

물의 오염도 측정에 대한 STEAM 교육 교재개발

홍민아 · 황복기¹⁾ · 최정훈²⁾*

한양대학교 화학과, ¹⁾한양대학교 청소년과학기술센터, ²⁾한양대학교 화학과
(2012년 1월 26일 접수; 2012년 6월 14일 수정; 2012년 7월 25일 채택)

The Development of STEAM Education Textbook on Water Pollution

Min-Ah Hong¹⁾, Book-Kee Hwang²⁾, Jung-Hoon Choi^{*}

Department of Chemistry, Hanyang University, Seoul 133-791, Korea

¹⁾Center of teenager into science and technology, Hanyang University, Seoul 133-791, Korea

²⁾Department of Chemistry, Hanyang University, Seoul 133-791, Korea

(Manuscript received 26 January, 2012; revised 14 June, 2012; accepted 25 July, 2012)

Abstract

It is an after-school material for elementary school student based on STEAM education which has a theme of water pollution as a global issue. First of all, we take a look at various ways of measuring water pollution and among them, we include experiment for student to know about the water pollution by using indicator organisms. Next, we examine how some elements in our daily life affect on water and provide class with systematically technological and engineering solution. With this text book, we let the student recognize environmental problem and seek for the solution about it. Therefore, it helps student to connect with stream of thought.

Key Words : Steam education, Convergence, Combination, Link, Story-telling

1. 서 론

근래의 과학·기술·공학 분야는 엄청난 발전을 하고 있지만 과학교과서에 관한 내용은 이러한 변화를 따라가지 못하고 있다. 이에 따라 미국에서는 이 공계 대학에 대한 선호도가 하락하고 미국의 미래 경쟁력 차원에서 경제적, 사회적 문제가 발생하고 뿐만 아니라 기술적, 공학적 문제점 때문에 통합 교육에 대한 논의가 활발해져 왔다. 이는 2003년 OECD에서 주관하는 학업성취도 평가인 PISA에서 미국 청소년들이 다른 선진국 청소년들에 비해 과학·수학

분야에서 아주 낮은 성적을 기록한 것에서도 확인할 수 있다(박, 2004). 미국은 미래의 국가 경쟁력이 과학기술 경쟁력과 직결됨을 알고 이의 하락을 우려하여 STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics) 교육의 시초라 할 수 있는 STEM 교육을 시작하게 되었다. 이러한 결과에 따라 미국의 국가 과학 위원회에서 과학기술관련 전문가 24명으로 구성된 task-force팀을 결성하였고, 2007년 10월 3일에 미국 의회에서 의원들과 교육 관계자 및 여러 저명인사들이 참석한 자리에서 STEM 교육에 대한 행동 전략을 발표하게 된 것이다. 이와 비슷한 시기에 영국도 STEM 교육에 대한 개념을 4개의 핵심과목, 즉 과학, 공학, 기술, 수학 관련 교육자 및 주요 전문가들이 자문그룹을 형성하여 STEM Advisory Forum을 구성하여 정부에 제시하며 시작하게 되었

*Corresponding author : Jung-Hoon Choi, Department of Chemistry, Hanyang University, Seoul 133-791, Korea
Phone: +82-02-2220-0943
E-mail: jhchoi@hanyang.ac.kr

다. 우리나라의 경우에도 초·중등 과학교육은 빠른 과학 기술 발전에 따라가지 못하였다. 따라서 첨단 매체 시대에 살면서 과학의 발전과 타 분야와의 다양한 융합을 접하는 청소년들은 과학 교육에 대한 흥미를 잃고 관심이 적어졌다(최, 2011). 이는 우리나라의 PISA 2006 결과에서 보면 과학 성취도에서 상위권 성적을 나타낸 학생들의 과학 흥미도 지수는 57개국 중 55위에 머물고 있다(이, 2007). 이렇게 우리나라 학생들의 과학에 대한 흥미가 낮게 나타나는 것은 현재 교육과정에서 과학 시수의 부족으로 실험이나 활동보다는 주입식 교육에 의해 수업이 이루어지면서 과학을 원리로만 배우고 의미와 가치는 배우지 못하여 나타나는 것으로 보인다. 그래서 학생들은 과학을 어려운 과목으로 인식하고 지루해 하기 때문에 성취도에 비하여 흥미도는 낮은 것으로 보인다. 이러한 교육과정의 문제를 해결하기 위해 우리나라는 미국과 영국의 STEM 교육을 기반으로 새로운 과학 개혁을 요구하게 되었다. 교육과학기술부는 2011년 주요 업무 계획에서 '창의적인 융합인재 양성을 위한 초·중등 STEAM 교육'을 강화하겠다고 발표하였다. 이에 따른 교육과정의 개발, 교사학생 현장연수 체험 프로그램을 제공하고 미래형 과학기술 교실과 수업 모델 개발을 추진한다고 발표하였다(교육과학기술부, 2010). 국가적 차원에서 STEAM이라는 새로운 통합적 교육을 과학기술인재 육성을 위한 주요 추진 전략으로 내세우고 있는 것은 변화하는 시대적, 사회적 맥락 속에서 미래가 필요로 하는 인재의 핵심역량과 무관하지 않다. 급속도로 발전하는 사회 속에서 기존의 상식과 통념을 깨는 창의적 산출물을 내기 위해서는 한 분야에서의 전문적 지식과 기술을 구축하는 것으로는 부족하고 다양한 학문을 연결시키고 통합시켜 복합적으로 사고하고 문제를 해결하는 능력이 필요하다. 정부의 발표 이후, STEAM 교육은 추진되었지만 STEAM이라는 용어가 최근 들어 등장하였기 때문에 실질적으로 국내에서 STEAM에 관한 선행연구는 많지 않다. 2010년 김진수(2010)가 'STEAM 교육을 위한 큐빅 모형(김, 2010)'에서 통합교육과정 이론, STEM 교육과 STEAM 교육 및 창의성 교육에 관한 문헌 연구를 바탕으로 이 연구에서 STEAM 교육의 이론적인 모형으로서 큐빅 모형을

개발하였으며, 2011년 이철현(2011)이 '실과 교과 중심의 STEAM 융합인재교육 모형 개발(이 등, 2011)'에서 초등학교 교과에 해당하는 실과 교과를 중심으로 하는 STEAM 융합인재교육 방안을 모색하고, 그 결과로서 두 가지의 실과 교과 중심 STEAM 융합인재교육 모형을 제안하는 연구가 있었으나 과학교과에 관한 구체적인 연구자료를 없다. 교육프로그램으로서 STEAM이 아닌 STEM에 관한 연구인 '화학영역의 통합적 STEM 발명교육 프로그램 모형 개발(조 등, 2011)' 연구 한 차례 정도 참고할 수 있겠다. 우리는 선행연구가 미비한 시점에서 앞으로의 연구가 더 필요하겠지만 효과적인 STEAM 교육을 이루기 위하여 후속 연구에서 참고할 만한 STEAM 교육 콘텐츠 개발에 있어서 중요한 것은 과학·기술·공학에 종합적인 지식 이해 능력을 바탕으로 융합시대의 빠른 지식변화에 맞는 새로운 지식을 빠르게 습득하고, 이에 대한 구체성과 정확성을 바탕으로 초·중등 지식수준과 눈높이에 맞추어 쉽고 재미있게 전달할 수 있는 능력의 전문 개발자 양성이 필요하다. 따라서 교재 개발자들이 STEAM 교육 개념에 따라 교재를 개발하기 위한 요소에 대하여 한양대학교 최정훈은 다음 7가지를 제시하고 있다(최, 2011b, 재수정).

첫째, 미래를 예측하고 이에 대비하는 과학·기술·공학에 대한 기초 지식이 필요하다. STEAM 교육의 콘텐츠 개발에서 과학·기술·공학을 중심으로 정치, 환경, 사회, 경제 그리고 가치 추구 등의 융합적인 사고로 체계적으로 미래를 예측할 수 있는 활동을 만든다는 자세를 기본적으로 가지고 시작하여야 한다. 즉 과학교육이 미래를 예측할 수 있는 능력을 배양하는 교육이 되어야 한다는 것이다. 이것은 미래사회의 첨단과학기술 중심 사회에서 과학 기술 공학자들만이 요구되는 사항이 아니고 기업 경영, 예술, 정치의 사회분야 등의 어떤 분야에서 활동하든 기본적인 과학기술적 자질이 필요한 것이다. 따라서 STEAM 교재 개발자들은 적시교육을 위한 최신 과학기술 동향을 파악하고 이와 관련된 논문을 판독하여 학생들 눈높이에서 기술할 수 있는 능력이 필요하다. 둘째, 과학 기술 공학에 대한 최신 전문자료에 손쉽게 접근할 수 있는 역량이 필요하다. 빠르게 변하는 융합기술에서

는 10년 전의 과학·기술·공학은 이제는 의미가 없는 지식이 될 수 있다. 현 사회는 하루에도 수많은 정보들이 쏟아져 나오고 있으므로 빠른 변화에 맞추어 정보를 제공할 수 있는 교재를 개발하여야 한다. 그렇기 때문에 최신의 급변하는 융합기술 변화에 빠르게 대처하는 교육, 적시 교육(just in time learning)이 필요하고 교육과정 자체도 유연해져야 할 필요가 있다. 셋째, 과학기술공학에 대한 지식을 전체적인 시각으로 구성할 수 있는 능력이 요구된다. 학생들이 한 가지 주제에 관하여 과학적 사실과 기술, 공학, 수학, 예술 분야까지 연결하여 교육함으로써 전체적으로 보고 통합할 수 있도록 한다. 하나의 주제에 대해 질문과 문제제기에 의한 학습에서 새로운 것을 창조해 낼 수 있는 능력을 위한 교육으로 나아감과 동시에 창의적 인재양성을 추구할 수 있다. 특히, STEAM 교육을 위해서는 기초 과학 원리에서 첨단 과학·기술·공학까지 자연스러운 흐름을 갖는 Story-telling으로 체계적으로 표현하는 기술이 필요하다. 즉, Story-telling을 통해 과학기술을 재미있고 쉽게 이해하고 또한 이야기 속에서 무한한 상상력을 바탕으로 창의적인 아이디어를 이끌어 낼 수 있어야 한다. 넷째, 최신 과학기술공학 자료를 학생 눈높이에 맞춰 재구성할 수 있는 능력이 있어야 한다. 창의성에서 매우 중요한 요소 중에 하나로 어떤 기초 과학 원리에 대해 그 응용 및 적용 등에 대한 첨단 과학·기술·공학의 다양성을 학년별 학생 수준과 눈높이에서 제시하여 주어야 한다. 이것을 통해 기초과학의 중요성에 대한 그 의미를 터득하고, 아울러 과학·기술·공학에 대한 발산적 사고와 창의성을 유도하는 가장 중요한 기틀이 되기 때문이다. 다섯째, 과학기술공학 윤리 및 가치 개념 이해가 필요하다. 오늘날의 과학 기술 공학 지식을 다루고 활용하는 주체로서 마땅히 알아야 할 기본 소양을 창의적인 STEAM 교육에서는 특히 강조되어야 한다. 과학기술의 윤리교육은 크게 세 가지의 기준을 가지고 이루어져야 할 것이다. 첫째, 과학기술 행위의 구조에 대하여 인간학적 입장에서 접근, 설명하며 그와 같은 서술의 차원에 그치는 것이 아닌 그 행위의 의미와 가치를 다루고 분석할 수 있어야 한다. 둘째, 과학기술자는 과학기술 활동에서 도덕적, 윤리적 결단을 내려야 하는 순간들에 직면하면 이에 대한 올바른 가치관으

로 이를 판단할 수 있어야 한다. 셋째, 과학기술 행위에 있어서 우리 주변에 늘 상존하고 있는 위험 요소들에 대한 문제점들을 자각하고 그와 같은 문제가 재발할 수 있다는 가정 하에 있어야 한다. 그 예방적 차원에서 과학기술적 행위에 대해 도덕적 기준과 규범을 터득하게 하여야 한다. 여섯째, 창의적 공학설계 개념 이해와 다양한 창의기법을 적용 및 활용할 수 있는 능력이 필요하다. 학생들이 STEAM에 대한 학제 간 협동작업 활동에 대한 종합설계개념을 도입하고, 이를 통해 과학·기술·공학에 대한 체계적인 탐구능력과 함께 윤리 및 사회성, 협동성, 리더십, 서로를 배려하고 서로 소통하는 능력을 키움에 따라 훌륭한 인성을 가진 창의성과 실무능력을 가진 과학·기술·공학자를 육성해야 한다. 이를 목적으로 창의적인 STEAM 교육에 다양한 창의기법과 창의적인 학습도구 및 창의적인 체험 활동이 개발을 해야 한다. 교사는 창의적인 시연도구를 이용하여 학생들이 체험활동을 할 수 있도록 지도해야 하며 학생에게 효과적인 활동이 될 수 있도록 과학연극, 놀이, 역할극 등이나 다양한 수업 보조자료를 활용할 수 있다. 일곱째, 예술 및 경영, 경제와 인문사회 등 타 영역에 대한 지식을 체계적으로 통합하고 융합할 수 있는 능력이 요구된다. 현대 세계가 원하는 글로벌 인재상은 윤리적, 전략적, 창조적, 도전적, 혁신적인 상황 판단력이 뛰어난 사람이다. 미래 사회에 대비한 창조자와 다른 사람으로부터 공감을 이끌어 낼 수 있는 능력을 가진 인재를 양성하기 위한 기본적인 과학·기술·공학 외에 예술 및 타 인문사회분야와 연계한 실용성과 감성을 가진 융합형 창의인성 교육이 이루어져야 할 것이다.

따라서 본 연구에서는 이러한 7가지 STEAM 교육 콘텐츠 개발 요소를 기반으로 하여 수질오염을 주제로 한 교재를 개발한 예시를 제시하고자 한다.

2. 자료 및 방법

초등학교 4~6학년을 대상으로 STEAM 교육 콘텐츠 개발 요소를 활용하여 현 시대의 글로벌 환경오염 문제인 수질오염에 대해 질문과 문제제기에서 해결까지 이루어 질 수 있는 교재를 개발하였다. 교재의 내용은 7차 개정 교육과정에서는 6학년 '3. 쾌적한 환경'

단원에, 2009개정 교육과정에서는 6학년 ‘4. 생태계와 환경’ 단원에 포함되며 연계단원으로는 (2009 개정 교육과정) 초4 과학 ‘4. 모습을 바꾸는 물’에 해당된다(교육과정평가원, 2007, 2011). 이 단원과 연계해서 물의 오염도 측정에 관하여 방과 후 교실에서 사용될 목적으로 만들게 되었다. 수질오염은 사회적으로 중요한 내용으로 다루어져 있고 세계적인 환경문제 중 가장 핵심적이기 때문에 수업 주제로 선정하였다. 교재의 제목은 대상이 초등학교 학생들이나 것을 감안하여 학생들에게 친근감 주고자 ‘오염된 물은 아파요’로 선정하였다. 교재는 교사용, 학생용 교재와 아울러 교사가 실제 수업 시 이용할 수 있는 수업보조자료인 ppt 자료를 개발하였다. 교재의 내용은 학생들에게 수질 오염의 심각성 및 그로 인해 야기되는 피해들을 알아보고 공학적인 해결방안까지 체계적으로 고려할 수 있도록 구성하였다. 교사용 교재는 처음에 전체적인 수업지도안을 제시하고 수업 주제에 대한 호기심을

유발하는 동기 유발 내용, 실험수업에 앞서 알아야 할 이론적 내용, 지표생물을 이용한 실험, 실험 후 결과를 확인하는 활동지, 마지막으로 수업주제와 관련된 보조적인 수업 자료인 읽어보기 자료로 되어 있다. 이와 더불어 교사가 더 알아야 할 내용은 따로 덧붙여 참고가 될 수 있게 하였다. 학생용 교재는 교사용 교재구성과 동일하며 다만, 수업지도안과 교사용 참고 자료를 뺀 내용으로 재구성하였다. 시각적인 효과를 높이기 위해 그림과 요약된 내용을 실어 수업효과를 높일 수 있게 제작하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 수업 전체 내용 구성

수질오염에 대한 교재의 전체적인 구성요소를 기반으로 제작한 STEAM 교재의 수업 흐름도는 아래 Fig. 1과 같고 요소들이 어떻게 들어갔는지 Table 1, Table 2에 표현되었다.

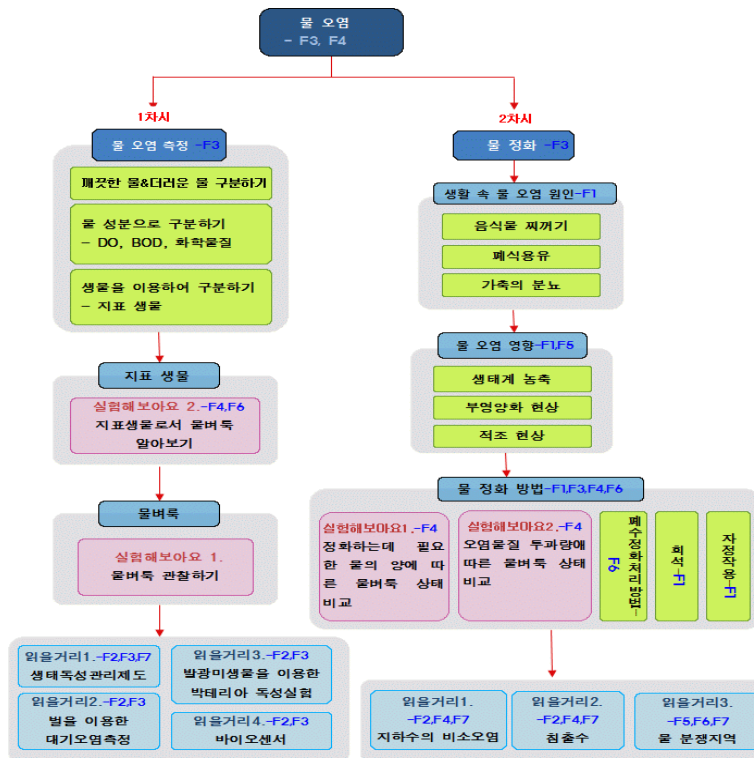


Fig. 1. Total flow of textbook.

Table 1. Component of STEAM education (content)

F1	Basic knowledge about science, technology and engineering to predict the future and be ready for it
F2	Competence of easy access to information about science, technology and engineering
F3	Ability to construct overall knowledge in science, technology and engineering
F4	Ability to reorganize latest data for the children's level
F5	Understanding the value-concept and ethics in science, technology and engineering
F6	Ability to apply and make a practical use of the concept of creative engineering design and various creative techniques
F7	Ability to systematically combine and converge knowledge in other areas such as art, management, economy and humanities and social science

Table 2. Component of STEAM education in the textbook

F1	Find the cause and effect in water pollution and think about the way to solve it
F2	Introduce the modern technology for verifying recent environmental problems by using organisms
F3	Take overall process of hydrologic cycle into water pollution and based on story-telling from classifying water pollution to linking to the solution
F4	Divergent Thinking widens a theme of environmental problem as a global issue based on measuring water pollution
F5	Discussion about world-wide effect of water pollution
F6	Systematic connection to field and contents of S,T,E,A,M
F7	Theme inquiry activities for solving the world-wide problems

교재 전체 흐름도는 2차시 분의 교재 전체의 내용과 각 내용에 포함된 STEAM 교육 콘텐츠 구성요소를 한 눈에 알 수 있도록 제시하였다. 기초과학원리에서 주제와 관련된 과학, 기술과 공학이 이어질 수 있도록 STEAM 교육 콘텐츠 구성요소의 story-telling으로 자연스러운 흐름을 갖도록 하였다. 교재의 내용은 수질오염을 주제로 하여 수질오염측정 방법과 정화라는 주제로 크게 나누어져 있으며 수질오염 측정방법은 전체적인 내용에서 세부적인 내용으로 다루어 실험에 이를 수 있도록 하였고, 물 정화방법은 일상생활과 관련하여 수질오염의 심각성을 알아보고 이를 측정하고 해결방안까지 알아볼 수 있도록 전개하였다. 이는 Fig. 1에서 살펴볼 수 있으며 이와 더불어 Table 2에는 Table 1과 비교하여 논문의 서론에서 제시한 교재개발을 위한 STEAM 교육 콘텐츠 구성요소가 어떻게 적용되었는지도 함께 보도록 한다.

교재는 전체적으로 과학기술공학에 대한 지식을 전체적인 시각으로 구성할 수 있는 능력(F3)과 최신 과학기술공학 자료를 학생 눈높이에 맞춰 재구성할 수 있는 능력(F4)을 기본으로 하여 수질오염 현상을 해결하기 위한 공학적인 해결 방안을 살펴보고 여러

가지 지표생물을 이용하여 환경오염을 알아보는 기술을 소개함으로써 과학기술을 통합적이며 전체적으로 볼 수 있는 능력을 포함할 수 있도록 하였다. 세부 내용으로 가면서 수질오염 측정방법이나 수질오염의 원인, 영향 등 과학적인 지식을 제시하여 실험을 하기 위한 기본적인 지식을 습득할 수 있도록 한다(F1). 1차시의 첫 부분에서는 수질오염을 측정하는 방법에 관하여 세 가지로 제시하고 있다. 이는 깨끗한 물과 더러운 물을 구분하는 것에서 시작하여 물 오염을 측정하는 여러 가지 방법들을 알아보도록 하고, 여러 가지 방법 중에서 특히 지표생물을 이용한 방법에 관해 집중적으로 알아보고 실험에서 이용할 지표생물인 물벼룩에 관해 살펴본 후 2가지의 실험을 할 수 있도록 구성하였다. 지표생물에 관한 내용을 효과적으로 보여주기 위해 지표생물로서 물벼룩을 알아보는 실험으로 구성하였으며 이는 STEAM 요소와 학생 스스로 지표생물 시스템 설계를 해보는 등 다양한 내용을 통해 창의적인 학습이 될 수 있도록 하였다(F6). 그리고 난 뒤, 지표생물과 관련하여 실제 이용하는 제도와 기술들을 보여줌으로써 현상을 사회적, 세계적인 시각으로 보는 시야까지 확장할 수 있도록 하였다(F2, F3, F7). 2차

Table 3. Content of STEAM in the textbook









STEAM 구성요소	교재 속 STEAM 내용	교재 속 STEAM 예시
<p>Science</p>	<p>수질 등급 나누기, 오염된 물 측정방법, 지표생물과 물벼룩의 생태, 먹이피라미드, 부영양화, 적조현상, 지하수의 비소오염, 침출수의 지하수 오염</p>	<p>4. 우리가 사용할 물벼룩에 대해 자세히 알아보아요.</p>  <p>물벼룩은 전 세계 연못과 호수에 널리 퍼져 살고 있어요. 수명은 대략 50일~60일 가량이고 어른 물벼룩은 보통 참깨 정도의 크기이며 최대 5mm까지 자라요. 반면 새끼 물벼룩은 종이에 가는 볼펜으로 점을 찍은 정도의 크기로 매우 작아요. 물벼룩의 눈은 하나이며 촉수를 움직여 물속에서 활동을 해요.</p> <p>출처: 동아사이언스 자료 사진</p>
<p>Technology</p>	<p>바이오 센서, 지표생물을 이용한 시스템 개발, 발광미생물, 벌을 이용한 대기오염 측정 디자인</p>	<p>4. 오염 물질을 눈으로 확인하는 바이오센서</p>  <p>바이오센서는 유전자를 재조합해 특정 물질에 반응을 보이도록 만든 미생물이예요. 한 예로 기름에 포함된 톨루엔이라는 물질을 분해해 빛을 내는 미생물이 있다면 기름으로 오염된 지역이 얼마나 넓은지, 얼마나 많이 누출됐는지를 쉽게 확인할 수 있어요. 깊은 바다에 살고 있는 파이론 물고기의 아가미에는 빛을 내는 박테리아가 있어요. 빛을 낸다는 것을 내게 하는 렉스 유전자를 가졌다는 것이죠. 이 물고기의 렉스 유전자와 톨루엔을 분해하는 유전자의 일부를 적당하게 조합하면 새로운 특성의 박테리아를 만들 수 있어요. 필요한 유전자를 잘라서 원하는 박테리아의 유전자에 붙이면 새로운 성질을 가지는 박테리아가 만들어지는 것이죠. 이렇게 만든 박테리아를 기름으로 오염된 지역이나 토양, 지하수 등에 뿌리면 기름에 포함된 톨루엔이 분해되면서 동시에 빛을 내게 되는 것이죠. 그러면 어디에서 빛이 나는지, 빛의 밝기가 강한지 약한지를 확인해 빠르게 오염 정도를 파악할 수 있어요.</p>
<p>Engineering</p>	<p>지표생물을 이용한 수질오염 측정 과정, 폐수 정화처리 방법</p>	<p>2) 지표생물은 오염을 측정하는데 도움을 줄 수 있어요.</p> <p>다른 생물들을 이용하는 방법은 수 만 여종의 화학물질을 일일이 규제하기 어려워 생물에 미치는 영향을 나타낼 수 없었어요. 그러나 물벼룩은 여러 가지 장점 때문에 하수나 폐수가 생물에 미치는 영향을 종합적으로 파악하기 위한 수질오염을 알아보기 위한 제도에도 쓰이고 있어요.</p> <p>시료준비 > 시험 생물 투입 > 노출 배양 > 독성 측정 > 생태독성값 산출</p> 

Table 3. Continue

STEAM 구성요소	교재 속 STEAM 내용	교재 속 STEAM 예시
Art	생태독성 관리제도, 생활하수를 줄이기 위한 방법 및 대책, 세계적인 물 분쟁 지역	<p style="text-align: center;">1. 물벼룩을 이용한 생태독성관리 제도</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div> <p>우리나라의 물 오염의 심각성은 오래전부터 대두되어 왔던 문제예요. 수질검사 방법은 많이 있었지만, 물벼룩을 이용해 폐수의 독성을 검사하는 '생태독성관리제도'가 2011년부터 시행된다고 해요. 생태독성관리제도란 물벼룩 등 독성에 약한 생물체를 이용한 수질검사 방법으로, 화학적인 검사로는 파악할 수 없었던 유해물질 여부를 파악하는 제도예요.</p> </div> </div> <p>출처: 생태독성관리제도</p>
Mathematics	오염된 물을 정화하는데 필요한 물의 양 계산	<p style="text-align: center;">2) 오염된 물이 회복되는데 필요한 물의 양은 얼마나 될까요. (희석)</p> <p>오염된 물을 희석하는 방법 중 하나로 오염된 물에 깨끗한 물을 섞는 방법도 있어요. 물이 희석되는 것은 물이 지닌 자정 작용 가운데 하나예요. 그럼 이런 물의 자정 작용을 기대하기 위해 요구되는 물의 양은 얼마나 될까요?</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; text-align: center;"> <div> <p>기름 30ml</p>  <p>육조 300L 3통분</p> </div> <div> <p>원장찌개 200ml</p>  <p>육조 300L 5통분</p> </div> <div> <p>마요네즈 10ml</p>  <p>육조 300L 8통분</p> </div> <div> <p>튀김기름 500ml</p>  <p>육조 300L 330통분</p> </div> </div>

시에에는 더러운 물을 정화하는 방법에 대해 알아보게 함으로써 수질오염에 관한 해결까지 이르게 한다. 우리의 생활과 밀접하게 관련 지어 생각해 볼 수 있도록 생활하수의 원인과 영향에 대해 살펴보고(F1, F5) 이를 해결할 수 있는 구체적인 방안들을 알아본다. 폐수 정화처리방법, 희석, 자정작용에 대해 배우고 물벼룩을 이용하여 더러운 물을 희석함으로써 수질오염의 심각성을 느낄 수 있도록 실험을 함께 구성하였으며 (F1, F3, F4, F6), 마지막으로, 읽어보기 부분에 글로벌한 문제인 물 분쟁과 비소오염을 다루면서 자연스럽게 발산적 사고를 이끌고(F4) 수질오염이 사회적으로, 전 세계적으로 어떠한 영향을 미치는지 생각해 보게 함으로써 윤리교육까지 다루고 있다(F5).

STEAM 교육 콘텐츠 구성요소가 교재에 어떻게 적용되어 개발하였는지 보았으므로 이를 토대로 실제 교재 속에 들어있는 S, T, E, A, M 분야가 적용된 예

를 구체적으로 살펴보자.

3.2. STEAM 교재 개발 - 교사용 교재

3.2.1. 1차시 교사용 교재

1) 수업 목표 및 방법(도입부)

수질오염을 주제로 교재의 제목은 ‘오염된 물은 아 파오’ 로 정하여 교재를 제작하였다. 수질오염은 사회적으로 중요한 내용으로 다루어져 있고 세계적인 환경문제 중 가장 핵심적이기 때문에 수업 주제로 선정하였다. 20세기 후반에 들어서면서 수질오염을 막기 위해 각종 정책을 시행하고 있지만 확실한 개선에 어려움을 나타내고 있는 실정이다. 선진국은 산업화와 화학 비료에 의한 수질오염을 겪고 있지만 풍족한 자본과 기술로 개선을 하고 있는 반면에, 개발도상국은 재정적인 부족과 기술력 부족으로 처리를 제대로 하지 못하여 선진국보다 더욱 심각하게 수질오염의 피

해를 받고 있어 인간은 여러 가지 질병들에 늘 노출되어 있다. 수질오염으로 인해 인간에게 영향을 미칠 뿐만 아니라 주변 환경에까지 피해를 미치기 때문에 더욱 중요하게 우리가 해결해야 할 과제가 되었다. 그래서 이를 주제로 교재의 제목은 ‘오염된 물은 아파요’로 정하였으며 이는 대상이 초등학교 학생들인 것을 감안하여 학생들에게 친근감 주고 주제의 어려움을 줄이고자 선정하였다(F3, F4).

교재의 첫 장은 교사가 이 교재로 수업을 준비할 때 필요한 전체적인 정보를 넣어 알아보기 쉽게 하였다. 수업제목과 목표, 대상학년, 수업형태, 수업교재에 필요한 실험준비물과 지도상의 유의점으로 구성하였다. 1차시 교재의 수업목표는 ‘다양한 수질오염 측정방법에 대해 알아보고 생물지표를 이용하여 수질오염 정도를 확인한다.’이다. 학생들은 물벼룩을 이용하여 수질오염을 알아보는 실험을 진행할 것이기 때문에 수질오염을 알아보는 방법을 알아보고 그 심각성을 느낄 수 있도록 하는 것이 이 수업의 목적이라고 할 수 있다. 교재의 실험은 물벼룩을 현미경으로 관찰하는

조별실험 1set와 개인별로 S.C.C 시약 시험용 PET를 주어 실험하는 개별실험 2 set로 구성하였다. 마지막으로 교사에게 지도상의 유의점을 제시하여 이 교재로 수업할 때 주안점을 두어 진행할 수 있도록 하였다.

2) 주제의 흥미를 유발하는 동기부여

주제에 대한 흥미를 유발하기 위한 도입부분(Fig. 3)은 엄마, 아빠와 청계천에 놀러 가서 청계천의 변화된 모습을 듣는 상황을 설정하여 교사가 학생들에게 자연스럽게 수질오염에 관한 생각을 유도할 수 있게 하였다. 교사는 학생들이 수질오염에 관해 자유롭게 얘기 하도록 하며 그 범위는 수질오염을 느꼈던 경험이나 오염된 것을 어떻게 알 수 있었는지 정도로 가볍게 주제에 관한 흥미유발을 할 수 있도록 한다.

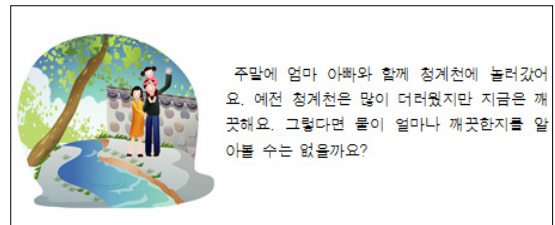


Fig. 3. Introduction to create excitement about the topic.

오염된 물은 아파요 | ~

- **수업 목표** 다양한 수질오염 측정방법에 대해 알아보고 생물지표를 이용하여 수질오염 정도를 확인한다.
- **대상 학년** 초등학교 4,5,6학년에 적합
- **수업 형태** 개별 제작 실험
- **수업 교재**
 - ◆ 실험세트(개별 1세트)

조별 준비물
<p><실험1> 물벼룩, 현미경, 스포이트1개, 슬라이드, 기워1개, 물대1개</p> <p><실험2> 여러 종류의 물(세제물, 하천물, 정수기물, 식초), 온도계, 물벼룩, 리트머스종이 4set(붉은색, 푸른색)</p> <p><실험3> 10, 20, 30, 40 °C의 물, 물벼룩, 온도계</p>
개별 준비물
<p>S.C.C 시약 시험용 PET, 라벨, 물고기, 스포이트, 학생용 활동지, 필기도구</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ 교사용 매뉴얼 ◆ 학생용 활동지(1인 1부씩 학생 수에 맞게 준비)
- **지도상의 유의점**
 1. 지표생물을 이해할 수 있도록 지도한 후 실험을 진행한다.
 2. 현미경의 사용법을 알려주고 스스로 조작할 수 있도록 한다.
 3. 물벼룩이 생해지표로서 이용 가능한 이유를 생각해 볼 수 있도록 지도한다.

Fig. 2. Comprehensive information about class for teacher.

3) 과학적 내용을 전달하는 이론적 내용(F3)

이론적 내용에서는 도입부분에서 생각해보았던 더러운 물을 실제로 어떻게 분류하는지를 알아보고 구분한 물에 대해 깨끗한지를 알아볼 수 있는 방법으로 내용이 흐르도록 하였다. 이론적 내용의 대부분은 과학교재로 이용될 것이기 때문에 과학적인 이론이 주축을 이루고 있다. 이는 우리의 주변 소재를 이용하여 수질오염에 관해 자연스럽게 학문적인 시각으로 과학적 지식을 정확히 파악하기 위하여 물의 오염 측정 방법과 지표생물에 관해 알아보도록 구성하였다.

이론적 내용의 첫 번째 주제는 ‘깨끗한 물, 더러운 물을 다음과 같이 구분해요’(Fig. 4) 라는 제목으로 우리나라의 환경부에서 수질을 구분하는 방법을 나누고 있는 객관적인 방법이 있다는 것을 알려주고, 각 등급에 사는 생물이 있다는 것을 간단히 소개한다. 뒷부분에 지표생물은 따로 한 부분으로 다루었기 때문에 지표생물을 물에 사는 생물이란 하여 학생들이 생물과 연관시켜 함께 생각해 볼 수 있도록 하였다.

1. 깨끗한 물, 더러운 물은 다음과 같이 구분해요.

우리 주변의 물은 물의 오염된 정도를 정확히 알아볼 수 있는 방법이 있어요. 이런 일을 하는 환경부에서는 여러 가지 기준을 가지고 **수질 등급**을 나누고 있어요. 물을 나누는 기준에는 여러 가지가 있지만 우리는 우리 주변에서 주로 사용하는 물만을 살펴보기로 해요.

수질	용도	물에 사는 생물
1급수	가장 깨끗한 물, 냄새가 나지 않고 간단한 정수 과정을 거쳐 수돗물로 곧 바로 사용 가능	플라나리아, 가재, 쉬리, 얼룩어, 잉어
2급수	비교적 많은 물, 냄새가 나지 않고 바닥에 깔린 모래나 자갈이 보임, 수돗물을 만드는 데 지장이 없으며 수영을 할 수 있는 물	은어, 피라미, 동글동글 새끼벌레 , 물벼룩
3급수	황갈색의 흐리고 탁하며, 바닥에 자갈과 모래가 있고, 수돗물로 적합하지 않고 공업용수로 사용	붕어, 잉어, 거머리, 물벌레
4급수	오염 정도가 가장 심함, 썩거나 죽은 물, 악취가 나고 수돗물로는 절대 쓰이지 못함, 오랫동안 접촉하면 피부병을 일으키는 더러운 물	실지렁이, 깡따구 , 중벌레

하천의 수질 등급은 생물이나 화학물질을 기준으로 하여 관측 할 수도 있고 수중 생태계에서 서식하는 생물의 종류를 조사하면 하천의 오염정도를 알 수 있어요.

Fig. 4. Comparison between clear water and polluted water.

두 번째 주제는 ‘물이 얼마나 깨끗한지 어떻게 알 수 있을까요?’ 라는 제목 아래 물속의 성분을 이용한 방법, 생물을 이용한 방법으로 나누어 설명하였다. 물속의 성분을 이용한 것에는 용존 산소량, 생물학적 산소량, 화학물질이 포함되어 있으며 그림과 간단한 설명으로 학생들이 쉽게 이해할 수 있도록 하였다. 기본적으로 그림만을 보고도 어떤 내용이 있는지가 한번에 눈에 들어올 수 있도록 제작하여 교재의 딱딱함을 없애기 위해 노력하였다. 용존산소량의 그림(Fig. 5)은 어항의 물고기가 ‘우리도 산소가 있어야 숨 쉴 수 있어’ 라는 간단한 말풍선을 넣어 물 속에서도 사람과 같이 산소가 필요하다는 것을 표현함으로써 용존산소량의 개념을 알 수 있도록 하였다.

2. 물이 얼마나 깨끗한지 어떻게 알 수 있을까요?

1) 물속의 성분을 조사해요.

① 물속에 산소가 얼마나 녹아있는지를 알아봐요. (용존산소량 DO)

물속에 녹아있는 산소의 양을 말해요. 이것은 수온과 유기물의 양에 의해 영향을 받아요. 물속에 산소가 조금 녹아있다는 것은 유기물이 많다는 것을 알 수 있으므로, 물속의 산소량은 물의 오염정도를 판정하는 중요한 기준이 될 수 있어요.

Fig. 5. Explanation about concept of dissolved oxygen with illustration.

생물학적 산소량에 삽입된 그림(Fig. 6)은 처음상태, 음식물 찌꺼기가 들어와 물이 오염된 상태, 미생물이 음식물 찌꺼기를 분해하고 난 뒤 이렇게 3가지 과정으로 나누어 간단한 설명과 함께 그림을 삽입하였다. 미생물, 산소, 음식물의 개수에 변화를 주어 쉽게 볼 수 있도록 하여 미생물의 개념이 어려울 수 있는 초등학교 학생들이 작은 생물 정도로 이해할 수 있도록 그림으로 표현하였다. 이와 마찬가지로 용존 산소량이나 생물학적 산소량의 어려운 용어를 물 속에 녹아 있는 산소, 미생물이 오염물질을 분해하기 위해 필요한 산소로 쉽게 풀어 써 학생들이 어렵게 느끼지 않도록 하였다. 화학물질을 이용한 방법은 질산성 질소와 인산오염을 다루었으며 그림을 통해 오염 과정을 알 수 있도록 하였다.

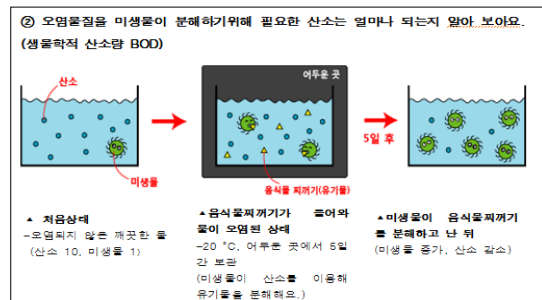


Fig. 6. Explanation about concept of biochemical oxygen demand with illustration.

또한 알아두어야 하는 내용은 따로 네모 칸에 넣어둠으로써 학생들의 눈에 잘 띄게 하여 중요한 내용은 그림과 함께 기억에 남을 수 있게 하였다. 그리고 교사용 교재에는 학생용 교재와는 다르게 ‘교사용 tip’ 이라는 부분(Fig. 7)을 따로 넣어서 학생들이 알 필요는 없지만 교사가 내용을 심화적으로 알고 설명하는데 도움이 될 수 있도록 내용을 추가하였다.

교사용 tip- 용존 산소량과의 관계

일반적으로 수온이 높을수록 물에 녹아있는 산소의 양은 적어지고, 공기 중의 산소가 물속으로 녹아 들어가는 비율은 수온이 낮을수록, 공기와의 접촉 표면이 넓을수록, 그리고 유속이 빠를수록 높아지게 돼요. 그렇기 때문에 물살이 세고 수온이 낮은 계곡의 물은 용존 산소량이 많고, 도시 주변을 흐르는 하천의 물은 유속도 느리고, 산소 용해율보다 유기물 분해에 따른 산소 소모율이 더 높기 때문에 용존 산소량이 적은 수밖에 없는 것이죠.

Fig. 7. Tip for the teacher containing a deeper understanding.

세 번째 주제는 두 번째 주제 내용 중에 지표생물에 관한 내용을 집중적으로 다루었다. 교재의 수업목표에 도달할 수 있도록 함과 동시에 실험에 관한 지식도 함께 전달함으로써 실험까지 스토리가 연결될 수 있도록 하였다. 하나의 이야기로 흐름을 주어 학생들이 각 내용에 대해 매끄럽게 사고할 수 있도록 하여 학생들이 주제를 이해하는데 쉽게 하였다. 내용에는 지표생물의 정의, 종류, 지표생물이 어떻게 수질오염을 측정하는데 적합한지를 포함하고 있다. 내용이 실험과 직접적으로 연결될 수 있도록 전개하였다.



Fig. 8. Explanation about indicator organisms by using illustrations and scientific terms.

학생들이 지표생물이 어떤 것인지를 의문을 갖고 지표생물을 수질오염에 이용할 수 있는 이유를 알게 함으로서 실험에서 사용할 지표생물인 물벼룩에 관한 이야기로 자연스럽게 내용을 이끌어 갔다(Fig. 8). 교사는 수업 시 특히 지표생물 부분을 중점을 두어 수업한다면 이 수업의 수업목표를 달성할 수 있을 것이다. 또한, 우리의 지역 사회에서 살펴볼 수 있는 지표 생물을 생각해 보게 하여 사회적인 연계까지도 가능하다.

‘우리가 사용할 물벼룩에 대해 알아보아요’ 라는 제목으로 물벼룩의 사는 곳, 종류, 물벼룩이 수질오염 측정에 이용될 수 있는 이유로 구성하였다. 물벼룩이 수질오염 측정에 이용될 수 있는 이유에서는 뒤에서 실험할 내용에 관한 이유를 제시하는 부분으로 실험을 하면서 결과를 확인해 볼 수 있게 하였다. 또한 학생들에게 실험에 관한 기본적인 배경 지식을 주어 실험이 잘 진행되고 있는지 알 수 있도록 하였다.

4) 지표생물인 물벼룩에 대해 알아보는 실험 (F4, F6)

실험 과정은 실험 목표, 실험 전 유의사항, 준비물, 어떻게 할까요(실험과정), 실험 활동지로 구성되어 있다. 실험은 물벼룩을 관찰하는 조별실험 1개와 물벼룩의 활동성을 알아보는 개별실험 2개로 이루어져 있다. 특히, 실험수업에서의 자유탐구는 학생에게 과학에 대한 흥미를 주는 효과를 줄 수도 있으며 학습 능력도 높일 수 있는 긍정적인 효과를 줄 수 있다. 특히, 자유탐구방법에 따른 환경수업이 과학탐구 능력 향상에 효과가 있고, 환경 친화적 태도 향상에 효과가 있다 (이, 2012). 우리의 실험은 완벽한 자유탐구의 수업은 아니지만 실험을 하고 추가의 실험을 하게 하거나 자유탐구문제를 제시함으로써 정해진 시간 내에 자유탐구를 할 수 있도록 유도하였다. 또한, 조별실험과 개별 실험을 적절히 조화하여 학생들이 STEAM에 대한 학우들 간의 협동 작업을 통해 탐구능력과 함께 윤리 및 사회성, 협동성, 리더십, 서로를 배려하고 서로 소통하는 능력을 키울 수 있다.

① 실험 목표

실험 목표는 수업 목표와는 다르게 지표생물인 물벼룩을 관찰하고 활동성을 알아보는 것으로 정하였다. 물벼룩의 움직임이 환경에 얼마나 민감하게 반응하는지를 살펴보기 함으로써 작은 오염에도 생물이 살 수 없다는 것을 알아보게 한다. 이를 통해 학생들이 지표생물을 이용한 방법이 수질 오염 측정에 이용되는 이유를 생각해 볼 수 있도록 한다.

② 실험하기

조별실험 1(Fig. 9)은 ‘물벼룩 관찰하기’ 로 지표생물로 사용할 생물에 관해 직접 관찰해볼 수 있도록 하였다. 교사는 학생들에게 생물의 움직임이 어떤지, 생김새가 어떤지를 관찰하도록 유도하며 실험 활동지에

● 실험 전 유의사항

1. 선생님의 지시사항에 따라 실험을 할 수 있도록 한다.
2. 현미경 관찰시 최대 수명이 20분이기 때문에 불빛에 장시간 노출되지 않도록 한다.
3. 물벼룩의 움직임을 지속적으로 관찰한다.

준비물

조별 준비물


실험1의 준비물	물벼룩, 현미경, 스포이트1개, 슬라이드, 가위1개, 팔대1개
실험2-1)의 준비물	여러 종류의 물(세제물, 하천물, 정수기물, 식초), 온도계, 물벼룩, 리트머스종이 4set(붉은색, 푸른색) ※비가 오는 날에는 하천물 대신 빗물을 사용해도 됨.
실험2-2)의 준비물	10, 20, 30, 40 °C의 물, 물벼룩, 온도계

개별 준비물

S.C.C 시약시험용 PET, 라벨, 돋보기, 스포이트, 학생용 활동지, 필기도구


어떻게 할까요

조별실험 1. 물벼룩 관찰하기



1. 팔대를 얇게 잘라서 슬라이드에 올려놓고 그 안에 물벼룩 한 마리를 놓는다.
2. 물벼룩을 현미경으로 관찰한다.

● 현미경 관찰시



- ① 물벼룩은 스포이트로 조심스레 받아 올려 슬라이드에 옮긴다.
- ② 물방울 상대로 저배율로 현미경으로 관찰한다.
(물방울 안에서 움직이는 물벼룩을 관찰할 수 있는데 물방울이 확대경 역할을 하는 원리를 이용하여 육안으로도 잘 볼 수 있다.)
- ③ 슬라이드를 표본대에 끼우고 LED 스위치를 켜면 대상을 선명히 관찰할 수 있다.
- ④ 줌 레버를 이용하여 확대하여 관찰한다.

교사용 tip 현미경 관찰 후 활동지에 물벼룩의 모습을 그려보게 해요.

교사용 tip 수업사정에 따라 현미경이 아닌 돋보기를 준비해서 관찰해도 상관없어요.

교사용 tip- 물벼룩인 생애

물벼룩은 동물성 플랑크톤 중에서 중요한 위치를 차지하고 있는 수중의 작은 생물이므로 전국의 호수나 연못, 늪 등 유기물이 많은 수중에서 쉽게 볼 수 있으며 시기에 따라 이상발생하기도 해요.

Fig. 9. Group experiment procedure of 1st textbook I.

그림을 그려보도록 지도한다. 이 과정에서는 실험 여건이 좋다면 돋보기가 아닌 현미경으로 관찰할 수 있도록 하였다. 실험과정에는 현미경으로 관찰하는 과정을 실었으며 첫 번째 실험과정에서 팔대를 얇게 잘라서 슬라이드에 놓는 이유는 물벼룩의 활동 반경을 좁히기 위해서이다. 물벼룩의 움직임이 활발해서 큰 배율로 관찰할 때 어려움을 최소화하기 위한 작업이다. 또한 휴대용 현미경을 사용할 것을 대비해 현미경 조작방법을 간단히 적어놓았으며 실험에 사용된 현미경은 작은 간이 현미경인 마이크로코프 현미경을 기준으로 적어두었다. 이 현미경을 택한 이유는 가격이 저렴하고 조명 버튼이 따로 있어 어두운 형광등 불빛 아래에서도 충분히 관찰할 수 있고 아이들이 조작하기에도 편리하기 때문이다.

개별실험(Fig. 10)은 ‘물벼룩 오염실험’으로 첫 번째는 액체 종류에 따라 움직임을 확인하고 두 번째는 온도에 따라 확인할 수 있도록 설계하였다. 이는 물벼룩이 살기 적합한 pH와 온도가 있고 학생들이 물벼룩

의 민감성을 확인하기에 적합하다는 판단에서였다. 실험의 과정은 간단하고 물벼룩을 지속적으로 관찰하기만 하면 된다. 교재의 실험과정 중간에는 교사들이 지도할 때에 필요한 tip을 넣어두어 학생들이 실험할 때 원활하게 진행될 수 있도록 하였다.

③ 실험 활동지

실험을 마치고 난 뒤에는 결과를 적을 수 있는 활동지와 읽을거리로 구성하였다. 이 활동지는 학생용 교재에서는 탐구보고서 부분에 해당하게 된다. 그래서 교사용 교재에는 모두 예시 답안이 제시되어 있으며 교사는 이를 참고하여 학생들이 탐구보고서를 확인할 때 참고하면 된다. ‘생각해 볼까요’ 부분에서는 실험을 완료한 뒤 단순히 관찰한 결과를 확인할 수 있는 문제로서, 실험의 목적, 물벼룩 관찰 결과, 물벼룩이 살기 적합한 조건과 물벼룩을 관찰한 결과를 묻는 것으로 구성하였다. 심화문제로서 ‘한 걸음 더’(Fig. 11)에서는 수업의 내용과 실험을 통합적으로 생각하여 수업의 목표를 달성할 수 있는 문제로 구성되어 있다. 질

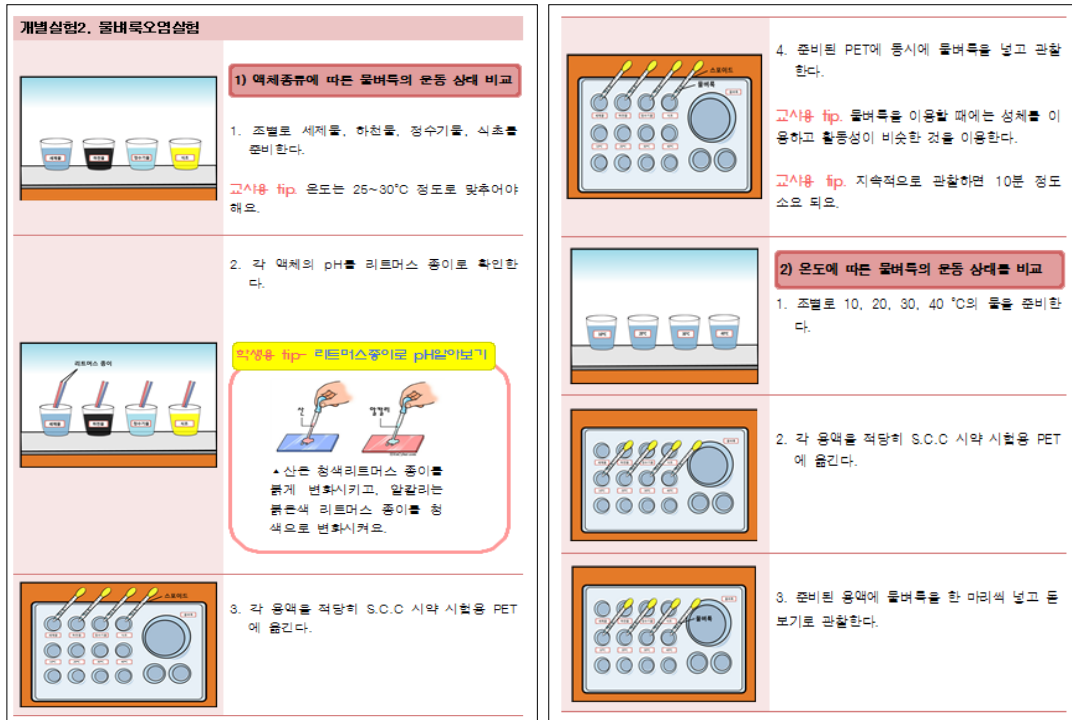


Fig. 10. Group experiment procedure of 1st textbook II.

문은 물벼룩이 지표생물로 이용 가능한 이유, 지표생물이 수질오염을 측정하는데 좋은 이유를 묻고 마지막 문제는 수질오염을 확인할 수 있는 시스템을 개발하도록 하여 사회적인 문제인 수질오염과 연계하여 학생 스스로 실험 전반적 부분에 관해 생각해보고 이론까지도 정리할 수 있도록 하는 자유탐구의 기회를 제공하였다. 교사는 학생들이 자유로운 사고를 할 수 있도록 토론하게 하고 실험결과를 학우들과 나누게 하면 학생들에게 효과적인 활동이 될 수 있다.

3. 다른 생물로 수질오염을 확인할 수 있는 시스템 개발을 해보자.

⇒ 봉어나 실지렁이를 깨끗한 물과 오염된 물에 풀어놓고 생물의 활동을 살펴본다. 또는 대기오염 정도가 심한 날 식물비료를 밖에 두고 잎에 변화가 있는지 살펴본다. (이산화황이나 오존을 만나면 잎에 회색반점이 나타난다.)

Fig. 11. Example of step-further-problem containing Art Factor.

5) 읽을 거리

마지막으로 ‘읽을거리’는 학생용과 교사용에 모두 똑같이 들어가는 내용이다. 주제에 맞추어 사회적이거나 세계적인 상황을 함께 볼 수 있는 내용 또는 수업시 참고적으로 필요한 내용을 제공한다(Fig. 12). 이러한 내용은 STEAM 교재개발에서 과학·기술·공학을 중심으로 정치, 환경, 사회, 경제 등의 융합적인 사고를 하고 기초과학지식을 바탕으로 국제적인 감각을 기를 수 있는 교육이 될 수 있다. 읽을거리의 내용은 기본적으로 학생용과 교사용의 내용은 같지만 학생용 교재에는 교사의 재량에 따라 몇 가지 주제만 선택적으로 이용 가능하도록 많이 실어두었다. 물벼룩을 실제로 이용해 정부기관에서 수질검사에 이용하고 있다는 것을 소개하는 생태독성관리제도(Art), 독일 공항에서 벌을 이용해 대기오염을 측정한다는 내용(Technology), 발광 미생물로 박테리아 독성실험(Technology)이 가능하다는 내용, 바이오 센서(Technology), 현미경 사용법(Science)을 읽을거리로

구성되어있다. 1차시의 수업목표가 다양한 수질오염 측정방법에 대해 알아보고 지표생물을 이용하여 수질 오염을 확인하기이므로 읽을거리에는 이보다 조금 더 나아가 여러 가지 생물들로 환경오염을 확인하는 방법에 관한 내용을 실었다(F2,F3,F7). 마지막에는 실험에서 현미경으로 관찰할 시, 교사가 현미경 사용법에 관하여 수업의 일부로 설명할 수 있도록 준비하였다.



Fig. 12. Example of ‘Reading materials’ containing Engineering Factor.

3.2.2. 2차시 교사용 교재

1)수업 목표 및 방법(도입부)

2차시 교재의 기본적인 내용 구성과 순서는 1차시 교재와 동일하므로 기본적인 설명을 제외하고 교재의 내용에 관한 것만 설명하겠다.

두 번째 교재의 수업목표는 ‘우리 생활 속 물질들이 물에 어떠한 영향을 미치는지 알아보고 오염된 물을 정화시키기 위해 얼마나 많은 물이 필요한지를 알아 본다.’ 이다. 1차시 교재에서는 수질오염을 어떻게 측정하는지를 알아보았다면 2차시에는 오염된 물을 어떻게 깨끗이 할 수 있는지를 알아보는 내용으로 구성하였다. 문제제시에서 해결방안까지를 한 주제로 다루어 전체적인 스토리가 생기도록 구성한 것이 이 교재의 특징이라고 볼 수 있겠다. 각 교재 속에서 뿐만 아니라 다음 수업과도 연계되어 완전한 과정의 스토리를 보여주고 있으며(F3) STEAM의 요소가 교재 속에 들어있다. 대상학년은 1차시와 동일하게 초등학교 4-6학년을 기준으로 하였으며 실험은 조별실험을 하도록 구성하였다.

2)주제의 흥미를 유발하는 동기부여

도입 부분(Fig. 13)은 사회적인 문제로 이슈화되었던 구제역 관련 내용으로 정하였다. 침출수라는 2차 피해로 인해 먹는 물까지도 오염이 되어 문제가 되었던 것으로 수질오염을 이야기하는데 있어 빼놓을 수 없는 소재이기 때문이다. 이뿐만 아니라 먹는 물이 오염되어 마실 물이 없는 상황에서 최근에 가장 가깝게 느낄 수 있는 문제이기 때문에 생활 속 오염문제를 다룰 배경으로는 가장 적합하였다. 이 도입부분의 내용은 교재의 읽을거리에도 다시 언급하여 내용을 자세히 알 수 있도록 하였다. 교사는 학생들에게 이 이야기를 통해 생활 속에서 수질오염을 일으킬 수 있는 것이 무엇인지, 사람과 자연에게 어떠한 피해를 주는지를 이야기하도록 유도하여 수업을 시작할 수 있다.

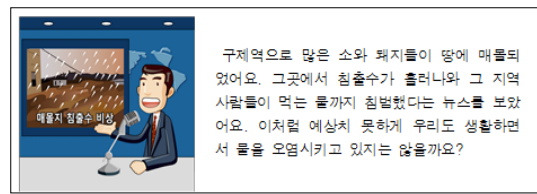


Fig. 13. Motivation including social issues.

3)과학적 내용을 전달하는 이론적 내용

이론적 내용의 주된 내용은 생활 속의 수질오염의 원인과 영향, 오염된 물을 깨끗이 하기 위한 방법을 다루었다. 2차시는 1차시 보다 학생들이 더 밀접하게 느낄 수 있도록 수질오염의 많은 원인들 중에 생활하수 부분에 초점을 맞추어 구성하였다(F1). 첫 번째 내용은 ‘우리 생활 속 여러 가지 물질들은 수질에 어떠한 영향을 미칠까요’ 라는 제목으로 생활 속 오염 물질에 관해 간단히 알려주고 그 원인 물질이 어떠한 영향을 미치는지도 간단히 언급하고 있다. 그리고 그 다음 주제인 ‘수질오염은 우리 인체나 환경에도 영향을 줄 수 있어요.’ 를 통해 우리 몸과 환경에 어떠한 영향을 주는지 자세하게 알아보기로 한다(F1,F5). 어려울 수도 있는 내용이지만 내용을 최대한 요약하고 그림을 통해 쉽게 이해할 수 있도록 하였다(F4). 이 주제 안의 흐름 마지막에 생물의 다양성까지 다루어 학생들이 단순히 수질오염에서 그치는 것이 아니라 환경 전반에 관해 시각을 넓힐 수 있도록 하였다(F7). 또한 나쁜

물질을 계속 섭취하면 우리 몸에 쌓인다는 것과 관련하여 생태계 농축을 설명하였으며 이와 관련된 개념으로 먹이 피라미드에 관해서는 보기 쉽도록 포인트를 해 학습효과를 높게 하였다(Fig. 14).

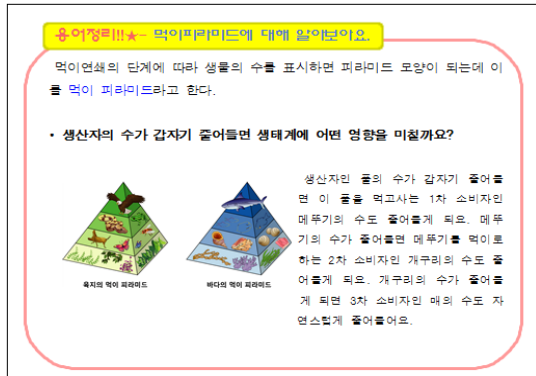


Fig. 14. Example of Term for enhancing learning effect.

이론적 내용 부분은 STEAM의 요소 중 Science를 토대로 생물 농축 과정이나 부영양화의 주제를 그림을 넣어 어려운 현상을 이해하는데 도움을 주고 흥미를 가질 수 있도록 하였다(Fig. 15).

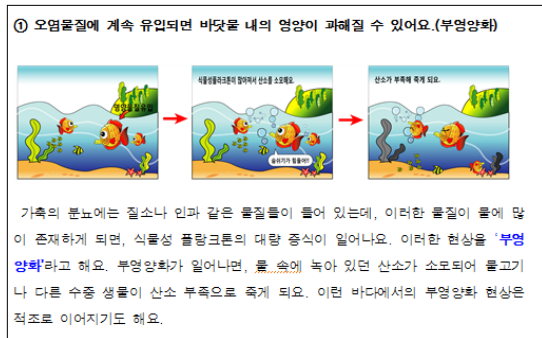


Fig. 15. Example of concept for 'Eutrophication' through illustration.

오염된 물을 깨끗이 하기 위한 방법에 관해서는 폐수정화처리방법, 희석, 자정작용 이렇게 3가지로 나누어 설명하였다(F1). 첫 번째, 폐수정화처리방법은 내용이 너무 복잡하고 과정이 많아 어려운 용어는 빼는 대신 간단한 그림과 설명으로 대체하였다. 이는 Engineering의 요소가 포함되어 있는 부분으로 실제

폐수정화처리 과정을 초등학생의 수준에 맞추어 축소하고 그림으로 나타내어 알기 쉽게 하였다(F4). 학생용 교재에는 간단한 그림으로만 들어가며 많은 글을 읽지 않고도 폐수정화처리과정(Fig. 16, Fig. 17)을 이해할 수 있도록 하였고 교사용 교재에는 각 단계에 대한 자세한 설명을 추가하였다. 기초과학원리에 대해 그 응용 및 적용 등에 대한 공학적인 부분을 학년별 학생 수준과 눈높이에서 제시하여 주어 그 의미를 파악하는데 쉽게 하였으며 그림을 통해 발산적 사고와 창의성을 유도하는 효과를 줄 수 있게 하였다(F4, F6). 교사용 교재에는 교사가 알 수 있도록 각 단계의 이름과 자세한 내용을 첨부하여 수업에 도움이 될 수 있도록 하였다.

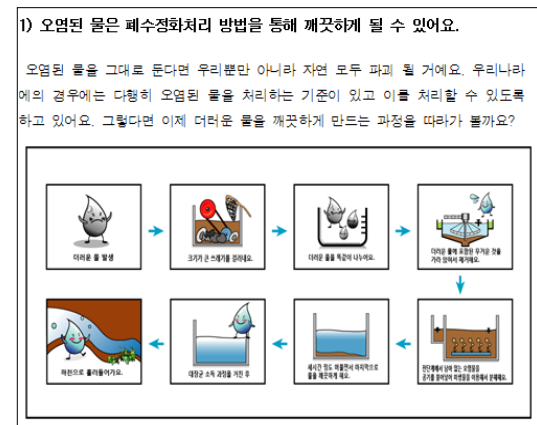


Fig. 16. Water disposal procedure containing.

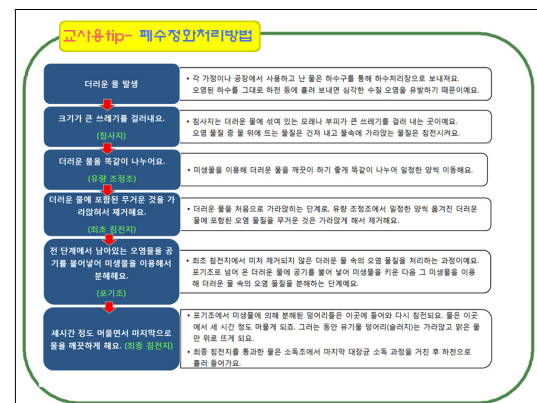


Fig. 17. Tip for the teacher with further explanation. Engineering factor.

두 번째, 희석을 통한 방법과 물의 자정작용이다 (Fig.18). 희석을 통한 예는 4가지 정도를 욕조 300 L을 기준으로 들어 물이 회복되기 위해 얼마나 많은 물이 필요한지를 실질적으로 느낄 수 있게 하였다. 세 번째, 자정작용은 그림을 넣어 물이 어떻게 순환하면서 자정작용이 일어날 수 있는지를 쉽게 볼 수 있게 하였다.



Fig. 18. Way of dilution method on Mathematics factor.

4) 희석을 통해 알아보는 물벼룩 실험(F4)

① 실험 목표

실험 목표는 ‘우리 생활 속 물질이 물을 얼마나 오염시키는지를 물벼룩을 통해 알아보고 다시 오염된 물을 살리기 위해 얼마나 많은 물이 필요한지 알아본

다.’로 정하였다. 2차시 교재의 실험은 정화하는데 오염된 물을 희석하여 물벼룩이 얼마나 살 수 있는지와 깨끗한 물을 차츰 오염시켜 생물이 얼마나 더 살 수 있는지를 알아보는 실험 두 가지로 설계하였다. 이 두 실험은 서로 반대되는 실험으로 1차시와 마찬가지로 물벼룩을 이용하여 오염된 물을 정화하기 위해 얼마나 많은 물이 필요한지 느끼고 수질오염의 심각성을 깨닫게 하기 위한 목적이다.

② 실험하기

2차시의 실험은 많은 물이 필요하고 지속적인 관찰이 필요하기 때문에 조별실험으로 이루어질 수 있도록 하였다. 실험과정은 Fig. 19, Fig. 20에서 보여준다. 기본적으로 정화하는데 필요한 물의 양을 일정한 비율로 넣은 것이므로 Mathematics의 요소가 포함되어 있으며 실제로 필요한 물의 양의 비율로 실험을 하기에는 어렵기 때문에 물벼룩을 통해 확인할 수 있는 수준으로 실험을 설계하였다. 두 번째 교재의 실험에서는 학생들이 이를 통해 작은 양의 오염요소에도 생물이 살 수 없는 환경이 되는 것을 실제로 봄으로서 수질오염의 심각성을 느끼고 해결방안을 스스로 찾아볼 수 있도록 하였다.

조별실험 1(Fig. 19)은 ‘정화하는데 필요한 물의 양에 따른 물벼룩의 상태 비교’로 1차시에서 이용한 것

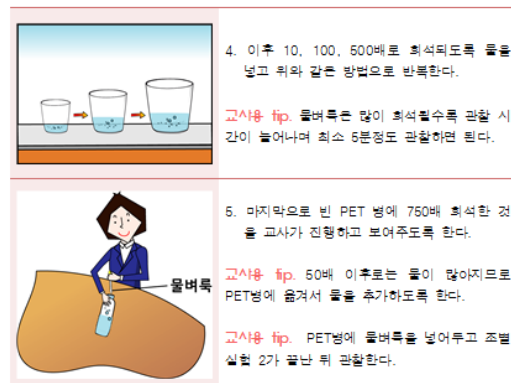
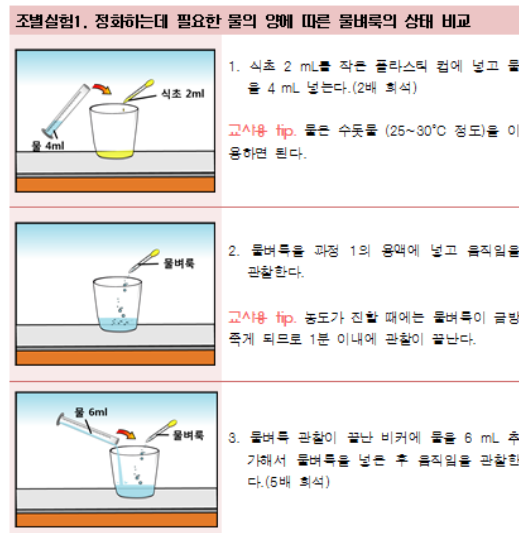


Fig. 19. Group experiment procedure of 2nd textbook I.

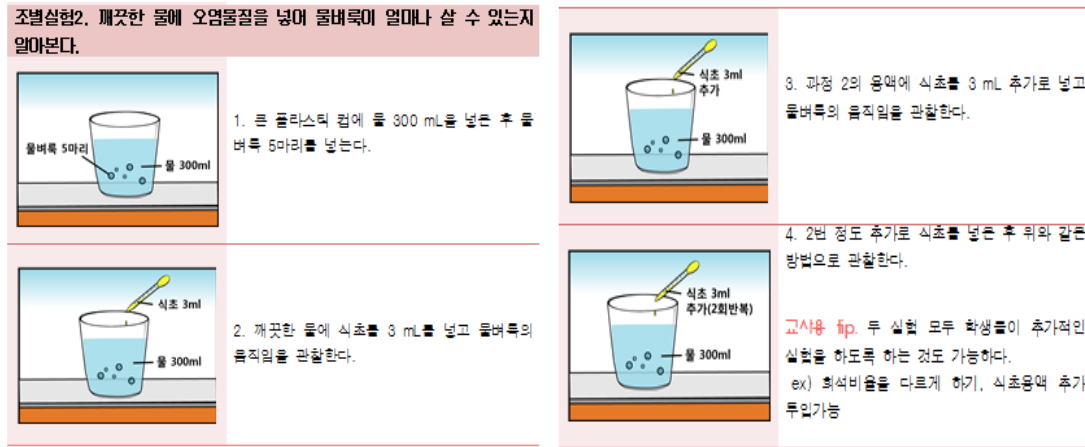


Fig. 20. Group experiment procedure of 2st textbook II.

과 마찬가지로 지표생물인 물벼룩을 이용하여 진행한다. 오염된 물에 물의 양을 학생들이 실험 진행 시 실험하기 쉽도록 2, 5, 10, 100, 500배로 희석하여 물벼룩의 상태를 비교해 보도록 하였다. 이 비율을 실제 희석율과 비슷하게 실험하면 좋으나 현실적으로 불가능하고 초등학교 대상의 학생들이 조작하기에 어려움이 있다고 판단하여 임의로 조작하였으며 이 실험의 목적은 실제로 학생들이 오염의 심각성을 깨닫게 하고 적은 양의 생활 속의 오염물질이지만 생물에게 얼마나 많은 영향을 주는지 각성하게 함과 동시에 지표생물의 의미를 깨닫게 함에 있기 때문에 실제 희석 수치를 재현하는 것에는 큰 의미가 없다고 판단하였다. 오염물질로 식초를 이용한 이유는 물벼룩을 육안으로 관찰하기에 좋고 조별실험 2에서 오염물질을 계속 투입하는 과정에서도 불투명해지지 않기 때문이다. 1의 실험에서는 앞의 이론에서 설명한 희석의 방법으로 오염된 물이 회복되기 위하여 얼마나 많은 물이 필요한지 알아보는 것이며 확인은 물벼룩으로 한다. 실험 1의 마지막 과정은 1.5 L 투명 PET병에 750배 희석시킨 물을 넣는 것으로 하였다. 이는 실험 여건상 더 많은 물을 이용해 진행하기 힘들고 물벼룩을 관찰하기도 힘들기 때문이다. 그래서 이는 교사가 혼자 실험을 하고 학생들이 결과를 볼 수 있도록 설계하였다.

조별실험 2(Fig. 20)는 깨끗한 물에 오염물질을 넣어 물벼룩이 얼마나 살 수 있는지 알아보는 실험이다. 앞의 희석실험과 반대로 진행되는 실험이며 이번에는

오염물질을 일정량을 반복해 계속 넣어서 물벼룩이 얼마나 살 수 있는지를 보는 실험이다. 실제로 식초를 많이 넣지 않아도 물벼룩이 바로 죽는 걸 볼 수 있다. 이는 생물을 작은 오염에도 치명적인 영향을 미칠 수 있다는 것을 알게 함으로써 수질오염에 관한 심각성을 느낄 수 있도록 하는데 그 목적이 있다. 이 두 실험 모두 정해진 비율이 아닌 추가적인 실험을 학생들이 해볼 수 있게 할 수 있다. 이는 희석 배율을 다르게 한 다든지, 식초를 추가로 넣어 물벼룩의 상태를 확인하기를 그 예로 들 수 있겠다. 학생들이 답이 정해져 있는 실험이 아닌 스스로 실험을 해보는 것을 통해 직접 자기만의 결과를 얻는 것도 학생들이 창의력을 넓히는데 효과적이다. 2차시 교재도 마찬가지로 실험과정의 중간 중간에는 교사들이 지도할 때에 필요한 tip(Fig. 21)을 넣어두어 학생들이 실험할 때 원활하게 진행될 수 있도록 하였다.

교사용 tip. 50배 이후로는 물이 많아지므로 PET병에 옮겨서 물을 추가하도록 한다.

교사용 tip. PET병에 물벼룩을 넣어두고 조별 실험 2가 끝난 뒤 관찰한다.

Fig. 21. Example of tip for the teacher within experience procedure.

③실험 활동지

2차시 교재 활동지의 ‘생각해 볼까요’에서는 1차시와 마찬가지로 실험결과를 묻는 항목을 넣었으나 이번 실험은 물을 투입한 양이 실제비율과 동일하게 제작된 것이 아니므로 희석한 물의 양을 늘려감에 따라, 혹은 오염물질을 많이 넣을수록 이라는 항목으로 물어 지속적인 관찰에 관한 결과를 쓸 수 있도록 하였다. 또한 이론과 관련하여 생활 속 물질들이 물에 어떠한 영향을 미칠 수 있는지를 다시 생각해 볼 수 있도록 문제를 구성하였다. 그리고 ‘한 걸음 더’ 문제에는 실질적으로 학생들이 수질오염물질을 줄이기 위해 방법과 할 일을 스스로 생각해 보게 함으로써 해결방안까지 제시해 수질오염에 관한 내용을 마무리할 수 있도록 하였다. 이는 STEAM의 A에 해당하는 요소로서 인문, 사회적인 부분과 연관된 자신의 역할에 관해 생각을 유도하는 질문이다.

5)읽을 거리

마지막으로 ‘읽을거리’에는 우리가 잘은 모르고 있지만 세계적으로도 심각한 오염으로 나타나고 있는

비소오염문제, 도입부에 제시되었던 침출수 문제, 마지막으로 물이 부족해짐에 따라 나타나고 있는 세계적인 물 분쟁 문제에 관하여 다루었다(Fig. 22). 특히 물 분쟁 문제는 기존 교과서에서는 잘 다루지 않았던 사회적인 문제나 세계적인 상황을 배운 교과내용과 연관 지어서 배우도록 하는 것은 학생들에게 단순히 과학적 지식을 전달하는 것이 아니라 현시대의 흐름까지도 더해져 융합적인 지식을 얻게 하기 위함이다 (F2, F4, F5, F6, F7).

3.3. STEAM 교재개발- 학생용 교재

이 교사용 교재를 토대로 학생용 교재는 교사용 tip과 예시 답, 학생들이 이해하기 어려운 부분을 제외하여 분량을 줄이고 기본 내용을 간단하게 구성하였다. 앞서 논의된 교사용 교재와 다른 부분만 설명하도록 하겠다.

학생용 교재의 첫 부분은 교사용의 수업목표와 동일한 내용으로 ‘생각해봐요’로, 실험 목표는 ‘이 활동을 하면’이라는 제목아래 넣어 학생들의 시각에 맞게 재구성하였다. 또한 내용 순서상 다른 부분으로는 학생용 교재는 교사용과는 다르게 앞부분에 실험과정 먼저 들어가 있다. 이는 학생 개별적으로 실험용 키트와 탐구보고서가 나가게 되므로 어떤 실험에 관한 것 인지를 첫 장에 두어 보기 쉽게 하였다. 또 다른 이유는 수업과 실험은 모두 ppt 자료로 교사가 진행하기 때문에 실험을 하는 동안 학생은 교재를 참고용으로만 보면 되기 때문이다. 실험의 전 과정은 교사의 지도 아래 하게 되므로 간단한 과정만 넣어두었다.

3.3.1. 1차시 학생용 교재

‘알아볼까요’의 내용은 교사용 교재의 이론적 내용과 동일하며 교사용 tip을 뺀 나머지 부분이다. 학생용 교재는 교사용 교재를 토대로 만들었기 때문에 다른 점은 없다(Fig. 23).

학생용 탐구 보고서는 교사용에서 다루었던 질문과 동일하며 예시 답안을 빼고 학생들이 직접 작성할 수 있도록 하였다(Fig. 24).

3.3.2. 2차시 학생용 교재


2차시의 학생용 교재는 1차시의 교재와 동일하게 구성했으므로 교재의 구성에 관한 설명은 생략한다.




Fig. 22. Explanation about global water dispute region containing Art factor.

한양대학교 TIST(청소년과학기술훈련센터) http://www.sciencepicnic.com
한양대학교 TIST(청소년과학기술훈련센터) http://www.sciencepicnic.com

학생용 메뉴얼



오염된 물은 아파요! ~



주말에 엄마 아빠와 함께 정계천에 놀러갔어요. 예전 정계천은 많이 더러웠지만 지금은 깨끗해요. 그렇다면 물이 얼마나 깨끗한지를 알아볼 수는 없을까요?

생각해봐요

1. 수질오염을 어떻게 측정할 수 있을까요?
2. 생물지표를 이용하여 수질오염을 확인할 수 있을까요?

이 활동을 하면

다양한 수질오염 측정방법에 대해 알아보고 생물지표를 이용하여 수질오염 정도를 알아본다.

어떻게 할까요

준비사항

1. 지표생물에 대한 기본적인 내용을 이해하고 숙習하도록 한다.
2. 선생님의 설명을 잘 듣고 지도에 잘 따르면 숙習하도록 한다.
3. 현미경 관찰시 물벼룩을 볼때는 장시간 노출되지 않도록 한다.
4. 물벼룩의 움직임을 지속적으로 관찰한다.
5. 모든 실험이 끝난 후에는 정리정돈을 잘한다.

<조별실험 1> 물벼룩 관찰하기

1. 팔대를 얇게 잘라서 슬라이드에 올려놓고 그 안에 물벼룩 한 마리를 놓는다.
2. 물벼룩을 현미경으로 관찰한다.

<개별실험2> 물벼룩오염실험 - 1) 액체종류에 따른 물벼룩의 운동 상태 비교

1. 조별로 세제물, 하천물, 정수기를, 식초를 준비한다.
2. 각 액체의 pH를 리트머스 종이로 확인한다.
3. 각 용액을 적당히 S.C.C 시약 시험용 PET에 옮긴다.
4. 준비된 PET에 동시에 물벼룩을 넣고 관찰한다.

<개별실험3> 물벼룩오염실험 - 2) 온도에 따른 물벼룩의 운동 상태를 비교

1. 조별로 10, 20, 30, 40 °의 물을 준비한다.
2. 각 용액을 적당히 S.C.C 시약 시험용 PET에 옮긴다.
3. 준비된 용액에 물벼룩을 한 마리씩 넣고 돋보기로 관찰한다.

알아들까요

1. 깨끗한 물, 더러운 물은 다음과 같이 구분해요.

우리 주변의 물은 오염된 정도를 정확히 알 수 있는 방법이 있어요. 이런 일을 하는 환경부에서는 여러 가지 기준을 가지고 수질 등급을 나누고 있어요. 물을 나누는 기준에는 여러 가지가 있지만 우리는 우리 주변에서 주로 사용하는 물만을 살펴보기로 해요.

수질	운동	물에 사는 생물
1급수	가장 깨끗한 물. 냄새가 나지 않고 건담한 경우 파장을 거쳐 수돗물로 곧 바로 사용 가능	물리사미, 가재, 쉼리, 얼룩어, 빙어
2급수	비교적 맑은 물. 냄새가 나지 않고 바닥에 깔린 모래나 자갈이 보일. 수돗물을 만들는데 지장이 없으며 수영을 할 수 있는 물	붕어, 피라미, 홍문물사슴갈벌레, 물벼룩
3급수	황갈색의 흐리고 탁하며, 바닥에 자갈이 모래가 있고, 수돗물로 적합하지 않고 용연용수로 사용	붕어, 잉어, 거머리, 물벌레
4급수	오염 정도가 가장 심한. 색거나 죽은 물. 악취가 나고 수돗물로는 절대 쓰이지 못할. 우천 등 안 맑출하면 피루성을 일으키는 더러운 물	심지렁이, 갈래구, 종벌레

- 1 -
- 2 -

Fig. 23. Introduction of 1st textbook for the student.

한양대학교 TIST(청소년과학기술훈련센터) http://www.sciencepicnic.com

탐구보고서

실験제목 오염된 물은 아파요! ~

일 시 _____ **장 소** _____

학 교 _____ **이 름** _____

생각해볼까요?

1. 이번 실験의 목적은 무엇이었나요?
2. <실験 1>에서 관찰한 물벼룩의 특징은 무엇일까요?
3. 관찰한 물벼룩을 그려 보여요.

- 10 -

한양대학교 TIST(청소년과학기술훈련센터) http://www.sciencepicnic.com

4. <실験 2>에서 물의 종류에 따라 달라지는 물벼룩의 운동 상태를 알아보았어요. 물벼룩이 살기 적합한 조건은 무엇일까요?
5. <실験 2>에서 물의 온도에 따른 물벼룩의 운동 상태를 알아보았어요. 물벼룩이 살기 적합한 온도 조건은 무엇일까요?
6. 물의 상태의 변화에 따라 물벼룩의 운동 상태는 어떻게 변화하는가?

한 걸음 더

1. 물벼룩이 생태지표로 이용 가능한 이유는 무엇일까요?
2. 생태지표가 수질오염을 측정하는 데 좋은 이유는 무엇일까요?

- 11 -

Fig. 24. Research report for student textbook.

3.4. 수업활용자료 (ppt)

마지막으로 수업자료로 이용할 수 있는 ppt자료이다. 자료는 학생들이 보기에 간단하고 이해하기 쉽도록 기본적인 내용만 넣어 제작하였다. 이 역시 시각적인 효과를 최대한 살리기 위하여 큰 제목 아래 해당하

는 그림으로 보여주고 간단한 설명이 적절히 들어가도록 하였다. 내용의 토대는 교사용 자료이다. 분량은 43p이며 교사는 수업을 준비할 때 교사용 교재를 참고하여 학생들이 알기 쉽게 덧붙여 설명하면 된다. 특히 학생용 교재에는 실험과정의 그림이 들어있지 않

The figure shows a series of 8 PowerPoint slides for a classroom activity. The slides are arranged in a 4x2 grid. Each slide has a pink border and contains text and illustrations related to water pollution and oxygen measurement.

- Slide 1 (Top Left):** Title: "오염된 물이 아파요 | ~" (Polluted water hurts). Illustration: A sad water drop character.
- Slide 2 (Top Right):** Title: "실험해 보아요" (Let's do the experiment). Content: "1) 액체 종류에 따른 물벼룩의 유향 상태 비교" (Compare the orientation of water bugs according to liquid type). Illustration: Four beakers with different colored liquids.
- Slide 3 (Second Row Left):** Title: "물이 얼마나 깨끗한지 알아보아요." (Let's see how clean the water is). Content: "-오염물질은 미생들이 분해하기 위해 필요한 산소는 얼마나 되는지 알아보아요." (Let's see how much oxygen is needed for microorganisms to decompose pollutants). Illustration: A diagram showing oxygen levels in clean vs. polluted water.
- Slide 4 (Second Row Right):** Title: "실험해 보아요" (Let's do the experiment). Content: "3. 각 용액을 적량이 S.C.C 시약 시험용 PET에 옮긴다." (Transfer each solution to a S.C.C reagent test PET in the appropriate amount). Illustration: A multi-well plate with colored wells.
- Slide 5 (Third Row Left):** Title: "물이 얼마나 깨끗한지 알아보아요." (Let's see how clean the water is). Content: "- 화학물질은 이용한 방법이 있어요." (There are methods using chemical substances). Illustration: A diagram of a water body with a plant and a person.
- Slide 6 (Third Row Right):** Title: "생각해 보아요" (Let's think about it). Content: "1. 이번 실험의 목적은 무엇이었나요?" (What was the purpose of this experiment?). Illustration: A large empty rounded rectangle for student input.
- Slide 7 (Bottom Left):** Title: "지표생물에 대해 알아보아요." (Let's see about indicator organisms). Content: "3. 지표생물은 오염을 측정하는데 도움을 줄 수 있어요." (Indicator organisms can help measure pollution). Illustration: A circular diagram with "지표생물 장점" (Advantages of indicator organisms) in the center, surrounded by points like "시간이 적게 걸린다" (It takes less time), "수질오염의 변화를 쉽게 알 수 있다" (It is easy to know the change in water quality), "복합한 장비가 필요없다" (No complex equipment is needed), and "비용이 적게 든다" (It is cheap).
- Slide 8 (Bottom Right):** Title: "더 알아보기" (Learn more). Content: "지하수의 비소오염이 심각해요." (Arsenic pollution in groundwater is serious). Illustration: A world map highlighting areas with arsenic pollution.

Fig. 25. Ppt materials utilizing for class.

으므로 수업시 이 자료를 이용하여 교사와 함께 진행하도록 하면 되겠다. 또한 ppt 자료 마지막에는 교사가 추가적으로 사용할 수 있도록 교사용 tip의 내용이 나 제작한 ppt 자료와 별도로 선택할 수 있는 자료를 따로 제작해 첨부해 두었다(Fig. 25).

4. 결론

STEAM은 과학, 기술, 공학, 예술 및 수학이 융합한 새로운 형태의 교육을 지칭하는 것으로 이미 전 세계의 모든 분야에서 가장 핵심적인 주제로 활발히 논의되고 있으며 선진국을 중심으로 과학교육계에서 대폭적인 개혁이 이루어지고 있는 시점이다. 우리나라의 과학 교육 시스템도 STEAM이라는 이름 아래 그동안 과학 기술의 급속한 성장에 따라가지 못하였던 과학교육을 바로 잡아 세계가 원하는 창의적인 인재를 양성하기 위한 교육으로 나아가고 있다.

이 연구는 STEAM 콘텐츠를 개발을 위해 제시한 STEAM 교육 콘텐츠의 7가지 요소를 적용하여 수질오염을 주제로 한 교재의 예시를 제시하였다.

첫째, 수질오염 문제를 다루기 위해 이와 관련된 과학·기술·공학에 대한 기초 지식을 제시하고 수질오염과 관련된 문제를 사회적, 경제적, 환경적인 시각에서 바라볼 수 있는 기회를 제공하여 융합적인 사고로 체계적으로 미래를 예측할 수 있는 활동이 되게 하였다. 둘째, 수질오염 문제는 전 세계적으로 문제가 되어왔고 세계 물 분쟁 지역에 관한 내용은 끊임없이 부각되고 있는 만큼 이를 주제로 한 교재는 적시교육이라고 볼 수 있다. 셋째, 수질오염에 관한 과학적 지식을 중심으로 하여 마지막에 공학, 환경, 사회, 경제적 이슈를 연관시킴으로써 융합적인 사고로 이끌 수 있도록 하였다. 교재에서는 수질오염 문제를 원인, 생태계 영향, 해결방안으로 다루어 학생들이 한 주제에 관하여 통합적이고 전체적으로 보는 능력을 가질 수 있도록 하였다. 넷째, 학년별 학생 수준과 눈높이를 고려하여 기초과학원리의 용어를 쉽게 풀어 쓰고 그림으로 삽입해 학생들이 기초과학의 중요성에 대한 의미를 터득하고 아울러 과학·기술·공학에 대한 발전적 사고와 창의성을 유도할 수 있다. 다섯째, 조별실험과 개별실험을 적절히 조화하여 학생들이 STEAM에 대한

학우들 간의 협동 작업을 통해 탐구능력과 함께 윤리 및 사회성, 협동성, 리더십, 서로를 배려하고 서로 소통하는 능력을 키울 수 있다. 여섯째, 학생들에게 생물을 이용하여 수질오염을 알아보게 하고 직접 생물을 이용한 실험을 설계해보도록 하여 다양한 체험 활동을 경험할 수 있도록 하였다. 또한 학생들에게 답이 없는 문제를 제시함으로써 자유탐구의 기회를 제공하였다. 일곱째, 글로벌 문제인 수질오염을 통해 침출수라는 사회적 문제와 세계의 비소오염과 물 분쟁 관련 내용까지 살펴봄으로써 과학기술공학적인 지식을 바탕으로 국제적인 감각과 타 영역에 대한 지식을 제공함으로써 인류의 환경을 고려하고 인류가 가진 문제임을 깨닫고 의식할 수 있도록 하였다.

이상 본 논문에서는 이 연구에서 개발한 7가지 STEAM 교육 콘텐츠 개발 요소를 기반으로 한 STEAM 교육 콘텐츠의 예를 보여주었지만 현 교육현장에서는 STEAM 콘텐츠가 많이 부족하고 현장적용 문제가 남아있다. 예시로 제작한 방과 후 교재로 활용 가능한 과학교재가 다소 STEAM의 요소 중 Science 이 많은 부분 강조되어 있는 실정이다. 앞으로 후속 연구에서 과학 교과과목에 S의 요소에 다양한 T, E, A, M 요소가 다양하게 포함된 STEAM 교육 콘텐츠가 개발되어야 하고, 다양한 자료들이 창의적 체험 활동, 방과 후 교실 등에 적용되어 학생들이 다양한 시각에서 과학에 흥미를 가지고 창의성을 발휘할 수 있도록 하는 많은 연구 자료들이 필요하겠다.

감사의 글

이 논문은 한국과학창의재단 지원에 의해 수행되었습니다. (과제명: 융합인재교육(STEAM)수업모델연구)

참고 문헌

- 교육과정평가원, 2007, 2007개정 교육과정(초등학교 과학).
 교육과정평가원, 2011, 2009 개정 교육과정(초등학교 과학).
 교육과학기술부, 2010, 2011년 업무보고. 창의인재와 선진과학기술로 여는 미래 대한민국.
 김경희, 2010, OECD 학업성취도 국제비교 연구(PISA 2009) 결과보고서, 한국교육과정평가원.
 김진수, 2011, STEAM 교육을 위한 피라미드 모형과 큐

- 빅 모형. 한국현장과학교육학회 학술대회 주제발표 논문, 한국교원대학교, 57-62.
- 문대영, 2008, STEM통합 접근의 사전 공학 교육 프로그램 모형 개발, 공학교육연구, 11(2), 90-101.
- 박소영, 2004, [미국]PISA결과와 미국의 교육정책, 한국교육개발원-외국교육동향.
- 배선아, 김영충, 2009, 공업계열 전문계 고등학교 활동 중심 STEM 교육프로그램 개발 모형, 한국실과교육연구, 15(4), 345-368.
- 송정범, 2010, 통합적 STEM 교육을 위한 교실 친화적 로봇교육 모형 및 프로그램 개발에 관한 연구, 박사학위 논문, 한국교원대학교.
- 이미경, 2007, PISA 2006 결과 분석 연구-과학적 소양, 읽기 소양, 수학적 소양 수준 및 배경 변인 분석, 연구보고 RRE 2007-1, 한국교육과정평가원.
- 이성철, 2011, 창의·인성교육을 위한 학부모대상 교육 프로그램 실천방안, 2010-005, 한국과학창의재단 영재교육.
- 이용섭, 2012, 자유탐구 방법을 활용한 환경 수업이 과학 탐구 능력 및 환경친화적 태도에 미치는 효과, 한국환경과학회지, 21(3), 351-362
- 이철현, 한선관, 2011, 실과 교과 중심의 STEAM 융합인재 교육 모형 개발, 한국실과교육학회지, 24(4), 139-161.
- 이효녕, 조현준, 2008, 과학영재 교육에서 자율탐구활동의 의미와 중요성에 대한 이론적 고찰, 경북대학교 과학교육연구소, 32(2), 33-50.
- 이효녕, 2011, 창의적 융합 인재 양성을 위한 STEAM 교육: 미국의 사례를 중심으로, 이화여대 세미나.
- 조재주, 최유현, 김소연, 2011, 화학영역의 통합적 STEM 발명교육 프로그램 모형 개발, 한국실과교육학회지, 17(1), 165-188.
- 최정훈, 2011a, 미래과학교육의 혁신: 융합을 기반으로 하는 STEAM 교육, 위즈덤교육포럼.
- 최정훈, 2011b, 융합을 기반으로 하는 STEAM 교육이란? (상), (하), 한국과학창의재단-월간 과학창의 2월호
- Mark, S., 2009, STEM, STEM Education, STEM mania, The Technology Teacher, 68(4), 20-26.
- Yakman, 2007, STEAM Education: an overview of creating a model of integrative education, ITEEA's 69th Annual Conference PATT Session.

