

RESEARCH ARTICLE

A Development of Learning Progressions on the Concept of Lunar Environment and Moon Phase of Elementary and Secondary Students and Typification of Understanding Level Applying the 2015 Revised National Science Curriculum

Yoo-Ji Kwon¹ · Hyonyong Lee^{2*}

¹Kyungsan Seobu Elementary School

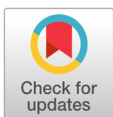
²Kyungpook National University

2015 개정 과학과 교육과정 기반 초·중학생의 달의 환경, 위상 개념에 대한 학습발달과정 개발과 이해 수준의 유형화

권유지¹ · 이효녕^{2*}

¹경산서부초등학교 · ²경북대학교

*Corresponding Author: hlee@knu.ac.kr



OPEN ACCESS

Brain, Digital, & Learning
2022, Vol. 12, No. 2, 343-365.

<https://doi.org/10.31216/BDL.20220022>

Received: May 16, 2022

Revised: June 16, 2022

Accepted: June 19, 2022

© 2022. Institute of Brain based Education,
Korea National University of Education



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT

The purposes of this study are to develop learning progressions for the concept of the environment, and phase of the moon for elementary and secondary students based on the achievement standards and assessment standards of the 2015 revised science and education curriculum, and to verify the effectiveness of the learning progressions to ensure that it is suitable for the level of understanding of elementary and secondary students. The learning progressions were elaborated to determine the learning progressions for a total of 2,007 students, 961 elementary school students and 1,046 middle school students. The research process consisted of the following four stages: Development, and Assessment, Analysis, Amendment stage. Through the sequential and iterative process, the learning progressions were elaborated. In the Development stage, a framework for a hypothetical learning progressions were constructed by analyzing the achievement standards, assessment standards of the 2015 revised national science curriculum, and previous studies. In the Assessment stage, assessment questions including ordered multiple-choice items, optional and narrative questions that can confirm students' level of understanding were developed. Rubric was presented to assist in scoring questions with various responses. In the Analysis stage, data was collected and analyzed by putting assessment into elementary and secondary students. By analyzing the grade-level item response results and the Rasch model's Wright map, the items in the assessment questionnaire were checked and verified to reflect the students' level of understanding. In the Amendment stage, the learning progressions were corrected and supplemented by checking the MNSQ and Infit values, Outfit

values, Ability values. As a result of analyzing the developed learning progressions, the learning progressions on the concepts of the environment, and phase of the moon reflected the 2015 revised national science curriculum and was completed through expert group seminars. The learning progressions developed through this study suggested how the level of understanding of students' concepts changed, and reflected the students' understanding. In addition, it was confirmed that the order and content system for the concepts of the shape, environment, and phase of the moon presented in the 2015 revised national science curriculum were constructed to reflect students' level of understanding. It is possible to use the assessment items in order to grasp the level of students' understanding and it will provide many implications for the integration of the curriculum-learning-assessment and the restructuring of the 2022 revised science and curriculum.

Key words: Learning Progressions, lunar environment, moon phase, achievement standards, assessment standards, RASCH models, 2015 revised national science curriculum, 2022 revised national science curriculum

Introduction

2015 개정 교육과정에서는 2009 개정 교육과정과 차별화를 두면서 교과 역량을 강조하고, 교과별 내용 체계에 핵심 개념, 일반화된 지식, 기능을 새롭게 제시하였다(Ha et al., 2018; MOE, 2015a). 핵심 개념(big idea)은 교과가 기반을 두는 학문의 기초 개념이나 원리로 규정하며(MOE, 2015a), 미국의 차세대과학표준(NGSS: Next Generation Science Standards), 캐나다 온타리오 주 교육과정, 영국 교육과정, 호주 교육과정 등은 Big idea 중심으로 국가 공통기준을 만들어 교육과정을 개발 및 적용하고 있다(Kim & Jung, 2017; NGSS Lead States, 2013; Plummer & Krajcik, 2010). 특히, 미국은 과학교육을 위한 틀/framework)에 기초한 NGSS를 개발하였다(NRC, 2012). NGSS는 교과별 핵심 주제(disciplinary core ideas), 과학·공학의 주요 실천(practices), 교과 간 관통 개념(crosscutting concepts)을 제시하였으며 수행기대(performance expectation)를 핵심 내용으로 구성하였다(NGSS Lead States, 2013). 수행기대는 2015 개정 과학과 교육과정에서 핵심 개념을 포괄할 수 있는 학습의 결과를 종합적으로 진술하는 성취기준과 성격이 유사하다.

최근 국내외 과학교육에서는 핵심 개념과 탐구 활동을 중심으로 학습발달과정 개발 및 탐색 연구가 활발하게 수행되고 있다. 학습발달과정은 과학 교과의 핵심 개념과 탐구 과정에 대해 학생들의 이해 수준이 교수·학습 활동으로 인해 시간에 따라 더 정교화 되어지는 일련의 가설적인 발달 경로이다(Duschl et al., 2007; NRC, 2007). 학습발달과정을 통해 교육과정의 계열성과 연계성이 학생의 발달과정에 맞는지 평가할 수 있기 때문에(Corcoran et al., 2009; Maeng et al., 2013; NRC, 2006), 학습발달과정은 교육과정의 학습 내용 요소와 기능 구성, 교수·학습 활동, 평가 계획 영역에서 서로 연관 지어 운영할 수 있다.

또한, 2015 개정 교육과정에서는 성취기준에 근거하여 학습 내용과 기능을 평가하는 과정 중심 평가(process-focused assessment)를 강조하며(MOE, 2015b), 성취기준에 기반을 둔 과정 중심 평가를 시행하였다. MOE(2015a, 2015b)는 성취기준에 따른 평가기준을 별도 개발하여 교사의 평가 활동을 지원하였으며, 성취기준에 근거한 교육과정-수업-평가의 일체화를 강조했다. 학습발달과정은 학생들의 학습에 대한 이해 수준을 다양한 평가 방법에 적용하여 학습의 발달 경로를 제시해주고, 교육과정, 교수·학습 활동, 학습 활동에 대한 평가가 일관성 있게 운영될 수 있게 하는 기준이다(Corcoran et al., 2009; Duschl et al., 2007; Smith et al., 2006). 이러한 점에서 2015 개정 과학과 교육과정의 성취기준과 평가기준을 토대로 학습발달과정 개발이 필요하며,

교육과정에 기반한 학습발달과정 개발과 적용은 앞으로 개발되는 교육과정, 수업, 평가 등의 연계성과 핵심 개념의 재구성에서 의미 있는 결과를 도출할 수 있다.

학습발달과정은 핵심 개념을 이해하고 과학적 탐구 과정을 논리적이고 순차적인 단계로 정교해나가는 경로를 제시하며(Breslyn et al., 2016; Lee et al., 2018; Mohan et al., 2009; Pierson et al., 2019; Sevian et al., 2014), 학생들의 개념에 대한 이해 수준과 탐구 활동 능력이 어떻게 변화되어 가는지를 제시해준다. NRC (2007)는 교수·학습 활동을 통해 학생들의 이해 수준이 학습발달의 출발점인 하위 정착점(lower anchor)에서 시작하여 학습의 목표인 상위 정착점(upper anchor)에 도달하게 되는데, 하위 정착점과 상위 정착점 사이에 다양한 수준의 중간 단계(intermediate steps)를 거치게 된다고 주장한다. 학습발달과정은 핵심 개념과 탐구 활동에 대한 평가를 통해 증명할 수 있는 가설적 발달 경로이며, 학습발달과정의 세분화된 단계를 조사하고 기술하는 과정은 학생들의 개념에 대한 이해 수준을 정확하게 측정할 수 있는 경험적 연구를 기반으로 해야 한다. 교육과정을 개발하거나 개정할 때, 학생들의 과학적 개념에 대한 이해 수준과 단계에 대한 연구 결과를 반영하는 것이 중요하다(Breslyn et al., 2016; Lee et al., 2018; Maeng et al., 2014; Yeo & Lee, 2016).

우리나라 과학과 교육과정은 다양한 요구와 결과를 반영하여 개발 및 적용되고 있다. 예를 들어, 수학·과학 성취도 추이변화 국제비교 연구 결과(TIMSS: Trends in international Mathematics and Science Study), 핵심 역량과 관련된 다양한 연구 결과 및 학교 현장의 적합성 여부를 반영하고 있다(Kwak, 2019). 또한 NGSS의 핵심적인 아이디어, 학년별 개념 체계, 교육과정의 구조 등을 반영하여 우리나라 과학과 교육과정의 개정 방향을 결정하고 개념 체계를 구성하였다. 학생들의 핵심 개념에 대한 이해 수준인 학습발달과정을 반영하여 교육과정을 개발해야 되는데도 불구하고, 과학 교육 전문가의 협의를 통해 교육과정 내용의 선정과 조직을 하고 있는 실정이다. 또한, 우리나라 학생들의 학습발달과정에 대한 연구 결과의 부족으로 인해 과학과 교육과정의 개념 체계 구성과 개념의 수준을 정하는 데 학습발달과정의 반영이 미흡하고, 과학적 개념과 수준을 적정화하는 데 한계가 있다(Maeng et al., 2014; Noh et al., 2015; Paik et al., 2006). 이는 학생들이 개념에 대한 이해 수준과 교육과정에서 요구하는 개념 수준 사이의 불일치를 유발하여 오개념이 생길 수 있으며(Kang et al., 2012; Noh et al., 2016), 학생들의 탐구 활동에 곤란을 겪을 수 있다. 따라서 학생들의 개념에 대한 이해 수준을 정확하게 측정할 수 있는 평가 도구인 학습발달과정을 개발하고 개념별 학습발달과정 결과를 국가 수준의 교육과정에 반영한다면, 교육과정의 내용 체계가 구조화될 것이다. 또한, 과정 중심 평가의 교육적 동향에 맞추어 학생들의 이해 수준을 정확하게 평가하여 검증할 수 있는 학습발달과정 연구는 의미 있다.

NRC (2007)는 학습발달과정을 학생들의 핵심 개념에 대한 이해와 과학 탐구 실행의 능력이 성장하는 과정에 대한 평가가 가능한 가설로 정의하며, 교육과정 구성, 교수·학습 과정, 평가 도구의 개발에서 다양하게 활용할 수 있다(Corcoran et al., 2009; Duschl et al., 2007). 이에 최근 국내외 과학교육에서는 학습발달과정과 관련된 개발 및 탐색 연구가 수행되고 있다. 특히 지구과학교육 분야에서는 핵심 개념을 중심으로 한 학습발달과정 연구가 증가하고 있는 추세이며, 천문 시스템(Maeng et al., 2014), 판구조론(Maeng & Lee, 2015), 지구의 운동과 태양계(Lee et al., 2016), 태양계 행성의 크기와 거리(Lee & Lee, 2016), 지구의 공전과 별자리의 겉보기 운동(Maeng & Lee, 2018), 달의 위상 변화(Oh & Lee, 2018), 계절의 변화(Heo & Lee, 2018), 태양계의 구조(Oh & Lee, 2020) 등 다양한 핵심 개념을 중심으로 학습발달과정 연구가 진행되고 있다. 선행연구에서는 주로 오개념의 사례나 개념에 대한 정신 모형의 사례를 분석하여 가설적 학습발달과정을 탐색하였다. 그러나 교육과정과 연계하여 개념에 대한 학생들의 이해 수준이 변화되어 가는 것을 탐색하는 것이 중요하며(Alonzo &

Elby, 2019; Kwon & Lee, 2020; Lim & Lee, 2014; Lim et al., 2021; Stevens et al., 2010; Yeo & Lee, 2016), 2015 개정 교육과정에서 요구하는 교육 패러다임을 반영해야 한다. 따라서 이 연구에서는 오개념의 사례를 분석하는 연구 방법과 2015 개정 과학과 교육과정의 성취기준과 평가기준을 기반한 연구 방법을 적용하여 학습발달 과정을 탐색 및 개발하고 검증하였다. 연구 당시 초등학교 3학년부터 중학교 3학년은 2015 개정 과학과 공통 교육과정을 적용하고 있으며, 교육과정을 반영한 학습발달과정은 2015 개정 과학과 교육과정이 모든 학생들에게 적용 가능하고 표준화되었는지와 학생들의 개념에 대한 이해 수준과 일치하는지 확인할 수 있다.

이 연구는 2015 개정 과학과 교육과정의 지구와 우주 영역 중 핵심 개념인 ‘태양계의 구성과 운동’의 ‘달의 환경’과 ‘달의 위상’ 개념에 대한 학습발달과정을 개발하고, 학생들의 이해 수준을 검증하고자 하였다. 달의 위상 변화 개념은 학생들이 어려워하는 대표적인 천문 개념 중 하나이며(Abell et al., 2001; Kim, 2017; Son, 2015; Zeilik & Bisard, 2000), 달의 위상 변화와 태양-지구-달의 상대적 위치 관계에 따른 상호 작용을 이해하기 위해서는 달의 환경 개념에 대한 이해가 우선적으로 필요하다(Lee & Sohn, 2016). 최근 학습발달과정과 관련된 국내 연구에서 연구된 사례가 있으나(Oh & Lee, 2018; Yu et al., 2012), 천문 시스템의 범위 속에서 달의 위상 변화 개념을 다루고 있으며 달의 환경 개념과 연계된 학습발달과정 연구는 미흡하다. 또한, 선행 연구에서는 학습발달과정의 연구 대상이 각 학교급별 수준에서 이루어져 초·중학교 교육과정 연계에 대한 연구 결과가 분절되었다.

따라서 이 연구에서는 2015 개정 과학과 교육과정을 기반으로 하여 초·중학생을 대상으로 지구과학 영역의 달의 환경과 위상 개념에 대한 학습발달과정을 탐색하였다. 또한, 본 연구에서 개발된 학습발달과정을 초·중학생에게 적용하여 학생들의 이해 수준과 2015 개정 과학과 교육과정의 수준이 적절한지 검증하여 2022 개정 과학과 교육과정의 재구조화에 시사점을 도출하고자 한다. 또한, 학습발달과정 분석 과정에서 알게 된 달의 환경, 위상 개념에 대한 학생들의 이해 수준에 따른 오개념 사례를 유형화하여 분석하고자 한다.

Methods

Research Procedure

이 연구는 달의 환경, 위상 개념에 대한 학습발달과정을 체계적으로 개발하기 위해 Fig. 1의 과정에 따라 연구를 수행하였다. 먼저, 국내외 학습발달과정과 달의 환경, 위상 개념과 관련된 문헌 연구를 통하여 이론적 배경을 고찰하였으며, 2015 개정 과학과 교육과정에서 다루는 달의 환경과 위상 개념에 대한 학습 내용과 체계, 성취기준과 평가기준을 분석하였다. 학습발달과정 개발 단계는 Wilson (2015)의 구인 모델링(Construct Modeling Approach) 방식을 적용하고 있다. 연구의 수월성을 위해, Yeo & Lee (2016)의 연구에서 제안한 학습발달과정 개발 단계를 활용하였으며, 그 단계는 개발(Development), 평가(Assessment), 분석(Analysis), 수정(Amendment)의 순서로 진행되었다.

Development 단계에서는 달의 환경과 위상 개념에 대한 하위 정착점(lower anchor)과 상위 정착점(upper anchor)을 설정하여 중간 단계에 해당하는 다양한 세부 수준을 구분할 수 있는 framework를 구성하였다. 7명의 과학교육 전문가와 대학원 소속의 연구원 1명으로 구성된 전문가 집단 세미나를 통해 framework를 더욱 정교화했다. Assessment 단계에서는 framework에 따라 4개의 평가 문항을 제작하였다. 평가 문항은 순위 선택형, 선택형, 서술형 문항이 포함된 다양한 평가 문항으로 구성하였으며, 지구과학교육을 전공으로 한 교수,

학습발달과정 개발 세미나에 참여한 초·중등 교사 총 10명의 내용 타당도 검증을 거쳤다. Analysis 단계에서는 초·중학교 학생 2,007명에게 평가지를 투입하여, 응답자와 항목 사이의 상호 관계를 분석하여 학생들의 이해 수준에 대한 능력을 잠재적으로 추론하였다. Amendment 단계에서는 framework와 평가 문항을 수정 및 보완으로 학습발달과정을 정교화하였다. 마지막으로, 학습발달과정의 Assessment 단계에서 투입한 평가 문항 결과를 개발한 학습발달과정의 framework를 기준으로 학생들의 이해 수준을 유형화하였으며, 오개념 사례를 파악하였다.

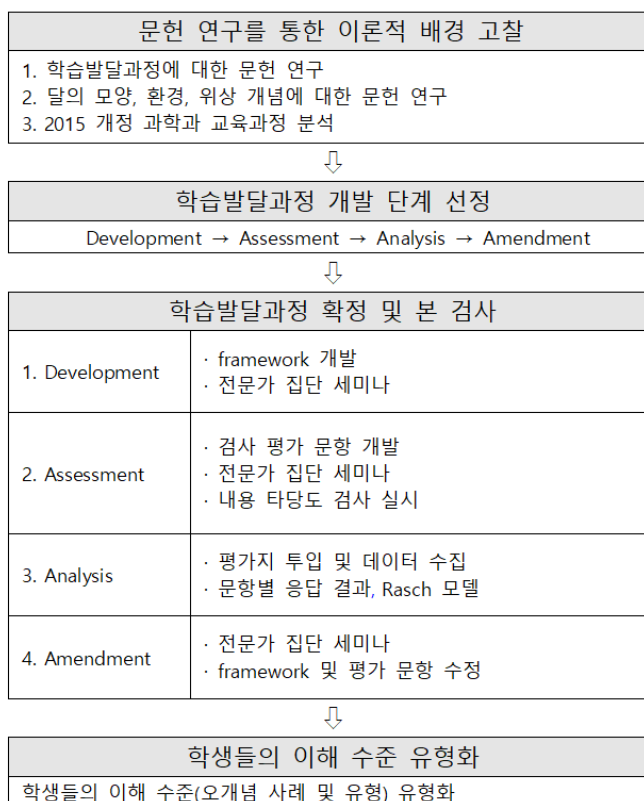


Fig. 1. Procedure of study

Learning Progressions Topic

2015 개정 과학과 교육과정과 선행연구 분석을 통해, 학습발달과정 연구 주제를 선정하였다. 이 연구의 주제는 달의 환경과 위상 개념이다. MOE (2018)는 달에 대한 이해는 일상생활과 관련이 있으며, 사람의 호기심과 상상력을 반응하게 하는 중요한 주제라고 강조하였다. 2015 개정 과학과 교육과정에서 제시한 내용 체계 표에 따르면 초등학교 3학년의 ‘지구의 모습’ 단원, 6학년의 ‘지구와 달의 운동’ 단원, 중학교 3학년의 ‘태양계’ 단원에서 달에 관한 내용을 학습한다. 달의 표면과 대기, 생명체의 유무 등 지구와 비교하는 탐구 활동을 통해 달의 특징을 이해하고, 학년이 높아질수록 달의 공전과 관련지어 달의 위상, 달의 위상 변화 원인과 원리를 학습하고 있다(MOE, 2018). 2015 개정 과학과 교육과정의 개념적 위계를 고려할 때, 천체의 운동에 대한

이해의 출발점으로 초등학교 과학과 교육과정에서 달의 지형, 달의 위상 개념을 명확히 이해하는 것은 달의 위상 변화와 관련된 후속 학습에도 중요한 의미를 지닌다(Kim, 2017).

연구의 수월성을 위해 달의 환경 개념은 달의 표면 특징과 달의 환경으로 세분화하였으며, 달의 위상 개념은 하루 동안 달의 위치 변화, 여러 날 동안 달의 위상 변화를 포함하였다. 초등학교 3~6학년 학생들의 공간 지각능력, 인지능력 등을 고려해 볼 때, 일식과 월식 현상의 고차원적 개념을 이해하기에는 어려움이 있고 (Sohn & Kim, 2010), 일식과 월식의 개념은 중학교 2학년 교육과정에서만 다루고 있어 이 연구에서는 일식과 월식의 개념을 제외하였다.

Subjects

학습발달과정의 Assessment 단계에서 전문가 집단 세미나를 통해 개발된 평가지를 2,007명의 학생에게 투입하였다. 이 연구는 경상권 소재지의 초등학교 9개교, 중학교 8개교를 대상으로 실시되었다. 961명의 초등학교 집단, 1,046명의 중학교 집단, 전체 2,007명의 학생의 이해 수준을 조사하였으며, 초등학교 3~4학년군과 5~6학년군에서 달의 환경, 위상 개념, 중학교 1~3학년군에서 달의 위상 변화 개념과 관련된 교육과정 학습 경험이 1차례 이상 있는 학생을 대상으로 평가를 실시하였다.

Analysis Data

학습발달과정의 Analysis 단계에서 평가지를 투입하여 학생들의 이해 수준에 대한 경험적인 증거를 분석하고, Amendment 단계에서 이해 수준에 따라 학생들의 응답이 이루어졌는지를 판단하기 위해 문항별 응답 결과와 Rasch 모델의 Winsteps (4.5.0) 프로그램을 활용하였다. 학생들이 서술한 응답지를 평가하고자 했던 각 개념들의 이해 수준에 맞추어 1점~4점씩(여러 날 동안 달의 위상 변화 개념일 경우 1점~5점씩) 점수를 부여하였다. 학습발달과정과 관련된 선행연구에서는, 개념과 관련된 문항에 1점부터 4~5점까지 부분 점수를 부여하였으며, 각 문항에 대한 학생들의 응답 반응을 근거로 개념 이해에 대한 수준을 구분할 수 있었다 (Gotwals & Songer, 2013; Maeng & Lee, 2015; Osborne et al., 2016; Plummer & Maynard, 2014).

문항별 응답 결과 값을 통해 각 문항에 대한 학생들의 응답 수준이 학년별, 학교급별로 어떻게 분포하는지 분석하였다. 또한, Rasch 모델을 통해 문항의 난이도(difficulty)와 학생들의 능력(ability)을 비교하였다. Rasch 모델은 문항반응이론(Item Response Theory)을 근거로 하며, 각 문항의 난이도에 대한 피험자의 잠재적인 능력을 추정하고 학생의 능력을 문항의 난이도와 동일한 척도로 환산하여 서로 비교하였다(Callingham & Bond, 2006; Gotwals & Songer, 2013; Johnson & Tymms, 2011; Kim et al., 2016; Maeng et al., 2013; Maeng & Lee, 2015; Noh et al., 2014; Rittle-Johnson et al., 2011; Yeo & Lee, 2016;). Rasch 모델의 Winsteps 프로그램은 Wright map, MNSQ(Mean Square Value), 문항 난이도에 대한 DIF (Differential Item Function) 값 등을 제공한다.

Results

Development of the Learning Progressions on the Concept of the Lunar Environment and Moon Phase

개발(Development), 평가(Assessment), 분석(Analysis), 수정(Amendment)의 과정을 거쳐 달의 환경, 위상 개념에 대한 학습발달과정을 개발하였다. 학습발달과정 연구 방법의 하위 단계를 고려하여, Development, Assessment, Analysis, Amendment의 순으로 서술하였다.

Development

2015 개정 과학과 교육과정의 성취기준과 평가기준, 오개념 및 정신 모형 사례를 분석한 국내외 선행연구를 토대로 달의 환경, 위상 개념에 대한 학습발달과정의 framework를 개발하였다. framework의 세부 수준 단계 설정을 참고하기 위해 학습 경험이 없는 초등학교 2학년 학생부터 중학교 3학년 학생까지 총 504명을 대상으로 한 예비 검사 결과를 반영하였으며, 전문가 집단 세미나를 통해 달의 환경, 위상 개념에 대한 학습발달과정의 framework를 더욱 정교화하였다. 저학년의 성취기준과 평가기준을 lower anchor로, 고학년의 성취기준과 평가기준을 upper anchor로 설정하였으며, lower anchor와 upper anchor 사이의 세부 수준을 2, 3단계로 나누어 구성하였다.

Concept of the Lunar Environment

교육과정 성취기준인 [4과 16-4] 달을 조사하여 모양, 표면, 환경을 이해하고 지구와 달을 비교할 수 있다'를 참고하였으며, 달의 환경 개념은 초등학교 3~4학년군 과학 교과를 통해 처음 학습하게 되며, 중학교 1~3학년군 과학 교과를 통해 간접적으로 달의 표면과 달의 환경에 대해 학습 경험을 가진다. 달의 환경 개념을 달의 표면 특징과 달의 환경으로 세분화하고, 학생들의 이해 수준을 4수준으로 구분하였다. 상위 수준으로 갈수록 하위 수준에서 학습하는 것을 바탕으로 더 자세하고 포괄할 수 있도록 framework를 설정하였다.

달의 표면 특징에 대한 framework에서는 lower anchor인 수준 1을 달의 표면 특징을 과학적으로 부정확하게 설명하거나, 시청각자료에서 표현한 생물, 물체로 나타낼 경우로 설정하였다. 수준 1의 학생들은 달의 표면에 나타나는 음영 부분을 절구를 찌는 토끼와 같이 상상의 생물이나 물체로 표현한다. 수준 2의 학생들은 맨눈으로 달의 표면 특징을 설명하며, 달의 표면을 상대적으로 밝은 부분과 어두운 부분으로 구분할 수 있다. 수준 3의 학생들이 가지는 이해 수준은 육안이 아닌 실제 달의 표면 모습을 매끄럽고 울퉁불퉁하다는 것을 설명하며, 달의 표면을 달의 고지와 달의 바다로 구분할 수 있는 것으로 설정하였다. upper anchor인 수준 4에 해당하는 학생들은 달의 표면이 밝고 어두운 색깔을 띠는 까닭을 달을 구성하는 암석의 종류와 연관 지어 설명한다.

달의 환경에 대한 framework는 4수준으로 구분하였으며, 수준 1의 이해 수준을 가진 학생들은 달의 표면에 있는 운석 구덩이(크레이터)를 과학적 용어로 정의할 수 없거나, 달의 표면에 대해 부정확하게 이해한다. 수준 2의 학생들은 달의 표면에 움푹 파인 곳을 운석 구덩이라고 정의하며, 수준 3의 학생들은 달의 표면에 있는 운석 구덩이의 모습에 대해 구체적으로 설명할 수 있는 수준을 지녔다. 또한, 수준 3에 해당하는 학생들은 운석 구덩이가 충돌의 흔적이라고 설명할 수 있다. 수준 4의 학생들은 운석 구덩이의 생성 원인을 달의 환경과 관련 지어 설명하여, 운석 구덩이가 달 표면에 많이 남아 있는 원인에 대해 과학적으로 설명할 수 있는 수준으로 구성하였다.

달의 환경 개념에 대한 학습발달과정의 framework는 Fig. 2와 같다.

Level	Surface features of the moon	Lunar environment
4	· 달의 표면이 밝고 어두운 색깔을 띠는 까닭을 달을 구성하는 암석의 종류와 관련지어 과학적으로 설명한다.	· 운석 구멍이가 달 표면에 많이 남아있는 원인 (운석 구멍이의 생성 원인)을 달의 환경과 연관지어 과학적으로 설명한다.
3	· 육안이 아닌 실제 달의 표면 모습이 매끄럽고 울퉁불퉁하다는 것을 설명한다. · 달의 표면을 달의 육지(고지)와 달의 바다로 구분한다.	· 달의 표면에 있는 크고 작은 운석 구멍이의 모습을 설명하며, 운석 구멍이가 충돌의 흔적이라는 것을 설명한다.
2	· 맨눈으로 달을 관찰하였을 때 달의 표면 특징을 설명한다. · 맨눈으로 달을 관찰하였을 때 달의 표면을 상대적으로 밝은 부분과 어두운 부분으로 구분한다.	· 달의 표면에 움푹 파인 곳을 운석 구멍이(크레이터)라고 정의한다.
1	· 달의 표면 특징을 과학적으로 부정확하게 설명한다. · 달의 표면 특징을 시청각자료(서적, 사진, 삽화, 동영상 등)에서 표현한 생물, 물체로 나타낸다.	· 달의 표면에 있는 운석 구멍이를 과학적 용어로 설명할 수 없거나, 과학적으로 부정확하게 설명한다.

Fig. 2. Framework of the lunar environment

Concept of the Moon Phase

달의 위상 개념은 하루 동안 달의 위치 변화, 여러 날 동안 달의 위상 변화로 세분화하였으며, 교육과정 성취기준인 '[6과 09-01] 하루 동안 태양과 달의 위치가 달라지는 것을 지구의 자전으로 설명할 수 있다', '[6과 09-03] 달의 모양과 위치가 주기적으로 바뀌는 것을 관찰할 수 있다', '[9과 10-03] 달의 위상 변화와 일식과 월식을 설명할 수 있다'에 해당한다. 하루 동안 달의 위치 변화 개념은 초등학교 5~6학년군 과학 교과에서 제시되며, 여러 날 동안 달의 위상변화 개념은 초등학교 5~6학년군 과학, 중학교 1~3학년군 과학 교과에서 학습한다.

성취기준과 평가기준의 수준을 활용하여 하루 동안 달의 위치 변화 개념의 학습발달과정 framework를 수준 4로, 여러 날 동안 달의 위상 변화 개념의 framework를 수준 5로 설계하였다. 특히, 여러 날 동안 달의 위상 변화 개념은 학생들이 어려워하는 대표적인 천문 개념이며(Abell et al., 2001; Kim, 2017; Sohn, 2015; Zeilik & Bisard, 2000), 빛과 같은 다른 개념과 연관 지어 고려해야한다. 교육 현장에서도 학생들이 가장 많은 오개념을 가지고 있고 어려워하기 때문에, 전문가 집단 세미나에서 가장 심도 있게 다루어졌으며 framework를 구성할 때 학생들의 이해 수준을 세분화하여 다섯 단계로 나누어 설계하였다. 달의 위상 개념에 대한 framework는 Fig. 3과 같다.

하루 동안 달의 위치 변화 framework의 수준 1에 해당하는 학생들은 하루 동안 달의 모양이 변하는 것으로 이해하거나, 하루 동안 달이 움직이지 않는다고 인식한다. 수준 2의 학생들은 하루 동안 달의 모양이 거의 변하지 않고 달이 움직이는 것을 설명하지만, 하루 동안 달이 움직이는 방향을 부정확하게 설명할 것으로 제시하였다. 수준 3 단계에서는 하루 동안 달이 움직이는 방향을 지구를 기준으로 설명할 수 있으며, 가장 상위 수준인 수준 4에서는 하루 동안 달의 위치 변화 원인을 지구의 자전과 관련지어 설명하고, 시간에 따라 달의 위치와 고도 변화를 정확하게 이해하는 기준으로 설정하였다.

Level	Change in the moon's position during the day	Phases of the moon over several days
5		· 달이 뜨고 지는 시각의 변화와 관측 가능한 시간과 장소를 설명한다.
4	· 시간에 따른 달의 위치와 고도 변화를 정확하게 설명한다. · 하루 동안 달의 위치 변화 원인을 지구의 자전과 관련지어 과학적으로 설명할 수 있다.	· 특정한 날짜(음력)에 해당하는 달의 모양에 해당하는 공전 궤도상 달의 위치를 옳게 찾을 수 있다. · 여러 날 동안 달의 위상 변화 원인을 공전궤도의 태양-지구-달의 위치 관계와 빛과 그림자와 관련지어 과학적으로 설명한다.
3	· 하루 동안 달이 움직이는 방향을 설명한다. · 하루 동안 달의 위치 변화 원인을 제대로 설명하지 못했을 경우 3수준으로 평가한다.	· 특정한 날짜(음력)에 해당하는 달의 모양을 예상한다. · 여러 날 동안 달의 위상 변화 원인을 빛과 그림자와 관련지어 과학적으로 부정확하게 이해하여(태양이 달을 비추었을 때 달이 반사되는 부분을 이해하지 못함), 특정한 날짜(음력)에 해당하는 달의 모양에 해당하는 공전 궤도상 달의 위치를 옳지 않게 선택한다.
2	· 하루 동안 달의 모양이 거의 변하지 않고 달이 움직이는 것을 이해하지만, 하루 동안 달이 움직이는 방향을 부정확하게 설명한다.	· 달의 모양에 따른 이름을 알고 여러 날 동안 달의 모양이 변하는 순서를 정확하게 나열한다. · 특정한 날짜(음력)에 해당하는 달의 모양을 예상하지 못하고, 여러 날 동안 달의 위상 변화 원인을 과학적으로 부정확하게 표현한다.
1	· 하루 동안 달의 모양을 과학적으로 부정확하게 설명하거나, 하루 동안 달이 움직이지 않는다고 설명한다.	· 달의 모양에 따른 이름과 여러 날 동안 달의 모양 변화 순서에 대해 과학적으로 부정확하게 설명한다.

Fig. 3. Framework of the moon phase

여러 날 동안 달의 위상 변화 개념 framework의 수준 1은 달의 모양에 따른 이름과 여러 날 동안 달의 모양 변화 순서에 대해 과학적으로 부정확하게 이해하는 수준으로 설계되었다. 수준 2의 학생들이 가지는 이해 수준은 달의 모양에 따른 이름을 알고, 여러 날 동안 달의 모양이 변하는 순서를 정확하게 나열하는 수준이다. 또한, 특정한 날짜(음력)에 해당하는 달의 모양을 예상하지 못하고, 여러 날 동안 달의 위상 변화 원인에 대해서는 과학적으로 부정확하게 표현하는 수준으로 설정하였다. 수준 3의 학생들은 특정한 날짜(음력)에 해당하는 달의 모양을 예상하지만, 여러 날 동안 달의 위상 변화원인을 빛과 그림자와 관련지어 과학적으로 부정확하게 이해한다. 또한, 특정한 날짜(음력)에 해당하는 달의 모양에 해당하는 공전 궤도상의 달의 위치를 옳지 않게 선택할 경우 수준 3에 해당한다. 특정한 날짜(음력)에 해당하는 달의 모양에 해당하는 공전궤도상 달의 위치를 옳게 선택할 경우를 수준 4로 설정하였다. 수준 4의 학생들은 여러 날 동안 달의 위상 변화 원인을 설명할 수 있으며, 수준 5의 학생들이 가지는 이해 수준은 달이 뜨고 지는 시각의 변화와 관측 가능한 시간과 장소를 설명할 수 있는 수준으로 설정하였다.

Assessment

Assessment 단계에서는 Development 단계에서 개발한 framework를 토대로 학생들에게 평가할 문항을 개발하고 점검한다. 각 개념에 대한 평가 문항이 framework의 수준을 판단하거나 구분하기에 대표할 수 있는지와 평가 문항지를 학생들에게 투입되었을 때 적절하고 타당한지에 중점을 두고 전문가 집단 세미나를 진행하였다. 평가 문항은 순위 선다형, 선택형, 서술형 문항이 포함된 문항으로 개발하였다. 문항반응이론의 측정 모델 적용을 위하여, 각 문항마다 수준 1~4를 각각 1~4점(여러 날 동안 달의 위상 변화 개념 문항은 1~5점)으로 채점하였다.

개발된 평가 문항을 전문가 집단으로부터 내용 타당도 검증을 실시하였으며, 타당도와 신뢰성이 높은 결과를 얻을 수 있도록 전문가의 의견을 적극 반영하여 평가 문항을 수정 및 보완하였다. 10명의 전문가에게 검증을 받았으며, 내용 타당도 지수는 0.85로 확인되었다. 내용 타당도 지수가 0.7 이상이면 타당도가 확보되었다고 판단하였다(Lawshe, 1975; Waltz & Bausell, 1981).

Fig. 4는 하루 동안 달의 위치 변화 개념 관련 평가 문항의 예시이다. 선택형과 서술형으로 문항을 구성하였으며, 6번에 속한 4개의 문항을 모두 맞출 경우, 학생들의 이해 수준을 수준 4로 판단하고, 4점의 점수를 부여하였다. 6-1번 문항에서 하루 동안 달이 움직이지 않는다고 표시하거나, 6-3번 문항에서 하루 동안 달의 모양이 변하게 응답할 경우 수준 1에 해당하는 것으로 보고, 1점으로 채점하였다. 6-3번 문항에서 하루 동안 달의 모양이 변하지 않고 달이 움직이는 것을 표현하지만 하루 동안 달이 움직이는 방향을 서쪽에서 동쪽으로, 남쪽에서 북쪽으로 등 부정확하게 설명할 경우 수준 2에 해당하는 것으로 판단하여 2점의 점수를 부여하였다. 수준 3에 해당하는 학생들은 6-3번 문항을 바르게 응답하지만, 6-4번 문항을 과학적으로 서술하지 못한 경우로 판단하였으며, 3점의 점수를 부여하였다.

6. A학생은 음력 15일에 저녁 7시 무렵부터 그 다음날 새벽까지 ○모양의 달을 한 시간마다 같은 장소에서 관찰하였습니다.

6-1. 다음 ()안의 알맞은 말에 ○표 하시오.

하루 동안 달은 (움직인다, 움직이지 않는다)

6-2. 위 질문의 답과 같이 생각한 까닭을 쓰시오.

6-3. 저녁 7시 무렵부터 그 다음날 새벽까지 달의 위치 변화를 답하시오[1~3].

1) 시간에 따른 달의 위치를 위의 그림에 그려보시오.
 2) 달이 움직이는 방향을 화살표(→)로 위의 그림에 나타내시오.
 3) ☉, ⊗에 들어갈 알맞은 방위를 동서남북 중 골라 쓰시오. ☉:(쪽), ⊗:(쪽)

6-4. 저녁 7시 무렵부터 그 다음날 새벽까지 달의 위치가 달라지는 이유를 쓰시오.

Fig. 4. Assessment questions related to the concept of changing the position of the moon during the day

Analysis

Analysis 단계에서는 Assessment 단계에서 개발한 평가 문항을 초등학교 961명, 중학생 1,046명, 총 2,007명에게 투입하고, 학생들의 응답 결과를 분석하여 학생들의 경험적인 증거를 수집하였다. 학년별 문항 평가 결과, Rasch 모델의 Wright map, 문항 난이도에 대한 학년별 DIF 결과 데이터를 수집하여 학생들의 이해 수준에 대한 경험적인 증거를 분석하였다.

Analysis of Item Assessment Results by Grade Level

초등학교 3학년부터 중학교 3학년(9학년) 학생들의 응답 수준이 학년별로 어떻게 분포하는지 알아보기 위해, 학년별 문항 평가 결과를 그래프로 분석했다. 그래프의 막대는 각 문항별로 수준 1, 수준 2, 수준 3, 수준 4에 해당하는 학생들의 백분율을 나타낸다.

달의 환경 개념에 대한 학년별 문항의 결과는 Fig. 5와 같다. 학년이 높아짐에 따라 수준별 분포 학생의 빈도 변화가 일관성 있게 나타났다. 초등학생의 경우, 3학년의 73%, 4학년의 66%의 학생들이 운석 구덩이를 과학적 용어로 설명을 할 수 없거나 부정확하게 이해하는 수준 1에 해당하였으며, 3학년과 4학년의 많은 학생들이 하위의 이해 수준에 속한다는 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 대부분의 3~4학년군 학생들이 달의 환경 개념에 대해 학습의 출발점에 있다고 볼 수 있다. 5학년의 35%, 6학년의 37%에 해당하는 학생들이 달의 표면에 움푹 파인 곳을 운석 구덩이(크레이터)라고 정의할 수 있는 수준 2에 응답하였으며, 3~4학년군 학생들에 비해 수준 2의 빈도가 다소 증가하였다. 또한, 5학년의 16%, 6학년의 27%의 학생들이 달의 표면에 있는 크고 작은 운석 구덩이의 모습을 설명하며 운석 구덩이가 충돌의 흔적이라는 것을 설명하는 수준 3에 응답하였다. 달이 지구와 다르게 대기가 없다는 사실에 대해 초등학교 3~4학년군 과학 교과에서 처음 학습하지만, 달의 환경과 연관지어 운석 구덩이가 생기는 원인은 다루지 않아 초등학교 3~6학년 학생들이 낮은 이해 수준에 도달하는 것으로 판단된다. 2015 개정 과학과 3~4학년군 교사용지도서(MOE, 2018)에도 운석 구덩이가 생기는 자세한 원인에 대해서는 다루지 않는다고 명시되어 있다. 중학교의 경우, 8학년에서 수준 3의 응답률이 37%로 높았으며, 9학년은 운석 구덩이의 생성 원인을 달의 환경과 연관 지어 이해하는 수준 4의 응답 비율이 46%로 가장 높았다.

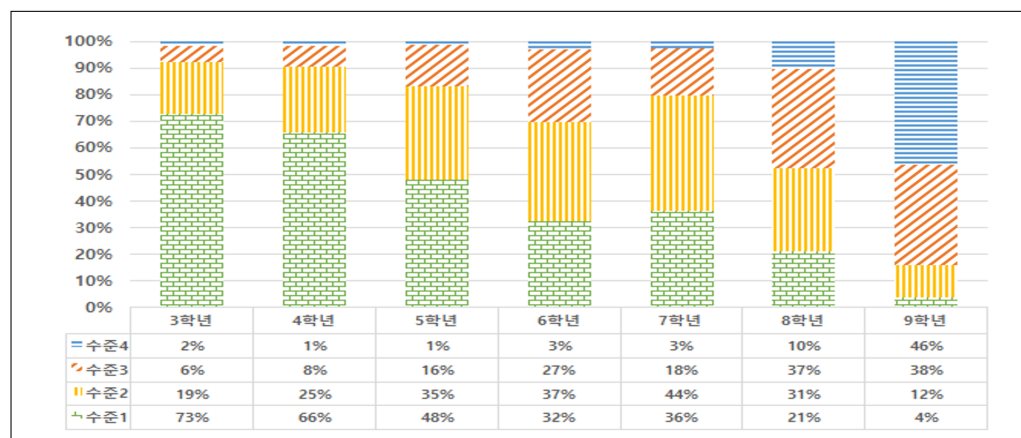


Fig. 5. Understanding level of the concept of lunar environment by grade

Fig. 6은 하루 동안 달의 위치 변화 개념에 대한 학년별 응답 결과를 표와 그래프로 제시한 것이다. 초등학교 3학년 학생들의 40%가 하루 동안 달의 모양을 과학적으로 부정확하게 이해하거나 하루 동안 달이 움직이지 않는다고 이해하는 수준 1에 머무르고 있다는 것을 알 수 있다. 이는 Maeng et al (2014)의 연구에서도 1수준을 하루 동안 지구에서 본 태양과 달, 별의 위치 변화와 운동을 부정확하게 이해하는 것으로 설정한 학습 발달과정 단계와 같다. 4학년의 55%, 5학년의 52%, 6학년의 34%에 해당하는 학생들이 수준 2에 해당하는 응

답을 하였으며, 하루 동안 달의 모양이 거의 변하지 않고 달이 움직이는 사실을 이해하지만 하루 동안 달이 움직이는 방향에 대해서는 부정확하게 설명하는 수준이다. 또한, 학년별 이해 수준이 급격하게 변화하는 구간이 있었는데, 6학년의 35% 학생들이 하루 동안 달이 움직이는 방향을 설명하는 수준 3에 해당하는 응답을 하였다. 이는 학습시기와 학생 이해 수준의 변화 사이에 상관관계가 있는 것으로 유추되며, 교육 경험을 통해 학생들의 이해 수준이 증가하는 것을 볼 수 있다. 7학년의 37%, 8학년의 38%, 9학년의 59%의 학생이 수준 4와 같은 높은 이해 수준을 보였다. 이를 통해, 학년이 높아질수록 학생의 이해 수준이 증가하고 있는 분포 비율의 변화를 보아, 하루 동안 달의 위치 변화 개념에 대한 학습발달과정이 학생의 이해 수준을 잘 반영하여 설계되었다는 것을 알 수 있다. 그러나 하루 동안 달이 움직이는 방향, 하루 동안 달의 위치 변화 원인, 시간에 따른 달의 위치와 고도 변화와 관련된 학습 내용은 초등학생 및 중학생들에게 다소 어려운 개념임을 확인할 수 있으며, 방위 개념에 대한 언급과 반복적인 학습 경험의 기회 제공이 필요하다.

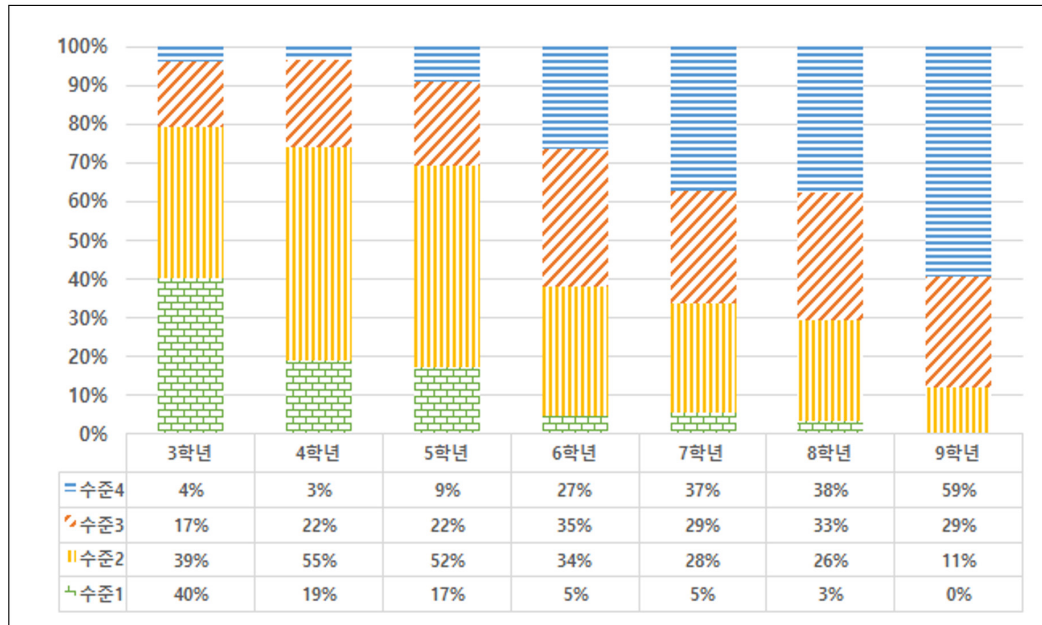


Fig. 6. Understanding level by grade of the concept of the change in the position of the moon during the day

Analysis of Wright Map by the Rasch model

2015 개정 과학과 교육과정에 제시한 달의 환경, 위상 개념에 대한 위계와 학생들의 이해 수준이 부합하는지를 확인하고, 학생들의 응답이 반영된 연구 결과의 타당성을 보다 구체적으로 분석하기 위하여 초등학교 및 중학교에 대한 집단별 Wright map을 도출하였다. 초등학교 3학년부터 중학교 3학년 학생에 대한 Wright map 결과는 Fig. 7에 제시하였다.

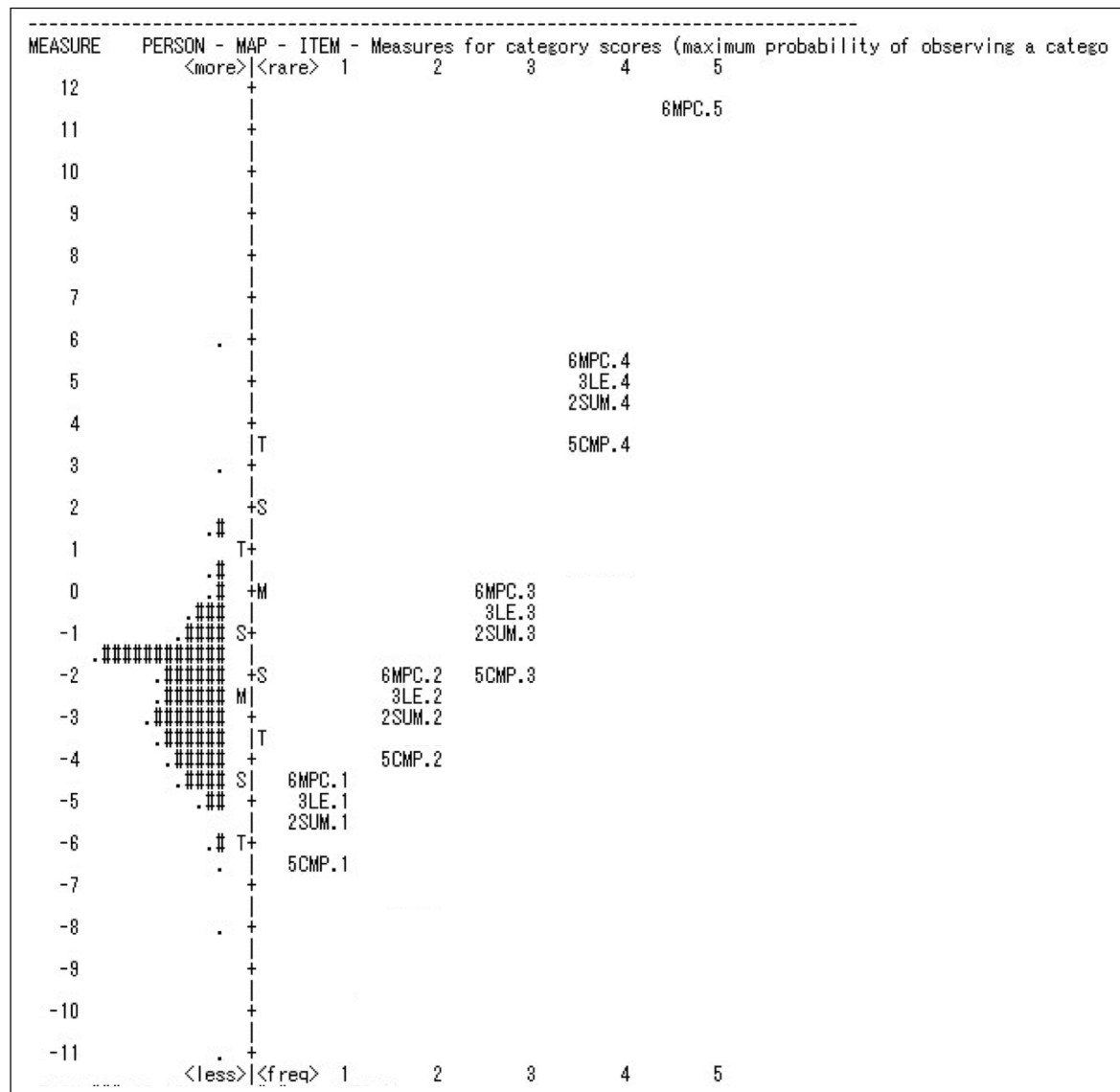


Fig. 7. Wright map of the assessment

Wright map은 학생들의 응답과 문항을 변수로 지도 형태로 제시하며, 학생들의 응답과 문항 사이에서 나타나는 반복적인 반응을 함수로 분석하여 문항의 난이도와 학생들의 잠재적인 능력을 추론한다(Maeng et al., 2013; Maeng & Lee, 2015; Yeo & Lee, 2016).

초등학교 3학년부터 중학교 3학년까지의 전체 학생은 2,007명이며, Wright map에서 ‘#’은 학생 29명, ‘.’은 학생 1~28명을 의미한다. 학생들의 잠재적인 능력 평균 M은 -2.59이며, M을 기준으로 대략 -6에서 +3까지에 걸쳐 있다. 학생들의 능력 평균의 로지트 값과 문항의 난이도 평균 로지트 값을 비교해보면 350여명 학생들의 잠재적인 능력이 -1과 -2 사이에 위치하였다. 이로 보아, 평가 문항의 평균적인 난이도보다 조금 높은 수준의 평균적인 능력을 학생들이 가지고 있으므로 학생들의 이해 수준을 측정하는데 어려운 문항은 아니라는 것을 나타낸다.

ITEM은 2SUM (달의 표면, Surface of the moon), 3LE (달의 환경, Lunar environment), 5CMP (하루 동안 달의 위치 변화, Change in moon position during the day), 6MPC (여러 날 동안 달의 위상 변화, Moon phase changes over several days)으로 각 문항별 이해 수준이 MEASURE의 숫자 사이에서 분포되는 위치에 따라 문항의 난이도를 파악할 수 있다. 3LE 평가 문항 ITEM의 평균은 MEASURE의 0에 있으며, 이 값을 기준으로 모든 문항이 이해 수준에 따라 고루 분포한다. 6MPC 문항은 이해 수준이 5단계로 구분되어 있어, 6MPC의 수준 5는 MEASURE의 11이상에 위치하고 있다. 네 문항의 수준 4는 MEASURE의 3이상에 위치하고 있으며, 수준 3은 MEASURE의 -2에서 0 사이, 수준 2는 MEASURE의 -4에서 -2 사이에 분포하면서 중간 정도의 난이도를 보였다. 수준 1은 -6에서 -4 사이에 위치하여 상대적으로 낮은 난이도의 수준으로 볼 수 있다. 문항의 난이도는 6MPC 문항이 가장 높으며, 3LE, 2SUM, 5CMP 순이다. 5CMP 문항의 각 이해 수준은 다른 문항의 이해 수준에 비해 낮은 MEASURE의 값을 가지는 것으로 보아 다른 문항에 비하여 학생들이 판단하기에 쉬운 문항으로 인식하였다. 또한, 6MPC 문항의 수준 3에 해당하는 응답지가 평균적인 문항의 난이도에 해당하며, 2SUM, 3LE, 5CMP, 6MPC 문항의 수준 4에 해당하는 응답지와 6MPC 문항의 수준 5에 해당하는 응답지가 상대적으로 학생들에게 어려운 수준임을 보여준다.

모든 문항들의 수준 1, 수준 2, 수준 3, 수준 4에 해당하는 응답지들은 달의 환경, 위상 개념에 대한 framework에서 예상한 학생들의 가설적인 학습발달과정과 대체로 부합한다는 것을 알 수 있다. 학생들의 발달이 낮은 수준에서 높은 수준의 방향으로 전개된다고 하면, 수준 1에서 수준 2로, 수준 2와 수준 3을 거쳐 수준 4에 이르는 경로를 따라 개념에 대한 이해 수준이 발달한다고 주장할 수 있는 근거가 될 수 있다.

Analysis of DIF Results for Item Difficulty

문항 난이도에 대한 DIF (Differential Item Function) 값은 문항이 학년별 학생들에게 반응하는 정도의 값을 의미하며, 각 학년별로 반응하는 각 문항의 난이도 로지트 측정값으로 정의할 수 있다(Bond & Fox, 2007; Kim et al., 2016). 학년별로 문항에 대한 DIF 값이 클수록, 해당하는 학년 학생들이 문항에 대해 어렵게 느꼈음을 분석한다.

Table 1은 초등학교 3학년부터 중학교 3학년까지 학년별 문항 난이도에 대한 DIF 값을 나타낸 표이다. Table 1의 *(Total) 값은 전체 학생들에 대한 각 문항 난이도의 평균값을 나타낸 것이다. DIF의 문항의 난이도는 6MPC 문항이 가장 높으며, 3LE, 2SUM, 5CMP 순이다.

Table 1. DIF for the difficulty of grade

Item	DIF							
	Grade 3	Grade 4	Grade 5	Grade 6	Grade 7	Grade 8	Grade 9	*(Total)
2SUM	-0.3240	-0.0549	0.1361	0.8302	1.0152	1.6859	0.6921	0.8302
3LE	1.4516	1.6962	1.2318	1.5395	1.8740	1.3077	0.8225	1.3967
5CMP	-0.2464	-0.3283	-0.0883	-0.3477	-0.7106	-0.1963	0.2404	-0.2735
6MPC	4.7683	3.3373	3.5265	1.3285	1.3414	1.0798	1.6663	1.7221

달의 표면 특징 개념을 평가했던 2SUM 문항은 DIF 값이 8학년>7학년>6학년>9학년>5학년>4학년>3학년 순서로 나타내었다. 이는 8학년과 7학년 학생들에게 가장 어려웠고, 3학년, 4학년, 5학년 학생들에게는 비교적 수월했음을 알 수 있다. 8학년과 3학년의 난이도 차이를 제외하면 학년에 따른 난이도 인식 정도를 구분하는 것이 상대적으로 쉽지 않았으며, 고학년으로 올라가도 충분히 학습되지 못한 주제였음을 알 수 있다. 달의 환경 개념을 평가했던 3LE 문항은 평균 1.3967의 DIF 값을 가졌으며, 난이도 측정값의 순서를 살펴보면 7학년>4학년>6학년>3학년>8학년>5학년>9학년 순이다. 이는 초등학교 3학년의 '지구의 모습' 단원에서 운석 구덩이의 개념과 달이 대기가 없는 환경이라는 내용을 학습하기 때문에 상대적으로 3학년 학생들이 달의 환경과 관련된 문항에 덜 어려운 과제로 인식하였다고 판단된다. 또한, 초등학교 3~4학년군에서 달의 환경에 대한 학습을 처음 한 이후, 고학년까지 달의 환경에 대해 심화 및 반복 학습이 이루어지지 않아 7학년 학생들이 '운석 구덩이'에 대한 과학적 용어에 다소 익숙하지 않았던 것으로 판단된다.

하루 동안 달의 위치 변화 개념을 평가했던 5CMP 문항은 평균 -0.2735의 DIF 값을 가졌으며, DIF 측정값이 9학년>5학년>8학년>7학년>6학년>4학년>3학년 순서를 나타냈다. 이 문항은 9학년 학생들이 가장 어렵게 인식한 반면 3, 4학년 학생들은 상대적으로 쉽게 인식하였으나, 학년별 차이가 뚜렷하게 구분되지 않았으며 전체 학년에 걸쳐 낮은 DIF 값이 도출되었다. 여러 날 동안 달의 위상 변화 개념을 다룬 6MPC 문항일 경우, 학년별 간격이 비교적 뚜렷하게 나타났으며, 문항 난이도의 DIF 측정값을 살펴보면 3학년>4학년>5학년>9학년>7학년>6학년>8학년 순서이다. 즉, 6MPC 문항은 초등학교 3, 4, 5학년 학생들에게 가장 어려웠고, 상대적으로 6, 7, 8, 9학년 학생들에게는 비교적 수월했음을 나타낸다. 이는 초등학교 6학년의 '지구와 달의 운동' 단원에서 여러 날 동안 달의 위상 개념에 대해 처음으로 학습하기 때문에 6학년 학생들의 문항 난이도가 다른 학년에 비해 상대적으로 덜 높았음으로 판단한다.

Amendment

Amendment 단계에서는 학생들의 상대적인 이해 수준에 따라 학생의 응답이 이루어졌는지를 판단하는 MNSQ (Mean Square Value)의 값과 학생들의 상대적인 이해 수준인 Ability의 값을 확인하여, framework와 평가 문항에 대한 수정 및 보완이 이루어진다.

MNSQ는 outfit과 infit 사이의 관계를 나타내는 값으로(Linacre, 2002; Wright & Linacre, 1994), outfit은 어려운 문항임에도 불구하고 낮은 수준의 학생이 높은 수준으로 응답하거나, 쉬운 문항임에도 불구하고 높은 수준의 학생이 낮은 수준으로 응답하는 경우를 의미한다. 반면, infit은 문항의 난이도와 학생의 능력 수준이 적절하게 배치되어 있는 것을 뜻한다. Linacre (2014)는 허용 가능한 MNSQ의 값의 범위를 0.5-1.5로 정의하였다. Table 2를 살펴보면, infit과 outfit 값이 모두 1.0을 중심으로 0.5-1.5사의 값을 가진다는 것을 확인할 수 있다. 이는 MNSQ 허용 범위를 벗어나는 문항이 없다는 것을 의미하며, 학생들의 이해 수준을 잘 반영하고 있음을 확인할 수 있다.

Table 2. Infit and outfit of items

MNSQ	2SUM	3LE	5CMP	6MPC
Init	0.81	1.12	1.08	1.03
Outfit	0.95	1.08	1.05	1.09

Table 3은 평가 도구 문항의 Ability의 값과 MNSQ의 값을 분석한 표로, 문항별 각 수준에서 Ability의 값이 일정한 간격을 가지는지 확인해야 한다. 각 수준에서 Ability의 값이 각 수준들 사이에서 일정한 변화폭을 가지는지 비교해야 한다. 변화폭이 너무 높을 경우, 다른 이해 수준을 가진 학생들이 같은 응답지의 수준을 선택할 확률이 높기 때문이다. 분석 결과, 모든 문항에서 수준 1, 2, 3, 4순으로 Ability의 값이 일정한 간격을 가졌으며, 6MPC 문항일 경우, 수준 1, 2, 3, 4, 5 순으로 Ability의 값이 일정한 간격을 가졌다. 따라서, Ability의 값에 의한 문항 수정 필요성은 발견되지 않았다.

Table 3. Ability and MNSQ of items

Item	Level	Ability	MNSQ		Item	Level	Ability	MNSQ	
			Infit	Outfit				Infit	Outfit
2SUM	1	-5.64	.8	.6	3LE	1	-4.02	1.1	1.1
	2	-2.93	1.3	1.4		2	-2.60	0.8	0.8
	3	-1.55	1.2	1.4		3	-1.39	1.0	1.0
	4	0.87	0.5	0.5		4	0.15	1.0	1.0
5CMP	1	-5.37	0.9	0.9	6MPC	1	-4.06	0.8	0.9
	2	-3.33	1.1	1.1		2	-2.20	0.6	0.5
	3	-2.19	1.0	1.0		3	-1.14	0.9	0.9
	4	-0.98	1.1	1.1		4	-0.06	1.1	1.2
						5	3.79	0.4	0.6

Types of Students' Level of Understanding of the Lunar Environment and Moon Phase

학습발달과정의 Assessment 단계에서 초·중학교 학생 2,007명에게 평가를 투입하여 학생들의 이해 수준을 파악하였다. 학생들의 오개념 사례를 파악하였으며, Development 단계에서 개발한 학습발달과정의 framework를 기준으로 학생들의 이해 수준을 구분하였다. 학생들이 응답한 서술형 평가 문항을 전문가 집단 세미나를 통해 분석하여 연구자 개인의 주관에 따른 분석 오류를 방지하였고, 학생들의 응답에 대하여 옳은 C 유형과 틀린 W 유형으로 구분하였다.

하루 동안 달의 위치 개념에 대한 학생들의 이해 수준을 유형화한 사례를 살펴보면, C 유형의 학생들은 하루 동안 달의 위치 변화 원인을 지구의 자전과 관련지어 과학적으로 설명할 수 있으며, 시간에 따른 달의 위치와 고도 변화를 정확하게 설명할 수 있는 이해 수준을 가졌다(Fig. 8). 6-2번 문항과 6-4번 문항에서 하루 동안 달의 위치 변화의 원인을 지구의 자전이라고 설명하였으며, 6-3번 문항에서 하루 동안 달의 위치, 방위와 시간에 따른 달의 위치, 고도를 정확하게 설명하였다.

이해 수준 3에 해당하는 W3 유형의 사례는 하루 동안 달이 움직이는 방향을 옳게 설명하지만, 하루 동안 달의 위치 변화 원인에 대해 제대로 설명하지 못한 경우이다. W3 유형의 학생들은 하루 동안 시간에 따른 달의 위치와 방위를 정확하게 응답하였으며, 달이 하루 동안 동쪽에서 떠서 서쪽으로 진다는 개념에 대해서는 정확한 과학적 개념을 가지고 있었다. 그러나 하루 동안 달의 위치 변화 원인에 대해 비과학적으로 설명하였다. '지구가 자전하기 때문에', '지구가 서쪽에서 동쪽으로 돌기 때문에', '지구가 돌기 때문에'라고 응답한 학생들은 정답으로 처리하였으며, 하루 동안 달의 위치 변화 원인에 대한 대표적인 오개념은 '달이 공전하기 때문에', '지구가 공전하기 때문에'라는 과학적 개념에 근접한 대안 개념이 많은 것으로 분석되었다. '저녁에 관찰

한 달을 보았는데, 달의 위치가 변하고 있어서, ‘밤이 되니까’, ‘해가 진 후 달이 떠야 되고 달이 져야 해가 뜨기 때문에’, ‘달이 지구를 따라가기 때문에’ 등으로 응답한 사례도 있었다. 이해 수준 2에 해당하는 W2 유형은 하루 동안 달의 모양이 거의 변하지 않고 달이 움직이는 것을 이해하지만, 하루 동안 달이 움직이는 방향에 대해서 부정확한 오개념을 가진 경우에 해당한다. 달이 서쪽에서 동쪽으로 움직인다는 오개념을 가진 학생이 가장 많았으며, ‘북쪽에서 서쪽’ ‘남쪽에서 북쪽’, ‘서쪽에서 북쪽’, ‘동쪽에서 북쪽’, ‘북쪽에서 남쪽’ 등으로 움직인다고 응답한 학생도 있었다. ‘북쪽에서 서쪽’으로 표현한 학생일 경우, 달이 공전한다는 개념을 가지고 있으나 관측하는 지구에서 달이 움직인다는 오개념을 가진 경우로 판단된다. 수준 1에 해당하는 W1 유형의 학생들은 하루 동안 달의 모양이 움직인다고 이해하거나, 하루 동안 달이 움직이지 않는다고 이해하는 오개념을 가졌다. 하루 동안 달이 움직이지 않는다고 응답하거나, 하루 동안 보름달의 모양이 초승달로 변하거나 그믐달→하현달→보름달→상현달→초승달의 순으로 모양이 변하게 응답하였다. 하루 동안 달이 움직이지 않는다고 응답한 학생 중 그렇게 생각한 이유는 ‘달이 움직이지 않고 태양과 지구만 움직이기 때문에’, ‘지구가 하루 동안 돌기 때문에 아침과 저녁이 있는 것이고, 달은 움직이지 않기 때문에’ 등으로 서술하였다. 그믐달→하현달→보름달→상현달→초승달의 순으로 하루 동안 달의 모양이 변하는 오답의 사례가 있었다.

6-1. 다음 ()안의 알맞은 말에 ○표 하시오.

하루 동안 달은 (움직인다, 움직이지 않는다)

6-2. 위 질문의 답과 같이 생각한 까닭을 쓰시오.

지구 자전

6-3. 저녁 7시 무렵부터 그 다음날 새벽까지 달의 위치 변화를 답하시오(1)~(3)].

1) 시간에 따른 달의 위치를 위의 그림에 그려보시오.
 2) 달이 움직이는 방향을 화살표(→)로 위의 그림에 나타내시오.
 3) ㉠, ㉡에 들어갈 알맞은 방위를 동서남북 중 골라 쓰시오. ㉠: (동 쪽), ㉡: (서 쪽)

6-4. 저녁 7시 무렵부터 그 다음날 새벽까지 달의 위치가 달라지는 이유를 쓰시오.

지구의 자전 때문

Fig. 8. Typing students' understanding level of the concept of the change in the position of the moon during the day(C)

Fig. 9는 학생들이 평가지의 여백에 별도의 방위 표시를 그려 놓은 사례이다. 하루 동안 달의 위치 변화에 대한 이해 수준에 대한 유형을 분석한 결과, 소수의 학생들이 방위 개념에 혼돈한 사례가 나타났다. 또한, 동서남북의 방향이 아닌 ‘왼쪽’, ‘오른쪽’이라고 응답한 학생도 있었다. 따라서 하루 동안 달의 위치 변화 개념을 학습하기 이전에 관측자의 위치를 기준으로 동서남북의 방위 개념 학습이 선행되어야 된다.

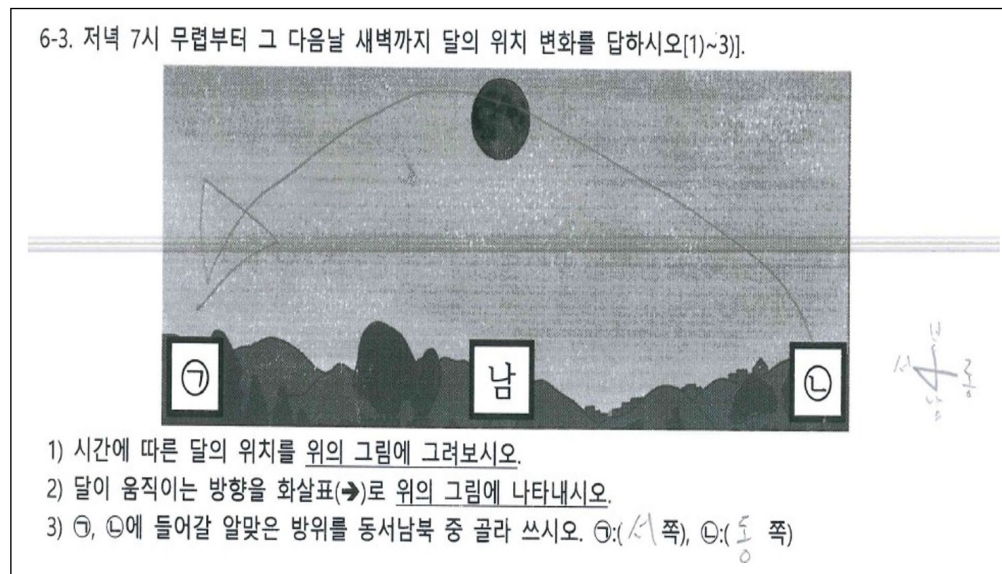


Fig. 9. An example of a student drawing a bearing mark in the margin of the assessment paper

Discussions and Conclusions

이 연구는 학습발달과정의 개발 단계에 따라 달의 환경, 위상 개념에 대한 학습발달과정을 개발하고, 개발된 학습발달과정을 초등학교 3학년부터 중학교 3학년까지 적용하여 검증하는 것을 주요 목적으로 수행하였다. 달의 환경, 위상 개념에 대해 학습발달과정을 개발하는 과정에서 도출된 결론과 함께 제언을 다음과 같이 제시한다.

첫째, 이 연구에서는 초·중등학생들의 달의 환경, 위상 개념에 대한 가설적인 학습발달과정을 개발하여, 학생들의 개념에 대한 이해 수준이 어떻게 변화되는지를 제시하였다. 기존의 선행연구와 차별화를 두어 오개념, 정신 모형의 사례를 분석하는 방법과 2015 개정 과학과 교육과정의 성취기준과 평가기준을 분석하는 방법을 겸용하여 학습발달과정을 개발하였다. 학습발달과정의 개발 과정에 있어 Development, Assessment, Analysis, Amendment의 반복적인 과정으로 수행하였으며, 교육과정을 반영하여 framework과 평가 문항을 개발한 뒤 학생들의 이해 수준에 대한 데이터를 수집 및 분석하였다. 그 결과 학생들의 이해 수준에 따라 학습발달과정의 framework과 평가 문항의 이해 수준들이 잘 설계되었음을 판단할 수 있었다. 이 연구에서 개발한 학습발달과정은 2015 개정 과학과 교육과정에서 학생들에게 요구하는 교육적 수준 및 성취 수준이 반영되어 있기 때문에, 국가 수준의 교육과정을 학습하는 학생들에게 적용이 가능하다. 또한, 개발된 학습발달과정의 framework과 평가 문항을 이용하여 2015 개정 과학과 교육과정이 학생들의 달의 환경, 위상 개념에 대한 잠재적인 이해 수준을 반영하였는지를 평가 및 검증할 수 있다.

둘째, 2015 개정 과학과 교육과정에서 제시한 달의 환경, 위상 개념에 대한 체계는 전반적으로 학생들의 이해 수준을 반영하여 구성되어 있음을 확인하였다. 학년별 문항 응답과 Wright map 분석 결과, 학년과 학교급이 올라갈수록 학생들이 높은 수준에 해당하는 응답을 한 것을 알 수 있었다. 이러한 결과는 학년이 높을수록 해당하는 개념에 대해 학습의 경험을 가져 문제를 해결하는 능력이 높음을 의미하고, 2015 개정 과학과 교육

과정에서 제시한 달의 환경, 위상 개념에 대한 학습 내용이 학생들의 이해 수준을 반영하여 학생들이 학습에 어려움 없이 잘 받아들이는 것으로 해석할 수 있다. 향후 초·중등 과학과 교육과정에서 달과 관련된 하위 개념을 좀 더 명확히 구분하고, 미국, 영국 등 다른 나라의 교육과정과 비교하여 달과 관련된 학습 내용을 구체적으로 추가 및 제시하는 것이 필요하다고 생각한다. 또한, 학습발달과정을 향후 교육과정 개발 과정에서 활용된다면 학생들의 이해 수준을 체계적으로 발달하는데 기여할 수 있을 것이다(Lim et al., 2021; Maeng & Lee, 2015; Pierson et al., 2019; Stevens et al., 2010).

셋째, 달의 환경, 위상 개념에 대한 학습발달과정 결과, 2022 개정 과학과 교육과정의 재구조화에 주는 시사점은 다음과 같다. 달의 표면 특징과 달의 환경 개념에 대한 문항 난이도가 다른 문항에 비해 고학년으로 갈수록 상대적으로 높은 것으로 보이고 최근 학습한 내용에 대한 인지도가 높으므로, 달의 표면을 달의 육지와 달의 바다로 구분하고 달의 표면이 밝고 어두운 색깔을 띠는 까닭을 달을 구성하는 암석의 종류와 관련짓는 학습 내용과 운석 구덩이와 운석 구덩이의 생성 원인을 달의 환경과 연관 지어 다루는 학습 내용을 고학년에 배정하여 성취기준에 맞게 학습경로를 제시할 필요가 있다. 또한, 하루 동안 달의 위치 변화 개념에 대한 학습을 하기 전에 관측자의 위치를 기준으로 동서남북의 방위 개념 학습이 선행되고, 여러 날 동안 달의 위상 변화 개념을 학습하기 이전에 빛과 그림자에 대한 개념 학습이 선행될 필요가 있다. 문항의 난이도와 학생의 잠재적인 능력을 파악해볼 때, 여러 날 동안 달의 위상 변화 원인을 공전 궤도상의 태양-지구-달의 위치 관계와 빛과 그림자와 관련지어 설명하는 학습 내용은 어려우므로 학습 수준을 반영할 필요가 있다. 또한, 2022 개정 과학과 교육과정의 시안을 개발할 때 특정한 과학적 개념에 대한 학습발달과정의 연구 결과뿐만 아니라 개념 간 연계성, 의사소통 등 다양한 연구 결과를 고려하여 교육과정을 구성할 필요가 있다(Alonzo & Steedle, 2009; Berland & McNeill, 2010; Jin et al., 2019).

학습발달과정 개발 연구에 다음을 제안하고자 한다. 첫째, 이 연구의 결과를 바탕으로 초·중학생들의 달의 환경, 위상 개념에 대한 학습발달과정을 규명하고, 학생들의 이해 수준에 대한 원인을 심층적으로 분석하는 것은 한계가 있다. 2015 개정 교육과정의 과정 중심 평가 패러다임에 맞추어, 순위 선다형 문항 외 선택형, 서술형 문항 등 다양한 문항 개발하였으나, 이 연구에서 개발한 평가 문항만으로 달의 환경, 위상 개념에 대한 실질적인 학습발달과정 연구로는 부족하다. 따라서 서술형, 논술형, 심층 면담, 관찰 등 다양한 평가 방법을 고려하여 개념에 대한 평가 문항을 개발하고 적용하여 더 구체적이고 정교한 응답 결과를 수집할 필요성이 있다.

둘째, 이 연구 결과를 일반화하기 위해서는 다양한 지역, 연령, 학력, 문화를 가진 학생들에게 다양한 평가 방법을 적용하고, 정교화한 학습발달과정을 검증할 필요가 있다. 모든 학생들이 동일한 순서로 학습 발달이 이루어지는 것이 아니며, 개인의 학습 경험에 의존할 수밖에 없다. 축적된 학습발달과정에 대한 연구 결과는 향후 초·중등 과학과 교육과정에서 내용 구성 및 개념 이해 순서를 제시하는 협의 과정을 거칠 때 주요 근거로 활용될 수 있으며, 나아가 교육과정 재구성, 교수·학습 활동, 평가를 할 때 학생들의 개념 이해 수준을 이해하고 교수·학습 활동, 교수·학습을 위한 자료 개발 및 학생 활동에 대한 평가 시 지침 및 가이드로 활용될 수 있다.

Acknowledgement

This article was revised by using Yoo-Ji Kwon's 2020 doctoral dissertation.

References

- Alonzo, A. C., & Elby, A. (2019). Beyond empirical adequacy: Learning progressions as models and their value for teachers. *Cognition and Instruction*, 37, 1– 37.
- Alonzo, A. C., & Steedle, J. T. (2009). Developing and assessing a force and motion learning progression. *Science Education*, 93, 389– 421.
- Abell, S., Martini, M., & George, M. (2001). That's what scientists have to do: pre-service elementary teachers' conceptions of the nature of science during a Moon investigation. *International Journal of Science Education*, 23, 1095-1109.
- Berland, L. K., & McNeill, K. L. (2010). A learning progression for scientific argumentation: Understanding student work and designing supportive instructional contexts. *Science Education*, 94, 765– 793.
- Bond, T. G., & Fox, C. M. (2007). *Applying the Rasch model: Fundamental Measurement in the Human Sciences* (2nd edition). New York, NY: Routledge.
- Breslyn, W., McGinnis, R., McDonald, R., & Hestness, E. (2016). Developing a learning progression for sea level rise: A major impact of climate change. *Journal of Research In Science Teaching*, 53, 1471-1499.
- Callingham, R., & Bond, T. (2006). Research in mathematics education and Rasch measurement. *Mathematics Education Research Journal*, 18, 1-10.
- Corcoran, T., Mosher, F. A., & Rogat, A. (2009). *Learning Progressions in Science: An Evidence Based Approach to Reform*. Philadelphia, PA: Consortium for Policy Research in Education.
- Duschl, R. A., Schweingruber, H. A., & Shouse, A. W. (Eds.). (2007). *Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8*. In Washington, DC: National Academies Press.
- Gotwals, A. W., & Songer, N. B. (2013). Validity evidence for learning progression-based assessment items that fuse core disciplinary ideas and science practices. *Journal of Research in Science Teaching*, 50, 597-626.
- Ha, M. S., Park, H. J., Kim, Y. J., Kang, N. H., Oh, P. S., Kim, M. J., ... Son, M. H. (2018). Developing and applying the questionnaire to measure science core competencies based on the 2015 revised national science curriculum. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 38, 495-504.
- Heo, J. W., & Lee, K. Y. (2018). A proposal of curriculum and teaching sequence for seasonal change by exploring a learning progression. *Journal of The Korean Earth Science Society*, 39, 260-274.
- Jin, H., Mikeska, J. N., Hokayem, H., & Mavronikolas, E. (2019). Toward coherence in curriculum, instruction, and assessment: A review of learning progression literature. *Science Education*. Online version, <https://doi.org/10.1002/sce.21525>.
- Johnson, P., & Tymms, P. (2011). The emergence of a learning progression in middle school chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 48, 849-877.
- Kang, S. H., Bang, D. L. & Kim, S. J. (2012). Analysis of the level of cognitive demands about concepts of elements, the periodic table, and atoms on science 2 textbooks in junior high school(1). *Journal of the Korean Chemical Society*, 56, 518-529.
- Kim, J. H., & Jung, A. J. (2017). International comparison study on essential concepts of science curriculum: Focus on the United States, Canada, Australia and England. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 37, 215-223.

- Kim, Y. D. (2017). Elementary school students' arguments on causes of phases of the moon and concept analysis. *Journal of the Korean Society of Earth Science Education*, 10, 161-172.
- Kim, Y. M., Kang, N. H., Kang, H. S., Maeng, S. H., & Lee, J. K. (2016). Item response analysis of energy as a cross-cutting concept for grades 3 to 9. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 36, 815-833.
- Kwak, Y. S. (2019). Exploration of changes in TIMSS science achievement and educational context variables of cohort groups with grade change. *Journal of the Korean Society of Earth Science Education*, 12, 119~130.
- Kwon, Y. J., & Lee, H. N. (2020). The development and validation of learning progressions for elementary and middle school students' moon shape, lunar environment, and moon phase concepts. *Journal of the Korean Association For Learner-Centered Curriculum And Instruction*, 20, 305-335.
- Lawshe, C. H. (1975). A quantitative approach to content validity. *Personnel Psychology*, 28, 563-575.
- Lee, K. Y., Maeng, S. H., Park, Y. S., Lee, J. A., & Oh, H. S. (2016). Validation of learning progressions for earth's motion and solar system in elementary grades: Focusing on construct validity and consequential validity. *Journal of Science Education*, 36, 177-190.
- Lee, K. Y., & Lee, J. A. (2016)., Exploring topic-specific PCK progression for elementary teachers instruction of astronomy: Focusing on the topic of planet size and distance in solar system. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 36, 629-641.
- Lee, H. R., & Sohn, J. J. (2016). Development and application of flipped classroom program on 'earth and moon' in elementary school. *School Science Journal*, 10, 319~332.
- Lee, H. Y., Jeon, J. D. & Lee, H. D. (2018). Development of framework and rubric for measuring students' level of systems thinking. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 38, 335-367.
- Lim, Y. G., & Lee, H. N. (2014). Development and analysis of effects of writing educational program for improving system thinking ability. *Journal of the Korean Association For Learner-Centered Curriculum And Instruction*, 14, 133-143.
- Lim, S. M., Park, S. A., Yoon, H. J., & Kim, Y. S. (2021). Analysis of the network of plant-related concepts in secondary school science textbooks based on the 2015 revised curriculum. *Journal of the Brain, Digital, & Learning*, 11, 469-481.
- Linacre, J. M. (2002). Optimizing rating scale category effectiveness. *Journal of Applied Measurement*, 3, 85-106.
- Lincare, J. M. (2014). Winsteps Rasch Measurement Computer Program User's Guide. Beaverton, Oregon: Winsteps.com.
- Maeng, S. H., Sung, Y. S., & Jang, S. H. (2013). Present states methodological features and an exemplar study of the research on learning progressions. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 33, 161-180.
- Maeng, S. H., Lee, K. Y., Park, Y. S., Lee, J. A. & Oh, H. S. (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, 703-718.
- Maeng, S. H., & Lee, K. Y. (2015). Cross-sectional item response analysis of geocognition assessment for the development of plate tectonics learning progressions: Rasch model. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 35, 37-52.
- Maeng, S. H., & Lee, K. Y. (2018). A case study of elementary students' developmental pathway of spatial reasoning on earth revolution and apparent motion of constellations. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 38, 481-494.

- Ministry of Education[MOE]. (2015a). 2015 Revised Science Curriculum(Notice 2015-74[Separate book 9]). Sejong, Republic of Korea.
- Ministry of Education[MOE]. (2015b). 2015 Revised Science curriculum(Notice 2015-80). Sejong, Republic of Korea.
- Ministry of Education[MOE]. (2018). Elementary School 3rd-4th Grade Science Teacher's Guide.
- Mohan, L., Chen, J., & Anderson, C. W. (2009). Developing a multi-year learning progression for carbon cycling in socio-ecological systems. *Journal of Research in Science Teaching*, 46, 675-698.
- National Research Council[NRC]. (2006). *Systems for State Science Assessment*. Washington, DC: National Academies Press.
- National Research Council[NRC]. (2007). *Taking Science to School*. Washington, DC: The National Academies Press.
- National Research Council[NRC]. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Cross-cutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, D.C., National Academies Press, http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=13165.
- NGSS Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, D.C., The National Academies Press.
- Noh, T. H., Lee, J. W., Yang, C. H., Kang, S. J., & Kang, H. S. (2016). Investigation of learning progression for dissolution and solution concepts. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 36, 295-302.
- Oh, H. S., & Lee, K. Y. (2018). Exploring 6th graders learning progression for lunar phase change: Focusing on astronomical systems thinking. *Journal of The Korean Earth Science Society*, 39, 103-116.
- Oh, H. S., & Lee, K. Y. (2020). The development and validation of learning progression for solar system structure using multi-tiers supply form items. *Journal of The Korean Earth Science Society*, 41, 291-306.
- Osborne, J. F., Henderson, J. B., MacPherson, A., Szu, E., Wild, A., & Yao, S. Y. (2016). The development and validation of a learning progression for argumentation in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 53, 821-846.
- Paik, N. J. (2006). Specification of statements on educational contents in the subject curriculum. *Journal of The Korean Society for Curriculum Studies*, 24, 207-233.
- Plummer, J. D., & Krajcik, J. (2010). Building a Learning Progression for celestial motion: Elementary levels from an earth-based perspective. *Journal of Research in Science Teaching*, 47, 768-787.
- Plummer, J. D., & Maynard, L. (2014). Building a learning progression for celestial motion: An exploration of students' reasoning about the seasons. *Journal of Research in Science Teaching*, 51, 902-929.
- Pierson, A.E., Clark, D.B., & Kelly, G.J. (2019). Learning progressions and science practices. *Science & Education*, 28, 833-841.
- Rittle-Johnson, B., Matthews, P. G., Taylor, R. S., & McEldoon, K. L. (2011). Assessing knowledge of mathematical equivalence: A construct-modeling approach. *Journal of Educational Psychology*, 103, 85-104.
- Sevian, H., & Talanquer, V. (2014). Rethinking chemistry: A learning progression on chemical thinking. *Chemistry Education Research And Practice*, 15, 10-23.
- Smith, C. L., Wiser, M., Anderson, C. W., & Krajcik, J. S. (2006). Implications of research on children's learning for standards and assessment: A proposed learning progression for matter and the atomic molecular theory. *Measurement: Interdisciplinary Research and Perspectives*, 14, 1-98.
- Son, J. H., & Kim, J. H. (2010). Development and application of instructional module for the conceptual change of the earth and moon's movement in the elementary science class. *Journal of Science Education*, 34, 58-71.

- Son, J. H. (2015). Conception types of elementary school students about the moon phase changes and the suggestions and effects of teaching methods. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 35, 289-301.
- Stevens, S. Y., Delgado, C., & Krajcik, J. S. (2010). Developing a hypothetical multi - dimensional learning progression for the nature of matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 47, 687-715.
- Waltz, C. W., & Bausell, R. B. (1981). *Nursing research: Design, statistics and computer analysis*. Philadelphia, PA: F.A. Davis.
- Wright, B. D., & Linacre, J. M. (1994). Reasonable mean-square fit value. *Rasch Measurement Transactions*, 8, 370.
- Wilson, M. (2005). *Constructing Measures: An Item Response Modeling Approach*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Yeo, C. Y., & Lee, H. N. (2016). Developing and assessing a learning progression for the ecosystem. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 36, 29-43.
- Yu, H. W., Ham, D. C., Cha, H. J., Kim, M. S., Kim, H. B., Yoo, J. H., ... Choe, S. U. (2012). Model creation and model developing process of science gifted students in scientific model constructing class for phase change of the moon. *Journal of Gifted/Talented Education*, 22, 291-315.
- Zeilik, M., & Bisard, W. (2000). Conceptual change in introductory-level astronomy courses: Tracking misconceptions to reveal which-and how much-concepts change. *Journal of College Science Teaching*, 29, 229-232.

Authors Information

Kwon, Yoo-Ji: Kyungsan Seobu Elementary School, Teacher, First Author

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9339-8529>

Lee, Hyonyong: Kyungpook National University, Professor, Corresponding Author

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5104-1847>