한 설명을 하고 있으며(단 E 교과서는

Table 2. An overview of each textbook. The numbers in parentheses refer to numbers of individual figures

	A	B	C	D	E	F
Amount of content	1/2	1/2	1/2	1	1/2	1/2
Number of figure	2	3	2	5(7)	3	2(3)
Number of footnote	2	0	0	0	3	0

Table 3. Definition and measurement methods of the declination

Textbook	Definition and measurement methods of the declination
A	The angle between magnetic north and true north.
B	The angle between true north and magnetic north. If one know geographic north pole, magnetic north pole and any location, than can measure the declination of that location by drawing straight line between each two points.
C	The angle between true north and magnetic north.
D	The angle between direction of magnetic needle and true north. If one know geographic north pole, magnetic north pole and any location, than can measure the declination of that location by drawing straight line between each two points.
E	The angle between magnetic north pole and true north. If one know geographic north pole, magnetic north pole and any location, than can measure the declination of that location by drawing straight line between each two points.
F	The angle between true north and magnetic north on horizontal surfaces.

Fig. 5. Magnetic elements.

3) A교과서에서는 ‘수평면에 대하여 자침이 곧두서서 북각이 90°가 되는 곳을 자북이라 하고’와 같이 주석을 통해 자북에 대한 기술을 하고 있지만 사실 이 설명은 자북극에 대한 설명이므로 자북에 대한 설명이 없다고 하였다.

Table 4. Definition of magnetic north in text

Textbook	Definition of magnetic north in text
A	Not mention in text but by figure.
B	Not mention in text but by figure.
C	Not mention in text but by figure.
D	Direction of N pole of magnetic needle.
E	Direction of N pole of magnetic needle. But it is not definition form.
F	Direction of N pole of magnetic needle. Express by figure, too.

자북극에 대한 설명처럼 기술되고 있다), A³⁾, B, C, 그리고 F 교과서는 그림에서 자북이 무엇인지 추정할 수 있게 되어 있다. 편각이라는 개념을 배우기 위해서는 필수적으로 알아야 하는 개념인 자북을 직접적인 설명이 아닌 간접적으로 추정하게끔 함으로써 학생들은 이 개념이 포함되어 있는 편각이라는 개념 또한 정확히 이해하기 어려울 것이라 생각된다.

한편, 각 교과서별로 살펴본 편각 측정 도구에 대한 기술은 각각 Table 5와 같다. Table 5에 의하면 D 출판사의 교과서만 나침반을 언급하고 대부분의 교과서는 자침을 이용하여 편각을 측정한다고 표현하고 있으며 C 출판사의 경우 전혀 언급하지 않는 경우도 있었다. 자침은 나침반의 바늘로써 사용되기도 하며 그 자체로 가운데 줄을 달아 지구 자기장 방향으로 배열하도록 하는 도구로 사용되기도 한다. 편각은 그 지점에서의 자기장의 수평 방향과 진북 사이의 각도이므로 이미 수평을 이루고 있는 나침반의 바늘로써 자침의 방향과 진북 사이 각도를 편각이라 말하는 것은 옳은 표현이라고 할 수 있겠다. 그러나 단순히 자침의 배열 방향을 통해 편각을 알 수 있다고 하면 나침반의 부속이 아닌 자침으로 오해할 수 있으므로 좀 더 명확한 설명이 필요하다. 실제로 교과서의 본문에서는 ‘자침은 무게 중심에 받혀 있어도 수평이 되지 않는데(A 교과서)(C, D 교과서는 유사한 표현)’, ‘바늘을 자석으로 몇 번 쓸어준 후 중심에 실을 매어 매달아 보자. 이 바늘은 자유롭게 움직이다가 곧 일정한 방향을 가리키게 된다(B 교과서).

(E, F 교과서는 유사한 표현)’와 같이 자침을 설명하고 있기 때문에 단순히 자침의 N극이 가리키는 방향과 지리상의 북극, 즉 진북 사이의 각도를 편각이라고 하는 표현은 충분히 학생들의 오해를 불러일으키는 표현이라 하겠다. 따라서 편각을 표현할 때 단순히 자침의 N극이 가리키는 방향이라고 표현하기 보다는 그 지역의 지구 자기장의 수평 방향과 진북 사이의 각도라 표현하고 이러한 지구 자기장의 수평 방향은 나침반의 N극이 가리키는 방향이라고 표현해야 하겠다.

편각에 있어서 또 한 가지의 문제점은 나침반의 바늘이 가리키는 방향의 직선 연장선상에 자극이 존재한다고 생각할 수 있다는 것이다. 이는 B, D, E 교과서에서 편각의 이해를 돕기 위한 삽화와 관계한 것으로 생각된다. B, D, E 교과서는 지도 위 여러 지점들에서의 편각이 어떻게 나타나는지를 삽화를 통해 보여주고 있다(Fig. 6). 그림에서는 나침반의 바늘이 자북극을 직접적으로 가리키고 있어 편각을 자북극과 진북 사이의 각도로 오해할 여지를 만들고 있다. 그 결과 지구본 상에서 지리상의 북극, 자북극 그리고 우리나라, 이렇게 3지점을 찍어보게 되면 마치 우리나라는 동편각이 되는 것으로 오해할 수 있다는 것이다. 지구 자기장이 쌍극자로만 설명이 된다면 이렇게 되어야 하겠지만 실제로는 비쌍극자 효과가 있기 때문에 우리나라를 지나는 자기장의 방향에 변화가 생기게 되고 결과적으로 우리나라에서는 서편각이 측정된다. 따라서 현상적으로 우리나라의 편각

Table 5. The statement about tool for the measurement of declination

Textbook	The statement about tool for the measurement of declination
A	Did not mention directly but indirectly by illustration. (mention that distinguish only east-declination and west-declination by magnetic needle.)
B	Did not mention directly. (mention that declination can be known through direction of magnetic needle.)
C	Did not mention directly.
D	Indirectly mention using the compass and can be known through direction of magnetic needle.
E	Mention that declination can be known through direction of magnetic needle.
F	Magnetic needle of compass and magnetic needle.

Fig. 6. Invalid picture (the measurement of declination).

이 서쪽인 것을 이해시키려면 비쌍극자 효과를 적용해야만 하겠다.

지구 자기장에서는 지자기극과 자기극은 서로 다른 개념이다. 전자는 지구 자기장에 가장 근사하는 쌍극자 모델의 극에 해당하는 것이며 후자는 실제 지구의 자기장으로 비쌍극자 현상까지 고려한 극이며 자침의 북극을 이용해서 측정하는 극이다. 현재 교과서는 어떤 책에서도 쌍극자와 비쌍극자의 구분을 하지 않고 있다. 4종류의 교과서들은 삽화에서 쌍극자 모델을 간접적으로 표현하면서 그 극을 자기극으로 표현하고 심지어 E 교과서는 자북극과 자북까지도 계속 혼동하고 있다(Fig. 7). 나머지 1종류의 교과서도 굳이 삽화에서 문자로 표현하지 않았을 뿐 본문의 내용으로 보아 지자기극을 제대로 표현하지 않고 있다. 보다 잘 설명을 하고 있는 D와 F 교과서에서는 자북극(73°N , 100°W) 및 자남극(69°S , 143°E)의 위치

를 주면서 이 둘을 연결한 선이 지구 자전축과 11.5° 기울어져 있다고 진술하고 있다. 이는 명백히 지자기극과 자기극을 혼동하고 있다는 것이다. 조금만 생각을 하는 학생이라면 왜 73° 와 90° 혹은 69° 와 90° 사이가 11.5° 일지 의문스러울 것이다. 이 부분은 쌍극자와 비쌍극자의 차이만 설명해 준다면 간단히 해결될 문제인 것이다.

이상의 내용을 살펴볼 때 교과서에서는 학생들이 지구 자기장 특히 편각과 관련된 여러 개념들의 이해에 어려움을 가질 것으로 생각된다. 이에 실제 학생들이 교과서를 읽고 편각에 대해 얼마나 잘 이해하고 또 잘못 알고 있다면 어떤 점을 잘못 알고 있는지 알아보았다.

개념 검사지 결과 분석

본 연구에서 사용된 개념 검사지 문항은 크게 편각

Fig. 7. The magnetic field (in case of dipole).

측정을 위한 도구와 관련된 학생들의 개념들을 알아보려고 하는 문항들과 편각의 정의를 실제 상황에 적용하는 과정에서 나타날 수 있는 학생들의 개념들을 알아보려고 하는 문항들로 구성되었다. 전자를 알아보기 위해 2개의 선다형 문항을 제시하였으며, 후자를 알아보기 위해 변형된 완성형, 단답형, 그리고 논술형으로 구성된 서답형 문항들을 제시하였다.

편각 측정 도구와 관련된 학생들의 개념(선다형-문항 2, 3): 편각 측정과 관련된 도구로는 대표적으로 나침반과 자침이 있다. 학생들은 나침반과 자침이 각각 어디를 가리키고 또 그 도구를 이용해서 지구상의 어떤 지점을 찾아낼 수 있는지를 알아보는 문항 2번과 3번에 대해 참여 학생 총 267명 중 247명만이 두 문항 모두에 답하였고 이 학생들의 답변에 대해 교차 분석을 실시하였다(Table 1).

‘어느 지방에서 나침반의 바늘이 가리키는 방향은 어디인가?’라는 2번 문항에 대한 교과서별 학생들의 응답 유형은 Table 6과 같다.

나침반의 바늘은 그 지방 자기장의 수평 성분 방향으로 배열할 뿐이므로 지역에 따라 제각기이다. 그러므로 특정되지 않은 곳에서의 나침반의 바늘 방향은 알 수 없다. 그러나 Table 6에서 볼 수 있듯이 대

다수의 학생들은 ‘나침반의 바늘은 자북극을 가리킨다.’고 생각하고 있다. 그 다음으로 학생들은 지자기 북극, 지리상의 북극을 각각 선택하였다. 이는 나침반을 통해 북쪽을 알 수 있다는 것을 ‘북극’을 알 수 있다고 잘못 이해하고 있기 때문으로 생각된다. 또한 나침반의 바늘이 북쪽을 가리키는 것은 지구의 자기장 때문, 즉 자성과 관계한다는 사실을 알고 있는 학생들은 자기장과 관계된 북극을 선택하였기 때문에 많은 수(74.9%)의 학생들은 자북극(53.8%), 지자기 북극(21.1%)을 선택하였다고 생각된다(Table 6).

한편 ‘자침을 이용하여 찾을 수 있는 지점은 어느 곳인가?’라는 3번 문항에 대한 교과서별 학생들의 응답 유형은 Table 7과 같다.

자북극은 북각이 90°인 지점으로 자침이 수직으로 배열하는 곳이 바로 그 지점이다. 따라서 문항 3의 정답은 자북극이다. 2번 문항과는 달리 3번 문항에서는 많은 학생들이 정답을 선택하였다. 2번에 대한 응답과 마찬가지로 3번 문항에 대한 답은 자북극, 지자기 북극, 지리상의 북극 순으로 많았다. 이에 대한 이유를 생각해 보면 우선 2번 문항의 해석에서 제시한 것처럼 학생들은 나침반처럼 자침 또한 북극을 가리키며 자기장과 관계가 있다고 생각하기 때문이라고 할 수 있다. 또 하나의 이유로는 교과서에 자북극

Table 6. Responses to each textbook for item No. 2

	Textbook							Total
	A	B	C	D	E	F	G	
Geographic North Pole	1	0	9	7	9	7	11	44(17.8%)
Geomagnetic North Pole	6	14	5	1	6	6	14	52(21.1%)
Magnetic North Pole	15	17	13	19	15	19	35	133(53.8%)
Can not know.	7	0	1	2	0	1	6	17(6.9%)
Multi responses	0	0	0	1	0	0	0	1(0.4%)
Total	29	31	28	30	30	33	66	247(100%)

Table 7. Responses to each textbook for item No. 3

	Textbook							Total
	A	B	C	D	E	F	G	
Geographic North Pole	3	11	7	5	6	3	2	37(15.0%)
Geomagnetic North Pole	7	10	10	6	9	7	18	67(27.1%)
Magnetic North Pole	15	9	9	18	15	23	43	132(53.4%)
Can not know.	4	1	1	0	0	0	3	9(3.6%)
Multi responses	0	0	1	1	0	0	0	2(0.8%)
Total	29	31	28	30	30	33	66	247(99.9%)

4) 여기서 자북극을 자북(A 교과서)이라고 한 경우도 언급한 경우라고 포함하였다.

과 자침, 혹은 복각 관계를 언급하였기 때문(A, D, E, F 교과서 및 G)⁴⁾이라 할 수 있다. 응답에서 보면 자복극에 대한 언급이 있었던 교과서인 A, D, E, F 와 G에서는 자복극으로 답한 학생이 51.7, 60.0, 50.0, 69.7, 65.2%(평균 60.6%)로 언급되지 않은 교과서인 B, C에서의 비율 29.0, 32.1%(평균 30.5%)보다 매우 높다는 사실이 이를 뒷받침해 준다(Table 7). 그러므로 교과서에 용어에 대한 언급이 되어 있는지의 여부가 학생들의 이해에 매우 큰 영향을 준다는 사실을 다시 한 번 확인할 수 있다.

교과서 별로 학생들의 답변 종류 및 정답 여부가 차이가 있는지에 대한 각 교과서별 교차 분석을 해 보았다. 그 결과 문항 2의 경우 답변의 종류에 있어서는 99% 유의수준에서 A-B, A-D, A-F, B-C, B-D, B-E 교과서 간에 차이를 보였고 정답 여부에 있어서는 99% 유의수준에서 A-B, A-E 교과서 간에 차이가 나타났다(Table 8). 나침반을 이용하여 자복을 결정할 수 있다는 사실을 언급하고 있는 D 교과서와 함께 자체 제작 자료인 G가 다른 교과서와 특별히 차이가 나지 않는다는 사실을 통해 문항 2에서 드러난 학생들의 개념들은 교과서 외에 그 원인이 있다고 생각된다.

반면 문항 3의 경우 답변의 종류에 있어서는 99% 유의수준에서 A-B, A-G, B-F, B-G, C-G 교과서 간에 차이를 보였으며, 정답 여부에 있어서는 99% 유의수준에서 B-F, B-G, C-F, C-G 교과서 간에 차이가 나타났다(Table 8). 답변의 종류에 있어서는 교과서 간의 차이가 교과서 내용과 어떠한 관계가 있는지는 뚜렷한 경향이 잘 나타나지 않지만 정답 여부에 있어서는 교과서 간의 차이와 교과서 내용과는 관계가 보이고 있다. 타 교과서와 구별되는 B와 C 교과서의 공통점 중의 하나는 자복과 자복극에 대한 정확한 설명이 빠져 있다는 것이다. 자침이 수직으로 서 복각이 90°가 되는 자복극에 대한 설명이 명확하게 본문에 제시되고 있는 자체 제작된 G 자료와 B, C 교과서 사이에 가장 뚜렷한 차이가 나타남을 볼 때, 용어에 대한 설명이 부족할 경우 학생들이 관련 개념에 대해 정확히 알기 어렵다는 점을 다시 한 번 확인할 수 있다.

문항 2와 3에 대한 학생들의 답변을 통해 다음과 같은 결론을 내릴 수 있겠다.

첫째, 학생들은 나침반과 자침의 차이를 정확하게 알지 못하고 있다.

둘째, 학생들은 나침반의 바늘은 북극을 가리킨다

Table 8. Approx. Sig. P value of Pearson Chi-square

Textbook	Item No 2.		Item No 3.	
	Type of answer	Right answer or not	Type of answer	Right answer or not
A-B	.002	.009	.009	.280
A-C	.057	.033	.252	.211
A-D	.010	.119	.104	.193
A-E	.012	.008	.120	.678
A-F	.007	.025	.135	.063
A-G	.057	.113	.004	.023
B-C	.001	.328	.369	.880
B-D	.001	.151	.127	.023
B-E	.004	-	.286	.148
B-F	.011	.349	.008	.005
B-G	.013	.090	.000	.001
C-D	.099	.519	.201	.014
C-E	.695	.321	.465	.105
C-F	.284	.952	.061	.003
C-G	.132	.290	.000	.000
D-E	.130	.145	.708	.384
D-F	.439	.471	.644	.618
D-G	.162	.699	.066	.492
E-F	.646	.341	.414	.161
E-G	.291	.085	.022	.085
F-G	.570	.250	.167	.901

고 생각하고 있다.

셋째, 나침반의 바늘이 북극을 가리킨다고 생각하는 오개념⁵⁾은 교과서 외의 요인에 의한 것이다.

넷째, 용어에 대한 설명이 부족할 경우 학생들은 관련 개념에 대해 정확히 알기 어렵다.

실제 상황에서 적용된 편각에 대한 학생들의 개념(변형된 완성형-문항 4, 단답형-문항 5, 논술형-문항 6): 편각은 나침반의 바늘이 가리키는 방향인 자북과 지리상의 북극 방향인 진북 사이의 값이다. 나침반의 바늘은 그 지방의 자기력선이 지나는 방향에 따라 배열하기 때문에 편각을 알아내기 위해서는 진북의 방향과 함께 나침반의 바늘이 어디로 향하고 있는지를 파악해야만 한다. 이러한 사실을 알아보기 위해서 변형된 완성형의 문항인 4번과 단답형 문항인 5를 제시하였다. 이에 관한 분석에는 참여 학생 총 276명 중 4번, 5번 문항 중 하나라도 답한 112명에 대해 분석을 실시하였다(Table 1). 이 중 4번과 5번 문항 모두에 답한 학생의 수는 54명이다. 일부의 경우 교과서를 읽고 4번과 5번 문항에 대해 답을 한 학생의 수가 적어 해당 교과서에 대한 통계적 처리를 하기에 부족한 경우가 존재하였고 이 경우 빈도를 바탕으로 경향성에 대한 논의를 진행하였다.

우선 등편각선이 나타나 있는 지도 위의 두 지점에서 나침반의 N극이 가리키는 방향을 화살표로 나타내도록 한 문항 4에 대해 교과서별 답변의 유형별로 살펴보면 Table 9와 같다.

4번 문항에 직접 답을 한 학생들의 응답을 살펴보면 뚜렷한 경향을 찾아보기가 어렵다. 답을 한 학생들 중에서도 정확하게 나침반의 N극 방향을 표시한 학생은 12명으로 답을 한 학생 중에서 12.4%에 불과했다. 이보다 많은 수인 20명의 학생은 나침반의 N극 방향이 자북극을 향하도록 그렸다. 앞선 문항 2와 3의 경우를 바탕으로 생각해 보면 학생들은 기본적으로 나침반의 N극은 자북극으로 향한다고 생각하고 있기 때문에 이 문항에서도 그러한 점이 반영되었다고 여겨진다. 다만 나침반의 바늘이 자북극을 향하는 그림이 제시된 B, D, E 교과서를 읽은 학생들에서 나침반의 바늘 방향을 자북극으로 정한 빈도수가 좀 더 많다는 사실을 통해 교과서의 삽화가 학생들의 답에 영향을 주었을 가능성이 매우 높을 것이라 추정된다. 기타 답으로는 ‘동서 방향만 맞고 각도가 전혀 맞지 않는 경우’, ‘등편각선을 따라 선을 그은 경우’, ‘자북극에서부터 각도 측정한 경우’ 등이 대표적이다.

한편 어느 특정 지역에서 자기력선의 수평 방향과

Table 9. Responses to each textbook for item No. 4

	Textbook							Total
	A	B	C	D	E	F	G	
Correct answer	2	1	0	3	1	0	5	12(12.4%)
Direction to Magnetic North Pole	1	5	2	3	5	0	4	20(20.6%)
Direction to Geographic North Pole	0	1	0	3	1	1	0	6(6.2%)
Other wrong answers	7	6	6	4	7	10	19	59(60.8%)
Total	10	13	8	13	14	11	28	97(100.1%)

Table 10. Responses to each textbook for item No. 5

	Textbook							Total
	A	B	C	D	E	F	G	
Correct answer (Angle between true north and magnetic north)	0	0	2	0	0	2	7	11(16.9%)
Angle between true north and direction of Magnetic North Pole	4	12	3	11	1	0	5	36(55.4%)
Other wrong answers	2	0	2	2	3	1	8	18(27.7%)
Total	6	12	7	13	4	3	20	65(100%)

5) 편각에 대한 학습 이전에 가지고 있는 것으로 파악된 ‘나침반의 바늘이 북극을 가리킨다’고 하는 생각은 ‘나침반의 바늘이 북쪽을 가리킨다’는 생각에 대안 개념이라고도 할 수 있지만, 엄밀히 말해서 과학 개념과 다르기 때문에 본 연구에서는 오개념이라 표현하였다.

지리상의 북극, 지자기 북극, 자북극이 모두 표현된 그림에서의 편각을 측정하라는 문항 5에 대한 교과서별 답변 유형을 살펴보면 Table 10과 같다.

Table 10에서 눈에 띄는 부분은 첫째 G(자체 제작한 읽기 자료)의 경우가 비교적 정답의 빈도수가 높고, 둘째 B, D 교과서에서 진북과 자북극 사이의 각도를 표현한 경우가 압도적으로 많다는 점이다. 응답을 하지 않은 학생을 포함하여 문항 5에 대한 G와 타 교과서 간의 차이를 교차 분석을 통해 살펴본 결과 Pearson 카이제곱의 점근유의확률(양측검증) 값이 A 교과서와는 0.143, B 교과서와는 0.000, C 교과서와는 0.706, D 교과서와는 0.002, E 교과서와는 0.192, F 교과서와는 0.087로 나왔다. 즉 B와 D 교과서와 자체 제작한 읽기 자료를 읽은 학생들은 답변의 종류가 서로 다르다고 판단된다. 이 두 교과서는 Fig. 6에서 보았듯이 편각의 이해를 돕기 위해 지구본 위에 나침반이 그려져 있는 삽화를 제시한 3개의 교과서(B, D, E) 중 2개이다. 교과서의 삽화로 인해 학생들은 편각을 지리상의 북극, 어느 특정 지역, 자북극 사이의 각으로 바로 측정할 수 있는 것으로 생각할 수 있는 데 반해 자체 제작한 읽기 자료의 경우 비쌍극자 효과가 주어진 경우에서의 지구 자기장이 직선이 아닌 곡선의 형태로 형성되어 있는 것을 보여주는 그림이 Fig. 4와 같이 제시되어 있어 이와 같은 차이를 만들었을 것으로 판단된다. 편각이라는 개념이 읽기 자료만으로 학생 스스로 이해하기 다소 어려운 내용임을 감안할 때, 이러한 삽화로 인해 학생들은 ‘편각은 지리상의 북극 방향과 자북극 방향 사이의 각으로 측정된다.’와 같은 오개념을 가질 가능성이 매우 높다고 생각될 수 있겠다.

5번 문항에서 나타나는 기타 오답으로는 어디와 어디를 연결한 것인지 모호한 경우가 8명으로 가장 많았고, 자북극이 포함되어 있는 오답이 4명, 단순히

수치의 계산만으로 편각을 표현한 오답이 3명이었다. 나머지 3명의 경우는 ‘ $\angle$ 자북극, 지리상의 북극, A지점’, ‘표시된 모든 점을 단순히 연결함’, ‘진북과 자북 사이의 각이나 동서를 잘못 이해한 경우’였다.

이러한 사실들을 토대로 다음과 같은 결론을 내릴 수 있겠다.

첫째, 학생들은 읽기 자료만으로 편각에 대한 이해를 정확하게 하기 어렵다.

둘째, 잘못된 삽화가 제시되어 있는 교과서를 읽은 학생들에게서 편각에 대한 오개념이 더 많이 나타나는 경향이 있다.

문항 4와 5에 대한 답변을 함께 살펴보면 Table 11과 같다.

문항 4와 문항 5에 모두 정답을 한 학생은 전체 247명 중 단지 자체 제작한 읽기 자료인 G를 읽은 학생 3명에 불과했다. 앞서 5번 문항 분석에서도 언급한 것처럼 편각과 관련된 교과서 내용을 스스로 읽고 이해하기는 매우 어렵다는 사실을 확인할 수 있다. 더욱이 2번, 3번, 4번, 5번 문제를 모두 정답을 한 학생은 자체 제작한 읽기 자료인 G를 읽은 학생 1명에 불과했다. 그나마 보다 정확한 정보를 제공한 경우 학생들이 이해를 할 가능성은 존재하지만 스스로 읽고 이해한 경우가 매우 미미하다는 사실은 편각과 같이 공간 이해력을 요하는 어려운 내용의 경우에 학생들이 정확한 개념 획득을 하기 위해서는 교과서만이 아닌 교사의 설명 등의 제공이 반드시 필요하다고 하겠다.

결론 및 논의

결론

연구 결과 학생들은 편각에 관련하여 다음과 같은 오개념들을 가지고 있었다. 첫째, 나침반과 자침은

Table 11. Cross table for No 4. and No 5

	No 5.				
	Correct answer	Angle between true north	Other wrong	Not	Total
	(Angle between true north and magnetic north)	and direction of Magnetic North Pole	answers	answer	
Correct answer	3	6	1	2	12
Direction to Magnetic North Pole	1	10	3	6	20
No 4. Direction to Geographic North Pole	0	3	0	3	6
Other wrong answers	4	11	12	32	59
Not answer	3	6	2	139	150
Total	11	36	18	182	247

동일한 도구이다. 둘째, 나침반의 바늘은 북극을 가리킨다. 셋째, 나침반의 바늘은 자북극을 가리킨다. 넷째, 편각은 지리상의 북극 방향과 자북극 방향 사이의 각으로 측정된다.

이러한 학생들의 오개념들 중 ‘나침반의 바늘은 북극을 가리킨다.’의 경우는 교과서 종류와 특별한 상관관계가 나타나지 않았다. 그러나 나머지 세 종류의 오개념들은 교과서 내용에 영향을 받은 것으로 나타났다.

기존의 교과서에서는 자침이라는 용어를 북극을 측정하는 도구로서의 자침과 편각을 측정하는 도구인 나침반의 바늘로서의 자침으로 혼재해서 사용하고 있으며 이러한 내용이 ‘나침반과 자침은 동일한 도구이다’라고 하는 오개념에 영향을 준 것으로 보인다.

각 교과서별로 30명 이상 총 276명의 학생이 참여한 개념 검사의 교차분석 자료들에 의하면 대부분 교과서간 유의미한 차이를 보이지 않았지만 B 교과서의 경우에는 차이가 드러났다. A, B, C 교과서는 편각을 이해하기 위해 필수 요소인 자북에 대한 설명도 제시되지 않았으며 B, D, E 교과서는 실제와 맞지 않는 삽화가 제공되고 있었다. B 교과서는 양쪽 모두에 포함되어 있는 유일한 교과서이다. B 교과서를 읽고 난 후 개념 검사지에 응답한 학생에게서 ‘나침반의 바늘은 자북극을 가리킨다.’ ‘편각은 지리상의 북극과 자북극 사이의 각으로 측정된다.’는 오개념이 가장 많이 나오는 것으로 보아 교과서에서 용어에 대한 뚜렷한 설명이 제공되지 않을 경우, 더 나아가 잘못된 삽화가 제공되었을 경우 오개념이 형성될 가능성이 더욱 크다고 생각된다.

현재 사용되고 있는 6종의 교과서는 지구 자기장을 설명함에 있어 모두 쌍극자 효과만을 제시하고 있다. 제7차 교육과정 상에서는 ‘지구 표면에는 지구의 자력이 미치는 공간이 존재한다는 사실을 이해하고 시간과 장소에 따라 장·단기적으로 변한다는 사실을 이해한다’라고 내용을 규정하고 있고 이에 따라 지구 자기장을 쌍극자로만 표현해도 지역에 따라 편각, 북각, 그리고 수평 자기력이 달라지는 것을 설명하는데 충분하다고 할 수 있겠다. 그러나 교과서 분석과 학생 개념 검사지 분석 결과 쌍극자 효과만 고려된 내용과 특히 삽화가 제공될 때 다음과 같은 문제들이 야기된다.

첫째, 지구 자기장은 완벽한 대칭이 성립하므로 한 지역에서 편각은 단지 기하학적인 작도를 통해 알

수 있는 것으로 생각할 수 있다.

둘째, 나침반의 바늘은 항상 자북극을 가리킨다고 생각할 수 있다.

셋째, 쌍극자 효과만 고려될 때에 나타나는 지자기 북극을 자북극으로 대체함으로 인해 지구 자전축과 자극이 11.5° 차이가 나타난다고 표현하므로 실제 자북극의 좌표(예: D출판사 73°N, 100°W)와 어긋나게 된다.

넷째, 우리나라와 같은 경우 실제로는 서편각이 나타나지만 동편각이 나타나는 것으로 잘못 알 수 있다.

다섯째, 임의의 지점에서 실제 편각을 정확히 측정할 수 없을 수 있다.

굳이 지구 자기장을 비쌍극자 모델이라는 용어를 도입하여 약 90%는 쌍극자 모델로 설명이 되고, 나머지 10%는 비쌍극자 모델을 적용해야 한다고 하지 않더라도 단지 ‘지구 자기장은 지구 내부에 마치 하나의 거대한 자석이 존재하고 있는 것처럼 형성되어 있지만 실제로는 지구 내부의 여러 불균질성 등으로 인해 완전한 대칭이 성립하지 않고 좀더 복잡하게 나타난다’는 정도만이라도 언급이 된다면 위에서 제시한 여러 문제들을 훨씬 많이 줄일 수 있을 것이다.

기존의 교과서가 제시하지 못한 비쌍극자 효과를 넣어 자체 제작한 읽기 자료를 통해 교과서의 내용 수정을 통해 학생들의 편각에 대한 이해 가능성을 알아본 결과 각 문항별로는 다른 교과서에 비해 정답을 답한 학생의 비율이 증가함을 확인할 수 있었다. 그러나 대부분의 경우 통계적으로 유의미한 차이를 가졌다고 보기 어려우며 특히 자체 제작한 자료를 통해서도 모든 문항에 정답을 한 학생은 1명에 불과하여, 내용 수정만을 통해서 학생들의 오개념의 발생을 줄이는 것은 매우 어렵다는 것을 확인했다. 하지만 문항 5의 경우 답변률이 30%가 넘는 B, D 교과서와 G 자료 간의 교차분석을 통해 볼 때, 비쌍극자 효과가 고려된 G 자료와 쌍극자 효과만 고려된 삽화가 제공된 B, D 교과서와는 뚜렷한 차이를 보인다고 말할 수 있다. 그러므로 비쌍극자 효과가 포함된 자료는 그렇지 않는 자료에 비해 편각에 대해 학생들이 정확한 개념을 가지게 하는 데 어느 정도 효과가 있다고 하겠다.

논의

한정된 교과서의 분량으로 인해 대학의 전공 서적

만큼이나 충분한 지면을 통해 자세한 설명을 하는 것은 매우 어려운 일이다. 그러나 학생들의 이해를 돕기 위한 충분한 설명이 제공되어야 함은 당연한 일이다. 편각이라고 하는 개념은 단순히 이론으로만 끝나는 개념이 아니라 실제 지층의 주향을 결정할 때, 실생활에서 지도를 읽을 때 등과 같이 여러 불균질성이 영향을 미치고 있는 실제 상황에서 적용해야 하는 개념이다. 따라서 학교에서 배운 내용을 실제 적용함에 있어 무리가 없도록 교과 내용에서 이러한 지구의 불균질성이 고려된 지구 자기장이 제시되어야 하겠다. 이러한 내용의 수정 또는 부가로 앞서 언급한 실제 우리나라의 편각은 서편각임에도 불구하고 비쌍극자 효과가 설명되지 않아 동편각으로 잘못 판단하는 경우 또한 없앨 수 있을 것이다. 아울러 자북과 같이 개념에 필수적인 용어들은 정의를 제시해 주어야 학생들의 이해를 도울 수 있을 것이다.

본 연구에서 교과서의 수정에 대한 효과를 자체 제작한 읽기 자료를 통해 간접적으로 확인해 보았을 때, 어느 정도 변화가 일어날 가능성을 확인하였다. 그러나 개념 검사지 분석 결과 자체 제작한 읽기 자료만으로 학생들의 뚜렷한 변화가 나타났다고 주장하기에는 다소 어려움이 있다. 이는 편각이라는 개념이 눈에 보이지 않는 자기장과 관련이 있으며 공간적인 지각력을 요하기 때문에 학생 스스로의 힘만으로는 이해가 다소 어려움이 있기 때문이다. 따라서 교과서 내용의 수정뿐만 아니라 이에 대한 교사의 정확한 설명이 바탕이 된다면 학생들이 편각에 대한 정확한 이해를 할 수 있을 것이라 생각된다.

연구의 결과 편각은 교사의 설명이 매우 중요한 영역이라고 판단되었다. 그러나 본 연구는 학생을 대상으로만 이루어졌기 때문에 학생들에게 직접 설명을 할 교사가 쌍극자 효과만이 고려된 교과서를 읽고 얼마나 편각에 대해 정확하게 이해하는지 현재로서는 알 수가 없다. 따라서 앞으로 교사를 대상으로 쌍극자 효과만 고려된 자료와 비쌍극자 효과까지 고려된 자료를 각각 읽고 편각에 대해 이해하는 정도가 어떻게 다른지에 대한 추가 연구가 필요하다 하겠다.

참고문헌

경재복, 윤일희, 이경훈, 김기룡, 황원기, 이기영, 2002, 고등학교 지구과학 II. (주)중앙교육진흥연구소, 서울, 347 p.
고인배, 강영봉, 강동식, 2003, 교과서 삽화를 활용한 중학생의 힘과 운동 개념 변화에 관한 연구. 교육과학연구

백록논총, 5, 69-90.
교육과정교과서정보서비스, <http://cutis.mest.go.kr/> (검색일: 2011. 8. 8)
교육인적자원부, 1997, 고등학교 교육과정 해설-6. 과학-교육인적자원부, 서울, 244 p.
국동식, 2002, 온실효과에 대한 고등학교 공통과학교과서 분석. 한국지구과학회지, 23, 455-460.
권재술, 김범기 편저, 1993, 과학 오개념 편람. 한국교원대학교 물리교육연구실, 청주, 425 p.
김문수, 정영란, 1997, 확산과 삼투 개념에 관한 학생들의 이해도 및 오개념의 원인으로서의 교과서 분석. 한국과학교육학회지, 17, 191-200.
김찬중, 이조옥, 1996, 달의 위상 변화와 빛에 대한 중등학교 학생들의 개념 사이의 관계. 한국지구과학회지, 17, 8-21.
김희수, 정남식, 신동원, 박정웅, 이정식, 한홍열, 박용선, 2002, 고등학교 지구과학 II. (주)천재교육, 서울, 367 p.
민경덕, 서정희, 권병두, 1987, 응용지구물리학. 우성문화사, 서울, 772 p.
박종석, 조희형, 1986, 고등학생들의 유전에 대한 오인의 확인 및 유전학 지도방향. 한국과학교육학회지, 6, 35-42.
변재성, 정재구, 문병찬, 정진우, 2004, 지구와 달의 운동에 대한 고등학생들의 생각. 한국지구과학회지, 25, 519-531.
부덕현, 홍승호, 2008, '바람'의 개념에 대한 초등학생들의 인식도와 오개념 유형 분석. 교과교육학연구, 12, 67-82.
오준영, 김상수, 강용희, 2007, 예비 중등교사들의 방사성 동위원소에 대한 대안개념의 구조와 개념변화. 한국지구과학회지, 28, 775-788.
오준영, 채동현, 2004, 별에 대한 초등교사와 초등학생들의 핵심 신념 비교. 중등교육연구, 52, 427-452.
우종욱, 정진우, 위수민, 임청환, 홍성일, 이석형, 2002, 고등학교 지구과학 II. 교학사, 서울, 303 p.
이규석, 이창진, 김정률, 이용준, 강진철, 김재현, 2002, 고등학교 지구과학 II. 대한교과서, 서울, 351 p.
이만우, 2001, 달의 위상 변화에 대한 초등학교 예비교사들의 이해. 과학교육연구, 24, 55-68.
이문원, 전성용, 권석민, 진만식, 신석주, 임부철, 2002, 고등학교 지구과학 II. 금성출판사, 서울, 391 p.
이재웅, 김상달, 김중희, 2003, 지구의 복사평형에 대한 고등학생들의 오개념 유형 분석. 한국지구과학회 2003년도 추계학술발표회 논문초록집, p. 185.
장명덕, 정철, 정진우, 2001, 계절 변화에 대한 초등학생의 선개념과 개념 변화 양상. 한국지구과학회지, 22, 268-277.
전인영, 국동식, 1998, 구름 생성에 대한 중·고등학생의 오개념 연구. 한국지구과학회지, 19, 269-275.
정완호, 1997, 고등학생들의 생물 오개념 처리를 위한 수업 모형 연구. 한국과학교육학회지, 17, 333-343.
정진우, 1991, 중학교 학생들의 지구과학 개념에 대한 오개념 형성 원인 분석. 한국지구과학회지, 12, 304-322.
조정일, 1993, 과학 오개념의 생성 원인. 아동의 기본과학

- 개념에 관한 학술 세미나, 한국교원대 과학교육연구소, 5-19.
- 채동현, 1996, 달 위상 변화의 원인에 대한 학생들의 개념 조사. 한국초등과학교육학회지, 15, 45-55.
- 최경희, 장현숙, 2003, 중학생들의 자기 관련 오개념 조사. 새물리, 47, 207-217.
- 최승일, 조희형, 1987, 고등학교 생물 I의 세포분열, 생식, 수정개념에 대한 오인 분석. 한국과학교육학회지, 7, 1-17.
- 한국지구과학회, 1998, 지구과학개론. 교학연구사, 서울, 818 p.
- 허창희, 박병훈, 정성표, 김병국, 2002, 고등학교 지구과학 II. 지학사, 서울, 335 p.
- Geological Survey of Canada, http://gsc.nrcan.gc.ca/geomag/field/arctics_e.php (검색일: 2011. 7. 11)
- McElhinny, M.W., 1973, Paleomagnetism and plate tectonics. Cambridge University Press, London, UK, 368 p.

2011년 7월 11일 접수
 2011년 8월 9일 수정원고 접수
 2011년 10월 18일 채택

Appendix 1.

1. 다음의 용어들과 용어의 의미들을 맞게 연결하십시오.

지리상의 북극 •	• 북각이 +90°가 되는 지점
지자기 북극 •	• 지구의 자전축에 해당하는 북쪽 지점
자북극(자기북극) •	• 지구 자기장을 수학적인 쌍극자로 근사했을 때 극에 해당하는 북쪽지점
진북 •	• 지리적인 북쪽
자북 •	• 나침반의 바늘이 가리키는 북쪽

2. 어느 지방에서 나침반의 바늘이 가리키는 방향은 어디인가?

- ① 지리상의 북극 ② 지자기 북극 ③ 자북극 ④ 알 수 없다.

3. 자침을 이용하여 찾을 수 있는 지점은 어느 곳인가?

- ① 지리상의 북극 ② 지자기 북극 ③ 자북극 ④ 알 수 없다.

4. 다음은 Natural Resource Canada에서 만든 등편각선(편각이 같은 지점을 연결한 선)을 그린 그림이다. 자와 각도기를 이용하여 표시된 A, B 두 지점에서의 나침반의 N이 가리키는 방향을 화살표로 표시하십시오.(숫자 옆의 E, W 기호는 편각의 방향이 각각 동쪽과 서쪽임을 뜻한다)

[5~6] 다음은 2005년도에 해당하는 지리상의 북극, 지자기 북극, 자북극의 위치와 A 지점(60° N, 135° E)을 지나는 자기력선의 수평 방향을 나타낸 그림이다.

5. 자와 각도기를 이용해서 A 지점에서의 편각을 조사하여 편각 표현법으로 나타내시오.

6. 그렇게 생각한 이유를 쓰시오.