

과학 학습 언어의 문법적 특성을 고려한 초등학생의 과학적 의사소통 능력 고찰

맹승호 · 이관희[†]

Investigation of Elementary Students' Scientific Communication Competence Considering Grammatical Features of Language in Science Learning

Maeng, Seungho · Lee, Kwanhee[†]

국문 초록

이 연구는 초등학생의 과학 수업 대화 및 글쓰기에 구현된 언어 표현의 국어 문법적 특성에 근거하여 그들의 과학적 의사소통 능력의 양상을 조사하였다. Brown et al. (2010)의 증거에 기반한 추론 프레임워크를 순환학습모형에 접목하여 작성한 수업안을 초등학교 5학년을 대상으로 “날씨와 우리 생활” 단원에 적용하였다. 수업 대화에 활발히 참여한 학생 8명의 대화 전사본과 그 학생들의 과학 글쓰기 문장을 연구 자료로 활용하였으며, 텍스트의 내용 및 논리 관계 분석 방법을 적용하여 문법적 특성을 조사하였다. 연구에 참여한 초등학생들은 데이터 분석, 증거 해석, 규칙 적용, 설명 구성 등의 맥락에서 사용되는 과학 언어의 문법적 구조와 일치하지 않는 언어 사용의 양상을 보였다. 그러나 부분적으로 명사화 방식의 문법적 은유를 사용하거나, 적절한 인과 관계의 문법 구조를 사용한 글쓰기 사례도 제시되었다. 교사의 교수법적 안내 발화나 교과서 텍스트의 문법 구조를 통해 학생들이 과학의 문화에서 사용되는 언어 활동의 양태를 경험하면 초등학생도 유사한 과학적 말하기와 글쓰기를 나타낼 수 있었다. 학생들이 증거에 기반한 추론에 근거한 과학지식 구성의 맥락에 적절한 언어 사용 이해와 이에 대한 문식 기능을 습득할 수 있게 하려면, 과학 학습에 관한 언어 사용 모델을 접할 기회를 충분히 제공해 주는 것이 필요함을 논의하였다.

주제어: 과학적 의사소통 능력, 문법적 특성, 증거에 기반한 추론, 문식 기능, 과학의 언어

ABSTRACT

In this study, elementary students' science communication competence was investigated based on the grammatical features expressed in their language-use in classroom discourse and science writings. The classes were designed to integrate the evidence-based reasoning framework and traditional learning cycle and were conducted on fifth graders in an elementary school. Eight elementary students' discourse data and writings were analyzed using lexico-grammatical resource analysis, which examined the discourse text's content and logical relations. The results revealed that the student language used in analyzing data, interpreting evidence, or constructing explanations did not precisely conform to the grammatical features in science language use. However, they provided examples of grammatical metaphors by nominalizing observed events in the classroom discourses and those of causal relations in their writings. Thus, elementary students can use science language grammatically from science language-use experiences through listening to a teacher's instructional discourses or

이 논문은 2021학년도 서울교육대학교 대학혁신지원 사업으로 수행된 ‘문법 기반 의사소통 능력을 접목한 교과별 지식 구성 활동의 교육대학교 교육과정 적용 방안’ 연구 보고서의 일부 내용을 수정 보완한 것임

2021.12.13(접수), 2021.12.19.(1심통과), 2021.12.28.(2심통과), 2021.12.28(최종통과)

E-mail: gani99@snu.ac.kr(이관희)

recognizing the grammatical structures of science texts in workbooks. The opportunities in which elementary students experience the language-use model in science learning need to be offered to understand the appropriate language use in the epistemic context of evidence-based reasoning and learn literacy skills in science.

Key words: science communication competence, grammatical features, evidence-based reasoning, literacy skills, language of science

I. 서 론

과학 교과의 중요한 핵심역량 중 하나인 과학적 의사소통 능력은 과학적 문제 해결의 과정과 결과를 과학 관련 공동체 내에서 공유하고 이를 발전시키는 것이 목적이다(교육부, 2015). 핵심역량으로서 과학적 의사소통 능력은 과학에서 사용하는 다양한 표현 방식을 통해 과학기술 정보를 이해하고 전달하며 공유하는 과학 커뮤니케이션(science communication)의 관점뿐만 아니라, 증거에 근거하여 자신의 생각을 주장하고 타인의 생각을 이해하고 조정하는 추론 및 논증 활동을 통해 과학지식을 구성하는 관점에서도 함께 논의될 필요가 있다. 과학 커뮤니케이션은 전문가가 복잡한 과학 내용을 비전문가(학생 또는 일반 대중)들이 이해할 수 있게 변환하여 전달하는 대화 및 소통 과정을 강조하는 반면, 과학적 추론 및 논증 활동은 과학 현상에 대한 설명 및 주장을 제시하고 이를 뒷받침하는 논리와 추론 능력을 강조한다(Mercer-Mapstone & Kuchel, 2017; Osborne *et al.*, 2004).

과학 커뮤니케이션 분야에서 과학적 의사소통은 AEIOU 모델 즉, 과학의 정보와 지식을 알기(Awareness), 과학을 느끼고 즐기기(Enjoyment), 과학 활동에 참여하려는 흥미를 갖기(Interest), 과학과 관련된 이슈에 대한 의견을 갖기(Opinions), 그리고 과학의 내용과 과정을 이해하기(Understanding)를 위한 기능, 매체, 활동, 대화 등을 적절하게 사용하는 과정으로 정의된다(Burns *et al.*, 2003). 이와 관련하여 Kulgemeyer and Schecker (2013)는 과학적 의사소통 능력(science communication competence)에 대한 구성주의적 모델을 제안하였다. 이 모델에서 의사소통 전달자와 청중 사이에 의사소통 콘텐츠가 공유될 때, 청중은 과학 정보를 단지 수동적으로 수용하기만 하는 것이 아니라, 의사소통 과정에서 의사소통의 콘텐츠인 과학 정보를 능동적으로 수용하거나 거부할 수 있다. 의사소통의 전달자가 청중에게 충분히 매력적인 의사소통 콘텐츠를 구

성하려면, 과학적 내용 및 정보(factual content), 과학 내용과 정보가 소개되는 맥락(context), 과학 내용과 정보 전달자가 선택한 언어의 형태(code), 과학 내용과 정보를 표현하는 방식(representation form) 등 의사소통의 다양한 측면을 함께 고려해야 한다(Kulgemeyer and Schecker, 2013).

과학적 의사소통 과정에서 전달자가 청중에게 적합한 언어의 형태를 선택하고 사용하는 것은 Mercer-Mapstone and Kuchel (2017)이 효과적인 과학 커뮤니케이션을 위해 구안한 12가지 핵심 기능 중 가장 중요한 요소로 규정되기도 하였다. Kulgemeyer and Schecker (2013)의 연구와 Mercer-Mapstone and Kuchel (2017)의 연구에서 제시한 과학적 의사소통에 대한 인식을 반영한다면, 과학 교과의 핵심역량으로서 과학적 의사소통 능력을 기르기 위해서는 과학 내용과 정보를 제시하고 학습하는 상황에서 구현되는 학습자의 언어 활동 양상을 세밀하게 파악하는 것이 중요한 과제로 제기된다.

한편, 초등학생을 대상으로 한 과학교육 연구에서 과학적 의사소통 능력은 주로 과학 수업에서 형성되는 의사소통의 유형과 형태 혹은 의사소통의 수단 등으로 세분화하여 조사되는 경향이 있다. 예를 들면, 나지연과 장병기(2018)는 초등 예비교사들이 작성한 수업 과정안에서 과학적 의사소통 능력에 대한 교수 활동을 제시하는 방식(명시적, 암묵적, 맥락적), 의사소통의 수단(말, 글, 표, 그림, 그래프 등), 의사소통의 내용(추리 또는 예상, 실험 결과, 현상, 과학 지식, 탐구 방법 등), 의사소통의 대상(모둠 내 학생, 전체 학생, 학생 간 등), 의사소통의 방식(일방향, 쌍방향, 개인 등), 의사소통의 형태(말하기, 쓰기, 읽기, 듣기, 관찰하기)의 범주로 구획하여 예비교사들이 과학 수업에서 의사소통 능력을 구현하고자 하는 양상을 분석하였다. 국가 수준 교육과정에서 과학 교과의 핵심역량으로 과학적 의사소통 능력이 규정되기 이전에 전성수(2013)는 과학적 의사소통 능력을 “과학 지식과 과학적 소양을 바탕으로 사실, 현상, 원인 등에 대한 과학

적 설명과 주장을 다양한 형태로 전달, 교환, 공유하는 능력”(p. 50)으로 정의하고, 의사소통의 유형으로 설명과 주장, 그리고 의사소통의 형태로서 글, 그림, 표, 수식으로 평가의 준거를 구분하여 24개의 문항으로 구성된 과학적 의사소통 능력 검사지를 개발하였다. 이 검사지는 이후 초등학교 과학 수업에서 특정한 형태의 과학 수업을 시행하고 그것의 적용 효과로서 과학적 의사소통 능력의 변화를 조사했던 여러 연구에 차용되었다. 예를 들면, 김철훈과 이형철(2017)은 초등학생의 토의, 토론 활동을 촉진하기 위해 라운드 로빈 기법(발언 기회를 차례대로 받기)을 활용한 과학 수업이 서술 형태의 과학적 설명과 과학적 주장의 정당화 측면에서 과학적 의사소통 능력 향상에 유의미한 효과가 있음을 밝혔다. 권난주 등(2017)도 과학 기사를 활용한 자유로운 말하기 활동을 수행한 이후에 초등학교 5, 6학년 학생들이 서술 형태의 과학적 설명과 과학적 주장의 근거 또는 정당화 측면에서 과학적 의사소통 능력이 유의미하게 향상하였음을 보고하였다. 하지훈과 신영준(2017)도 거꾸로 수업을 도입한 과학 수업 후에 초등학생의 과학적 의사소통 능력의 변화를 조사한 결과, 표와 그림과 같은 시각적 형태로 표현하는 의사소통의 형태와 정당화 측면의 과학적 주장에 대한 의사소통의 유형에서 유의미한 신장을 보였음을 밝혔다. 이상의 연구들처럼 과학적 의사소통 능력을 그 하위 범주로 구분하여 파악하는 접근은 과학적 의사소통 능력의 하위 요소를 제시하고 이를 적용하여 여러 집단의 의사소통 능력을 비교하는 데 도움 줄 수 있었다. 그러나 과학적 의사소통 능력을 하위의 여러 범주로 나누어 이해하는 방식이 가진 체계적 접근은 과학적 문제 해결의 과정과 결과 즉, 과학의 과정과 과학지식을 과학(학습) 공동체 내에서 공유하고 발전시키고자 하는 과학적 의사소통 능력 고유의 목적을 실현하는 데 부족할 수 있다. 특히, 학교 과학교육에서 의사소통 유형과 형태에 대한 분석만으로는 과학적 의사소통의 과정에서 학습자들이 실제로 과학 지식을 어떻게 이해하고 구성하는지를 밝혀낼 수 없기 때문이다.

과학 수업에서 이루어지는 학습자들의 의사소통 과정은 증거나 규칙을 바탕으로 자신의 주장을 제시하거나, 동료의 주장을 반박하는 논증 활동(argumentation)으로 재구성될 때 중요한 의의를 지

닌다(Kim & Roth, 2018). 논증 활동의 형태로 진행되는 과학 수업의 의사소통 과정에서 학생들은 과학적 추론과 증거에 기반한 설명 구성 능력을 발전시킬 수 있다(맹승호 등, 2013; Berland & Reiser, 2011; Zembal-Saul, McNeill, & Hershberger, 2013). 과학교육 연구에서 과학적 논증 활동은 주로 Toulmin's Argument Pattern (TAP, Erduran *et al.*, 2004)을 이론적 배경으로 삼아 자료(data), 주장(claim), 보장(warrant), 보강(backing), 반증(rebuttal)과 같은 논증 요소들을 구분하고, 학생들의 논증 활동에서 각각의 요소들이 얼마나 갖추어져 있는지를 파악하여 논증의 수준과 내용의 정확도를 분석하는 접근이 많이 적용되었다(e.g., 백종호 등, 2014; 신호심과 김현주, 2012; Erduran *et al.*, 2004; Jiménez-Aleixandre *et al.*, 2000; Osborne *et al.*, 2004).

그렇지만 초등학생들의 과학적 의사소통 과정에서 과학적 논증 활동의 맥락을 적용하기 위해서는 툴민의 논증 패턴과 같은 복잡한 논증 구조를 가급적 단순화할 필요가 있다. Osborne *et al.* (2016)은 과학적 논증 활동의 발달과정을 조사하기 위하여 툴민의 논증 패턴의 모든 요소를 그대로 적용하지 않고, 주장과 증거 및 증거와 주장 간의 논리적 연관으로서 보장을 학습자들이 어떻게 구성하고, 또 타인의 주장, 증거 및 보장을 인지하고 이것을 사용하여 비판하는가에 따라 학습자들의 논증 능력의 수준을 비교하여 구분하였다. McNeill and Knight (2013)은 논증의 구조적 측면을 파악할 때 툴민의 논증 패턴을 수용하되, 증거와 주장 및 증거를 이용하여 주장을 정당화하는 추론 과정(reasoning)으로 단순화시킨 주장-증거-추론(claim-evidence-reasoning, CER) 프레임워크를 사용하여 논증 활동을 조사하였다. Zembal-Saul *et al.* (2013)도 CER 프레임워크를 근간으로 하여 과학적 설명 구성을 강조하는 교수활동을 초등학교 과학 수업에 실행하기 위한 다양한 방안을 구안하였다. Brown *et al.* (2010)은 과학 탐구의 특성을 반영한 논증 활동을 툴민의 논증 패턴 구조에 적용하여 학생들의 논증 활동에서 추론의 과정과 논증의 요소를 함께 파악하기 위하여 증거에 기반한 추론 프레임워크(evidence-based reasoning framework)을 제안하였다. 이들의 연구는 데이터를 분석하여 증거를 찾고, 증거를 해석하여 원리(또는 규칙)를 도출하고, 이 원리를 적용하여 주장하는 방식으로 논증 활동을 인

식하고 그 양상에 따라 학생들의 논증 활동 수준을 분석하였다. 그밖에, 과학적 논증 활동을 의사소통 과정의 상호작용적 속성에 기초하여 대화의 한 장르로 보는 관점도 제기되었다. Kim and Roth (2018)는 학습자들이 과학 수업 대화에 함께 참여할 때 의도하든, 그렇지 않든 간에 사회적 관계를 통해 주장 또는 증거에 해당하는 발화와 주장을 뒷받침하기 위한 증거 제시의 의무(burden of proof, Walton, 1988)를 나타내는 발화를 수행하여 전체적으로 논증 과정을 구성하는 구조를 갖게 된다고 보았다.

앞서 언급한 대로 과학적 의사소통 능력을 과학 커뮤니케이션의 관점에서 이해하려면 학습자들이 과학지식을 구성할 때 동원하는 언어적 자원의 면모를 파악하는 일이 중요하다. 또한, 초등 학습자를 대상으로 한 단순화된 논증 구조를 기본 틀로 삼더라도, 논증 요소들을 활용하여 구어/문어적 의사소통에서 과학적 논증 활동을 수행하려면 그에 적합한 언어 수행 방식(과학 논증의 레지스터)에 대한 이해가 필요하다(Naylor et al., 2007; Sandoval & Millwood, 2008). 다시 말해, 과학 교과 의 의사소통 능력은 과학지식을 구성하는 맥락에서 형성되는 말하기 및 글쓰기의 특성과 언어 사용 방식을 통해 이해될 수 있다는 것이다. 또한, 모국어 사용자로서 초등학생들이 과학적 논증 활동에서 과학지식을 구성하는 양상을 세밀하게 파악하려면, 논증 활동을 수행하는 과정에서 그들이 어떤 언어적 자원을 동원하는지, 그들이 사용하는 언어 형식의 문법적 특징은 무엇인지 이해하는 것이 중요하다. 이러한

관점을 바탕으로, 이 연구는 과학적 논증 활동의 맥락을 강조한 과학 수업에서 초등학생의 대화 및 글쓰기 결과물에 구현된 언어 표현의 양상을 국어 문법의 관점에서 분석하여, 과학지식 구성 과정에 구현된 초등학생의 과학적 의사소통 능력의 현황을 파악하고자 했다. 관련된 연구 문제는 다음과 같다.

- 과학적 논증 활동을 강조한 과학 수업에서 초등학생의 과학적 말하기와 글쓰기에 구현된 언어 활동의 문법적 특징은 무엇인가?

II. 연구 방법

과학적 의사소통 능력을 강조하는 과학 수업에 참여한 초등학생이 산출한 대화 및 글쓰기 결과물에서 보이는 언어 표현의 양상을 국어 문법의 측면에서 분석하였다. 과학지식 구성 과정에서 구현된 초등학생의 과학적 의사소통 능력의 양상을 알아보기 위하여 이 연구는 기술적 사례 연구(descriptive case study, Merriam, 1998)의 방법을 채택하였다. 기술적 사례 연구는 수업 상황에서 학생들이 실행하는 언어 활동의 사례를 있는 그대로(naturalistic) 기술함으로써 현재 초등학생의 과학적 의사소통의 실태를 구체적으로 보여줄 수 있는 장점이 있다.

1. 연구 사례의 과학 수업 맥락

이 연구에서 수행했던 과학 수업의 흐름은

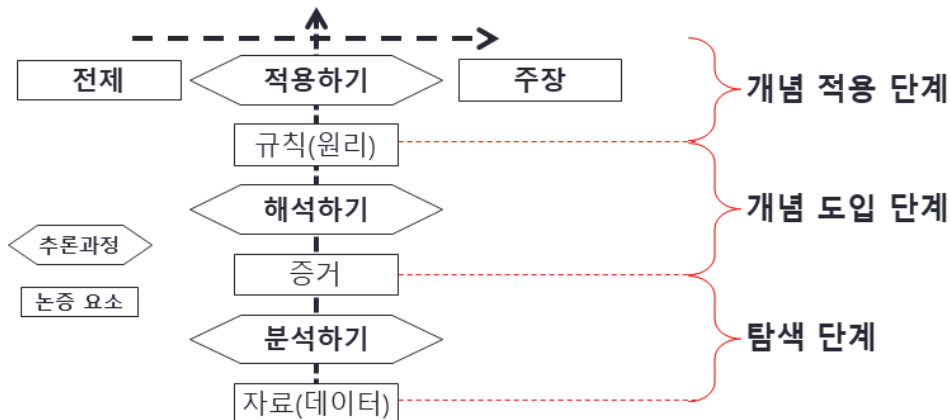


Fig. 1. Structure of learning cycle applying Brown et al.'s (2010) evidence-based reasoning framework.

Brown *et al.* (2010)의 증거에 기반한 추론 프레임워크를 순환학습모형에 접목하여 진행하였다(Fig. 1).

Fig. 1은 과학 탐구의 과정을 증거에 기반한 추론 과정을 포함하는 과학적 논증 활동의 형태로 표현하였다. 이 프레임워크는, 자연 현상의 특정한 결과에 대한 진술을 주장(claim)하기 위하여 그 주장이 형성되는 특정한 조건이나 환경을 전제(premise)로 인식하고, 전제에서 도출되는 주장을 뒷받침하는 과학적 추론의 과정으로서 데이터 분석, 증거 해석, 규칙 적용을 포함한다. 데이터 분석하기는 여러 데이터를 비교하고 종합하여 어떤 규칙성을 도출하기 위해 사용할 수 있는 증거가 될 만한 데이터를 구분하는 추론 과정이고, 증거 해석하기는 증거에 해당하는 데이터 간의 공통점과 차이점을 비교하고 종합하여 현상에 대한 패턴이나 특정한 설명 모델을 파악하여 규칙으로 제안하는 추론 과정이다. 규칙/원리 적용하기는 전제에서 기술된 특정한 상황에 규칙 또는 원리를 적용하여 그 현상의 과정이나 원인에 대한 설명을 도출하는 추론 과정을 의미한다. 결국, Fig. 1에 제시한 증거에 기반한 추론 프레임워크는 데이터 - 증거 - 패턴/모델 - 설명으로 이어지는 과학지식의 구성 과정을 나타낸다고 볼 수 있다.

증거에 기반한 추론 프레임워크를 순환학습 모형에 접목한 수업의 흐름은 다음과 같다. 순환학습의 탐색 단계는, 과학 탐구 상황의 전제를 인식하고 필요한 데이터를 수집하며, 데이터를 분석하여 증거가 될 만한 데이터를 구분하는 과정으로 구성된다. 각 세부 단계에서 의사소통 과정을 포함하였다. 예를 들면, 탐구 상황의 전제를 인식하는 단계에서 교과서 텍스트를 문법적 특징에 맞추어 이해하거나, 데이터 분석 및 증거 구분하기 단계에서 활동의 결과를 글로 쓰게 하여 과학 텍스트 구성 능력을 반영할 수 있다.

순환학습에서 개념 도입 단계의 본래 의미는 과학 개념 또는 용어를 도입하는 것이지만, 증거에 기반한 추론 프레임워크에 접목한 개념 도입 단계에서 용어 또는 개념은 증거 해석의 결과로 도출되는 규칙이나 패턴, 또는 설명 모델로 대체될 수 있다. 그래서 이 단계는 증거로 구분된 데이터를 해석하는 과정과 특별한 규칙성이나 패턴을 찾는 과정으로 구성되며, 증거를 해석하여 무엇을 찾았는지, 그것에서 어떤 규칙성이나 패턴을 찾을 수 있는지를

간단한 글로 쓰게 하여 과학 텍스트 구성 능력을 파악하는 방법으로 과학적 의사소통 능력을 적용할 수 있다. 순환학습의 개념 적용 단계는 앞 단계에서 증거를 해석하여 도출한 규칙을 탐구 상황의 전제에 적용하여 탐구한 현상에 대한 설명/주장을 제시하는 활동이 포함된다. 이 단계 역시 규칙을 적용하여 자신의 설명 주장을 제시하는 과학 글쓰기 과제를 활용하여 과학적 의사소통 능력을 반영할 수 있다. 이 연구에서 증거에 기반한 추론 프레임워크를 접목한 순환학습을 이슬과 안개의 생성 과정을 학습하는 소단원 수업에 적용한 수업 지도안의 예시를 Fig. 2에 제시하였다.

2. 자료 수집

증거 기반 추론 프레임워크를 접목한 순환학습 모형에 근거하여 작성한 수업안을 서울 소재 초등학교 5학년을 대상으로 “날씨와 우리 생활” 단원에 적용하였다. 이 연구에서는 과학적 의사소통 능력의 구현이 잘 드러날 수 있는 사례가 필요하므로 연구 대상은 초등학교 고학년이 적합하다고 판단하였으며, 이 연구의 취지에 동의하여 수업 시행 의사를 밝힌 교사가 연구 참여 시기에 담임 학급에서 진행하는 5학년 과학의 해당 단원을 선정하였다. 연구를 진행할 당시 초등학교 수업은 코로나19 감염 예방을 위해 제한적인 대면 수업과 비대면 수업이 병행되던 시기였으며, 이 연구를 위한 자료는 대면 수업으로 진행한 수업에 대해서만 수집되었다. 그래서 날씨와 우리 생활 단원 중 “이슬과 안개는 어떻게 만들어질까요?”, “지면과 수면의 온도는 하루 동안 어떻게 변할까요?”, “바람은 바닷가에서 낮과 밤에 어떻게 불까요?”의 세 소단원에 대한 수업을 교실 앞쪽에 설치한 비디오카메라로 촬영하였다. 코로나19 상황이어서 학생들의 소그룹 활동은 제한되었기에, 교사가 학급 전체를 대상으로 하는 수업 대화에 활발히 참여한 학생 8명의 대화 전사본과 그 학생들이 학습 활동지에 기록한 문장들을 과학 글쓰기의 사례로서 연구 자료로 활용하였다. 아래 Table 1에 연구 참여 학생들의 특성에 대해 간단히 제시하였다. 학생들은 학업 성취 수준은 비교적 다양하였으나, 과학 흥미도와 수업 참여도는 비슷한 수준이었다. 기존에 개발된 의사소통 능력 검사들이 이 연구의 목적과 부합하지 않아서 학생들의 과학적 의사소통 능력과 관련된 별도의 사

단원명	3. 날씨와 우리 생활	학습 주제	이슬과 안개는 어떻게 만들어질까요?(3/12)
학습목표		이슬과 안개의 발생 실험과 관련지어 그 생성 과정을 설명할 수 있다.	
단계	추론과정	교수학습 활동	의사소통 역량 강화
탐색	탐구 상황 전제 인식	<ul style="list-style-type: none"> • 응결 장면을 찍은 사진에서 공통점 찾기 - 사진에서 어떤 공통점이 있는지 발문 - 사진에서 물방울이 왜 표면에 있을지 발문 	관찰한 데이터를 기록하는 과학적 글쓰기 경험
	데이터 수집/분석	<ul style="list-style-type: none"> • 집기병에 물과 얼음 조각 넣고 병의 표면 관찰하기 - 관찰한 내용을 학습지에 기록 - 물방울이 생기는 이유를 설명하는 문장 만들기 	
개념 도입	증거 해석	<ul style="list-style-type: none"> • 관찰 내용 정리하기 - 모둠원들과 함께 물방울이 맺히는 이유를 설명하는 데 필요한 관찰 내용을 정리하고 토의하기 - 정리한 내용을 바탕으로 물방울이 맺히는 이유 토론하기 - 집기병 표면에 물방울이 맺힌 이유가 무엇인지 발문 - 공기 중 수증기가 물방울로 변했음을 보장하는 증거 발표 	논증 활동에 필요한 증거를 의사소통 과정을 통해 수집함
	규칙/패턴 찾기	<ul style="list-style-type: none"> • 실험 결과와 사진에서 본 현상의 공통점 찾기 - 사진의 현상과 실험에서 관찰한 결과의 공통점 발표하기 	증거에 기반한 추론이 될 수 있게 후속 질문 제시
	개념 도입	<ul style="list-style-type: none"> • ‘응결’ 개념 도입하기 - 공기 중 수증기가 물방울로 변하는 현상을 ‘응결’이라고 함 - 교과서 문장 이해하기 - 교과서를 읽으며 실험에서 알아낸 것을 정리하기 	공통점으로서 응결 개념을 도입 현상 = 응결 (정의문 구조)
개념 적용	규칙 적용	<ul style="list-style-type: none"> • 다른 현상에 ‘응결’ 개념 적용하기 - 나뭇잎에 이슬이 맺힌 현상을 응결로 설명하기 - 집기병 실험 영상에서 보여 준 현상의 원인을 설명하기 	이슬과 안개의 공통점을 표현할 수 있게 글쓰기 지도
	설명 주장 글쓰기	<ul style="list-style-type: none"> • 이슬과 안개를 비교하는 글쓰기 - 나뭇잎에 이슬이 맺히는 현상과 집기병 안이 뿌옇게 흐려지는 현상을 비교하는 글 쓰기 - 이슬과 안개의 정의를 설명하는 글 쓰기 	(이슬은~한 물방울, 안개도~한 물방울)

Fig. 2. An exemplary lesson plan of the learning cycle mixed with evidence-based reasoning framework.

Table 1. Participant students' personal information

	이름	윤서	박희	노민	공지	서빈	김찬	박성	안나
성별	여	여	남	여	여	남	남	남	여
학업성취수준*	중	상	중	중	중	하	하	중	
과학 흥미도*	중	상	상	상	상	상	중	중	
수업 참여도*	상	상	상	상	상	상	상	상	

*: 학업성취수준, 과학흥미도, 수업참여도는 지도교사의 개인적 판단에 의한 서술임

전 검사는 실시하지 않았다. 학생들의 이름은 모두 가명으로 표기하였다.

3. 자료 분석

증거 기반 추론의 프레임워크를 순환학습에 접목한 수업의 흐름을 초등학교 5학년 과학의 “날씨와 우리 생활” 단원에 적용하여 시행하고, 수업 중에

학생들이 학습 활동지에 작성한 문장들과 그 학생들의 수업 중 발화문을 문법 기반 의사소통의 관점에서 분석하였다. 분석을 위해 먼저 과학 수업 중 학생들의 대화문과 학습 활동지에 기록한 문장에서 데이터, 증거, 규칙/원리에 해당하는 문장을 추출하고, 각 문장이 데이터 기술 및 분석, 증거 인식 및 해석, 규칙/원리 도출 및 적용 과정을 표현할 때

어떤 언어적 표현을 동원하는지 분석하였다. 이 단계는 학생들의 말과 글에 구현된 문법적 옳고 그름을 판단하기보다는 학생들이 각 단계에서 산출한 언어 표현의 문법적 특성을 파악하여 그 경향성을 파악하는 것을 목표로 하였다. 이를 위해 사회언어학의 한 분야인 체계기능언어학(systemic functional linguistics)에서 사용하는 레지스터(register) 분석 중에서 텍스트의 내용 및 논리 관계 분석 방법을 이 연구에 적용하였다. 레지스터 이론에서 내용 및 논리 관계는 텍스트를 구성하는 각 문장의 의미와 각 문장 간의 연결 관계를 표현하는 문법적 구조를 중심으로 파악하는 것이어서 이 연구에서 초등학생의 언어 활동 분석에 적합하다고 볼 수 있다.

텍스트의 내용 및 논리 관계 분석은 그 텍스트가 담고 있는 사건(또는 경험)의 내용 및 그 내용 간의 논리적 관계가 문장 또는 문장을 구성하는 절(phrase)의 요소들에 의해 어떻게 표현되는지를 분석하는 것으로서, 각 문장에 사용된 어휘의 문법적 기능을 파악하는 것이 중심된 내용이다. 문장에 내포된 사건이나 경험의 내용은 주로 술어 동사와 그 술어 동사의 주체가 되는 어휘 및 그 술어가 표현하는 사건이 발생하는 배경 조건의 문법적 기능에 의해 표현된다. 따라서 문장의 내용적 의미는 ‘술어, 어휘, 배경 조건’을 중심으로 분석되며, 세 요소를 표현하는 용어의 의미를 통해 파악될 수 있다.

물과 얼음을 넣자, 9도였다가 2분 뒤에 5도로 변했다.

위 문장에서 중심적인 술어 동사는 “넣다”와 “변했다”이다. “넣다”의 주체가 되는 어휘는 물과 얼음이며, “변했다”의 주체가 되는 어휘는 온도인데 생략되었으며, “9도, 2분, 5도” 등은 온도가 변했다는 사건의 배경 조건이 된다. 텍스트의 내용 분석은 어떤 술어 동사가 사용되었고, 그 술어 동사와 관련된 어휘가 무엇인지를 파악하여 어떤 의미를 형성하고 있는지를 파악하는 것이다.

한편, 각 문장이 담고 있는 내용은 문장 간의 연결 관계로서 인과 관계를 비롯하여 다양한 추론 관계를 형성하여 의미를 구성할 수 있다. 이러한 논리적 추론 관계가 문장의 구성 요소에 의해 표현되는 양태는 접속사 또는 그와 유사한 기능을 하는 연결 어구(조사 또는 어휘의 끝말, 즉 어미(語尾))를 통해서 파악될 수 있다. 앞선 문장에서 “넣자”의

“~자”는 앞 어절과 뒤 어절의 시간순서 또는 계기성을 표현하는 연결 어미에 해당한다. 이와 같은 연결 어구를 분석함으로써 학생들이 수업 중 대화 또는 글쓰기에서 어떤 논리적 추론 관계를 표현하는지를 파악할 수 있다.

III. 연구 결과

연구에 참여한 학생들이 과학 수업에서 산출한 언어적 결과물들을 증거 기반 추론의 프레임워크에 따른 과학지식 구성의 맥락 즉, 데이터 인식 및 분석하기, 증거 해석하기, 규칙(또는 원리)을 적용하여 설명하기로 범주화하여 연구 결과를 기술하였다. 연구 결과는 앞서 언급한 기술적 사례 연구를 따르되, “이슬과 안개는 어떻게 만들어질까요?”, “지면과 수면의 온도는 하루 동안 어떻게 변할까요?”, “바람은 바다가에서 낮과 밤에 어떻게 불까요?” 세 소단원의 수업에서 연구 참여 학생(8명)의 모든 담화나 글을 제시한 것은 아니며, 각 단원 별로 담화 사례의 비중을 고려하지는 않고, 과학지식 구성의 각 맥락에서 학생들의 언어 활용 양상 중 특징적인 사례들을 연구자가 선택하여 제시하였다. 참여 학생들의 과학적 의사소통 능력에 대한 사전 검사를 실시하지 않았으므로 학생들의 개인차에 관한 변인은 연구 결과 기술에 고려되지 못하였다.

1. 데이터 인식 및 분석하기

학생들은 현상을 관찰하여 데이터를 얻고, 그것에 대해 기술하는 과정에서 관찰한 현상을 시간적 순서에 따라 나열하는 문법적 표현을 활용하였다. 예를 들면, 집기병에 얼음물을 넣은 후에 물의 온도, 집기병 주변 공기의 온도, 집기병 표면의 변화에 대해 관찰한 결과를 다음과 같이 기술하였다.

물과 얼음을 넣자, 9도였다가 2분 뒤에 5도로 변했다. 얼음과 물을 계속 놔두자, 표면에 물이 맺힌다. 표면의 온도가 12에서 13도 정도가 된다. (이슬과 안개 소단원 수업 중 윤서의 학습 활동지 기록문)

모래가 열을 쫓 때는 온도가 올라가고, 열이 없을 때는 온도가 내려가서 모래가 차가워져요. (지면과 수면의 온도 변화 소단원 수업 중 박희의 발화문)

위 두 학생의 사례처럼 연구에 참여한 초등학생들은 모두 수업 중 관찰한 현상에서 얻은 데이터(온도)와 장면을 현상의 순서에 따라 나열하는 단순한 형태의 말하기와 글쓰기를 보였다. 학생들이 사용한 언어 양식은 실험 대상을 지시하는 주어 및 목적어, 그리고 현상 또는 상태를 서술하는 술어를 연결하는 형태로 구성된 단순한 문장 구조를 보였다. 해당 수업에서 이루어진 실험 및 관찰의 대상이 5학년 교과서의 학습 내용이었음을 고려하면, 데이터를 그대로 기술하는 형태의 단순한 형식의 문장을 구사하는 것은 예상 가능한 결과였다. 그렇지만, 윤서는 ‘녕자, 놌두자’와 같이 계기성을 드러내는 연결 어미인 ‘~자’를 사용하여 실험 처치와 결과 사이의 인과 관계를 암묵적으로 드러냄에 비해, 박희는 이러한 관계를 ‘-르 때’로 표현하여 단순히 조건이나 가정을 문장으로 표현하는 차이를 보였다.

한편, 인식한 데이터에 대한 분석을 바탕으로 탐구의 결과를 표현할 때, 연구 참여 학생들은 데이터를 기술할 때와 다른 유형의 술어를 동원하였다.

모래는 물보다 상대적으로 빨리 뜨거워지고, 물은 전등을 켜올 때, 천천히 올라가고 모래가 더 빨리 올라가요. 전등을 켜올 때는 모래가 더 빨리 식고, 물은 별 차이가 없어요. (지면과 수면의 온도 변화 소단원 수업 중 노민의 발화문)

전등을 켜올 때는 모래가 물보다 상대적으로 온도가 더 빠르게 올라가지만, 전등을 켜올 때는 상대적으로 물보다 모래가 더 빨리 식어요. (지면과 수면의 온도 변화 소단원 수업 중 공지의 발화문)

위의 두 발화문에서 학습자들은 “물보다 상대적으로 빨리 뜨거워지고”, “온도가 더 빨리 올라가”, “물보다 모래가 더 빨리 식어요”에서 볼 수 있는 것처럼, 보조사 ‘~보다’나 ‘상대적으로, 더’ 등의 부사어를 통해 물과 모래의 온도 변화를 비교하여 서술하는 양상을 보였다. 이러한 양상은 데이터를 단순히 기술하는 맥락과 달리 데이터를 분석할 때는 둘 이상의 데이터를 비교하여 표현하기 위한 언어적 자원을 동원하는 특징이 있음을 보여 준다. 다만, 노민은 연결 어미 ‘-고’를 통해 현상의 단순 나열을 보임에 반해, 공지는 ‘-지만’이라는 표현을 활용하여 비교 및 대조의 맥락을 더욱 두드러지게 표현하는 양상이 확인된다.

이에 더해, 데이터를 분석하는 맥락의 발화에서

학습자들은 자신이 분석한 사례들을 종합하여 하나의 현상으로 묶어서 기술하는 문법적 양태를 보이기도 하였다.

모래는 온도가 높이 올라갔다가 전등을 켜올 때 바로 낮아지기 때문에 물보다 모래의 온도 변화가 더 심해요. (지면과 수면의 온도 변화 소단원 수업 중 서빈의 발화문)

모래가 온도 변화가 더 빠르고, 열이 있을 때 더 빨리 뜨거워지고, 열이 없을 때 더 빨리 식어요. (지면과 수면의 온도 변화 소단원 수업 중 윤서의 발화문)

위의 두 발화에서 나타난 “(모래의) 온도 변화”라는 표현은 전등을 켜올 때(또는 열이 있을 때) 시간이 지남에 따라 모래의 온도 데이터가 달라지는 사례들을 종합하여 하나의 개별화된 현상으로 묶어서 서술하는 전형적인 명사화 방식의 문법적 은유(grammatical metaphor, Halliday & Mathiessen, 2004)로 볼 수 있다. 다시 말해, 서빈의 발화에서 모래는 “온도가 높이 올라갔다가~바로 낮아지”는 데이터를 분석하여 이것을 하나의 개체화된 현상으로서 “온도 변화”라는 명사화된 표현으로 명명하는 것이다. 특징적인 것은 이어지는 서빈의 발화에서 술어가 ‘온도가 높아진다 또는 낮아진다’가 아니라 온도 변화가 “더 심해요”로 교체되었다는 점이다. 즉, 현상의 상태를 단순히 기술하는 것이 아니라 그 현상의 강도가 심한가, 약한가를 판단하는 술어로 바뀌게 된 것이다. 이 사례처럼 명사화에 의해 술어가 교체되는 것은 이미 오래전에 Halliday and Martin (1993)이 과학의 언어가 가진 언어 특성의 핵심적이고 중요한 요소로서 명사화에 의한 문법적 은유를 강조한 것과 동일한 양상에 해당한다.

또한, 윤서의 발화에서 “온도 변화가 더 빠르고” 역시 그 뒤에 언급하는 사례 즉, 모래가 “더 빨리 뜨거워지고”, “더 빨리 식어요”와 같이 데이터를 분석하여 종합한 결과로서 개체화된 하나의 현상을 명사화된 표현으로 나타낸 것으로 볼 수 있다. 다만, 윤서는 명사화시킨 이 현상을 먼저 언급한 후에, 데이터를 분석하는 비교 표현의 서술을 나열하는 연역적 문장 구성을 보인다는 점에서 데이터 인식 및 분석의 전형적인 사고 과정을 따르고 있지는 않았다. 이 점은, 서빈이 ‘~기 때문에’를 통해 데이터 인식과 분석 사이의 인과 관계를 문장으로 표현한 반면, 윤서는 ‘-고’, ‘-르 때’라는 나열 방식의 언

어 표현을 주로 활용한 데에서 드러난다.

후술하겠지만, 윤서와 서빈, 두 학생의 언어적 산출물에서 데이터 분석의 결과로 도출된 “온도 변화”라는 명사화된 표현은 증거 해석하기 맥락에서도 두드러지게 사용되는 언어적 자원이었다. 비록 두 명의 사례만을 제시했지만, 서빈과 윤서의 발화에서 보이는 문법적 특징은 데이터 분석하기와 증거 해석하기의 두 맥락 간 상호 연결 과정에서 명사화라는 언어적 자원이 인식의 도구로 기능할 수 있음을 보여 준다.

2. 증거 해석하기

데이터 분석을 통해 증거를 인식한 후에 증거들을 해석하여 현상의 원인이나 과정을 설명하기 위한 원리 또는 규칙을 찾아내는 일은 과학지식을 구성하는 인식론적 과정에서 매우 중요하다. 그러나 연구에 참여한 학생들은 이러한 지식구성의 인식론적 과정을 정확하게 수행하지 못하는 경우가 많았다. 다음의 사례는 차가운 얼음물이 담긴 집기병 표면에 물방울이 맺히는 현상의 원인을 찾는 학습 활동에서 한 학생의 활동 결과물이다.

뜨거운 공기는 수증기가 많은데 차가운 물질인 병을 만나서 뜨거운 공기에 있던 수분이 **붙어서** 물방울이 생기기 때문이라고 생각. 증거는 실험에서 물에 얼음을 넣는 걸 보았고, 얼음은 10도 이하이고 공기는 그 이상(10도 이상)으로 물방울이 생긴다. (이슬과 안개 소단원 수업 중 김찬의 학습활동지 기록문)

물방울이 생기는 이유를 기술하는 활동지에서 이 학생은 물에 얼음을 넣었다는 사실 정보 및 얼음과 공기의 온도를 비교한 정보 즉, 데이터를 그대로 증거라고 인식하였다. 또한, 뜨거운 공기에 수증기가 많음을 사전 증거로 다루어 “뜨거운 공기에 있던 수분(수증기)이 차가운 병을 만나서 붙었다”고 증거들을 종합하여 해석하는 모습을 보였다. 이러한 증거 해석은 과학적으로 타당한 접근이라고 보기 어렵다. 이러한 증거 해석을 보이는 과정에서 이 학습자가 동원한 언어 표현을 보면, “-가 많은데, -을 만나서, -이 붙어서”와 같이 하나의 문장 내에 여러 현상적 정보들을 단순히 나열하여 제시함을 확인할 수 있다. 물론, 인과성을 표현하기 위해 “-아서/-어서”의 연결 어미를 활용하기는 하였으나, 위의 활동 결과물에서 이 연결 어미들은 이유나 근거

를 드러내기보다는 단순히 시간적 선후 관계를 나타내는 것으로 볼 수 있다. 즉, 물방울이 생긴 이유에 대한 증거로서 실험 결과에서 얻은 데이터와 사전에 인식하고 있던 증거들을 나열하기는 하지만, 그 증거를 해석하여 물방울이 생기는 현상을 설명하는 데 요구되는 규칙이나 원리를 찾아내는 언어적 표현은 쓰이지 않은 것이다.

한편, 데이터를 분석하여 증거를 인식한 후에 그 증거를 해석하는 맥락에서 학생들은 관찰 결과를 종합하여 하나의 현상으로 개체화하는 문법적 자원으로 명사화된 표현을 사용하는 양상을 보이기도 하였다.

모래는 물보다 **올라가는 속도가 더 빠르고, 내려가는 속도도 빨라요**. 물은 **올라가는 속도랑 내려가는 속도**가 느려요. 근데 모래가 온도가 더 내려가는 속도가 빠르지만 물보다 모래가 온도가 더 높아요. (지면과 수면의 온도 변화 소단원 수업 중 박성의 발화문)

모래가 물보다 빨리 올라가고, 빨리 식어요. 물은 모래보다 **올라가는 속도가 느리고, 내려가는 속도가 느려요**. (지면과 수면의 온도 변화 소단원 수업 중 안나의 발화문)

위의 두 학생은 모래와 물의 온도가 달라지는 양상을 관찰하고 이를 기술할 때 온도가 올라가거나 내려가는 “속도”라는 개체화된 명사를 사용하였다. 물론 물체의 운동에서 빠르기를 나타내는 정교한 물리학 개념을 드러낸 것은 아니지만, 온도가 변화하는 정도의 차이를 속도라는 하나의 명사화된 개념으로 지칭한 것이다.

열을 다시 가하지 않으면 모래는 **식은 정도가 빨라지고**, 물은 열을 가하면 조금씩 올라가지만, 열을 다시 빼면 올라가지도 않고 내려가지도 않고 그냥 쪽 가만히 있어요. (지면과 수면의 온도 변화 소단원 수업 중 박희의 발화문)

물은 열을 받으면 조금씩 **온도 변화**가 올라가는 성질이 있지만, 열을 받지 않으면 똑같은 온도로 계속 유지되기 때문에 모래가 물보다 **온도 변화**가 커요. (지면과 수면의 온도 변화 수업 중 박희의 발화문)

위 발화에서 이 학생은 “식은 정도”나 “온도 변화”와 같이 명사화 방식의 문법적 표현을 사용하여 자신이 분석한 데이터를 표현하고, “모래가 물보다

온도 변화가 크”다는 증거를 제시하였다. 이처럼 증거를 나타내는 발화에는 온도가 높다, 낮다, 온도가 빨리 올라간다, 내려간다는 서술식 술어 표현보다 “온도 변화”라는 명사화된 문법적 도구가 사용되는 사례가 많았다. 관찰한 여러 현상을 종합하는 과정에서 하나의 개체로 묶어(packed) 명사화된 표현을 사용하면, 온도 변화가 크다/작다와 같이 명사화된 개체와 연결되는 술어의 형태가 달라진다는 점에서, 언어 사용 방식의 특이성을 확인할 수 있다.

초등학생들이 과학의 언어 특성으로 알려진 명사화 방식의 문법적 은유 표현을 직접 사용할 수 있었던 것은 수업을 지도했던 교사의 교수법적 안내 발화(instructional discourse)를 들은 경험이 그들의 언어 사용 방식에 부분적으로 영향을 줄 수 있음을 보여 준다. 연구에 참여했던 초등교사는 “실험 결과를 나타낸 그래프에서 물과 모래의 온도 변화의 차이점이 무엇인지 이야기해 보자” 또는 “물과 모래의 기압 차이를 이야기해 보자”와 같은 교수법적 안내 발화를 사용하여 수업을 진행하였다. 이와 같은 교사의 언어 사용이 학생들에게 인식되어 일부 학생이 과학 수업 중 대화에서 유사한 문법적 구조를 가진 언어 사용 양상을 보였다고 해석할 수 있다.

교사의 교수법적 발화와 함께 과학 교과서에 제시된 문장의 문법 구조 역시 학생들에게 영향을 줄 수 있다고 판단된다. 연구를 시행한 수업 내용에 해당하는 소단원의 교과서 본문은 아래와 같다.

지면과 수면은 하루 동안 **온도 변화**가 다르게 나타납니다. 낮에는 지면이 수면보다 빠르게 데워지기 때문에 지면의 온도가 수면의 온도보다 높습니다. 밤에는 지면이 수면보다 빠르게 식기 때문에 지면의 온도가 수면의 온도보다 낮습니다. (지면과 수면의 온도는 하루 동안 어떻게 변할까요?, 초등학교 5학년 2학기 과학, p. 59)

과학 교과서에서 해당 소단원의 제목은 “온도는 하루 동안 어떻게 변할까요?”인데, 이 문장은 ‘온도가 변한다’는 사실 정보를 표현하는 문법 구조를 띠고 있다. 반면에, 교과서의 해설 본문 텍스트의 문장은 ‘온도 변화가 다르다’는 문법 구조와 ‘온도가 높다/낮다’는 문법 구조가 함께 제시되어 있다. 즉, ‘낮(밤)에는 지면의 온도가 수면보다 높다(낮다)’는 사실 정보를 ‘온도 변화’라는 개체화된 현상으로 묶어서 표현하는 명사화 방식의 문법적 은유

가 포함된 것이다. 이 사례는 비록 단편적일 수 있으며, 과학 교과서의 문장 역시 집필자가 명사화 방식의 문법적 은유를 고려하여 작성한 문장은 아닐 것이다. 그러나 학생들이 과학의 문화에서 사용되는 언어 활동의 양태를 교사의 교수법적 안내 발화나 교과서 텍스트의 문법 구조에서 직간접적으로 경험한 것이 과학 수업에서 유사한 과학적 말하기를 나타낸 것과 관련될 수 있음을 보여 준다.

3. 규칙/원리를 적용하여 설명하기

일반적으로, 규칙이나 원리를 적용하여 과학적 현상을 설명하는 과정에서 인과 관계를 드러내는 “-때문에 -하다”와 같은 문법적 형태가 주로 쓰일 것이라고 기대되에도 불구하고, 실제 학생들의 산출물에서는 “-(이)고, -하다” 또는 “-해 가지고”와 같이 여러 현상 정보들을 병렬적으로 나열할 때 동원되는 연결 어구들이 쓰인 사례가 많았다.

공기는 차가운 곳에서 따뜻한 곳으로 이동하고, 그거를 고기압에서 저기압으로 이동한다고 **해가지고**, 바람은 고기압에서 저기압으로 이동해요. (낮과 밤에 바닷가의 바람 소단원 수업 중 김찬의 발화문)

위 발화에서 “공기는 차가운 곳에서 따뜻한 곳으로 이동한다”는 규칙을 “고기압에서 저기압으로 이동한다”는 또 다른 규칙으로 대체하여 적용한 후에 “바람은 고기압에서 저기압으로 이동한다”는 설명 주장으로 이어졌다. 규칙을 적용하여 설명을 구성하는 맥락임에도 불구하고 이 학생은 “해 가지고”와 같이 현상을 열거하는 언어 형식을 사용하였다.

그 밖에 규칙을 적용하여 설명을 구성할 때 “-하기 때문에”와 같이 인과 관계에 완벽하게 부합하는 연결 어미를 활용하지 않고, “-아서/-어서”와 같은 형태의 연결 어미를 동원하여 인과 관계를 유사적으로 표현하는 사례가 보이기도 했다.

차가운 곳인 바다는 고기압이고, 따뜻한 곳인 모래는 저기압 **이어서** 공기가 고기압에서 저기압으로 이동을 **해서** 바람이 바다에서 모래로 불어요. (낮과 밤에 바닷가의 바람 소단원 수업 중 박희의 발화문)

위 학생의 발화에서 “바다는 고기압이고, 모래는 저기압이어서”는 증거에 해당하고, “공기가 고기압에서 저기압으로 이동을 해서”는 규칙에 해당한다.

이 증거와 규칙을 적용하여 “바람이 바다에서 모래로 불어요”라는 설명 주장을 이끌어냈다. 이 발화에서 증거와 규칙은 모두 설명을 도출하는 데 필요한 원인에 해당한다. 그러나 이 학생은 “이어서”와 “해서”를 병렬적으로 나열하여 마치 시간적 선후 관계를 표현하는 형식으로 발화하였다. 문법적으로 “이어서”와 “해서”는 이유나 근거를 표현하는 인과 관계를 표현하는 연결 어구로 사용될 수 있으므로 위 학생의 발화문에 사용된 연결 어미는 오류로 볼 수는 없지만, 증거에 기반하여 규칙을 적용한 설명 주장의 문법 구조에 완벽히 부합한다고 할 수는 없다.

한편, 학생들의 과학 말하기와 글쓰기가 지식구성 과정의 측면에서 일치하지 않는 사례도 발견되었다. 데이터 - 증거 - 규칙 - 설명의 요소가 포함되더라도 말하기와 글쓰기에서 각 요소의 논리적 연결 관계를 표현하는 양상이 다르게 발현되었다.

낮에는 물이 고기압, 모래가 저기압이고 낮에는 물보다 모래가 더 뜨거우니까 모래가 더 저기압인데, 선생님이 저기압이 위로 올라간것같아요. **그리고** 고기압인 물에서 모래 쪽으로 공기가 이동하면서 바람이 불어요. (낮과 밤에 바닷가의 바람 소단원 수업 중 공지의 발화문)

위 발화문에서 이 학생은 “낮에는 물이 고기압, 모래가 저기압”이라는 증거를 토대로, “저기압이 위로 올라간다”는 규칙을 적용하여 “물에서 모래 쪽으로 바람이 분다”는 설명을 도출하였다. 그런데 ‘물보다 모래가 더 뜨겁다’는 데이터에서 ‘모래가 더 저기압’이라는 증거로 연결되는 관계는 “-니까”

라는 인과 관계의 연결 어미를 사용하여 데이터 자체를 원인으로 표현할 뿐, 데이터를 분석하여 증거를 도출하는 논리적 연결 관계를 제시하지는 못하였다. 또한, “저기압이 위로 올라간다”는 규칙과 “고기압인 물에서 모래 쪽으로 바람이 분다”는 설명의 연결 관계는 인과 관계가 아니라 “그리고”라는 병렬적 나열 관계를 표현하는 접속사로 표현되었다.

낮에는 바다가 모래보다 차갑기 때문에 바다는 고기압, 모래는 저기압입니다. 공기는 고기압에서 저기압으로 이동하므로 낮에는 바다에서 모래로 공기가 이동합니다. (낮과 밤에 바닷가의 바람 소단원 수업 중 공지의 학습활동지 기록문)

반면에 동일한 학생이 같은 현상을 학습 활동지에 기록하는 글에서는 데이터에서 증거, 증거에서 규칙, 규칙을 적용한 설명 주장으로 이어지는 논리적 흐름을 명시적인 인과 관계로 표현하는 문법 구조를 보였다. 위 학생은 “낮에는 바다가 모래보다 차갑다”는 데이터에서 “바다는 고기압, 모래는 저기압”이라는 증거를 도출하였다. 이 연결 관계는 “-기 때문에”라는 인과 관계를 표현하는 연결 어미를 활용하여 서술되었다. 이 증거는 “공기가 고기압에서 저기압으로 이동한다”는 규칙에 적용되었고, 규칙을 설명 주장에 적용할 때 “-므로”와 같이 인과 관계를 표현하는 연결 어미를 사용하여 “낮에는 바다에서 모래로 공기가 이동한다”는 설명 주장을 도출하였다. 위 학생은 데이터 분석에서 증거 도출, 그리고 규칙을 적용하여 설명 도출에 이르는 과정을 모두 인과 관계를 나타내는 문법적 도구로 표현하였다.

Table 2. Summary of the students' language use along the context of knowledge construction

지식구성의 맥락	언어 특성 양상
데이터 인식/분석하기	<ul style="list-style-type: none"> • 관찰 대상을 지시하는 명사를 주어 또는 목적어로 사용하고, 현상이나 상태를 나타내는 술어를 이용하여 데이터 인식 • 계기성 연결 어미(~하자), 조건을 표현하는 보조 용언(~할 때)으로 인과 관계를 대체함 • 부사어(상대적으로, 더) 또는 보조사(~보다)를 이용하여 서로 다른 데이터를 비교하여 분석함 • 데이터를 분석한 결과(온도가 높아짐/낮아짐)를 명사(온도 변화)로 묶어 개체화함
증거 해석하기	<ul style="list-style-type: none"> • 시간적 선후 관계를 표현하는 연결 어미(~아서, ~해서, ~어서)를 사용하여 인과 관계 서술을 대체함 • 증거를 종합하여 단일 현상으로 개체화하는 명사화 사용(온도가 올라가는 속도, 식는 정도, 온도 변화)
규칙 적용하여 설명하기	<ul style="list-style-type: none"> • 규칙을 적용하여 설명 주장을 도출할 때 현상을 나열하는 연결 어미(~이고, ~해 가지고, ~어서)를 사용함 • 시간적 선후 관계에 사용되는 연결 어미(~아서, ~어서)로 유사 인과 관계를 표현함

이상의 연구 결과를 Table 2에 요약하여 정리하였다.

IV. 논 의

이 연구에 참여한 학생들의 언어 활용 양상은 증거에 기반한 추론 프레임워크의 세 가지 맥락 중에서 데이터 인식/분석하기의 맥락을 제외하면, 과학지식을 구성하는데 충분히 적절한 문법적 완결성을 갖추고 있다고 보기는 어려웠다. 데이터 인식하기의 맥락에서 연구에 참여한 초등학생들은 관찰한 현상 또는 상태를 나타내는 술어와 관찰 대상을 지시하는 명사를 주어 또는 목적어로 사용하여 상황의 목적에 부합하는 언어 활동의 양상을 보였다. 그러나 학생들이 사용한 문장 간의 논리적 관계를 보면, 계기성 연결 어미(~하자) 또는 조건이나 가정을 표현하는 보조 용언(~할 때)을 사용하여 현상 간의 인과 관계를 표현한 것과 같이, 상황의 목적에 부합하지 않는 언어 활동의 양상을 나타내기도 했다. 반면에, 데이터를 분석하기 맥락에서 학생들이 사용한 언어 활동의 양상은 ‘상대적으로, 더’와 같은 부사어와 ‘~보다’와 같은 보조사를 이용하여 서로 다른 현상에 관한 데이터를 비교함으로써 맥락의 특징에 부합하는 특징을 보였다.

증거 해석하기의 맥락은 ‘~~이~하므로(증거)~하다(해석)’와 같은 인과 관계의 구조가 일반적인 문법 구조이며, 규칙을 적용하여 설명하기의 맥락 역시 ‘~하므로(규칙)~는~이다(설명)’와 같은 인과 관계를 나타내는 문법 구조로 서술되는 것이 일반적이다. 상대적으로 증거 해석하기보다 설명 구성하기의 맥락에서 “~해서~하기 때문에”와 같은 인과 관계를 나타내는 논리적 관계를 드러내는 사례가 발견되기도 했지만, 두 맥락에서 학생들은 인과 관계를 표현하는데 필요한 적절한 연결 관계를 사용하지 못하고, “~ 한데,~아서/어서,~고,~해 가지고”와 같이 하나의 문장 내에 여러 현상 정보들을 병렬적으로 나열하여 제시하는 논리적 관계를 드러내는 경우가 많았다.

위와 같이 학교 과학교육 현장에서 발생하는 언어 활동 양상에 대해 Seah (2016)는 과학지식 구성의 맥락에 적합한 언어 사용 및 문식 기능(literacy skill, Seah, 2016) 습득의 중요성을 강조한 바 있다. 과학 수업에서 과학적 의사소통에 필요한 적절한

문법적 도움을 제공하지 않을 경우, 학생들은 자신이 관찰한 경험을 단순히 반복하여 기술하는 말하기 또는 글쓰기에 머무를 뿐 과학적 과정에 대한 일반화된 설명이나 서술을 수행하기 어려울 수 있다(Schleppegrell, 2004). 이 연구의 결과에서 본 바와 같이 초등학생들이 데이터 분석, 증거 해석, 규칙 적용, 설명 구성의 맥락에 일반적으로 사용되는 문법적 구조와 일치하지 않는 과학적 말하기와 글쓰기를 보이는 것은 학생들이 접할 수 있는 과학 학습에 관한 언어 사용 모델이 충분하지 않았으며, 당연히 과학 학습의 맥락에 맞는 언어 사용을 체득할 기회가 적었음을 말해준다.

한편, 데이터 분석하기와 증거 해석하기의 두 맥락에서 학생들은 모래와 물의 온도가 시간이 지남에 따라 높아지거나 낮아지는 현상을 “온도 변화”로 표현하거나, 온도가 올라가는(또는 내려가는) “속도”와 “식은 정도”와 같이 관찰한 데이터를 종합하여 하나의 개체화된 현상으로 표현하는 명사화 방식의 문법적 은유를 동원하였다. 이와 같은 명사화된 어구를 사용할 경우, ‘온도가 더 많이 높아진다’가 아니라 ‘온도 변화가 더 크다/심하다’와 같이 명사의 특성에 따라 술어 표현 방식도 달라졌다. 과학의 언어 사용에서 특징적으로 보이는 명사화 방식의 문법적 은유를 일부 학생들이 사용한 사례들은 앞서 언급했던 문식 기능의 습득 측면에서 볼 때 학생들이 과학 학습의 언어 사용 모델을 접할 기회가 전혀 없었던 것은 아님을 보여 준다. 연구 결과의 해석에 일부 제시했던 것과 같이 교사의 교수법적 안내 발화 또는 과학 교과서 텍스트의 문법 구조를 학생들이 경험할 경우 비록 초등학생이라 할지라도 과학의 문화에서 사용되는 언어 활동의 양상과 유사한 과학적 말하기 또는 글쓰기를 실행할 수 있다. 따라서 과학 교과의 핵심역량으로서 과학적 의사소통 능력을 과학적 논증 활동에 근거한 과학지식 구성 과정에 적합한 언어 사용 능력으로서 이해한다고 할 때, 학생들의 과학 학습 언어 사용의 양상을 개선하기 위해서는 차후 과학 교육과정 개정 및 과학 학습 환경을 조성할 때, 증거에 기반한 추론에 근거한 과학지식 구성의 맥락에 적절한 언어 사용 이해와 이에 대한 문식 기능의 습득을 과학 탐구의 목표로 명시적으로 제시하는 것이 필요하다.

V. 결론 및 제언

연구에 참여한 초등학생들의 과학적 의사소통 능력을 과학적 말하기와 글쓰기에 구현된 언어 사용의 문법적 특성의 관점에서 분석한 결과는 다음과 같다. 학생들은 증거에 기반한 추론 프레임워크에서 제시한 과학지식 구성의 맥락 중 데이터 분석하기와 증거 해석하기의 맥락에 대해서, 과학 공동체에서 일반적으로 사용되는 문법적 구조와 일치하지 않는 언어 사용의 양상을 보였다. 그러나 규칙이나 원리를 적용하여 설명을 구성하는 맥락에서는 부분적으로 과학 공동체의 언어 사용과 유사한 문법 구조를 가진 언어 사용을 보이기도 했다. 또한, 데이터 분석하기와 증거 해석하기 맥락에서 교사의 교수법적 안내 발화나 교과서 텍스트의 문법 구조에 대한 경험을 통해 관찰한 사례들을 묶어서 명사 형태로 표현하여 단일 현상으로 개체화하는 명사화 방식의 문법적 은유를 사용하여 과학의 언어 형태와 유사한 언어 사용 양상을 보인 사례도 제시되었다.

과학 수업 중에 특정한 목적에 해당하는 말하기 또는 글쓰기를 어떻게 수행해야 하는지를 정확히 인식하는 것은 학생들이 학습 공동체의 일원으로 과학 학습에 필요한 언어 활동을 체득하여 과학 공동체의 문화를 익히는데(enculturation) 매우 중요하다(Seah, 2016). 그러므로 이 연구의 결과는 과학적 의사소통 능력을 단지 의사소통 형태의 유형이나 요소, 또는 의사소통에 내포된 과학 내용의 정확함 여부에 초점을 두는 것이 아니라, 과학지식을 구성하는 과정에서 사용한 말하기와 글쓰기의 문법적 특성에 초점을 두고 접근했다는 점에서 과학 교과의 핵심역량으로서 과학적 의사소통 능력에 대한 과학교육계의 이해를 심화하는데 기여할 수 있다고 본다. 또한, 이 연구에서 수행했던 증거에 기반한 추론 프레임워크를 접목한 순환학습 수업에서 학생들이 구현한 의사소통 과정을 데이터 인식/분석하기, 증거 해석하기, 규칙/원리를 적용하여 설명 구성하기 등의 맥락에 따라 언어 활동의 문법적 특성을 분석한 결과를 통해 초등학교 과학 수업에서 교사들이 과학적 논증 활동 및 지식구성 측면에서 학생들의 과학적 의사소통 능력을 신장시키기 위한 노력이 필요함을 제안할 수 있다. 학생들이 증거에 기반한 추론에 근거한 과학지식 구성의

맥락에 적절한 언어 사용 이해와 이에 대한 문식 기능을 습득할 수 있게 하려면, 과학 학습에 관한 언어 사용 모델을 접할 기회를 충분히 제공해 주는 것이 필요하다. 초등학교 과학 수업에서 교사들이 과학지식 구성의 맥락에 부합하는 언어 사용의 모델을 학생들이 접할 수 있도록 적절한 교수법적 안내 발화를 제시하는 것과, 과학 교과서 및 학습 활동지에 적절한 문법 구조를 포함한 문장들을 제시하는 것이 중요함을 제안한다.

참고문헌

- 교육부(2015). 2015 과학과 교육과정.
 권난주, 성혜진, 전상일(2017). 온라인 과학 기사를 활용한 과학 자유말하기 활동이 초등학생의 과학적 의사소통능력과 과학 태도에 미치는 영향. *현장과학교육*, 11(3), 330-337.
 김철훈, 이형철(2017). 라운드 로빈 기법을 적용한 과학 수업이 초등학생의 과학적 의사소통능력, 과학 학습 동기 및 학업성취도에 미치는 영향. *초등과학교육*, 36(4), 394-404.
 나지연, 장병기(2018). 초등학생의 과학적 의사소통 능력 함양을 위해 예비 초등교사들이 작성한 수업과정안의 특징. *초등과학교육*, 37(1), 54-65.
 맹승호, 박영신, 김찬중(2013). 논증 담화 분석 연구의 방법론적 고찰: 논증활동의 협력적 구성과 인식적 실행의 분석을 중심으로. *한국과학교육학회지*, 33(4), 840-862.
 백중호, 정대홍, 황세영(2014). 탐구 실험을 활용한 과학 교사 논변 과제 개발과정에서 드러난 쟁점 및 수정 효과: 기체에 대한 사틀의 법칙 실험 사례. *한국과학교육학회지*, 34(2), 79-92.
 신호심, 김현주(2012). 원운동 학습 상황에서 Toulmin의 논의구조(TAP)와 다이어그램을 이용한 대화적 논의 과정 분석틀 개발. *한국과학교육학회지*, 32(5), 1007-1026.
 전성수(2013). 초등학생의 과학적 의사소통능력 검사도구 개발. *한국교원대학교 대학원 박사학위논문*.
 하지훈, 신영준(2017). ALP 모형을 적용한 과학 수업이 초등학생의 과학적 의사소통능력에 미치는 영향. *한국과학교육학회지*, 37(6), 1025-1035.
 Berland, L. K., & Reiser, B. J. (2011). Classroom communities' adaptations of the practice of scientific argumentation. *Science Education*, 95, 191-216.
 Brown, N. J. S., Furtak, E. M., Timms, M., Nagashima, S. O., & Wilson, M. (2010). The evidence-based reasoning framework: Assessing scientific reasoning.

- Educational Assessment, 15(3-4), 123-141.
- Burns, T. W., O'Connor, D. J., & Stockmayer, S. M. (2003). Science communication: A contemporary definition. *Public Understanding of Science*, 12, 183-202.
- Erduran, S., Simon, S., & Osborne, J. (2004). TAPing into argumentation: Developments in the application of Toulmin's Argument Pattern for studying science discourse. *Science Education*, 88(6), 915-933.
- Halliday, M. A. K., & Martin, J. R. (1993). *Writing science: Literacy and discursive power*. Pittsburgh, PA: University of Pittsburgh Press.
- Halliday, M. A. K., & Matthiessen, C. M. I. M. (2004). *An introduction to functional grammar* (3rd ed.). London, Arnold.
- Jiménez-Aleixandre, M. P., Rodríguez, A. B., & Duschl, R. A. (2000). "Doing the lesson" or "doing science": Argument in high school genetics. *Science Education*, 84, 757-792.
- Kim M., & Roth, W-M. (2018). Dialogical argumentation in elementary science classrooms. *Cultural Studies of Science Education*, 13, 1061-1085.
- Kulgemeyer, C., & Schecker, H. (2013). Students explaining science: Assessment of science communication competence. *Research in Science Education*, 43, 2235-2256.
- McNeill, K. L., & Knight, A. M. (2013). Teachers' pedagogical content knowledge of scientific argumentation: The impact of professional development on K-12 teachers. *Science Education*, 97, 936-972.
- Mercer-Mapstone, L., & Kuchel, L. (2017). Core skills for effective science communication: A teaching resource for undergraduate science education. *International Journal of Science Education, Part B*, 7(2), 181-201.
- Merriam, S. B. (1998). *Case Study research in education: a qualitative approach*. San Francisco: Jossey Bass.
- Naylor, S., Keogh, B., & Downing, B. (2007). Argumentation and primary science. *Research in Science Education*, 37(1), 17-39.
- Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 994-1020.
- Sandoval, W., & Millwood, K. (2008). What can argumentation tell us about epistemology? In S. Erduran & M. P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: Perspectives from classroom based research* (pp. 68-85). Dordrecht: Springer.
- Schleppegrell, M. J. (2004). *The language of schooling: a functional linguistics perspective*. Mahwah: Lawrence Erlbaum.
- Seah, L. H. (2016). Understanding the conceptual and language challenges encountered by grade 4 students when writing scientific explanations. *Research in Science Education*, 46, 413-437.
- Walton, D. (1988). Burden of proof. *Argumentation*, 2, 233-254.
- Zemal-Saul, C., McNeill, K., & Hershberger, K. (2013). *What's your evidence? Engaging K-5 students in constructing explanations in science*. Boston: Pearson.

맹승호, 서울교육대학교 교수(Maeng, Seung-ho: Professor, Seoul National University of Education)

† 이관희, 서울교육대학교 교수(Lee, Kwan-hee: Professor, Seoul National University of Education)