

DO미터를 이용한 탐구중심 물 환경교육 프로그램 개발 용존산소 측정활동

류재홍(삼일공업고등학교) · 이두곤(한국교원대학교)

I. 서론

환경교육에서 탐구(inquiry)는 매우 중요한 가치를 지닌다. 최근 이두곤(2006)은 과학적 탐구와 통찰적 탐구를 모두 포함하는 '탐구중심 환경교육'의 개념을 제시하며, 환경교육을 통해 세상을 환경적으로 볼 수 있는 것이 환경교육의 중요한 가치와 목적이 될 수 있음을 주장한 바 있다.

본 연구에서는 탐구중심 물 환경교육의 한 가지 방법론으로서 용존산소 측정활동을 통한 환경교육 프로그램을 개발하고자 한다. 특히, 물 환경 탐구의 관점에서 용존산소 측정활동을 어떻게 수행할 것인지, 또 환경교육에서 DO미터를 어떻게 활용할 것인지에 대한 구체적인 방법론을 제시하고자 한다.

II. 본론

1. 이론적 배경

가. 탐구중심 물 환경교육(inquiry-based water environmental education)

효과적인 환경교육의 한 가지 방법론으로서 탐구학습이 있다. 최경희(2000)는 탐구학습의 특성과 탐구활동의 종류, 탐구학습의 단계를 고려하여 실제로 환경과 수업에서 실시할 수 있는 탐구수업의 한 형태를 문제인식 단계, 탐구문제의 제시 단계, 자료 수집 단계, 자료 해석 단계, 결론 도출 단계, 발전 단계의 여섯 단계로 제시하였다.

'탐구중심 환경교육'이란 과학적 탐구와 통찰적 탐구를 통해서 학생들로 하여금 세상을 환경적 관점으로 볼 수 있도록 함을 주된 목적으로 하는 환경교육을 말한다(이두곤, 2006). 즉, 환경을 순수한 관점에서의 탐구 대상으로 보고 깊은 이해를 추구하는 환경교육이다.

나. 용존산소(dissolved oxygen, DO)

용존산소(DO)는 물의 오염상태를 나타내는 주요 지표항목 중 하나로서, 물에 녹아 있는 분자상태의 산소(O_2)를 말한다(이근광, 1997; 김좌관, 2001). 용존산소는 수생식물과 동물들이 살아가는 데 가장 기본적으로 필요한 것이고, 용존산소 측정방법으로는 적정법과 막전극법이 있다. 적정법의 측정절차가 비교적 복잡한 반면, 막전극법은 상대적으로 간편하다. 두 가지 측정방법에는 각각 장·단점이 있으나, 상황에 따라서 적합한 방법을 선택하면 된다.

2. DO미터를 이용한 탐구중심 물 환경교육 프로그램 개발

용존산소농도는 물 환경의 건강성을 나타내는 좋은 지표이다. 그리고 DO미터는 하천이나 연못 등의 탐구현장에서 용존산소를 측정하여 수치로 즉시 나타내 주는 장점이 있으므로 탐구적 환경교육에서의 잠재적인 활용가치가 매우 높다.

본 연구에서 개발된 모형들은 앞서 논의한 '탐구중심 환경교육'(이두곤, 2006)에 그 개념적·이론적 바탕을 두고 있으며, 모형들의 성격으로 보아 통찰적 탐구라기보다는 과학적 탐구모형에 해당한다.

가. 프로그램 개발과정에서의 주요 고려사항

1) 탐구중심 물 환경교육 모형의 단계별 구성

본 연구에서 개발된 DO미터를 활용한 탐구중심 물 환경교육의 교수·학습 모형(이하 '탐구 환경교육 모형')에서는 앞서의 이론적 논의를 바탕으로 그 단계별 구성을 배경지식 및 탐구질문 → 자료수집 설계 → 자료수집 및 결과분석 → 결론 및 일반화 → 새로운 탐구질문의 5단계로 하였다.

2) 개념과 지식의 사용

탐구중심 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 탐구질문 생성과정에 꼭 필요한 것이 개념과 지식이다.

3) 과학적 탐구와 통찰적 탐구

조동일(1997)에 의하면 탐구에는 과학적 탐구와 통찰적 탐구가 있으며, 모든 학문영역에서 과학(science)과 통찰(insight)은 둘 다 중요한 의미를 지닌다. 환경과 환경문제에 대한 탐구에 있어서도 과학적 탐구 이외에 통찰적 탐구 역시 중요하다(이두곤, 2006). 용존산소 측정활동은 과학적 탐구의 성격이 강하지만, 통찰적 탐구의 관점까지도 고려한다면 더 큰 효과를 발휘할 수 있을 것이다.

4) 통합성

환경교육의 특성상 통합성 원리는 매우 중요하다. 통합성이라 함은 인문·사회과학과 자연과학의 구분을 뛰어넘는 통합성을 지녀야 한다는 것이다(남상준, 1995). 따라서 환경을 기존의 어떤 개별 학문의 관점에서만 바라보지 말고, 여러 학문의 다양한 관점에서 함께 바라보는 통합적인 교육이 필요하다는 것이다(이두곤, 2006). 본 탐구 환경교육 모형에서는 질문형성, 자료조사, 자료해석, 결론도출 등의 과정에서 가능한 한 통합적 관점을 중요하게 고려하였다.

5) 지속가능성

물 환경의 지속가능성(sustainability)이란 아름답고, 깨끗한 물 환경이 현재에서 미래에 이르기까지 지속적으로 유지될 수 있는 상태를 의미한다. 물 환경에 대한 환경학적 관점의 탐구활동 역시 궁극적으로는 지속가능한 물 환경 유지에 기여할 것이다. 따라서 본 탐구 환경교육 모형에서는 지속가능성과 관련된 탐구가 가능하도록 하였다.

6) '환경교육을 위한 환경학' 관점의 내용요소

'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 근본적으로 환경을 보전하기 위한 대책

따라서, 본 탐구모형의 내용이 물 환경과 관련하여 위와 같은 내용요소들을 포함할 수 있도록 고려하였다.

7) 학생들의 발달수준과 흥미도

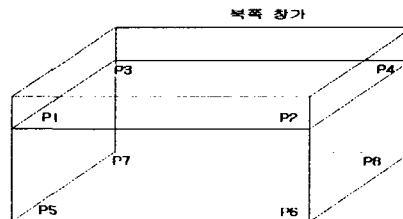
물 환경 탐구 활동이 좋은 교육이 되기 위해서는 학습자에 대한 고려가 필요하다. 학생들의 발달수준에 대한 이해가 필요하며, 학생들의 흥미나 호기심을 고려하여 자발적인 탐구활동이 되도록 계획할 필요가 있다. 따라서 학생들의 흥미와 지식수준을 고려한 탐구활동이 되도록 한다.

나. DO미터를 이용한 탐구중심 물 환경교육 프로그램 모형

1) 실험실에서의 물 환경 탐구모형

실험실 탐구모형1

주제 : 수조의 지점별 용존산소분포



<그림1> 탐구용 수조 모형도

① 배경 및 탐구질문

실험실 북쪽 창가에 위치한 수조의 규모는 폭 60cm, 길이 120cm, 높이 60cm의 크기로 물이 채워진 높이는 약 40cm 정도이다. 바닥에 약간의 모래와 돌이 있고 눈에 보이

는 생물은 거의 없는 상태이며, 물을 채운 후 수시로 보충하면서 실험용으로 이용한 지 수 년이 지난 상태이다. <그림1>에서 북쪽 창가의 측정지점은 P3, P4, P7, P8이다.

<탐구질문> 실험실 수조의 지점별 용존산소분포는 일정할까?

② 자료수집 설계

실험실 수조의 수면 부근인 수심 10cm에서 4개 지점(P1, P2, P3, P4), 바닥 부근인 수 심 30cm에서 4개 지점(P5, P6, P7, P8), 총 8개 지점의 용존산소를 측정한다.

③ 자료수집 및 결과분석

<표1> 실험실 수조 측정자료(2006년 6월 7일 21:00)

지점		수온(℃)	용존산소(ppm)	평균(ppm)
수면부근	P1	24.2	8.38	8.39
	P2	24.2	8.35	
	P3	24.3	8.46	
	P4	24.2	8.36	
바닥 부근	P5	24.2	8.21	8.22
	P6	24.2	8.22	
	P7	24.2	8.22	
	P8	24.2	8.23	

실험실 수조의 지점별 용존산소농도는 수면 부근이 바닥 부근보다 미세하게 높은 것 을 확인할 수 있었다.

④ 결론 및 일반화

자연계에서 수중 용존산소의 근원은 대기 중의 산소가 물 속으로 용해되어 들어가는 것과 조류(algae) 혹은 수생식물의 광합성으로 생성되는 산소이다. 따라서, 수면 부근의 용존산소농도가 바닥부근보다 미세하게 높은 경향을 나타내는 것은 대기와의 접촉 때문 에 나타나는 현상으로 해석된다.

⑤ 새로운 탐구질문

<탐구질문> 바닥부근의 용존산소농도가 수면부근보다 약간 낮게 나타났는데, 혹시 바 닥의 퇴적물이 용존산소에 영향을 주는 것은 아닐까?

실험실 탐구모형2

주제 : 수초와 물고기 등 다양한 수생생물이 존재하는 수조의 용존산소변화

① 배경 및 탐구질문

실험실 남쪽 창가에 위치한 수조의 바닥에는 약간의 모래와 자갈이 있고 물고기, 달팽이, 수초 등의 수생생물이 자라고 있다.

<탐구질문> 수초와 물고기 등 다양한 수생생물의 활동이 있는 수조에서의 용존산소 농도는 어떻게 변할까?

② 자료수집 설계

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

③ 자료수집 및 결과분석

<표2> 다양한 수생생물이 존재하는 수조 측정자료(2006년 6월 12일 07:00~17:00)

시간	기온(℃)	수온(℃)	용존산소(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

이른 아침부터 오후 시간에 걸쳐 수온이 약간(2.2℃) 증가하였으며, 용존산소는 상당히 큰 폭으로 (약 4 ppm 정도) 증가한 것을 확인할 수 있었다. 용존산소에 관한 이론적 지식을 적용해 보면 수온 상승은 용존산소농도가 감소되는 방향으로 영향을 줄 것이므로, 이 경우 용존산소농도 상승은 수중의 수초나 조류의 광합성 활동의 영향에 의한 것이 아닌가 생각된다.

④ 결론 및 일반화

수온이 상승함에도 불구하고 용존산소농도가 증가하는 것은 수생식물의 광합성 작용으로 인한 용존산소 증가로 해석된다. 이는 자연수계의 자정작용 과정에서 수생식물의 역할을 느끼게 하는 중요한 현상이다.

⑤ 새로운 탐구질문

<탐구질문> 수조에 햇빛이 들지 않는 밤 시간의 용존산소 농도변화는 어떨까?

2) 하천에서의 물 환경 탐구모형

하천 탐구모형

주제 : 하천에서의 위치별 용존산소분포

① 배경 및 탐구질문

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

<탐구질문> 하천의 유속 또는 난류상태에 따라서 용존산소 농도는 어떻게 변할까?

② 자료수집 설계

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

③ 자료수집 및 결과분석

<표3> 하천 측정자료(2006년 6월 14일 13:00)

위치		용존산소(ppm)	비고
유속	느림	7.18	가장자리
	빠름	7.26	하천 중앙
난류	없음	7.32	수중보 위쪽
	있음	7.56	수중보 아래쪽

유속이 느린 하천의 가장자리 부근과 유속이 빠른 중앙 부근의 용존산소를 측정한 결과, 중앙 부근의 용존산소농도가 약간 높았다. 또한 난류가 거의 없는 수중보 위쪽과 난류가 있는 아래쪽을 측정한 결과, 수중보 아래쪽의 용존산소농도가 약간 높은 것을 확인할 수 있었다.

④ 결론 및 일반화

유속이 빠른 지점과 난류가 있는 지점의 용존산소농도가 상대적으로 높게 나타난 것은 유속과 난류상태가 용존산소 증가에 영향을 미쳤기 때문일 것으로 해석된다.

⑤ 새로운 탐구질문

<탐구질문> 상류와 하류의 용존산소농도는 차이가 있을까?

<탐구질문> 수초가 있는 지점과 없는 지점의 차이는 어떨까?



<그림2> 실험실 및 하천에서의 탐구모습

다. 개발된 프로그램의 활용방안

본 연구에서 개발된 탐구중심 물 환경교육 프로그램은 DO미터를 이용하여 물 환경에 대해 탐구활동을 수행하는 교수·학습 모형을 제시한 것이다. 이 모형은 실험실, 하천, 호소 등 인공 및 자연수계의 모든 물 환경에 대해서 적용이 가능하다. pH, 전기전도도, 탁도 등의 측정을 병행한다면 더욱 더 효과적인 탐구활동이 될 수 있을 것이다.

V. 결론

본 연구에서는 DO미터를 이용한 탐구중심 물 환경교육 프로그램을 개발하였다. 용존 산소는 물 환경의 건강성을 나타내는 중요한 지표라고 할 수 있다. 본 연구에서는 DO미터가 탐구 환경교육에 활용될 수 있는 잠재성이 매우 크다는 점을 인식하고, 이를 이용하여 좋은 환경교육 모형을 창출하고자 노력하였다.

본 연구는 선행연구(이두곤, 2006)에서 논의한 '탐구중심 환경교육'의 개념 및 이론에 토대를 둔 과학적 탐구의 접근법으로서 실험실과 하천에서의 DO미터 활용 환경교육 모형들을 개발·제시하였다. 현 시점에서 이러한 탐구 환경교육은 우리의 환경교육이 질적으로 보다 좋은 환경교육으로 발전하는데 있어서의 중요한 방향으로 생각되며, 앞으로 다양하고 교육적 가치가 높은 탐구 환경교육에 관한 연구가 많이 이루어지기를 기대해 본다.

<참고문헌>

- 금상곤(2001). 학교 인근 하천을 환경교육장으로 활용하기 위한 프로그램 개발에 관한 연구. 한국교원대학교 석사학위 논문.
- 김좌관(2001). 수질오염개론. 동화기술
- 남상준(1995). 환경교육론. 대학사.
- 류재홍, 이두곤(2006). 자연수계의 환경탐구를 위한 수질모니터링 -미호천을 중심으로-. 한국물환경학회·대한상하수도학회 2006년 공동춘계학술발표회 논문집, pp.505-515.
- 박연순(2003). 실험적 접근법을 통한 산성비에 관한 환경교육활동 개발에 관한 연구. 한국교원대학교 석사학위 논문.
- 박태윤, 정완호, 최석진, 최돈형, 이동엽, 노경임(2001). 환경교육학개론. 교육과학사.
- 서울대학교 교육연구소(2005). 교육학용어사전. 하우.
- 이근광 편저(1997). 수계환경오염개론. 동화기술.

- 이두곤(2006). 탐구중심 환경교육의 개념과 의미. *환경교육*, 19(1), 80-89.
- 이두곤, 류재홍, 이재봉(2005). 환경교육 전문성 신장을 위한 교사연수교재, pp.93-119. 한국환경교육학회.
- 이재봉(2004). 탐구학습 모형에 기초한 물 환경교육 프로그램 개발과 적용 및 환경감수성 측정에 관한 연구. 한국교원대학교 석사학위 논문.
- 정완호, 권재술, 정진우, 김호남, 최병순, 허명(2001). 과학과 수업모형. 교육과학사.
- 조동일(1997) 인문학문의 사명. 서울대학교출판부.
- 조희형, 박승재(2003). 과학 교수-학습. 교육과학사.
- 최경희(2000). 탐구학습을 통한 효율적인 환경교육 지도방안. *환경교육*, 13(2), 114-126.
- 한면희(2004). 새로운 패러다임에 기초한 사회과 교육. 교육과학사.
- Engleson, D. C., & Yockers, D. H. (1994). A guide to Curriculum planning in environmental education. Madison, Wisconsin: Wisconsin Department of Public Instruction.
- Poudel, D. D., Vincent, L. M., Anzalone, C., Huner, J., Wollard, D., Clement, T., DeRamus, A., & Blackwood, G.(2005). Hands-On Activities and Challenge Tests in Agricultural 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., & Burgess, W. (2003). Envision. *The Journal of Environmental Education*, Vol 34(2), 8-11.
- UNESCO(2001). Teaching and learning for a sustainable future. Paris, France: Author.
<http://www.unesco.org/education/tlsf>