

ICT 기반 실험 교육이 초등학생의 과학 이해도에 미치는 영향

박은희*, 박은주**, 임한규***

Impact of ICT-based Experimental Education on Elementary School Students' Science Understanding

Eunhee Park*, Eunju Park**, and Hankyu Lim***

이 논문은 국립안동대학교 기본연구지원사업에 의하여 연구되었음

요 약

과학은 실험 활동을 통해 학생들이 이론을 잘 이해할 수 있게 하는 과목이다. 그러나 학생들은 어려운 개념을 이해하는 데 실험과 이론을 분리하는 경향이 있다. 본 연구는 학생들의 과학 이해를 돕기 위해 STEAM 프로그램을 개발하고 그 효과를 조사하였다. 초등학생을 대상으로 물의 전기분해를 수행하고 물의 산도 변화를 아두이노 pH 측정 센서를 이용하여 확인하였다. 또한 아두이노와 프로세싱을 연동하여 물의 전기분해 과정을 시각적으로 나타내는 애니메이션을 개발하고 수업에 적용하였다. 이러한 ICT 융합 교육이 실험의 흥미와 이해도에 미치는 영향을 파악하기 위해 설문 조사를 통해 학생들의 의견을 수집하였다. 그 결과 실험에 대한 집중도가 향상되고 과학 이론을 이해하는 데 도움이 되었음을 확인할 수 있었다.

Abstract

Science is a subject that enables students to understand theories well through experimental activities. However, students tend to separate experiments and theories in understanding complex concepts. This study developed a STEAM program to assist students' understanding of science and investigated its effects. The program involved conducting electrolysis of water for elementary students and monitoring the acidity changes of water using an Arduino pH sensor. Additionally, an animation depicting the process of water electrolysis visually was developed by integrating Arduino and Processing, and applied in the classroom. To understand the impact of this ICT integrated education on the interest and understanding of experiments, a survey was conducted to collect students' opinions. The results confirmed that the concentration on experiments improved and it was helpful in understanding scientific theories.

Keywords

STEAM, convergence education, arduino, processing, effects of integrative education

* 국립안동대학교 AI 융합학과 박사과정
- ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-4994-9654>
** 국립안동대학교 SW융합교육원 교수
- ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4579-5535>
*** 국립안동대학교 소프트웨어융합학과 교수(교신저자)
- ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1755-4651>

· Received: May 07, 2024, Revised: May 20, 2024, Accepted: Jun. 17, 2024
· Corresponding Author: Hankyu Lim
Andong University Department of Software Convergence
Tel.: +82-54-820-5911, Email: hklim@anu.ac.kr

I. 서론

‘과학’은 원리를 이해하고 과학적 탐구 능력을 키워 다양한 문제를 해결하는 교과이며, 실험을 통해 다른 분야와 차별성을 가진다[1][2]. 그러나 이론 수업과 실험을 병행하더라도 모든 과학적 이론을 습득할 수는 없다. 특히 초등학생은 실험을 열심히 해도 의미를 이해하지 못하는 경우가 있다. 또한 우주나 화학과 같이 과학은 그 특성상 실험을 통해서도 직접 경험하기 어려운 경우가 많다. 우리나라 초등학교 과학교육은 탐구 과정과 기능에 중점을 두고 있지만, 현재의 교육 방식이 과학 탐구의 본질을 충분히 반영하지 못한다는 비판이 있다. 특히 학교에서 중점을 둔 기능 위주의 탐구 방식이 실제 과학 활동의 본질을 제대로 반영하지 못하는 문제가 있다. 이러한 접근 방식은 학생들이 과학 활동을 전면적으로 경험하고 이해하는 데 도움이 되지 않는다[3].

이런 문제를 해결하기 위해 STEAM 교육이 큰 역할을 할 수 있다. STEAM 교육은 과학(Science), 기술(Technology), 공학(Engineering), 예술(Art), 수학(Mathematics)을 융합해 학생들이 창의적인 문제 해결 능력을 키울 수 있도록 하며, ICT를 활용해 과학적 원리를 직관적으로 이해할 수 있게 한다[4]. 따라서 초등과학 수업에서는 교사가 학생들의 눈높이에 맞게 설명하며 활동의 목표와 중요성을 강조해야 한다[5]. 이와 함께 STEAM 교육을 통한 다양한 접근 방식을 도입해 학생들이 넓은 범위로 탐구하고 적용해 보는 기회를 제공해야 한다.

본 논문에서는 아두이노 pH 센서를 활용하여 물의 전기분해 실험에서 물의 성질 변화를 확인하였다. 또한, 프로세싱을 사용하여 물의 전기분해 과정을 애니메이션으로 제작하여 물이 전기분해 될 때 물속에서 일어나는 화학 반응을 눈으로 확인할 수 있도록 하였다. 이를 통해 ICT를 융합한 교육이 학생들의 수업 참여도를 높이고 과학에 대한 이해도를 향상시키는 데 도움이 되는지 알아보았다. 과학 실험과 ICT를 융합한 수업은 기체 종류에 대한 이해도를 36.2%, 산성과 염기성에 대한 이해도를 각각 10.3%, 6.9% 증가시켰으며, 실험 내용과 산업기

에 대한 긍정적 평가는 각각 76.8%, 77.6%로 나타나 학생들의 학습 효과를 높이는 데 융합 교육이 기여한 것으로 분석되었다.

1장은 과학실험과 융합 교육의 효과에 대해 서론을 기술하였다. 2장은 연구의 배경과 그 필요성에 대해 다루었다. 3장은 융합 교육 관련 연구를 조사하여 그 내용을 정리하였다. 4장은 물 분자 구조와 물의 전기분해 과정에 관해 설명하였다. 5장은 물을 전기분해 하는 과학실험 수업에 ICT를 융합하기 위해 수업을 설계하고 콘텐츠를 제작하여 수업에 적용하였다. 또한 적용한 내용을 바탕으로 그 효과를 분석하였다.

II. 연구 배경 및 필요성

컴퓨터와 과학 기술의 발달은 우리 생활을 빠르게 변화시키고 있으며, 교육 역시 시대적 상황에 맞춰 변화해야 한다[6]. 현대 교육에서는 각 분야의 교육이 가진 한계를 극복하기 위해 융합 교육의 필요성이 대두되고 있다. 단일 학문으로는 해결하기 어려운 문제들은 여러 학문을 융합함으로써 해결할 수 있다[7]. 이러한 시대적 요구에 따라 많은 분야에서 STEAM 교육의 중요성이 커지고 있다[4].

현재 우리나라의 과학 교과는 학업 성취도는 높지만, 학습 동기와 흥미는 상대적으로 낮은 편이다. 이에 학습 동기와 흥미를 높이기 위한 연구와 노력이 필요하다[4]. 또한 과학은 교과목의 특성상 현장에서 직접 체험하기 어려운 경우가 많다. 특히 화학은 실험을 통해서도 실제 일어나고 있는 반응을 눈으로 확인하기 어려운 경우가 많다. 과학 교과 STEAM 교육은 이러한 문제를 해결하기 위한 효과적인 방안 중 하나이다[8].

III. 관련 연구

현대 사회는 빠르게 변화하고 있으며, 이러한 변화는 교육체제의 변화를 요구하고 있다. 과학교육에서도 다양한 분야의 지식을 융합적으로 학습하여 창의적으로 문제를 해결하는 것이 필요하다.

3.1 피지컬 컴퓨팅

피지컬 컴퓨팅은 프로그램과 센서를 활용하여 컴퓨터가 인간의 감각기관 역할을 수행하도록 하는 것이다. 이러한 피지컬 컴퓨팅은 컴퓨터에 익숙하지 않은 사람도 사용할 수 있으며, 초등학생도 쉽게 활용할 수 있다. 특히, 아두이노를 사용하면 피지컬 컴퓨팅을 더욱 쉽게 접근할 수 있다[9]. 아두이노는 다양한 기기와 소프트웨어를 연동할 수 있으며, 센서를 연결하여 측정된 값이나 입력된 값을 이용하여 다양한 기능을 실행하거나 제어할 수 있다[10].

본 논문에서는 초등학생의 과학실험 이해도를 높이기 위해 피지컬 컴퓨팅 활동으로 아두이노를 활용하였다. 물의 전기분해 실험에서 물이 분해되면 물의 성질이 변화하는데 눈으로 확인하는 것이 불가능하다. 이에 아두이노 pH 센서를 이용하여 전기분해 후 물의 산도를 측정하고 프로세싱 애니메이션을 활용하여 컴퓨터 화면에 측정값이 표시되도록 하였다.

3.2 과학 수업에 대한 학생들의 관심도

유주선의 연구에서는 초등학생들의 과학 수업에 대한 관심도와 만족도가 대체로 보통 이상의 수준으로 나타났다. 과학 수업의 모든 영역에서 관심도

와 만족도 사이에는 긍정적인 상관관계가 확인되었다. 즉 과학 수업에 대한 학생들의 관심도가 높을수록, 만족도도 높아진다는 것을 알 수 있다[11]. 따라서, 학생들의 참여도를 높이려면 그들이 수업에 관심을 가질 수 있도록 유도하는 것이 중요하다. 그림 1은 교수 학습 방법 선호도와 수행 Matrix이다[12].

한국과학창의재단의 2021년 과학교육 종합 지표 조사 및 분석 결과에 따르면, 과학 수업에 대한 만족도는 72.7점이었다. 교수 학습 방식에 따른 선호도를 살펴보면, 강의 형식의 수업에 대해 학생들의 선호도는 평균보다 낮지만 실제로 가장 많이 진행되는 방식이다. 반면에 스마트폰이나 컴퓨터를 활용한 수업은 학생들의 선호도와 실제 진행 빈도 모두 평균 이상을 기록하였다[12]. 학생들은 강의 중심의 수업보다는 실험 활동을 선호하는 경향이 있음을 확인할 수 있다. 또한, 컴퓨터와 융합된 교육 방식은 학생들의 관심도와 만족도를 높이는 효과적인 방법임이 분명해 보인다.

3.3 ICT를 교육과정과 융합한 사례

ICT를 활용한 교육은 쌍방향성의 특징을 가지고 있으며 동기 부여가 용이하고 자기 주도적 학습 능력을 키울 수 있는 특징을 가지고 있어 학습 목표 달성에 중요한 역할을 할 수 있다[13].

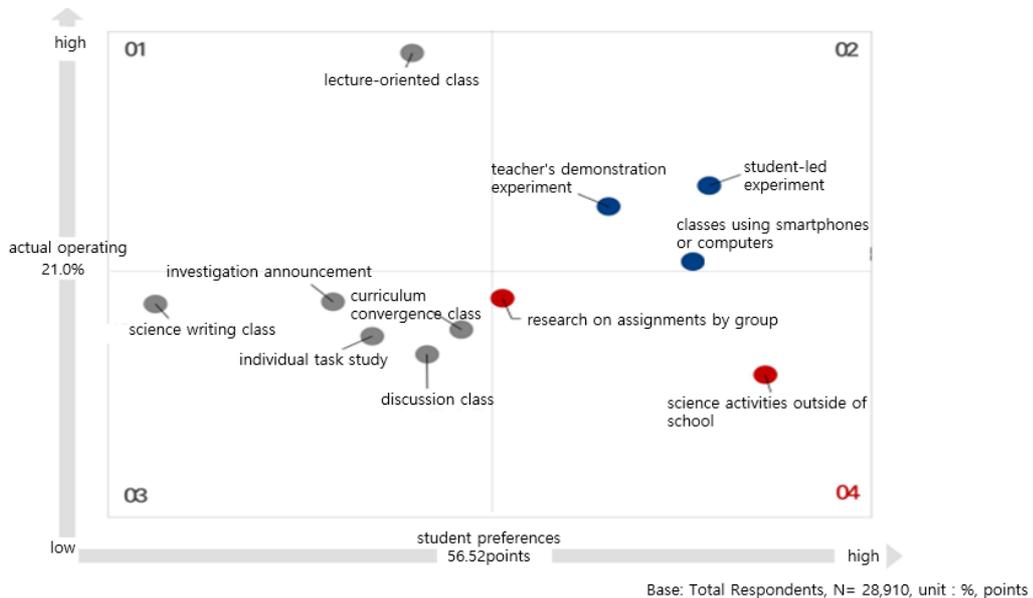


그림 1. 교수 학습 방법 선호도 및 Matrix
Fig. 1. Teaching and learning method preferences and matrix

전 세계 많은 국가는 미래 교육을 준비하고 개선하기 위해 교육에 ICT(Information & Communication Technology)를 활용하는 것을 핵심사업으로 진행하고 있다[13].

융합 교육에서 소프트웨어를 접목한 연구는 주로 정보 및 기술 교과를 중심으로 이루어지고 있다. 심규현은 초등학교 정보 영재 학생들을 대상으로 아두이노를 활용한 융합 커리큘럼을 설계하고 적용하여 그 효과성을 분석하였다. 그 결과 학생들의 컴퓨터에 대한 관심이 높아지고 프로그래밍에 대한 흥미도가 증가하였다. 김진수는 기술 교육과정에 아두이노를 활용한 융합 교육 방안을 제시하였다. 김푸름은 실과, 미술, 사회 과목에 인공지능을 접목한 창의교육 프로그램을 개발하고 적용하였다[14]. 그러나 과학교육에서 ICT를 적용한 경우는 드물다.

물의 전기분해는 실험을 통해서도 실제 일어나고 있는 반응을 눈으로 확인하기 어렵다. 이런 경우 학생들은 실험을 진행하여도 화학 반응의 원리를 이해할 수 없다. 본 논문에서는 이러한 문제를 보완하기 위해 ICT를 융합한 과학실험을 설계하였다. 설계한 수업이 과학적 이해도에 어떤 영향을 주는지 확인하고 수업 흥미와 학습 동기를 높일 수 있는지 그 결과를 분석하였다.

IV. 관련 연구

4.1 물 분자 특성

물 분자는 하나의 산소 원자와 두 개의 수소 원자로 이루어져 있다. 수소-산소-수소의 결합각은 104.5°로, 약간 구부러진 모양을 하고 있다[15]. 화학 결합은 두 원자가 전자를 공유함으로써 이루어진다. 이때 전기음성도가 더 큰 원자는 공유하는 전자를 더 많이 끌어당긴다. 물 분자에서는 산소 원자가 수소 원자보다 전자를 더 많이 끌어당겨, 산소 원자는 음전하(-), 수소 원자는 양전하(+)를 띠며 이런 분자를 극성 분자라고 한다[15]. 극성 분자 사이의 전기적 인력으로 인해 결합하는 것을 수소결합이라고 한다[13]. 그림 2는 물의 분자 모형과 서로 다른 물 분자 사이의 수소결합을 나타낸 것이다.

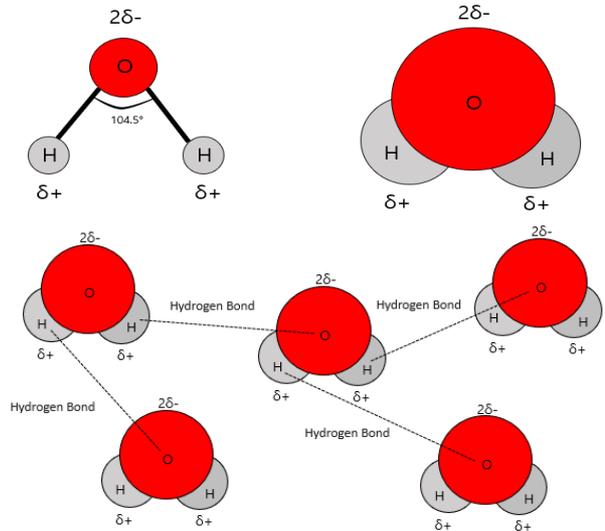
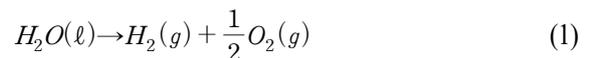


그림 2. 물의 분자 모형과 수소결합
Fig. 2. Water molecular model and hydrogen bonding

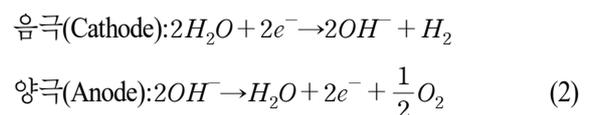
물 분자는 다른 물질의 인력과 비교했을 때 아주 강하다. 이를 끊기 위해서는 많은 에너지가 필요하고, 이 에너지는 전기 에너지를 이용할 수 있다.

4.2 물 전기분해의 원리

물의 전기분해란 물에 전기를 가하여 물 분자가 분해되어 수소와 산소 기체를 발생하는 반응이다 [16]. 물의 전기분해 총반응은 식 (1)과 같다.



물을 전기 분해하는 장치를 전해조라고 한다. 음극에서는 수소 기체가 발생하는 환원 반응(HER, Hydrogen Evolution Reaction)이, 양극에서는 산소 기체를 발생하는 산화 반응(OER, Oxygen Evolution Reaction)이 일어난다[17]. 순수한 물은 전기적으로 중성이며 전기가 통하지 못한다. 물을 전기 분해하기 위해서는 물에 전기를 통하도록 전해질인 알카라인 용액을 사용해야 한다[15]. (-)극과 (+)극에서 일어나는 반응식은 식 (2)와 같다[18].



전기분해를 통해 물에서 발생하는 기체의 성질은 겉보기 성질과 불을 활용하는 방법으로 파악할 수 있다. 겉보기 성질은 전기분해 과정에서 사용하는 시험관 내부에서 물의 높이가 낮아지는 것으로 확인된다. 기체의 종류는 전기분해 후 생성된 기체에 불을 가까이 가져가 확인할 수 있다. 표 1은 각 전극에서 일어나는 반응에 대하여 기술 한 표이다[19].

표 1. (+)극과 (-)극에서 일어나는 반응식
Table 1. Reactions occurring at the positive (+) and negative (-) electrodes

Distinction	Reduction electrode	Oxidation electrode
Reaction equation	$2H_2O(\ell) + 2e^- \rightarrow 2OH^-(aq) + H_2(g) \uparrow$	$H_2O(\ell) \rightarrow 2H^+(aq) + \frac{1}{2}O_2(g) \uparrow$
Gas produced	Hydrogen	Oxygen
Acidity of surrounding solution	Production of OH ⁻ results in a basic solution	Production of H ⁺ results in an acidic solution

H₂와 O₂의 계수 비가 2 : 1이므로 발생하는 수소 : 산소 기체의 부피 비 = 2 : 1이고 수소가 산소보다 더 많이 생성되는 것을 알 수 있다[19]. 이번 실험에서는 기체의 겉보기 성질을 이용하여 물의 높이가 더 많이 낮아진 시험관이 수소 기체가 생성되었음을 확인할 수 있다.

V. 아두이노와 프로세싱을 활용한 물 전기분해 시각화 실험

이번 연구는 초등과학 실험에 ICT를 융합하여 학생들의 이해도와 흥미도를 높이고, 화학적 제약으로 인해 눈으로 직접 확인이 불가능한 과학실험의 문제점을 해결할 수 있는 가능성을 확인하였다. ICT 기술을 활용한 융합 교육을 통해 초등학생들의 과학실험에 대한 흥미와 과학 이론에 대한 이해도를 향상시키는 방법을 모색하였다. 표 2는 이번 교육의 진행 과정을 나타낸 수업 설계이다.

표 2에 따라 물의 전기분해와 pH 변화를 실험하고 애니메이션 제작을 통해 시각적으로 이해하는 수업을 설계하였다. 나아가 교육 프로그램을 투입

한 효과를 평가하고 향후 개선을 위한 피드백을 수집하였다.

표 2. 수업 설계
Table 2. Lesson design

Lesson topic: Electrolysis of water and animation visualization using STEAM programs	
Content	Activities and preparation materials
Pre-assessment	
Pre-assessment - Understanding of scientific theories	- Providing students with questionnaires on scientific theories and experiments
Results of the assessment of understanding of scientific theories	- Explanation of pre-assessment results and confirmation of current understanding
Lesson content	
Introduction and goal setting	- Explanation of lesson objectives (Electrolysis of water science experiment, STEM, animation visualization) - Introduction to STEM and STEAM concepts
Conducting the electrolysis of water experiment	- Students conducting the electrolysis of water experiment
Development and introduction of animation visualization	- Measuring the pH of water using an arduino pH sensor - Demonstration of animation using arduino and processing to students
Analysis and discussion of experimental results	- Analyzing and discussing the experimental results
Application and discussion of animation visualization in class	- Collecting students' feedback on the application of animation visualization in class
Analysis of the effectiveness of STEM programs and surveys	- Conducting a survey to analyze the effectiveness of the STEM program among students
Evaluation and conclusion	
Analysis based on students' opinions	- Analysis of class effectiveness based on students' opinions
Conclusion and future plans	- Checking the achievement of class objectives - Discussion on the future utilization strategies of STEM and STEAM programs

물 전기 분해 실험에서 아두이노와 연결된 pH 측정 센서를 사용하여 물의 산도 변화를 실시간으로 측정하였으며, 프로세싱을 연동하여 물 전기분해 과정을 시각적으로 나타내는 애니메이션을 개

말하였다. 이 애니메이션은 학생들에게 복잡한 과학적 개념을 더 쉽게 이해할 수 있는 시각적 도구로 제공되었다.

경상북도 북부지역 1개 초등학교와 3개 지역아동센터의 학생 58명을 대상으로 물의 전기분해 실험을 진행하였다. 학년은 1학년부터 6학년까지로, 초등학교 전 학년을 대상으로 하였다. 학년을 구분하여 수업을 진행할 수 없었기 때문에, 저학년과 고학년의 난이도를 따로 조절하지 않고 전체 학년이 이해할 수 있도록 수업 난이도를 구성하였다. 그림 3은 실험을 진행하면서 학생들과 함께 물 분자 모형 애니메이션을 확인하는 모습이다.

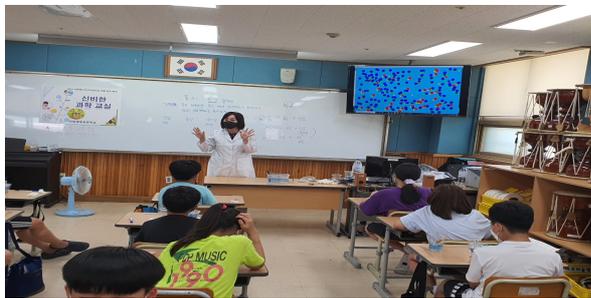


그림 3. 실험하는 모습
Fig. 3. Conducting an experiment

물의 전기분해 실험은 학생 개별 실험을 위해 개별 실험 도구를 제공하였다. 전기분해로 생성되는 기체는 시험관에 모아 물의 높이가 낮아지는 비율로 기체의 종류를 확인하였다. 교사용 전기분해 실험은 전기분해 후 pH 측정 센서로 산도를 측정하기 위해 바닥에 구멍이 뚫린 컵을 사용하였다. 전기분해 후 각각의 컵 속의 물의 산도가 어떻게 변화하는지 pH 측정 센서를 이용하여 확인하였다. 그림 4의 왼쪽은 학생 개인별 전기분해 장치이고 오른쪽은 교사용 전기분해 장치이다.



그림 4. 전기분해 장치
Fig. 4. Electrolysis device

본 실험에서는 순수한 물을 전해질 용액으로 만들기 위해 황산나트륨을 사용하였다. 실험 전 물에 BTB 지시약을 넣어 물의 pH 변화를 확인할 수 있도록 하였다. 물의 색이 변화하면 각각의 컵의 구멍을 통해 pH 측정 센서로 물의 pH 변화를 관찰하였다. 또한, 프로세싱 애니메이션을 이용하여 물속에서 물 분자의 변화를 시각적으로 확인하였다. 그림 5는 아두이노에서 측정된 물의 pH 수치를 시각적으로 표현하기 위한 코드이다.

```

Set port variable
Setup {
  Set background size (2500, 1500)
  Connect to port
}
void draw() {
  Set background color
  if (port value error check){
    Retrieve port value
  }

  if (port value is >8) { //alkaline case
    Set text size
    text("Alkaline");
    text(port value);
  }

  else if (port value is between 6 and 0) { //acidic case
    Set text size
    text("Acidic");
    text(port value);
  }

  else if (port value is between 8 and 6 inclusive) { //normal case
    Set text size
    text("Normal");
    text(port value);
  }
}
    
```

그림 5. 물의 pH 수치를 표현하는 코드
Fig. 5. Code for expressing the pH value of water

pH 값은 0~14까지로 구성되며, 0~6은 산성, 7은 중성, 8~14는 염기성이다. 실험은 수돗물을 전기분해 하는 것으로 수돗물은 순수한 물 분자뿐만 아니라 소독 과정에서 생기는 염소와 물속에 녹아있는 유기물 중 마그네슘, 칼슘 등으로 인해 약산성 또는 약알칼리성을 띤다. 실험이 여러 지역에서 진행되었고 지역별 수돗물의 pH가 일률적이지 않기 때문에, 편의를 위해 pH 측정값 6~8까지를 중성으로 설정하고 화면에 "Normal"로 표시하였다. 그림 6은 여러 액체의 액성을 확인하기 위해 아두이노에서 전달받은 pH 측정 데이터를 모니터링한 결과를 나타낸 그림이다.



(a) 수돗물 pH 측정 화면
(a) Water pH measurement screen



(b) 식초물 pH 측정 화면
(b) Vinegar water pH measurement screen



(c) 세제물 pH 측정 화면
(c) Detergent water pH measurement screen
그림 6. pH 측정 데이터 모니터 화면
Fig. 6. pH Measurement data monitor screen

아두이노와 pH 측정 센서를 사용하여 수돗물, 식초물, 세제물의 pH를 측정하였다. 측정값을 시각적으로 확인하기 위해 프로세싱과 연결하였고, 프로세싱 프로그램을 실행하여 측정한 pH 값과 함께, 중성은 "Normal", 염기는 "Alkaline", 산성은 "Acidic"으로 화면에 표시되도록 하였다. 수돗물의 pH를 측정한 결과, 화면에 pH 값과 함께 "Normal"이 표시되었다. 식초물의 pH는 "Acidic", 세제물의 pH는 "Alkaline"으로 표시되었다. 그림 7은 물 분자 표현 프로세싱 애니메이션 코드이다.

```

Set Oxygen class
Set Hydrogen class
Create variables and set initial values
Number of molecules = 200;
Number of molecules to change = 50;
Create Oxygen array = new Oxygens
Create left, right Hydrogen arrays = new Hydrogen;
void setup() {
  Set background size (2500, 1500);
  Connect to port;
  For (each molecule number) {
    Add oxygen object to Oxygen array
  }
  For (each molecule number) {
    Add hydrogen object to left, right Hydrogen arrays
  }
  Set the number of water molecules to change based on pH value

  In the case of neutrality
  if (8 >= x >= 6)
  {
    Fill the Oxygen array with neutral oxygen objects
    Fill the right, left Hydrogen arrays with neutral hydrogen objects
  }

  In the case of alkalinity
  if (x > 8) {
    For (the number of molecules to change) {
      Fill the Oxygen array with oxygen objects and change color
      Fill the left Hydrogen array with alkaline hydrogen objects and change color
      Fill the right Hydrogen array with neutral hydrogen objects and change color
    }
    For (the number of molecules - the number of molecules to change)
    {
      Fill the Oxygen array with neutral oxygen objects
      Fill the right, left Hydrogen arrays with neutral hydrogen objects
    }
  }

  In the case of acidity
  if (6 > x > 0) {
    For (the number of molecules to change) {
      Fill the Oxygen array with acidic oxygen objects and change color
      Fill the left, right Hydrogen arrays with acidic hydrogen objects and change color
    }
    For (the number of molecules - the number of molecules to change)
    {
      Fill the Oxygen array with neutral oxygen objects
      Fill the right, left Hydrogen arrays with neutral hydrogen objects
    }
  }
}
    
```

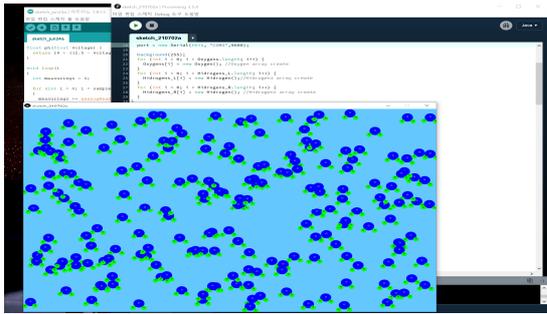
그림 7. 프로세싱 애니메이션 코드
Fig. 7. Processing animation code

중성의 물 분자는 산소 원자에 이웃하는 수소 원자 두 개가 굽은 V자 형태로 결합되어 있는 모습으로, 여러 개의 물 분자가 물속에서 자유롭게 움직이는 모습을 표현하였다.

물의 산성화 과정은 물의 전기분해 과정에서 (+)극에서 일어나는 반응으로 산소 기체가 생성되면서 물에는 수소이온(H⁺)이 생성되어 산성으로 변한다. 이 과정을 표현하기 위해 물 분자를 일부 분리하여 산소와 수소로 나누었다. 산소 원자는 위쪽으로 올라가 사라지고, 물에 산소 원자가 빠진 수소 원자들이 떠다니는 모습을 표현하였다.

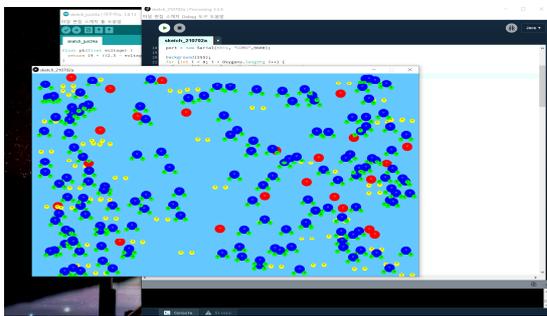
물의 염기성화 과정은 물의 전기분해 과정에서 (-)극에서 일어난다. (-)극에서 수소 기체가 생성되면서 물에는 수산화이온(OH⁻)이 생성되어 염기성으로 변한다. 이 과정은 물 분자를 일부 분리하여 수산화이온과 수소로 나누었다. 수소 원자는 위쪽으로 올라가 사라지고, 물에 수소 원자가 빠진 수산화이온들이 떠다니는 모습을 표현하였다. 그림 8은 아두이노로부터 pH 데이터를 받아와 실시간으로 변하는

물 분자를 표현한 프로세싱 애니메이션 코드의 결과를 나타낸 그림이다.



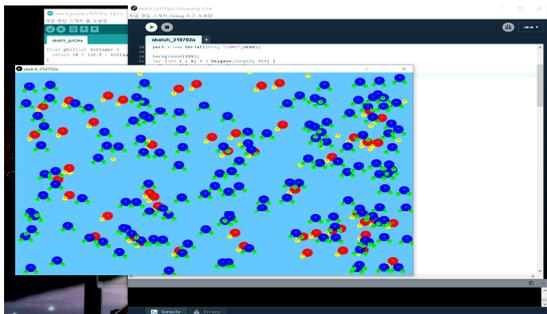
(a) 중성 물 분자 모델

(a) Neutral water molecule model



(b) 물의 산성화 과정과 물 분자 모델

(b) Acidification process of water and water molecule model



(c) 물의 염기성화 과정과 물 분자 모델

(c) Alkalization process of water and water molecule model

그림 8. 물 분자 표현 애니메이션

Fig. 8. Water molecule representation animation

표 3은 물을 전기 분해하면 어떤 기체가 생성되는지 알아보고, 생성된 기체가 물의 성질에 어떤 변화를 주는지 이해하기 위한 교육적 효과를 조사하기 위해 수업 전후로 실시한 설문 조사 결과이다.

설문 조사를 토대로 애니메이션을 활용한 교육 도구가 학생들의 과학 지식 이해에 미치는 영향을 분석하였다. 표 4는 수업 전후 설문 조사 결과 비교 표이다.

표 3. 수업 전후 설문 조사

Table 3. Pre and post lesson survey

Before the lesson		
Survey questions	Number of Correct Answers	Percentage (%)
1. I know what substances water is made of	14	24.1
2. I know about the molecular structure of water	10	17.2
3. I know what the acidity (pH) of water is	4	6.9
4. I know what types of gases are produced by the electrolysis of water	7	12.1
5. I know the terms acidity and alkalinity, which describe the properties of substances	15	25.9
After the lesson		
Survey questions	Understanding measure or correct respondents	Percentage (%)
1. The experiment using animation-based exploratory devices and content helped me understand the experiment content	3.84	76.8
2. The lesson using animation-based exploratory devices and content helped me better understand the properties of substances, including acidity and alkalinity	3.88	77.6
3. Write the types of gases produced by the electrolysis of water	28(people)	48.3
4. What is the property of the substance in the test tube where hydrogen was generated, answer in terms of acidity or alkalinity	21(people)	36.2
5. What is the property of the substance in the test tube where oxygen was generated, answer in terms of acidity or alkalinity	19(people)	32.8

표 4. 수업 전후 결과 비교

Table 4. Pre and post lesson results comparison

Survey questions	pre-class correct respondents	pre-class percentage (%)	Post-class correct respondents or measures	Post-class percentage (%)
Understanding evaluation				
Types of gases produced	7 (people)	12.1(%)	28(people)	48.3(%)
Understanding of acidity and basicity	15 (people)	25.9(%)	21(people), 19(people)	36.2(%) 32.8(%)
Increase in understanding of acids and bases				
Increase in understanding of experimental content	-	-	Measure of understanding 3.84 (out of 5)	76.8(%)
Increase in understanding of acids and bases	-	-	Measure of understanding 3.88 (out of 5)	77.6(%)

첫째, 수업 전후의 이해도 변화를 확인한 결과, 물의 전기분해 시 생성되는 기체의 종류에 대한 이해도가 수업 전 12.1%에서 수업 후 48.3%로 이해도 증가율은 36.2%로 크게 증가했다. 이는 애니메이션을 기반으로 한 탐구실험 장치 및 교육 콘텐츠가 실험 과정과 결과 이해에 큰 도움을 주었음을 보여준다. 또한, 산성 및 염기성에 대한 이해도도 상당한 향상을 보였는데, 수업 전 25.9%에서 수업 후 산성은 36.2%로 10.3%의 증가율을 보였으며, 염기성은 32.8%로 증가율은 6.9%이다.

둘째, 애니메이션 기반 교육의 효과를 분석한 결과, 학생들이 실험 내용과 물질의 특성을 더욱 잘 이해하게 된 것으로 확인되었다. 이와 관련된 평가 점수는 실험 내용 이해도 척도값이 3.84, 물질의 특성 이해도의 척도값은 3.88로 나타났다. 이를 백분율로 나타내면 실험 내용의 이해도 증가 평가는 76.8%이며 산염기 이해도 증가 평가는 77.6%이다. 이러한 결과는 학생들이 애니메이션을 활용한 교육 방법에 대해 긍정적인 평가를 하고 있음을 나타낸다.

셋째, 교육 방식의 효율적인 측면을 분석한 결과, 복잡한 이론이나 실험 과정을 시각적으로 명확히 보여줄 수 있는 교육 도구가 학습 효과 향상에 크게 기여하는 것으로 확인되었다. 애니메이션과 같은 시각적 도구를 사용한 교육이 복잡한 과학적 내용을 학생들에게 효과적으로 전달하는 데 유용한 방법임을 알 수 있다. 이 결과는 시각적 도구 사용이 학습 이해도를 높이는 데 중요한 역할을 하며, 특히 과학 교육 분야에서 애니메이션 같은 도구가 학습자의 이해를 증진시키는 데 도움이 될 수 있음을 나타낸다.

이는 향후 과학교육 방법론 개발에 중요한 지침을 제공한다. 시각적 도구의 사용이 학생들이 복잡한 과학 개념을 더 잘 이해하는 데 도움이 될 수 있음을 보여주며, 앞으로 교육 방법의 개선 및 콘텐츠 개발 시 애니메이션 같은 시각적 도구를 적극적으로 활용하는 것의 중요성을 강조한다.

VI. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 초등학생을 대상으로 한 과학실험 수업에 정보통신기술(ICT)을 통합함으로써 과학 이

론의 이해도를 높이는 효과를 조사하였다. ICT를 실험 수업에 도입하면 학생들이 직접 실험을 관찰하고 체험하는 것은 물론, 시각화를 통해 과학 원리를 이해할 수 있는 기회를 제공할 수 있다. 이러한 접근 방식은 학생들의 과학에 대한 흥미를 증진시키며, 복잡한 과학 개념을 이해하는 데 도움을 준다.

이번 연구에서는 아두이노 기술을 활용한 애니메이션을 통해 학생들이 pH 개념과 물의 전기분해 원리를 이해할 수 있도록 하였다. 실험을 통해 학생들이 화학 반응을 직접 눈으로 확인할 수 있었으며, 애니메이션을 기반으로 한 탐구실험 장치 및 콘텐츠가 과학적 이해도 향상에 효과적임을 보여주었다. 특히, 학생들이 물의 전기분해와 같은 복잡한 과정을 이해하는 데 큰 도움을 받았다는 점에서 의미가 있다. 결론적으로 수업은 학생들의 이해도를 크게 향상시켰으며, 특히 ‘생성되는 기체의 종류’에 대한 이해 증가가 두드러졌다. 산성과 염기성에 대한 이해도 역시 개선되었으나, 기체 종류에 비해 증가율이 상대적으로 낮았다. 학생들의 산염기 이해도가 기체 종류에 대한 이해도보다 낮게 나타났음에도 불구하고 산염기에 대한 학습 내용에 대해 더 긍정적인 평가를 받은 것은 여러 학습 요인이 결합된 영향으로 해석할 수 있다. 모든 주제에 대한 이해도의 증가를 명확히 파악하기 위해서는 수업 전후에 같은 질문으로 구성된 보다 더 포괄적인 설문 조사가 필요하다.

또한 아두이노와 프로세싱을 이용한 애니메이션 제작이 학생들의 능력에 비하여 복잡한 편이어서 학생 스스로가 제작하기에는 어려움이 있었다. 이러한 이유로, 프로그램의 개발, 제작 및 실험 과정은 교사의 지도 아래 진행되었다. 이와 같은 보완점을 고려하여, ICT를 활용한 과학실험 수업을 더 효과적으로 진행하기 위한 방안을 찾는 것이 필요하다.

향후 연구에서는 ICT 기반 교육의 효과성을 극대화하기 위한 방안으로 학생 참여 증진, 교육 콘텐츠의 다양화, 사용자 친화적 인터페이스 개발, 그리고 평가 방법을 개선하고자 한다. 이러한 과제들을 해결함으로써, ICT 기반 교육의 질을 향상시키고 학생들의 과학적 이해력을 높일 수 있을 것으로 기대한다.

특히 학생들이 직접 교육 콘텐츠를 제작하는 과정을 통해 자신들의 학습 오류를 수정하는 기회가 증가함으로써, 실험에 대한 집중력과 흥미가 높아질 것이다. 이는 결과적으로 학습 효과의 증진으로 이어질 것으로 기대한다.

References

- [1] Ministry of Education, "Science Curriculum", Ministry of Education Notice No. 2015-74, Appendix 9, 2015.
- [2] H. Kim and J. Song, "A survey of middle school students' perceptions of the purpose of scientific experiments", *Journal of the Korean Association for Science Education*, Vol. 23, No. 3, pp. 254-264, Jan. 2003.
- [3] H. Yoo, J. Park, J. S. Lederman, N. G. Lederman, S. Bartels, and J. Jimenez, "Korean Elementary Students' Understanding about Scientific Inquiry using VASI-E Questionnaire", *Journal of the Korean Association for Science Education*, Vol. 41, No. 2, pp. 83-92, 2021.
- [4] S. Kim and C. Lee, "The three-year comparative study of effects of STEAM education programs based on physical computing", *Journal of the Computer Education Society*, Vol. 19, No. 1, pp. 11-18, 2016. <http://dx.doi.org/10.32431/kace.2016.19.1.002>.
- [5] Y.-S. Kwak, "A Study on Actual Conditions and Ways to Improve Primary School Science Teaching", *Journal of the Korean Earth Science Society*, Vol. 32, No. 4, pp. 422-434, Aug. 2011. <https://doi.org/10.5467/JKESS.2011.32.4.422>.
- [6] S.-W. Kim, Y.-L. Chung, A.-J. Woo, and H.-J. Lee, "Development of a Theoretical Model for STEAM Education", *Journal of the Korean Association for Science Education*, Vol. 32, No. 2, pp. 388-401, Apr. 2012. <https://doi.org/10.14697/jkase.2012.32.2.388>.
- [7] Y. Lee and T. Kim, "The Effects of a Physical Computing Convergence Class to the Science Exploration Experiment Subject of High School on the SW Education Recognition and the Convergence Literacy", *Korean Computer Education Association*, Vol. 23, No. 4, pp. 69-78, Jul. 2020. <http://dx.doi.org/10.32431/kace.2020.23.4.007>.
- [8] Y. Hwang, G. Moon, and Y. Park, "Study of Perception on Programming and Computational Thinking and Attitude toward Science Learning of High School Students through Software Inquiry Activity: Focus on using Scratch and physical computing materials", *Journal of the Korean Association for Science Education*, Vol. 36, No. 2, pp. 325-335, Jan. 2016. <http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2016.36.2.0325>.
- [9] J. H. Yoo, et al., "SW Development Education Utilizing Physical Computing based on Arduino", *Korean Computer Education Association*, Vol. 1, No. 19, pp. 61-64, 2015.
- [10] J.-H. Seo and Y.-S. Kim, "Study on educational utilization of physical computing using Arduino", *Korean Computer Education Association*, Vol. 16, No. 2, pp. 103-107, 2012.
- [11] J.-S. Yu and C.-S. Kwon, "A Study on the Degree of Concern and Satisfaction of Elementary Students about School Science Lesson", *Korean Society for Elementary Science Education*, Vol. 28, No. 4, pp. 361-372, Nov. 2009.
- [12] The Korea Foundation for Science and Creativity, "2021 Results Report on the Survey and Analysis of Comprehensive Indicators for Science Education", ISSN 2950-886, Jun. 2022.
- [13] H. Lim and G. Yoo, "Global Trends in the Use of ICT for Smart Education", *Korea Institute of Information Technology*, Vol. 10, No. 1, pp. 37-43, Mar. 2012.
- [14] S. Kim and S. Yoon, "The Effect of STEAM Program using Arduino on Preservice Science Teachers' STEAM Core Competencies", *Journal of Science Education Research*, Vol. 44, No. 2, pp.

183-196, Jan. 2020. <http://doi.org/10.21796/jse.2020.44.2.183>.

- [15] <https://ko.wikipedia.org/wiki/%EB%AC%BC> [accessed: May 16, 2024]
- [16] J. Lee, Y. Lee, and S.-H. Eom, "Understanding Underlying Processes of Water Electrolysis", *Applied Chemistry for Engineering*, Vol. 19, No. 4, pp. 357-365, Jan. 2008.
- [17] G.-J. Hwang and H.-S. Choi, "Hydrogen Production Systems through Water Electrolysis", *Membrane Journal*, Vol. 27, No. 6, pp. 477-486, 2017. http://doi.org/10.14579/MEMBRANE_JOURNAL.2017.27.6.477.
- [18] K. Kim, H. Chang and S.-H. Paik, "Analysis of Contents related to Models in the Chemistry Textbooks of the 2009 & 2015 Revised Curricula: Focusing on the Electrolysis of Aqueous Solutions", *Journal of the Korean Chemical Society*, Vol. 63, No. 4, pp. 289-306, Aug. 2019. <https://doi.org/10.5012/jkcs.2019.63.4.289>.
- [19] https://ko.wikipedia.org/wiki/%EC%A0%84%EA%B8%B0_%EB%B6%84%ED%95%B4 [accessed: May 16, 2024]

저자소개

박 은 희 (Eunhee Park)



1997년 : 국립안동대학교
자연과학대학 화학과(이학사)
2022년 : 국립안동대학교
멀티미디어공학과(석사)
2022 ~ 현재 : 국립안동대학교 AI
융합학과 박사과정
관심분야 : 멀티미디어 콘텐츠,

교육용 AI 기술, STEAM 교육

박 은 주 (Eunju Park)



1993년 : 국립안동대학교
전산통계학과 (이학사)
2001년 : 국립안동대학교 대학원
컴퓨터공학과(공학석사)
2016년 : 국립안동대학교 대학원
정보통신공학과 멀티미디어 공학
전공(공학박사)

2000년 ~ 2016년 : 국립안동대학교 교양교육원 강사

2016년 ~ 2017년 : 국립안동대학교 멀티미디어공학과 강의전담교원

2019년 ~ 현재 : 국립안동대학교 SW융합교육원 교수

관심분야 : 웹 접근성, 모바일 접근성, 유니버설 디자인

임 한 규 (Hankyu Lim)



1981년 : 경북대학교 전자공학과 (공학사)

1984년 : 연세대학교 컴퓨터공학과 (공학석사)

1997년 : 성균관대학교

컴퓨터공학과 (공학박사)

1981년 ~ 1982년 : 대한주택공사

연구원

1982년 ~ 1986년 : ETRI 위성통신연구실 연구원

1986년 ~ 1994년 : 한국IBM 소프트웨어연구소 연구원

1994년 ~ 1998년 : 한서대학교 전산정보학과 교수

1998년 ~ 현재 : 국립안동대학교 소프트웨어융합학과 교수

관심분야 : 멀티미디어 콘텐츠, 웹 애플리케이션, NLP