

RESEARCH ARTICLE

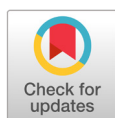
An Analysis of the Educational Impacts of an AI-Integrated Chemistry Class Emphasizing the Interpretation of Regression Models: Focusing on High School Students' AI Literacy, Knowledge-Information Processing Competency, and Perceptions of the Class

Saetbyeol Moon¹, Chulkyu Park^{2*}¹Gwangyang Madong Middle School²Sunchon National University

회귀 모델에 대한 해석을 강조한 인공지능 융합 화학 수업의 교육적 영향 분석: 고등학생들의 인공지능 리터러시, 지식정보처리 역량, 수업에 대한 인식 관점에서

문샛별¹, 박철규^{2*}¹광양마동중학교, ²국립순천대학교

*Corresponding Author: Chulkyu Park, ckpark@scnu.ac.kr



OPEN ACCESS

Brain, Digital, & Learning
2026, Vol. 16, No. 1, 77–93<https://doi.org/10.31216/BDL.2026.16.1.6>**Received:** November 03, 2025**Revised:** February 02, 2026**Accepted:** February 13, 2026© 2026 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 rapid advancement of artificial intelligence (AI) technology necessitates a fundamental shift in educational goals—from the simple transmission of standardized knowledge to fostering learners' abilities to collaborate with AI, solve complex problems, and generate new value. This study implemented an AI-integrated chemistry class that emphasized the interpretation of regression models, targeting general high school students, to examine its impact on students' AI literacy and knowledge-information processing competency. The class covered two topics—surface tension and gases—each organized into five stages: concept introduction, AI modeling, model interpretation, explanation introduction, and summary. Students' AI literacy and knowledge-information processing competency were measured through pre- and post-tests and analyzed using the Wilcoxon signed-rank test to examine differences before and after the class. In addition, students' perceptions of the class were collected through a post-survey and qualitatively categorized to identify response patterns. The results revealed statistically significant improvements in students' AI literacy and knowledge-information processing competency. Moreover, students reported that the class supported their understanding of chemistry concepts and highlighted the importance of social interactions with teachers and peers in reducing cognitive load and enhancing learning effectiveness. They also demonstrated strong motivation to pursue further learning

through advanced theoretical learning and additional data analysis activities. These findings suggest that AI modeling and interpretation practices, collaborative interactions, and the integration of follow-up enrichment activities are critical components of effective AI-integrated science education.

Keywords: AI-integrated education, Artificial intelligence, AI literacy, knowledge-information processing competency, regression model

Introduction

인공지능(Artificial Intelligence, AI) 기술의 급속한 발전은 사회 전반의 구조적 변화를 촉발하고 있으며, 이에 따라 교육 분야에서도 교육 목표와 방식에 대하여 새로운 방향 설정이 요구되고 있다. 과거 산업화 시대의 교육이 표준화된 지식을 효율적으로 전달하고 암기하는 데 중점을 두었다면, AI 시대의 교육은 예측 불가능한 미래 사회에 대응하기 위해 학습자가 AI와 효과적으로 협력하고, AI가 생성한 정보를 비판적으로 평가하고, 복잡한 문제를 해결하고 새로운 가치를 창출하도록 하는 데 중점을 두어야 한다는 것이다(Bozkurt, 2023). 교육부는 이러한 교육 패러다임을 2022 개정 교육과정에 반영하여, 초·중·고 모든 교과군에서 언어·수리 소양과 함께 디지털 소양을 함양하도록 하였다(Ministry of Education, 2022).

2022 개정 교육과정(Ministry of Education, 2022)에 따르면, 디지털 소양은 “다양한 디지털 도구와 기술을 사용하여 정보를 체계적으로 수집·분석·관리하고 소통하며 문제를 효과적으로 해결하는 능력”(p. 27)으로 정의된다. 이와 관련하여 Lim & Hong (2023)은 디지털 리터러시 교육의 궁극적 목적이 실천적 디지털 문제해결이라고 주장하며, 학생들이 디지털 기술을 사용하여 교과 맥락의 실생활 문제들을 능동적으로 해결해 보는 교육이 필요하다고 주장하였다. 이러한 문제해결 관점의 디지털 소양 개념은 자연스럽게 인공지능 리터러시(AI literacy)와 지식정보처리 역량과 연결되는데, 왜냐하면 인공지능은 복잡한 문제를 해결할 수 있는 디지털 기술의 일종이며, 지식정보처리 역량은 문제 해결에 초점을 둔 역량이기 때문이다. Long & Magerko (2020)에 따르면, 인공지능 리터러시란 AI의 기본 원리와 구조를 이해하고 실제 문제 상황에서 AI를 활용하며, AI가 생성한 결과물을 비판적으로 평가하고, 사회적, 윤리적 함의를 성찰할 수 있는 다차원적 역량이다. 유사하게 Ng et al. (2021)도 인공지능 리터러시를 지식 및 개념 이해, 정보 활용 및 문제 해결, 비판적 평가 및 의사소통, 윤리 및 책임성의 네 영역으로 구조화하여, 이것이 미래 시민에게 필수적인 복합적 능력임을 강조한 바 있다. 한편, 2022 개정 교육과정(Ministry of Education, 2022)에서는 지식정보처리 역량을 “다양한 정보와 자료를 수집·분석·평가·선택하고 적절한 매체를 활용하여 지식과 정보를 효과적으로 처리함으로써, 합리적으로 문제를 해결할 수 있는 능력”으로 정의하였으며, “논리적·비판적 사고를 통한 문제 인식, 지식정보의 수집·분석·활용 등을 통한 문제 해결 방안의 탐색, 해결 방안의 실행 및 평가, 매체 활용 능력 등의 하위 요소들”(p. 34)을 포함할 수 있다고 보았다. 지식정보처리 역량은 지식 정보화 사회에서 가장 중요한 역량 중 하나로 간주되고 있으며, 과학 교과와 매우 관련이 깊은 핵심역량이다(Kim & Kim, 2020; Son & Jeong, 2018, 2020). 이처럼 인공지능 리터러시와 지식정보처리 역량은 AI 기술이 심화 및 확산되는 현대 사회에서 모든 학습자에게 필수적인 역량으로 자리매김하고 있을 뿐만 아니라 교육과정이 제시하고 있는 디지털 소양과도 밀접하게 관련이 있기 때문에, 이 두 역량은 학교 교육 전반에서 체계적으로 함양될 필요가 있다.

이와 관련하여, 인공지능 융합교육은 교과교육에서의 새로운 교수학습 전략이 될 수 있다. 인공지능 융합

교육이란, 인공지능에 대한 이해를 바탕으로 교과 내용 맥락의 문제들에 대하여 창의적인 해결책을 제시할 수 있도록 하는 교육 양식을 말한다(Choi, 2023). Moon et al. (2025)은 범교과 맥락에서 인공지능 융합 교육의 효과를 메타적으로 분석한 후 인공지능 융합 교육이 인지적, 정의적 영역에서 교육적 효과가 있다고 보고하였다. 인공지능 융합교육을 다룬 과학교육 문헌들에서도 이러한 교육이 인공지능에 대한 인식, 데이터 리터러시, 창의적 문제해결력, 인공지능 융합 수업에 대한 흥미, 개념 이해 및 학업성취, 추리능력 등에 긍정적인 영향을 미칠 수 있다고 보고하였다(Jeon, 2024; Kim & Choi, 2021; Kim & Kim, 2024; Kim et al, 2024; Moon et al., 2022; Moon & Paik, 2025; Shin & Shin, 2021). 예컨대, Jeon (2024)은 AI 도구인 Orange3 프로그램을 활용하여 대기오염 수치와 코로나 확진자 수의 관계 그리고 서울시 대기오염에 미치는 요인을 분석하는 활동이 고등학생들의 데이터 리터러시 향상에 효과가 있음을 확인하였고, Kim & Kim (2024)은 AI 도구인 Entry 프로그램을 활용하여 소리의 진폭과 진동수를 탐색하고 여러 음성을 분류하는 활동이 중학생의 소리 개념 학습과 인공지능에 대한 인식의 긍정적 변화에 효과적임을 확인하였다. Kim et al. (2024)은 Orange3를 활용하여 물질의 끓는점을 예측하는 활동을 경험한 고등학생들이 AI 교육 만족도와 데이터 리터러시 문항에서 긍정적인 응답을 하였다고 보고하였고, Moon & Paik (2025)은 Orange3를 활용하여 산화환원 반응을 분류해보는 활동이 고등학생들의 학업 성취도 향상과 오개념 수정에 효과가 있음을 확인하였다. Shin & Shin (2021)은 AI 도구인 Teachable Machine을 이용하여 식물 잎 데이터를 분류하고 발표하는 활동이 초등학생들의 기초과학탐구능력 중 추리 능력의 향상에 도움이 됨을 확인하였다. 이러한 연구결과들은 인공지능 융합 과학교육의 잠재적 효과를 암시하지만, 그럼에도 불구하고 지금까지 수행된 연구들은 그 수나 대상, 교수학습 모델 등에 있어서 매우 제한적이므로 더 많은 연구가 수행될 필요가 있다(Zha et al., 2025).

한편, 과학적 문제 해결에서의 AI의 역할이 커지면서, 과학교육에서도 AI 기반의 탐구 역량 함양이 강조되고 있다(Herdliiska & Zhai, 2024). AI는 방대한 데이터를 빠르고 정확하게 처리할 수 있다는 점에서 복잡한 문제 상황에서의 학생들의 데이터 분석 활동을 도울 수 있다. 그러나 AI의 빠르고 정확한 데이터 분석 능력만을 강조하다 보면 오히려 인공지능 융합 과학교육을 데이터 분석에 주안점을 둔 교육으로 보이게 만들지도 모른다. 예컨대, Hong et al. (2024)은 인공지능 물리 융합수업을 수행한 고등학생들이 물리학 내용의 이해를 강조하기보다는 교사의 지시에 따라 수동적으로 인공지능 모델을 구축하는 수업 방식에 불만을 느꼈다고 보고하였다. 과학탐구가 자료의 수집과 분석을 넘어, 분석결과를 과학적으로 해석하는 활동임을 고려할 때, 인공지능 융합 과학교육에서는 데이터 분석(예: 규칙성 찾기)뿐만 아니라 분석결과를 과학적으로 해석하는 활동(예: 과학적으로 설명하기) 또한 강조될 필요가 있다.

더욱이, 인공지능 융합 과학교육에서 분석결과에 대하여 해석을 강조하는 것은 이것이 과학교육적으로 중요하기 때문만은 아니다. 데이터 분석결과를 해석하는 과정은 인공지능 리터러시와 지식정보처리 역량을 함양하는 데 잠재적으로 도움이 될 수 있다. AI가 생성한 정보를 비판적으로 분석하고 해석하는 과정은 AI의 작동 원리와 한계를 이해하고 그 결과물을 맹목적으로 수용하지 않는 태도를 기른다는 점에서 인공지능 리터러시를 함양시키는 학습 경험이다(Long & Magerko, 2020). 또한 복잡한 데이터를 탐색하고 이를 토대로 새로운 과학적 설명을 구성하는 과정은 정보를 비판적으로 가공하여 의미 있는 지식으로 창출하는 지식정보처리 역량이 발휘되는 과정이기도 하다(Kwon & Lee, 2025).

본 연구에서는 회귀 모델에 대한 해석을 강조한 인공지능 융합 화학 수업이 고등학생의 인공지능 리터러시 및 지식정보처리 역량과 수업에 대한 인식에 미치는 영향을 확인하고자 하였다. 이를 위해 인문계 고등학

교 과학중점반 학생들로 하여금 Orange3 프로그램을 활용하여 직접 화학 데이터를 분석하고, AI가 생성한 모델에 대하여 과학적 설명을 구성(즉, 해석)하도록 하였다. Orange3는 복잡한 코딩 없이도 기계학습 모델링의 전체 과정을 직관적으로 설계하고 실행할 수 있는 AI 분석 도구로서 교육적 활용 가능성이 높지만, 이를 활용한 기존의 인공지능 융합 교육 연구들은 데이터 분석을 위한 AI 모델 구축 자체에 초점을 두는 경우(Jeong & Choe, 2023; Kim et al., 2024; Kim & Nam, 2024; Pi, 2023)와 AI 분석 활동을 통한 개념 학습에 초점을 두는 경우(Moon et al., 2022; Moon & Paik, 2025)가 많았다. 반면, AI가 산출한 회귀 모델의 계수를 과학 개념과 연결하여 변수 간 관계를 해석하고, 이를 바탕으로 학생들이 능동적으로 과학적 설명을 구성하도록 하는 활동이 인공지능 리터러시와 지식정보처리 역량에 미치는 영향을 분석한 연구는 상대적으로 부족한 실정이다. 결과적으로, 본 연구는 AI 분석을 실시하고 그 결과를 해석해보는 학습 경험의 양적 효과와 질적 특성을 분석하여 인공지능 융합 화학 수업에 대한 시사점을 제안하였다.

- 1) 회귀 모델에 대한 해석을 강조한 인공지능 융합 화학 수업은 고등학생의 인공지능 리터러시 향상에 도움이 되는가?
- 2) 회귀 모델에 대한 해석을 강조한 인공지능 융합 화학 수업은 고등학생의 지식정보처리 역량 향상에 도움이 되는가?
- 3) 회귀 모델에 대한 해석을 강조한 인공지능 융합 화학 수업에 대한 고등학생의 인식은 어떠한가?

Methods

Participants

본 연구는 전라남도 소재 인문계 고등학교 과학중점반 2학년 학생 25명을 대상으로 진행되었다. 검사지 및 인식 조사지의 제출 누락으로 인해 분석 도구별로 최종 분석 인원이 상이하였으며, 최종 분석에 사용된 인원은 인공지능 리터러시 검사 23명, 지식정보처리 역량 검사 22명, 수업에 대한 인식 조사 24명이었다. 연구 대상자들은 2015 개정 교육과정 화학 I 과목을 이수하고 있었고, ‘화학의 첫걸음’ 단원(화학반응과 양적 관계), ‘원자의 세계’ 단원(원자의 구조와 주기율표), ‘화학결합과 분자의 세계’ 단원(화학결합과 분자의 구조와 성질) 등을 학습하였으나, 분자 간 인력, 표면장력, 이상기체, 실제기체, 기체분자 운동론 등에 대해서는 알지 못한 상태였다. 또한 이들은 인공지능 모델링이나 Orange3 프로그램에 대한 사전 교육 경험도 없었다. 연구 대상자들은 Student의 약자인 S로 표시하고 개별 고유번호를 부여하였다.

Research Design and Procedure

본 연구는 회귀 모델 해석을 강조한 인공지능 융합 화학 수업이 고등학생의 인공지능 리터러시와 지식정보처리 역량에 미치는 효과를 검증하기 위해 단일집단 사전-사후 검사 설계를 기반으로 수행되었다. 단일집단에 대하여 수업 전후로 사전 검사와 사후 검사를 각각 실시한 후, 두 검사 점수의 변화를 비교하였다. 본 연구는 비교를 위한 통제집단이 없으므로 사전 검사 경험이 사후 검사에 미치는 영향, 연구 기간 동안 발생한 외부 사건의 영향 등 내적 타당도에 영향을 주는 변수를 완벽하게 통제하기 어렵다는 한계점을 지닌다. 그럼에도 불구하고 본 연구는 새로운 교수학습 전략의 적용 가능성과 잠재적 효과를 탐색한다는 점에서 의미를 가진다. 수업에 대한 인식 조사 또한 수업 종료 후 단일집단에서 이루어졌다.

본 연구에서는 인공지능 융합 화학 수업의 핵심 중재 도구로 AI 기반 데이터 분석 프로그램인 Orange3를 활

용하였다. Orange3 프로그램은 시각적인 위젯(widget) 기반의 인터페이스를 제공하여 복잡한 코딩 없이 데이터 분석 및 머신러닝 모델링의 전체 과정을 직관적으로 설계하고 실행할 수 있도록 지원하는 오픈 소스 소프트웨어이다. 사용자는 데이터 불러오기, 전처리, 모델 학습, 평가, 시각화 등의 기능을 가진 위젯들을 캔버스에 배치하고 연결하는 것만으로도 모델링을 할 수 있다.

이러한 직관성과 사용 편의성 덕분에 Orange3 프로그램은 프로그래밍에 익숙하지 않은 초·중·고등학생이나 비전공자를 위한 데이터 과학 및 AI 교육 도구로서 주목받고 있다. 여러 선행연구들은 Orange3 프로그램을 활용한 교육 프로그램이 학생들의 인공지능 리터러시, 데이터 리터러시, 개념 이해 향상에 긍정적인 효과가 있음을 보고한 바 있다 (Jeong & Choe, 2023; Kim & Nam, 2024; Moon et al., 2022; Moon & Paik, 2025; Pi, 2023). 특히, 이 프로그램은 데이터가 처리되고 모델이 생성되는 과정을 시각적으로 보여줌으로써 AI를 이해 가능한 절차로 인식하게 하여 인공지능 리터러시의 기술적 이해 측면을 함양하는 데 효과적일 수 있다. 본 연구에서는 프로그램의 이러한 교육적 장점을 활용하여 학생들이 화학 데이터 분석이라는 구체적인 맥락 속에서 AI 모델링의 원리를 체험하고, 그 결과를 과학적으로 해석하는 활동을 설계하였다. 즉, 본 연구에서 사용한 Orange3 프로그램은 단순한 AI 기술 습득의 대상을 넘어 화학 학습과 역량 함양을 위한 도구로 활용되었다.

회귀 모델에 대한 해석을 강조한 인공지능 융합 화학 수업은 다음과 같은 절차에 따라 진행되었다. 본 수업은 고등학교 2학년 학생들을 대상으로 대학연계 심화과학캠프에서 실시되었으며, 1회 수업당 3차시씩 총 2회, 6차시에 걸쳐 이루어졌다. 각 수업은 2주일의 간격을 두고 진행되었다. 1일차 수업(1~3차시)의 주제는 ‘표면장력’이었고, 2일차 수업(4~6차시)의 주제는 ‘기체’였다. 수업은 학생들이 2~3인 1조로 하여 각각의 주제와 관련된 물성 데이터를 Orange3 프로그램을 이용하여 분석하고 이후 분석 결과를 조별로 해석하는 방식으로 진행되었다.

본 연구에서 표면장력과 실제 기체를 주제로 선정한 까닭은 학생들로 하여금 스스로 과학적 설명을 만들도록 하기 위함이었다. 표면장력과 실제 기체는 당시 학생들이 아직 배우지 않은 개념이었기에, 학생들은 수업에서 분석한 결과들을 미리 알고 있는 방식으로 해석하는 것이 아니라 스스로 과학적이고 창의적으로 해석해야만 했다. 예컨대, 학생들이 도출한 표면장력 회귀 모델에 대하여 ‘왜 분자량은 표면장력에 음의 영향을 미치는 반면, 밀도와 임계점은 양의 영향을 미치는가’를 설명하도록 요구받았을 때, 학생들은 분자 간 인력, 분자의 부피, 분자간 거리, 분자 개수 등과 같은 과학적 용어들을 도입하여 자신들만의 해석을 만들고 이후 교사 설명을 통해 과학적 타당성을 점검하고 심화 개념들을 정교화하는 과정을 거쳤다. 즉, 본 수업은 회귀 분석 결과를 기계적으로 받아들이는 활동이 아니라, 데이터로부터 과학적 설명을 창안하도록 설계된 탐구 중심 수업이었다. 구체적인 수업 절차는 Table 1과 같다.

Table 1. Structure and procedure of the AI-integrated chemistry class

Session	Topic	Lesson Stage	Content	Strategy
1	Surface Tension		• Pre-test	
		Concept	• Learning AI concepts	Lecture
		Introduction	• Learning the concept of surface tension	
2		Modeling	• Identify inquiry objectives and datasets • Build and evaluate surface tension prediction models using Orange3	Practice, Discussion
3		Model Interpretation	• Construct and present scientific explanations for the derived regression model	Discussion, Presentation
		Explanation	• Instructor explanation on the regression model	Lecture
		Introduction	• Explanation of the limitations of linear regression	
		Summary	• Summary of the surface tension concept	Lecture
4	Gas	Concept	• Review of AI concepts	Lecture
		Introduction	• Learning the concept of gases	
5		Modeling	• Identify inquiry objectives and datasets • Calculate compressibility factors of gases under low and high pressure • Build and evaluate gas compressibility factors prediction models (low and high pressure) using Orange3	Practice, Discussion
6		Model Interpretation	• Construct and present scientific explanations for the derived regression models	Discussion, Presentation
		Explanation	• Instructor explanation of the regression models	Lecture
		Introduction		
		Summary	• Summary of the gas concept • Post-test and perception survey on the lesson	Lecture

1차시에서는 먼저 인공지능 리터러시 및 지식정보처리 역량에 대한 사전 검사를 실시한 후, 첫 번째 수업에 대한 ‘개념 도입’ 활동을 진행하였다. 이 활동은 AI 개념(모델/학습, 머신러닝, 회귀분석)과 화학 개념(표면장력, 분자 간 인력, 임계점)에 대한 기초적인 강의 형태로 진행되었다.

2차시에서는 표면장력에 대한 ‘모델링’ 활동을 진행하였다. 먼저, 탐구 목적(표면장력 예측 모델 구축과 해석)과 탐구에 사용할 데이터 세트(142종 액체 화합물들의 물성 데이터: 분자량, 밀도, 끓는점, 임계온도, 표면장력)를 확인하였다. 이후, 학생들은 교사의 안내에 따라 직접 Orange3 프로그램을 사용하여 데이터를 표준화(전처리)하고, 랜덤포레스트(random forest), 인공신경망(neural network), 선형회귀(linear regression) 위젯을 활용하여 분자량, 밀도, 끓는점, 임계온도 데이터로부터 표면장력을 예측하는 3가지 AI 모델을 구축하였다. 만들어진 AI 모델들은 예측 능력(R^2)과 해석가능성 여부에 대하여 평가되었는데, 이때 선형회귀는 랜덤포레스트나 인공신경망과는 달리 각각의 변인들이 표면장력에 얼마만큼의 영향을 주는지 직접적으로 정보를 제공하는 분석 기법이라는 점이 강조되었다.

3차시에서는 ‘모델 해석’, ‘설명 도입’, ‘정리’ 활동을 진행하였다. 학생들은 회귀 모델로부터 각각의 변인이 왜 표면장력에 정적(positive, 양의 상관관계) 또는 부적(negative, 음의 상관관계) 영향을 미치는지 조별로 해석(과학적 설명 구성)하고 발표하여야 했다. 예컨대, 왜 분자량은 표면장력에 부정 영향을 미치는 반면, 밀도와 임계온도는 표면장력에 정적 영향을 미치는지를 설명하여야 했다. 학생 발표가 끝난 후, 교사는 회귀 모델에 대하여 과학적 설명을 제공하고, 선형회귀분석의 표현 한계(즉, 비선형 관계를 표현하지 못함)를 설명하였으며, 표면장력에 관한 개념을 전체적으로 정리하였다.

4차시에서는 두 번째 수업에 대한 ‘개념 도입’ 활동을 진행하였다. 지난 수업에서 배운 AI 개념(모델/학습, 회귀분석)을 간략히 복습하고, 화학 개념(이상기체, 실제기체, 압축인자)에 대한 기초적인 강의를 진행하였다.

5차시에서는 기체의 압축인자에 대한 ‘모델링’ 활동을 진행하였다. 먼저, 탐구 목적(저압(1 bar) 및 고압(1000 bar) 상황에서의 기체의 압축인자 예측 모델 구축과 해석)과 탐구에 사용할 데이터 세트(241종 기체 화합물들의 물성 데이터: 분자량, 끓는점, 저압과 고압 조건에서의 실제기체 부피 및 이상기체 부피)를 확인하였다. 이후, 학생들은 교사의 안내에 따라 직접 엑셀 프로그램을 사용하여 저압 및 고압 상황에서의 압축인자(=실제기체의 부피/이상기체의 부피)를 각각 계산하여 데이터 세트에 추가하였다. 그리고 나서 이들은 Orange3 프로그램을 사용하여 데이터를 표준화(전처리)하고, 랜덤포레스트, 인공신경망, 선형회귀 위젯을 활용하여 분자량과 끓는점 데이터로부터 저압과 고압 상황에서 각각 압축인자를 예측하는 3가지씩의 AI 모델을 구축하였다. 만들어진 AI 모델들은 예측 능력(R^2)이 평가되었다.

6차시에서는 ‘모델 해석’, ‘설명 도입’, ‘정리’ 활동에 이어 사후 검사 및 수업에 대한 인식 조사를 진행하였다. 학생들은 본인들이 분석한 저압 조건에서의 회귀 모델과 고압 조건에서의 회귀 모델을 비교하며, 왜 저압에서는 분자량과 끓는점이 압축인자에 부적 영향을 미치고, 왜 고압 조건에서는 둘 다 정적 영향을 미치는지 조별로 해석(과학적 설명 구성)하고 발표하여야 했다. 학생 발표가 끝난 후, 교사는 회귀 모델에 대하여 과학적 설명을 제공하고, 기체에 관한 개념을 전체적으로 정리하였다. 수업이 끝난 후, 인공지능 리터러시 및 지식정보처리 역량 사후 검사와 수업에 대한 인식 조사를 실시하였다.

Instruments

본 연구에서는 수업의 효과를 양적, 질적으로 확인하기 위해 인공지능 리터러시 검사지, 지식정보처리 역량 검사지, 수업 활동지, 수업에 대한 인식 조사지를 사용하였다. 이중 인공지능 리터러시 검사 도구와 지식정보처리 역량 검사 도구의 하위 구인, 문항 수, 대표 문항 예시, 본 연구에서 산출한 신뢰도(Cronbach's α)는 Table 2에 제시하였다.

인공지능 리터러시 검사지는 Hwang & Bae (2024)가 사용한 인공지능 리터러시 측정 문항 15개를 기준으로, 과학교육 전문가 1인과 과학교육 박사과정 1인이 논의를 통해 일부 영어교육 맥락의 문항을 과학교육 맥락의 문항으로 수정하여 사용하였다. 검사지는 총 15개의 문항으로 구성되었으며 5점 리커트 척도(매우 그렇다 5점, 그렇다 4점, 보통이다 3점, 그렇지 않다 2점, 매우 그렇지 않다 1점)에 따라 응답하도록 하였다. 문항은 인지적 영역 5문항, 기능적 영역 5문항, 정의적 영역 5문항으로 구성되어, 인공지능의 개념과 원리에 대한 이해, 인공지능을 문제상황에 활용하는 능력, 인공지능에 대한 윤리적·사회적 태도를 포괄적으로 측정하도록 설계되었다. 검사 후 총합이 높을수록 인공지능 리터러시가 높은 것으로 판단하였다.

지식정보처리 역량은 Baek et al. (2017)의 지식정보처리 역량 검사 문항 15개를 기준으로, 과학교육 전문가 1인과 과학교육 박사과정 1인이 논의를 거쳐 일부 문항에서의 오차를 수정하고 윤문하여 사용하였다. 검사지는 5점 리커트 척도(매우 그렇다 5점, 그렇다 4점, 보통이다 3점, 그렇지 않다 2점, 매우 그렇지 않다 1점)에 따라 응답하도록 하였다. 검사지는 문제 인식 영역 5문항, 해결책 탐색 영역 5문항, 해결 및 평가 영역 5문항으로 구성되어 지식정보처리 과정의 전 단계를 측정하도록 설계되었다. 검사 후 총합이 높을수록 지식정보처리 역량이 높은 것으로 판단하였다.

수업 활동지는 회귀 모델에 대한 학생들의 해석, 즉 과학적 설명을 분석하기 위해 사용하였다. 구체적으로, 이 활동지는 학생들의 AI 모델링 활동을 통해 얻게 될 회귀 모델(회귀식)과 이에 대한 과학적 설명을 묻는 질문으로 구성되어 있었다(Fig. 1). 제시된 회귀 모형들은 표면장력의 정의(단위 면적을 늘리는 데 필요한 에너지)와 실제 기체분자의 특징(분자간 인력과 반발력)을 고려하여 과학적으로 해석될 수 있었다(Atkins et al.,

2023; Park et al., 2020). 교사는 AI 모델링 활동이 끝난 후 수업 활동지에 제시된 회귀 모델의 수학적 의미(각 독립변수가 종속변수에 미치는 영향의 정도)를 설명하였고, 학생들은 앞서 배운 내용을 토대로 도출된 회귀 모델을 조별로 해석(과학적 설명 구성)하였다. 수업 활동지는 조별 토의 결과를 바탕으로 학생들이 개별적으로 작성하였다.

본 연구에서 사용한 마지막 도구는 수업에 대한 인식 조사지이다. 수업에 대한 인식 조사지는 인공지능 융합 수업이 화학 개념 학습에 도움이 된 정도와 이유, 수업에서 좋았던 점, 어려웠던 점, 시행착오 극복 과정, 추후 수업에서 배운 내용을 확장 또는 심화하여 알고 싶은 점 등을 묻는 질문으로 이루어져 있었다. 각 질문에 대하여 의견이 없으면 없다고 응답하라고 안내하였다.

Table 2. Summary of AI literacy and knowledge information processing competency instruments

Instrument	Dimension	No. of items	Example item	Cronbach's α	
				Pre	Post
AI Literacy	Cognitive	5	I know about tools that use artificial intelligence.	0.843	0.842
	Functional	5	I can collaborate with artificial intelligence to successfully complete shared tasks.	0.870	0.841
	Affective	5	I can explain the positive impact that artificial intelligence will have on society.	0.789	0.766
	Total	15		0.866	0.914
Information Processing Competency	Problem identification	5	I can figure out for myself what issues are important.	0.816	0.887
	Solution exploration	5	I can organize the collected data systematically.	0.849	0.893
	Solution development and evaluation	5	I can put into practice the methods I have thought of to solve problems.	0.899	0.847
	Total	15		0.940	0.944

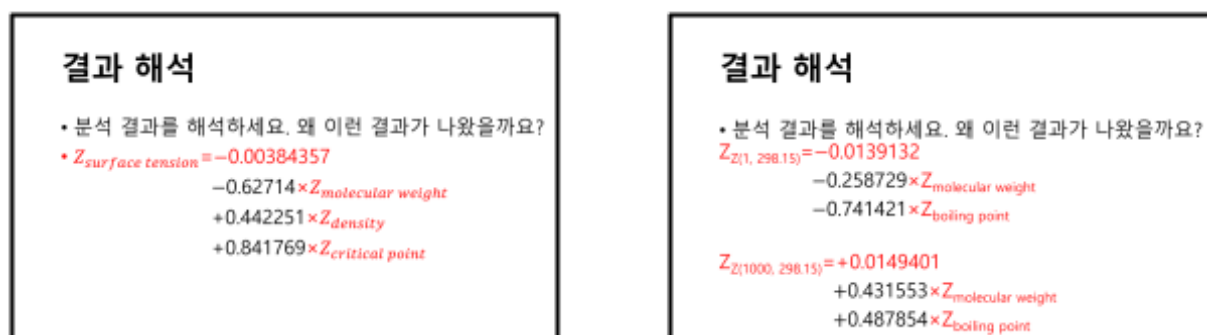


Fig. 1. Questions in the activity sheet(Left: surface tension, Right: compressibility factor)

Data Analysis

인공지능 리터러시 검사와 지식정보처리 역량 검사는 인공지능 융합 화학 수업이 시작되기 전과 모든 수업이 종료된 후에 각각 실시되었다. 수업 활동지는 수업 중 회귀 모델에 대한 학생들의 해석을 수집하기 위해 제시되었고, 수업에 대한 인식 조사는 모든 수업이 종료된 후 실시되었다.

인공지능 리터러시 및 지식정보처리 역량 점수는 SPSS Statistics 25 통계 프로그램을 사용하여 분석되었다. 사전 검사와 사후 검사 점수의 차이를 분석하기 위해 대응표본 비모수 검정인 윌콕슨 부호 순위 검정(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. 본 연구의 표집 인원이 22~23명으로 소표본에 해당하므로, 분석의

일관성과 보수성을 확보하기 위해 모든 하위 영역과 총점에 대해 동일한 비모수 검정을 적용하였다.

수업에 대한 인식 조사지의 서술형 응답은 주제 분석 방법을 활용하여 분석하였다. 전체 자료를 반복적으로 읽으며 내용에 익숙해지는 단계, 의미 있는 구절에 초기 코드를 부여하는 단계, 코드들을 관련성에 따라 그룹화하여 잠재적 주제를 탐색하는 단계, 도출된 주제들을 검토하고 정교화하는 단계, 최종 주제를 정의하고 명명하는 단계로 진행되었다. 그후, 도출된 범주별로 응답 빈도를 산출하였고, 만약 한 학생의 응답에 복수의 범주가 포함된 경우에는, 각 범주를 개별 응답 단위로 처리하여 분석하였다.

Results

AI Literacy

본 연구에 참여한 학생들의 인공지능 리터러시의 사전-사후 점수 변화에 대한 통계 분석 결과는 Table 3과 같다. 수업에 참여한 학생들의 인공지능 리터러시 전체 점수는 사전 검사에 비해 사후 검사에서 통계적으로 유의미하게 향상된 것으로 나타났다($p < 0.001$). 이는 회귀 모델에 대한 해석을 강조한 인공지능 융합 화학 수업이 학생들의 인공지능 리터러시 함양에 효과적이었음을 보여준다. 비록 정의적 영역($p > 0.05$)은 통계적으로 유의미한 향상이 있지 않았지만, 다른 하위 영역인 인지적 영역($p < 0.001$)과 기능적 영역($p < 0.001$)에서 통계적으로 유의미한 향상이 나타나 인공지능 리터러시 전체 점수에서 유의미한 향상이 나타난 것으로 생각된다.

Table 3. Results of Wilcoxon signed-rank test on AI literacy (N=23)

	Post-pre	N	Mean rank	Sum of ranks	Z	p(2-tailed)
Total	Negative ranks	1	2.50	2.50	-4.13	<0.001
	Positive ranks	22	12.43	273.50		
	Ties	0				
Cognitive	Negative ranks	0	0.00	0.00	-4.12	<0.001
	Positive ranks	22	11.50	253.00		
	Ties	1				
Functional	Negative ranks	1	10.00	10.00	-3.79	<0.001
	Positive ranks	21	11.57	243.00		
	Ties	1				
Affective	Negative ranks	7	7.93	55.50	-1.86	>0.05
	Positive ranks	13	11.88	154.50		
	Ties	3				

Knowledge-Information Processing Competency

지식정보처리 역량의 사전-사후 점수 변화에 대한 통계 분석 결과는 Table 4와 같다. 학생들의 지식정보처리 역량 전체 점수는 사전 검사에 비해 사후 검사에서 통계적으로 유의미하게 향상되었다($p < 0.01$). 이는 회귀 모델에 대한 해석을 강조한 인공지능 융합 화학 수업이 학생들의 지식정보처리 역량 함양에 긍정적인 효과가 있었음을 시사한다. 하위 영역별로 살펴보면, 문제인식($p < 0.05$), 해결책 탐색($p < 0.05$), 해결 및 평가($p < 0.01$) 등 모든 영역에서 통계적으로 유의미한 향상이 나타났다.

Table 4. Results of Wilcoxon signed-rank test on knowledge-information processing competency (N=22)

	Post-pre	N	Mean rank	Sum of ranks	Z	p(2-tailed)
Total	Negative ranks	4	8.25	33.00	-2.87	<0.01
	Positive ranks	17	11.65	198.00		
	Ties	1				
Problem identification	Negative ranks	5	6.50	32.50	-2.09	<0.05
	Positive ranks	12	10.04	120.50		
	Ties	5				
Solution exploration	Negative ranks	5	6.30	31.50	-2.57	<0.05
	Positive ranks	14	11.32	158.50		
	Ties	3				
Solution development and evaluation	Negative ranks	3	2.50	7.50	-3.28	<0.01
	Positive ranks	14	10.39	145.50		
	Ties	5				

Perceptions of the AI-Integrated Chemistry Class

AI 도구의 활용이 화학 개념 학습에 도움이 되었는지 묻는 질문에 대해 학생들은 5점 리커트 척도 기준으로 평균 4.5점($SD=0.51$, ‘그렇다’와 ‘매우 그렇다’의 중간 수준)을 응답하였다. AI가 학습에 도움이 된 이유를 묻는 질문에 대해서는 모델 해석 경험(10회, 41.6%) 때문이라는 의견이 데이터 분석 경험(7회, 29.2%) 때문이라는 의견보다 더 많았고, 이외에도 기타 응답(7회, 29.2%)이 있었다.

학생들이 인식한 수업의 좋았던 점은 교사의 쉽고 구체적인 설명 방식(9회, 33.2%), 모델에 대한 해석 경험(8회, 29.6%), 인공지능 활용 경험(6회, 22.2%), 심화 개념 학습(4회, 14.8%) 순으로 나타났다. 반면, 어려웠던 점으로는 개념 이해의 어려움(11회, 40.7%), 결과 해석의 어려움(10회, 37.0%), AI 도구 조작의 어려움(5회, 18.5%), 무응답(1회, 3.7%) 순으로 나타났다. 시행착오를 극복하는 방법에 대한 질문에서는 협력적 문제해결(12회, 40.0%)과 교사의 도움(11회, 36.7%), 자기주도적 해결(7회, 23.3%) 순으로 나타났다.

수업에서 배운 내용을 확장 또는 심화하여 더 알고 싶은 점에 대하여 분석한 결과, 표면장력 및 기체 개념과 관련된 심화 이론 학습(7회, 28.0%)에 대한 요구가 가장 높았고, 관련 개념에 대한 심화된 데이터 분석 활동(5회, 20.0%), 다른 과학 현상에 대한 데이터 분석 활동(4회, 16.0%), 관련 실험 활동(3회, 12.0%), 실생활 연결 학습(3회, 12.0%), 다른 AI 도구 학습(2회, 8.0%), 무응답(1회, 4.0%)이 뒤를 이었다.

Discussions

Fostering AI Literacy through AI-Supported Scientific Data Analysis

본 수업에서 학생들은 인공지능 리터러시 중 인지적 영역(인공지능의 개념과 원리에 대한 이해)과 기능적 영역(인공지능을 문제상황에 활용하는 능력)에서 유의미한 향상이 있었다. 이러한 긍정적인 결과는 학생들이 AI 개념을 학습하고, AI 도구를 이용하여 실제 과학 데이터를 분석하고, 도출된 AI 모델을 비판적으로 평가하는 과정을 경험하였기 때문으로 보인다(Wang & Lester, 2023; Dong et al., 2025). 분석 활동에서 학생들은 데이터를 전처리한 뒤, 랜덤포레스트와 인공신경망과 선형회귀 기법으로 데이터를 분석하여 각각의 모델들을 얻었다. 그 후, R^2 지표로 모델들의 예측 능력을 평가하였고, 논의를 통해 인공지능이 진리를 발견하는 기

술이 아니라 단순히 주어진 조건과 방법으로 데이터를 잘 묘사하는 모델을 만드는 기술일 뿐이라는 점을 인식할 수 있었다. 또한, 랜덤포레스트와 인공신경망과는 달리 선형회귀는 해석가능성 측면에서 장점이 있지만, 그럼에도 불구하고 선형회귀는 비선형 관계식을 표현하지 못한다는 한계가 있음이 강조되었다. 이러한 일련의 과정은 학생들에게 있어 AI의 분석 경험과 더불어 AI가 제시한 정보를 맹목적으로 수용하지 않고 그 의미와 한계를 이해할 수 있게 하는 기회가 되었다.

이와 관련하여, 다음의 학생 반응은 참고될 만하다. S20 학생은 수업에 대한 인식 조사지에서 ‘AI를 활용한 기술이 없었다면 다수의 데이터에서 데이터 사이의 관계성을 파악하고 수치화하는데 한계가 있었을 것 같다’, ‘선형회귀, 뉴럴 네트워크에 대한 개념들을 화학 분야에서 데이터를 통한 분석 및 결론 도출을 위해 어떤 식으로 사용될 수 있으며 수치를 어떻게 해석해서 사용할 수 있는지 알 수 있었다’, ‘데이터 사이의 관계성을 파악한 것까진 순조로웠으나, 정작 이 관계성이 무엇을 의미하고 이런 결과가 나오는 이유가 무엇인지를 어렵지만 생각해낼 수 있었다’ 등을 언급하였다. 이는 이 학생이 수업을 통해 AI의 개념, 과학 데이터 분석에서의 AI의 쓰임, AI 분석 결과에 대한 해석 필요성을 이해 및 인식하게 되었음을 보여준다. 선행연구에서는 인공지능의 사용과 영향에 대한 분석, 인공지능 활용에 대한 성찰, 설명가능한 AI 교육을 통한 AI의 판단 근거 이해, AI 산출물에 대한 비판적 평가 활동이 인공지능 리터러시를 향상시킬 수 있다고 하였는데(Allaire, 2025a, 2025b; Chung, 2022; Long & Magerko, 2020), 이러한 점에서 본 연구의 결과는 선행연구와 일치한다.

반면, 인공지능 리터러시 중 정의적 영역(인공지능에 대한 윤리적·사회적 태도)에서는 수업 전후로 유의미한 향상이 나타나지 않았다. 이는 본 수업에서 주로 AI의 기술적 이해와 활용이 표면화되어 드러난 반면, AI의 윤리적, 사회적 영향에 대한 논의는 상대적으로 이면적으로만 드러났기 때문으로 추정된다. 선행문헌에서는 포괄적인 AI 리터러시 교육을 위해서는 기술적 역량뿐만 아니라 윤리적·사회적 성찰도 주의깊게 다루어야 한다고 강조하므로(Küçükuncular, 2025; Wang & Lester, 2023), 향후 인공지능 융합 화학 수업에서는 인공지능 리터러시의 종합적 함양을 위해 AI의 사회적 책임과 윤리적 함의에 대한 내용 또한 주된 내용으로서 포함시킬 필요가 있다.

Fostering Knowledge-Information Processing Competency through Data-Based Scientific Inquiry

학생들의 지식정보처리 역량은 모든 하위 영역에서 유의미한 향상이 있었다. 이러한 결과는 학생들이 데이터 처리부터 다양한 해결책 탐색, 데이터 분석을 통한 문제 해결까지의 전체 데이터 기반 과학탐구 과정을 반복 경험하였기 때문으로 보인다(Schwartz & Burrows, 2021; Son & Jeong, 2020).

먼저, 지식정보처리 역량 중 문제인식 영역의 향상은 학생들이 해결해야 할 과학적 문제를 명확히 인식하는 능력이 향상되었음을 시사한다(Baek et al., 2017). 이는 학생들이 표면장력과 기체의 압축인자를 예측하고 도출된 결과를 설명하는 과제를 반복 수행한 결과로 보인다. Herdliska & Zhai (2024)의 연구에서도 AI 도구를 이용하여 이미지 분류 활동을 수행한 고등학생들이 비슷한 방식의 문제에 대하여 문제 설정 수준이 높았음을 고려하면, AI 도구를 이용한 지식정보처리 과정의 반복 수행이 문제 인식 역량을 키울 수 있다고 생각할 수 있다. 본 연구에서 학생들은 종종 수업 후 인식 조사에서 관련 개념에 대한 심화된 데이터 분석 활동(20.0%)이나 다른 과학 현상에 대한 데이터 분석활동(16.0%)을 추가적으로 수행하기를 희망하였는데, 이는 학생들이 과학적 문제를 어떻게 인식하고 설정해야 하는지를 알게 되었기 때문으로 보인다.

해결책 탐색 영역의 유의미한 향상은 학생들이 데이터 전처리, 모델 선택, 분석 방법 결정 등 문제 해결을 위한 다양한 전략을 탐색하는 능력이 향상되었음을 나타낸다(Baek et al., 2017). 본 연구의 AI 모델링 실습 활동에서 학생들은 곧바로 주어진 원 데이터를 분석하는 것이 아니었다. 이들은 먼저 원 데이터로부터 분석에 사용할 새로운 변수를 생성하고, 데이터 변수들의 상대적 영향력을 동일하게 평가하기 위해 표준화 작업을 수행하여야 했으며, 그 후에는 전처리된 데이터를 세 가지 방식으로 분석하여야 했다. 즉, 학생들은 이러한 과정을 통해 주어진 데이터에 근거하여 어떤 문제해결 전략을 사용할지, 그리고 필요하다면 문제를 해결하기 위해 원 데이터를 어떻게 의미있는 데이터로 변환할지 등 문제해결 전략을 탐색하는 능력을 향상시켰다고 보여진다.

해결 및 평가 영역의 향상은 학생들이 AI 모델링을 수행하고 설명하는 과정에서 이러한 해결책의 장·단점을 검토하는 능력이 향상되었음을 보여준다(Baek et al., 2017). 본 수업에서 학생들은 세 가지 AI 모델들을 구축하여 서로 비교하였고, 그중에서도 특히 회귀 모델의 계수를 해석하여 각 변수가 표면장력이나 압축인자에 미치는 영향을 과학적으로 설명하였다. 더욱이 표면장력 수업에서는 선형회귀의 표현 한계(일차 선형 조합)에 대해 논의함으로써 분석 결과가 제한적임을 인식하였다. 데이터에 기반하여 문제를 실제로 해결하고 그 해결책을 검토하는 일련의 경험이 학생들의 해결 및 평가 역량에 긍정적인 영향을 미쳤을 것으로 생각된다.

The Need for Social Interaction in AI-Integrated Chemistry Education

학생들은 회귀 모델에 대한 해석을 강조한 인공지능 융합 화학 수업이 개념학습에 도움이 되며, 이는 모델 해석 경험이 주요했다고 인식하였다. 또한 이들은 교사의 쉽고 구체적인 설명 방식과 모델에 대한 해석 경험을 수업에서 가장 좋았던 두 가지로 꼽았다. 반면, 학생들은 본 수업에서 사용한 개념과 결과 해석 활동이 특히 어려웠다고 인식하였으며, 어려움을 극복하는 방법으로서 협력적 문제해결과 교사의 도움이 주요했다고 보고하였다.

이러한 학생들의 인식은 본 연구에서 이뤄진 학생들의 학습 활동을 고려하면 이해될 수 있다. 예컨대, 일부 학생들은 데이터로부터 표면장력 회귀 모델을 도출한 직후, 해당 회귀 모델이 가지는 수학적 의미를 이해하지 못하고 혼란을 경험하였다. 그러나 교사 설명과 동료 간 토의를 통해 회귀 모델의 수학적 의미를 점진적으로 이해하였으며, 이를 바탕으로 수식에 대한 나름의 이론적 해석을 시도하였다. 학생들은 조별 논의를 거쳐 분자 간 인력, 분자의 부피, 분자간 거리, 분자 개수, 분자 겹침 등의 개념으로 구성된 이론적 설명들을 만들었다. 제시된 설명들은 어느 정도 타당한 부분을 포함하는 경우도 있었지만, 회귀 모델 전체를 정합적으로 아우르는 데에는 모두 한계가 있었다. 특히, ‘분자량이 표면장력에 음의 영향을 미치는 반면 임계점은 양의 영향을 미친다는 결과’는 분자간 인력 관점에서 상반되어 보였기에 학생들이 가장 해석하기 어려워하는 부분이었다. 학생들은 분자량이 증가할수록 분자의 크기가 커져 단위 면적당 분자 수가 감소할 수 있다는 교사의 설명을 듣고 나서야 표면장력과 변수들의 관계를 정합적으로 이해할 수 있었다.

이와 같은 학습 경험과 그에 대한 학생들의 인식은 인공지능 융합 화학 수업에서 학생들이 교사 지원을 바탕으로 한 협력적 해석 경험을 필요로 하며, 동시에 새로운 화학 개념 이해와 해석에 대하여 또한 인지적 부담을 느낀다는 것을 시사한다. Orange3 기반의 데이터 분석만을 수행한 인공지능 융합 화학 수업에서도 고등학생들은 어려움을 느낄 수 있으므로(Kim et al., 2024), 해석을 강조한 인공지능 융합 화학 수업에 대한 학생들의 어려움은 더욱 클 것 생각된다. 이런 관점에서, 학생들이 수업에서 좋았던 점으로 교사의 설명 방식

을 주로 언급하고, 시행착오 극복 방법으로 협력적 문제해결과 교사 도움을 주로 언급한 것은, 해석이 강조된 인공지능 융합 화학 수업에서 교사 및 동료와의 사회적 상호작용이 학습 성공의 핵심 요인으로 작용할 수 있음을 시사한다. 실제로도 AI 교육에서 협력학습은 자주 논의되는 주제이다(Park et al., 2025). 따라서 인공지능 융합 화학 수업에서 학생들에게 완전히 새로운 AI 도구나 과학 개념을 설명할 때에는 교사가 쉽고 구체적으로 안내할 필요가 있으며, 데이터를 분석하거나 학습한 과학 개념을 이용하여 AI 모델을 과학적으로 해석해야 할 때에는 교사가 스캐폴딩을 통해 학생들의 협력적이고 주도적인 참여를 독려할 필요가 있다(Moon & Paik, 2025).

The Need for Advanced Theoretical Learning and Additional Data Analysis Activities

학생들은 표면장력 및 기체 개념과 관련된 심화 이론 학습에 대한 요구가 가장 높았고, 관련 개념에 대한 심화된 데이터 분석 활동, 다른 과학 현상에 대한 데이터 분석 활동이 뒤를 이었다. 이와 관련하여, 먼저 주목할 점은 학생들이 후속 학습으로서 표면장력과 기체 개념에 대한 심화된 이론 학습을 가장 선호했다는 것인데, 왜냐하면 학생들은 수업에서 도입된 표면장력과 기체 개념이 어렵다고 인식하였기 때문이었다. 회귀 모델에 대한 과학적 설명 구성 경험이 화학 개념에 대한 학생들의 관심과 흥미를 높인 것으로 생각된다. 예컨대 S10 학생은 수업에 대한 인식 조사에서 ‘새로운 개념을 이미 알고 있던 개념을 가지고 설명하니깐 흥미로웠다’고 하면서 고압에서의 기체의 상태에 대해 자세히 알고 싶다고 응답하였다.

한편, 본 수업에서 경험한 방식처럼 새로운 과학 데이터를 분석하고, 도출된 결과를 과학적으로 해석해 보고자 하는 수요도 상당수 있었다. 이는 AI 도구를 기반으로 한 모델링 및 해석 경험이 이후 과학탐구에 대한 흥미를 높였기 때문으로 보인다. 예컨대, S5 학생은 수업에 대한 인식 조사에서 ‘직접 생각해 볼 수 있는 시간이 꽤나 있어서 실제 이유와 내 해석간의 차이나 공통점을 보는게 재밌었다’고 하면서 다른 데이터에 대해서도 분석과 해석 활동을 경험하고 싶다고 응답하였다.

Bolger et al.(2021)은 모델 기반 탐구가 대학생들의 행위주체성의 높이고, 어려움을 극복할 기회를 제공하며, 과학활동 참여를 촉진할 수 있다고 주장하였다. Hong et al. (2024)은 고등학생들이 인공지능 융합 물리 수업을 경험한 후 물리학과 AI에 대한 진입장벽이 낮아졌다고 보고하였으며, Sakulkueakulsuk et al.(2018)은 기계학습 기반의 망고의 당도 예측 활동을 수행한 중학생들이 높은 동기를 보였다고 보고하였다. 본 연구의 결과와 이러한 선행연구들은 AI 융합 화학 수업이 학생들의 추가 학습 동기를 유발하여 후속 활동으로 이어지게 될 수 있음을 시사한다.

Conclusions

본 연구에서는 인문계 고등학교 과학중점반 학생들을 대상으로 회귀 모델에 대한 해석을 강조한 인공지능 융합 화학 수업을 실시하고, 학생들의 인공지능 리터러시 및 지식정보처리 역량의 변화와 수업에 대한 인식을 분석하였다. 연구 결과, 인공지능 리터러시와 관련하여, 전체 점수와 인지적 영역, 기능적 영역에서 사전-사후에 유의미한 향상이 나타났다. 이는 회귀 모델에 대한 해석을 강조한 인공지능 융합 화학 수업이 학생들의 인공지능 리터러시, 특히 인공지능의 개념과 원리에 대한 이해와 인공지능을 활용하는 능력 함양에 효과적이었음을 보여준다. 정의적 영역의 점수에서는 유의미한 향상이 나타나지 않았는데, 이는 AI에 대한 윤리

적, 사회적 내용이 수업에서 이면적으로만 드러났기 때문으로 생각된다. 한편, 지식정보처리 역량과 관련하여, 전체 점수뿐만 아니라 문제인식 영역, 해결책 탐색 영역, 해결 및 평가 영역 등 모든 하위 영역에서 유의미한 향상이 나타났다. 이는 회귀 모델에 대한 해석을 강조한 인공지능 융합 화학 수업이 학생들의 지식정보처리 역량, 즉 데이터로부터 문제를 명확히 인식하여 해결책을 탐색 및 실행하고 해결책에 대한 장단점을 검토하는 능력 함양에 긍정적인 효과가 있었음을 시사한다. 수업에 대한 인식을 분석한 결과, 학생들은 회귀 모델에 대한 해석을 강조한 인공지능 융합 화학 수업이 화학 개념 학습에 도움이 되며, 인지적 부담을 완화하고 교육적 효과를 높이기 위해서는 교사 및 동료와의 사회적 상호작용이 중요하다고 인식하였으며, 심화 이론 학습과 추가 데이터 분석 활동을 수업 후 심화 활동으로서 이어가고자 하는 학습 의지를 드러냈다.

연구 결과를 바탕으로 다음과 같은 교육적 시사점을 제안한다. 첫째, AI 도구를 이용한 과학 데이터 분석(AI 모델링)과 해석 과정으로 이루어진 인공지능 융합 과학 수업이 더욱 강조될 필요가 있다. 본 연구의 결과는 AI 기술을 활용한 데이터 분석 및 해석 활동이 학생의 AI에 대한 이해도와 지식정보처리 역량을 동시에 강화할 뿐만 아니라, 잠재적으로 화학 개념 학습과 데이터 분석(모델링) 활동에 대한 흥미를 촉진할 수 있음을 시사한다. 특히, 2022 개정 교육과정(Ministry of Education, 2022)에서는 모든 교과에서 디지털 소양, 즉 “다양한 디지털 도구와 기술을 사용하여 정보를 체계적으로 수집·분석·관리하고 소통하며 문제를 효과적으로 해결하는 능력”(p. 27)을 기르도록 강조한다는 점에서, 본 연구에서의 접근은 이를 위한 한 가지 전형이 될 수 있다. 교육자료 및 교육과정 개발, 관련 연구 사례 축적, 교사 연수 등의 후속 과정이 필요할 것으로 보인다.

둘째, 해석을 강조한 인공지능 융합 과학 수업에서는 교사와 동료와의 상호작용이 강조되어야 한다. 학생들이 언급한 교사 및 동료와의 사회적 상호작용의 중요성은 인공지능 융합 과학 탐구 수업이 비사회적, 비대면적 학습으로 대체되기 어려움을 시사한다. AI 개념의 복잡성 때문에 AI 교육에서 협력학습은 자주 논의되는 주제이다(Park et al., 2025). 학생들은 AI뿐만 아니라 화학 개념도 어려워할 수 있기 때문에 개념 도입과 데이터 분석(모델링) 과정에서는 학생의 눈높이에 맞춘 교사의 안내가 필요하다. 분석 결과 해석 과정에서는 오히려 학습자 간 논의가 학생들의 학습을 촉진할 수 있기 때문에 교사는 학생 간 상호작용을 촉진하는 역할을 수행해야 할 것이다.

셋째, 인공지능 융합 과학 수업 이후 심화 개념 학습이나 추가 데이터 분석 활동이 동반될 필요가 있다. 수업 인식 분석 결과에서 학생들은 심화 이론 학습과 추가 데이터 분석 활동을 희망하였는데, 이는 인공지능 융합 화학 수업이 학생의 과학 이론 학습에 대한 내재적 흥미를 자극하고, 자발적 탐구로 이어지는 인지적 동기를 형성했음을 의미한다. 즉, 학생들은 AI 도구를 통해 얻은 결과를 다시 과학적 개념과 연결하고, 이전 과정에서 자신이 이해하지 못했거나 아쉬웠던 부분을 심화 학습의 필요로 인식하게 되었다. 이러한 양상은 ‘AI 모델링-해석과 과학 학습-추가적 학습 동기 유발’이라는 순환적 학습 구조를 가능하게 함으로써, 인공지능 융합 과학 수업이 학생의 지속 가능한 학습 동력을 촉진할 수 있음을 보여준다.

본 연구의 한계점은 다음과 같다. 첫째, 연구 대상의 제한성으로 특정 지역의 고등학생만을 대상으로 하여 연구 결과의 일반화에 제약이 있다. 둘째, 연구 기간의 제약으로 단기간의 효과만을 측정하여 장기적 효과와 지속성을 확인하지 못하였다. 셋째, 통제집단의 부재로 인공지능 융합 교육의 상대적 효과를 명확히 비교하기 어려웠다. 이러한 한계점들은 후속 연구를 통해 보완되어야 하며, 보다 엄밀한 연구 설계를 통해 인공지능 융합 화학 수업의 효과성에 대한 더욱 신뢰할 만한 증거를 축적해 나가야 할 것이다.

그럼에도 불구하고 본 연구는 AI 기술이 교육과 융합되기 시작한 현시점에, AI 기술을 단순한 계산 도구나 예측 도구로 활용하는 수준을 넘어 학생들이 개념적으로 어려운 데이터를 분석하고 이를 능동적으로 해석하기 위한 도구로서 활용한 화학 수업 사례를 보여주었다는 점에서 과학교육적 의미를 지닌다.

Conflicts of Interest

The author(s) declared no conflicts of interest.

References

- Allaire, F. S. (2025a). AI literacy for young scientists: Building critical thinking in a digital world. *Science and Children*, 62(5), 6-8.
- Allaire, F. S. (2025b). Beyond Google: Teaching AI literacy for scientific research and data interpretation. *The Science Teacher*, 92(6), 15-16.
- Atkins, P. W., De Paula, J., & Keeler, J. (2018). *Atkins' physical chemistry*. Oxford: Oxford University Press.
- Baek, S. G., Yoon, S., Shin A., Son, J., & Kim, Y. K. (2017). The development and the validation of six core competencies measurement scale for high school students in Korea. *Journal of Educational Evaluation*, 30(3), 363-395.
- Bolger, M. S., Osness, J. B., Gouvea, J. S., & Cooper, A. C. (2021). Supporting scientific practice through model-based inquiry: A students'-eye view of grappling with data, uncertainty, and community in a laboratory experience. *CBE—Life Sciences Education*, 20(4), ar59.
- Bozkurt, A. (2023). Generative artificial intelligence (AI) powered conversational educational agents: The inevitable paradigm shift. *Asian Journal of Distance Education*, 18(1), 198-204.
- Dong, L., Jiang, S., Xu, F., Duan, S., & Hsieh, C. J. (2025). From simplification to sophistication: Secondary students' conceptual change in understanding machine learning model decision making. *British Journal of Educational Technology*, 00, 1-20.
- Choi, S-Y. (2023). A study on the understanding and solving tasks of AI convergence education. *Journal of Industrial Convergence*, 21(1), 147-157.
- Chung, K. (2022). The effects of explainable artificial intelligence education program based on AI literacy. *Korean Association of Artificial Intelligence Education Transactions*, 3(1), 1-12.
- Herdlika, A., & Zhai, X. (2024). Artificial intelligence-based scientific inquiry. In X. Zhai & J. Krajcik (Eds.), *Uses of Artificial Intelligence in STEM Education* (pp. 179-197). Oxford: Oxford University Press.
- Hong, U., Shim, E., Jang, J., & Chae, S. (2024). An analysis of students' experiences using the block coding platform KNIME in a science-AI convergence class at a science core high school. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 44(2), 141-153.
- Hwang, B. E., & Bae, J. Y. (2024). The impacts of creating English picture books using generative AI on high school English learners' English reading and writing abilities, AI literacy, and self-efficacy. *English Education*, 79(4), 79-98.
- Jeon, Y. S. (2024). A developmental study of an instructional model and strategies for SSI(Socioscientific Issue) instruction with AI convergence to improve data literacy. *The Journal of Educational Information and Media*, 30(6), 1565-1590.
- Jeong, J-H., & Choe, H-J. (2023). Development and application of a teaching-learning program for learning data science : Focusing on distribution management of management and finance subjects. *Journal of the Edutainment*, 5(3), 193-216.

- Kim, B. H., & Nam, J. H. (2024). A study on improving in data literacy among middle school students through an Orange 3-based educational program. *The Journal of Korean Association of Computer Education*, 27(7), 35-41.
- Kim, H. R., & Choi, S. Y. (2021). Development and application of artificial intelligence STEAM program for real-time interactive online class in elementary science-focused on the unit of 'Life of Plant'. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 40(4), 433-442.
- Kim, M. N., & Kim, S. B. (2024). Development and application of artificial intelligence science convergence education program for middle school students: Focusing on conceptual change in sound through voice classification learning and perception change of artificial intelligence. *The Journal of Korean Association of Computer Education*, 27(2), 49-62.
- Kim, R. Y., & Kim, E. H. (2020). Analyzing the meaning and elements of knowledge-information processing competency in 2015 revised curriculum. *Journal of Research in Curriculum & Instruction*, 24(5), 500-510.
- Kim, S. Y., Jeon, I., & Kang, S. J. (2024). Integrating data science and machine learning to chemistry education: Predicting classification and boiling point of compounds. *Journal of Chemical Education*, 101(4), 1771-1776.
- Küçükuncular, A. (2025). Learning with, rather than through, AI: co-designing science education for critical AI literacy. *Frontiers in Education*, 10, 1716353.
- Kwon, H., & Lee, J. (2025). Exploration on educational direction for knowledge information processing competency in the generative AI era. *The Journal of Yeolin Education*, 33(2), 27-50.
- Lim, J. Y., & Hong, S. J. (2023). Research on digital literacy education model based on problem solving: A technology integration perspective. *Asia-pacific Journal of Convergent Research Interchange*, 9(9), 753-769.
- Long, D., & Magerko, B. (2020). What is AI literacy? Competencies and design considerations. *Proceedings of the 2020 CHI conference on human factors in computing systems*, 1-16.
- Ministry of Education. (2022). Commentary on the 2022 revised curriculum general outline(High school). Sejong: Author.
- Moon, M., Lee, S., Lee, D., Jo, H., Woo, Y., & Kim, J. (2025). A meta-analysis of the effects of AI convergence education. *Journal of Engineering Education Research*, 28(3), 3-14.
- Moon, S. B., Lee, W. T., & Heo, H. O. (2022). An analysis of high school students' perception and satisfaction with chemical class converging artificial intelligence. *Proceedings of the Korean Association of Computer Education*, 26(1), 113-116.
- Moon, S. B., & Paik, S. H. (2025). The effect of redox reaction judgment program using decision tree classification model on learning of 12th grade students. *Journal of the Korean Chemical Society*, 69(1), 18-38.
- Ng, D. T. K., Leung, J. K. L., Chu, S. K. W., & Qiao, M. S. (2021). Conceptualizing AI literacy: An exploratory review. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2, 100041.
- Park, C., Lee, C. Y., & Hong, H. G. (2020). Undergraduate students' understanding of surface tension considering molecular area. *Journal of Chemical Education*, 97(11), 3937-3947.
- Park, J., Teo, T. W., Teo, A., Chang, J., Huang, J. S., & Koo, S. (2023). Integrating artificial intelligence into science lessons: Teachers' experiences and views. *International Journal of STEM Education*, 10(1), 61.
- Pi, S. -Y. (2023). Design and application of artificial intelligence experience education class for non-majors. *Journal of Practical Engineering Education*, 15(2), 529-538.
- Sakulkueakulsuk, B., Wittoon, S., Ngarmkajornwiwat, P., Pataranutaporn, P., Surareungchai, W., Pataranutaporn, P., & Subsoontorn, P. (2018). Kids making AI: Integrating machine learning, gamification, and social context in STEM education. In *2018 IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE)* (pp. 1005-1010). Australia: IEEE.

- Schwartz, A. C., & Burrows, A. C. (2021). Authentic science experiences with STEM datasets: Post-secondary results and potential gender influences. *Research in Science & Technological Education*, 39(3), 347-367.
- Shin, W.-S., & Shin, D-H. (2021). A case study on the application of plant classification learning for 4th grade elementary school using machine learning in online learning. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 40(1), 66-80.
- Son, M., & Jeong, D. (2018). A study of science teachers' Perception on knowledge information processing competency. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 38(5), 693-703.
- Son, M., & Jeong, D. (2020). Development of data-driven science inquiry model and strategy for cultivating knowledge-information-processing competency. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 40(6), 657-670.
- Wang, N., & Lester, J. (2023). K-12 education in the age of AI: A call to action for K-12 AI literacy. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 33(2), 228-232.
- Zha, S., Bragdon, M. M., Gong, N., Wang, J., Leavesley, S., Eaton, R., & Bosarge, E. (2025). A case study of integrating AI literacy education in a biology class. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 1-25.

Authors' Information

Saetbyeol Moon, Gwangyang Madong Middle School, Teacher, 1st Author. <https://orcid.org/0009-0001-8199-1023>
Chulkyu Park, Sunchon National University, Assistant Professor, Corresponding Author. <https://orcid.org/0000-0001-9662-4472>