

이슬점에 대한 중학생들의 개념 이해 평가 루브릭 개발

이기영¹ · 이재봉^{2,*} · 오현석³

¹강원대학교 과학교육학부, 24341, 강원도 춘천시 강원대학길 1

²한국교육과정평가원, 27873, 충청북도 진천군 덕산읍 교학로 8

³서울대학교사범대학부설중학교, 02796, 서울특별시 성북구 월곡로 36

Development of a Rubric for Assessing Middle School Students' Conceptual Understanding about Dew Point

Kiyoung Lee¹, Jaebong Lee^{2,*}, and Hyunseok Oh³

¹Division of Science Education, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

²Korea Institute for Curriculum and Evaluation, Chungcheongbuk-do 27873, Korea

³Middle School, Seoul National University, Seoul 02796, Korea

Abstract: In this study, we developed a rubric for assessing middle school students' conceptual understanding about dew point. For this purpose, we analyzed 9th grade students' responses collected by using a multi-tiers constructed-response item of National Assessment of Educational Achievement (NAEA) and classified the types of the responses according to their characteristics. In addition, we analyzed the distribution of student response types according to mean achievement scores and developed an assessment rubric of conceptual understanding about dew point. The findings are as follows: First, the analysis of student responses to finding dew point in the saturation curve showed that many students had no or lack understanding of the scientific concept of dew point. Second, as a result of analyzing the student response to the water vapor condensation process at dew point, the proportion of scientific conception types was very low, while the proportion of misconception types was relatively high and the types varied as well. Third, a four-level assessment rubric was developed based on the analysis of the distribution of student response types according to the mean achievement scores. Based on the findings, we suggested the development and utilization of assessment rubric in the field of Earth science education.

Keywords: conceptual understanding, assessment rubric, dew point, middle school, constructed-response item

요약: 이 연구에서는 이슬점에 대한 중학생들의 개념 이해를 평가하기 위한 루브릭을 개발하였다. 이를 위해 국가 수준 학업성취도 평가의 다층 서답형 문항에 대한 중학생의 응답을 분석하였다. 학생들의 응답 특성에 따라 유형을 분류하고, 성취도 점수 평균에 따른 응답 유형의 분포를 분석하였다. 이를 토대로 이슬점 개념 이해를 평가하기 위한 루브릭을 작성하였다. 연구 결과 다음과 같다: 첫째, 포화수증기량 곡선에서 이슬점 찾기에 대한 학생 응답을 분석한 결과, 다수의 학생들이 이슬점에 대한 개념이 없거나 부족한 것으로 나타났다. 둘째, 이슬점에서 수증기 응결과정에 대한 학생 응답을 분석한 결과, 과학적 개념 유형의 비율은 매우 낮았으며, 오개념 유형의 비율이 상대적으로 높았으며 유형 또한 다양하였다. 셋째, 성취도 점수 평균에 따른 학생 응답 유형 분포 분석을 토대로 4수준의 평가 루브릭을 작성하였다. 이러한 연구 결과를 토대로 지구과학 분야에서 개념 이해 평가를 위한 루브릭 개발과 활용 측면에서 제언을 하였다.

Keywords: 개념 이해, 평가 루브릭, 이슬점, 중학교, 서답형 문항

*Corresponding author: jblee@kice.re.kr

Tel: +82-43-931-0468

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서 론

학습자의 개념 변화는 과학 교육의 중요한 목표 중 하나이며 연구의 한 분야이다. 교사들은 학생들이 파악하고 있는 개념과 지식에 따라 교수-학습을 방법을 선정하고, 교수-학습 활동도 그런 선행 지식을 참조하여 개발한다. 따라서 적절한 교수-학습 방법과 활동을 개발하기 위해서는 학생들의 선행 개념이나 지식을 파악하는 것이 우선되어야 한다(Cho, 2015). 특히 과학 수업에서 학습하고자 하는 개념에 대한 학생들의 선개념을 파악하는 것은 효과적인 수업을 위한 출발점이 되기 때문에 무엇보다 중요하다. 교사 수업 전문성의 지표인 내용교수지식(PCK)을 구성하는 핵심적인 요소가 ‘학습자의 이해에 대한 지식(knowledge of students understanding)’인 점을 고려할 때, 학생들의 선행 관념(prior idea)을 고려한 교수-학습 전략은 학생 맞춤수업의 하나로 유용하게 활용될 수 있다(Cho, 2015). 이러한 학생들의 선개념을 출발점으로 개념 변화를 추구하는 연구로 모형 기반 학습(model based learning; Clement, 2000) 연구와 학습 발달과정(learning progression) 연구를 주목할 만하다.

Clement and Steinberg(2002)과 Rea-Ramirez(1998)는 소그룹에서 초기 모형(initial model)인 학생의 정신 모형을 기반으로 한 수업 전략을 연구하였다. Rea-Ramirez(1998)의 경우는 ‘호흡 기관’에 관한 생물 수업에서 많은 수의 ‘소순환(mini-cycles)’ 모형을 구성하여 교사와 학생들 사이의 기대하지도 계획하지도 않은 상호작용을 일으키는 다중 전략에 의해 상호작용이 발생하고 있음을 발견할 수 있었다. 소그룹 모형을 대상으로 모형 기반 학습의 영향과 그 효과를 살펴본 연구자들은 학급 전체 수업에도 모형 기반 학습을 적용하기 시작하였다. 이처럼 모형의 진화적 발달에서 교사와 학생간의 상호작용이 중요한 역할을 하는 것이고, 결국 학생의 정신 모형은 교사와 학생이 함께 만들어 가는 것이다. 이후 여러 학자들이 과학 수업에 있어서 학생들의 초기 모형으로부터 여러 단계의 중간 모형(intermediate model)을 거쳐 더 나은 모형으로 발전시키는 위한 교수법과 교수 전략을 연구해왔다. 즉, 모형 기반 학습에서의 모형의 진화 과정(model evolution)은 학생들의 초기 모형으로부터 중간 모형을 거쳐 목표 모형(target model)까지 학습 경로(learning pathway)를 따라 이루어진다

고 본다. 최근 국내에서도 중학교 기권 단원 수업에서 스마트 기기를 이용한 모형 기반 학습에 대한 실험 연구(Oh, 2019)를 바탕으로, 과학적 모형의 사회적 구성 수업 사례를 제시하기도 하였다. 그리고 대기 중의 물과 같은 대기 단원에서의 모형 기반 학습으로 효과적인 학습을 위한 교수전략으로 Oh(2020)는 스마트기기를 이용하여 학생들의 선개념을 확인하고, 수업 중에 지속적으로 관련 개념을 모형으로 표현하게 해야 한다고 하였다.

학습 발달과정은 특정 과학 개념에 대한 학생들의 사고가 시간에 따라 정교화되는 경로를 가설적으로 기술한 것으로(National Research Council, hereafter NRC, 2007; Corcoran et al., 2009; Maeng et al., 2014), 하위 정착점(lower anchor), 중간 단계(intermediate), 상위 정착점(upper anchor)과 같은 질적으로 서로 다른 몇 개의 성취 수준들로 구성된다. 이 수준들은 교사들이 수업 목표 또는 선개념 진단 도구로 사용할 수 있는 개념적 디딤돌(conceptual stepping stones) 또는 벤치마크(benchmarks)라 할 수 있다. 학습 발달과정은 적절한 평가 시스템에 근거한 학습의 순서와 계열이 학생들의 학습 발달의 경로와 일치하는 정도를 파악하려는 문제의식에서 출발하였으며(NRC, 2007), 교사의 적절한 교수활동에 의해 형성되는 학습의 발달을 지향한다(Corcoran et al., 2009). 따라서 학습 발달과정은 학습 평가의 결과와 교사의 교수활동이 교육과정과 일관성 있게 구성될 수 있게 하는 방법론적 틀의 역할을 하게 되었다(Corcoran et al., 2009; Duschl et al., 2011).

대체적으로 모형 기반 학습 연구들이 여러 차시나 단일 차시의 학습 내용의 목표 모형에 도달하는 것을 목표로 하는 수업 설계와 수업 전략에 초점을 둔 반면, 학습 발달 과정 연구는 발달 과정의 상위 정착점으로 과학 개념 중 빅 아이디어(big idea)를 다루는 경향이 있다. 하지만, 모형 기반 학습에서의 학습 경로와 학습 발달과정은 모두 ‘학습이 발달을 이끈다.’라는 비고츠키의 이론과 맥락을 같이 한다. 이는 ‘발달이 학습에 선행한다.’는 피아제의 이론과 달리 학습자의 근접발달영역(zone of proximal development) 내에서 적절한 교사의 비계설정(scaffolding)을 통해 발달이 일어난다고 보고 있다(Vygotsky, 1978). 비고츠키의 근접발달영역은 ‘진단’의 의미를 강조하기 위한 개념으로, 학습자의 발달 단계와 발달 상황을 파악하기 위한 모형의 진화 과정의 학습 경로와 학습

발달과정과 유사하다고 볼 수 있다. 특히, 학습 발달 과정 연구는 잠재적이고 비의식적으로 이루어지던 근접발달영역의 창출을 보다 명시적이고 의식적으로 창출하기 위한 시도로 간주된다(Lee et al., 2017). 따라서, 비고츠키의 이론에 기반하여 발달이 자연발생적이고 어쩔 수 없는 것이 아니라 학생의 선지식과 상호작용하여 새로운 지식을 구성하는 교수-학습에 의존하며, 적절한 교수-학습을 통해 학생들의 개념과 실행이 시간에 따라 보다 정교화된다고 본다. 이런 의미에서 성취 평가는 교사가 단순히 학생들의 성취 여부를 판단하기 위함이 아니라, 학습경로나 학습 발달 과정을 연구하는데 기초 자료를 제공해 줄 수 있다. 이 성취 평가를 통하여 학습 경로나 학습 발달 과정을 파악한다면, 학습에서 무엇이 문제인지, 다음 단계를 지향하는 발달을 위해 어느 지점을 보완해야 하는지를 도와주는 지도(map)와 같은 역할을 할 수 있다(Lee et al., 2016).

한편, 중학교 기권 단원 학습에서 ‘대기 중의 물’은 학생들이 어려워하는 학습 주제 중 하나이며, 가시적이지 않은 대기 중의 물에 대한 개념을 이해하는 것에서 곤란함을 겪는다. 또한, 대기 중의 물에 대한 선개념이나 오개념이 과학적 개념 이해를 방해하는 것으로 보고된다(Oh, 2020). Cho et al.(2002)의 증발과 증발 조건에 대한 학생들의 개념 유형 및 학년별 경향성에 관한 연구에서도 저학년에서 고학년으로 갈수록 과학적 개념으로 변화하지만 오개념이 지속되는 경향을 보인다고 하였다. 심지어 이러한 오개념은 예비교사의 관련 개념 이해에도 영향을 미친다. 예비교사들의 절대 습도와 이슬점 온도의 관계에 대한 인식을 조사한 Kang et al.(2019)의 연구에서 ‘절대 습도와 이슬점 온도는 비례한다.’와 ‘이슬점 온도는 공기 중의 수증기의 질량에 비례한다.’와 같은 견고한 오개념을 갖고 있음을 발견하였다. 특히 이슬점 개념을 중심으로 한 온도와 수증기압(또는 수증기량) 그래프를 해석할 때 학생들이 많은 어려움을 겪는데, 이것은 ‘과냉각 물방울과 빙정의 포화수증기압’ 관련 그래프에서 가로축에는 독립 변수인 온도를 공유하면서 세로축에는 종속 변수로 수증기압과 수증기압차를 사용하는 세로축의 변수 값과 연결시키지 못하기 때문인 것으로 분석된다(Lee et al., 2010).

이와 같은 맥락에서 대기 영역 중 대기 중의 물에 대한 교수-학습을 효과적으로 설계하기 위하여, 핵심 과학 개념 중의 하나인 이슬점에 대한 중학생들의

개념 이해 수준을 평가하기 위한 평가 루브릭(assessment rubrics) 개발이 중요하다고 할 수 있다. 평가 루브릭은 기술적인 평가 항목에 근거해 그 수준과 장단점을 정확하게 특징화시킬 수 있는 장점이 있고, 최상의 단계에서 최하의 단계까지 무엇이 어떻게 평가될 수 있는지를 세분화하여 기술하기 때문에 학생의 개념이 어느 수준에 해당하는가를 결정해 현재 상태, 발달의 가능성과 방향성을 제공할 수 있는 장점이 있다(Goodrich, 1996).

평가 루브릭 개발에 대한 연구는 교육과정이나 교과서에 제시되어 있거나 또는 교사가 결정한 학습목표를 학생들이 어느 정도 성취했는지 알아보려는 전통적인 평가 방법과는 달리 과정 중심 평가로서 학생들의 학습과정과 결과물을 모두 평가하려는 수행평가의 개선에서 출발하였다. 특히, 과정 중심의 평가를 실제 학교 현장에서 효율적으로 실시하기 위해서는 적절한 평가 기준의 개발이 필수적인 것으로 보이나 기존 과학 수행 평가의 문제점과 개선 방향을 기존 문헌들을 분석하여 제시한 Shin and Yang (2017) 연구에서와 같이 교사들은 과학 지식만을 평가하거나 과정을 경시한 채 학생의 현재 성취도를 측정하는 데 그치고 있다. 또한, 학생들의 수행 과정이나 결과물의 수준을 판단하기 위해 평가 준거를 수준에 따라 기술한 평가 척도로 루브릭을 사용하는데, 최근의 평가 루브릭 연구들은 개념의 이해 수준이나 탐구 과정뿐만 아니라 논증과정이나 시스템 사고 등으로 확장되고 있다. Yang et al.(2009)는 초·중·고 학생들의 과학적 논증과정을 평가하기 위한 루브릭을 개발하고, 평가 루브릭은 논증과정의 목표를 교사와 학생이 모두 명확하게 인식시킬 수 있는 도구이므로 수업이나 활동을 통하여 평가가 바로 이루어질 수 있어 매우 강력한 도구가 될 수 있다고 하였다. 통합과학 지구 시스템 단원에서 시스템 사고력 평가를 위한 활동지와 루브릭을 개발한 Son and Jung(2019)에서는 시스템 사고의 요소와 확장 정도를 사고의 수준을 구분하는 루브릭을 제시하였다.

하지만, 대부분의 평가 루브릭 연구가 현실적인 문제로 표적 샘플링에 의존하여 진행되다 보니 연구 결과의 일반화에 있어 한계가 있었다. 또한, 과정 중심 평가로서 수행 평가에 집중하다보니 개념 학습의 교과-특수성(subject-specificity)을 고려하지 못한 측면이 있었다. 이에 이 연구에서는 국가 수준 학업 성취도 평가의 서답형 문항에 대한 학생 응답을 활용하

여 지구과학 주요 개념 중 이슬점에 대한 중학생들의 개념 이해를 수준별로 탐색하여 이를 적용한 개념 이해 평가 루브릭을 개발하고자 하였다. 이 연구에서 작성된 이슬점에 대한 중학생들의 개념 이해 수준은 중학교 과학 수업에서 적응적 교수활동 (adaptive instruction)을 위한 기초 자료를 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

연구 방법 및 내용

연구 절차

이 연구에서는 이슬점 및 학습 발달과정 관련 선행 연구 및 문헌을 조사하였으며, 학생들의 이슬점에 대한 이해도를 분석하기 위한 자료로 2016년 국가 수준 학업성취도 평가의 서답형 문항에 대한 학생 응답을 활용하였다. 수집된 학생 응답 자료 중 무응답과 미분류 응답을 제외한 중학생 응답을 대상으로 응답 유형을 분류하였으며, 학생 능력(평균 성취도 점수)에 따른 응답 유형 분포를 분석하였다. 이 분석 결과를 토대로 이슬점 개념 이해 평가를 위한 루브릭을 작성하였다. Fig. 1은 이에 대한 연구 절차를 간략하게 나타낸 것이다.

검사 도구

이 연구에서는 이슬점과 관련된 학생들의 생각을 심층적으로 이끌어내기 위해 Fig. 2와 같은 다층 (multi-tiers) 서답형 문항을 활용하였다. 다층 서답형 문항은 하나의 문제 상황을 공유하는 2개 이상의 하

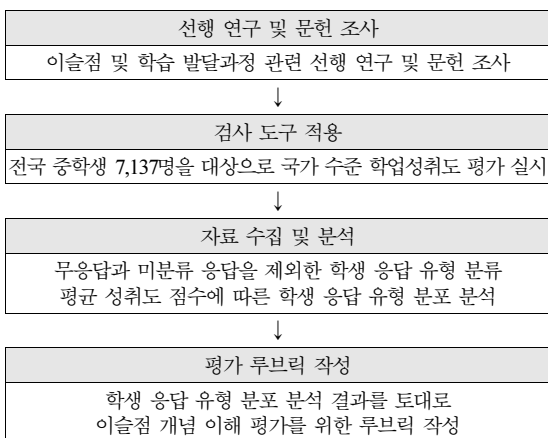
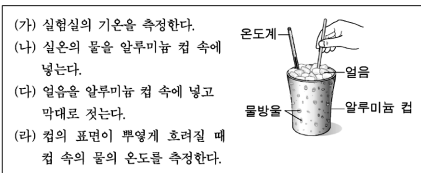


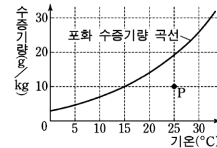
Fig. 1. Research procedure on survey of previous studies and literature, application of test tools, data collection and analysis, and assessment rubric.

【서답형 8】 다음은 이슬점 측정 실험 과정이다.



- (가) 실험실의 기온을 측정한다.
- (나) 실온의 물을 알루미늄 컵 속에 넣는다.
- (다) 얼음을 알루미늄 컵 속에 넣고 막대로 쪼갬다.
- (라) 컵의 표면이 뿌옇게 흐려질 때 컵 속의 물의 온도를 측정한다.

(1) 실험실 공기의 상태를 그래프에서 P점이라 할 때, 이슬점은 몇 ℃인가?



(2) 다음에 제시된 단어를 모두 이용하여 컵의 표면이 뿌옇게 흐려지는 이유를 쓰시오.

이슬점 수증기

Fig. 2. Illustration of constructed response item for ‘condensation of water vapor at dew point’ used in this study.

위 문항으로 구성된 문항 세트, 제시된 문제 상황에 적용되는 개념 원리에 대한 이해와 함께 관련된 어떤 현상이 나타나는 이유를 학생들에게 질문하여 개념 원리와 관련된 학생들의 생각을 심도 있게 평가할 수 있도록 설계되어 있어 학습 발달과정 탐색에 적합하다고 할 수 있다(Lee et al., 2017). 이 문항에서는 이슬점을 측정하는 실험 상황을 문제 상황으로 제시하고, 첫 번째 하위 문항에서는 포화 수증기량 곡선을 이용하여 실험이 이루어지는 실험실 공기의 이슬점을 찾으려 하였으며, 두 번째 하위 문항에서는 실험에서 알루미늄 컵 표면이 뿌옇게 흐려지는 이유를 이슬점으로 설명하도록 하였다.

자료 분석

이 연구에서는 전국 7,137명의 중학교 3학년 학생을 대상으로 실시한 국가 수준 학업성취도 평가에서 서답형 8번 문항에 대한 무응답과 미분류 답안을 제외한 5,278명(이슬점 찾기)과 4,471명(수증기의 응결)의 응답을 각각 분석하였다.

먼저 학생들의 서답형 답안 전체를 검토한 후, 이를 하위 문항별로 학생의 응답을 특성에 따라 몇 개의 유형으로 분류하였으며, 유형별 비율과 성취도 점수 평균을 산출하였다. 여기에서 의 성취도 점수는 중학교 과학 시험 전체에 대한 학생들의 성취도 점수이며, 학생들의 과학적 능력에 해당한다고 할 수

있다. 국가 수준 학업성취도 평가에서는 학생의 응답을 문항반응이론에 따라 분석하고 척도화하여 성취도 점수를 산출하는데, 중학교의 경우 최솟값을 50, 최댓값을 350으로 하고, 평균을 200, 표준편차를 30으로 하여 산출하고 있다(Lee et al., 2017).

학생들의 응답 유형을 분류하고, 각각의 유형별 평균 성취도 점수를 산출한 다음에서는 각각의 답안 유형과 학생들의 과학적 능력과의 관련성을 살피기 위해 성취도 점수 평균에 따른 학생 응답 유형 분포를 그래프로 그려 비교하였다.

마지막으로 성취도 점수 평균에 따른 학생 응답 유형 분포 분석한 후 응답의 특성을 고려하여 이슬점에 대한 가설적 학습 발달과정을 4수준으로 작성하고, 각 수준별 특성을 기술하였다.

연구 결과 및 논의

학생 응답 유형 분류

Table 1은 실험실 공기의 이슬점을 찾는 문항의 학생 답안 유형 분류 결과를 나타낸 것이다. 이 문항에서는 포화 수증기량 곡선이 주어지고 실험실 공기의 상태가 그래프 상에 표시되면, 학생들은 이를 활용하여 실험실의 공기의 이슬점을 찾아야 한다. 따라서 이러한 판단 요소를 기준으로 학생들의 답안 유형을 분석하였다. Table 1은 학생들의 주요 답안 유형별 특성과 답안 예시를 보여준다. 포화 수증기량 곡선에서 이슬점을 찾는 문항에 대한 학생들의 답안은 크게 3개 유형(DP 1, DP 2, DP 3)으로 분류되었다. DP 1은 냉각을 통한 공기의 포화 상태로 이슬점을 찾은 경우로 과학적으로 옳은 유형이며, DP 2는 현재 공기의 온도를 이슬점으로 오해하여 찾은 경우이다. DP 3은 이슬점과 전혀 상관없는 온도를 찾은 경우로 답의 근거를 전혀 추정할 수 없는 경우에 해당된다.

Table 2는 이슬점에서 수증기가 응결되는 과정에 대한 학생 답안 유형 분류 결과를 나타낸 것이다. 얼

음물이 담긴 알루미늄 컵 표면이 뿌옇게 흐려지는 원인에 대한 학생들의 답안은 크게 3개 유형(WC 1, WC 2, WC 3)으로 분류되었다. WC 1은 완전한 과학적 개념으로 이슬점과 수증기의 응결 용어를 모두 사용하여 설명한 경우이다. WC 1은 답안의 서술 특성에 따라 다시 4개의 세부 유형으로 분류하였다. WC 1-1은 원리에 대한 구체적 설명을 응결 또는 액화의 용어를 사용하여 설명한 경우로 과학적으로 가장 정교한 수준으로 간주된다. WC 1-2는 원리에 대한 구체적 설명을 액화나 응결과 같은 용어를 사용하지 않고 물이나 이슬로 변한다는 표현을 사용하여 설명한 경우로, WC 1-1에 비해 덜 과학적인 표현으로 간주된다. WC 1-3은 원리를 구체적으로 설명하지 않고 기본 원리만을 간략하게 설명한 경우로, 과학적 개념으로 인정되나 WC 1-1에 비해 정교성이 다소 부족한 수준으로 간주된다. WC 1-4는 WC 1-3과 같이 기본 원리만을 설명하나 WC 1-2와 같이 ‘응결’이나 ‘액화’와 같은 과학적 용어를 사용하지 않고 설명한 경우이다.

WC 2는 불완전한 과학적 개념으로 설명에 부분적으로 오류가 있는 경우이다. 부분적 오류의 내용에 따라 다시 2개의 세부 유형으로 구분하였다. WC 2-1은 설명에서 이슬점에 대한 개념은 옳으나 수증기 응결에 대한 개념은 옳지 않은 경우이며, WC 2-2는 이슬점에 대한 개념은 옳지 않으나 수증기 응결에 대한 개념은 옳은 경우이다.

WC 3은 문항에서 제시된 현상에 대한 설명이 과학적 개념이 아닌 오개념에 해당되는 경우로, 오개념 유형에 따라 5개의 세부 유형으로 구분하였다. WC 3-1은 ‘수증기가 이슬점에 도달한다.’는 오개념을 가진 경우로, 수증기가 포화된다거나 이슬점 아래로 내려간다는 생각을 가진 유형이다. WC 3-2는 포화수증기량과 이슬점을 관련시켜 설명한 경우로, 이슬점이 포화수증기량이 된다거나 포화수증기량이 이슬점에 도달한다는 오개념을 가진 유형이다. WC 3-3은 이슬점이 변한다는 오개념을 가진 경우로, 이슬점이 증가

Table 1. Classified types of student responses to finding dew point in saturation curve (from Lee et al., 2017)

유형	특성	답안 예시
DP 1	냉각을 통한 공기의 포화 상태로 이슬점을 찾은 경우	• 15°C
DP 2	현재 공기의 온도를 이슬점으로 오해하여 찾은 경우	• 25°C
DP 3	이슬점이나 공기 온도와 전혀 상관없는 온도를 찾은 경우	• 19°C • 20°C • 21°C • 23°C • 30°C

Table 2. Classified types of student responses to the water vapor condensation process at dew point (from Lee et al., 2017)

유형	특성	답안 예시
WC 1	WC 1-1 원리에 대한 구체적 설명을 응결 또는 액화의 용어를 사용하여 설명한 경우	<ul style="list-style-type: none"> 공기 중의 수증기의 온도보다 알루미늄 컵 주변에 이슬점 보다 낮은 온도 때문에 수증기가 응결되기 때문이다. 컵표면 온도가 이슬점보다 낮아져서. 공기 중의 기체가 수증기로 액화되어 컵표면에 달라붙었기 때문이다 컵 속의 얼음들 때문에 컵의 겉표면 온도가 낮아져 이슬점에 도달해 공기 중의 수증기가 액화되었기 때문이다.
	WC 1-2 원리에 대한 구체적 설명을 물이나 이슬로 변한다는 표현을 사용하여 설명한 경우	<ul style="list-style-type: none"> 컵의 표면의 온도가 이슬점에 도달해서 주위에 있던 수증기가 컵의 표면에 닿아 물방울이 됐다. 기온이 내려가 포화 수증기량이 적어져 이슬점에 도달해 수증기가 액체로 변해 컵 표면에 달라붙었기 때문이다. 기온이 내려갈수록 포화수증기량이 감소하는데 컵표면의 온도가 낮아져 이슬점 까지 도달하면 수증기가 물방울이 된다.
	WC 1-3 기본 원리를 응결 또는 액화의 용어를 사용하여 설명한 경우	<ul style="list-style-type: none"> 공기가 이슬점에 다다르면 공기 중 수증기가 액화되기 때문에 이슬점에 도달하여 공기 중의 수증기가 액화되기 때문이다 이슬점에 도달하여 수증기가 물로 응결되었기 때문이다.
	WC 1-4 기본 원리를 물이나 이슬로 변한다는 표현을 사용하여 설명한 경우	<ul style="list-style-type: none"> 컵 주변의 기온이 낮아지면서 이슬점에 도달해 수증기가 이슬이 되었기 때문이다. 기온이 낮아져 이슬점에 도달해 주변의 수증기가 물로 변하기 때문이다. 실험실의 기온이 이슬점보다 내려가 포화수증기량이 적어져 수증기가 물로 변했기 때문
WC 2	WC 2-1 이슬점은 옳으나 수증기 응결이 옳지 않은 경우	<ul style="list-style-type: none"> 이슬점이 되어 수증기가 생겼기 때문이다. 기온이 낮아져 이슬점에 도달하여 수증기가 만들어진다. 기온이 낮아져 이슬점에 도달하여 수증기가 생겼기 때문이다.
	WC 2-2 이슬점은 옳지 않으나 수증기 응결이 옳은 경우	<ul style="list-style-type: none"> 이슬점이 넘어가는 정도의 수증기가 있다면 수증기는 물로 바뀌게 되어 컵의 겉 부분에 생긴다. 얼음을 넣으면 온도가 낮아져 이슬점도 하강해서 수증기가 컵 표면에 쉽게 응결하기 때문에 뿌옇게 흐려진다. 알루미늄컵의 이슬점이 낮아져서 공기중의 수증기가 컵 표면 응결함
WC 3	WC 3-1 수증기가 이슬점에 도달	<ul style="list-style-type: none"> 수증기가 포화되어 이슬점이 생긴다. 수증기가 이슬점 아래로 내려갔기 때문이다. 수증기가 이슬점에 도달했기 때문이다.
	WC 3-2 포화수증기량과 이슬점 관계로 설명	<ul style="list-style-type: none"> 수증기가 증가하다 포화수증기량을 넘어 이슬점이 되면 컵 표면이 뿌옇게 흐려진다. 포화수증기량이 이슬점에 도달하여 수증기가 되었기 때문. 이슬점보다 포화수증기량이 높아 수증기가 생긴다. 포화수증기량이 증가해 이슬점이 생김
	WC 3-3 이슬점의 변화로 설명	<ul style="list-style-type: none"> 이슬점이 낮아져 수증기가 발생하기 때문에 이슬점이 높아지면서 수증기가 생기기 때문이다. 수증기가 생겨서 이슬점이 높아졌기 때문에
WC 3-5 기타	WC 3-4 이슬과 이슬점 구별 못함	<ul style="list-style-type: none"> 이슬점이 맺히면 수증기가 생긴다 컵 윗부분에 이슬점이 맺히는데 그것이 증발해서 수증기로 가득차서 수증기가 올라가 이슬점이 생겨 컵의 표면이 뿌옇게 된다.
	WC 3-5 기타	<ul style="list-style-type: none"> 이슬점이 수증기가 되었기 때문에 이슬점에서 컵 속에 있는 물이 수증기가 되었기 때문이다 수증기량이 많아서 이슬점도 높기 때문이다. 이슬점이 수증기와 만나서 뿌옇게 흐려진다.

하거나 감소하여 발생한 현상으로 설명하는 유형이다 . WC 3-4는 이슬과 이슬점을 구별하지 못하는 경우로, 이슬점이 맺혀서라든가 이슬점이 생긴다는 오개념을 가진 유형이다. 마지막으로 WC 3-5는 위의 4개 유형에 포함되지 않는 경우로, 맥락을 전혀 파악

할 수 없는 오개념에 해당되는 유형이다.

성취도 점수 평균에 따른 학생 응답 유형 분석

Table 3은 포화수증기량 곡선에서 이슬점을 찾는 문항에 대한 학생 응답 유형별 비율과 성취도 점수

Table 3. Proportion & mean achievement score by type to finding dew point in saturation curve (from Lee et al., 2017)

Type	Total		Mean achievement score
	Frequency	Proportion (%)	
DP 1	2,793	39.13	219.45
DP 2	1,421	19.91	193.13
DP 3	1,064	14.91	194.49
Sum	5,278	73.95	207.33

평균을 나타낸 것이다. 정답에 해당되는 DP 1이 가장 높은 비율(39.13%)을 차지하였으며, 현재 공기의 온도를 이슬점으로 응답한 DP 2가 그 다음으로 높은 비율(19.91%)을 나타내었다. 반면, 이슬점이나 공기 온도와 전혀 무관한 온도를 찾은 DP 3은 가장 낮은 비율(14.91%)을 나타내었다. 또한 학생 응답 유형에 따른 성취도 평균 점수에서는 DP 1의 평균 점수가 DP 2와 3에 비해 상대적으로 매우 높았으며, 현재 공기의 온도를 이슬점으로 찾은 DP 2와 이슬점과 전혀 무관한 DP 3의 평균 점수는 거의 비슷하게 나타났다. 이것은 현재 온도를 이슬점으로 생각한 학생들과 전혀 무관한 답을 한 학생들의 수준 차이가 거의 없음을 의미한다.

Fig. 3는 이슬점에서의 수증기 응결과정을 설명하는 문항에 대한 학생들의 응답 유형 분포를 성취도 점수 평균에 따라 나타낸 것이다.

유형별로 볼 때, 3개 유형 중에서는 오개념에 해당되는 WC 3의 비율이 33.03%로 가장 높았다. 부분 정답에 해당되는 WC 2의 비율은 21.59%로 나타났으며, 완전한 정답으로 과학적 개념으로 간주되는 WC 1의 비율은 8.03%로 가장 낮게 나타났다. 이와 같은 결과는 대다수의 학생들이 컵 표면이 뿌옇게 흐려지는 현상을 이슬점과 수증기의 응결로 제대로 설명하지 못하며, 다양한 오개념을 가지고 있음을 말해준다.

Table 4는 Fig. 3를 좀 더 구체적으로 살펴보기 위해 각 유형별 비율과 성취도 점수 평균을 나타낸 것이다.

WC 1의 4개 세부 유형 중 이슬점과 수증기의 응결로 원리를 구체적으로 설명한 WC 1-1의 빈도(비율)가 전체 573명 중 197명으로 가장 많았으며, 응결이나 액화라는 용어를 사용하지 않고 기본 원리만을 서술한 WC 1-4의 빈도가 104명으로 가장 적었다. 응결(액화)이라는 용어를 사용하지 않고 원리를 구체

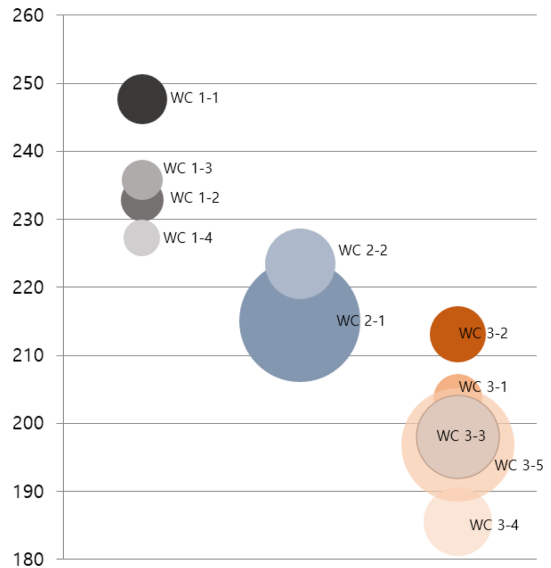


Fig. 3. Distribution of conceptual type according to mean achievement score.

적으로 설명한 WC 1-2와 응결이라는 용어를 사용하여 기본적인 원리만을 서술한 WC 1-2의 경우는 각각 143명, 129명으로 WC 1-1에 비해 적게 나타났다.

WC 2의 2개 세부 유형 중 이슬점은 옳으니 수증기 응결은 옳지 못한 불완전한 설명인 WC 2-1의 빈도(비율)가 전체 1,541명 중 1,155명으로 훨씬 많았으며, 수증기 응결은 옳으니 이슬점은 옳지 못한 불완전한 설명인 WC 2-2의 빈도는 386명으로 상대적으로 적었다.

WC 3의 5개 오개념 유형 중 명확하게 분류되지 않는 오개념 WC 3-5 빈도(비율)가 전체 2,367명 중 1,004명으로 가장 많았으며, 수증기가 이슬점이 된다는 오개념을 가진 WC 3-1의 빈도가 187명으로 가장 적었다. 기타 오개념을 제외하면, 이슬점이 변화된다는 오개념을 가진 WC 3-3이 564명으로 이슬과 이슬점을 구분하지 못하거나 이슬점과 포화수증기량의 관계로 응결을 설명하는 오개념 유형에 비해 더 많은 것으로 나타났다.

개념 이해 평가를 위한 루브릭 개발

성취도 점수 평균에 따른 학생 응답 유형 분포 분석을 토대로 Table 5와 같이 4수준의 이슬점 개념 이해 평가를 위한 루브릭을 작성하였다. 수준 4는 상위 정착점(upper anchor), 수준 2와 3은 중간단계(intermediate), 수준 1은 하위 정착점(lower anchor)에

Table 4. Proportion & mean achievement score by type to the water vapor condensation process at dew point (from Lee et al., 2017)

Type	Total		Mean achievement score	
	Frequency	Proportion (%)		
WC 1	WC 1-1	197	2.76	247.61
	WC 1-2	143	2.00	232.81
	WC 1-3	129	1.81	235.77
	WC 1-4	104	1.46	227.22
	소계	573	8.03	237.55
WC 2	WC 2-1	1,155	16.18	215.06
	WC 2-2	386	5.41	223.39
	소계	1,541	21.59	217.15
WC 3	WC 3-1	187	2.62	203.69
	WC 3-2	244	3.42	213.07
	WC 3-3	554	7.76	198.04
	WC 3-4	368	5.16	185.52
	WC 3-5	1,004	14.07	196.82
	소계	2,357	33.03	197.57
Sum	4,471	62.65	209.44	

Table 5. Rubric for assessing conceptual understanding about dew point

수준	설명	학생 응답 유형
4	<ul style="list-style-type: none"> 이슬점을 정확하게 이해하며, 이슬점에서의 수증기 응결과정을 옳게 설명할 수 있다. 	<ul style="list-style-type: none"> 원리에 대한 구체적 설명을 응결 또는 액화의 용어를 사용하여 설명한 경우(WC 1-1) 원리에 대한 구체적 설명을 물이나 이슬로 변한다는 표현을 사용하여 설명한 경우(WC 1-2) 기본 원리를 응결 또는 액화의 용어를 사용하여 설명한 경우(WC 1-3)
3	<ul style="list-style-type: none"> 이슬점은 정확하게 이해하지만, 이슬점에서의 수증기 응결과정에 대한 설명은 미흡하다. 이슬점을 정확하게 이해하지 못하지만, 이슬점에서의 수증기 응결과정은 옳게 설명할 수 있다. 	<ul style="list-style-type: none"> 냉각을 통한 공기의 포화 상태로 이슬점을 찾은 경우(DP 1) 기본 원리를 물이나 이슬로 변한다는 표현을 사용하여 설명한 경우(WC 1-4) 이슬점은 옳으나 수증기 응결이 옳지 않은 경우(WC 2-1) 이슬점은 옳지 않으나 수증기 응결이 옳은 경우(WC 2-2) 포화수증기량과 이슬점 관계로 설명(WC 3-2)
2	<ul style="list-style-type: none"> 이슬점에 대한 이해가 부정확하며, 이슬점에서의 수증기 응결과정에 대해 설명하지 못한다. 	<ul style="list-style-type: none"> 현재 공기의 온도를 이슬점으로 오해하여 찾은 경우(DP 2) 이슬점이나 공기 온도와 전혀 상관없는 온도를 찾은 경우(DP 3) 수증기가 이슬점에 도달(WC 3-1) 이슬점의 변화로 설명(WC 3-3) 기타(WC 3-5)
1	<ul style="list-style-type: none"> 이슬점에 대해 전혀 이해하고 있지 못하다. 	<ul style="list-style-type: none"> 이슬과 이슬점 구별 못함(WC 3-4)

해당된다. 수준의 구분은 Fig 2의 성취도 점수 평균의 구간에 따른 것으로, 190점 미만에 속하는 응답 유형을 수준 1, 190점 이상-210점 미만에 속하는 유형을 수준 2, 210점 이상-230점 미만에 속하는 유형을 수준 3, 230점 이상-250점 미만에 속하는 유형을 수준 4로 설정하였다. 학업성취도 평가에서는 문항반응이론의 3모수를 이용하여 학생들의 능력치를 추정하고, 이를 척도화하여 성취도 점수를 산출하기 때문에 학생의 답안 유형과 능력치를 함께 표현한 Fig. 2

를 토대로 수준을 구분하였다.

작성된 평가 루브릭에서 이해 수준 4는 이슬점과 이슬점에서의 수증기 응결 과정을 과학적 용어를 사용하여 정확하게 설명할 수 있는 수준으로, 중학생들이 학습을 통해 도달해야 할 수행 기준(performance standard)에 해당된다. 수준 3은 이슬점의 개념은 이해하고 있으나, 이것을 수증기의 응결과정과 제대로 연관지어 설명하지 못하는 수준이다. 따라서 이 수준의 학생들은 포화수증기량 그래프에서 현재 공기의

이슬점을 찾을 수 있는 것으로 판단된다. 수준 2는 이슬점에 대한 이해가 부정확하며, 이슬점에서의 수증기 응결과정을 설명하지 못하는 수준으로, 이 수준의 학생들은 포화 수증기량 그래프에서 이슬점과 현재 공기의 온도를 구분하지 못하는 것으로 판단된다. 마지막으로 수준 1은 이슬점에 대한 이해가 전혀 없는 수준으로, 이 학생들은 이슬과 이슬점을 구분하지 못하며, 따라서 포화수증기량 그래프에서 현재 공기의 이슬점을 찾을 수 없다.

결론 및 제언

이 연구에서는 이슬점에 대한 중학생들의 개념 이해를 평가하기 위한 루브릭을 개발하였다. 이를 위해 국가 수준 학업성취도 평가의 다층 서답형 문항에 대한 중학생의 응답을 분석하였다. 학생들의 응답을 특성에 따라 유형을 분류하였으며, 성취도 점수 평균에 따른 응답 유형의 분포를 분석하였다. 이를 토대로 이슬점 개념 이해를 평가하기 위한 루브릭을 작성하였다. 연구 결과 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

첫째, 포화수증기량 곡선에서 이슬점 찾기에 대한 학생 응답을 분석한 결과, 3개 유형으로 분류할 수 있었다. 이 중에서 현재 공기의 온도인 25°C를 답한 유형(DP 2)과 이슬점과 전혀 상관없는 온도를 답한 유형(DP 3)의 비율이 각각 20, 15% 정도로 높게 나타났다. 이와 같은 결과는 많은 중학생들이 이슬점에 대한 개념이 없거나 부족한 것을 의미한다. 즉, 이슬점이 냉각으로 현재 공기가 포화 수증기량 곡선과 만나는 점의 온도임을 알지 못한다는 것이다. 이것은 Lee et al.(2010)의 연구 결과와 일치하는 것으로, 중학생들이 포화수증기량 그래프를 해석하는데 어려움을 겪고 있기 때문에 이를 해소해 줄 수 있는 교수 전략이나 자료 개발이 필요함을 시사한다.

둘째, 이슬점에서 수증기 응결과정에 대한 학생 응답을 분석한 결과, 크게 3개의 유형으로 분류할 수 있었다. 과학적 개념에 해당되는 유형(WC 1)의 경우는 응답의 8% 정도였으며, 오개념에 해당되는 유형(WC 3)의 경우는 33%로 상대적으로 그 비율이 높았으며 오개념의 유형 또한 다양하였다. 이와 같은 결과는 상당수의 중학생들이 이슬점에서의 수증기 응결 과정에 대한 이해도가 낮으며 다양한 측면에서 잘못된 개념을 가지고 있음을 의미한다. 이것은 Kang et

al.(2019)의 연구 결과에서 나타난 이슬점에 대한 견고한 오개념을 초래하는 근본적인 원인으로 작용할 수 있을 것으로 추정된다. 이슬점과 절대습도, 이슬점과 수증기량의 관계를 제대로 이해하기 위해서는 이슬점이라는 기초 개념에 대한 이해가 우선되어야 한다. 즉, 중학교 과정에서 이와 같은 기초 개념 이해가 탄탄하지 못할 경우 이후 관련 심화 학습에 장애 요인으로 작용할 수 있다는 것이다.

셋째, 성취도 점수 평균에 따른 학생 응답 유형 분포 분석을 토대로 4수준의 개념 이해 평가 루브릭을 작성하였다. 이 연구를 통해 작성된 이슬점에 대한 4수준의 평가 루브릭은 고정되거나 확정된 것이 아니라 추가적인 연구를 통해 경험적으로 평가 루브릭의 타당도를 향상시키게 되는데, 이러한 개발과 향상의 과정은 반복적으로 이루어진다. 따라서 얼마든지 수준이 확장되거나 수정될 수 있다.

위와 같은 결론을 토대로 지구과학 분야에서 개념 이해 평가 루브릭 개발과 활용 측면에서 다음과 같은 제언을 하였다.

첫째, 국가 수준 학업성취도 평가의 서답형 문항을 활용한 지구과학 주요 개념에 대한 평가 루브릭이 개발될 필요가 있다. 기존 연구들은 표적 샘플링이라는 근본적인 한계가 있었다. 이것은 연구가 주로 개별 연구자에 의해 수행되다보니 대상 학교 섭외, 무작위 표집의 어려움 등으로 인해 전국적인 단위로 샘플링하기가 불가능했기 때문이다. 따라서 표집이 아닌 전국 단위로 이루어지며 다량의 자료를 수집할 수 있는 국가 학업 성취도 평가를 적절히 잘 활용한다면 이러한 한계를 극복하여 보다 실제적인 평가 루브릭 개발할 수 있을 것이다.

둘째, 평가 루브릭 개발 연구는 학습 발달과정 연구의 기초 자료로 활용될 수 있을 것이다. 순위 선다형 문항을 이용한 연구(Lee et al, 2016; Maeng et al, 2014)나 다층 서답형 문항을 이용한 연구(Oh and Lee, 2020)에서 주요 개념에 대한 평가 루브릭은 빅아이디어에 대한 학습 발달과정 탐색에서 구인(발달 변인)들의 수준 설정의 근거가 될 것으로 기대된다.

셋째, 개발된 평가 루브릭을 토대로 지구과학 기초 개념에 대한 심층적 이해를 위한 모형 기반 학습과 같은 교수 전략 개발이 필요하다. 이 연구 결과에서 보듯 많은 중학생들이 이슬점과 이슬을 혼동하며, 이슬점에 대한 다양한 오개념을 가지며, 수증기, 응결과 같은 기초 개념에 대한 이해가 부족한 것으로 나

타났다. 평가 루브릭에 기초하면 학생들의 수준을 진단할 수 있기 때문에 이슬점과 주요 개념에 대한 학생들의 초기 모형을 추정할 수 있다. 이렇게 추정된 학생들의 초기 모형을 기반으로 모형 진화를 위한 생성-평가-수정(GEM) 순환과 같은 적절한 모형 기반 학습 기반의 교수 전략을 통하여 학생들의 이해 수준을 향상시킬 수 있을 것이다. 따라서, 평가 루브릭을 기초로 적응적 교수활동이 개발된다면 효과적인 개념 학습을 위한 도구가 될 수 있을 것으로 기대된다.

사 사

한국교육과정평가원 연구자료 ORM 2017-95-4(이재봉, 동효관, 최원호, 김용진, 이기영, 박혜민, 2017, 2016년 국가수준 학업성취도 평가 결과 분석-과학-)를 이 연구의 분석에 활용하였습니다.

References

- Cho, B., Ko, Y., Kim, H., Paik, S., Park, J., Park, J., and Im, M., 2002, A study of kindergarden, elementary, and middle school students' conception types and trend of grade related to evaporation and conditions of evaporation activities. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 22, 286-298. (in Korean)
- Cho, H., 2015, Driver's alternative science conception. *Kyoyookgwahaksa, Gyeonggi, Korea*. (in Korean)
- Clement, J., 2000, Model based learning as a key research area for science education. *International Journal of Science Education*, 22, 1041-1053.
- Clement, J. and Steinerg, M., 2002, Step-wise evolution of mental models of electric circuits: a "learning-aloud" case study. *The Journal of The Learning Sciences*, 11, 389-452.
- Corcoran, T., Mosher, F., 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.
- 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.
- Goodrich, H., 1996, Understanding rubrics. *Educational Leadership*, 54, 14-17.
- Kang, S., Seo, E., and Kim, D., 2019, Earth science prospective teachers' perceptions on the relationship between absolute humidity and dew point temperature. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 40, 624-638. (in Korean)
- Lee, J., Dong, H., Choi, W., Kim, Y., and Lee, K., 2017, An analysis of the results of 2016 National Assessment of Educational Achievement (NAEA) (ORM 2017-95-4). Seoul: Korean Institute for Curriculum and Evaluation. (in Korean)
- Lee, J., Lee, K., and Park, Y., 2010, Graph interpretation ability and perception of high school students and preservice secondary teachers in earth science. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 31, 378-391. (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)
- Maeng, S., Lee, K., Park, Y., Lee, J., and Oh, H., 2014, Development and validation of a learning progression for astronomical system using ordered multiple-choice assessment. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 34(8), 703-718. (in Korean)
- National Research Council., 2007, Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8. committee on science learning, kindergarten through eighth grade. R.A. Duschl, H.A. Schweingruber, & A.W. Shouse (Eds.). The National Academies Press.
- Oh, H., 2019, Action research for co-construction of scientific models using smart devices: The case of science teachers's teaching practices on the atmosphere units in middle school. *School Science Journal*, 13, 225-240. (in Korean)
- Oh, H., 2020, Case study for earth science education using smart devices: Focused on the case of science pre-service teachers' teaching practices about atmosphere and astronomy units in middle school. *School Science Journal*, 14, 423-440. (in Korean)
- Oh, H. and Lee, K., 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. (in Korean)
- Rea-Ramirez, M., 1998, Model of conceptual understanding in human respiration and strategies for instruction. Doctoral Dissertation. University of Massachusetts.
- Shin, J. and Yang, I., 2017, Problems and improvements of science performance assessment. *Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities,*

- and Sociology, 7, 873-883. (in Korean)
- Son, M. and Jeong, D., 2019, Development worksheet and rubric for system thinking assesment-focused on the earth system unit in 'Integrated Science'. School Science Journal, 13, 78-94. (in Korean)
- Vygotsky, L., 1978, Interaction between learning and development. In Gauvain, M. and Cole, M (Eds.)

- Readings on the development of children (pp. 34-40). Scientific American Books, New York, USA.
- Yang, I., Lee, H., Lee H. and Cho, H., 2009, The development of rubrics to assess scientific argumentation. Journal of the Korean Association for Research in Science Education, 29, 203-220. (in Korean)

Manuscript received: December 9, 2020
Revised manuscript received: December 27, 2020
Manuscript accepted: December 29, 2020