

학습 발달과정 탐색을 통한 계절의 변화 교육과정 및 교수 계열 제안

허재완 · 이기영*

강원대학교 과학교육학부, 24341, 강원도 춘천시 강원대학길 1

A Proposal of Curriculum and Teaching Sequence for Seasonal Change by Exploring a Learning Progression

Jaewan Heo and Kiyoung Lee*

Division of Science Education, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

Abstract: The purpose of this study was to propose curriculum and teaching sequence for seasonal change by exploring a learning progression. For the purpose, 4 steps of construct modeling approach (specifying construct, item design, outcome space, and measurement model) proposed by Wilson (2005) was applied. In the stage of specifying construct, ‘length of shadow according to seasons’, ‘position of constellation according to seasons’, ‘seasons of the southern hemisphere and northern hemisphere’, ‘cause and phenomenon of seasonal change’ were selected as the subconstructs of seasonal changes, and constructed a construct map showing the level of development from level 1 to level 4 for each subconstruct based on the results of the previous research. In the item design stage, we developed five assessment items consisting of 3 items in the form of C-E (choose and explain) and two items in the form of CR (constructed response), applied it to 383 elementary, middle and high school students. In the outcome space stage, the students’ responses to the assessment items were categorized based on the construct map. The categories were classified into 4 levels according to student ability and scores of 1-4 were given. In the measurement model stage, we applied the partial credit model of the Rasch model and compared whether the learning pathway created from the results of students’ response coincides with the construct map. Based on the results of the research, we modified the construct map and finally created hypothetical learning progression on seasonal change. Finally, we proposed an orientation of curriculum amendment and effective teaching sequence for seasonal change.

Keywords: learning progression, seasonal change, construct modeling approach, Rasch model

요약: 이 연구에서는 학습 발달과정을 탐색을 통해 계절의 변화에 대한 교육과정과 교수 계열을 제안하고자 하였다. 학습 발달과정을 알아보기 위해 Wilson (2005)이 제안한 ‘구인 모델링 방식’의 4가지 단계(구인특화, 평가 문항 개발, 평가 결과 기술, 측정 모델)를 적용하였다. 구인특화 단계에서는 계절의 변화의 하부 구인으로 ‘계절에 따른 그림자의 길이’, ‘계절에 따른 별자리의 위치’, ‘남반구와 북반구의 계절’, ‘계절에 따른 태양의 일주운동’, ‘계절의 원인과 현상’을 설정하였으며, 선행 연구 결과를 바탕으로 각 하부 구인의 하위 정착점인 수준 1에서 상위 정착점인 수준 4까지를 나타낸 구인구성도를 작성하였다. 평가 문항 개발 단계에서는 구인구성도를 토대로 C-E (choose and explain) 형태의 문항 3개, CR (constructed response) 형태의 문항 2개로 구성된 총 5개의 평가 문항을 개발하였으며, 초, 중, 고등학교 학생 383명을 대상으로 적용하였다. 평가 결과 기술 단계에서는 평가 문항에 대한 학생 응답 결과를 구인구성도를 토대로 범주화하는 과정을 거쳤으며, 이 범주들을 학생 능력에 따라 4수준으로 분류하고 1-4점의 점수를 부여하였다. 측

*Corresponding author: leeky@kangwon.ac.kr
Tel: +82-33-250-6752
Fax: +82-33-242-9598

정 모델 단계에서는 Rasch 모델의 부분점수 모형을 적용하여 학생들의 응답 결과를 통해 작성한 학습 발달의 경로가 선행 연구를 기반으로 작성한 구인구성도와 일치하는지 비교하였다. 이를 통해 구인구성도를 수정함으로써 최종적으로 계절의 변화에 대한 가설적인 학습 발달과정을 작성하였다. 최종적으로, 연구 결과를 바탕으로 계절 변화에 대한 교육과정 개정 방향과 효과적인 교수 계열을 제안하였다.

주요어: 학습 발달과정, 계절의 변화, 구인 모델링 방식, Rasch 모델

서 론

학습 발달과정(learning progression)은 과학에서의 핵심 개념(core concepts)과 그와 관련된 과학 탐구 실행(scientific inquiry practices)에 대한 학생들의 이해와 능력이 점차 정교화 되는 경로들을 기술한 것으로(NRC, 2007), 경험적 근거에 기반을 둔 검증 가능한 가설이다(Corcoran et al., 2009). 학습 발달과정은 적절한 교수 활동이 학생에게 이루어짐에 따라 점진적으로 정교화 되는 발달 경로를 말하며, 이는 주관적인 의견이 아니라 선행 연구에서 도출된 결과가 근거로 제시되는 것이다(Duschl et al., 2011; NRC, 2007). 이러한 학습 발달과정에 기반하여 학습자에게 맞는 교육과정의 개발 및 교육내용을 선정할 수 있으며, 교육과정과 교수-학습, 평가의 구성에서 일관성을 증진시킬 수 있으므로 학습 발달과정에 대한 연구의 중요성이 강조되고 있다(Yang, 2016).

학습 발달과정은 다음과 같은 세 가지 특성을 지닌다. 첫째, 과학의 핵심 개념을 이해하고, 사용하는 능력과, 과학적 탐구 실행을 활용하여 수행하는 능력이 점점 더 정교해지는 과정에 대한 발달 경로를 다룬다. 둘째, 학습 발달과정에서는 생물학적 성장이 아닌, 과학교사의 적절한 수업활동에 의해 형성되는 발달 과정을 말한다. 셋째, 주관적 의견이 아닌, 경험적 근거 자료를 바탕으로 제시하는 발달 경로를 말한다(Maeng et al., 2013).

일반적으로 학습 발달과정은 특정 개념이나 능력의 수준에 따라 하위 정착점(lower anchor), 중간 단계(intermediate), 그리고 상위 정착점(upper anchor)으로 구성된다. 하위 정착점은 학생들의 학습을 시작할 때 이미 가지고 있던 이해 수준 또는 탐구 실행 능력으로 학습의 출발점에 해당된다. 주로 거시 규모의 자연 현상(Mohan et al., 2009), 일상적 개념 수준(Alonzo & Steedle, 2009), 그리고 낮은 수준의 오개념이 여기에 속한다. 상위 정착점은 학습 발달과정의 마지막 단계에서 학습하게 될 것으로 예상되는 개념

이해 수준 또는 과정 실행 능력의 기대치를 말하며, 더 정확한 과학 개념의 이해 수준, 정교한 과학적 탐구 기능의 실행 능력이 이에 속한다(NRC, 2007). 중간 단계는 하위 정착점과 상위 정착점을 연결해 주는 디딤돌(stepping stones)의 역할을 한다. 중간 단계를 논함으로써 하나의 주제에 대한 발달 경로의 가설을 세우고 이를 추적하여 경로를 규명하는 것이 가능하며, 중간 단계의 존재로 인해 학습 발달과정에 대한 연구는 기존의 오개념 연구와 차별된다고 볼 수 있다.

학습 발달과정 연구에서 중간 단계를 규명할 때 두 가지 중요한 문제가 제기된다. 첫째는 어떤 도구와 방법으로 중간 단계를 조사할 것인가 하는 문제이며, 둘째는 조사한 결과가 하위 정착점에서 상위 정착점으로 학습 발달을 연결해 주는 실제적인 경로를 타당하게 표현하였는가하는 문제이다. 학생들의 학습 발달의 중간 단계를 규명하는 방법으로는 순위 선다형 문항(ordered multiple-choice items) (Alonzo & Steedle, 2009; Briggs et al., 2006), 열린 응답 검사지(open-ended written response tests) (Covitt et al., 2009; Mohan et al., 2009), 임상 인터뷰(clinical interview) (Gunckel et al., 2012) 등이 많이 사용되고 있으며, 학습 발달 경로의 타당성은 학생들이 해당하는 주제를 학습하는 동안에 학습 발달과정으로 제시한 가설적인 발달 경로가 실제로 나타나는가, 즉 경험적 연구의 결과로 도출된 학습 발달과정이 실질적인 발달의 구인으로서 학습 발달 경로를 나타내는 지 알아보는 구인 타당도(construct validity)를 산출함으로써 검증될 수 있다.

최근 과학교육 분야에서 국내외적으로 학습 발달과정에 대한 연구가 활발히 진행 중이다. 학습 발달과정 연구는 이전에 없었던 완전히 새로운 연구는 아니며, Bruner가 제시한 나선형 교육과정이나 Gagné가 제시한 위계 학습이론 등이 학습 발달과정 연구와 맥락을 같이 한다고 볼 수 있다. 하지만 학습 발달과정 연구는 경험적 자료를 바탕으로 학습자들의

지식과 그 기능이 어떻게 발달되었는지에 대한 경로를 규명하는 것으로서 기존의 연구와 차별되며 그만큼 가치를 지닌다고 할 수 있다(Huynh et al., 2015).

한편, 지구과학교육 분야에서도 학습 발달과정 연구에 대한 관심이 증가되는 추세이며, 천문 분야를 중심으로 천체의 운동, 태양계 형성, 천문 시스템 등을 중심으로 다수의 연구가 이루어졌다(Plummer, 2014; Plummer et al., 2015; Seong et al., 2013; Maeng et al., 2014). 하지만, 천문 분야의 핵심 개념으로 간주되는 계절의 변화와 관련된 학습 발달과정은 국내외적으로 아직 이루어지지 못한 상태이다. 계절의 변화는 일상생활에서 직접 경험할 수 있지만 천문학적 현상에 의한 것으로 직접 실험하기가 힘들다(Lim & Jeong, 1993). 또한 원인을 직접 관찰하기 힘들며 거시적이고 추상적이기 때문에 계절의 변화의 현상과 원인을 설명하기 위해서는 높은 수준의 공간적 사고가 요구되는 천문 핵심 개념 중의 하나이다(Abell et al., 2001; Kali et al., 1997; Orion et al., 1997; Ramadas, 2009). 이 때문에 세계 각국의 교육과정에서도 빠짐없이 다루어지고 있는 주제이기도 하다. 하지만 계절의 변화가 교육과정에 반영되어 있는 형태는 나라마다 다른데, 대표적으로 미국과 우리나라를 비교해 보면 Table 1과 같다.

우리나라의 2009, 2015 개정 과학과 교육과정의 경우는 초등학교 5-6학년 군에서만 다루어지고 있는 반면(Ministry of Education, 2015). 미국의 National Science Education Standards (NESE) (NRC, 1996)와 A Framework for K-12 Science Education (NRC,

2012)에서는 계절의 변화를 5-8학년에서 학습하도록 되어 있다. 특히, 차세대과학교육표준(NGSS)에서는 NSES와는 달리 Grade 2, Grade 5, Grade 8에서 계절의 변화 관련 내용이 점점 심화되는 형태로 다루도록 제시하고 있다(NRC, 2012). 미국 NGSS에서 주목할 만한 것은 특정 개념에 대한 학년별 배치에서 학습 발달과정의 틀(framework)을 차용하고 있다는 점이다. Grade 2에서는 계절에 따른 태양의 뜨고 지는 변화를 관찰하는 것 까지만 다루며, Grade 5에서는 학생들이 지구의 자전을 고려하며 하루 동안 변화하는 그림자의 길이와 방향, 별자리의 하루 동안의 위치 변화를 연관 지어 설명 할 수 있게 하며, 지구의 공전을 그림자의 길이와 방향의 변화, 태양, 달, 별의 위치 변화를 다루고 있다. 마지막으로 Grade 8에서는 자전축의 기울어짐에 따라 1년 동안 각 지역 별로 다른 세기의 태양빛이 들어오기 때문에 계절이 변화함을 다룬다. 그러나 이러한 NGSS의 학습 발달과정 틀은 경험적인 증거(empirical evidence)에 기반한 것이 아니라 전문가의 식견과 기존 오개념 연구에 의존하여 작성되었다는 근본적인 한계점을 가진다. 그러므로 경험적인 증거를 수집하기 위해서는 여러 학교급의 학생들을 대상으로 한 중단적 또는 횡단적 연구가 이루어져야 하며, 이 연구 결과에 기반하여 계절의 변화 학습 발달과정의 탐색이 이루어질 필요가 있다.

그동안 계절의 변화와 관련된 국내외 선행 연구들은 오개념 유형을 파악하여 교수-학습 활동을 통해 이를 교정하는 연구들이 많았다(Jeong, 2005; Kim et

Table 1. Comparison of curriculum content for seasonal change between Korea and USA

한국	성취 기준	미국	성취 기준
2009 개정 과학과 교육과정	[5-6학년군] (가) 계절에 따라 자연 환경이 변화됨을 안다. (나) 태양의 고도와 그림자의 길이, 기온의 관계를 이해한다. (다) 계절에 따른 태양의 남중고도와 낮과 밤의 길이, 기온 변화를 이해한다. (라) 계절 변화의 원인을 지구 자전축 기울기와 지구의 공전으로 설명할 수 있다.	National Science Education Standards (NSES)(NRC, 1996)	The sun is the major source of energy for phenomena on the earth's surface, such as growth of plants, winds, ocean currents, and the water cycle. Seasons result from variations in the amount of the sun's energy hitting the surface, due to the tilt of the earth's rotation on its axis and the length of the day. (p. 161)
2015 개정 과학과 교육과정	[5-6학년군] [6과14-01] 하루 동안 태양의 고도, 그림자 길이, 기온을 측정하여 이들 사이의 관계를 찾을 수 있다. [6과14-02] 계절에 따른 태양의 남중고도, 낮과 밤의 길이, 기온 변화를 설명할 수 있다. [6과14-03] 계절 변화의 원인은 지구 자전축이 기울어진 채 공전하기 때문임을 모형실험을 통해 설명할 수 있다.	A Framework for K-12 Science Education (NRC, 2012)	ESS1.B: EARTH AND THE SOLAR SYSTEM <i>By the end of grade 2.</i> Seasonal patterns of sunrise and sunset can be observed, described, and predicted. <i>By the end of grade 5.</i> Seasonal changes in the length and direction of shadows. <i>By the end of grade 8.</i> The seasons are a result of that tilt and are caused by the differential intensity of sunlight on different areas of Earth across the year. (p. 176)

al., 2013; Kim, 2012; Oh & Kim, 2006; Chae, 1992; Chae, 2011; Chae et al., 2003; Chung et al., 2004; Jang et al., 2001; Baxter, 1995). 이러한 연구들은 단기간의 학습 효과에 대한 연구가 대부분으로, 학생들이 학년이 올라감으로써 계절의 변화에 대한 이해의 발달 경로를 알아보는 데는 한계가 있었다. 따라서 이 연구에서는 계절 변화에 대한 오개념 유형만을 보여주는 것만이 아닌 초등학생부터 고등학생까지 계절의 변화에 관한 이해에 대해 조사하고, 계절의 변화에 대한 이해가 발달하는 경로를 확인할 수 있는 학습 발달과정을 조사함으로써 교육과정 개선을 위한 시사점을 도출하고, 적응적 교수활동(adaptive instruction)을 위한 효과적인 교수 계열(teaching sequence)을 제안하고자 하였다.

연구 방법 및 내용

학습 발달과정 연구는 구인(construct)을 규정하고, 이를 측정하기 위한 평가 도구를 고안하여 타당성을 검증하는 과정을 모두 포함한다. 이 연구에서는 학습 발달과정을 조사할 때 중요한 평가의 방법적 틀로써 Fig. 1과 같은 평가의 삼각형(assessment triangle)을 도입하였다. 평가의 삼각형은 인지(cognition), 관찰(observation), 해석(interpretation)으로 구성된 순환적인 평가 시스템으로, Knowing What Students Know(NRC, 2001)와 Systems for State Science Assessment (NRC, 2006)에서 소개된 바 있다. 평가의 삼각형에서 ‘인지’는 어떤 학습 과제를 설정하여 어떻게 학생들의 학습 발달과정을 모델링할 것인지 논의하는 것이고, ‘관찰’은 피험자들의 학습 수준을 알기 위한 타당한 평가 도구를 통해 개발하는 것이

고, ‘해석’은 평가 결과에 대해 학습 수준의 등급을 결정하는 것이다(NRC, 2001, 2006). 이러한 평가 삼각형을 기초로 하여 Wilson(2005)은 학습 발달과정을 위한 평가 시스템을 개발하는 과정으로 ‘구인 모델링 방식(construct modeling approach)’을 제안하였다. Wilson이 제안한 구인 모델링 방식은 ‘구인 특화(specifying construct)→평가 문항 개발(item design)→평가 결과 기술(outcome space)→측정 모델(measurement model)’로 구성되어 있으며, 이 연구에서는 이러한 4단계의 과정을 거쳐 학습 발달과정을 탐색하였다.

구인 특화

구인 특화(specifying construct) 단계에서는 평가하고 측정할 요소인 구인(construct)을 선정하고 이를 토대로 구인구성도(construct map)를 작성한다. 구인 구성도는 구인에 대한 오개념 연구와 같은 선행 연구를 바탕으로 드러난 낮은 이해 수준에서 높은 이해 수준까지의 위계를 분석하여 배치하는 연속적인 도식을 말한다(Maeng et al., 2013). 학생들의 학습 발달 수준을 평가하기 위한 도구인 평가 문항을 개발할 때 구인구성도는 밑바탕이 되며, 피험자들의 응답과 비교하여 구인의 이해 및 수준을 판단하는 준거가 된다. 따라서 구인구성도는 학습 발달과정의 초안 역할을 할 수 있다

이 연구에서는 계절의 변화와 관련된 다수의 선행 연구(Kim et al., 2014; Kim et al., 2013; Kim, 2012; Oh et al., 2006; Jung & Lee, 2013; Chung et al., 2004; Chae, 2011; Chae & Lim, 2011; Chae et al., 2003; Trumper, 2006)를 바탕으로 5개의 하부 구인(계절에 따른 그림자의 길이, 계절에 따른 별자리의 위치, 남반구와 북반구의 계절, 계절에 따른 태양의 일주운동, 그리고 계절의 원인과 현상)을 설정하고, 각 하부 구인에 대해 4 수준의 구인구성도를 작성하였다(Table 2). 하부 구인을 5개로 설정한 것은 계절의 변화의 현상에 대한 인식과 원인에 대한 이해도를 다양한 측면에서 심층적으로 분석하기 위함이다. 다시 말해, 계절 변화와 관련된 현상으로 그림자의 길이 변화, 별자리 위치 변화, 태양 고도의 변화라는 3개의 측면에서 학생들의 사고를 이끌어 내고자 하며, 남반구와 북반구 계절은 계절 변화에 대한 완전한 이해를 가졌을 것으로 간주되는 상위 수준 학생들의 사고 유형을 분석하고자 하며, 마지막으로 계절의 원인과 현상은 학생들이 계절의 변화로

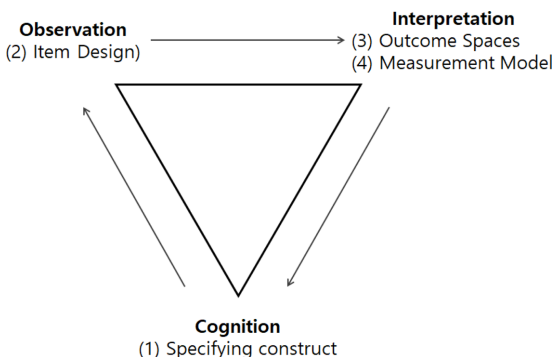


Fig. 1. Methodological framework of the research.

Table 2. Construct map for seasonal change

구인	계절에 따른 그림자의 길이	계절에 따른 별자리의 위치	남반구와 북반구의 계절	계절에 따른 태양의 일주운동	계절의 원인과 현상
수준 4	그림자의 길이 변화와 계절을 연관 지을 수 있으며, 공전 궤도 상에 계절에 따른 우리나라의 위치를 옮겨 표시하며, 낮과 밤의 경계를 구별할 수 있다.	계절에 따른 지구의 공전 궤도상의 위치를 자전축 기울기를 이용하여 파악하며, 별자리의 남중시각을 계절의 변화와 연관 지을 수 있다.	자전축의 기울기를 이용하여 북반구와 남반구의 계절이 서로 다르다는 것을 설명할 수 있으며, 공전 궤도 상에 북반구가 겨울이 되는 위치를 파악할 수 있다.	태양의 일주권이 비스듬해 지는 것을 알고 있으며, 계절에 따라 태양의 뜨고 지는 위치가 북쪽까지 치우친다는 사실을 파악할 수 있다.	계절 변화의 현상과 원인을 모두 구별할 수 있으며, 계절 변화의 원인으로 자전축의 기울기, 공전 모두로 파악한다.
수준 3	그림자의 길이 변화와 계절을 연관 지을 수 있으며, 계절에 따른 우리나라의 위치를 옮겨 표시할 수 있으나, 낮과 밤의 경계를 정확히 구분 짓지 못한다.	계절에 따른 지구의 공전 궤도상의 위치를 자전축 기울기를 이용하여 파악할 수 있으나, 별자리의 남중시각을 계절의 변화와 연관 짓지 못한다.	자전축의 기울기를 이용하여 북반구와 남반구의 계절이 서로 다르다는 것을 설명할 수 있으나, 공전 궤도 상에 북반구가 겨울이 되는 위치를 파악하지 못한다.	태양의 일주권이 비스듬해 지는 것을 알고 있으며, 계절에 따라 태양의 뜨고 지는 위치가 북쪽까지 치우친다는 사실을 파악하지 못한다.	계절 변화의 현상과 원인을 일부만 구별할 수 있으며, 계절 변화의 원인으로 자전축의 기울기, 공전 중 하나로 파악한다.
수준 2	그림자의 길이 변화와 계절을 연관 지을 수 있으며, 공전 궤도 상에 계절에 따른 우리나라의 위치를 태양-지구와의 거리 변화를 이용하여 표시 한다.	계절에 따른 지구의 공전 궤도상의 위치를 자전축 기울기를 이용하여 파악하지 못하고, 동일 별자리의 남중 시각이 계절에 따라 달라짐을 알지 못한다.	북반구와 남반구의 계절이 서로 다르다는 것을 알지 못하고, 공전 궤도 상의 태양-지구 간 거리를 이용하여 계절을 구분 짓는다.	태양의 고도 변화와 일주권의 경사짐을 알고 있으나, 계절에 따라 뜨고 지는 위치가 달라짐을 알지 못한다.	계절 변화의 현상과 원인을 구별할 수 있으며, 계절 변화의 원인을 태양의 남중고도 변화, 태양빛 입사각의 변화, 공전, 자전축의 기울기로 파악하고 있다.
수준 1	그림자의 길이 변화와 계절을 연관 짓지 못하며, 공전 궤도 상의 계절에 따른 우리나라의 위치를 그림자 길이를 이용하여 지구 위에 표시하지 못한다.	계절에 따라 별자리의 위치가 변화됨을 알지 못한다.	북반구와 남반구의 계절이 서로 다르다는 것을 알지 못하고, 공전 궤도 상에 계절의 변화를 표시하지 못한다.	계절에 따라 태양의 고도가 달라짐은 알고 있으나, 일주권이 비스듬해 지나 서로 다른 위치에서 뜬다는 사실을 알지 못한다.	계절 변화의 원인과 현상을 전혀 구별하지 못한다.

나타나는 지구 관점의 현상과 계절 변화를 유발하는 우주 관점의 원인을 구분할 수 있는지를 알아보기 위함이다. 한편, 5개 구인별로 4개 수준을 구분하였는데, 1수준은 하위정착점에 해당되며 4수준은 상위정착점에 해당된다. 2수준과 3수준은 중간단계로, 선행 연구 결과를 토대로 상위정착점에 도달하기 위한 다리 역할을 할 것으로 예상되는 수준을 연구자들이 설정한 것이다. 작성된 구인구성도에서 각 구인별 수준의 적절성은 과학교육 전문가 2인과 현장 초등 교사 3인의 검토를 거쳐 수정·보완하였다. 구인 특화 단계에서 작성된 구인구성도는 실제 평가 결과에 근거한 내용이 아니므로 말 그대로 ‘초안’에 해당되며, 상위정착점과 하위정착점, 그리고 중간단계는 학생들을 대상으로 한 경험적인 평가 연구의 결과를 반영하여 지속적으로 수정되어야 한다.

문항 개발

문항 개발(item design) 단계에서는 앞선 구인 특

화 단계에서 작성한 초기 구인구성도를 토대로 평가 문항을 개발하고 점검한다. 이 연구에서는 계절의 변화에 대한 학생들의 학습 발달과정을 알아보기 위해 C-E(choose-explain)과 CR(constructed response) 유형의 문항을 하부 구인별로 1개씩 개발하였다(Table 3). C-E 문항은 학생들이 문항에서 선택할 수 있는 보기를 제공하고, 학생들이 특정 보기를 선택한 이유를 서술하는 유형으로 일반적인 선다형 문항보다는 조금 더 개방적인 문항의 유형이라 할 수 있다. CR 문항은 과학적 현상에 대해 학생들이 보기나 선택지 없이 본인의 생각을 그림 혹은 글을 통해 표현하는 것으로 학생이 응답한 내용을 분류하여 구인구성도의 특정 수준과 연결 짓는 유형이다. C-E와 CR 유형의 문항은 선다형 문항과 달리 학생의 설명과 응답을 수동으로 분류해야 하므로 채점이 힘든 부분이 있지만 학생들이 추가로 제시한 설명 부분이 응답에 포함되므로 심층적 분석이 가능하다는 장점이 있다 (Alonzo et al., 2012). 개발된 5개의 문항은 모두 각

Table 3. Overview of the items on the constructs of seasonal change

No. of item	Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5
Item type	CR	C-E	CR	C-E	C-E
Construct	length of shadow according to seasons	position of constellation according to seasons	seasons of the southern hemisphere and northern hemisphere	daily motion of the Sun according to seasons	cause and phenomenon of seasonal change
Concept	revolution of the Earth, tilt of the Earth's axis		tilt of the Earth's axis	daily motion	cause and phenomenon

구인별로 상위정착점에 해당되는 수준의 문항으로, 각 문항별로 완벽하게 정답을 한 학생들은 상위정착점에 도달한 것으로 판정된다. 하지만, 부분적인 정답이나 오답의 경우는 구인구성도를 준거로 구인별로 수준을 판정하게 된다. 이 문항들은 과학교육 전문가 2인과 현장 초등 교사 3인의 내용 타당도 검증을 통해 수정·보완되었다.

문항 1은 피험자들은 문항에서 제시된 동일한 시간대의 각 계절별 나무 그림자 길이 자료를 관찰하고, 이를 이용하여 지구의 공전 궤도 위에 표시된 4개의 지구에 해당 계절을 적고, 각 그림자가 생겼을 당시의 우리나라의 위치를 지구에 표시하고 그 이유를 적도록 구성되어 있다. 문항 2는 오리온자리가 여름과 겨울, 각각 낮과 밤에 남중한 그림을 제시하고, 이를 이용하여 태양-지구-오리온자리의 위치를 공전 궤도상 지구의 위치와 연결 짓는 문항이다. 문항 3은 성탄절 날 북반구인 미국은 겨울이고, 남반구인 호주는 여름인 그림을 제시하고, 이 두 그림을 참고하여 지구 공전 궤도상에서 성탄절 날의 지구 위치를 찾고 미국과 호주를 지구에 표시하는 문항이다. 문항 4는 6월, 9월, 12월의 지구에서 바라본 태양의 일주운동을 제시하고, 이를 이용하여 계절에 따른 태양 일주운동 경로의 차이를 설명하는 문항이다. 문항 5는 지구의 공전, 기울어진 자전축, 태양의 남중고도 변화, 태양빛의 계절에 따른 입사각 변화 그림을 제시하고 계절 변화의 현상과 원인을 분류하는 문항이다. Fig. 2는 이 연구에서 개발된 평가 문항 1의 예시이다.

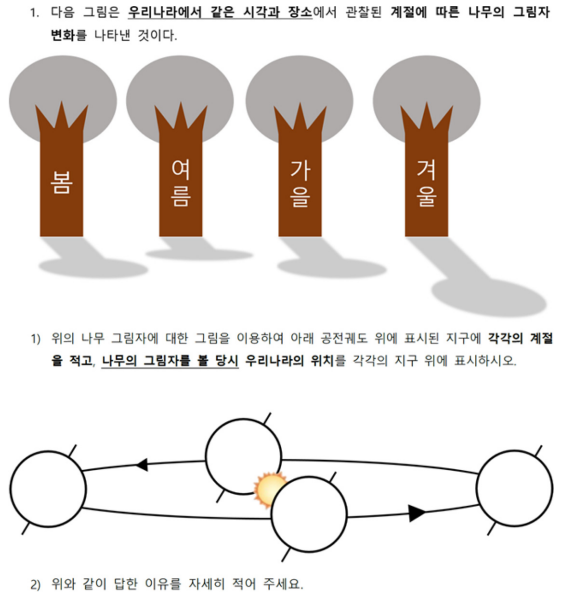


Fig. 2. An illustration of CR item developed in item design stage.

평가 결과 기술

평가 결과 기술(outcome spaces) 단계에서는 연구에서 개발된 평가 문항을 학생들에게 적용하여 실제 평가 자료를 얻는다. 이 연구에서는 Table 4에서와 같이 대전, 원주 지역의 초등학교 5, 6학년, 중학교 1, 2학년, 고등학교 1, 2학년 총 383명을 대상으로 평가 문항을 적용하였으며, 평가 문항에 대한 학생들의 응답에 적절한 수준을 할당하여 학생 개인별, 그

Table 4. The number of students participated in this study

Gender	Grade						
	5	6	7	8	10	11	총 원
Male	42	37	20	21	46	106	272
Female	29	32	22	28	0	0	111
Sum	71	69	42	49	46	106	383

리고 문항별로 점수를 부여하였다. 각 문항별로 유사한 응답끼리 분류하여 세분화한 다음 구인구성도의 수준을 준거로 범주화 하는 과정을 거쳤으며, 분류된 범주의 각 수준에 따라 점수를 부여하였다. 수준 1에 해당하는 범주는 1점, 수준 2에 해당하는 범주는 2점, 수준 3에 해당하는 범주는 3점, 수준 4에 해당하는 범주는 4점이었으며, 무응답인 경우는 0점을 부여하였다.

측정 모델 적용

측정 모델(measurement model) 적용 단계는 평가 결과 기술 단계에서 얻은 학생들에 대한 경험적 자료를 구인 특화 단계에서 작성한 구인구성도의 타당성을 통계적인 방법으로 확인하는 것이다. 구인구성도의 타당성을 확인하기 위해 이 연구에서는 Rasch 모델을 적용하였다. Rasch 모델은 문항 반응 이론(item response theory)에 기초한 측정 모형으로 문항 곤란도만을 고려하기 때문에 문항 모수(parameter) 추정이 간단하여 학습 발달과정 연구의 측정 모델로 가장 널리 사용되고 있다. Maeng et al. (2014)은 Rasch 모델을 적용하여 천문 시스템 학습발달과정의 내적 타당성을 검증하였으며, Lee et al. (2016)은 태양계 학습발달과정의 구인 타당도를 검증하는데 Rasch 모델을 적용하였다. 그 외 다수의 연구들(Lee et al., 2017; Lee & Park, 2017; Maeng & Lee, 2015; Maeng et al., 2013)에서 Rasch 모델을 적용하여 학습 발달과정 연구에 활용한 바 있다. Rasch 모델은 특정 문항에서 피험자가 추측 등을 통해 피험자의 능력보다 높은 문항 곤란도를 가진 문항에서 정답을 선택하는 경우나, 능력이 높은 피험자가 실수

로 오답을 선택한 경우 등과 같은 객관적이지 않은 사실에 주목하여 피험자의 능력에 대한 정답과 오답 선택을 확률로 접근한다. 이는 피험자들의 반응을 완벽히 알 수 없으므로 확률로 나타내려는 것이므로, 피험자의 능력이 특정 문항의 곤란도와 같을 경우 정답을 맞힐 확률이 50%가 되는 것으로 피험자의 능력이 문항 곤란도보다 높을수록 정답을 맞힐 확률이 더 높아지는 것으로 해석된다(Ji & Chae, 2000). 따라서 피험자의 능력과 문항 곤란도의 차이를 계산한 뒤, 로지스틱 함수를 적용하여 피험자가 특정 문항의 정답을 맞힐 확률을 계산한다. 이 연구에서는 Rasch 모델의 통계 방식 중에서 부분점수 모형(partial credit model)(Masters, 1982)을 사용하였으며, 분석 프로그램으로는 Winsteps를 사용하였다.

연구 결과 및 논의

평가 결과 기술

Fig. 3은 초, 중, 고등학교 학생들의 문항별 평균 수준을 그래프로 나타낸 것이다. 연구에 참여한 초, 중, 고등학교 모두 평균적으로 낮은 수준을 보이는 것으로 나타났으며, 특히 문항 1번의 경우, 초, 중, 고등학교의 평균 수준이 약 1.0으로 거의 차이가 없는 것으로 나타났다. 모든 문항에서 평균 수준의 높고 낮은 정도가 비슷한 경향성을 나타냈으나, 초등학교와 중학교에 비해 고등학교 학생들이 상대적으로 높은 수준을 보였다. 하지만 초등학교와 중학교의 경우 경향성 및 각 문항별 평균 수준에서 차이가 거의 없는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는, 중학생들조차도 초등학생들과 마찬가지로 기초적인 수준에서 계절

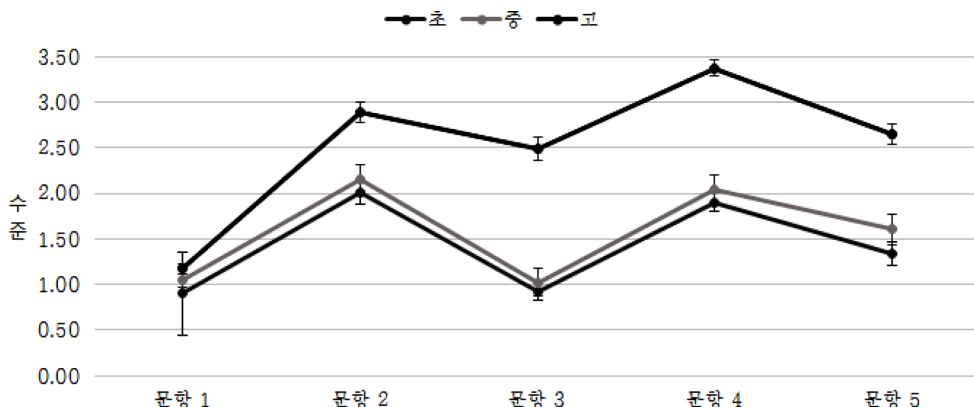


Fig. 3. Comparison of participants' mean level by item between school grade.

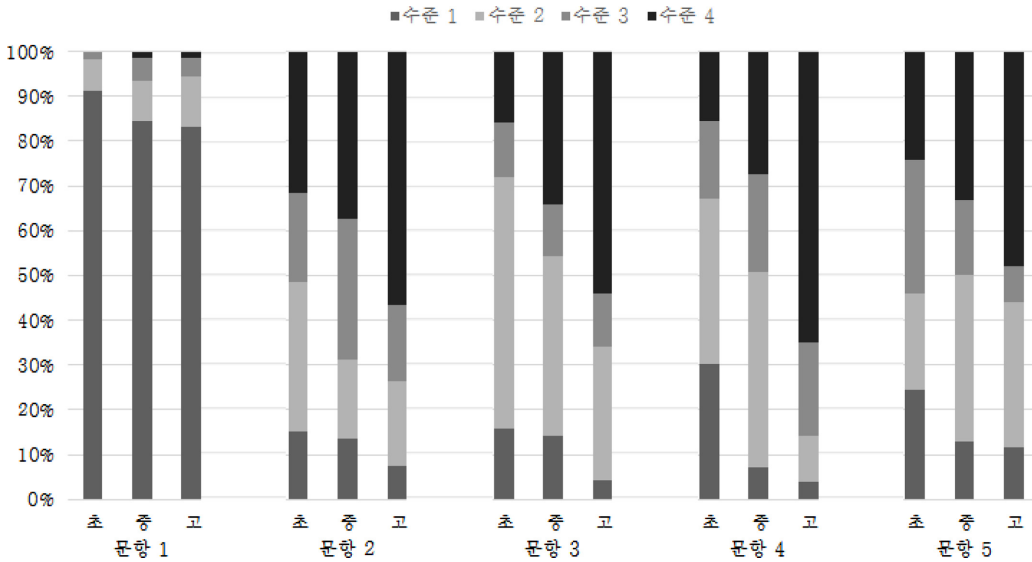


Fig. 4. Comparison of participants' level distribution by item between school grade.

변화의 현상과 원인을 이해하고 있음을 말해준다.

Fig. 4는 초, 중, 고등학교 학생들의 문항에 따른 수준 분포를 백분율로 나타낸 것이다. 문항 1의 경우, 초, 중, 고등학교 모두에서 수준 1의 비율이 다른 문항에 비해 압도적으로 높았으며, 학교급이 높아질수록 상위 수준의 비율이 점차 증가하는 것으로 나타났다. 문항 2~5의 경우는 수준 분포가 매우 비슷한 경향성을 나타내었는데, 학교급이 높아질수록 수준 4의 비율이 증가하는 반면 수준 1의 비율이 감소하는 경향을 보였다. 문항 1에 대한 학생들의 반응 결과는 2가지로 해석이 가능하다. 결과 그대로 해당 구인에 대한 학생들의 사고 수준이 학교급별로 별로 차이가 나지 않는다고 해석할 수 있으며, 또 다른 측면에서는 문항 구성상의 문제로 볼 수 있다. 다른 4개 문항(구인)에 대한 차이를 고려했을 때, 후자의 원인이 더 설득력이 있을 것으로 생각된다. 학생들은 지구 기반으로 관측된 그림자의 길이라는 현상을 우주 기반으로 관점 전환(perspective change)하여 그 원인을 공전 궤도상에 표시하는 것이 매우 생소한 상황이었다 것으로 추정된다.

Rasch 모델 적용 결과

Wright map (person-item map) 산출

Fig. 5는 학생들의 응답 반응을 Rasch 모델에 적용한 결과로 산출된 person-item map이다. 이 맵은 문

항의 곤란도와 피험자의 능력을 동일한 측정을 위해 사용한 동일한 스케일의 로지트(logit, log-odds-units) (Bond & Fox, 2007) 단위로 환산한 값을 하나의 맵에 표시한 것으로, 이 맵을 고안한 Benjamin Wright의 이름을 따서 흔히 Wright map 이라고 한다 (Wright & Linacre, 1994).

Wright map의 구성을 보면, 가장 왼쪽의 'MEASURE' 아래에 숫자들(3, 2, 1, 0, -1, -2, -3)이 표시되는데 이것은 피험자의 능력과 문항의 곤란도에 대한 로지트 값이다. 세로로 표시된 긴 선의 왼쪽은 'PERSON'을 나타낸 부분으로 피험자들의 능력에 따른 위치와 인원수를 나타낸다. MEASURE 값이 크다는 것은 피험자의 능력이 더 높다는 것을 의미하는데, 예를 들어 MEASURE 값 1에 위치한 피험자들의 능력치는 MEASURE 값 -2인 피험자들에 비해 능력이 3 로지트 높다는 것을 의미한다. 피험자의 수는 '#' 표시 하나가 3명을, '.' 표시 하나가 1명 혹은 2명을 의미한다. 맵의 중앙에 있는 세로선의 왼편에는 'M'이 있는데 이는 피험자들의 응답 점수를 Rasch 모델로 측정하여 나온 피험자들의 상대적인 능력을 로지트 단위로 환산한 평균값을 나타낸 것이다. 이 연구에 참여한 피험자들의 평균 능력은 약 -0.3 로지트 값 정도에 해당한다. 중앙 세로선 오른편에 위치한 'M'은 문항 곤란도의 평균값을 나타낸 것으로, Wright map에서 항상 0에 맞춰져 있다. 이는 문항 곤란도의 평균값을 0이 되게 하여 다른 문항의 곤란도를 상대

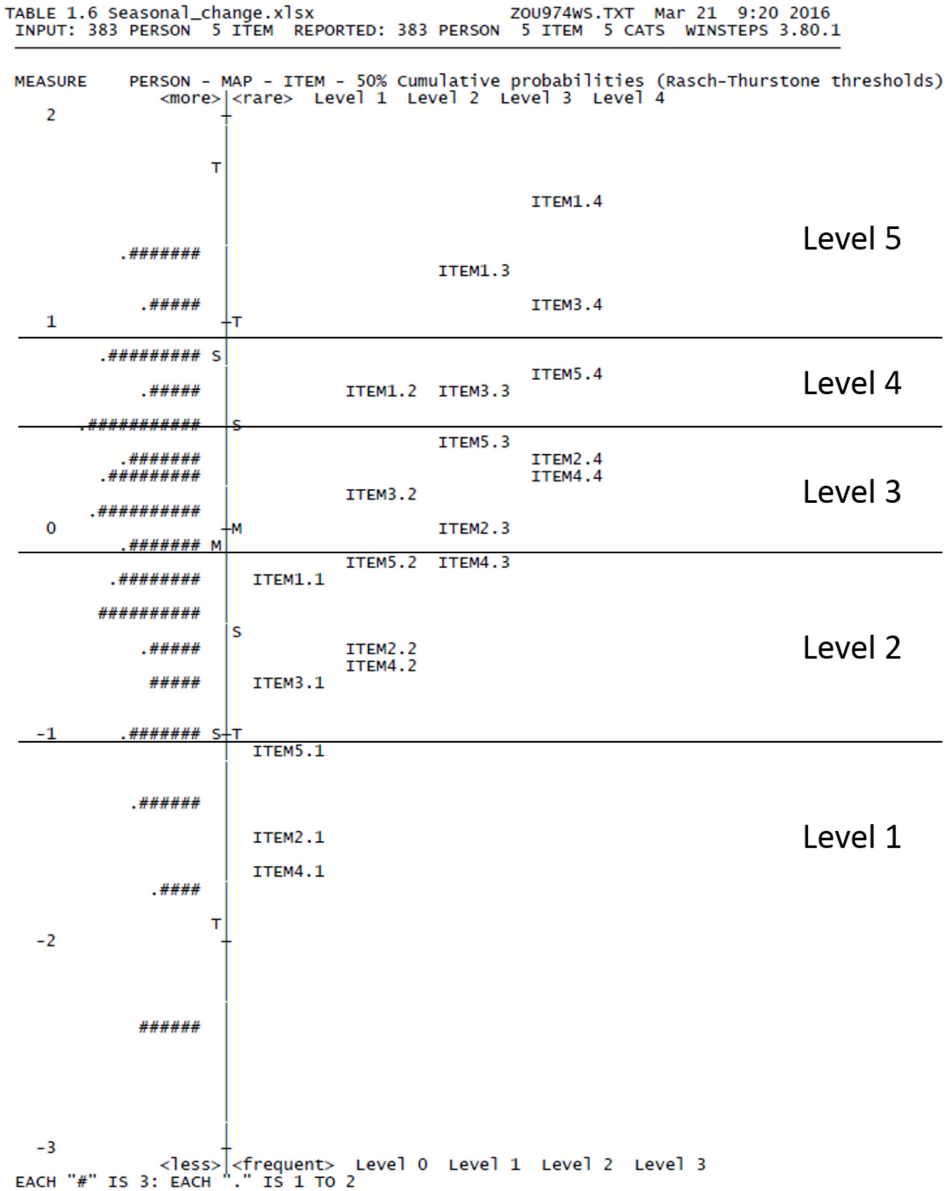


Fig. 5. Wright map (person-item map).

적인 로지트 값으로 환산하여 표시하기 위함이다. 문항 곤란도의 평균값 보다 피험자의 능력에 대한 평균값이 약 -0.3 로지트 정도 낮은 것을 확인할 수 있다. 이를 통해 피험자들에게 검사지의 문항들이 평균적으로 조금 어려웠음을 확인할 수 있다.

중앙의 세로선 오른쪽에는 Rasch-Thurstone 임계값을 로지트로 환산한 문항의 수준별 위치가 표시되어 있다. Rasch-Thurstone 임계값은 같은 로지트 값을 가지는 피험자들이 그 문항의 특정 수준을 응답할

확률의 누적값이 50% 또는 응답하지 않을 확률의 누적값이 50%가 되는 것을 의미하므로 각 문항별 수준의 Rasch-Thurstone 임계값은 그 수준의 곤란도를 나타낸다. 예를 들어, ITEM 5.3은 계절의 원인 및 현상에 대한 문항에서 3 수준을 가리키는데, 이때의 로지트 값은 1.0 이므로, 피험자들 중 계절 변화에 대한 능력이 1.0인 피험자는 ITEM5를 수준 3 정도로 설명할 확률이 50%이거나 혹은 더 높은 수준으로 설명할 것이고, 피험자들 중 능력의 로지트 값

이 1.0보다 낮은 경우 ITEM 5에서 수준 3으로 설명하지 못하고 더 낮은 수준으로 설명한다는 것이다. 따라서 ‘PERSON’에서의 설명과 마찬가지로 Rasch-Thurstone 임계값이 높은 문항의 수준은 능력의 로지트 값이 높은 피험자들이 설명할 확률이 50%이므로 더 어려운 문항이고, 임계값이 낮은 문항의 수준들은 피험자들에게 쉬운 문항에 해당한다.

Fig. 5의 Wright map에서 계절의 변화에 대한 피험자들의 능력 및 문항의 수준에 대한 배치를 분석해 보면 다음과 같은 특징을 확인할 수 있다; 첫째, 문항 2번과 4번은 상대적으로 낮은 로지트 값(곤란도)을 보이며, 문항 1번, 5번, 3번은 높은 로지트 값을 보인다. 특히 문항 1번이 다른 문항들에 비해 매우 높은 로지트 값을 나타내는데, 이것은 이 문항이 연구한 참여한 학생들에게 가장 어려운 문항이었음을 알 수 있다. 다시 말해, 계절의 변화와 관련된 5개 하부 구인 중 계절에 따른 그림자의 길이(문항 1), 계절의 원인과 현상(문항 5), 남반구와 북반구의 계절(문항 3)은 높은 수준에 해당되는 반면, 계절에 따른 별자리의 위치(문항 2), 계절에 따른 태양의 일주 운동(문항 4)은 상대적으로 낮은 수준에 해당됨을 말해준다. 둘째, 각 문항별 수준에 대해 수정의 필요성이 제기되었다. Wright map에 표시된 가로선은 각 문항별 수준의 로지트 값에 대한 평균값을 참고하여 수정된 구인구성도를 작성하기 위해 수준 1에서 수준 5까지를 다시 구분한 것이다.

Item fit 산출

이 연구에서 사용한 분석 프로그램인 Winsteps에서는 피험자들의 응답에 대하여 Rasch 모델에 기반한 예측 값과 실제 자료 값 사이의 부합 정도를 비교하기 위하여 item fit을 제공한다. Item fit은 outfit과 infit으로 구성되는데, outfit은 Rasch 모델의 예상 결과에서 벗어난 사례(outlier)를 설명하며 infit은 피험자의 능력에 따라 문항의 곤란도에 맞게 Rasch 모델이 예측한 경향성(inlier)을 보이는지를 설명한다. Infit은 경향성과의 적합도를 나타내는 수치이므로 피험자의 반응에 문

제가 있을 경우에 해당 부분을 찾기 어려우나 outfit은 예상 결과에서 벗어난 사례에 초점을 두기 때문에 문제가 되는 부분의 발견이 infit에 비해 보다 더 용이하다. 따라서 outfit을 중심으로 피험자와 문항간의 적절성을 조사하는 것이 일반적이다.

Table 5는 참여자의 응답 결과를 Rasch 모델로 적용하여 산출한 item fit 값을 나타낸 것인데, 여기서 제공되는 것은 infit과 outfit의 MNSQ 값으로 MNSQ는 outfit과 infit에 대한 chi-square 값이다. MNSQ의 계산은 1.0을 평균으로 하기 때문에 일반적으로 문제가 없는 범위는 0.5-1.5로 보며(Wright & Linacre, 1994), MNSQ 값이 1.0보다 큰 경우 Rasch 모델로 예측하기 힘든 경우(underfit)로 판단하고, 1.0보다 작은 경우 Rasch 모델로 예측이 너무 정확한 경우(overfit)로 판단한다.

분석 결과, 이 연구에 적용된 모든 평가 문항이 적합한 범위 내의 item fit을 가지는 것을 알 수 있다. 문항 2와 4의 경우 infit과 outfit 모두 1.0에 근접한 것으로 보아 Rasch 모델의 예측 기준으로 큰 변수가 없었으며, 다른 문항들 또한 1.0에서 벗어나지는 했으나 0.5와 1.5 사이 값 안에 있으므로 적절한 범위에 있다는 것을 알 수 있다.

구인구성도 수정 및 가설적 학습 발달과정 작성

Table 6은 Wright map 분석 결과를 토대로 구인특화 단계에서 작성된 구인구성도를 수정한 것이다. 초기 구인구성도는 5개 하부 구인에 대해 각 4 수준으로 설정하였으나 Rasch 모델 적용 결과를 반영하여 최종적으로 5 수준으로 조정하였다.

수정된 구인구성도에서 하위 정착점에 해당하는 수준 1은 계절에 따라 별자리의 위치 변화를 알지 못하며, 계절에 따라 태양의 고도가 달라짐은 알고 있으나 일주권이 비스듬해 지나 서로 다른 위치에서 뜬다는 사실을 알지 못하는 경우이다. 수준 2는 계절의 변화로 지구에서 관찰 가능한 현상을 이용하여 계절 변화의 원인이 되는 지구 자전축의 기울기를 이용하여 계절을 표현하지 못하지만, 태양의 뜨고 지는 위치가 계절에 따라 달라지는 것은 알고 있는 경

Table 5. Item fit estimated from Rasch model

MNSQ	Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5
INFIT	0.73	1.10	1.01	1.01	0.97
OUTFIT	1.33	1.05	0.97	0.91	0.93

우이다. 수준 3은 계절의 변화로 지구에서 관찰 가능한 현상을 이용하여 지구 자전축의 기울기로 계절을 표현할 수 있지만, 공전 궤도상 태양-지구간의 거리 요인도 함께 고려하는 경우이다. 수준 4는 계절의 변화로 인해 나타나는 지구에서 관찰 가능한 현상을 통해 지구 자전축의 기울기로 계절을 표현할 수 있으나, 공전 궤도상의 관점에서 거리 이론(distance theory)에 따른 개념은 사라졌으나 아직 정확한 위치를 표시하지 못하는 경우이다. 마지막으로 수준 5는 계절에 따른 그림자의 길이, 남반구와 북반구의 계절, 계절의 원인과 현상이 있으며, 학생들은 계절의 변화로 인해 나타나는 지구에서 관찰 가능한 현상을 통해 지구 자전축의 기울기로 계절을 표현할 수 있고, 공전 궤도상에도 옳게 표현할 수 있는 경우이다.

이와 같이 수정된 구인구성도를 바탕으로 계절에 변화에 대한 가설적 학습 발달과정을 Fig. 6과 같은 도식으로 제시하였다. 최종적으로 제시된 계절의 변화 학습 발달과정에서는 구인구성도에서 설정하였던 5개의 하부 구인을 2개의 하부 구인으로 재조정하였으며, 과학 소양 기준 연계도(AAAS, 1993, 2007)의 틀을 차용하여 5개 수준을 3개 단계로 구분하여 수준 간 위계를 설정하였으며, 상위 정착점에서는 2개 구인이 다시 하나로 통합된다. 계절의 변화에 대한 2개의 하부 구인으로는 지구 자전축 기울기와 지구의 공전을 설정하였는데, 이는 선행 연구에서 계절의 변화를 제대로 이해하려면 2가지 요소인 지구의 공전과 자전축 기울기를 동시에 고려해야 한다는 것과 같은 맥락이다.

Table 6. Refined construct map

구인	계절에 따른 그림자의 길이	계절에 따른 별자리의 위치	남반구와 북반구의 계절	계절에 따른 태양의 일주운동	계절의 원인과 현상
수준5	그림자의 길이 변화와 계절을 연관 지을 수 있으며, 공전 궤도상에 계절에 따른 우리나라의 위치를 그림자 길이를 이용하여 지구 위에 옳게 표시할 수 있다.		자전축의 기울기를 통해 북반구와 남반구의 계절이 서로 다르다는 것을 설명할 수 있으며, 공전 궤도 상 북반구가 겨울이 되는 위치를 파악할 수 있다.		계절 변화의 현상과 원인을 모두 구별할 수 있으며, 계절 변화의 원인으로 자전축의 기울기, 공전 모두로 파악한다.
수준4	그림자의 길이 변화와 계절을 연관 지을 수 있으며, 공전 궤도상에 계절에 따른 우리나라의 위치를 그림자 길이를 이용하여 지구 위에 일부만 옳게 표시할 수 있다.	계절에 따른 지구의 공전 궤도상의 위치를 자전축 기울기를 이용하여 파악하며, 별자리의 남중시각을 계절의 변화와 연관 지을 수 있다.	자전축의 기울기를 이용하여 북반구와 남반구의 계절이 서로 다르다는 것을 설명할 수 있으나, 공전 궤도 상 북반구가 겨울이 되는 위치를 파악하지 못한다.	태양의 일주권이 비스듬해지는 것을 알고 있으며, 계절에 따라 태양의 뜨고 지는 위치가 북쪽까지 치우치는 사실을 파악할 수 있다.	계절 변화의 현상과 원인을 일부만 구별할 수 있으며, 계절 변화의 원인으로 자전축의 기울기, 공전 중 하나로 파악한다.
수준3		계절에 따른 지구의 공전 궤도상의 위치를 자전축 기울기를 이용하여 파악할 수 있으나, 별자리의 남중시각을 계절의 변화와 연관 짓지 못한다.	북반구와 남반구의 계절이 서로 다르다는 것을 알지 못하고, 공전 궤도 상 지구-태양 간의 거리를 이용하여 계절을 구분한다.	태양의 일주권이 비스듬해지는 것을 알고 있으며, 계절에 따라 뜨고 지는 위치가 달라짐을 파악할 수 있다.	계절 변화의 현상과 원인을 구별할 수 있으며, 계절 변화의 원인을 태양의 남중고도 변화, 태양빛 입사각의 변화, 공전, 자전축의 기울기로 파악하고 있다.
수준2	그림자의 길이 변화와 계절을 연관 짓지 못하며, 공전 궤도상에 계절에 따른 우리나라의 위치를 그림자 길이를 이용하여 지구 위에 표시하지 못한다.	계절에 따른 지구의 공전 궤도상의 위치를 자전축 기울기를 이용하여 파악하지 못하고, 동일 별자리의 남중시각이 계절에 따라 달라짐을 알지 못한다.	북반구와 남반구의 계절이 서로 다르다는 것을 알지 못하며, 공전 궤도 상에 계절의 변화를 표시하지 못한다.	태양의 고도 변화와 일주권의 경사짐을 알고 있으나, 계절에 따라 뜨고 지는 위치가 달라짐을 알지 못한다.	계절 변화의 원인과 현상을 전혀 구별하지 못한다.
수준1		계절에 따라 별자리의 위치가 변화됨을 알지 못한다.		계절에 따라 태양의 고도가 달라짐은 알고 있으나, 일주권이 비스듬해 지거나 서로 다른 위치에서 뜨는 사실을 알지 못한다.	

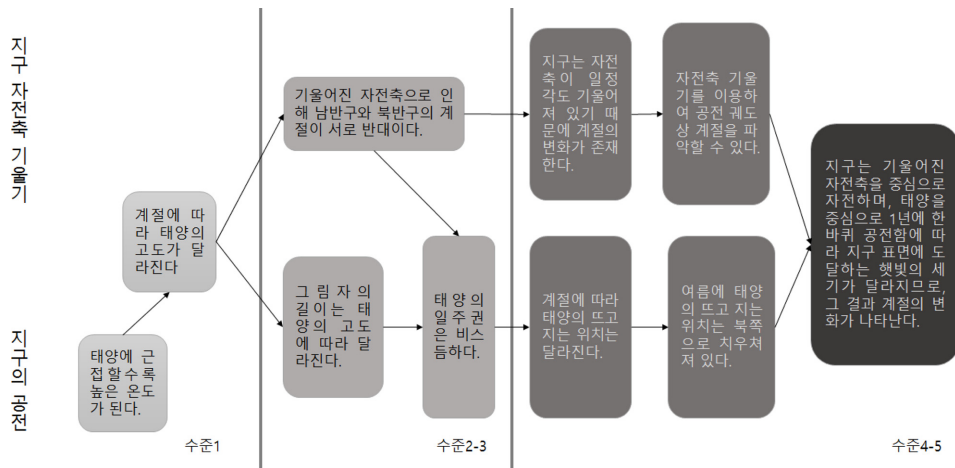


Fig. 6. Hypothetical learning progression for seasonal change.

결론 및 제언

이 연구에서는 Wilson(2005)의 구인 모델링 방식의 4가지 단계(구인특화→평가 문항 개발→평가 결과 기술→측정 모델)을 적용하여 계절의 변화에 대한 학습 발달과정을 탐색하였다.

첫째, 구인 특화 단계에서 선행 연구 결과를 바탕으로 계절 변화의 5개 하부 구인을 선정하였으며 각 하부 구인에 대해 4 수준으로 구인구성도를 작성하였다. 이 구인구성도에서 수준 1은 하위 정착점, 수준 4는 상위 정착점에 해당되며, 수준 2와 3은 하위 정착점에서 상위 정착점으로 발달하기 위해 거쳐야 할 중간 단계를 가정하였다. 또한, 5개의 하부 구인 별로 각 4개 수준이 모두 동등한 수준이라고 가정하였다. 하지만, 이러한 구인구인도에서 가정한 학습 경로(learning trajectory)는 모든 학생들이 이러한 경로를 따라야만 상위 정착점에 도달할 수 있다고 설정한 경로가 아니라 학생들이 가장 보편적으로 거칠 것으로 예상되는 전형적인 경로를 선행 연구와 연구자의 식견으로 예상한 것이다. 그러므로 실제로 많은 학생들은 이 학습 경로와는 달리 매우 다양한 경로의 변이(variation)를 보이게 될 것이다. 그러므로 이러한 변이들이 반영하여 학습발달과정은 수정될 필요가 있으며, 이러한 경험적 결과를 통한 학습 발달과정의 수정 과정은 반복적으로 이루어져야 한다.

둘째, 평가 문항 개발 단계와 평가 결과 기술 단계에서 구인구성도를 토대로 5개의 평가 문항을 개발하여, 초, 중, 고등학교 학생을 대상으로 적용하였다.

평가 결과, 연구에 참여한 초, 중, 고등학교 모두 평균적으로 낮은 수준을 나타내었으며 초등학교, 중학교, 고등학교로 가면서 학생들의 수준은 높아지는 것으로 나타났다. 특이할만한 점은, 초등학교와 중학교의 경우 경향성 및 각 문항별 평균 수준에서 차이가 거의 없는 것으로 나타났다는 것이다. 이와 같은 결과는 현재 초등학교 교육과정에 포함되어 있는 계절의 변화 내용의 수준이 학생들의 실제 수준에 비해 매우 높다는 것을 의미한다. 이것은 우리나라 2015 개정과학 교육과정과 미국 NGSS에서 계절의 변화 내용이 어떻게 편제되어 있는지 비교해보면 쉽게 이해될 수 있다. 즉, 우리나라의 경우는 계절의 변화와 관련된 모든 내용을 초등학교 5-6학년군에서 한꺼번에 다루고 있는 반면, 미국 NGSS의 경우는 2학년, 5학년, 8학년에서 계절의 변화 관련 내용을 나누어 다루도록 하며, 학년이 올라감에 따라 그 수준이 심화되도록 구성되어 있다. 그러므로 이 연구의 결과를 반영한다면 현행 초등학교 교육과정에만 포함되어 있는 계절의 변화 내용 체계의 재조정이 이루어져야 하며, 내용 수준에 있어서도 하향 조정이 필요하다. 즉, Fig. 6의 도식에서 수준1-3까지는 초등학교 5-6학년군에서 다루고, 수준4-5는 중학교 7-9학년군에서 다루도록 교육과정이 수정되어야 한다는 것이다.

셋째, 측정 모델 단계에서 Rasch 모델의 부분점수 모형을 적용하여 학생들의 응답 결과가 구인구성도와 일치하는지 비교함으로써 최종적으로 계절의 변화에 대한 가설적인 학습 발달과정을 작성하였다. Rasch 모델 적용하여 Wrightmap을 산출한 결과, 구인구성

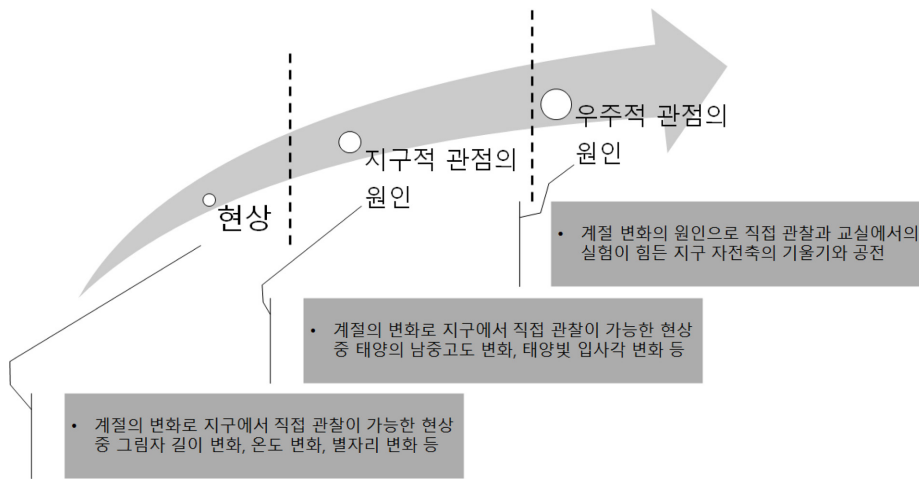


Fig. 7. Proposed teaching sequence based on the learning progression for seasonal change.

도의 가정과는 달리 허부 구인별로 문항의 곤란도가 차이가 있는 것으로 나타났으며, 이를 반영하여 구인 구성도의 4개 수준을 5개 수준으로 재조정하였다. 또한, 지구적 관점(Earth-based)에서 계절 변화의 원인과 현상을 우주적 관점(space-based)에서 설명하는 것을 상위 정착점으로 재설정하여 5개 허부 구인을 2개의 허부 구인으로 통합하여 최종적으로 가설적 학습 발달과정을 작성하였다. 이 가설적 학습 발달과정에서 수준 1은 계절 변화로 인해 나타나는 현상을 관찰을 통해 파악할 수 있으나, 여전히 거리 이론을 가지고 있는 수준이며, 수준 2-3은 계절 변화로 인해 나타나는 현상을 지구적 관점으로 설명할 수 있으나, 우주적 관점과 연계하여 설명하지는 못하는 수준이다. 수준 4-5는 계절의 변화에 의해 나타나는 현상을 지구적 관점과 우주적 관점을 연계하여 그 원인을 설명할 수 있는 수준이다.

이 연구에서 작성된 가설적 학습발달과정을 바탕으로 계절의 변화 수업에서 효과적일 것으로 판단되는 Fig. 7과 같은 교수 계열(teaching sequence)을 제안한다. 이 교수-학습 계열은 교사가 계절의 변화에 대한 수업을 계획할 때 참고할 수 있는 개념도로서, 계절의 변화를 처음 배우는 학생들에게 지구에서 직접 관찰이 가능한 현상 등을 먼저 제시할 것을 제안하고 있다. 이후 이러한 현상의 원인을 우주적 관점인 지구자전축 기울기와 지구의 공전으로 바로 설명하는 것이 아니라 지구적 관점이라는 중간 단계의 디딤돌을 마련하여 태양의 남중고도 변화, 태양빛 입사각 변화 등을 학습하게 하며, 지구적 관점에서 원인을

해당되는 태양의 남중 고도와 입사각 변화의 원인을 최종적으로 우주적 관점과 연계하여 설명하게 하도록 설계되어 있다. 이 교수 계열은 현행 2015 개정 교육과정의 계절의 변화가 지구적 관점에서 현상의 관찰과 우주적 관점에서 원인의 설명이 명확히 구분되지 않고 서로 혼재되어 있는 것과 비교할 때 상당한 차이가 있다. 또한, 학생들의 사고 수준을 고려하여 단계별로(순차적으로) 제시되어 있지 않고 바로 우주적 관점에서의 원인을 설명하고 있는 현행 교육과정의 문제점에 대한 대안으로 제시되었다.

한편, 우주적 관점인 지구의 공전과 자전축의 기울기를 계절의 변화로 나타나는 현상과 직접적으로 연관 짓는 것은 교실에서 직접적인 실험이 힘들고 학생들에게 상당한 수준의 공간적 사고(spatial thinking)를 요구하는 것이므로 초등학교 수준에서 다루는 것은 어려운 것으로 판단된다. 그러므로 이 연구에서 제안된 교수 계열에 따라 학년별 순차적으로 수업을 진행한다면 관점 전환을 통해 계절 변화의 현상과 원인을 효과적으로 이해하고, 학습과정에서 나타날 수 있는 다양한 오개념과 난개념을 해소하는 데 도움을 줄 수 있을 것이라 기대한다. 다시 말해, 지구 공전궤도 상 지구-태양간의 거리 변화를 지구의 계절 변화의 원인으로 설명하는 거리 이론(distance theory)이나, 계절 변화의 원인을 설명할 때 계절이 변함에 따라 별자리, 기온, 태양의 남중고도가 달라지는 등의 지구에서 관찰 가능한 사실을 지구의 공전과 자전축 기울기를 동시에 고려하여 설명하지 못하는 어려움을 해결하는데 도움을 줄 수 있을 것이다.

사 사

이 연구는 허재완의 2017년도 석사학위 논문을 발췌 정리한 것이며, 2016년도 강원대학교 대학회계 학술연구조성비로 연구하였음(관리번호-520160390).

References

- Abell, S., Martini, M, and George, M., 2001, That's what scientists have to do: Preservice elementary teachers' conceptions of the nature of science during a moon investigation. *International Journal of Science Education*, 23(11), 1095-1109.
- Alonzo, A.C. and Steedle, J.T., 2009, Developing and assessing a force and motion learning progression. *Science Education*, 93(3), 389-421.
- American Association for the Advancement of Science. 1993, *Benchmarks for science literacy*. Oxford University Press.
- American Association for the Advancement of Science. 2001, *Atlas of science literacy*. AAAS.
- Baxter, J., 1995, *Children's Understanding of Astronomy and the Earth*. Learning science in the schools: Research reforming practice, 155.
- Bond, T.G. and Fox, C.M., 2007, *Applying the Rasch model: Fundamental measurement in the human sciences* (2nd ed). Routledge.
- Briggs, D.C., Alonzo, A.C., Schwab, C, and Wilson, M., 2006, Diagnostic assessment with ordered multiple-choice items. *Educational Assessment*, 11(1), 33-63.
- Chae, D., 1992, Students' Naive Theories about Change in Seasons. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 13(3), 283-289. (in Korean)
- Chae, D., Byun, W., and Son, Y., 2003, A Qualitative Study of Preservice Teachers' Change of Season. *Journal of the Korean Elementary Science Education Society*, 22(1), 109-120. (in Korean)
- Chae, D., 2011, The Investigation of Six Crade Students' Preconceptions about the Cause of Seasonal Change. *Journal of the Korean Elementary Science Education Society*, 30(2), 204-212. (in Korean)
- Chae, D. and Lim, S., 2011, The Analysis of Conception Changes of Pre-Service Elementary Teachers for 'Causes of Season Change' with Disproof-Experiment Model. *Journal of the Korean Elementary Science Education Society*, 30(4), 524-534. (in Korean)
- Chung, J., Shim, K., and Kim, H., 2004, The Effect of Using Multimedia Material of Seasonal Change on Middle School Students' Conceptual Changes. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 25(7), 545-557. (in Korean)
- Corcoran, T., Mosher, F.A., and Rogat, A., 2009, Learning progressions in science: An evidence based approach to reform. Consortium for Policy Research in Education Report #RR-63. Philadelphia, PA: Consortium for Policy Research in Education.
- Covitt, B.A., Gunckel, K.L., and Anderson, C.W., 2009, Students' developing understanding of water in environmental systems. *The Journal of Environmental Education*, 40(3), 37-51.
- Duschl, R., Maeng, S., and Sezen, A., 2011, Learning progressions and teaching sequences: A review and analysis. *Studies in Science Education*, 47(2), 123-182.
- Gunckel, K.L., Covitt, B. A., Salinas, I., and Anderson, C.W., 2012, A learning progression for water in socioecological systems. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(7), 843-868.
- Huynh N., Solem M., and Bednarz S., 2015, A road map for learning progressions research in geography, *Journal of Geography*, 114, 69-79.
- Jang, M., Cheong, C., and Jeong, J., 2001, Preconception and Conceptual Change about Season on Elementary School Students. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 22(4), 268-277. (in Korean)
- Jeong, H., 2005, Effects of metacognitive learning strategy on elementary school students' conception acquisition of seasonal change and self-efficacy. Master's thesis of Busan National University of Education. (in Korean)
- Ji, E., & Chae, S., 2000, Theory and practices of Rasch model. Seoul: Kyoyook-Kwahak-Sa.. (in Korean)
- Jung, S. and Lee, Y., 2013, Study on the Conceptual Hierarchy for Seasonal Change. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 34(4), 366-377. (in Korean)
- Kali, Y., Orion, N., and Mazor, E., 1997, Software for assisting high-school students in the spatial perception of geological structures. *Journal of Geoscience Education*, 45, 10-21.
- Kim, N., Yang, I., and Ko, M., 2014, The Relationship between the Mental Model and the Depictive Gestures Observed in the Explanations of Elementary School Students about the Reason Why Seasons change. *The Korean Society of Earth Science Education*, 7(3), 358-370. (in Korean)
- Kim, S., 2012, The Study of Elementary Preservice Teacher's Classes on Seasonal Variation. *The Korean Society of Earth Science Education*, 5(3), 245-255. (in Korean)
- Kim, S., Yang, I., and Lim, S., 2013, Analysis of Changes in Elementary Students' Mental Models about the Causes of the Seasonal Change. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 33(5), 893-910. (in Korean)
- Lee, K., Dong, H., Choi, W., Kwon, G., Lee, I., and Kim, Y., 2017, Exploring a learning progression for eight

- core concepts of middle school science using constructed response items in the National Assessment of Educational Achievement (NAEA). *Journal of Science Education*, 41(3), 382-404. (in Korean)
- Lee, K., Maeng, S., Park, Y., Lee, J., and Oh, H., 2016, Validation of learning progressions for Earth's motion and solar system in elementary grades: Focusing on construct validity and consequential validity. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 36(1), 177-190. (in Korean)
- Lee, K. and Park, J., 2017, Exploring a learning progression for integrated process skills in Earth science inquiry. *Journal of the Korean Elementary Science Education Society*, 38(3), 222-238. (in Korean)
- Lim, C. and Jeong, J., 1993, An analysis of contents and problems on astronomical area in the elementary science textbooks. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 13(2), 247-256. (in Korean)
- Maeng, S. and Lee, K., 2015, Cross-sectional item response analysis of geocognition assessment for the development of plate tectonics learning progressions: rash model. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 35(1), 37-52. (in Korean)
- Maeng, S., Lee, K., Park, Y., Lee, J., and Oh, H., 2014, Development and validation of a learning progression for astronomical systems using ordered multiple-choice items. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 34(8), 703-718. (in Korean)
- Maeng, S., Seong, Y., and Jang, S., 2013, Present states, methodological features, and an exemplar study of the research on learning progressions. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 33(1), 161-180. (in Korean)
- Ministry of Education, 2015, 2015 revised science curriculum. Ministry of Education. (in Korean)
- Mohan, L., Chen, J., and Anderson, C.W., 2009, Developing a multiyear learning progression for carbon cycling in socioecological systems. *Journal of research in science teaching*, 46(6), 675-698.
- National Research Council (Etats-Unis). Committee on test design for K-12 science achievement, 2006, *Systems for State Science Assessment*. National Academies Press.
- National Research Council, 2001, *Knowing what students know: The science and design of educational assessment*.
- National Research council, 2007, *Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8*. Washington, DC: National Academies Press
- National Research Council, 2012, *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Committee on a Conceptual Framework for New K-12 Science Education Standards. Board on Science Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education. The National Academies Press., Washington, DC, USA, 358 p.
- Oh, J. and Kim, Y., 2006, Preservice elementary teacher mental models about astronomical phenomena: seasons and moon phases. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 26, 68-87. (in Korean)
- Oh, J., Kang, Y., Lee, H., and Kim, Y., 2006, The Sources of Preservice Secondary Teachers' Explanations about Seasonal Changes Investigated with the Lakatosian Methodology. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 27(4), 374-389. (in Korean)
- Orion, N., Ben-Chaim, D., and Kali, Y., 1997, Relationship between earth-science education and spatial visualization. *Journal of Geoscience Education*, 45, 129-132.
- Plummer, J.D., 2014, Spatial thinking as the dimension of progress in an astronomy learning progression. *Studies in Science Education*, 50(1), 1-45.
- Plummer, J.D., Palma, C., Flarend, A., Rubin, K., Ong, Y.S., Botzer, B., and Furman, T., 2015, Development of a learning progression for the formation of the solar system. *International Journal of Science Education*, 37(9), 1381-1401.
- Ramadas, J., 2009, Visual and spatial modes in science learning. *International Journal of Science Education*, 31(3), 301-318.
- Seong, Y., Maeng, S., and Jang, S., 2013, A learning progression for water cycle from fourth to sixth graders with ordered multiple-choice items. *Journal of the Korean Elementary Science Education Society*, 32(2), 139-158. (in Korean)
- Trumper, R., 2006, Teaching future teachers basic astronomy concepts -seasonal changes- at a time of reform in science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(9), 879-906.
- Wilson, M., 2005, *Constructing measures: An item response modeling approach*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. 213 p.
- Wright, B.D. and Linacre, M., 1994, Reasonable mean-square fit values. *Rasch Measurement Transactions* 8: 3. Retrieved, 23(01), 2004.
- Yang, S., 2016, *A study on geography learning progression applying construct modeling approach: Focus on central place theory*. Master's thesis of Korea University. (in Korean)