

과학고등학교 화학수업에서 첨단과학 실험기기 활용 수업 전략의 개발 및 타당화: 자외선-가시광선 및 적외선 분광기를 중심으로

전경희 · 박다혜[†] · 장낙한[‡] · 박종욱[§] · 박종석^{*}

경북대학교
[†]대구관남초등학교
[‡]공주대학교
[§]청주교육대학교

(접수 2015. 8. 19; 게재확정 2015. 12. 3)

The Development and Validation of Instructional Strategies Using the Advanced Laboratory Equipment(ALE) in Science High School Chemistry Classrooms: A Focus of UV-Visible and IR Spectrophotometer

Kyunghee Jeon, Dahye Park[†], Nakhan Jang[‡], Jongwook Park[§], and Jongseok Park^{*}

Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

[†]Daegu Gwannam Elementary School, Daegu 41443, Korea

[‡]Kongju National University, Chungnam 32588, Korea

[§]Cheongju National University of Education, Chungbuk 28690, Korea. *E-mail: parkbell@knu.ac.kr

(Received August 19, 2015; Accepted December 3, 2015)

요약. 이 연구의 목적은 과학고등학교 화학수업에서 첨단과학 실험기기를 활용한 수업(이하 ALE 수업)전략을 개발하고 이 전략을 활용한 수업을 실시한 후, 학생들의 인식을 통해 ALE 수업 전략의 타당성을 살펴보고, ALE 수업자료 개발의 필요성을 고찰해 보는 것이다. 이를 위해 첨단과학 실험기기를 활용한 7차시의 수업을 구성하여 D과학고 21명에게 적용하고 이에 대한 설문을 실시하였다. 이후, 설문에서 성실히 응답한 학생 9명을 대상으로 한 실험보고서 및 심층 면담을 통해 ALE 수업에 대한 학생들의 인식을 분석하였다. ALE 수업을 통해 학생들은 실시간으로 처리되는 데이터를 활용함으로써 수준 높은 학습개념을 쉽게 이해하게 되었고, 주변의 친숙한 물질이 실험재료가 될 수 있다는 점을 발견함으로써 실용적 탐구에 대한 안목을 갖게 되었다. 이에 따라 학생들의 과학에 대한 흥미와 자율탐구의지가 고취되었고 일부 학생은 실생활에서 발견한 일상적 문제를 검증가능한 과학적 문제로 구체화시키는 것과 같은 창의적 수행을 실시하기도 했다. 이와 같이 ALE 수업은 과학고등학교 학생들에게 과학기술에 대한 이해와 함께 과학에 대한 영역을 폭넓게 이해시키는 구체적인 방안의 하나가 될 것이다.

주제어: ALE 수업, 첨단과학 실험기기, 과학탐구, 영재교육, 분광기

ABSTRACT. The purpose of this study was to find out the validation of instructional strategies using the Advanced Laboratory Equipment (ALE class) by investigating science high school students' perception on ALE in chemistry classrooms and to consider the need for development of teaching materials on ALE class. 7 sessions of ALE including experiments with innovative equipment were developed and applied to 21 students in D Science High School. At the end of the sessions, questionnaire was given to the students. We also collected qualitative data by interviewing 9 students who participated in the questionnaire. We analyzed the data collected by In-depth interviews and students' experimental reports. The result showed that ALE class was effective to enhance students' understanding of learning concepts because the experimental time was shortened in real time data processing. Some students showed creative performance on solving scientific problems by using everyday materials in experimental process and developed perceptions of practical inquiry. Through this process, students' positive attitudes and interests in science and heuristic inquiry skills were also enhanced. Developing ALE lesson materials will be helpful for students to understand science and technology and the domain of science in broader contexts.

Key words: ALE lesson, Advanced laboratory equipment(ALE), Scientific Inquiry, Science education, Spectrophotometer

서 론

과학고등학교(이하 과학고)는 1983년 경기과학고가 설립된 이후 지속적인 양적 확대가 이루어져 왔으며, 최근에는 일부 과학고가 과학영재학교로 전환되어 우수 과학인재 양성을 위한 초중등단계의 핵심 교육기관으로서의 역할을 담당하고 있다. 뿐만 아니라 교육과학기술부(2012)가 융복합 및 창의인성 교육 강화 등의 시대적 요구를 반영한 「과학고등학교 발전방안」을 발표하면서, 중점 추진과제로 첫째, 교육과정 편성·운영 내실화, 둘째, 교육·연구 활동 지원, 셋째, 과학고 운영시스템 개선을 제시하여 과학고를 수학·과학 전문교육 선도 모델학교로 중점 육성하고 있다.¹

「과학고등학교 발전방안」의 중점 추진과제의 일부를 더 자세히 살펴보면, 체험탐구 중심 교육을 활성화하고 실험·탐구 학습, 융합교육을 확대하여 교육과정 운영의 내실화를 꾀하고 있다. 또한 교육과 연구 활동을 지원하기 위해서 학생들의 R&E(Research & Education) 연구 활동 참여를 확대하고, R&E 활동 질 제고를 위해 학생 중심의 자기주도적인 활동을 강화하고 있다. 이와 더불어 노후 기자재를 교체하고 과학고 수준에 적합한 기자재 확충을 지원함으로써 실험·탐구 활동의 효율성을 제고하고자 한다. 그리고 과학고를 연구학교로 지정하여 실험·연구 중심의 특화된 수학·과학 분야 전문교육 운영 모델을 개발·확산한다고 되어 있다.

그러나 과학고는 또한 다른 일반고와 마찬가지로 대학의 전 단계로 학생들은 ‘입시 준비’라는 문화적 가치와 기대를 비켜나갈 수 없다. ‘입시 준비’라는 문화적 가치와 기대는 교실에 적용되어 교사들의 신념과 실제 수업에 영향을 미쳐왔다.² 즉 지금까지 과학고는 그 설립취지와는 다르게 수업이 실행되어 왔으며, 여전히 대학을 목전에 두고 있는 현실 상황에서는 「과학고등학교 발전방안」의 현장 정착은 여러 가지 제약을 받을 수밖에 없다. 그러나 「과학고등학교 발전방안」은 국가적, 사회적, 시대적 요구에 따라 마련된 것이므로 중점 추진 과제의 실제적인 수행을 위한 연구와 학교 현장에서 실행 가능한 교육 프로그램의 개발이 반드시 필요하다.

현재 과학고의 교육과정에는 일반 고등학교와 달리 심화화학, 화학실험 등의 심화과목이 편성되어 있고 과학고 학생들은 인근 대학과 연계된 R&E 활동을 수행함으로써 과학자들의 연구를 직·간접적으로 경험할 수 있는 기회를 갖는 등 다양한 방면에서 연구역량을 키우고 있다는 점에서 「과학고등학교 발전방안」에 부합하는 모습을 보이고 있다.³ 그러나 과학고에 구비된 첨단과학 실험기기 활용의 측면에서는 그렇지 않다. 현재 과학고에는 실제 과

학자들이 사용하고 있는 첨단과학 실험기기들이 구비되어 있음에도 불구하고 그 활용 현황은 저조한 실정이다. 이와 같이 첨단과학 실험기기 활용이 미흡한 이유는 실험기기 관리의 어려움, 실험기기의 운용에 대한 전문적인 지식 부족 등을 들 수 있다.⁴

과학자들이 연구수행에서 사용하는 대부분의 첨단과학 실험기기는 실시간 데이터 수집을 위해 컴퓨터를 기반으로 하는 경우가 많다. 컴퓨터를 기반으로 했을 때, 실험데이터의 수집, 변환, 기록이 손쉬워지면서 데이터 처리가 용이해지고 이로부터 보다 신속하게 의미 있는 정보를 추출하기 때문이다. 이와 같이 컴퓨터를 활용한 데이터 처리기술은 과학자들의 연구수행기술 중 하나이고, 이를 과학교육에 적용한 것이 MBL(Microcomputer Based Laboratory) 실험 활동이다. MBL 실험도구는 전기전도도센서, pH센서, 온도센서, 기체압력센서 등 다양한 측정 센서가 컴퓨터와 연동되어 있어 실험자가 즉각적으로 실험결과를 알 수 있으므로 실험을 여러 번 수행하면서 학습내용을 심화·보충할 시간을 확보할 수 있다는 장점이 있으며, 그로 인해 연구자들은 다양한 실험설계를 할 수 있고 이는 과학탐구를 창의적으로 이끌어가는 원동력이 된다.⁵ 즉, 실험설계와 같은 탐구 과정 기술은 창의적인 사고와 연관된다는 것을 알 수 있다.⁶ 이에 과학고에서는 MBL을 도입하는 것에만 그치지 않고, 과학자들이 사용하는 첨단과학 실험기기를 도입하여 학생들이 고차원적인 심화 실험을 실행하는 데 기여하고자 노력하고 있다. 따라서 첨단과학 실험기기의 도입은 과학고 학생들에게 기기에 대한 지식을 익히는 것만으로도 흥미롭고 도전적인 과제가 될 수 있을 뿐만 아니라, 다양한 탐구주제와 그에 적합한 실험설계를 이끌어 내는 촉진제가 될 수 있다. 이와 같은 교육적 의의에 따라 실제로 과학고에서 근무하는 교사들도 첨단과학 실험기기 활용의 중요성을 강조하였고, 교사들을 대상으로 하는 첨단과학 실험기기 연수가 필요하다고 주장하였다.⁴ 과학기자재를 조작할 수 있는 기술과 연구수행 능력은 특별한 노력이나 훈련 없이 저절로 획득되지 않기 때문에,⁷ 숙련된 실험기기 조작 및 연구 수행능력을 키울 수 있는 방안이 요구된다. 따라서 첨단과학 실험기기를 활용한 수업 자료를 개발할 필요가 있고, 이를 학생들에게 적용한다면 학습내용과 함께 실험기기 활용능력을 키울 수 있는 기회가 마련될 것이다.

이에 이 연구에서는 화학 교과에서 첨단과학 실험기기(Advanced Laboratory Equipment: ALE)를 활용한 수업 전략을 개발하고 이 전략을 적용한 ALE 수업을 실시하여 과학고 학생들이 이에 대해 어떻게 인식하는지 살펴봄으로써 ALE 수업전략의 타당성을 살펴보고 ALE 수업자료 개발의 필요성을 고찰해 보고자 한다.

연구방법 및 내용

연구대상 및 절차

이 연구를 적용한 대상들은 D광역시 D과학고 1학년 21 명이고, 기기의 수 제한에 따라 모든 학생이 원활하게 사용하기 위해 연구대상을 두 반으로 나누어 ALE 수업을 적용하였다. ALE 수업은 교육경력 13년 차의 교사인 연구자가 2015년 1월 5일부터 16일까지 2주 동안 7차시 수업을 구성하여 진행하였다. 이 수업을 진행한 연구자는 과학고에 근무한지 5년차로 R&E와 과학전람회 활동을 통해 자외선-가시광선(이하 UV-Visible) 분광기와 적외선(이하 IR) 분광기를 비롯한 몇 가지 첨단과학 실험기기에 비교적 익숙하나 이를 수업을 통해 지도한 적은 없다. 이에 특정 대회 준비를 위해 소수의 학생들만 활용하던 첨단과학 실험기기를 많은 학생들이 활용할 수 있도록 수업에 도입하고자 방과 후 ‘분석기기 활용반’의 선택 수업으로 ALE 수업을 실시하였다.

실험 절차는 첨단과학 실험기기 선정, ALE 수업 전략 개발, ALE 수업을 위한 수업내용 재구성, 설문지 개발, 수업 실시, 설문, 질적 자료 수집 및 자료해석 순으로 이루어졌다. 이 연구에서 선정한 첨단과학 실험기기는 다양한 실험에 범용적으로 활용될 수 있는 UV-Visible 분광기와 IR 분광기이다. 이 기기들을 선정한 이유는 다양한 실험 주제에 활용하여 화학개념을 적용하고 확장시키는 데 도움을 줄 수 있을 뿐만 아니라, 학생들이 관리 및 운용하기가 쉽기 때문이다.

ALE 수업 전략 개발 및 수업의 구성

이 연구에서는 ALE 수업 전략과 이 전략에 의한 학생용 ALE 수업 활동지를 개발하였다. 우선, 교사는 ALE 수업 전략 개발을 위해 UV-Visible 분광기와 IR 분광기의 원리와 조작방법에 대해 미리 숙지하고 있어야 한다. 그렇지 않으면 ALE 수업에 대한 안내가 어려워질 수 있기 때문이다.

사용할 기기에 대한 자료를 충분히 검토한 후, 학생 수준에 맞는 수업 전략을 세우는 것이 중요하다. 과학고 1년 교육과정을 마친 학생들의 수준에 맞는 첨단과학 실험기기 활용 수업 전략을 세우기 위해 학생들에게 분광기의 원리나 기기 조작방법 등에 대한 지식을 가장 효과적으로 전달하는 방법을 과학교육 전문가 1인과 박사과정의 현직교사 3인이 참여한 전문가 집단 세미나를 통하여 논의하였다. 뿐만 아니라 ALE 수업 전략 개발을 위해 이효녕과 조현준(2008)이 제안한 영재들의 자율탐구활동 능력 습득을 위한 연속적 탐구활동 교육 틀을 참고하였다. 영재들의 탐구활동은 처음에는 강의식 수업과 같이 교사 개입이 주를 이루고 점차 연속적인 탐구활동을 통해 교사의 개입을 줄여가면서 학생들의 자율탐구활동을 유도하는 것이 바람직하다고 하였다.⁸ 따라서 ALE 수업 전략은 학생들의 기기조작 기능을 숙달시키기 위해 연습단계에서 숙련단계로 이어질 수 있도록 연속성을 강조하였다. 또한 수업이 자칫 기기조작에만 치우칠 수 있으므로 기기 활용 측면을 강조하기 위해 마지막 단계에서는 교사의 도움 없이 학생들이 모둠을 이루어 교사가 제시한 실험 안내서를 참고하여 주도적으로 실험을 할 수 있도록 하였다. 뿐만 아니라 실험소재는 주변에서 흔히 볼 수 있는 친숙한 소재로 선택하여 학생의 흥미를 고취시키고자 하였다.

ALE 수업 주제는 고등학교의 전문교과 교과서 ‘화학실험’을 참고하여 선정하였다.⁹ 이 교과서에는 UV-Visible 분광기를 활용한 실험 5개, IR 분광기를 활용한 실험 2개가 있다(Table 1). 이 중에서 UV-Visible 분광기를 활용한 실험 주제 중 ‘반응차수 구하기’를 선정한 다음, 실험내용을 수정하였다. 교과서에서 사용하는 물질과 달리 식용색소와 염소계 표백제(유한락스)의 반응차수를 구하는 것으로 구성하였는데 그 이유는 식용색소와 염소계 표백제가 일상생활에서 학생들이 쉽게 접하는 소재이기 때문이다. 이 수업의 활동지는 외국의 화학교육 잡지에 수록되어 있는 실험¹⁰을 참고하였고, 이 실험을 위해 총 4차시의 수업을

Table 1. Experiment in ‘Experimental Chemistry’ textbooks⁹

| Laboratory equipment | Experiment title | Contents |
|--------------------------|---|---|
| UV-Vis spectrophotometer | · Measuring the concentration of the solution using a spectrophotometer | · Obtaining a concentration of the sample from the calibration curve with the Cr standard solution absorbance measurements |
| | · Determination of the chemical equilibrium constant | · Determination of the equilibrium constant for the formation of FeSCN ²⁺ complex ion in aqueous solution by spectroscopic methods |
| | · Determination of the order of reaction | · Kinetics of methylene blue reduction by ascorbic acid |
| | · Synthesis of transition metal compound | · Relationship between the color of the complex and wavelength |
| | · Extraction of caffeine and fat | · Caffeine of green tea and fat of soybeans |
| IR spectrophotometer | · Synthesis of nitrobenzene | · Synthesis and identification of nitrobenzene, absorption of stretching vibration for N=O |
| | · Synthesis of nylon and polyester | · Synthesis and identification of polymer |

Table 2. The composition of the questionnaire items

| Contents | Question No. |
|--|--------------|
| The differentiation of ALE Class | 1 |
| | 1-1 |
| Change of the students' perception about the science class | 2 |
| Sustained participation will | 3 |
| Improvements | 4 |

진행하였다.

IR 분광기를 활용한 실험은 '아스피린 합성'으로 선정하였는데 그 이유는 아스피린은 일상생활 속에서 쉽게 찾아볼 수 있는 의약품이므로 실제적인 탐구에 좋은 소재가 될 수 있기 때문이다. 이 실험은 간단한 유기 합성으로부터 반응물과 생성물 구조의 변화를 IR 스펙트럼으로 확인함으로써 합성여부를 쉽게 판단할 수 있다. 따라서 의약품용 아스피린과 학생들이 직접 합성한 아스피린을 IR 스펙트럼을 통해 비교분석하기로 하였다. 구체적인 실험내용은 대학교재로 사용되는 유기합성실험에서의 실험¹¹을 토대로 재구성하고 3차시의 수업을 진행하였다.

세부적인 차시별 수업은 ALE 수업 전략이 개발된 후, 이 전략을 토대로 2가지의 ALE 수업안을 구성하였고, 이에 대한 자세한 내용은 결과에서 언급하기로 한다.

자료 수집 및 분석

ALE 수업 전략에 대한 설문은 김정률 등(2005)이 수업 모듈 평가를 위해 제시한 선택형 설문 문항을 참고하여 이 연구 목적에 맞게 수정하였으며,¹² 이를 과학교육 전문가 1인과 박사과정의 현직교사 3인이 3개의 개방형 질문과 2개의 리커트 방식의 선택형 질문으로 된 5개 문항의 설문지로 개발하였다. 개발된 설문지는 ALE 수업과 다른 학교 수업과의 차별성, 과학수업에 대한 인식변화, 지속적인 참여의지 및 개선사항으로 구성하였다(Table 2). 그 중 문항번호 1번의 질문형태는 리커트 5점 척도로 응답하도록 하고 부가적으로 그 응답 내용에 대해 구체적으로 기술하는 개방형 질문을 포함하였다. 그리고 지속적인 참여의지에 대한 설문도 리커트 5점 척도로 이루어졌다.

7차시의 수업을 모두 마친 후, 수업에 참여했던 21명에게 설문지를 적용하였다. 그 중 3개의 개방형의 질문에 대한 응답은 공통적인 내용들을 범주화하기 위해 과학교육 전문가 1인과 박사과정의 현직교사 3인이 세미나를 통하여 자료를 재검토하는 과정을 수차례 반복하여 범주를 정교화시키는 방법을 사용하였다.¹³ 범주화의 예는 다음과 같다. 문항1의 ALE 수업의 차별성에 대한 학생들의 응답 중, '첨단기기의 사용법과 관련이론을 배우으로써 이를 활용하면 연구를 더 편하고 자유롭게 할 수 있을 것 같다.', '첨

단기자재를 다루니 뿌듯하고 자율탐구를 위한 주제선정에 용이해진 느낌이 든다.', '기기를 활용하면 탐구주제에 대해 구상해보는 것이 더 쉬울 것 같다.' 등의 표현들을 '과학탐구에 대한 자신감이 생긴다.'로 범주화하였다. 문항2의 ALE 수업 후 과학수업에 대한 인식 변화에 대한 응답 중에서 '과학은 이론이라는 인식이 주로 이루어졌지만 과학은 직접 실험을 통해 과학적인 방법으로 답을 도출해가는 과정이 더 중요한 것 같고 그래서 실험을 더 적극적으로 하게 되었다.', '과학수업은 항상 이론이란 지식을 암기하는 딱딱한 수업이라 생각하였는데, 하지만 첨단 기기들을 사용하여 실험을 하니 기기의 효율성을 알게 되고 이 기기 조작법을 배우면 유용할 것 같다는 생각이 들어 더 많이 배운 것 같다.', '복잡한 개념만 배우는 것이 아니라 내가 직접 다양한 실험을 시도해 볼 수 있으므로 주도적으로 참여할 수 있어 재미있게 공부할 수 있었다.' 등 ALE 수업 후, 학생들은 실험과정에서 의미를 찾고, 또한 기기의 유용성을 인지함으로써 학생들의 활동성을 고취시켰다고 판단되는 응답들은 '학습자의 적극적인 활동을 이끌어낸다.'로 범주화시켰다.

그리고 설문지를 통해 판단하기 어렵거나 보충이 필요한 사항에 대해서는 심층면담을 통해 추가·보충하여 논의하였다. 심층면담의 대상은 설문에 성실하게 응답한 학생 9명으로 하였다. 이후 심층 면담 자료와 더불어 이들 9명이 작성한 실험보고서를 통해 ALE 수업 전략에 대한 학생들의 인식, 실험에 대한 이해도를 분석하였다.

연구결과 및 논의

ALE 수업 전략 개발 및 수업의 구성

이 연구에서 사용하는 첨단과학 실험기기는 학생들이 처음 접하는 것이기 때문에 기기 숙달이 먼저 이루어지고 점차 탐구학습으로 나아갈 수 있도록 3단계의 연속성을 강조하였다. 그에 따라 ALE 수업전략은 1단계 일반 기기 교육, 2단계 실험 최적화 기기교육, 3단계 기기 활용 탐구 수행으로 개발되었다. 1단계 '일반 기기교육' 단계에서는 교사나 기기전문가가 학생들에게 기기의 일반적인 원리나 조작법을 교육하고 학생들은 매뉴얼에 따라 기기를 조작해 본다. 2단계 '실험 최적화 기기교육' 단계에서는 3단계에서 수행할 실험주제에 대해서 실험조건을 최적화시키는 기기조작법과 배경지식을 교육한다. 3단계 '기기 활용 탐구 수행' 단계에서는 교사가 학습지를 통해 제시한 실험을 학생들이 주도적으로 수행하고 결과를 도출하여 해석한다(Fig. 1).

차시별 수업의 구성은 위의 ALE 수업 전략을 토대로 이루어졌다. 먼저 UV-Visible 분광기를 활용한 실험주제

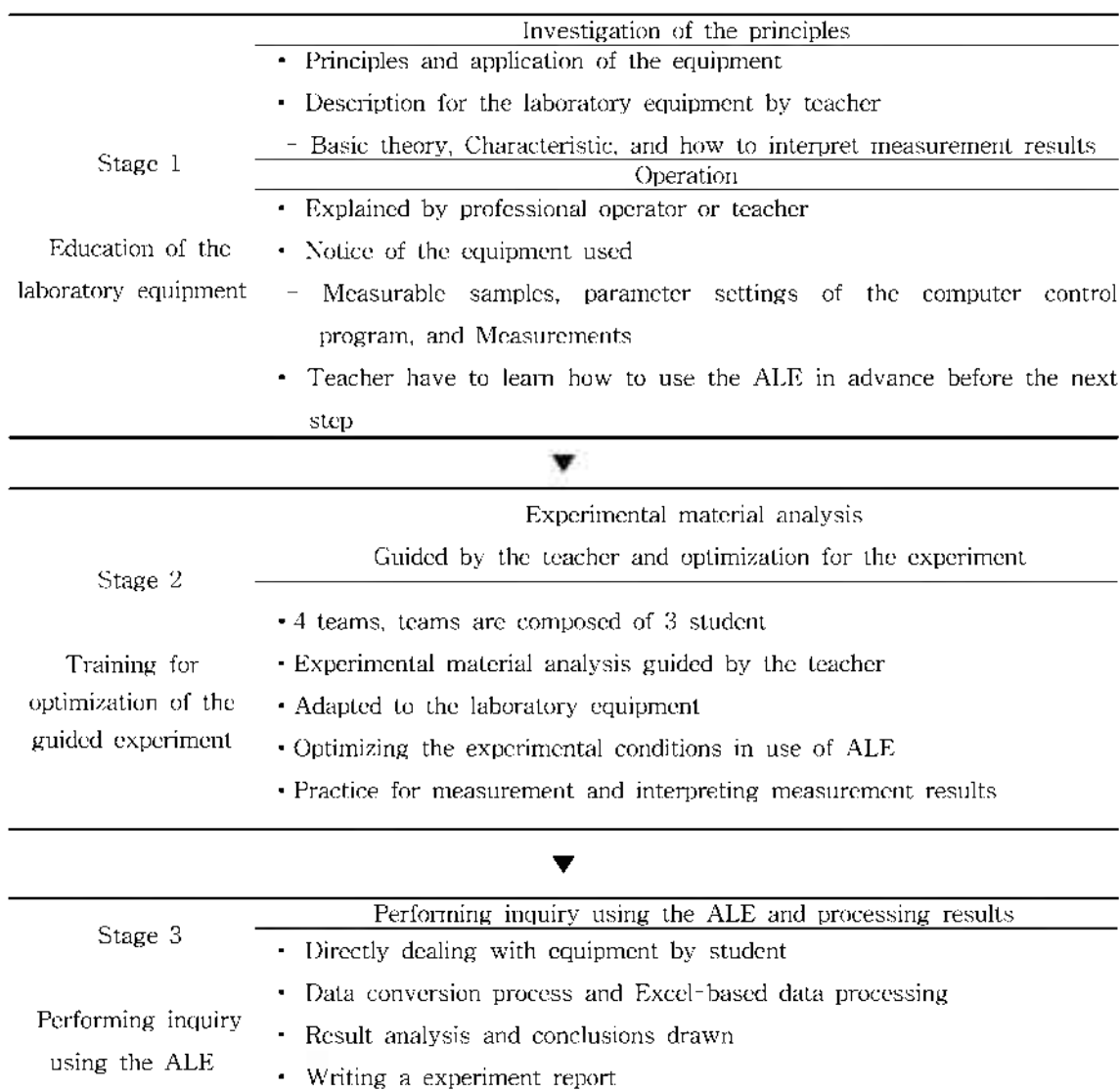


Figure 1. Instructional strategies focused on using the ALE in chemistry class.

는 ‘식용색소의 탈색반응에서의 반응 차수 구하기’였다. 1차시는 ‘일반적인 기기교육’ 단계로서 학생들은 조사활동을 통해 알게 된 UV-Visible 분광기의 원리와 활용에 대한 내용을 정리하여 발표하고, 교사는 에너지의 양자화와 분자의 전자전이 내용의 선수지식과 연결 시어 분광학의 기초에 대해 설명한 뒤, 시범을 통해 기기 조작을 지도했다. 2차시는 ‘실험 최적화 기기교육’ 단계로서 교사는 활동지를 통해 식용색소가 색깔을 띠는 이유와 ‘Beer의 법칙’에 대한 읽기자료를 제시하였으며, 염소계 표백제의 주성분이 무엇인지 찾게 하는 등 3단계에서 학생들이 실험을 주도적으로 수행할 수 있도록 실험주제에 대한 이론적 배경을 제시하였다. 그리고 학생들은 ‘Beer의 법칙’이 적용되는 농도에 맞추어 식용색소의 흡광도를 측정하

는 방법을 학습한 뒤, UV-Visible 분광기를 활용한 실험 조건을 최적화시키기 위해 몇 차례 반복적으로 흡광도를 측정하면서 기기 다루는 방법을 습득했다. 3,4차시 ‘기기 활용 탐구 수행’ 단계에서 학생들은 이미 배운 반응차수 결정과 관련된 반응속도론을 ALE 수업 활동지를 통해 읽기자료로 한번 더 확인하고 반응차수 구하기 실험을 실시하였다. 학생들은 활동지의 안내에 따라 스스로 UV-Visible 분광기를 활용하여 실험을 설계하고 실험데이터를 수집했다. 이렇게 수집된 실험 데이터는 실험결과를 해석할 수 있도록 엑셀에서 자료를 변환하고 반응 차수를 구했다. 이 ALE 수업 활동지는 2단계에서부터 제시되며 3단계까지 활용되도록 구성하였다(부록 1).

다음으로 IR 분광기를 활용한 실험주제는 ‘아스피린

합성'이었다. 앞서 실험한 것과 마찬가지로 1차시는 '기기 원리교육'으로써 학생들은 ALE 수업 활동지를 통해 IR 분광기의 원리와 이미 배운 분자의 진동전에 대한 선수지식을 연결시켜 이해하고 교사가 기기조작 시범을 보였다. 선수지식으로는 시료에 적외선을 비추면 극성을 갖는 분자들 간에 진동과 회전 들뜸에 상응하는 에너지의 흡수가 일어나고, 이때 투과 정도를 파수에 따라 측정함으로써 특정 분자의 작용기 여부나 분자운동에 관한 정보를 얻을 수 있다는 내용이 포함되어 있었다. 2차시에서 활동지를 통해 '아스피린 합성'의 역사를 제시하고 간단한 아스피린 합성 방법을 에스테르화 반응에 대한 선수지식과 연결시켰다. 그리고 학생들이 직접 반응물인 살리실산과 시판 의약품인 아스피린의 IR 스펙트럼을 얻어 작용기마다 특정한 파수에서 IR 흡수 영역을 갖고 있다는 사실을 확인하였다. 3차시에는 학생들 스스로 아스피린을 합성하는 과정과 IR 분광기를 통해 합성 여부를 확인하는 실험을 수행하였다. 또 재결정하여 얻은 합성물질과 아스피린을 용점 측정기기를 활용하여 녹는점을 비교하였다.

ALE 수업에 대한 학생들의 인식

ALE 수업에 대한 과학고 학생들의 인식을 알아보기 위해서 수업 적용 후, 학생들에게 설문하여 그 결과를 분석하였다. 리커트 척도에서 ALE 수업이 지금까지 공부해 왔던 학교 수업과 차이가 있는가에 대한 물음에 학생들

모두 '매우 다르다(61.90%)'와 '다르다(38.10%)'로 응답함으로써 기존의 학교 수업과 차이가 있다고 인식하였다 (Table 3).

Table 4의 추가적인 개방형 질문에 대한 응답을 보면 ALE 수업이 지금까지 공부해 왔던 학교 수업과 어떻게 다른가에 대한 응답 중 '과학탐구에 대한 자신감을 준다.'는 의견이 가장 많았다. 이는 학생들이 첨단과학 실험기기를 통해 단순한 궁금증이 아닌 탐구가 가능한 문제로 구체화시킬 수 있다는 자신감을 드러낸 것이라고 볼 수 있다. '정량적인 실험이 용이하다.'는 의견과 'ALE 수업에서의 알게 되는 지식은 여러 가지 이론과 실험이 함께 융합되어져 있다.'는 의견도 나왔다. 이와 같은 의견들은 ALE 수업이 학생들에게 긍정적인 효과로 인식되었다고 볼 수 있다.

Table 5에서 ALE 수업 후 과학수업에 대한 학생들의 인식변화를 살펴보면, '새롭고, 재미있다'라는 의견과 '적극적으로 학습에 참여하게 한다.'라는 의견과 같이 ALE 수업 전략의 도입은 과학고 학생들에게 단순히 과학지식을 습득을 목적으로 한 이론 수업보다 새롭고 재미를 주는 것을 확인할 수 있다. 그리고 'ALE 수업은 다른 과학 수업보다 더 적극적이고 활동적인 학습자가 되게 한다.'는 의견이 가장 많았다. 또한 '첨단과학 실험기기에 대한 부담감이 해소되었다.'는 의견을 보면 처음에는 학생들이 첨단과학 실험기기 활용에 부담감을 느끼고 있었음을 알 수 있다. 그러나 ALE 수업의 단계가 높아질수록 기기에 의

Table 3. Responses to Likert-scale item

(N=21)

| The differentiation of ALE Class | | | | |
|---|------------|---------|---------------|----------------------|
| Are it different the ALE Class from existing science classes? | | | | |
| Different very much | Different | Neutral | Not different | Not different at all |
| 13 (61.90%) | 8 (38.10%) | 0 | 0 | 0 |

Table 4. The differentiation of ALE Class

(N=21)

| What is the difference of the ALE class and existing science classes? | |
|---|---------------|
| Types of responses | Frequency (N) |
| · It is lead to confidence in scientific inquiry. | 13 |
| · It is easy for quantitative experiments. | 4 |
| · The knowledge in this ALE class is converged together in several theory and experiment. | |
| - Science concept knowledge, knowledge about principles of laboratory equipment, Inquiry process knowledge, Knowledge through the use of the device | 2 |
| · The device is operated by hand, so it remains exciting and the knowledge be established easily. | 2 |

Table 5. Changes of perception on the science class

(N=21)

| How did it change in the perception of science class after ALE class? | |
|--|--------------|
| Types of responses | Frequency(N) |
| · Students participate actively in learning | 9 |
| · It is new and interesting | 6 |
| · The burden is eliminated for using the advanced laboratory equipment | 6 |

Table 6. Responses to Likert-scale item for sustained participation will (N=21)

| Are you interested participate if the classes using the advanced laboratory equipment launched after school? | | | | |
|--|-------|---------|-----------|------------|
| Strongly agree | Agree | Neutral | Not agree | Not at all |
| 12 | 8 | 1 | 0 | 0 |

Table 7. Improvement of ALE class (N=21)

| What are the improvements that need to be improved in these classes? | |
|--|---------------|
| Types of responses | Frequency (N) |
| There is no improvement | 6 |
| Ensure sufficient time for the experiment and free exploring | 5 |
| Various the advanced laboratory equipment in class be required | 4 |
| Create a manual for laboratory equipment | 3 |
| Conduct in regular classes | 2 |
| A lot of people contrast experimental equipment | 1 |

숙해져 대부분의 학생들이 능숙하게 다루는 것을 볼 수 있었다. 이는 정보통신기술의 발전과 함께 학생들이 컴퓨터나 스마트 기기 등에 많이 노출되어 있어,¹⁴ 처음 접하는 첨단과학 실험기기임에도 불구하고 기기가 컴퓨터 프로그램 상에서 제어하는 방식으로 이루어지기 때문에 첨단과학 실험기기를 잘 다룰 수 있었던 것으로 여겨진다.

앞으로도 방과 후에 ALE 수업이 개설된다면 또 참가할 의향이 있느냐에 대한 응답에서는 대부분 '다시 참가하겠다'는 강한 학습의지를 드러냈다(Table 6). 그래서 그 후, 학생들이 참가하고 싶은 이유에 대해서는 심층면담을 통해 알아보았다.

또, ALE 수업에 대한 개선사항으로 '충분한 시간 확보, 실험기기 매뉴얼 비치, 정규수업시간 활용' 등의 의견을 내놓는 등 앞으로도 ALE 수업 전략을 체계화하여 정착되었으면 하는 바람을 나타내었다(Table 7).

이와 같이 설문에서 학생들은 ALE 수업에 대해 대부분이 긍정적인 응답 결과를 보여 주었다. 이 수업이 학생 본인의 선택에 의해 이루어진 점을 고려해 볼 때, 학습의 내재적 동기 유발의 측면이 작용했기 때문으로도 살펴볼 수 있다. 그리고 MBL의 실험의 효과로써 컴퓨터를 활용하는 새로운 실험도구를 이용한 실험 방식에 호기심을 갖게 되어 MBL 실험을 즐기게 된다는¹⁵ 주장을 뒷받침할 수도 있다. 이처럼 학생들은 이론과 실제 실험과의 관계를 명확히 볼 수 있어 동기유발이 촉진되는 기회를 갖게 되었다.¹⁶ 특히 ALE 수업 전략의 단계가 높아져 교사의 개입이 줄어들어도 오히려 학생들이 능동적으로 실험을 수행하였다. 좀 더 기기에 빨리 익숙해진 학생들이 동료 학생에게 기기에 대해 가르쳐 주면서 지식을 공유하는 모습을 지켜 볼 수 있었다. 특히 3단계에서는 주어진 ALE 수업 활동지를 토대로 자율적이고 상호보완적인 학생들의

활동이 눈에 띄었다. 구성주의에서도 강조하듯이 ALE 수업 전략은 점차 교사를 단순한 안내자로, 학생들을 능동적 참여자로 변화시켰다.

학생들의 생각을 더 자세히 알아보기 위하여 설문 응답 중에서 응답결과가 성실한 학생 9명을 대상으로 반구조화된 심층면담을 개인적으로 실시하고, ALE 수업에 대한 학생들의 인식을 심층면담자로 및 실험보고서를 통해 질적으로 분석하였다.

교 사: ALE 수업이 지금까지의 수업과 어떤 점이 다르다고 생각하니?

학생1: 기기 사용법을 배우니까 집중력이 높아졌어요.

학생3: 집중도가 높아지고 본자의 전자 전이에 대한 개념이 잘 이해가 가지 않았는데 흡수스펙트럼을 통해 최대 흡수파장과 연관 지어 생각하니 더 이해가 잘 돼요.

학생7: 지금까지의 수업과는 다르게 직접 과학자들이 연구에 사용하는 첨단과학 실험기기를 활용하여 실험하면서 진정한 과학연구를 한다는 느낌을 받아 과학고다운 수업을 받은 것 같아요.

학생 1과 학생 3의 응답에서 '집중력이 높아진다.'는 의견은 분광기라는 다소 복잡하고 새로운 실험도구의 도입이 학생들의 호기심을 유발시켰다는 것을 보여 준다. 학생 3은 어려운 개념 중에 하나인 '분자궤도함수의 양자화와 전자전이'이라는 지식을 교과서를 통해 이론으로만 이해하고 암기해왔지만 이와 같은 이론이 실제 과학연구에서 어떻게 활용되고 있는지에 대해서는 경험하지 못했다. 그러나 학생 3과의 인터뷰 내용과 이 학생이 작성한 보고서의 내용을 살펴보면 Fig. 2와 같이 그래프로 시각

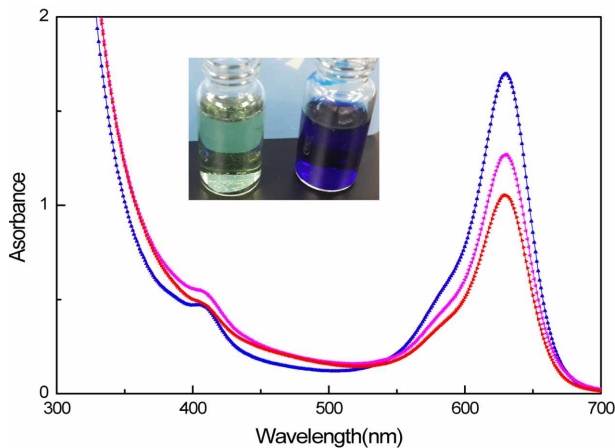


Figure 2. Absorbance change and picture for reaction of Blue Food Dye with Bleach (extracted from a report of the student 3).

화된 흡수 스펙트럼을 해석해 보았으며 이를 통해 에너지의 양자화와 전자 전이에 대한 개념을 명확하게 이해한 것으로 보인다. 또한 학생 7의 ‘진정한 과학 연구’라는 표현을 통해 ‘분광기’라는 과학기술과 심오하게 뉘으로써 좀 더 실제적인 과학연구에 대한 접근성이 높아졌다고 인식하고 있는 것으로 보인다. 그리고 ‘과학고다운 수업’이라는 표현에서 현재 과학고에서의 과학수업에 대한 성찰이 필요하다는 것을 뒷받침해주고 있기도 하다.

교 사: ALE 수업이 기존에 경험했던 과학실험 수업과 어떤 차이가 있을까?

학생1: 컴퓨터 기반 실험으로 데이터 변환이 용이하므로 데이터 처리가 편해 반응속도실험을 더 깊게 이해하게 된 것 같아요.

학생5: 화학반응의 결과 생기는 거품의 높이변화로 화학 반응속도실험을 했는데, 그때는 정량적으로 측정하는 것이 매우 힘들었는데, 이번에는 더 정밀한 결과를 가지고 반응속도의 차수를 구하는 더 폭 넓은 실험을 하게 된 것 같아요.

학생7: 기기활용 측면이 기존의 탐구수업에 비해 어렵지만 다양하게 문제를 해결할 수 있어 좋았고, 여러 가지 지식들이 복합적으로 적용되어 있는 기기를 다룰 수 있어 좋았어요.

학생8: ‘내가 정말 과학고의 장점을 누리고 있구나.’라는 생각이 들었어요. 다른 분야와 접목 가능성이 커서 융합적인 생각이 가능했어요.

학생 1의 응답에서 ‘데이터 처리가 편해서 반응속도론을 더 깊게 이해할 수 있었다.’는 의견은 학생들이 실험결과 수집한 측정값을 실시간 그래프로 그려지는 것을 보면서

실험과정을 피드백하고 이를 통해 학습내용이 쉽게 이해가 된다는 기존 연구와 같은 결과이며,^{17,18} 또한 보고서에서는 엑셀 프로그램을 이용하여 데이터를 처리하는 과정을 통해 반응차수를 결정한 내용이 잘 정리되어 있었다. 이는 수집한 실험데이터를 손쉽게 처리하여 자료변환을 할 수 있다는 장점을 인식하고 있다는 것을 보여준다. 실제로 학생들은 실험시간의 단축을 통해 실험 데이터를 해석하는 보의시간을 확보하였고, 이미 매우 반응속도에 관한 지식을 적용하여 결과를 도출하면서 확실한 개념정착이 이루어지는 것을 살펴볼 수 있었다. 학생 5의 경우도 반응속도 측정에서 전통실험과의 차이를 언급하면서 좀 더 심화된 정밀하고 정량적인 실험을 수행했다는 것에 대한 만족감을 나타냈다. 이는 인지수준이 높은 학생들에게는 MBL의 특성을 잘 살린 정량화된 실험이 더 유리하다는 주장¹⁹과 연관 지어 생각해 볼 때, 첨단과학 실험기기의 사용은 더 심화된 전문교과 내용지식과 연계된 정량적 실험을 도모할 수 있도록 도와준다는 점에서 과학고 학생들에게 만족스러운 활동으로 인식될 수 있었다. 이처럼 첨단과학 실험기기의 활용은 정확한 데이터 수집과 분석의 효율성 측면에서 MBL 실험의 장점²⁰⁻²²과 일치한다. 학생 8의 응답에서는 첨단과학 실험기기를 사용할 수 있다는 것이 과학고만의 정점으로 인식하고 과학고의 인원이러는 자부심을 느끼고 있음을 확인 할 수 있었다. 이는 과학고에서는 학생들에게 일반고에서 다루지 않는 전문적인 실험이 가능한 교육환경을 제시해야함을 나타낸다. 또한 학생 8의 ‘다른 분야와의 접목 가능성이 크다.’는 의견을 통해 ALE 수업은 융합적인 생각을 이끌어 내는 데 유리하다고 인식한 것으로 보인다. 그래서 학생들에게 ALE 수업의 효과에는 무엇이 있을까 질문하였고, 학생들의 응답은 다음과 같다.

교 사: ALE 수업의 효과에 대해 생각해 봤니?

학생2: 이렇게 어떤 물질인지 확인할 수 있는 실험방법을 알게 되니까 실험을 구상할 수 있는 폭이 넓어진 것 같아요.

학생8: 연구원을 꿈꾸는 과학도로서 연구주제 탐색에 있어서 볼 수 있는 시야가 더 넓어졌어요. 방법의 한계에 부딪혀 설계하지 못했던 실험을 해결할 수 있을 것 같아요.

학생9: 시료도입부에 시료를 딱 떨어뜨렸을 때 특정 주파수에서 피크가 뜨는 게 너무 신기했고 그것으로 시료가 어떤 물질인지 알아내는 것도 재밌었어요. 그리고 우리가 합성한 것이 시판되고 있는 아스피린과 스펙트럼이 일치한 것을 보니 너무 기쁘어요.

교 사: ALE 수업의 효과에 대해 생각해 봤니?

학생5: 화학분석기능사 공부를 하면서 이해가 힘들었는데 기기를 직접 만져보고 IR 스펙트럼을 얻어 직접 해석해 보니 단순 암기로 여겨졌던 유기화합물의 작용기들을 쉽게 기억하게 되고 이해할 수 있었어요.

교 사: 그럼, 아스피린 합성과정에서 관여하는 물질은 어떤 작용기를 가졌니?

학생5: 에스테르, 카르복시산인데, 두 가지 모두 C=O를 포함하고 있지만 작용기에 따라 다르게 나타나요. 이것으로부터 아스피린은 살리실산이 에스테르화 반응을 통해 합성된다는 것을 직접 확인한다는 것이 재미있어요.

학생 5와 학생 9의 대답을 살펴보면, 지금까지 유기화합물의 작용기를 단순한 암기의 대상으로 여겨 왔음을 확인할 수 있다. 그러나 학생들은 기기를 직접 다루어보면서 유기화합물의 작용기가 진동운동으로 특징 영역에서 IR 흡수가 나타나기 때문에 유기물질을 IR 스펙트럼을 해석하는 데 용이하다는 것을 알게 되고, 생성물과 반응물의 IR 스펙트럼을 구체적으로 비교 분석하였다(Fig. 3). 이처럼 IR 스펙트럼을 통해 자신들이 직접 합성한 물질을 추론해 보는 활동이 학생들의 응답처럼 재미를 더해 주었던 것으로 판단되고 학생들에게 유기화합물의 작용기가 단순한 암기의 대상이 아니라 물질을 확인하는 데 유용한 개념이라는 것을 이해하는데 도움이 된 것으로 보인다. 학생 2와 학생 8의 경우, 학생들은 물질분석 방법의 일부를 알게 되면서 탐구 주제 선정에 있어 자신감과 탐구의지를 드러내었고, 구체적인 실험구상에 대한 기대감을 나타내었다. 즉, 학생들은 기기를 활용하여 물질 분석 방법을 학습하는 과

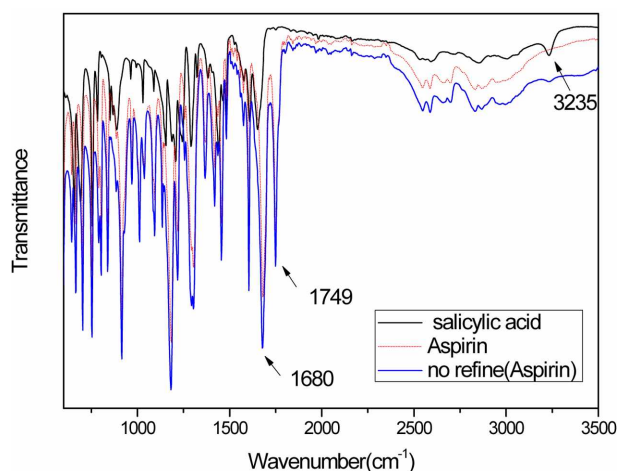


Figure 3. IR spectrum of ascertaining the product (extracted from a report of the student 5).

정을 통해 연구 방법에 대한 지식을 일면 과학탐구를 수행하는 것이 수월해진다는 점을 인식했음을 확인할 수 있다.

교 사: ALE 수업을 통해 과학 수업에 대한 인식이 어떻게 바뀌었니?

학생3: 첨단과학기기는 학생이 사용할 수 없을 거라는 인상이 강했는데, 수업을 듣고 직접 다루어 보니 사용하기에 큰 어려움이 없고, 이러한 기기를 통해서 지금까지 배운 내용지식을 활용할 수 있다는 생각이 들었어요.

학생4: 여태까지 방과 후 학교 과학 수업은 수업내용 복습, 심화 문제 풀기 등의 수업이라 생각했는데, 이번 첨단과학기기 활용 수업은 미래의 과학자를 꿈꾸는 학생들을 위해서 꼭 필요한 수업이라는 생각을 하게 되었어요.

학생 3의 경우 처음에는 친숙하지 못한 실험기기에 대해 부담감을 갖고 있었던 것으로 보이나 ALE 수업을 통해 그 부담감이 해소된 것을 볼 수 있었다. 학생 4의 경우 과학수업에 대한 인식이 바뀌었다고 생각하기 보다는 방과 후 학교 형태 수업에 대한 인식이 전환된 것으로 보인다. 그리고 이 학생은 ‘과학자를 꿈꾸는 학생들에게 꼭 필요한 수업’이라는 표현을 하였으며 이는 진로에 한층 가깝게 다가갈 수 있는 다채로운 방과 후 활동이 필요하다는 것을 간접적으로 드러내고 있다고 판단된다. 또한 다음에 제시된 학생 8의 경우에는 물질 분석 방법을 익힘으로써 다음과 같은 새로운 탐구 과제를 제시하였다.

교 사: ALE 수업을 통해 과학 수업에 대한 인식이 어떻게 바뀌었니?

학생8: 새로운 물질 개발에만 관심을 두고 있던 것을 세심한 분석을 통해서도 이미 존재하는 물질을 분석함으로써 또 다른 탐구과제를 발견할 수 있음을 알게 되었어요.

교 사: 탐구하고 싶은 내용이 뭐지?

학생8: 철과 같은 금속은 사과 속의 폴리페놀의 갈변 현상을 촉진시킨다고 하는데, 다른 금속들도 같은 현상을 일으킬까요? 금속의 종류에 따라 폴리페놀의 갈변현상을 탐구해 보고 싶어요. 흔히 칼로 잘라낸 부분은 유난히 빨리 갈변을 일으킨다는 사실을 알게 되고 갈변의 원인을 조사해 봤는데, 사과 속에는 폴리페놀옥시데이스(polyphenol oxidase)가 들어 있고, 이는 산화환원효소의 일종으로 폴리페놀을 퀸논(quinone)을 생성하는 반응의 촉매로서 효소적 갈변을 일으킨대요. 따라서 이것을

UV-Visible 분광기로 측정해 보면(생략)

교 사: 어떻게 탐구주제가 생각이 났니?

학생8: 앞에서 말했듯이 분광학 기기를 다루면서 분광학이 물질연구에 유용하다는 사실을 알게 되었어요. 특히 UV-Visible 분광기는 미량분석이 가능하고 색깔 변화를 일으키는 물질 연구에 적합하다고 생각이 되었고, 그 후 주변에서 흔히 볼 수 있는 물질은 무엇일까 생각하다가 평소 궁금하던 갈변 현상이 떠올랐어요.

이와 같이 학생 8은 자신이 궁금해 하던 문제를 검증가능한 문제로 구체화시켰다. 첨단과학 실험기기를 활용한 자동화된 실험과정은 단순히 실험시간을 단축시키거나 흥미를 높이는 차원에서 벗어나 실험 과정 중에 관찰되는 사실과 그에 대한 설명을 하면서 심층적 수준의 상호작용을 통해²³ 새로운 생각을 이끌어 낸 것이다. 이는 과학적 창의성이 창의적 사고만으로 발현될 수 없고, 과학 지식내용과 탐구기능이 함께 사용될 때 발현될 수 있다²⁴ 주장을 뒷받침한다.

앞서 했던 질문에 대한 학생들의 응답은 공통적으로 연구 방법적 지식 차원에 근거한 대답들이 많았다. 김효준 등(2012)은 개방형 탐구에서 학생들이 실험단계에서 가장 큰 어려움을 느끼고 있음을 확인하였는데, 그 이유 중 하나가 실험방법적인 배경지식의 부족 등 실험에 활용될 수 있는 측정 도구와 방법적 지식이 부족하기 때문이라고 밝힌 바 있다.²⁵ 이것은 탐구 방법적 지식에 대한 학습이 필요하다는 것을 지적한 것이다. 그러므로 학생들이 ALE 수업 전략을 통해 연구 방법적 지식을 학습할 수 있다는 장점을 가진다.

앞서 리커트 척도 설문응답에서 95%의 학생이 계속적으로 ALE 수업에 참가하겠다는 의지를 나타내었기 때문에(Table 6), 개별적으로 학생들에게 ‘앞으로 ALE 수업에 참가하고 싶다면 그 이유는 무엇인가’에 대해 물었다. 응답내용으로는 기기숙달, 몰입할 수 있는 재미, 화학과 관련된 다양한 지식 습득, 자유탐구 주제를 수행하기 위해, 다른 과학기기를 사용하기 위해, 미래의 과학연구 준비, 미리 배워두면 대학에 가서 경쟁력이 있기 때문 등의 의견이 있었다. 이처럼 ALE 수업이 자신의 진로와 직업에 대한 준비활동으로 여기고 있다는 것이 새롭게 발견되는 등 ALE 수업이 과학고 학생들에게 그들의 학습욕구와 기대에 부응했다는 것을 살펴볼 수 있었다.

교 사: 앞으로 ALE 수업에 대한 개선해야 할 점이 있다면?

학생1: 자율적인 탐구주제를 선정하기 위해 브레인스토밍 시간을 확보했으면 좋겠어요.

학생4: 사용하기 좋게 기기 매뉴얼을 만드는 과정이 수업에 포함되는 것도 좋을 것 같아요.

학생7: 연구주제를 정해서 그 연구에 다양한 기기들을 적용시켜 보는 것도 괜찮을 것 같아요.

학생8: 다른 과학 첨단 실험기기에 대해서도 배우고 싶은데 지금보다 시간적 여유가 많았으면 좋겠어요.

학생 1과 학생 7의 응답에서 자율 탐구에 대한 의지가 보이는 의견이 나왔고, 학생 7과 학생 8의 응답에서는 기기를 적극적으로 활용할 수 있는 여건이 조성되고자 하는 바람이 포함되어 있었다. 면담에서도 대부분의 학생들이 ALE 수업에 ‘개선할 점이 없다.’라는 의견을 보이는 등 대부분의 학생들이 더욱 ALE 수업을 강화해야 한다고 인식하고 있었다.

결론 및 제언

이 연구는 화학 교과에서 첨단과학 실험기기(Advanced Laboratory Equipment: ALE)를 활용한 수업 전략을 개발하고 이 전략을 적용한 ALE 수업을 실시하고 설문과 면담을 통해 과학고 학생들이 이에 대해 어떻게 인식하는지 살펴봄으로써 ALE 수업전략의 타당성을 살펴보고 ALE 수업자료 개발의 필요성을 고찰해 보고자 실시되었다.

그 결과 학생들은 ALE 수업에 대해 긍정적으로 인식하는 것으로 나타났다. 그 효과를 다음과 같이 요약할 수 있다.

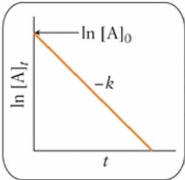
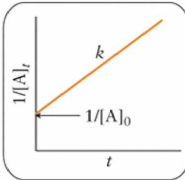
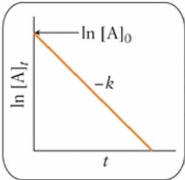
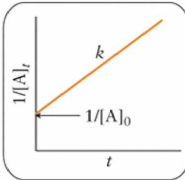
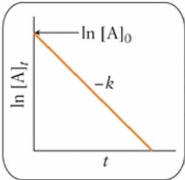
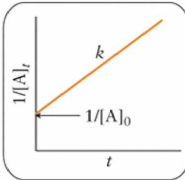
학생들은 컴퓨터를 기반으로 하는 첨단과학 실험기기를 활용할 실험의 장점을 살려 실시간 데이터 처리로 수준 높은 학습개념의 이해도가 향상되었다. 일부 학생은 실생활에서 발견할 수 있는 문제를 검증가능한 과학적 문제로 구체화시켜서 실험수행을 창의적으로 이끌기도 하였다. 이는 학생들에게 정밀하고 정확한 실험기기를 활용하는 연구 방법적인 측면을 강화시킴으로써 실용적인 연구로의 연구 폭을 넓히는 계기를 마련한 것이다. 또한 ALE 수업 전략은 주변의 친숙한 물질이 실험재료가 되었다는 점에서 좀 더 실용적인 탐구로 이어질 수 있는 학생들의 탐구에 대한 안목을 향상시켰고, 이에 따라 학생들은 과학에 대한 흥미와 자율탐구의의지가 고취되었다. 이와 같은 결과는 과학고의 과학수업에서 ALE 수업 전략을 통한 교육활동이 이루어져야 한다는 점을 시사하고 있다. 과학고는 과학에 소질이 있고 창의적이며 잠재적인 과학 영재들에게 양질의 과학교육을 집중적으로 받을 기회를 제공함으로써 미래에 과학 기술 혁신을 주도하게 될 과학 인재 육성을 위해 설립되었다. 이러한 설립 취지에도 불구하고 오늘날 과학고는 입시를 위한 지식 위주의 교육활동으로 첨단과학 실험기기 사용이 저조할 수밖에 없었고 학생들의 과학에 대한 흥

미를 고치시키는 데는 크게 영향을 주지 못하고 있다. 그러나 최근 조기졸업에 대해 규제가 강화되었고 이런 변화에 맞춰 과학고 설립 취지에 맞는 본연의 교육과정을 운영하는 것이 더욱 절실해진 상황이다. 따라서 이 연구는 앞으로 과학고에서 다양한 첨단 과학 실험기기를 활용하여 한 차원 높은 과학탐구의 방향을 재정립해야함을 시사한다. 그런 점에서 ALE 수업 전략은 학생들에게 의미 있는 경험의 기회를 제공해 줄 수 있다. 그런데 첨단과학 실험기기를 능숙하게 활용함에 있어 반복적인 기기 조작 연습이 선행되지 않는다면 그 기기가 가지는 효율성을 극대화하는 데 어려움이 따른다. 그러므로 첨단과학 실험기기 사용에 대한 활성화 방안이 요구되고, 그 한 가지 구체적인 방안이 ALE 수업 전략인 것이다. 이와 같은 ALE 수업 전략을 토대로 다양한 ALE 수업 자료 개발이 이루어진다면 과학고 학생들에게 과학기술에 대한 이해와 함께 과학에 대한 영역을 폭넓게 이해시키는 데 도움이 될 것이다. 영재교육의 목적은 실제 세계의 탐구활동에서 독립적, 자율적, 창의적으로 탐구할 수 있는 능력을 갖춘 학습자 양성에 초점을 두고 있다.²⁶ 과학고는 다양한 첨단과학 실험기기를 보유하고 있고, ALE 수업 전략을 통해 첨단 과학 실험기기의 사용능력을 키우는 것은 실제 세계를 탐구할 수 있는 영재교육의 목적과 부합된다고 생각한다. 이처럼 첨단과학 실험기기 사용에 대한 활성화 교육의 방안을 마련하는 것은 과학고의 장점으로 부각되어야 한다는 점을 간과해서는 안 된다. 더 나아가, 이와 같은 노력은 첨단과학 실험기기를 중심으로 학생 주도형 과학 학습 동아리 형태로 발전되고, 학생들에게 자율적이고 개방적인 탐구를 활성화시키는 원동력이 될 것이다.

REFERENCES

1. Ministry of Education, Science and Technology. Reform Directions for Science High Schools, 2012. (http://www.google.co.kr/url?sa=t&ret=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCIQFjAAahUKEwibtbvMr4_HAhVDI5QKHfx-5CNw&url=http%3A%2F%2Fwww.nhrd.net%2Fboard%2Fdownload.do%3FboardId%3DBBS_0000004%26fileSid%3D11095%26dataSid%3D23267&ei=ZqjAVZvqAcPG0AT886HgDQ&usq=AFQjCNH0WaSckT3A2bRWd56ZX-UnvCICLVA&sig2=dSZNbrSki4yJz_7nlyhqTg&bv=99261572,d.dGo&cad=rjt)
2. Noh, H. J. Case study on the relationship between science high school teachers' beliefs and classroom practices for the gifted. M. A. Dissertation, Korea National University of Education, Cheongju, 2007.
3. Lee, S. D. A study on methods to strengthen the educational connection between Gifted Science Academy/Science High School and university. Korea Foundation for the advancement of Science & Creativity, Seoul, 2010.
4. Kang, S. M.; Lee, H.; Kim, Y.; Kim, K. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2008**, *28*, 880.
5. Thomson, R. K.; Sokoloff, D. R. *American Journal of Physics* **1990**, *58*, 858.
6. Meador, K. S. *Gifted Child Today* **2003**, *26*, 25.
7. Feldhusen, J. F. *Educating Teachers for work with Talented Youth*. In Handbook of gifted education 2nd Ed.; Colangelo, N., Davis, G. A., Eds.; Allyn & Bacon: Boston, 1998; p. 547-552.
8. Lee, H.; Cho, H. *Journal Science Education Kyungpook National University*. **2008**, *32*, 33.
9. Lee, M.; Kim, M.; Lee, Y. *Experimental Chemistry*; Seoul metropolitan office of education Public, Seoul, 2013.
10. Josefina Arce, Rosa Betancourt, Yamil Rivera and Joan Pijem. *Journal of Chemical Education*, **1998**, *75*, 1142.
11. Park, J. *Organic Synthesis Chemical Experiment*; Dong-Hwa Technology Publishers: Gyeonggi, 2011.
12. Kim, J. Y.; Park, J. H.; Park, Y. R. *Journal of Korean Earth Science Society* **2005**, *26*, 183.
13. Strauss, A.; Corbin, J. *Basics of qualitative research: Techniques and procedures for developing grounded theory*. Thousand Oaks, CA: Sage. 1998.
14. Ministry of Science, ICT and Future Planning, National Information Society Agency. A survey on internet addiction NIAV-RER-14112, Seoul, 2014
15. Roth, W. *Science and Children* **1989**, *27*, 52.
16. Mokros, J.; Tinker, R. *Journal of Research in Science Education* **1987**, *24*, 369.
17. Koo, H. W. A Study on the effect of microcomputer-based laboratory applied to middle school science instruction. Ph.D. Dissertation, Ewha Womans University, Seoul, 1993.
18. Lapp, D. A, Cyrus, V. F. *Mathematics Teacher* **2000**, *93*, 504.
19. Ryu, S. Analysis of the Effects of Applying MBL to the 2nd Grade Students of Middle School According to Cognitive Levels and Creativity, M. A. Dissertation, Korea National University of Education, Cheongju, 2011.
20. Rye, E.; Lim, H.; Kang, S.; Choi, B. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2008**, *28*, 67.
21. Park, K.; Ku, Y.; Choi, B.; Shin, A.; Lee, K.; Ko, S. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2008**, *28*, 331.
22. Yoo, Y. C. The Effects of MBL Experiment Class in Which Discussion on Science Achievement and Graph Ability and Affective Aspect related to Science of High School Students, M. A. Dissertation, Yonsei University, Seoul, 2011.
23. Rye, E.; Lim, H.; Kang, S.; Choi, B. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2008**, *28*, 67.
24. Park, J. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2004**, *4*, 375.
25. Kim, H.; Song, J. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2012**, *32*, 1489.
26. Watters, J. J.; Diezmann, C. M. *Australian Science Teachers Journal* **2003**, *49*, 46.

부록 1. Inquiry activities paper of experiment using the UV-Visible spectrometer

| ALE 수업 탐구활동지 | 식용색소의 탈색반응의 반응 차수 구하기 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|--|--------------|-------|-------|---------|--------|-------------|---------|--------|------|---------|-----|------------|-------|----|----|-------|---------------|-----------------|----------|-------------------------|--|------------|---|--|---------|------|-----|------------------|---|------------------------------|
| 1. 실험목표 UV-Visible 분광기를 활용하여 청색 제 1호(blue food dye)의 탈색 반응 차수를 결정할 수 있다. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2. 배경지식 가. 청색 제 1호(blue food dye) 왜 색깔을 띠는가? (중략) 눈이 감지하는 색깔은 흡수되는 빛의 파장에 해당하는 색깔이 아니라 그것의 보색이다. <table border="1" style="margin: 10px auto; width: 80%;"> <thead> <tr> <th>최대 흡수 파장(nm)</th> <th>흡수된 색</th> <th>관찰된 색</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>550-580</td> <td>Yellow</td> <td>violet-blue</td> </tr> <tr> <td>580-620</td> <td>Orange</td> <td>Blue</td> </tr> <tr> <td>620-680</td> <td>Red</td> <td>Blue-green</td> </tr> </tbody> </table> 나. 염소계 표백제 락스의 주성분은 무엇인가? 다. 반응 차수 <table border="1" style="margin: 10px auto; width: 80%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>반응 차수</th> <th>1차</th> <th>2차</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>속도 법칙</td> <td>$rate = k[A]$</td> <td>$rate = k[A]^2$</td> </tr> <tr> <td>적분 속도 법칙</td> <td>$[A]_t = [A]_0 e^{-kt}$</td> <td>$\frac{1}{[A]_t} - \frac{1}{[A]_0} = kt$</td> </tr> <tr> <td>차수 결정 plot</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>직선의 기울기</td> <td>$-k$</td> <td>k</td> </tr> <tr> <td>반감기($t_{1/2}$)</td> <td>$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k} = \frac{0.693}{k}$</td> <td>$t_{1/2} = \frac{1}{k[A]_0}$</td> </tr> </tbody> </table> 라. 유사 1차 반응 (중략) | | | 최대 흡수 파장(nm) | 흡수된 색 | 관찰된 색 | 550-580 | Yellow | violet-blue | 580-620 | Orange | Blue | 620-680 | Red | Blue-green | 반응 차수 | 1차 | 2차 | 속도 법칙 | $rate = k[A]$ | $rate = k[A]^2$ | 적분 속도 법칙 | $[A]_t = [A]_0 e^{-kt}$ | $\frac{1}{[A]_t} - \frac{1}{[A]_0} = kt$ | 차수 결정 plot |  |  | 직선의 기울기 | $-k$ | k | 반감기($t_{1/2}$) | $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k} = \frac{0.693}{k}$ | $t_{1/2} = \frac{1}{k[A]_0}$ |
| 최대 흡수 파장(nm) | 흡수된 색 | 관찰된 색 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 550-580 | Yellow | violet-blue | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 580-620 | Orange | Blue | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 620-680 | Red | Blue-green | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 반응 차수 | 1차 | 2차 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 속도 법칙 | $rate = k[A]$ | $rate = k[A]^2$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 적분 속도 법칙 | $[A]_t = [A]_0 e^{-kt}$ | $\frac{1}{[A]_t} - \frac{1}{[A]_0} = kt$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 차수 결정 plot |  |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 직선의 기울기 | $-k$ | k | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 반감기($t_{1/2}$) | $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k} = \frac{0.693}{k}$ | $t_{1/2} = \frac{1}{k[A]_0}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3. 준비물 UV-Visible 분광기, 식용색소(청색 제 1호), 유한락스, 마이크로 피펫, 50mL 부피 플라스크, 증류수, 바이알 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4. 실험방법 1) 흡광도가 1미만이어야 의미가 있는 데이터가 되므로 증류수로 희석하여 식용색소 수용액을 제조한다. 2) 흡광도의 변화를 통해 색소의 탈색반응을 관찰할 수 있도록 유한락스의 농도를 잘 맞춘다. 3) 깨끗이 세척된 큐벳에 각각 증류수와 색소, 위의 유한락스의 비율을 잘 설계하여 총 4mL가 되게 넣는다. 4) UV-Visible 분광기에서 5분 단위로 Scan 하여 최대 파장을 찾고, 흡광도 변화를 살펴본다. 5) 이후, kinetic mode에서 최대파장을 고정해 놓고 180초 정도 흡광도를 측정한다. 6) *.CSV으로 확장자명을 바꾼 후 저장한다. 7) 엑셀에서 자료를 변환하여 위 반응이 반응차수를 결정한다. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5. 분석 및 결과 • 위 색소의 최대 흡수파장은? | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

- 위 반응의 속도식은 어떻게 쓸까?
- 유사 1차 반응의 속도식으로 나타내면 속도상수는 k'로 나타낸다. 어떤 반응물의 반응차수를 결정할 수 있는가? k'란 무엇인가?
- 실험설계를 어떻게 할까?

| 실험설계 | observed rate constant(sec ⁻¹) |
|------|--|
| 1 | |
| 2 | |
| 3 | |
- 반응차수는? ln[A] vs. time or 1/[A] vs. time
- 기울기 (k')=_____ 단위(unit):_____
- 흡광도가 반으로 줄어드는 데 걸리는 시간($t_{1/2}$) 및 반응 속도

| Mix | Abs ₀ | $t_{1/2}$ | rate |
|-----|------------------|-----------|------|
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |

※ Abs₀ : 초기 흡광도

6. 결론
 이 반응의 실제 속도 상수는 어떻게 계산되어지는가?