

환경교육  
The Environmental Education  
2006. 19권 2호 pp. 96~107

## DO 미터를 이용한 탐구중심 물 환경교육 프로그램 개발 - 용존산소 측정 활동 -

류재홍 · 이두곤\*

삼일공업고등학교(한국교원대학교 대학원) · \*한국교원대학교

## Development of Inquiry-based Water Environmental Education Program using DO Meter - Measuring Activity of Dissolved Oxygen -

Jai-Hong Lyu · Du-Gon Lee\*

Sam-il Technical High School(Graduate School, Korea National University of Education) ·

\*Korea National University of Education

### Abstract

Inquiry has great value in environmental education(EE). Being able to see the world environmentally through 'inquiry-based environmental education' can be an important value and goal of EE. In this study, we intended to develop an EE program of measuring activity of dissolved oxygen(DO), based on the theory of 'inquiry-based EE'. Especially, we recognized the potential that DO meter can be used in 'inquiry-based EE', and we tried to develop a model of inquiry-based EE using DO meter. As a result of this research, we present specific models of inquiry-based EE about how to perform measuring activity of DO and how to use the DO meter in laboratories and streams from the perspective of inquiry of water environment.

In the process of program development, we considered organization of the inquiry process, use of concept and knowledge, scientific inquiry and insightful inquiry, integration, sustainability, content components of 'Environmental Studies for EE', developmental level and in-

terest of students. The developed EE model is a scientific inquiry model, pursuing 'explanation' based on data collection. Through this model, we tried to make students see water environment more deeply.

The developed program can be applied to various water environments, like laboratories, streams, ponds, etc. It can be more effective inquiry activity if we perform measuring activities simultaneously with pH, electrical conductivity, and turbidity meters.

**Key words** : inquiry, inquiry-based water environmental education, dissolved oxygen(DO), DO meter, measuring activity of DO

## I. 서론

### 1. 연구의 필요성

물(water)은 여러 가지 특이한 물리·화학적 특성을 나타내며, 인간을 포함한 모든 생물의 생존에 절대적인 영향을 미치는 중요한 물질이다(이근광, 1997; 김좌관, 2001). 물은 지구상에서 매우 특별한 대상이고, 지구상에 가장 많이 존재하는 물질 중의 하나이다. 또한 지구의 기후 조절 인자이며, 생물체가 존재하기 위한 필수조건이다. 그리고 양적으로도 인간이 가장 많이 이용하는 자원(resources) 중의 하나이다.

인간은 생존과 문화 생활을 위해 자연계의 물을 인간 시스템 내로 유도하여 수자원으로 이용한다. 반면, 인간 활동은 물 환경에 영향을 주며, 수질 오염(water pollution) 현상을 일으키기도 한다(이두곤 등, 2005). 또한, 물 환경은 그 자체로서도 신비롭고 중요한 존재이며, 우리가 좀 더 깊이 있는 이해를 추구하기 위한 탐구의 대상이 될 수도 있다.

탐구(inquiry)란 어떤 명확하지 않은 대상에 대해 세심하고 끈질긴 노력으로 보다 깊은 이해를 추구해 나가는 과정(이두곤, 2006)이라고 할 수 있는데, 환경교육에서 탐구는 상당히 중요한 의미가 있다고 생각된다. 예를 들면, 우리 주위의 물 환경에 대해 환경적인 관점에서 보다 깊은 이해를 추구하는 것은 그 자체만으로도 교육적 가치와 의미가 크다고 볼 수 있다.

환경교육에서 듣기(hearing), 보기(seeing), 다루어보기(handling) 경험의 차이는 학생들의 학습에 아주 큰 영향을 미칠 것으로 생각된다. 따라서 학교 환경교육의 활성화를 위해서는 교재를 통한 이론 위주의 수업보다는 실험실이나 야외 환경교육장에서의 직접-조작 활동을 통한 탐구능력 신장 프로그램의 개발·보급이 절실한 것으로 생각된다.

탐구는 환경교육에서 중요한 가치가 있다고 생각되는데, 최근 이두곤(2006)은 과학적 탐구와 통찰적 탐구를 함께 포함하는 '탐구 중심 환경교육'의 개념을 제시하며, 환경교육을 통해 세상을 환경적으로 볼 수 있는 것이 환경교육의 중요한 가치와 목적이 될 수 있음을 주장한 바 있다.

최근 들어 과학 기술의 발달로 대표적인 수질 지표인 용존산소(dissolved oxygen, DO)를 간편하게 측정할 수 있는 DO 미터가 교육 현장에 도입되어 사용되고 있다. 따라서, 본 연구에서는 이러한 DO 미터를 활용한 탐구중심 환경교육의 구체적인 모형 개발의 필요성을 인식하게 되었다.

### 2. 연구의 목적

본 연구에서는 탐구 중심 물 환경교육의 활성화를 위한 프로그램 개발의 필요성을 깊이 인식하고, 물 환경 탐구의 관점에서 용존산소 측정 활동을 어떻게 수행할 것인지, 또 직접-조작 활동(hands-on activity)에서 DO 미터를 어떻게 활

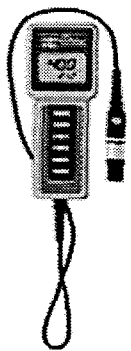
용할 것인지에 대한 탐구중심 물 환경교육 프로그램 개발·제시하고자 한다.

### 3. 연구의 내용 및 방법

본 연구를 진행하기 위해 탐구와 관련된 이론 조사를 수행하였고, 이를 토대로 실제 탐구 중심 물 환경교육 프로그램 모형을 개발하였다. 이론 조사의 주요 내용은 탐구 중심 환경교육과 용존 산소 측정 관련 내용에 초점을 두었다. 용존 산소 측정 활동을 중심으로 수행된 실제 탐구 모형 개발 과정에서는 실험실과 하천을 연구 장소로 선정하였다.

실험실 탐구에서는 모래, 자갈, 물 등으로 구성된 비교적 단순한 수조와 물고기, 달팽이, 우렁이, 수초, 물 등으로 구성된 약간 더 복잡한 수조, 그리고 실험실 수돗물을 모형개발 대상으로 선정하였다. 하천에서는 유속이 느린 곳과 빠른 곳, 난류가 없는 곳과 있는 곳을 선정하였고, 수질 측정 자료를 해석하는 모형도 추가하였다.

본 연구에서 사용한 DO 미터는 YSI-85 model이며, <그림 1>에 나타내었다. YSI-85 model은 DO뿐만 아니라, EC, salinity 등의 항목도 동시 측정이 가능한 기기이다. 전극이 도선으로 길게 연결되어 있으므로 수심이 깊은 곳의 측정도 가능하다. DO 미터는 물의 흐름이 있는 장소에서 측정이 용이한 기기이기 때문에 약 30 cm/sec 정도의 속도로 전극을 움직여 주어야 한다.



<그림 1> DO 미터

## II. 이론적 배경

### 1. 탐구중심 물 환경교육

탐구는 지식 자체가 아니라 지식을 얻는 과정, 방법 혹은 활동으로 표현되며, 흔히 문제 해결(problem solving), 발견(discovering), 반성적 사고(reflective thinking)의 과정을 포함한다(정완호 등, 2001). 탐구의 목적은 이유, 증거, 추리, 법칙 등을 사용하여 지적 신념을 확고하게 해 주는 데에 있다(한면희, 2004). 조동일(1997)에 의하면 탐구에는 과학적 탐구와 통찰적 탐구가 있다(이두곤, 2006).

과학적 탐구 과정에 대한 전통적 견해는 문제 인식 → 가설 설정 → 실험 설계 → 실험 수행 → 결론 도출의 5단계로 이루어진다(정완호 등, 2001). 과학적 탐구는 자연현상의 관찰, 그 결과의 예측, 변인의 조작과 통제, 상황의 분석, 확증 또는 검증 등 여러 가지 방법을 통해서 수행할 수 있다. 또한, 이와 같은 탐구 방법들은 어느 것이나 특정 주제에 대한 토론, 독서, 야외 실습, 실태 조사, 실험실 조사 등 다양한 수단을 통해 적용할 수 있다(조희형과 박승재, 2003).

탐구 수업(inquiry instruction)이란 문제 해결 또는 주제의 학습을 위해 교사가 학생의 능동적인 탐구 행위를 자극하는 수업을 말한다. 일반적인 탐구는 무엇을 탐구하였느냐의 결과에 중점을 두지만, 탐구 수업에서의 탐구는 과정에 관심을 기울여서 학생들이 수업 과정에서 탐구적 사고를 경험하였는가에 초점을 둔다(서울대학교 교육연구소, 2005).

환경교육의 한 가지 방안으로서 탐구 학습이 있다. 최경희(2000)는 탐구 학습의 특성과 탐구 활동의 종류, 탐구 학습의 단계를 고려하여 실제로 환경과 수업에서 실시할 수 있는 탐구 수업의 한 형태를 문제 인식, 탐구 문제의 제시, 자료 수집, 자료 해석, 결론 도출, 발견의 여섯 단계로 제시하였다.

탐구 학습은 활동 중심으로 이루어지며, 탐구 및 문제 해결을 추구하는 환경 교과의 특성에도

부합된다. 환경 탐구학습에는 토의, 실험, 야외 실습, 조사, 견학, 역할 놀이, 사례 연구, 과제 연구 등 다양한 활동이 포함된다(이재봉, 2004). 다 학문적이고 간학문적인 특성을 지니는 통합 교과 형식의 환경과에서는 사회과나 과학과에서도 도입하고 있는 탐구 학습을 적절히 활용하여 수업을 이끌어가는 것이 바람직하다(남상준, 1995).

‘탐구 중심 환경교육’이란 과학적 탐구와 통찰적 탐구를 통해서 학생들로 하여금 세상을 환경적 관점으로 볼 수 있도록 함을 주된 목적으로 하는 환경교육을 말한다(이두곤, 2006).

탐구 중심 환경교육에서 교육의 목적은 환경적 관점을 가지는 것, 환경적으로 눈을 뜨게 하는 것이라 할 수 있다. 이 과정에서 교사는 학생들에게 좋은 질문을 많이 하여, 학생들이 그 답을 찾는 과정에서 스스로 생각하게 하고, 이를 통해 현상을 보도록 하며, 현상을 보게 하는 과정에서는 개념과 구조적인 지식을 중요한 수단으로 사용한다(이두곤, 2006).

## 2. 용존산소

### 가. 용존산소와 물 환경

용존산소(DO)는 물의 오염 상태를 나타내는 주요 지표 항목 중 하나로서, 물에 녹아 있는 분자상태의 산소(O<sub>2</sub>)를 말한다(이근광, 1997; 김좌관, 2001). 용존산소의 농도 단위는 ppm을 사용한다. 20℃, 1기압에서 순수한 물의 용존산소 포화 농도는 약 9.2ppm 정도이다.

수중의 용존산소 농도는 대기 중 산소의 자연적인 용해 작용, 조류(algae) 또는 수생 식물의 광합성 작용에 의해서 증가한다. 또한 수온이 낮을수록, 대기압이 높을수록, 염분 농도가 낮을수록 수중의 용존산소 농도는 증가한다. 반면, 수중 동·식물의 호흡 작용, 미생물에 의한 유기물의 분해 작용 등에 의해서는 감소한다. 용존산소를 측정하는 것은 물 환경의 건강성을 파악할 수 있는 매우 중요한 수단이다.

### 나. 용존산소 측정

용존산소를 측정하는 방법으로는 적정법과 막전극법이 있다. 적정법의 측정 절차가 비교적 복잡한 반면, 막전극법은 상대적으로 간편하다. 두 가지 측정 방법에는 각각 장·단점이 있으나, 상황에 따라서 적합한 방법을 선택하면 된다.

적정법 분석의 기본 원리는 산화·환원 반응이며, 분석 실험에 소요되는 시간은 약 1시간 정도이다. 반면, 막전극법은 막에서의 산소 분자 확산 속도를 전기 신호로 바꾸는 방식이며, 측정 절차 및 사용법이 매우 간편하므로 1분 이내에 측정 가능하다.

## III. DO 미터를 이용한 탐구중심 물 환경교육 프로그램 개발

### 1. 프로그램 개발 과정에서의 일반적인 고려 사항

프로그램 적용에 적합한 활동 장소를 모색한 결과 실험실과 하천을 선정하였고, 프로그램 모형과 활동장소의 관련성 탐색 및 자료 수집 후 탐구 중심 물 환경교육 프로그램을 개발하였다. 프로그램 개발 과정에서의 주요 고려 사항들은 탐구 중심 물 환경교육의 단계별 구성, 개념과 지식의 사용, 과학적 탐구와 통찰적 탐구, 통합성, 지속 가능성, ‘환경교육을 위한 환경학’ 관점의 내용 요소, 학생들의 발달 수준과 흥미도 등이며, 구체적인 내용은 다음과 같다.

#### 가. 개념과 지식의 사용

탐구 중심 환경교육에 있어서는 개념과 이론을 통해 세상을 환경적으로 볼 수 있게 하는 것이 중요하다. 이는 환경교육이 ‘교육적’으로 되는데 있어서 가장 중요한 방향이다(이두곤, 2006). 물 환경 탐구에 있어서 배경의 이해나 탐구 질문 생성 과정에 꼭 필요한 것이 개념(concept)과 지식(knowledge)이다. 탐구 과정에서 적절한 개념과 지식을 사용하는 것은 매우 중요하다. 개념과 지

식은 환경을 바로 보고 탐구 질문을 형성하는 데에도 필요하고, DO 미터 등을 통해 수집된 자료를 해석하는 과정에서도 역시 필요하다. 본 탐구 환경교육 모형을 개발하는 과정에서도 이러한 점이 충분히 고려될 수 있도록 하였다.

**나. 과학적 탐구와 통찰적 탐구**

조동일(1997)에 의하면 탐구에는 과학적 탐구와 통찰적 탐구가 있으며, 모든 학문 영역에서 과학(science)과 통찰(insight)은 둘 다 중요한 의미를 지닌다. 환경과 환경 문제에 대한 탐구에 있어서도 과학적 탐구 이외에 통찰적 탐구 역시 중요하다(이두곤, 2006). 용존산소 측정 활동을 중심으로 하는 본 탐구 모형은 DO 미터를 이용한 실증적 자료 수집과 해석을 특징으로 하는 과학적 탐구의 성격이 강하지만, 상황에 따라서는 통찰적 탐구의 가치도 인식하여 탐구 활동에 연계시킬 수 있을 것이다.

**다. 통합성**

환경교육의 특성상 통합성 원리는 매우 중요하다. 통합성이라 함은 인문·사회과학과 자연과학의 구분을 뛰어넘는 통합성을 지녀야 한다는 것이다(남산준, 1995). 따라서 환경을 어떤 개별 학문의 관점에서만 바라보지 말고, 여러 학문의 다양한 관점에서 함께 바라보는 통합적인 교육이 필요하다는 것이다(이두곤, 2006). 자연과학 내에서도 예를 들면 화학적 관점뿐만이 아니라 필요한 경우 생물, 물리, 지구과학, 또는 응용과학의 개념과 이론을 이용하여 환경을 보고자 하는 것이 통합성의 원리를 따르는 것이라 할 수 있다. 본 탐구 환경교육 모형에서는 질문 형성, 자료 조사, 자료 해석, 결론 도출 등의 과정에서 가능한 한 통합적 관점을 중요하게 고려하였다.

**라. 지속 가능성**

물 환경의 지속 가능성이란 아름답고, 깨끗한 물 환경이 현재에서 미래에 이르기까지 지속적으로 유지될 수 있는 상태를 의미한다. 물 환경에 대한 환경학적 관점의 탐구활동 역시 궁극적으로는 지속 가능한 물 환경 유지에 기여할 것이

다. 따라서 본 탐구 환경교육 모형에서는 지속 가능성과 관련된 탐구 과정이 가능하도록 고려하였다.

**마. '환경교육을 위한 환경학' 관점의 내용요소**

'환경학'이란 환경과 환경문제를 탐구하는 학문이고, '환경교육을 위한 환경학'이란 환경교육의 내용이 될 수 있는, 되는데 필요하고도 적합한 환경과 환경 문제에 대한 탐구이다. '환경교육을 위한 환경학'은 다음의 주요 구성요소를 포함한다(이두곤, 2006).

- ① 환경 자체에 대한 이해
- ② 환경과 인간의 관계에 대한 이해
- ③ 환경문제에 대한 이해
- ④ 구체적인 환경문제 해결을 위한 대책
- ⑤ 보다 근본적으로 환경을 보전하기 위한 대책

따라서 본 탐구 모형의 내용이 물 환경과 관련하여 위와 같은 내용 요소들을 포함할 수 있도록 고려하였다.

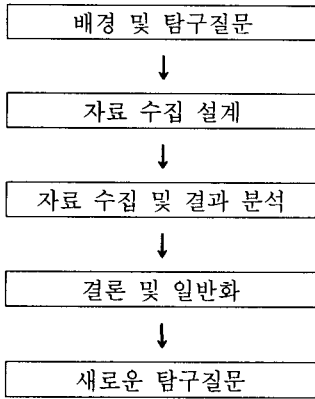
**바. 학생들의 발달 수준과 흥미도**

물 환경 탐구는 물 환경에 관한 절대 지식만을 추구하는 활동이 아니라, 학생들의 발달 수준에 맞는 자유로운 탐구를 통해 물 환경에 관한 깊은 이해를 추구하는 활동이다. 따라서 학생들의 발달 수준에 관한 사전 정보가 필요하다. 또한 학생 중심의 탐구 활동이라는 점에 유의하여, 학생들의 흥미나 호기심을 적절하게 유발시킬 필요가 있다. 따라서 학생들의 흥미와 지식 수준을 고려한 탐구 활동이 되도록 한다.

**사. 기타**

실험실이나 야외에서의 탐구활동시에는 반드시 확보되어야 할 안전 및 유의사항이 있다. 아무리 좋은 프로그램이라 하더라도 안전이 확보되지 않는다면 소기의 목적을 달성할 수 없을 것이다. 따라서 안전 및 유의사항을 최대한 고려하도록 한다.

**2. 탐구 중심 물 환경교육 모형의 구성**



〈그림 2〉 모형의 구성

본 연구에서 개발된 DO 미터를 활용한 탐구중심 물 환경교육의 교수·학습 모형(이하 ‘탐구중심 물 환경교육 모형’)에서는 앞서의 이론적 논의를 바탕으로 그 단계별 구성을 배경 지식 및 탐구 질문 → 자료 수집 설계 → 자료 수집 및 결과 분석 → 결론 및 일반화 → 새로운 탐구 질문의 5 단계로 하였다.

#### 가. 배경 및 탐구질문

탐구중심 물 환경교육 모형의 첫 단계로서 탐구 질문을 형성하는 단계이다. 질문을 형성하기 위해서는 탐구 대상에 대한 배경 정보와 지식이 필요하다. 탐구 활동에서는 이러한 점을 고려하여 배경 정보나 지식을 통해 좋은 질문을 형성할 수 있도록 교수·학습 활동을 계획하여야 한다. 이 단계에서는 탐구 활동의 방향 및 방법이 결정되며, 다음 단계에서 이루어지는 자료 수집 설계의 기본적인 아이디어가 생겨난다.

#### 나. 자료 수집 설계

물 환경 탐구에 필요한 자료 수집 방법을 결정하는 단계로서 자료 수집의 시기, 장소, 방법 등에 관해서 구체적인 계획을 수립한다.

#### 다. 자료 수집 및 결과 분석

탐구 질문과 자료 수집 설계 과정을 통해 정해진 방법으로 자료를 수집하고, 결과를 분석하는 단계이며 결론 및 일반화에 필요한 과학적인 증거를 수집하고, 수집된 자료를 논리적으로 분

석한다.

#### 라. 결론 및 일반화

자료 수집 및 결과 분석 과정을 통해 수립된 증거를 바탕으로 결론을 도출하고, 탐구 결과의 일반화를 모색한다.

#### 마. 새로운 탐구질문

탐구 과정에서 새로이 생겨나는 질문 또는 탐구 결과 분석 과정을 통해서도 명확한 이해에 도달하지 못하는 현상들에 대하여 새로운 탐구 질문을 제기하는 단계이다. 이 과정에서 새로운 탐구 주제가 생겨날 수도 있다.

### 3. DO 미터를 이용한 탐구중심 물 환경교육 프로그램 모형

#### 가. 실험실에서의 물 환경 탐구모형

##### 실험실 탐구모형 1

#### 주제: 간단한 구조를 갖는 수조의 지점별 용존산소분포 탐구

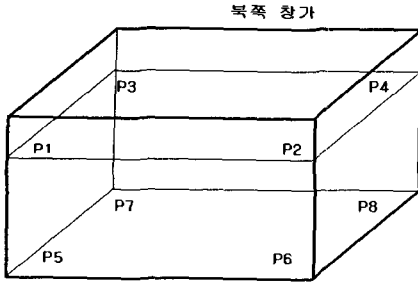
##### 1) 배경 및 탐구질문

〈그림 3〉에 나타난 것과 같이 실험에 사용한 수조의 규모는 폭 60cm, 길이 120cm, 높이 60cm의 크기로서 물이 채워진 높이는 약 40cm 정도이다. 바닥에 약간의 모래와 돌이 있고, 돌 위에는 약 1mm 두께 정도의 침전물이 관찰된다. 육안으로 관찰되는 생물은 없는 상태이며, 미생물의 존재 가능성은 충분할 것으로 생각된다. 참고로 〈그림 3〉에서 북쪽 창가에 위치한 측정 지점은 P3, P4, P7, P8이다.

**[탐구질문]** 실험실 수조의 지점별 용존산소분포는 일정할까?

##### 2) 자료 수집 설계

실험실 수조의 수면 부근인 수심 10cm에서 4개 지점(P1, P2, P3, P4), 바닥 부근인 수심 30



〈그림 3〉 탐구용 수조 모형도

〈표 1〉 실험실 수조 측정 자료

지점	수온 (°C)	DO (ppm)	평균 (ppm)
수면	P1	24.2	8.38
	P2	24.2	8.35
	P3	24.3	8.46
	P4	24.2	8.36
바닥	P5	24.2	8.21
	P6	24.2	8.22
	P7	24.2	8.22
	P8	24.2	8.23

cm에서 4개 지점(P5, P6, P7, P8), 총 8개 지점의 용존산소를 순서대로 측정한다.

3) 자료 수집 및 결과 분석

실험실 수조의 지점별 용존산소 농도는 수면 부근이 바닥 부근보다 미세하게 높은 것을 확인할 수 있었다.

4) 결론 및 일반화

수면 부근이 바닥 부근보다 미세하게 높은 경향을 나타내는데, 이는 대기와의 접촉때문에 나타나는 현상으로 해석된다. 자연계에서 수중 용존산소의 근원은 대기 중의 산소가 그 분압에 의해 물속으로 용해되어 들어가는 것과 수중의 조류(algae) 혹은 수생식물의 광합성 결과 생성되는 산소이다. 본 탐구의 경우, 수조 내에서의 광합성 활동은 거의 없다고 볼 수 있기 때문에 수

중 용존산소의 근원은 대기 중 산소의 용해가 대부분이다. 따라서 대기와 가까운 수면 부근(수심 10cm) 용존산소 농도가 바닥 부근(수심 30cm)보다 약간(평균 0.17ppm) 높게 나타난 것으로 해석된다.

5) 새로운 탐구질문

[탐구질문] 바닥부근의 용존산소농도가 수면 부근보다 약간 낮게 나타났는데, 혹시 바닥의 퇴적물이 용존산소에 영향을 주는 것은 아닐까?

**실험실 탐구모형 2**

주제: 실험실 수돗물의 용존산소 측정

1) 배경 및 탐구질문

하천이나 연못에서의 탐구 활동을 위한 준비 과정으로서 실험실 수돗물을 이용한 탐구활동이 가능하다.

[탐구질문] 실험실 수돗물의 용존산소농도는 얼마나 될까?

[탐구질문] 수돗물을 받아 두고 시간이 경과함에 따라 용존산소는 일정한 농도를 유지할까? 아니면, 변화할까?

2) 자료 수집 설계

[준비물] DO 미터, 플라스틱수조(10L)

[방법] 수돗물을 받아서 햇빛이 잘 드는 창가에 위치시킨 후, 초기 용존산소를 즉시 측정한 후, 1시간 간격으로 용존산소를 측정한다.

3) 자료 수집 및 결과 분석

수돗물을 수조에 받은 후 햇빛이 잘 드는 창가에 위치시켰기 때문에 시간이 경과함에 따라 수온이 증가하였지만, 기온의 변화폭에 비해 수온의 변화폭이 상대적으로 작은 것을 확인할 수 있었다. 1시간 이후부터는 다시 감소하는 것도 확인할 수 있었다. 초기 용존산소 농도는 7.88 ppm 정도였으나, 1시간 후 8.09ppm에 이르다가, 이후로는 다시 감소하기 시작하여 8시간 후에는 7.71 ppm까지 감소하였다.

〈표 2〉 실험실 수돗물 측정 자료

시간	경과 (min)	기온 (°C)	수온 (°C)	DO (ppm)
09:00	0	19.9	18.5	7.88
10:00	60	20.9	18.6	8.09
11:00	120	22.5	19.2	8.06
12:00	180	23.0	19.4	8.04
13:00	240	23.5	19.5	7.92
14:00	300	24.9	20.6	7.86
15:00	360	25.0	20.7	7.78
16:00	420	25.1	20.9	7.76
17:00	480	25.8	21.2	7.71

4) 결론 및 일반화

실험실 수돗물은 물 탱크에서 배관을 통해 공급된다. 따라서 밸브를 처음 열었을 때 나오는 수돗물은 공기와 차단되었던 상태의 물이고, 철제 배관을 통과했기 때문에 녹물이 섞여 나올 수도 있다. 본 탐구 결과 실험실 수돗물을 처음 받았을 때의 용존산소 농도는 7.88ppm이었지만, 1시간 후의 용존산소 농도가 약간 증가한 것은 20°C에서 순수한 물의 포화 용존산소 농도가 약 9.2 ppm 정도인 것과 비교했을 때 어느 정도는 설명이 된다. 그러나 그 이후의 용존산소 농도가 포화용존산소 농도에 다다르지 않으면서 약간씩 감소하는 현상에 대해서는 본 탐구만으로 분명하게 설명할 수 없다.

5) 새로운 탐구질문

[탐구질문] 수돗물 중에 섞여 나온 다른 성분 물질이나 수온이 용존산소 농도에 영향을 미치는 것은 아닐까?

**실험실 탐구모형 3**

주제: 수초와 물고기 등 다양한 수생생물이 존재하는 수조의 용존산소 변화 탐구

1) 배경 및 탐구 질문

실험실 남쪽 창가에 위치한 인공 수조의 규모는 폭 40cm, 길이 60cm, 높이 40cm의 크기로 물이 채워진 높이는 약 35cm 정도이다. 바닥에 약간의 모래와 자갈이 있고, 물고기(송사리) 10여 마리, 달팽이 20여 마리, 우렁이 10여 마리, 수초(검정말) 20여 뿌리 등의 수생생물이 자라고 있다.

[탐구질문] 수초와 물고기 등 다양한 수생생물의 활동이 있는 수조에서의 용존산소 농도는 어떻게 변할까?

2) 자료 수집 설계

수조의 중앙 부분에서 오전 7시~오후 5시 사이에 1시간 간격으로 용존산소를 측정한다.

3) 자료 수집 및 결과 분석

시간이 경과함에 따라 수온이 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 수온이 상승하면 용존산소 농도가 감소할 것으로 예상했는데, 한낮으로 되면서 수온 상승이 계속되었음에도 불구하고 용존산소 농도가 함께 증가하는 현상을 볼 수 있었다.

4) 결론 및 일반화

〈표 3〉 다양한 수생생물이 존재하는 수조 측정 자료

시간	기온 (°C)	수온 (°C)	DO (ppm)
07:00	17.8	19.3	6.99
08:00	19.1	19.3	7.14
09:00	19.9	19.4	7.38
10:00	20.9	19.5	7.58
11:00	22.5	19.6	7.78
12:00	23.0	19.8	8.28
13:00	23.5	20.1	8.92
14:00	24.9	20.6	9.68
15:00	25.0	21.3	10.09
16:00	25.1	21.4	10.62
17:00	25.8	21.5	11.02



수온이 상승함에도 불구하고 용존산소 농도가 증가하는 것은 수생 식물의 광합성 작용으로 인한 용존산소 증가로 해석된다. 이는 자연 수계의 자정 작용 과정에서 수생 식물의 역할을 느끼게 하는 중요한 현상이다.

5) 새로운 탐구결문

[탐구결문] 수조에 햇빛이 들지 않는 밤 시간의 용존산소 농도 변화는 어떻게?

나. 하천에서의 물 환경 탐구 모형

**하천 탐구모형**

주제: 하천에서의 위치별 용존산소 분포 탐구

1) 배경 및 탐구결문

하천은 위치에 따른 수질 변화가 매우 크며, 시간에 따라서 또는 하천의 횡단 위치에 따라서도 수질이 계속 변한다. 또한 유속이 빠른 곳과 느린 곳, 난류가 심한 곳과 약한 곳의 수질 차이가 큰 편이다.

[탐구결문] 하천의 유속 또는 난류 유무에 따라서는 용존산소 농도가 어떻게 변할까?

2) 자료 수집 설계

하천의 횡단 위치별로는 가장자리와 중앙 부근, 난류 유무별로는 수중보 위쪽과 아래쪽을 각각 선정하여 용존산소를 측정한다.

3) 자료 수집 및 결과 분석

유속이 느린 하천의 가장자리 부근과 유속이

<표 4> 하천 측정 자료

위치		DO(ppm)	비고
유속	느림	7.18	가장자리
	빠름	7.26	하천 중앙
난류	없음	7.32	수중보 위
	있음	7.56	수중보 아래

빠른 중앙 부근의 용존산소를 측정한 결과, 중앙 부근의 용존산소 농도가 약간 높았다. 또한 난류가 거의 없는 수중보 위쪽과 난류가 있는 아래쪽을 측정한 결과, 수중보 아래쪽의 용존산소 농도가 약간 높은 것을 확인할 수 있었다.

4) 결론 및 일반화

유속이 빠른 지점과 난류가 있는 지점의 용존산소 농도가 상대적으로 높게 나타난 것은 유속과 난류 상태가 용존산소 증가에 영향을 미쳤기 때문일 것으로 해석된다.

⑤ 새로운 탐구결문

[탐구결문] 상류와 하류의 용존산소 농도는 차이가 있을까?

[탐구결문] 수초가 있는 지점과 없는 지점의 차이는 어떻게?

다. 용존산소 측정 자료 해석활동

1) 배경 및 탐구결문

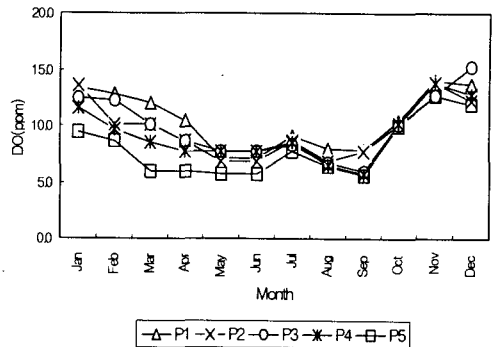
하천의 물 환경은 계절이나 기상 조건의 영향을 크게 받으며, 비슷한 공간이라 하더라도 시간이나 지점에 따라서 큰 차이를 나타낸다. 또한 유역의 지형, 지질, 식생, 유출 특성 등 자연조건과 함께 인간의 수자원 이용에 따른 인위적인 영향도 받을 것이다. 이런 영향들은 모니터링을 통해 얻어진 수질 데이터 상에 잘 나타날 것이다 (류재홍과 이두곤, 2006).

본 탐구 모형은 하천에서 수집된 측정 자료를 해석해 보는 탐구 활동이며, 제시된 용존산소 측정 자료는 충북 음성군 삼성면 마이산에서 발원하여 금강으로 흘러가는 미호천의 상류부터 하류까지 5개 지점에서 본 연구자가 1년 동안 수행한 모니터링 자료이다. 본 활동을 통해서 탐구 사례 지역인 미호천의 용존산소 관련 수질 특성을 해석해 볼 수 있을 것이다.

[탐구결문] 하천에서 상류와 하류, 그리고 계절에 따라서 용존산소 농도는 어떤 변화가 있을까?

〈표 5〉 하천 측정 자료

Item	Point	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun
DO	P1	13.4	12.8	12.0	10.5	7.2	7.1
	P2	13.6	10.1	10.1	8.6	6.9	6.8
	P3	12.5	12.3	10.1	8.7	7.8	6.6
	P4	11.6	9.7	8.5	7.8	7.7	6.5
	P5	9.4	8.6	5.9	5.9	5.7	4.9
(ppm)	Point	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
P1	9.1	8.0	7.9	10.5	14.0	13.7	
P2	8.7	6.8	7.8	10.1	13.8	12.3	
P3	8.3	6.7	6.0	10.1	12.7	15.3	
P4	8.5	6.5	5.7	10.2	13.8	12.8	
P5	7.7	6.4	5.6	10.0	12.7	11.9	



〈그림 4〉 측정시기별 용존산소 농도 변화

있을까?

#### 4. 개발된 프로그램의 활용방안

용존산소 농도는 물 환경의 건강성을 나타내는 좋은 지표이다. 그리고 DO 미터는 하천이나 연못 등의 탐구 현장에서 용존산소를 측정하여 즉시 수치로 나타내 주는 장점이 있으므로 탐구 환경교육에서의 잠재적인 활용가치가 매우 높을 것으로 생각한다.

DO 미터의 종류 및 성능은 매우 다양하지만, 교육 현장에서 본 연구에 사용된 DO 미터보다 다소 저렴하고 성능이 낮은 DO 미터를 사용하더라도 본 탐구 모형의 효과에 결정적인 영향을 미치지 않는 것이다. 또한, 성능이나 정확도가 약간 떨어지는 경우라 하더라도 본 탐구 모형의 수행에 중대한 지장을 초래하지는 않을 것이다. 복잡한 이화학적 분석 과정이나 어려운 측정 방법이 아닌, 비교적 쉬운 작동법으로 주요 수질 지표인 DO값을 현장에서 즉시 확인할 수 있다는 측면이 가장 큰 장점일 것이다.

본 연구에서 개발된 이 모형들은 실험실, 하천, 호소 등 인공 및 자연 수계의 모든 물 환경에 대해서 적용이 가능할 것이고, pH, 전기전도도, 탁도 등의 측정을 병행한다면 더욱 더 효과적인 탐구 활동이 될 수 있을 것이다.

#### 2) 자료 수집 설계

측정 지점을 최상류(P1), 상류(P2), 중류(P3), 중하류(P4), 하류(P5)로 구분하여, 5개 지점에서 매월 1회씩 1년간 측정을 수행한다.

#### 3) 자료 수집 및 결과 분석

용존산소 측정 자료를 분석한 결과, 최저 4.9 ppm, 최고 15.3ppm으로 나타났다. 측정기간 동안의 월별 비교에서는 6월에 최저, 11월에 최고를 나타내었다. 측정 지점별로 차이가 있었고, 측정 계절별 차이는 매우 뚜렷하였다. 상류에서 하류로 갈수록 용존산소 농도 감소 경향이 뚜렷하였고, 장마철이 시작되기 직전인 5~6월 갈수기의 용존산소 농도가 가장 낮은 것으로 나타났다. 측정시기별, 지점별 용존산소 농도 변화를 〈그림 4〉에 나타내었다.

#### 4) 결론 및 일반화

수온이 낮은 겨울철의 용존산소 농도가 상대적으로 수온이 높은 여름철에 비하여 높은 것으로 나타났다. 또한 상류에서 하류로 내려갈수록 용존산소 농도가 상대적으로 낮아지는 경향을 보였다.

#### 5) 새로운 탐구 질문

〈탐구질문〉 전기전도도나 탁도는 어떤 변화가

### IV. 결 론

본 연구에서는 DO 미터를 이용한 탐구 중심 물 환경교육 프로그램을 개발하였다. 용존산소는 물 환경의 건강성을 나타내는 중요한 지표라고 할 수 있다. DO 미터는 과학 기술의 발달과 함께 새로이 개발된 수질 측정 도구로서 수중의 용존산소 농도를 측정하여 즉시 수치로 나타낸다. DO 미터의 전극(probe)은 도선으로 길게 연결되어 있기 때문에 수면 부근뿐 아니라 비교적 깊은 곳의 용존산소 측정도 편리하게 수행할 수 있다. 본 연구에서는 DO 미터가 탐구 환경교육에 활용될 수 있는 잠재성이 매우 크다는 점을 인식하고, 이를 이용하여 좋은 환경교육 모형을 창출하고자 노력하였다.

DO 미터를 이용하면, 복잡한 이화학적 분석 과정이나 어려운 작동법을 배우지 않고서도 물 환경의 건강성을 나타내는 주요 수질 지표인 DO 농도를 탐구 현장에서 즉시 확인할 수 있다. 따라서, 학생들은 수질측정 방법 자체를 학습하는 것보다 물 환경을 탐구하여 환경적 이해를 추구하는 데 보다 집중할 수 있다는 장점이 있으며, 본 연구에서 제시된 모형들도 이러한 DO 미터의 장점과 환경교육적으로 활용할 수 있는 잠재적 가치를 살려서 물 환경 탐구에 적용할 수 있도록 하였다.

본 연구는 선행 연구(이두곤, 2006)에서 논의한 '탐구 중심 환경교육'의 개념 및 이론에 토대를 둔 과학적 탐구의 접근법으로서 실험실과 하천에서의 DO 미터를 활용한 환경교육 모형들을 개발·제시하였다. 본 탐구 모형은 과학적 탐구 모형의 성격을 많이 가진다고 생각되나 통찰적 탐구까지 연계시킬 수 있는 가능성도 있다고 본다. 예를 들면, 용존산소에 대한 실증적인 자료 수집에 기초한 과학적 탐구와 함께, 그 자료가 가진 물 환경의 지속 가능성 측면에서의 의미를 질문하고 그 답을 추구하는 것도 환경교육의 관점을 살린 통찰적 탐구가 될 수 있다고 생각되나, 이러한 부분에 대한 논의는 보다 발전된 추후 연구를 통해 기대해 볼 수 있을 것이다.

현 시점에서 이러한 탐구 환경교육은 우리의 환경교육이 질적으로 보다 좋은 환경교육으로 발전하는데 있어서의 중요한 방향으로 생각되며,

앞으로 좀 더 다양하고 교육적 가치가 높은 탐구 환경교육 연구에 대한 활발한 논의가 필요할 것으로 생각된다.

### 〈참고 문헌〉

- 권재술, 김범기, 우종욱, 정완호, 정진우, 최병순 (2003). **과학교육론**, 서울: 교육과학사.
- 금상곤 (2001). 학교 인근 하천을 환경교육장으로 활용하기 위한 프로그램 개발에 관한 연구, 한국교원대학교 석사학위 논문.
- 김좌관 (2001). **수질오염개론**, 서울: 동화기술.
- 남상준 (1995). **환경교육론**, 서울: 대학사.
- 류재홍, 이두곤 (2006). 자연수계의 환경탐구를 위한 수질모니터링 -미호천을 중심으로-, **한국물환경학회·대한상하수도학회 2006년 공동춘계학술발표회 논문집**, 505-515.
- 박승재, 조희형 (2001). **교수-학습 이론과 과학교육**, 서울: 교육과학사.
- 박연순 (2003). 실험적 접근법을 통한 산성비에 관한 환경교육활동 개발에 관한 연구, 한국교원대학교 석사학위 논문.
- 서울대학교교육연구소 (2005). **교육학용어사전**, 서울: 하우.
- 이근광 편저 (1997). **수계환경오염개론**, 서울: 동화기술.
- 이두곤 (2006). 탐구중심 환경교육의 개념과 의미, **환경교육**, 19(1), 80-89.
- 이두곤, 류재홍, 이재봉 (2005). 물환경 조사 프로그램, **환경교육 전문성 신장을 위한 교사연수교재**, 93-119.
- 이재봉 (2004). 탐구학습 모형에 기초한 물 환경교육 프로그램 개발과 적용 및 환경감 측정정에 관한 연구, 한국교원대학교 석사학위 논문.
- 정완호, 권재술, 정진우, 김효남, 최병순, 허명 (2001). **과학과 수업모형**, 서울: 교육과학사.
- 조동일 (1997). **인문학문의 사명**, 서울: 서울대학교출판부.
- 조희형, 박승재 (2003). **과학 교수-학습**, 서울:

교육과학사.

최경희 (2000). 탐구학습을 통한 효율적인 환경  
교육 지도방안, *환경교육*, 13(2), 114-126.

한면희 (2004). 새로운 패러다임에 기초한 사회  
과 교육, 서울: 교육과학사.

APHA, AWWA, & WEF (1995). *Standard me-  
thods for the examination of water and  
wastewater (19th ed.)*. Washington, DC:  
APHA.

Botkin, D. B. & Keller, E. A. (2000) *Environ-  
mental Science: Earth as a Living Planet*,  
3rd ed. New York: John Wiley & Sons,  
Inc.

Engleson, D. C. & Yockers, D. H. (1994). *A  
Guide to Curriculum Planning in Environ-  
mental Education*, Madison, Wisconsin: Wis-  
consin Department of Public Instruc-  
tion.

Marcinkowski, T. J. (2004). *Using a Logic Mo-  
del to Review and Analyze an Environ-  
mental Education Program*, Washington,  
DC: NAAEE.

Poudel, D. D., Vincent, L. M., Anzalone, C.,  
Huner, J., Wollard, D., Clement, T., Dera-  
mus, A. & Blackwood, G. (2005). Hands-  
On Activities and Challenge Tests in Ag-  
ricultural and Environmental Education,  
*The Journal of Environmental Education*,  
36(4), 34-40

Shepardson, D. P., Harbor, J., Bell, C., Meyer,  
J., Leuenberger, T., Klagges, H. & Bur-  
gess, W. (2003). Envision: Teachers as En-  
vironmental Scientists, *The Journal of En-  
vironmental Education*, 34(2), 8-11.