

## 고등학교 생명과학 수업의 진단평가 및 형성평가에서 교실응답시스템의 활용 효과

강정민<sup>1</sup>, 심규철<sup>2</sup>, 동효관<sup>3</sup>, 김운화<sup>4</sup>, 손정우<sup>5</sup>, 곽대오<sup>5</sup>, 오경환<sup>5</sup>, 김용진<sup>5\*</sup>  
<sup>1</sup>한국교육방송공사, <sup>2</sup>공주대학교, <sup>3</sup>한국교육과정평가원, <sup>4</sup>진주제일중학교, <sup>5</sup>경상대학교

### Practical Use of the Classroom Response System (CRS) for Diagnostic and Formative Assessments in a High School Life Science Class

Jeong-min Kang<sup>1</sup>, Kew-Cheol Shim<sup>2</sup>, Hyo-Kwan Dong<sup>3</sup>, Wn Hwa Gim<sup>4</sup>,  
 Jeongwoo Son<sup>5</sup>, Dae-Oh Kwack<sup>5</sup>, Kyung-hwan Oh<sup>5</sup>, Yong-Jin Kim<sup>5\*</sup>

<sup>1</sup>Educational Broadcasting System (EBS), <sup>2</sup>Kongju National University, <sup>3</sup>Korea Institute for Curriculum and Evaluation (KICE),  
<sup>4</sup>Jinju Jeil Middle School, <sup>5</sup>Gyeongsang National University

#### ARTICLE INFO

##### Article history:

Received 28 March 2014

Received in revised form

15 April 2014

16 May 2014

Accepted 20 May 2014

##### Key words:

classroom response system (CRS),  
 quiz problem solving,  
 high school life science class,  
 diagnostic and formative assessment,  
 personalized feedback

#### ABSTRACT

The purpose of this study was to examine the potential of the use of the Classroom Response System (CRS), a kind of new ICT medium, in a quiz problem-solving oriented high school life science class. To find the usefulness of CRS as a teaching and learning strategy, the CRS group (n=34) sent prompt individual answers to the teachers' questions using the CRS terminal (Clicker), and the teacher then asked additional reasons of the individuals and gave personalized feedback. In the control group (n=35), the CRS was not used while the teacher asked overall questions and gave feedback in an undifferentiated way. As a result, the CRS increased students' interest and concentration during class, but there were no significant differences in study achievement between the two groups. However, there were significant differences between the medium-level groups when the two groups were divided into smaller ones based on their pre-scores. We suggest that, for effective use of the CRS for diagnostic and formative assessment, teachers should develop a teaching and learning strategy that can produce appropriate questions of various levels in advance, investigate the exact reasons for students' answers, and give customized feedback by individual as much as possible.

## 1. 서론

학교 학습의 진행 과정에서 교사는 학생의 학습 도달 수준을 확인하거나 학습 효과를 높이기 위해 다양한 형태의 평가 도구를 활용할 수 있다. 우리나라 일반계 고등학교에서는 대학입시를 준비하는 주요 방법으로서 평가 중심의 교수·학습 활동이 주를 이루고 있다. 교수 학습 과정에서 행해지는 진단평가와 형성평가는 실제적인 수업 과정 중에 학습자의 이해를 평가하여 학습 안내를 위한 자료로 활용한다는 점에서 교수·학습의 한 과정이며(Park, Nam, & Yoo, 2000), 학생이 배운 것을 더 잘 이해할 수 있도록 도와주어 학업 성취도를 높여주는 기능을 갖는다(Crooks, 1988; Kim, 2008). 또한 교사가 진단평가와 형성평가를 통해 학생들이 가지고 있는 학습 곤란이나 결손을 파악하고 적절한 피드백을 제공해 줄 수 있다(Kim, 2010; Lee, Choi, & Nam, 2000). 그러나 평가 중심의 학습 환경에서는 하나의 학급이 다양한 수준의 학생들로 구성되어 있는 일반계 고등학교의 경우 동일한 수준의 평가 문항이나 평가 도구를 활용하고 있어 여러 수준의 학생들에게 효과적인 평가 도구의 활용이나 피드백을 제공하기에는 어려움이 있다.

전통적으로 다인수 학급에서의 진단평가와 형성평가는 교사가 학생들에게 문제를 제시하고 학생들이 전체적으로 구두 응답을 하거나 손을 들어 응답하면, 교사는 전반적인 학생들의 반응 경향만을 파악하고 일괄적인 문제 해설을 하는 형태로 이루어져 왔다. 따라서 기존의 형성평가 방법으로는 교사가 수업 내용에 대한 학생 개개인의 이해 정도를 정확히 파악할 수 없어 학생 수준에 맞는 적절한 피드백을 하기 어려운 점이 있다. 또한 과학 수업에서 형성평가와 피드백을 연계시키는 방법으로 형성평가용 문제지에 교사와 학생의 대화 칸을 만들어 차시 수업에서 피드백을 하는 방안이 소개된 바 있지만(Lee, Choi, & Nam, 2000), 수업 중에 이루어지는 형성평가의 효과를 높이기 위해서는 평가 결과를 신속하고 정확하게 파악하여 즉각적이면서 적절한 피드백을 해야 한다.

따라서 교육공학적 측면에서 기존의 진단평가와 형성평가 방법들보다 효율적인 새로운 방안을 모색하는 것이 필요하다. 우리나라에서는 2000년대 초에 이미 모든 학교 현장에 교육정보화(ICT) 시설을 구축하고 컴퓨터와 인터넷을 활용한 다양한 형태의 교수·학습 활동을 추구하여 왔다(Ministry of Education & Human Resources Development, 2008). 또한 최근의 무선정보통신기술의 발전은 전통적 교실 내부에서

\* 교신저자 : 김용진 (gnuedu@nate.com)

\*\* 이 논문은 제1저자의 학위논문을 기초로 보완 연구를 하여 수정한 것임.

http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2014.34.3.0273

의사소통의 물리적 한계를 획기적으로 개선할 수 있는 기초를 제공함으로써 학교 현장에서 새로운 ICT 환경의 변화를 유도하고 있다(Kim *et al.*, 2011). 이를 통해 2015년부터 일선 학교 현장에는 디지털 교과서를 활용한 스마트(SMART) 교육의 여건 조성이 확장 될 전망이다(Ministry of Education, Science and Technology, 2011). 그러나 학교 현장에서 ICT는 교육 자료를 제시하는 도구로 한정되어 교사 중심으로 활용되어 왔으며(Gim, Seo, & Kim, 2011; Jeong, 2009), 스마트폰이나 디지털 교과서의 활용은 일부 연구학교에서만 초보적으로 이루어지고 있는 수준이다(Lee *et al.*, 2012). 따라서 학교 현장에 스마트 교육 환경이 제대로 구축되기 전까지는 교사나 학생 모두가 익숙한 기존의 ICT 환경에서 새로운 모바일 기기의 활용을 추구함으로써 학생들이 수업에 주도적으로 참여하게 하고, 교사는 개별 학생의 이해 정도를 신속히 확인하여 학생의 수준에 적절한 피드백을 할 수 있는 방안을 찾는 것이 효율적인 형성평가의 방안이 될 수 있다고 생각한다.

이러한 관점에서 미국 등의 국가에서는 형성평가 형태의 수업에서 학생의 수업 참여와 피드백을 개선할 수 있는 교수·학습 매체로서 CRS (classroom response system: 교실 응답 시스템)를 활용하여 왔다(Beatty *et al.*, 2008; Dufresne *et al.*, 2000). CRS는 교사가 기존의 ICT 환경을 이용하여 개념 설명을 하고 문제를 제시하면 학생들이 무선 응답기로 답을 전송할 수 있게 하며 그 결과를 컴퓨터로 받아 즉시 분석하여 제시하는 교육매체이다. 이는 수업 중에 불필요한 사이트에 접속될 염려가 있는 스마트폰이나 스마트패드 등의 학습 기기와는 다르게 교사의 질문과 학생의 응답을 처리하는 것에만 최적화된 수업 매체이다(Ryu, Kim, & Yoon, 2011). 북미의 여러 대학들에서는 이러한 CRS를 교양수업이나 수학(Strasser, 2010), 물리(Walgren, 2011), 화학(King, 2011), 생물(Caldwell, 2007) 등의 다양한 전공 수업에 적용하고 효율성을 연구하여 왔다. 중등 과학교육에 관련된 연구로는 물리 학습에서 개념적 추론과 양적인 문제 풀이에 CRS를 사용하여 학생의 지식이 증가되었다는 보고(Crouch & Mazur, 2001)와 40개의 중·고등학교에서 CRS 기반 학습이 과학과 수학 학습에 효과적임을 확인한 것이 있다(Beatty *et al.*, 2008).

그러나 국내에는 CRS가 도입된 지 얼마 되지 않아 CRS 활용 수업에 대한 효과가 충분히 검증되지 않았다. 고등학교 물리 수업에 CRS를 도입함으로써 물리 개념의 이해에 효과가 있음을 보고한 연구(Jung & Jeon, 2008)와 사회와 학업성취도 및 학습태도 향상에 CRS 활용이 긍정적인 영향을 주었다는 연구(Kim & Kim, 2010)가 있을 뿐이다. 따라서 본 연구에서는 CRS와 같은 모바일 응답매체를 형성평가 중심의 고등학교 과학(생명과학) 수업 전략에 활용한 효과와 고등학생 및 과학 교사들의 인식 조사를 통한 진단평가와 형성평가 도구로서의 활용 가능성을 알아보고자 하였다. 이에 본 연구의 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, 고등학교 생명과학 수업의 진단평가와 형성평가에서 CRS 활용이 학업 성취도에 어떤 영향을 미치는가?

둘째, 고등학교 생명과학 수업의 진단평가와 형성평가에서 CRS 활용에 대한 학생과 교사의 인식은 어떠한가?

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

본 연구를 위하여 인문계 남자고등학교의 2학년 자연계 학생 69명을 연구 대상으로 선정하였다. ‘생명 과학 I’을 선택과목으로 운영하는 2개 학급 중에서 1개 학급(35명)을 비교반으로 설정하여 진단평가, 강의식 수업 및 형성평가를 실시하였고, 다른 1개 학급(34명)은 실험반으로서 CRS를 활용한 진단평가, 강의식 수업 및 형성평가를 하였다. 고등학교 1학년 2학기 ‘과학’ 과목의 성적을 사전 점수로 하여 비교반과 실험반의 동질성 검정을 한 결과, 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=.185, p=.668$ ). 따라서 본 연구의 두 집단은 동질 집단을 가정할 수 있었다.

### 2. 연구 방법

#### 가. 교실 응답 시스템(CRS: classroom response system)의 구성

본 연구에서 수업 매체로 사용한 교실 응답 시스템(CRS)은 기존의 ICT 환경에서 2.4GHz 공용 주파수를 이용한 RF (Radio Frequency) 무선 기술을 적용한 교육매체이며, 클릭어 시스템(Clicker System)으로도 불린다. CRS의 구성품과 주요 기능은 Table 1과 같다. CRS는

Table 1. Devices and functions in the classroom response system (CRS)

구성품	기능
학생용 단말기	· 핸드폰과 유사한 모양 · 문제 유형에 따라 정답 입력과 확인이 가능함
교사용 단말기	· 핸드폰과 유사한 모양 · 문제 유형의 변경 및 점수 부여, 정답 및 결과 확인, 탐색 및 조회 등을 제어할 수 있음
수신기	· PC와 단말기 사이의 신호를 송·수신하고 정보를 처리함 · 수업 진행 방식, 문제의 유형 및 점수, 제한 시간을 설정한 후 음성, 문서, 동영상, 이미지 등을 통해 문제를 제시할 수 있게 함
소프트웨어	· 문제를 풀이한 학생들이 송신기로 응답하면 이를 실시간으로 취합하고, 응답 여부와 정·오답자의 비율을 PC 화면에 나타나게 함 · 응답 결과를 저장하고 자료 호출 및 송출 등이 가능하게 함.

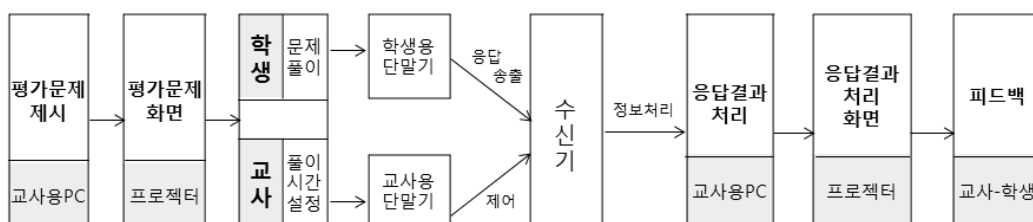


Figure 1. Flows of using the CRS in the life science instruction

핸드폰 형태의 교사용 단말기와 학생용 단말기, 그리고 교사의 PC에 장착하여 학생들의 응답 정보를 받아들이는 수신기 및 집계 프로그램으로 구성되어 있으며, 교실뿐만 아니라 대형 강의실에서도 사용할 수 있다(Ryu, Kim, & Yoon, 2011).

문제풀이 형태의 평가 방법을 활용한 수업에서 CRS를 활용하는 과정은 Figure 1과 같다. 수업 중에 교사가 PC로 선다형 평가문제를 제시하고 프로젝터로 스크린에 투영하면, 학생들은 화면의 문제를 풀이하고 자신이 생각한 답에 대해 단말기 버튼을 눌러 응답한다. 학생들의 응답은 수신기를 통해 교사의 컴퓨터로 전송되고, CRS 프로그램은 응답들을 분석하여 학생 개인별 응답 상황과 정·오 여부에 대한 표시, 답지 선택율의 그래프 등을 실시간으로 나타내준다. 이를 통해 교사는 결과를 신속히 확인하고 학생들에게 적절한 피드백 수업을 할 수 있다.

CRS를 이용하여 학생들의 응답 결과를 보여주는 예시 화면은 Figure 2와 같다. 제시된 평가문제 화면의 상단에 학생 출석번호 순으로 응답자의 정답 여부가 색깔로 표시되고, 바로 아래에 문제 풀이의 제한 시간이 경과된 것을 표시하고 있다. 좌측에는 교사가 입력한 답안지가 제시되고 우측에는 학생들이 응답한 결과의 정답과 오답 비율(문항의 답지별 분포)이 막대그래프로 나타난다.

나. CRS 활용 교수·학습 모형

CRS를 활용한 과학 교수·학습 모형은 고등학교 현장에서 주로 이루어지는 문제풀이 활동 형태와 주기적 문제풀이 방법(Dufresne *et al.*, 2000)을 반영하여 선개념 확인, 학습 활동, 평가 활동, 피드백, 핵심정리의 단계를 거치도록 하였으며, 평가 활동에서는 문제의 난도 수준을 점진적으로 높여가며 제시하도록 개발하였다(Figure 3).

CRS 활용 교수·학습 모형에 따른 기본적인 수업 전략은 ICT 기자재와 연계된 교실응답시스템(CRS)을 활용하여 학습 자료와 평가 문제

를 제시하고, 학생들의 응답 결과를 바로 확인하여 피드백을 하는 것이다. 먼저, 선개념 확인을 위해 진단평가를 하고 피드백을 하여 새로운 개념학습을 위한 기초와 연계되게 한다. 이어서 학습 주제와 관련된 학습 활동을 한 후 ICT 기자재를 이용하여 형성평가 문제를 제시한다. 형성평가 문제는 학생 개인별로 스스로 풀은 후에 CRS 응답기를 직접 조작하여 답을 전송하도록 한다. 이후 교사와 학생이 응답 결과의 화면을 함께 확인함으로써 교사는 학생들의 오류 상황을 신속히 파악하고, 학생들은 동료들의 응답 수준과 스스로 비교하도록 한다. 피드백의 방법으로 교사는 오류를 보인 학생들 중에서 2~3명에게 답지 선택에 대한 이유를 질문하여 학생의 응답에 따라 적절한 설명을 하고, 이후에 전체 학생을 대상으로 문제풀이를 위한 해설을 한다.

평가 문제들은 난도 수준을 단계적으로 높여가면서 제시하였다. 즉, 개념 지식을 확인하는 수준의 문제(확인문제)를 풀게 하고 피드백을 한 후에 이해를 묻는 수준의 문제(기본문제)를 풀게 하여 피드백을 하였다. 이어서 개념을 응용한 수준의 문제로 심화 평가를 하고 피드백을 하였다. 이와 같이 학습 내용에 대한 평가와 피드백을 마친 후에는 핵심 내용을 정리하여 수업을 마무리 하도록 하였다.

CRS 활용 교수·학습 모형에 대해서는 과학교육 전문가 3인과 고등학교 생명과학 교사 3인에게 내용 타당성을 검토 받았으며, 진단평가나 형성평가 과정에서 응답 상황을 파악하기 어렵고 적절한 피드백을 충분히 하기 어려운 우리나라의 일반적 고등학교 과학 수업 상황에서 수업 전략의 개선에 기여할 수 있을 것으로 평가받았다.

다. CRS 활용 수업의 적용

본 연구에서 실험반과 비교반의 교수·학습 활동 과정은 CRS 활용 교수·학습 모형(Figure 3)에 기초하여 ‘진단평가’, ‘학습 활동’, ‘기본 형성평가’, ‘심화 형성평가’, ‘내용 정리’의 5단계로 구성하였다. 각

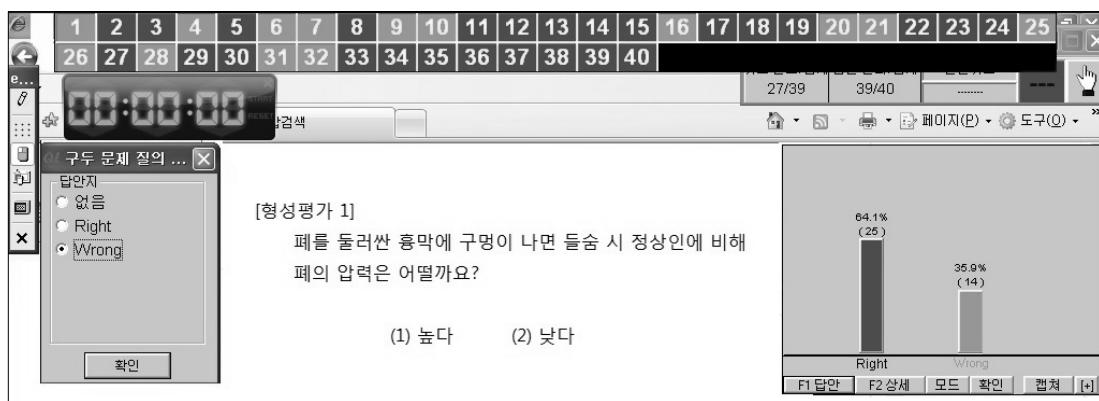


Figure 2. The example of a scene in the formative assessment using the CRS

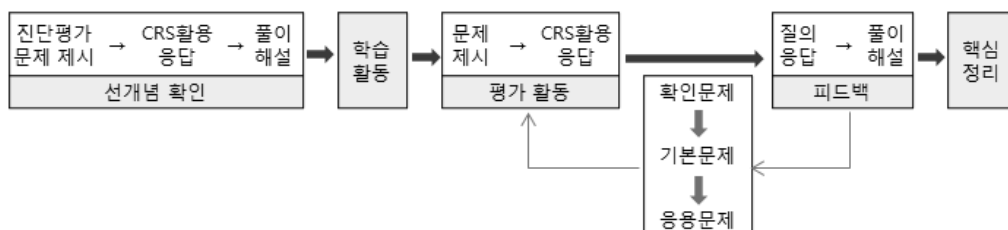


Figure 3. Model of teaching-learning using the CRS in a high school life science class

단계	과정	실험반	비교반
진단평가	선개념 확인	<ul style="list-style-type: none"> <li>· ICT 활용하여 선개념 문제 제시</li> <li>· CRS 활용 응답/확인</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· ICT 활용하여 선개념 문제 제시</li> <li>· 구두 응답</li> </ul>
	피드백	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 선수학습 내용 정리</li> <li>· 본시학습 관련성 설명</li> </ul>	
학습활동	동기 유발	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 학습 주제에 대한 흥미 유발</li> <li>· 학습 목표 확인</li> </ul>	
	개념 학습	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 학습 주제 관련 PPT, 동영상 자료 제시</li> <li>· 교사 주도의 학습 내용 설명 및 학생 활동</li> </ul>	
기본형성평가	개념 확인문제 풀이와 피드백	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 단답/정오 유형의 문제 제시</li> <li>· CRS로 학생 개별 응답</li> <li>· CRS로 개별 응답 결과 확인</li> <li>· 오류 응답 이유의 개별 질문</li> <li>· 오류 응답에 맞춘 피드백</li> <li>· 전체 학생에게 일괄적 피드백</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 단답/정오 유형의 문제 제시</li> <li>· 전체 학생의 일괄적 구두 응답</li> <li>· 전체 학생 대상의 응답 이유 질문</li> <li>· 전체 학생에게 일괄적 피드백</li> </ul>
	기본문제 풀이와 피드백	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 5지 선다형 유형의 문제 제시</li> <li>· CRS로 학생 개별 응답</li> <li>· CRS로 개별 응답 결과 확인</li> <li>· 오류 응답 이유의 개별 질문</li> <li>· 오류 응답에 맞춘 피드</li> <li>· 전체 학생에게 일괄적 피드백</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 5지 선다형 유형의 문제 제시</li> <li>· 전체 학생의 일괄적 구두 응답</li> <li>· 전체 학생 대상의 응답 이유 질문</li> <li>· 전체 학생에게 일괄적 피드백</li> </ul>
	반복 확인	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 유사한 기본문제로 반복</li> <li>· CRS 활용한 맞춤 피드백</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 유사한 기본문제로 반복</li> <li>· 교사 주도의 일괄적 피드백</li> </ul>
심화형성평가	응용문제 풀이와 피드백	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 대입수능문제 유형의 문제 제시</li> <li>· CRS로 학생 개별 응답</li> <li>· CRS로 개별 응답 결과 확인</li> <li>· 오류 응답 이유의 개별 질문</li> <li>· 오류 응답에 맞춘 피드백</li> <li>· 전체 학생에게 일괄적 피드백</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 대입수능문제 유형의 문제 제시</li> <li>· 전체 학생의 일괄적 구두 응답</li> <li>· 전체 학생 대상의 응답 이유 질문</li> <li>· 전체 학생에게 일괄적 피드백</li> </ul>
	반복 확인	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 유사한 응용문제로 반복</li> <li>· CRS 활용한 맞춤 피드백</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 유사한 응용문제로 반복</li> <li>· 교사 주도의 일괄적 피드백</li> </ul>
내용정리	핵심개념 정리	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 학습한 주제의 개념 요약</li> <li>· 문제풀이에의 개념 적용 특성에 대한 설명</li> </ul>	

Figure 4. The process of the teaching-learning activity for the experimental and the control group

단계의 주요 활동은 Figure 4와 같다. 형성평가 활동은 기본문제와 응용문제로 수준을 구분하여 풀도록 했으며, 피드백을 한 후에 유사한 문제로 반복 학습을 하도록 하였다.

실험반과 비교반의 차이점은 CRS 사용 유·무와 개인별 피드백의 유·무에 있다. 실험반은 CRS 응답 매체를 사용함으로써 개별 학생의 응답 상황 파악이 가능하고 이에 따라 피드백 방법의 수업 전략에도 차이가 생기게 되므로 이를 포함하여 CRS 응답 매체의 활용에 따른 효과를 보고자 하였다. 비교반은 실험반과 다르게 CRS를 사용하지 않았으며, 학교 현장에서 이루어지는 일반적인 수업 상황에 맞추어 교사가 정답을 제시하고 학생의 응답을 소리나 손짓으로 확인한 후에 전체 학생을 대상으로 일괄적인 문제풀이 해설을 하는 피드백을 적용 하였다.

본 연구는 대학입시 준비를 하는 고등학생들을 대상으로 하였으므로 학생들의 피해를 최소화하기 위한 연구 윤리적 측면을 고려하였다. 교수·학습 활동은 2009 개정 교육과정에 따른 고등학교 생명 과학 I (Shim et al., 2011)의 ‘소화, 순환, 호흡, 배설 그리고 에너지’ 단원을 5차시로 5주간 적용하였다(Table 2). 이 단원은 제 7차 교육과정에서는 기관의 구조와 기능을 상세하게 다루었지만 2009 개정 교육과정에서는 단원 전체의 내용을 통합적으로 다루도록 되어 있다. 통합적인 내용 이해를 위해서는 교육과정에 관계없이 기관의 구조와 기능에 대한 선행지식이 요구되는 단원이다. 따라서 기관의 구조와 기능에 대한 보충적 내용을 교수·학습 활동에 포함할 경우 수업 방식의 차이에 따른 학생들의 피해를 최소화 할 수 있을 것으로 보았다.

비교반과 실험반의 교수·학습 활동은 동일 교사에 의해 진행되었

Table 2. Subjects and the number of lesson hours

단원명	교수·학습 주제	시수
소화, 순환, 호흡, 배설 그리고 에너지	양분의 소화와 흡수	1
	폐와 조직에서의 기체 교환	1
	양분과 산소의 이동	1
	에너지의 생성과 노폐물의 배설	1
합계	소화, 순환, 호흡, 배설의 관계	5

으며, 수업에서 이루어진 학습 내용과 수준도 동일하게 하였다. 다만, CRS 응답기를 학생들이 사용하여 응답하는지의 여부와 교사의 CRS 사용 여부에 의해 영향을 받는 피드백 방법에 차이를 두었다. 교수·학습 활동의 이해를 돕기 위하여 CRS 활용 교수·학습 지도안의 예시를 Appendix에 제시하였다.

라. 사전-사후 학업 성취도 검사

연구를 시행하기 전에 1차시의 수업 동안 단말기의 사용법을 안내하고 연습하여 교사와 학생들이 CRS에 익숙해지도록 하였다. 본 연구에서는 비교·실험반의 사전·사후 검사로 설계하여 학업 성취도 검사를 하였다. 학업 성취도의 사전 점수로 고등학교 ‘과학’ 과목의 1학년 2학기 성적을 활용하였으며, 고등학교 생명 과학 I의 ‘소화, 순환, 호흡, 배설 그리고 에너지’ 단원에 대해 주 1회로 5주간의 수업 처치 후에 사후 검사를 실시하였다. 사후 검사지는 5지 선다형의 20문항으로 구성하였다. 문항의 타당도와 신뢰도를 확보하기 위해 학습한 단원의 내용 중에서 최근 5년간 전국연합모의학력평가와 대입수학능력시험에 출제되었던 문항들을 변형하여 출제하였다. 문항 내용의 타당성은 경력 5년 이상의 생명과학 교사 3명에게 검토 받았다.

마. CRS 활용 수업에 대한 인식 조사

사후 학업 성취도 검사를 실시한 이후에 CRS를 사용한 수업에 대한 학생들의 인식을 리커트 5점 척도 방식으로 설문 조사하였다. 설문지는 CRS 활용에 대한 인식을 조사한 Oh(2013)의 연구에서 사용된 문항들을 참조하여 학생의 학습에 대한 인지적 측면과 정의적 측면에 미치는 영향에 대해 각 5문항씩 총 10문항으로 구성하였다. 또한 CRS를 사용한 수업에 대하여 인식하고 있는 장·단점 등을 서술하도록 하였다. 설문지는 연구자들의 논의와 검토를 통해 개발한 후 과학교육 전문가 3인에게 내용의 타당성을 검토 받았으며, 설문지에 대한 신뢰도(Cronbach's alpha)는 .631로 나타났다. 신뢰도가 매우 높지는 않았지만 CRS 활용에 대한 학생들의 반응을 살펴보기에 적절했다. 또한, CRS 활용 수업의 특성과 관련하여 연구 대상 학교에서 CRS를 사용하여 5회 이상 수업을 해 본 경험이 있는 과학전공 교사 6인을 대상으로 CRS 활용 교수·학습 활동에 대한 장·단점을 자유롭게 기술하도록 하였다. 교사들은 물리, 화학, 생명과학 전공 교사별로 각 2명씩이며 교육 경력은 5년에서 20년까지 다양하였다.

3. 연구 결과의 분석 방법

통계적 분석은 SPSS 21 프로그램을 사용하였다. 비교반과 실험반

Table 3. Results of the academic achievement's scores of pre and post test

	연구집단	사전 검사 점수		사후 검사 점수		점수차	
		성적수준	인원	M	(SD)		M
비교반	상	10	68.7	(6.78)	71.2	(6.81)	2.5
	중	12	52.8	(4.20)	56.0	(4.57)	3.2
	하	10	40.0	(6.05)	41.3	(6.53)	1.3
	전체	32	53.8	(12.79)	56.2	(13.32)	2.4
실험반	상	10	70.5	(6.35)	72.3	(5.76)	1.8
	중	12	54.9	(3.85)	60.0	(4.57)	5.1
	하	10	40.1	(6.31)	41.2	(6.75)	1.1
	전체	32	55.2	(13.33)	58.0	(13.74)	2.8

Table 4. Results of covariance analysis on academic achievement scores between the experiment and control group

소스	제곱합	자유도	평균제곱	F	p
수정모형	11208.735	2	5604.367	1717.788	.000
공변량(사전)	11156.172	1	11156.172	3419.466	.000
그룹	2.168	1	2.168	.664	.418
수정 합계	11407.750	63			

R 제곱=.983

에 대한 사전 학업 성취도 결과는 일원변량 분석을 통하여 집단의 동질성을 확인하였고, 각 집단의 학업성취도 변화에 대한 검정은 사전 성적을 공변량으로 하여 변량 분석을 하였다. 또한 학습자의 수준별로 학업 성취도의 차이에 영향이 있는지 추가적으로 알아보는 것은 파일럿 적용을 통한 활용가능성을 모색할 수 있다고 생각되어 사전 성적을 기준으로 상, 중, 하 성적의 세 집단으로 세분하고 각 집단별로 사전 성적을 공변량으로 한 학업성취도 변화에 대해 변량 분석을 하였다. CRS를 사용한 교수·학습 프로그램에 대한 학생들의 인식은 문항별로 응답 결과를 평균하였고, 학생과 교사의 서술 응답은 주요 내용을 중심으로 기술적 분석을 하였다.

III. 연구 결과 및 논의

1. CRS 활용 수업의 학업 성취도에 대한 효과

CRS를 사용한 수업이 고등학생들의 생명과학 학습에 미치는 효과를 알아보기 위하여 실시한 사전-사후 검사의 점수는 Table 3과 같다. 사전 검사의 점수에 비해 사후 검사의 점수가 비교반에서 2.4점, 실험반에서는 2.8점의 향상을 보였다. 사전 점수를 기준으로 성적 수준의 그룹을 구분하였을 때, 비교반과 실험반 모두에서 중위 그룹의 성적 향상이 가장 높게 나타났다.

사후 학업성취도의 향상 정도를 알아보기 위해 사전 성적을 공변인으로 하여 변량 분석을 실시한 결과(Table 4), 수업 방식에 따라 사후 성적에서 유의한 차이를 보이지는 않았다(p=.418). 이러한 결과의 원인으로 학교에서 성적에 영향을 미치는 다양한 요인이 있었지만 실험반과 비교반에서 형성평가에 사용하는 문제들과 지도 내용이 대부분 동일하게 이루어졌고, 단지 CRS 매체의 활용 여부와 이에 따른 피드백 방법의 일부에만 차이를 두었기 때문에 해석된다. 또한 형성평가에서 개인별 수준에 맞는 적절한 추가 질문과 문항이 주어졌어 함에도 불구하고 수업 전에 일괄적으로 준비한 문항들이 개인별 맞춤

식 피드백에 부적절한 경우도 있을 수 있어서 전체집단에서의 성취도 변화를 이끌지 못했을 것으로 생각된다.

본 연구의 결과는 고등학교 생명과학 수업에 CRS를 적용한 연구(Larry, 2008)에서 실험집단과 비교집단의 학업성취도에 유의미한 차이가 없는 것으로 나타난 것과 일치한다. 또한 형성평가의 수업 전략이 중·상위권 학생에게서 높게 나타나지만 통계적으로 유의한 차이는 없었다는 연구(Park, Nam, & Yoo, 2000)와 유사하다. 그러나 CRS를 활용한 초등학교 사회 학습(Kim & Kim, 2010)과 고등학교 물리 학습(Jung & Jeon, 2008)에서 성적 향상이 있었다는 국내의 선행 보고와는 차이가 있다. 외국의 연구에서도 CRS의 활용이 통계적으로 유의하게 시험 성적에 긍정적 영향을 미치는 것으로 밝혀진 경우도 있지만(Bartsch & Murphy, 2011; Shaffer & Collura, 2009), 시험 성적에 영향을 미치지 않거나 학생들의 전공이나 성적에 따라 영향을 미치는 것이 다르게 나타나기도 하였다(Addison, Wright, & Milner, 2009; FitzPatrick, Finn, & Campisi, 2011).

실험반과 비교반의 학업 성취도 변화에 통계적 차이가 나타나지 않았지만, 학습자의 수준별로 학업 성취도의 차이에 영향이 있는지 추가적으로 알아보는 것은 새로운 의미를 모색할 수 있다고 생각된다. 따라서 학생들의 사전 성적을 기준으로 성취수준의 그룹을 상, 중, 하로 구분하고 각 수준의 그룹에서 사후 학업 성취도의 차이에 대한 공변량 분석을 하였다. 그 결과 상위그룹( $F=2.189, p=.157$ )과 하위 그룹( $F=.255, p=.620$ )에서는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았지만, 중위 그룹( $F=6.660, p=.017$ )에서는 유의한 성적 향상의 효과가 나타났다(Table 5). 이러한 결과의 원인으로는 학생의 응답 결과를 CRS로 신속히 평가하여 오류 내용에 대한 전반적인 설명과 함께 일부 특정 학생들에게 질의·응답식 맞춤형 피드백을 해 준 것이 학업성적이 저조한 하위 그룹보다는 중간 그룹의 이해를 향상시키는데 효과가 있었던 것으로 생각된다. 따라서 형성평가에서 개인별 수준에 따른 맞춤형 피드백의 방법이 학업 성취도의 향상에 영향을 줄 수 있음을 추정할 수 있다.

중위권 학생의 학업 성취도 향상 결과는 상위권 학생일수록 CRS 활용 수업의 효과가 크다고 나타난 연구들(Addison, Wright, & Milner, 2009; Uhari, Renko, & Soini, 2003)과 일부 차이를 보인다. 그러나 생물 수업에서 하위권 학생들에게는 학업 성취도에 CRS 활용의 효과가 적다고 한 Metz (2008)의 연구와 유사하다. 따라서 성적 수준에 따라 CRS 활용 수업의 효과에 차이가 나타난 본 연구 결과는 편리한 교육매체로서 CRS를 사용하는 것뿐만 아니라 학생들의 기본적인 학업 성취 능력이 갖추어져 있어야 학업 성취에 효과가 나타날 수 있다고 볼 수 있다. 기본적인 학업 능력이 갖추어진 상태에서 CRS 활용을 통한 흥미로운 수업 참여를 유도하고 적절한 피드백을 해주는 교사의

Table 5. Results of covariance analysis on the academic achievement scores between the achievement medium-level groups

소스	제곱합	자유도	평균제곱	F	p
수정모형	506.702	2	253.351	107.922	.000
공변량(사전)	410.702	1	410.702	174.950	.000
그룹	15.633	1	15.633	6.660	.017
수정 합계	556.000	23			

R제곱=.911

노력이 있을 때 학업 성취도의 향상에 유의한 효과를 가질 수 있을 것으로 해석된다.

## 2. CRS 활용 수업에 대한 학생들의 인식

CRS를 활용한 수업에 대한 학생들의 인식은 Table 6과 같다. 전체 평균이 3.93으로서 CRS 활용 수업에 대해 긍정적으로 받아들이는 경향이 높다는 것을 알 수 있다. 이는 우리나라 대학생을 대상으로 CRS 활용에 대한 인식을 조사한 Oh(2011)의 연구 결과와 유사하다.

인지적 측면의 평균 점수는 3.82로서 CRS 활용이 학습에 긍정적인 것으로 해석할 수 있다. 특히 CRS를 사용하면 정답과 오답이 바로 나타나므로 아는 것과 모르는 것에 대해 깨닫게 된다는 것(4.11)이 대표적인 효과임을 알 수 있다. 서술형 응답에서도 이와 관련된 응답이 높게 나타났다.

- CRS를 사용하면 문제를 다 같이 풀어 한 번에 답을 봄으로써 시간을 효율적으로 사용하고, 바로 나의 실력을 평가할 수 있어 좋은 것 같다. (유사 응답자 16명).

그러나 CRS를 수업에 사용하는 것이 성적 향상에 도움이 된다는 인식(3.5)은 다른 항목에 비해 높지 않아 학업 성취도 향상에 비해 관련되고 유의한 차이를 보이지 않은 결과(Table 5)와 관련된 것으로 보인다.

정의적 측면의 평균 점수는 4.04로서 CRS 활용이 인지적 측면보다 더 긍정적 효과가 있으며 수업 활동에 흥미(4.74)와 집중력(4.25)을 높여주며 학생들이 CRS 활용 수업을 선호하고 있음(4.48)을 알 수 있다. 서술형 응답에서도 CRS 사용이 재미를 느끼게 하여 수업에 집중할 수 있게 하는 효과가 있는 것으로 기술하는 학생들이 많았다.

- 모르는 문제나 어려운 문제가 나와도 일단 CRS 단말기로 조작하면서 수업하는 것이 재미있기 때문에 잠도 잘 안 오고 집중을 하게 된다. (유사 응답자 26명).

Table 6. Perception of students about the life science instruction using the CRS

영역	설문내용	M	(SD)
인지적 측면	CRS를 사용하여 공부한 내용은 기억에 오래 남는다.	3.83	(0.68)
	CRS를 사용하는 것은 수업내용을 이해하는 데 도움을 준다.	3.87	(0.58)
	CRS를 사용하는 것은 문제를 해결하는 데 도움을 준다.	3.81	(0.72)
	CRS를 수업에 사용하는 것이 성적 향상에 도움이 된다.	3.50	(0.74)
	CRS를 사용하면 내가 아는 것과 모르는 것에 대해 깨닫게 된다.	4.11	(0.60)
평균		3.82	(0.66)
정의적 측면	CRS를 사용하는 수업이 그렇지 않은 수업보다 재미 있다.	4.74	(0.44)
	나는 선생님이 문제를 낼 때 CRS를 사용하는 것을 좋아한다.	4.48	(0.64)
	CRS를 사용하면 수업 내용에 더 집중하게 된다.	4.25	(0.83)
	CRS 문제를 맞히기 위해 복습이나 예습을 한다.	2.71	(1.08)
	CRS를 다른 수업 시간에도 사용하면 좋겠다.	4.00	(1.08)
평균		4.04	(0.81)
종합 평균		3.93	(0.70)

이는 CRS 활용 수업에서는 학생들이 CRS 단말기를 직접 조작하면서 수업에 참여한다는 것 자체가 기존 수업과 다르게 수업에 흥미를 느끼게 하는 효과가 있음을 알 수 있다. 기존의 ICT 환경만으로는 컴퓨터를 이용하여 화면에 자료를 제시하고 교사 주도로 설명하는 수업이라 학생들이 지루해 하는 현상이 나타나는 경향이 있었다(Gim, Seo, & Kim, 2011; Jeong, 2009). 그러나 ICT 환경과 결합한 CRS 활용 수업에서는 CRS 단말기를 학생들이 직접 조작하여 정답을 송출하게 하고 그 결과를 신속하게 나타내 주는 기능이 있어 학생들로 하여금 학습에 능동적으로 참여하고 집중할 수 있게 해주는 긍정적 효과가 있음을 알 수 있다.

외국의 사례에서도 본 연구의 결과와 유사하게 CRS 활용이 학생들의 수업 참여를 증진시키고 재미를 주는 효과가 있는 것으로 보고되었다(Caldwell, 2007; Fies & Marshall, 2006). 또한 강의 시간에 CRS를 사용하면 80%가 넘는 학생들이 학습에 도움 된다고 하였고(Uhari, Renko, & Soini, 2003), 통계학 수업 학생의 87% 이상이 CRS가 학습에 긍정적 영향을 주는 것으로 인식한다는 연구도 있었다(Wit, 2003).

그러나 CRS 활용 수업에서의 문제풀이 정답률을 높이기 위해 학생들이 자율적으로 예습이나 복습을 하도록 유도하는 기능은 적은 것으로 나타났다(2.71). 서술형 응답에서는 일부 학생들이 질문 위주로 수업이 진행되거나 자신의 평가 결과가 공개되는 것에 대해 거부감을 느낀다고 제시하기도 하였다.

- 개념 이해가 제대로 되지 않는 상태에서 너무 질문 위주로 수업하는 방식은 좋지 않다. 문제를 읽고 이해할 시간이 부족한 점이 아쉬웠다. (유사 응답자 7명).
- CRS로 내 점수가 즉시 모두에게 공개되니 부끄럽고 스트레스를 받는다. (유사 응답자 5명).

이러한 반응들은 수업시간에 CRS를 사용하는 것에 대해 일부 학생들은 부정적인 인식을 가진다고 보고한 Poirier & Feldman(2007)의 연구와 유사하며, CRS 활용 수업이 학업 성취 향상에 유의한 효과를 주지 못하는 원인이 될 수 있음을 추정할 수 있다.

### 3. CRS 활용 수업에 대한 교사의 인식

CRS를 활용한 수업 경험이 있는 교사 6인의 면담 결과, CRS를 활용함으로써 다음과 같은 효과와 개선점이 있는 것으로 분석되었다.

교사가 인식한 CRS 활용 수업의 가장 큰 장점은 학생들이 CRS 기기를 활용하는 것에 흥미를 느끼고 문제 풀이에 직접 응답함으로써 수업 태도가 좋아지는 효과를 가져 오는 것이었다. 또한 전통적인 수업에서 학생들은 교사의 질문에 무작위로 복창하여 응답하고, 교사는 ‘이 정도면 알아듣겠지’ 하는 어림짐작으로 수업을 해왔지만 CRS를 이용함으로써 학생들이 가진 선개념이나 오개념을 교사가 신속하고 정확하게 파악할 수 있다는 것이다.

- 학생들이 CRS 기기 사용에 흥미를 느껴 수업에 적극 참여해요. CRS를 통해 학생들의 응답 결과를 신속하게 확인하고 설명해 줄 수 있는 수업의 편리성도 아주 좋고요. (유사 응답자 6명).

외국의 선행 연구들에서도 대부분의 교사들이 학습자들의 상황을 즉시 파악할 수 있어 CRS 사용을 선호하는 것으로 보고되어 왔다(Caldwell, 2007; Fies & Marshall, 2006; Metz, 2008; Langman & Fies, 2010; MacArthur, Jones, & Suits, 2011; Towns, 2010). 또한 CRS는 학생들에게 즉각적 피드백을 제공하여 보다 학습자 중심의 학습이 가능하게 한다는 이점도 보고되었으며(Weerts, Miller, & Altice, 2009) 강의 시간을 보다 효율적으로 사용할 수 있고 비용 효과성이 높은 방안으로 제시된 바 있다(Anderson *et al.*, 2011).

그러나 한 학급에 30명 이상의 학생 전체를 대상으로 하는 수업이므로 CRS를 이용한다 해도 여전히 모든 학생의 개인별 수준에 따라 적절한 피드백을 제공하기에는 어려운 점이 있는 것으로 나타났다.

- CRS를 사용하더라도 학생 수준이 다양한 경우에는 개인별 질의·응답을 통한 피드백에 시간이 많이 걸리고, 설명의 수준을 적절하게 맞추기가 어려워요. (유사 응답자 5명)
- 학생들의 학업성취 수준이 다양한 만큼 다양한 수준의 문제들을 사전에 개발하고 준비해야 하는 부담이 있어요. (유사 응답자 6명).

이러한 인식은 CRS 기기의 활용 수업만으로는 모든 학생들의 학업 성취도를 향상시키기 어렵다는 것을 설명해 준다. 특히 교사들이 학생들의 다양한 응답 수준을 예상하여 사전에 다양한 수준별 문제를 개발하는 노력이 선행되고 개별 학생의 수준에 따른 맞춤형 피드백이 강화되어야 CRS 활용의 효과를 더욱 높일 수 있음을 알 수 있다.

## IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 우리나라 고등학교 현장에서 주로 이루어지고 있는 문제집이나 시험지 풀이 형태의 평가 중심 수업에 대한 개선으로서 기존의 ICT 기자재에 모바일 응답기를 결합한 형태의 교실응답시스템(CRS)을 이용한 교수·학습 전략을 적용하였다. 전통적인 진단평가 및 형성평가 수업에서는 학생들의 응답 상황을 교사가 대략적으로 살펴보고 해설을 하지만, CRS를 활용한 수업에서는 진단평가 및 형성평가의 문제들에 대해 학생들이 응답매체를 이용하여 응답하고 그 결과를 교사가 신속·정확하게 확인함으로써 개별 학생에 대한 피드백이 가능하다. 이러한 교수·학습 전략이 학업 성취도와 학생들의 인식에 미치는 영향을 조사한 결과, 다음과 같은 결론을 제시할 수 있다.

CRS 활용 수업에 대한 학생들의 인식은 인지적 측면과 정의적 측면에서 모두 긍정적이었다. 특히 학생들이 CRS 단말기를 직접 조작하여 응답함으로써 수업에 적극적으로 참여하고 흥미를 갖게 되는 효과가 있었다. 또한 정답자와 오답자의 비율을 나타내주므로 학생은 자신의 실력 수준을 파악할 수 있으며, 교사는 학생의 응답 결과를 즉시 정확하게 파악하여 피드백 할 수 있는 것을 긍정적으로 인식하였다. 따라서 진단평가와 형성평가를 수행하는 과학 수업에서 CRS 활용은 수업에 대한 학생들의 집중도를 높여주고 학생들이 과학 개념을 획득하는데 긍정적 효과를 줄 수 있는 교수·학습 전략이 될 수 있다고 판단된다.

한편, CRS 활용에 대한 학생들의 인식이 매우 긍정적인 것에 비해 비교반과 실험반의 학업 성취도 향상에서 유의한 차이를 보이지는 않았다. 다만, 사전 성적이 중위권인 학생들에게서만 CRS 활용 수업으로 유의한 학업 성취 향상 효과를 볼 수 있었다. 즉, 제시된 평가문항의

난이도가 적절하다면 기본적인 학업 능력이 어느 정도 갖추어진 중위권 학생들에게 CRS 활용 수업이 효과적이라고 볼 수 있다.

CRS 활용 수업 전략이 전체 학생의 학업 성취를 유의하게 향상시키지 못한 이유로는 다인수 학급에서 문제 풀이에 오류를 보인 모든 학생들에게 개별적인 수준에 맞는 질의·응답을 통한 피드백 설명에 한계가 있고, 수업 전에 교사가 다양한 학생들의 응답 수준을 예상하고 다양한 난도의 단계별 문제를 준비하는데 어려움이 있기 때문인 것으로 교사 면담에서 나타났다. 본 연구에서는 무기명 설문 조사를 실시하여 학생의 학업 성취 수준에 따른 CRS 활용 수업의 인식을 구별하기는 어려웠지만, 설문 결과를 볼 때, 성적이 저조한 일부 학생들은 자신의 점수가 노출되는 것에 심리적 부담을 느끼며, 개념 이해가 부족한 상태에서 문제 풀이 위주로 진행되는 수업에 적응하기 어려운 점도 중요한 요인으로 볼 수 있다. 이를 개선하기 위해서는 학습 매체로서의 CRS 사용에 중점을 두기보다는 CRS 활용의 장점을 살려서 학생들의 수업 참여와 흥미를 유도하고, 사전에 학생들의 다양한 실력 수준에 맞춘 수준별 문제의 준비와 수준별 반(모둠) 편성 등을 통해 더욱 많은 학생들에게 개인별로 적절한 즉각적 피드백이 이루어지도록 세심한 학습 지도가 이루어져야 할 것이다.

우리나라 고등학교 현장에서 주로 이루어지고 있는 진단평가 및 형성평가 중심의 생명과학 교수·학습에 대해 본 연구의 시사점과 제언은 다음과 같다.

첫째, 학교 수업에서 진단평가 및 형성평가 도구로서 CRS 응답기와 같은 모바일 응답매체의 활용이 학생들의 수업 참여와 흥미를 높이는 데 효과적이지만 단순한 흥미 위주의 수업 매체 활용으로 흐르게 되면, 학습자들이 학습에 대한 사고 활동 없이 기구 사용에만 몰두하거나 문제 풀이의 결과에만 집착하게 될 수도 있다. 응답매체 활용의 장점을 살리기 위해서는 모바일 기기를 단순하게 사용하는 평가 및 교사 주도의 피드백에 그치지 않고, 모둠별 토론학습 등과 연계하여 동료 학습과 자기 주도적 학습이 이루어지도록 더욱 체계적이고 다양한 모바일 활용 교수·학습 전략을 개발하고 연구할 필요가 있다.

둘째, 문제풀이 형태의 평가 중심 교수·학습에서 문제 해결력을 기르고 학업 성취도를 향상시키기 위해서는 학생 수준에 맞는 보다 정교한 진단 및 처방적 문항이 다양한 수준별로 연구되고 사전에 준비되어야 한다. 이를 통해 문항의 난도와 학생의 반응에 따라 단계적이고 전략적으로 수업에 활용하는 교수 방안이 적용되어야 할 것이다. 예를 들면, 성적이 하위권인 학생들에게는 응답 결과에 따라 기초 개념을 이해시키고 기초 문제의 풀이를 통해 학습 내용을 점검하는 과정을 추가로 제공한다면 도움이 될 것이며, 성적이 상위권인 학생들에게는 응답 후에 심화 학습이나 심화 문제 풀이를 더 수행할 수 있는 기회를 제공할 필요가 있다. 또한 학생 개개인의 수준에 맞는 피드백이 제대로 이루어지기 위해서는 많은 학생들에게 개인별 질의·응답을 통해 피드백 할 수 있는 시간의 확보가 요구된다. 그러나 정해진 수업 시간에 충분한 피드백 시간을 확보하기 어려운 점이 있다. 이를 보완하기 위한 방안으로 학생들이 문항의 답을 선택한 이유를 기술하거나 토의 내용을 기술할 수 있도록 CRS 응답기의 프로그램이 개선될 필요가 있다. 이를 통해 교사가 학생 개개인의 사고 내용을 정확히 파악할 수 있으면 피드백 설명에 소요되는 시간을 줄일 수 있을 것이다.

셋째, 본 연구에서 활용된 CRS는 PC나 스마트폰 기기와는 다르게 수업 중에 불필요한 사이트에 접속되지 않으면서 학생의 수준을 신속

히 파악하는 교수·학습 환경을 구축할 수 있는 장점이 있으나, 초기 구매 비용이 들기 때문에 이를 대체할 새로운 매체의 활용이 필요하다. 따라서 최근에 학생들이 널리 애용하는 스마트폰에서 구현될 수 있는 앱(App)에 CRS 기능을 융합한다면 손쉽게 수업에 적용할 수 있는 교육매체로 활용할 수 있을 것이다. 이를 통해 새로운 교육공학적 방향으로 추진되고 있는 스마트 교육 및 디지털 교과서 교육에서 효율적인 평가 방안을 모색하는 연구가 다양하게 이루어지기를 기대한다.

## 국문요약

본 연구는 문제풀이 중심으로 운영되는 고등학교 생명과학 수업에서 교육매체의 일종인 교실응답시스템(CRS)의 활용 가능성을 알아보고자 하였다. 교수·학습 전략으로 CRS 활용반(34명)은 학생들이 CRS 단말기로 응답한 결과를 교사가 즉시 파악하고 개인별 응답 이유를 질문한 후 피드백을 하였다. 비교반(35명)에서는 CRS를 사용하지 않았으며 학생들에게 일괄적인 피드백을 하였다. 연구 결과, CRS 활용이 학생들로 하여금 수업 활동에 흥미와 집중력을 높여주는 것으로 인식되었다. 그러나 학업 성취도의 향상에 있어서 CRS 활용반과 비교반 사이에 유의한 차이는 없었다. 다만 성적 수준에 따라 그룹을 나누었을 때, 중위그룹에서는 CRS 활용반과 비교반 사이에 학업 성취도의 향상에 유의한 차이를 보였다. 진단평가 및 형성평가에서 CRS 활용의 효과를 높이기 위해서는 다양한 수준의 문제들을 사전에 개발하고 학생들의 응답 이유를 정확히 파악하여 더욱 많은 학생들에게 개인별 맞춤형 피드백을 할 수 있는 교수 전략의 개발이 필요함을 제안한다.

**주제어** : 교실응답시스템(CRS), 문제풀이, 고등학교 생명과학 수업, 진단평가 및 형성평가, 개인별 피드백

## References

- Addison, S., Wright, A., & Milner, R. (2009). Using clickers to improve student engagement and performance in an introductory biochemistry class. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 37(2), 84-91.
- Anderson, L. S., Healy, A. F., Kole, J. A., & Bourne, L. E., Jr. (2011). Conserving time in the classroom: The clicker technique. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology in the Schools*, 64(8), 1457-1462.
- Bartsch, R. A., & Murphy, W. (2011). Examining the effects of an electronic classroom response system on student engagement and performance. *Journal of Educational Computing Research*, 44(1), 25-33.
- Beatty, I. D., Feldman, A., Gerace, W. J., Leonard, W. J., Dufresne, R. J., & Lee, H. (2008). Teacher learning of technology-enhanced formative assessment. Annual Conference of the National Association for Research in Science Teaching, Baltimore.
- Caldwell, J. E. (2007). Clickers in the large classroom: Current research and best-practice tips. *CBE-Life Science Education*, 6(1), 9-20.
- Crooks, T. (1988). The impact of classroom evaluation practices on students. *Review of Educational Research*, 58(4), 438-482.
- Crouch, A. H., & Mazur, E. (2001). Peer instruction: Ten years of experience and results. *American Journal of Physics*, 69, 970-977.
- Dufresne, R. J., Gerace, W. J., Mestre, J. P., & Leonard, W. J. (2000). ASK-IT/A2L: Assessing student knowledge with instructional technology (Tech. Rep Dufresne 2000 ask). University of Massachusetts Amherst Scientific Reasoning Research Institute.
- Fies, C., & Marshall, J. (2006). Classroom response systems: A review of the literature. *Journal of Science Education and Technology*, 15(1),

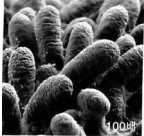




- 101-109.
- FitzPatrick, K. A., Finn, K. E., & Campisi, J. (2011). Effect of personal response systems on student perception and academic performance in courses in a health sciences curriculum. *Advances in Physiology Education*, 35(3), 280-289.
- Gim, W. H., Seo, J-H., & Kim, Y-J. (2011). A study on the use of ICT in middle school science class. *Educational Research*, 51, 171-194.
- Jeong, H-H. (2009). A qualitative study on the use of ICT in elementary school. *The Journal of Korean Education*, 36(4), 69-97.
- Jung, J., & Jeon, D. (2008). The effect of using a remote answering machine in high school physics class. *School Science Journal*, 2(2), 95-104.
- Kim, H-S., & Kim, J-R. (2010). Effects of student participation performance assessment using a remote responder on students' academic achievement. *Journal of the Korean Association of information Education*, 14(3), 461-468.
- Kim, J. G. (2010). *Inquiry of formative assessment: 50 story*. Seoul: Kyoyookbook.
- Kim, J. G. (2008). *The story of formative assessment by professor Kim*. Seoul: KangHyun Publisher.
- Kim, Y-A., Seo, J-H., Kye, B-K., & Lee, E. H. (2011). Study of educational using plan for new trendy ICT. (Research report CR2011-55-4). Korean Educational Development Institute · Korea Education and Research Information Service.
- King, D. B. (2011). Using clickers to identify the muddiest points in large chemistry classes. *Journal of Chemical Education*, 88(11), 1485-1488.
- Langman, J., & Fies, C. (2010). Classroom response system-mediated science learning with English language learners. *Language & Education: An International Journal*, 24(2), 81-99.
- Larry, J. B. (2008). Lecture-free high school biology using an audience response system. *The American Biology Teacher*, 70(9), 531-536.
- Lee, H., Choi, K., & Nam, J. H. (2000). The effects of formative assessment with detailed feedback on students' science achievement, attitude, and interaction between teacher and students. *Journal of Korean Association for Science Education*, 20(3), 479-490.
- Lee, J., Gu, Y. M., Shin, K. J., Kim, D. I., Gye, B-K., & Jeong, S. W. (2012). Developmental study of SMART education running program creative problem solving. (RM 2012-30) Korea Education and Research Information Service.
- MacArthur, J., L., Jones, L., & Suits, J. (2011). Faculty viewpoints on teaching large-enrollment science courses with clickers. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 30(3), 251-270.
- Metz, A. M. (2008). The effect of access time on online quiz performance in large biology lecture courses. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 36, 196-202.
- Ministry of Education & Human Resources Development (2008). *Educational information white paper in the year of 2008*. Seoul: Korea Education and Research Information Service.
- Ministry of Education, Science and Technology (2011). *Strategy for driving SMART education. The report of strategy committee for national information (2011. 6. 29.)*.
- Oh, J. (2013). Perception and effects of classroom response system use. *Journal of Educational Technology*, 29(2), 435-458.
- Park, J. Y., Nam, J. H., & Yoo, H. S. (2000). The effects of a teaching strategy based on the interactive formative assessment in middle school science class. *Journal of Korean Association for Science Education*, 20(3), 468-478.
- Poirier, C. R., & Feldman, R. S. (2007). Promoting active learning using individual response technology in large introductory psychology classes. *Teaching of Psychology*, 34(3), 194-196.
- Ryu, G. H., Kim, H., & Yoon, E. J. (2011). Tapper-interactive lecture system design for intelligent campus environment. Workshop presentation file in Korean Institute of Information Scientists and Engineers, 38(2A), 63-66.
- Shaffer, D. M., & Collura, M. J. (2009). Evaluating the effectiveness of a personal response system in the classroom. *Teaching of Psychology*, 36(4), 273-277.
- Shim, K-C., Yeau, S-H., Kim, Y-J., Hwang, U. W., Ahn, P. H., & Lee, I. G. (2011). *High school life science I (textbook)*. Seoul: Visang education.
- Strasser, N. (2010). Who wants to pass math? Using clickers in calculus. *Journal of College Teaching & Learning*, 7(3), 49-52.
- Towns, M. H. (2010). Crossing the chasm with classroom response systems. *Journal of Chemical Education*, 87(12), 1317-1319.
- Uhari, M., Renko, M., & Soimi, H. (2003). Experience of using an interactive audience response system in lecture. *BMC Medical Education*, 3, 12.
- Walgren, J. (2011). Innovative use of a classroom response system during physics lab. *The Physics Teacher*, 49(1), 30-32.
- Weerts, S. E., Miller, D., & Altice, A. (2009). "Clicker" technology promotes interactivity in an undergraduate nutrition course. *Journal of Nutrition Education Behavior*, 41(3), 227-228.
- Wit, E. (2003). Who wants to be... The use of personal response system in statistics teaching. *MSOR Connections*, 3(2), 14-20.

Appendix. The example of teaching-learning plan for high school life science using CRS (The unit of the relationships among digestion, circulation, respiration and excretion)\*

Step		Activity of teaching-learning (● : teacher's activity, ○ : student's activity)	Time (min.)
개념 확인	선개념 확인	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 선개념을 확인하기 위한 진단평가 문제를 PPT를 이용하여 제시하고, 응답 제한 시간을 설정(20초)한다.                      예) 다음 설명이 맞는지, 틀리는지를 CRS로 응답하세요.                      [피부의 땀샘을 통해 땀을 내보내는 작용은 배설이 아니라 체온조절을 위한 항상성 유지 작용에 해당한다.]</li> <li>○ 이전 차시에서 학습한 내용에 기초하여 CRS 단말기를 이용하여 응답한다.</li> </ul>	3
	선개념 정리	<ul style="list-style-type: none"> <li>● CRS를 제어하여 칠판에 투영된 응답 결과와 정답률을 학생들과 함께 확인한다.</li> <li>● 응답 결과에 따라 해설을 하고, 선수학습의 주요 개념을 요약하여 설명한다.</li> </ul>	
학습 활동	동기 유발	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 편집한 의학 동영상을 보여주어 흥미를 유발시킨다.                      (예) 호흡계에 이상이 생긴 환자의 긴박한 응급처치 장면을 보여준다.</li> <li>● 어느 기관에 이상이 생긴 환자인지 예측하게 하고 수업 말미에 예측 결과를 확인할 것임을 안내한다.</li> <li>● 학습목표와 유의점을 안내한다.</li> </ul>	5
	개념 설명	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ICT 기자재를 이용한 PPT와 동영상으로 학습 내용을 설명한다.                      - 소화계, 순환계, 호흡계, 배설계가 세포의 에너지 생성과정에 각각 어떤 역할을 하는지 설명한다.                      - 학습한 기관계 중 어느 하나에 문제가 생긴다면 인체에 어떤 일이 발생할지 예상하여 발표하게 한다.</li> <li>○ 교사의 설명을 듣고, 질문에 대해 생각하고 발표한다.</li> </ul>	15
기본 형성 평가	개념 확인 문제	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 학습한 개념에 대한 이해 여부를 평가하는 기초문제를 PPT로 제시하여 정오 여부를 CRS로 응답하게 하고 응답 제한 시간(20초)을 설정한다.                      예) 다음 설명이 맞는지, 틀리는지를 CRS로 응답하세요.                      [소장 용털의 모세혈관에 이상이 생기면, 지방 성분의 영양소에 의한 에너지 생성이 어렵다.]</li> <li>○ 문제를 풀고 CRS 단말기를 이용하여 응답한다.</li> <li>● CRS를 활용하여 학생의 응답 결과를 확인하고, 오류를 보인 학생 1~2명에게 응답 이유를 질문하고, 오류 내용을 교정하는 설명을 한다.</li> <li>○ 자신의 응답 이유를 생각하고 교사의 설명과 비교하여 이해한다.</li> </ul>	3
	기본문제 풀이와 피드백	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 객관식 기본문제를 PPT로 제시하여 CRS로 응답하게 하고 응답 제한 시간(30초)을 설정한다.                      예) 다음 중 세포의 에너지 대사에 필요한 물질과 노폐물에 대한 설명으로 옳지 않은 것의 번호를 CRS로 응답하세요.                      ① 요소는 주로 콩팥에서 오줌으로 농축되어 배설된다.                      ② 노폐물을 배설하기 위해서는 순환계가 작동해야 한다.                      ③ 에너지원으로 단백질을 사용하면 물, CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>가 생긴다.                      ④ 심장이 박동해야 모든 세포에 양분과 산소를 공급할 수 있다.                      ⑤ 세포에 양분을 공급해주면 산소가 없어도 에너지 생성은 된다.</li> <li>○ 문제를 풀고 CRS 단말기를 이용하여 응답한다.</li> <li>● CRS를 활용하여 문항별로 학생의 응답 분포를 확인하고 피드백 한다.                      - 가장 많은 오류를 보인 문항에 응답한 학생 1~2명에게 응답 이유를 질문하고, 오류 내용을 교정하는 설명을 한다.                      - 소수의 인원이 오류를 보인 문항에 응답한 학생 1~2명에게 응답이유를 질문하고, 오류 내용을 교정하는 설명을 한다.</li> <li>○ 자신이 답지를 선택한 이유를 생각하고 교사의 설명과 비교하여 이해한다.</li> </ul>	4

\* 본 교수·학습 활동 지도안의 예시에 제시한 문항은 Shim et al. (2012)의 교재에 제시된 문항에 기초한 것임.

Step	Activity of teaching-learning (●: teacher's activity, ○: student's activity)	Time (min.)						
기본문제 반복 확인	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 객관식 기본문제 유형을 반복하여 PPT로 제시하여 개념의 이해도를 확인한다.</li> </ul> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p>예) 다음과 같은 인체의 구조가 공통적으로 갖는 유리한 점은?</p>   <ol style="list-style-type: none"> <li>① 산소 흡수가 신속하게 이루어질 수 있다.</li> <li>② 물질의 흡수가 효율적으로 일어날 수 있다.</li> <li>③ 크기가 작은 물질을 쉽게 통과시킬 수 있다.</li> <li>④ 영양소의 소화가 효율적으로 일어나게 한다.</li> <li>⑤ 공기 중의 먼지와 세균을 효율적으로 걸러낼 수 있다.</li> </ol> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 문제를 풀고 CRS 단말기를 이용하여 응답한다.</li> <li>● CRS를 활용하여 문항별로 학생의 응답 분포를 확인하고 피드백 한다.             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 가장 많은 오류를 보인 문항에 응답한 학생 1~2명에게 응답 이유를 질문하고, 오류 내용을 교정하는 설명을 한다.</li> <li>- 소수의 인원이 오류를 보인 문항에 응답한 학생 1~2명에게 응답이유를 질문하고, 오류 내용을 교정하는 설명을 한다.</li> </ul> </li> <li>○ 자신이 답지를 선택한 이유를 생각하고 교사의 설명과 비교하여 이해한다.</li> </ul>	4						
심화 형성 평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 형성평가의 문제 수준을 높여 대입 수능문제 형태의 응용문제를 PPT로 제시하고 풀게 한다.</li> </ul> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p>예) 우리 몸에서 일어나는 다음 반응에 대한 설명으로 옳은 것을 모두 고른 것은?</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">(가)</td> <td style="text-align: center;">헤모글로빈 + 산소 → 산소헤모글로빈</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">(나)</td> <td style="text-align: center;">포도당 + 산소 → 이산화탄소 + 물 + 에너지</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">(다)</td> <td style="text-align: center;">암모니아 + 이산화탄소 + 에너지 → 요소 + 물</td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">-----&lt;보기&gt;-----</p> <p>(ㄱ) (가) 현상은 폐포를 감싼 모세혈관에서 일어난다.                  (ㄴ) (나)는 미토콘드리아에서 에너지를 생산하는 과정이다.                  (ㄷ) (다)는 콩팥에서 암모니아의 독성을 약하게 하는 과정이다.</p> <p style="text-align: center;">-----</p> <p style="text-align: center;">① (ㄱ)    ② (ㄱ), (ㄴ)    ③ (ㄱ), (ㄷ)    ④ (ㄴ), (ㄷ)    ⑤ (ㄱ), (ㄴ), (ㄷ)</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 문제를 풀고 CRS 단말기를 이용하여 응답한다.</li> <li>● CRS를 활용하여 문항별로 학생의 응답 분포를 확인하고 피드백 한다.             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 가장 많은 오류를 보인 문항에 응답한 학생 1~2명에게 응답 이유를 질문하고, 오류 내용을 교정하는 설명을 한다.</li> <li>- 소수의 인원이 오류를 보인 문항에 응답한 학생 1~2명에게 응답이유를 질문하고, 오류 내용을 교정하는 설명을 한다.</li> </ul> </li> <li>○ 자신이 답지를 선택한 이유를 생각하고 교사의 설명과 비교하여 이해한다.</li> </ul>	(가)	헤모글로빈 + 산소 → 산소헤모글로빈	(나)	포도당 + 산소 → 이산화탄소 + 물 + 에너지	(다)	암모니아 + 이산화탄소 + 에너지 → 요소 + 물	5
(가)	헤모글로빈 + 산소 → 산소헤모글로빈							
(나)	포도당 + 산소 → 이산화탄소 + 물 + 에너지							
(다)	암모니아 + 이산화탄소 + 에너지 → 요소 + 물							
응용문제 반복 확인	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 대입 수능 문제 형태의 응용문제를 반복하여 PPT로 제시하여 응용력을 확인한다.</li> </ul> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p>예) 세포에서의 물질 대사를 나타낸 그림에 대한 설명으로 옳은 것을 모두 고른 것은?</p>  <p style="text-align: center;">-----&lt;보기&gt;-----</p> <p>(ㄱ) 이 과정에 필요한 산소는 적혈구로부터 공급된다.                  (ㄴ) 생성된 이산화탄소는 혈액에 의해 폐로 운반된다.                  (ㄷ) 이화작용이며, 방출된 에너지는 ATP에 열에너지로 저장된다.</p> <p style="text-align: center;">-----</p> <p style="text-align: center;">① (ㄱ)    ② (ㄷ)    ③ (ㄱ), (ㄴ)    ④ (ㄴ), (ㄷ)    ⑤ (ㄱ), (ㄴ), (ㄷ)</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>● CRS를 활용하여 문항별로 학생의 응답 분포를 확인한다.             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 가장 많은 오류를 보인 문항에 응답한 학생 1~2명에게 응답 이유를 질문하고, 오류 내용을 교정하는 설명을 한다.</li> <li>- 소수의 인원이 오류를 보인 문항에 응답한 학생 1~2명에게 응답이유를 질문하고, 오류 내용을 교정하는 설명을 한다.</li> </ul> </li> <li>○ 자신이 답지를 선택한 이유를 생각하고 교사의 설명과 비교하여 이해한다.</li> </ul>	6						
내용 정리	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 핵심 개념을 정리한다.             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 문제 풀이에서 유의해야 할 주요 개념과 용어를 정리하여 강조하는 설명을 한다.</li> <li>- 핵심 개념과 관련지어 동기유발에서 제시한 동영상 문제의 답을 설명한다.</li> </ul> </li> </ul>	5						