

과학교육 개혁 프로그램 ‘과학-기술-사회’의 국제적 동향 -아이오와 프로그램을 중심으로-

조 정 일

(전남대학교)

The International Trend of Science Education Reform Program ‘Science-Technology-Society’ -The Case of Iowa Chautauqua Program-

Jung-Il Cho

(Chonnam National University)

ABSTRACT

The main purpose of Iowa Chautauqua Program(ICP) and Iowa-Scope, Sequence, and Coordination (Iowa-SS&C) was to educate K-12 science teachers so that they could teach science in a human context using the constructivist strategies. The major task for the participating teachers to perform was to develop modules with the emphasis on STS and constructivist approach, which were supposed to be taught in the respective classrooms.

Teachers worked together for two weeks for the development of modules during the summer, and attempted the modules with their students. The participating teachers met regularly during the autumn semester to share and reflect their experiences and obtain additional information on science education reform and its implications. During the winter break, the teachers improved and extended the STS modules.

The Iowa Chautauqua Program and Iowa-SS&C had two important implications for Korean science education. First, they made the most of the resources they had in order to provide the practicing teachers with recent research findings on the nature of science, science learning and teaching, that is, the constructivist approach. Second, they emphasized both cooperation of teachers and long-term training to realize the reform in school science education.

Key words : Science-technology-society, in-service education, nature of science, constructivist teaching.

I. 서 론

과학-기술-사회 (STS) 접근은 90년대 활발한 연구의 주제가 되어 왔고 6차 교육과정에서는 ‘공통과학’ 교과에 반영되었다(최경희, 1996; 조희형, 1995). 현재 전

* 1998년 1월 6일 받음

1) 이 논문은 1995년도 한국학술진흥재단의 대학교수 해외 파견 연구 지원에 의해 연구되었음.

세계적으로 수행되고 있는 과학교육 개혁은 과학-기술-사회 접근에 대해 큰 비중을 두고 있다. 1997년 5월 서울에서 개최된 과학교육 국제 학술대회는 또한 이런 흐름을 잘 반영하였다. 미국 National Research Council (1997)에서 펴낸 National Science Education Standards, American Association for Advancement of Science(1990; 1993)에서 펴낸 Science for All Americans와 Benchmarks는 과학이 순수 학문적 맥락보다는 인간 경험적 맥락에서 학습되기를, 혹은 가르쳐지기를 추천하였다.

본 연구에서는 구체적으로 미국 아이오와 대학에서 지난 20년 동안 수행되어온 과학-기술-사회 현직교육 프로그램들인 Iowa Chautauqua Program과 Iowa-Scope, Sequence and Coordination을 조사하였다. STS가 실제 교실에서 적용되고 수행되기 위해 요구되는 교사의 교육과 교재 개발을 중심으로 조사하였다. 그 프로그램들은 교육 전 영역에서의 변화를 요구하였다.

먼저 과학교육 개혁의 배경이 된 80년대의 과학학습 및 과학의 본성에 관한 관점 연구 등을 살펴본다. 그 다음 STS 접근의 실천 사례로서 Iowa Chautauqua Program과 Iowa-Scope, Sequence and Coordination를 분석하고, 마지막으로 한국의 과학교육을 위한 함의를 제시한다.

II. 과학교육 개혁 프로그램의 배경

1. 피상적 지식 암기에 그치는 과학교육

1987년 하버드 대학 졸업식장에서 25명의 졸업생들과의 인터뷰에서 2명을 제외한 모든 학생이 계절이 생기는 이유를 태양과 지구와의 거리 차이로 설명하였다. 즉, 여름에는 태양과 지구 사이의 거리가 가깝고, 겨울에는 멀다고 대답하였다(Chae, 1992).

과학을 전공하는 대학 3학년생들에게 초등학교 4학년 '자연' 교과서에 나오는 간유리 상자에 상이 맺히는 과정을 그려보도록 하였을 때 과학적 이해를 보인 학생은 한 명도 없었다.

오개념 연구를 통해 많은 과학 개념에서 학생들의 이해가 매우 낮다는 것이 확인되었다. 한 연구에서 "일정한 속도로 달리고 있는 자전거에서 공을 연직 위로 던져 올렸다. 손을 움직이지 않고 공을 받을 수 있는가?(바람과 공기 저항은 무시한다)"라는 물음을 했을 때, 받을 수 있다고 옳게 대답한 사람의 비율은 중학생(77명)은

9%, 고등학생(70명)은 10%, 교사(15%)는 20%이었다(권재술, 김범기, 1993).

위의 예들은 초, 중, 고, 대학을 졸업하고서도 많은 사람들이 과학 용어들을 언급하기는 하지만 가장 기본적인 과학 개념과 과정에 대한 이해는 매우 피상적임을 보여 준다. 탐구과정의 피상적인 이해와 관련하여, Blosser(1981)는 소위 '신교육과정'을 사용하여 교육받은 학생들의 학습 결과를 논하면서, 학생들이 과학적 탐구의 본성과 과정들에 대해 약간의 지식을 갖고 있는 것 같지만, 그 과정들에 대한 실질적 이해는 나타나지 않았다고 지적하였다.

안전에 대한 단일한 인식, 문제에 대해 논리적이고 합리적 사고를 통한 해결보다는 직관이나 감정에 호소하는 모습, 테크놀로지에 대한 낮은 이해 그리고 사회에서 일어나는 비상식적인 많은 사건들은 우리나라 사람들의 과학적 소양이 매우 낮음을 시사한다.

왜 이렇게 낮은 과학적 소양을 보이는 것인가? 그 이유는 교육과정, 교사, 교수법, 학생들의 학습태도 등 여러 가지를 들 수 있다. 학생들이 배우는 과학 내용은 과학 교육과정을 개발한 학자들에 의해 결정된다. 배우는 학생들은 그 내용의 중요성을 과학자들처럼 인식하지 못한다. 반면 과학자나 과학교육자 혹은 과학교사들은 학생들이 그 내용을 통해 자연 세계를 알아 가고 이해해 가는 희열을 맛보기를 기대하지만 학생들은 그 내용들은 과학자들에게나 의미있는 것이지 자기들의 세계와는 관련이 없는 것으로 인식하는 경향이 있다(Bybee, 1997).

일차원적으로 나열된 과학 용어들은 학생들에게 의미 있게 여겨지지 않는다. 교과서에 나와 있으니까, 좋은 점수를 맞아야 하니까 수업 시간에 참여하고 발표도 하지만 그 지식은 어디까지나 과학자들이 만들어낸 과학자들의 지식으로 인식하지, 자신의 삶과 관련된 것으로 생각하지 않는다. 수업 또한 학생들의 이해를 향상시키기 보다는 진도나 시험에서 좋은 성적을 얻기 위한 피상적 암기에 치중한다. 학생들은 시험 후에 그 지식을 쉽게 잊어 버린다.

2. 과학의 본성

대부분 사람들에게 과학은 교과서에 실린 과학 지식을 의미한다. 과학을 정의해 보라고 할 때 '문제 해결이다' 혹은 '탐구다'라고 말하지만, 실제 그들이 그에 따라 살고 그것에 기초해서 반응하는 바, 과학은 바로 과학

교과서, 즉 생물학, 화학, 물리학, 지구과학 등을 의미한다. 대부분의 성인들은 과학이 자신들의 일상의 삶에 어떤 특별한 효용 가치나 의미가 없다고 말했다(Yager, 1996). 미국의 ‘신교육과정운동’ 기간 중 개발된 교육과정에서 과학은 과학자들이 수행한 연구 결과 곧 지식과 그 지식을 얻기 위해 과학자들이 연구하는 방법, 즉 탐구과정으로 보았다. 이런 정의는 1960년 이래 과학교육계에서 여러 사람들에 의해 사용되었다(Welch, 1987). 최근 미국과학교육기준(National Science Education Standards)은 과학을 ‘공통적인 과학 개념들과 그 과정들’, ‘탐구로서의 과학’, ‘물상’, ‘생물’, ‘지구와 우주과학’, ‘과학과 기술’, ‘과학의 개인적이며 사회적인 전망’, ‘과학의 역사와 본성’을 포함하는 것으로 보았다(National Research Council, 1997). 이 프로그램은 과학에 대한 보다 폭 넓은 정의를 수용하였다. 그렇지만 과학적 탐구란 여전히 과학자들이 자연 세계를 연구하는 다양한 방법과 그들의 연구로부터 유도된 증거에 기초하여 설명을 제안하는 방법을 의미한다. 과학에 대한 이런 정의는 1960년 ‘신교육과정’의 것과 유사하다. 그때 과학교육은 “이런 것들이 중요하기 때문에”라는 이유를 내걸고 탐구과정과 지식의 구조를 가르쳤지만, 학생들은 그 중요성을 인식하지 못했다(Helgeson, Blosser, & Howe, 1977).

과학은 의문, 호기심, 경이와 함께 시작하나 위의 정의들은 자신이 아닌 과학자라 불리는 사람들이 하는 것, 대부분의 사람들의 삶과는 동떨어진 어떤 것을 의미한다. Yager(1996)에 따르면, 모든 실질적인 과학은 질문, 자기 주변의 어떤 것에 대한 실질적인 질문으로부터

시작한다. 모든 인간은 의문을 가지며, 동시에 자기 주변에서 일어나는 일들, 예를 들어 자연이 어떻게 운행되는가에 대해 나름대로 이해하고자 한다. 이러한 맥락에서 과학의 본성을 Table 1과 같이 구분할 수 있다(Liu, Lieu & Yager, 1996).

과학은 자연 세계에 대해 의문을 품고, 그것에 대한 검증 가능한 설명을 하고, 그 타당성을 검증해 보는 것이다(Simpson, 1963). 이런 과학적 정의를 채택하면 과학 수업은 학생들로부터 시작하며, 학생들의 의문, 생각, 제안, 정보가 그대로 수업에 활용된다. 학생들의 자료수집에는 한계가 없으며, 학생들은 과학을 흉내내는 것이 아니라 실제 과학을 수행한다. 학생들의 결론은 충분한 자료와 숙의를 바탕으로 내려지며, 나름대로 연구 활동을 마무리 짓는다.

그들의 연구 소재는 그들 주변에 있는 것과 매스컴이나 다른 매체를 통해 호기심을 유발한 것들이 될 것이다.

3. 기술의 중요성과 STS

미국과학교사학회(NSTA)(1991)는 STS를 정의하기를 ‘인간 경험의 맥락에서 과학을 가르치고 학습하는 것’이라고 하였다. 과학은 자연 세계를 이해하기 위한 설명을 제시하는 반면, 기술은 자연 세계의 문제를 해결하기 위한 고안(design)을 제시한다(American Association for the Advancement of Science, 1990). 오늘날 대학이나 연구소에서 이루어지는 대부분의 연구가 공학 내지 테크놀로지와 밀접하게 연관되어 있다. 비록

Table 1 Changes of emphases in the nature of science

The nature of science that has less emphasis	The nature of science that has more emphasis
1. Science means studying the concepts produced and known by scientists.	1. Science means questioning, explaining, and testing.
2. Science means working with various objects and materials in classrooms and the laboratories.	2. Science is a human activity that involves acting upon questions about universe.
3. Science is a body of knowledge about the universe that has developed over the years.	3. Science is an attempt to know more about the world around us.
4. Science can be defined by what scientists know.	4. Science is based on curiosity about objects and events in the universe.
	5. Science is based on attempts to explain the objects and events in the universe about which questions arise.

자연 과학에 소속된 학과일지라도 연구 내용은 자연 원리보다는 원리의 응용에 더 초점이 맞추어져 있다.

사람들은 어려서부터 기술을 사용하고 경험한다. 기술은 우리 삶 속에 있으며 과학보다 직접적이고 신속하고 광범위하게 영향을 준다. 우리의 삶과 지역 사회의 문제점들이 모두 기술과 관련된 것들이기 때문에 기술을 통해 과학의 원리와 개념에 접할 수 밖에 없다. 어려서부터 '레고'를 가지고 놀고, 전자게임 놀이를 한다. 컴퓨터를 조작하고, 모형 비행기를 만들고, 자전거를 타고, 공원의 조경을 감상한다. 인공 위성과 우주선에 대해 듣고 자란다. 또한, 과자 봉지마다 환경 친화적 용어들, 예를 들어 '재생가능', '쉽게 분해되는 플라스틱'을 대한다. 반면, 집 안의 습도, 물체의 밀도, 운동하는 물체의 가속도, 연소, 세포, 유전과 같은 개념들은 일상 생활에서 쉽게 경험되거나 인식되지 않는다.

학생들은 자기에게 직접 관련이 있어 익숙한 것들을 통해 과학과 수학을 배울 수 있다(Brooks & Brooks, 1993). 학교 과학은 모든 학생들이 과학자가 될 수 있고 또 되어야 하는 것처럼 가르쳐진다. 그런 과학 수업에서는 교사의 관심이 우수한 학생들에게 집중되고, 그들을 위주로 수업이 진행된다. 혹시 그들이 과학 올림피아드나 경시대회에서 좋은 성적을 거두면 그것에 특별한 의미를 부여한다. 하지만 대부분의 학생들이 고등학교 졸업 후에는 과학과는 무관한 삶을 산다. 미국 과학교육자인 레이든(Leyden, 1984)은 말하기를 전형적인 미국 고등학교를 졸업한 학생 중에는 미래 과학자보다 범죄자가 더 많다고 하였다.

과학 및 기술과 관련된 사회 문제나 논쟁점은 과학 지식을 활용하여 해결될 수 있다. 학생들은 학교에서 배우는 과학지식이 먼 훗날 언젠가 필요로 할 것이라는 말을 듣지만 과학지식을 적용할 기회는 거의 없다.

한편 과학과 관련된 사회 문제 해결이나 논쟁점을 갖고 씨름할 때에는 과학 지식이 당장 필요하고, 그 필요에 의해 과학 지식을 찾고 문제 해결에 그 지식을 적용하게 된다. 적용을 통해 과학 개념을 학습함으로써 적용의 숙련이 풀리게 된다. 기술과 관련되지 않는 사회 문제는 없고, 거기에는 또 다른 교과 지식 즉, 법, 미술, 음악, 정보 처리, 조경, 과학, 수학, 커뮤니케이션 등이 관련되어 있다. 기술은 그 자체 배워야 할 내용(공학의 원리, 고안, 문제해결 등)임과 동시에, 과학 학습을 위한 효과적인 소재이기도 하다.

4. STS 접근을 한다는 것은 구체적으로 무엇을 의

미하는가?

예비 교사들의 참관 실습을 위해 저자가 근무하는 대학 근처에 있는 초등학교의 6학년 자연 수업을 학생들과 함께 참관한 적이 있다. 2주 4시간 동안 초등학생들은 춘분, 하지, 추분, 동지와 해뜨는 시간과 해지는 시간, 월별 평균 기온과 월별 평균 남중고도, 그 둘 사이의 관계, 지구의 적도가 태양 빛에 대해 평행일 때와 비스듬할 때 지구 각 지역의 일조량의 차이에 대해 배웠다. 담당 교사는 매우 경험이 많은 분이어서 학생들에게 첫 두 시간 동안 자료를 제시하고 그것을 해석해 보도록 하며, 때때로 소그룹별 토의 시간도 가지면서 수업을 이끌었고, 수업 마지막에는 학생들의 대답을 기초로 결론을 이끌어 내었다. 나중 두 시간 동안은 태양과 지구의 공전 모형을 사용하여 태양 각 주위에서 지구가 빛을 받는 부분과 빛의 양에 대해 질의와 시범 위주로 진행하였다. 이런 수업은 경험있고 연구를 많이 한 교사라야만 수행할 수 있다.

이 내용을 가지고 STS 접근을 한다면 어떻게 하는 것일까? 다양한 방법이 있을 것이고, 이것은 단지 수업 방법에 국한되는 것만은 아닐 것이다. STS 접근에 대한 한 가지 예를 제시해 본다. 내용에 들어가기 전에 일단 계절하면 떠오르는 모든 단어나 사건들을 다 적어보게 하자. 그것들을 공통점이 있는 것끼리 묶어 볼 수 있을 것이다. 계절에 대한 느낌(자기가 좋아하는 계절과 그 이유), 나라별 계절에 대한 비교(우리 나라의 사계절, 사계절이 뚜렷하지 않은 나라에서 사는 경험), 옛날 계절과의 비교(옛날 계절과 지금 계절과의 변화 알아보기), 계절과 농업(계절과 농사, 계절과 우리 나라 절기), 계절과 상품(계절과 시장성, 계절과 스포츠 경기, 계절과 적절한 운동 그리고 건강), 계절과 환경(계절에 따른 환경 오염, 지구 온난화, 달에도 계절이 있을까?) 등이 있을 수 있다. 학생들과의 논의를 통해 이 중 연구해 보고 싶은 주제를 택하여 일주일 정도 연구 기간을 두고 조별로 연구하도록 하고, 과학시간 뿐만 아니라 다른 교과 시간에도 이 주제를 다루어 볼 수 있다.

국어 시간에는 계절에 대한 느낌을 글로 써 보고, 사계절이 뚜렷하지 않은 나라에서 사는 경험을 놓고 상상문을 써 발표해 보게 할 수 있다. 사회 시간에는 계절과 스포츠 경기, 계절과 상품, 계절에 따른 환경오염을 다루어 보게 할 수 있다. 또한 계절과 농사, 계절과 우리나라 절기를 배울 수도 있다. 미술이나 음악 시간에는 계절과 관련된 그림이나 음악을 경험해 보게 할 수 있

다. 이렇게 접근할 때 학생들에게 계절은 더 이상 자연 교과의 생소한 개념이 아니라 그들의 전 삶에 스며들어 있는 살아 있고 영향을 주는 삶의 한 부분이 된다. 이런 경험을 통해서 계절을 학습한 학생에게 계절의 과학적 이유는 매우 궁금하고 호기심이 있는 주제가 된다. 앞의 활동들은 나름대로 가치있는 수업 내용이자, 과학적 설명에 대한 동기 부여의 역할도 한다.

아무리 탐구 활동을 통해 개념을 배운다고 할지라도 남중 고도와 공전면에 대해 지구축이 기울어진 것 등이 얼마나 실감있게 이해될 것인가? 실제 몇 명이나 그 과학적 개념들을 이해할 수 있겠는가? 계절은 단지 교과서에 있는 무미건조한 주제 밖에 될 수 없는 것인가?

초등학교의 경우라면 한 교사에 의해 모든 교과가 가르쳐지기 때문에 이런 수업이 가능할 것이다. 중·고등학교의 경우, 사회, 국어, 과학, 체육, 실과 등의 교과들을 대상으로 2-3개 교과들이 1-2주, 혹은 한 달 정도 이 주제를 중심으로 수업할 수 있을 것이다.

개념이 교과에 따라 조개어질대로 조개어져 버리면 과학적 개념의 본연의 목적인 설명의 힘을 잃는다. 원자는 화학물질의 기본 입자일 뿐 아니라 운동하는 물체나 생명체의 기본 입자이기도 하다. 에너지에는 화학에너지, 생물에너지, 운동에너지, 위치에너지 등이 있으며, 우리 주변에서 다양한 에너지를 경험할 수 있다. 과학 시간에 배우는 개념들은 현실에서 발견되는 그대로 체험되고 배워질 수 있어야 한다.

STS 접근은 학생들의 호기심, 의문, 경험 등 그들 자신의 생각으로부터 시작된다. 학생들이 제기한 의문은 그 설명을 구하는 활동으로 이어지고, 이를 위해 지식과 정보를 찾아 나선다. 이런 정보들을 활용하여 여러 가지 설명을 제시하고, 그것들을 검증할 검사들을 계획한다. 이제 학생들은 자기들이 배우고 있는 내용이 앞으로 필요할 것이라는 말을 들으며 공부할 필요가 없다. 당장 그들은 문제 해결이나 조사를 위해 그 정보가 필요하다. 교사가 그동안 당면해 왔던 동기 부여와 지식 적용의 문제들이 일순간에 해결되어 버린다.

학생들이 경험하는 문제나 논쟁점들의 사용은 또한 이전에 고심해 왔던 문제들에 대한 해결책을 제시한다. 즉, 암기만으로는 문제 해결에 힘이 되지 못하며, 이해만이 힘이 됨을 인식하게 된다. 지식의 사용 또한 학습 후 수행해야 할 또 하나의 과제가 아니다. 학습의 처음 출발부터 그 지식을 사용한다. 교사의 역할은 정보를 제공하고, 모든 활동을 이끌어 가는 역할 대신 학생들의 활동을 위한 환경을 제공해 주고 도움을 주는 역할을 하

게 된다. 학생의 성공은 지식의 암기 대신 적용과 종합을 위한 환경을 제공해 주고 도움을 주는 역할을 하게 된다.

학생의 성공은 지식의 암기 대신 적용과 종합을 포함한 수행능력으로 평가된다. 더 이상 과학은 책과 교실에 국한되지 않고 모든 곳에서 일어나는 것이 된다.

STS 접근은 모든 학교 프로그램을 함께 연관시키는 수단이기도 하다(Yager, 1996). 지역 사회의 문제, 전 지구적인 문제들은 학교의 모든 교과들을 서로 연결짓는다. 그것은 학교를 그 자체 하나의 작은 사회가 되게 한다. 이는 학생들이 성인 세계에서 살아가는데 필요한 기술들을 직접 연습할 기회를 제공한다. 학교의 모든 교과 내용들이 장차 의미있고 유용할 것이라고 가정하는 것이 아니라, 그들의 필요와 경험을 통해 과학 지식의 설명능력과 그 가치가 여실히 드러내어진다.

왜 사회 교과에서는 과학과 관련된 문제제기나 사회 이슈들을 통해 문제해결능력이나 의사결정능력이 습득되어서는 안되는가? 왜 국어 교과에서는 과학을 소재로 읽기, 쓰기, 말하기를 가르치지 않는가? 수학은 종종 실제 생활에서 적용되기 어려운 세분화된 기능들로 가르쳐지기 때문에 문제가 된다. STS 접근은 실제 세계의 맥락에서 수학 기능의 사용에 초점을 맞출 수 있다.

캐나다에서 개발되어 사용되고 있고, 미국판도 개발된 Science Plus의 저자 맥 패든(McFadden, 1991)은 교육과정의 개혁은 과학과목 하나에서 일어나는 것으로 불가능하고 관련 과목들이 함께 변해야 가능함을 강조하였다. 사회 논쟁점이나 문제 혹은 학생들의 의문이나 호기심이 통합적으로 다루어질 수 있기 위해서는 과학-기술-사회 과학교육과정이 아닌 과학-기술-사회 학교 교육과정이 개발될 필요가 있음을 지적하였다.

과학의 껍질(교과서, 각 학문 영역)을 부수어야 한다. 장차 도움이 될 것이라는 공허한 동기 부여와 과학자가 갖는 학문적 회열과 탐구를 학생들이 경험할 수 있을 것이라는 공상을 포기해야 한다. 학생들의 호기심과 의문이 되는 주제를 중심으로 교과서 안팎으로, 학교 안팎으로, 학생들의 내적 학습동기의 유발을 통해 개념 이해, 탐구 과정, 적용력, 창의력, 과학의 본성, 태도 등 모든 영역에서 높은 성취도를 보일 수 있다(Yager & Tamir, 1993).

5. 과학교사와 과학교육

대부분의 과학교사들은 과학에 관한한, 누구보다도

학문으로서의 과학을 배운 사람들이며, 대학의 학문 연구들에 익숙한 사람들이다. 그러기에 그 불을 유지하는 것이 편하며, 전공을 벗어나면 자신이 없어지며 대학 때의 전공에만 안주하려고 한다. 그들이 제공하는 것은 대학에서 배운 과학자의 지적 구조와 연구 방법인데, 학생들은 왜 그것을 배워야 하는지, 그것의 중요성이 무엇인지 알지 못한 채, 그저 나오되지 않고 통과하는 데에만 관심을 기울일 뿐이다. 과학 교사들은 학생들보다 조금 더 높은 수준의 지식을 갖고 우월성을 바탕으로 학생들에게 지식을 전수하는 것이 그들의 본분이라고 여긴다. 그러나 그 방식이 학생들에게는 과학이 지겹고 어려운 과목이라는 인상을 갖게 한다. 그들은 평생 그런 인식을 갖고 과학을 대한다.

매릴랜드 대학의 총장인 랭겐버그 박사는 그가 물리학자가 된 동기가 8학년 때 배운 물리 때문이었다고 말했다. 그에게 물리를 가르쳤던 교사는 물리에 대해 전혀 알지 못했지만 학생과 같이 물리를 알아 가는 회열과 경이를 학생들에게 보여 주었다. 그는 다음과 같이 말한다 (Koppal, 1996).

그는 물리학에 대해서 전혀 아무 것도 알지 못하는 재미있는 교사였습니다. 그 자신 어떤 학년에서도 물리 과목을 듣지 않았으나, 어떻게 이 과목을 가르치도록 억지로 떠맡겨졌습니다. 그는 여러 가지 역할을 했지만 그 중에서도 코치였고 아마도 어려운 시간을 보내고 있었다고 생각되었습니다. 그는 그 과목 기간 중 줄곧 우리 학생들과 마찬가지로 방법으로 물리학을 발전시켰습니다. 그것은 그에게 절대적인 계서였고, 그 경이감을 우리에게 전달했습니다. 그는 많은 문제를 일으킨 낡은 자동차를 갖고 있었는데 우리가 역학으로부터 전자기학으로 전진할 때 그 자동차의 문제도 어쩌면 역학적인 것에서 전기적인 것으로 전진되는 듯이 보였습니다.

학생들에게 이미 구조화된 지식을 그대로 전달하기보다 발견과 탐구의 회열을 전달하는 교사가 되어야 한다. 교육과정을 개발하는 연구진들 또한 고등학교의 과학을 대학 교양과정 수준으로 유지하려고 한다. 쉽게 그리고 개념의 양을 적게 교육과정을 개발하는 것보다는 어렵게 그리고 내용을 깊게 하는 것이 안전할 것이라는 생각을 갖고 있다는 인상을 받는다(한국과학교육학회, 1997). 현장교육 실태조사를 통해 가르칠 교과내용이 너무 많다는 지적은 교육과정을 개발할 때 반영되지 않

는다. 이는 아마도 교육과정 개발자들이 오직 자신의 전공만을 주장하는 구습 때문인 것 같다.

Ⅲ. STS 교육의 실천 사례

1. Iowa Chautauqua Program(ICP)과 Iowa-Scope, Sequence & Coordination(Iowa-SS&C)

아이오와 치타콰 프로그램은 1983년 아이오와 대학에서 시작된 현직교육 과정이다. 아이오와 치타콰 프로그램은 교사들 사이에, 그리고 교사와 대학 연구진 사이의 협동을 통해 과학-기술-사회 맥락에서 과학을 가르치는데 있어 구성주의 접근을 향상시킴으로써 유치원에서부터 고등학교 3학년까지의 과학수업을 개선시키고자 하였다. 처음 시도에서는 30명의 과학 교사들을 대상으로 실시하였으며, 여름 방학 기간 중 STS 접근에 대한 워싱턴 가을 학기 동안 3~5주 분량의 STS 교육과정을 각 교실에서 시도해 보는 일, 그리고 봄학기에 사례발표와 종합으로 구성되었다. 그 다음 해부터는 매해 선정된 5개 지역에서 30명에서 50명의 과학 교사들이 참여하였다. 아이오와주 15개 지역에서 3년을 주기로 매년 5개 지역씩 90년까지 1700명의 교사가 이 현직 교육에 참여하였다. 매년 일정 수의 성공적인 교사들을 리더 교사로 발굴하였으며, 다음 해의 프로그램을 계획하고 지역별 교사 모임을 조정하는 역할을 맡았다. 이들은 여름 방학의 워싱턴 이전에 지도자 훈련을 받았으며, 그 해 가을 학기와 봄 학기에 걸쳐 단기 강좌를 이수하게 되어 있다.

Iowa-SS&C는 미국과학교사학회에서 추진하던 Scope, Sequence and Coordination(SS&C) Program을 수행하기 위해 미국 과학 재단에서 후원한 국가적 프로그램 중의 하나이다. 두 번에 걸쳐 과학재단의 후원을 받은 아이오와 대학은 처음에는 6, 7, 8 학년 과학 프로그램을 위한 모듈과 교육과정들을 개발하고, 두 번째는 6학년부터 12학년까지 그 범위를 넓혀 그 일을 추진하였다. Iowa-SS&C는 미국과학교사학회의 SS&C 틀을 수업지도안 개발의 지침으로 삼았다. 그들의 핵심 요소들로서는 다음과 같다. 간격 학습 spaced learning(시간 간격을 두고 같은 개념을 이전보다 높은 수준에서 다시 반복하는 것); 중등학교 6년 동안 매해 과학을 공부한다; 추상적인 것 이전에 구체적인 것을 가르친다; 이질적으로 조를 편성한다; 보다 적은 개념을 보다 집중적으로 배운다.

2. 아이오와 치타과 프로그램과 Iowa-SS&C의 특징들

1) STS 맥락에서의 과학 수업

현직 교육 프로그램의 모든 노력들을 포괄하는 원리는 STS 맥락에서 과학을 가르치는 것이었다. STS 교육으로의 전환에서 가장 큰 어려움은 대부분의 교사들이 이제껏 그들 자신 과학을 STS 방식으로 학습해 본 경험이 없다는 것이다. 교사들 자신이 먼저 STS 교육을 경험하는 것이 필요하였다. 이 프로그램에 참여하였던 한 여교사는 지난 20년 동안 한번도 이런 식으로 수업을 하지 않았고, 이 프로그램을 통해서야 비로소 과학을 가르치는 것이 무엇인지 알게 되었다고 진술했다.

STS 교육은 구성주의 교수법과 밀접하게 연결되어 가르쳐졌다. 그 둘은 여러 가지 점을 공유한다(Lutz, 1996). 구성주의나 STS는 학생들의 질문이나 생각을 수업을 이끄는 도구로 사용한다. 둘 다 학생들의 적극적이고 능동적 참여와 학생 간의 협동을 촉진한다. 둘 다 다양한 원천의 정보 사용을 촉진하고 학생들이 자신의 학습에 대한 책임을 지며, 분석, 종합, 그리고 평가와 같은 상위 수준의 사고를 수행하도록 요구한다.

2) 교사 중심의 프로그램

교사들이 그 변화 과정의 중앙에 있다. 새로운 교수법을 자기가 가르치는 학생들에게 시도하고 평가하는 과정에서 교사는 계속적인 도움을 받는다. 같은 학교의 동료 교사, 같은 학교 군에 속하는 교사, 대학의 연구진, 기업이나 산업체의 지도자, 기타 지역 사회로부터 도움을 받을 수 있다. 교사의 전문성 신장과 수업 모듈의 개발은 연속적인 과정이다. 현장에서 교사가 갖고 있는 문제점들이 현직 교육의 내용이 된다. 협동, 멘토링(mentoring) 그리고 팀웍 구축이 이 모델들의 성공을 위한 필수적인 요소들이다.

워십 교사들은 STS 맥락에서 구성주의 교수법을 사용하는 수업을 계획하고 구체적 방법을 짜내는데 참여한다. 이를 위해 팀을 이루어 자신이 가르칠 통합과학 프로그램을 개발한다. 참여 교사들은 학습 평가와 자신의 수업분석을 배운다. 중요한 것은 교사들이 학교 안에서나 밖에서 그들의 학생들이나 교육 전문가들과 함께 배우고자 하는 환경을 조성하기 위해 노력한다는 것이다. 그 결과 아이오와 치타과 프로그램과 Iowa-SS&C에 참여한 교사들은

- (1) 과학 교수 능력을 향상시키며
- (2) 과학과 기술의 본성에 관한 관점을 확장하며
- (3) 과학 개념과 과정에 대한 이해의 폭과 깊이를 높이며
- (4) 구성주의 교수 활동과 일치된 행동을 보이며
- (5) 과학 교육 개혁 노력에 보다 잘 부응할 우수한 학습 교재를 자신의 수업 환경에 적용시키며
- (6) 궁극적으로 학생들의 학습을 개선시킬 것으로 기대된다.

3) 구성주의 교수의 강조

구성주의 교수법은 학생들이 새로운 학습 과제와 관련하여 그들 자신의 개념을 갖고 있다는 전제 아래 학생들의 학습을 촉진하기 위해 교사들이 사용하는 방법들을 의미한다(Cho *et al.*, 1997). 새로운 학습과제는 학생들의 자발적인 의도에 의해서만 학생들의 기존 인지 구조와 연결될 수 있다. 한편 학생들의 기존의 부정확한 개념들은 학교 수업 후에도 그대로 남아 있는 경향이 있다. 학생들의 관심과 학습 의욕을 일으킬 수 있는 학습 환경은 학생 자신의 개인적 필요나 사회적 문제를 다루게 함으로써 조성될 수 있다.

구성주의 교수의 구체적인 예들은 아래와 같다.

- (1) 학생들의 질문이나 생각을 이끌어 내고 그 질문이나 생각에 의해 수업이나 한 단원이 구성될 수 있다.
- (2) 학생들이 어떤 아이디어를 제시하는 것을 억제하지 않고 오히려 수용하고 격려한다.
- (3) 학생들이 지도력을 발휘하고, 협동하고, 정보를 찾고, 학습의 결과로서 필요한 조치를 취하는 것을 촉진한다.
- (4) 수업에서 학생들의 생각, 경험, 관심들을 많이 이용한다. 이는 때때로 교사의 수업 계획이 바뀔 수 있음을 의미한다.
- (5) 교과서뿐만 아니라 전문가 혹은 기타 자료로부터 정보를 얻는 것을 격려한다.
- (6) 끝이 열려 있고 생각을 자극하는 질문을 한다.
- (7) 학생들이 자신의 생각을 검증해 보도록 한다. 예를 들어 그들의 질문에 답을 하거나 이유를 추측해 보거나 어떤 결과를 예견해 보는 것 등.
- (8) 교사의 생각을 말하거나 교과서나 다른 교재를 참고하기 전에 학생의 생각을 이끌어 낸다.
- (9) 학생들이 서로의 생각이나 사상에 대해 이견을 제시할 수 있는 분위기를 조성한다.

- (10) 협동을 강조하고, 각자의 역할을 존중하고, 일의 분담 전략을 이용하는 협동학습을 사용한다.
- (11) 반성과 분석을 위한 적절한 시간을 제공하고 학생들이 내놓은 모든 생각들을 사용하거나 그것들에 적절한 관심을 보인다.
- (12) 자기 분석, 주장을 지지하기 위한 실제 증거의 수집, 새로운 경험과 증거의 견지에서 사상의 재조성을 격려한다(Liu, Varrella & Yager, 1995).

4) 모듈 개발

이 프로그램을 통해 교사가 경험하는 활동 중에서 모듈의 개발과 실제 사용이 이 프로그램의 가장 주된 특징이다. 모듈 개발의 과정과 실예들에 관해 기술해 보면, 아이오와 치타과 프로그램과 Iowa-SS&C의 모듈 개발은 풀뿌리 노력이다. 즉 현장의 교사들이 아이디어를 내어 협동으로 모듈을 만든다. 그들은 이용 가능한 자료 중 가장 우수한 자료들을 기초로 하고, 이 과정에서 참여 교사들의 현장 경험과 기술들이 고려된다. 모듈은 2~6주(주당 5교시로 계산) 분량의 학생 중심의 경험을 조직화해 놓은 것이라고 정의되었다.

풀뿌리 노력을 통해, 모듈의 내용이 학생들에게 보다 의미있고, 교사들에 의해 보다 호의적으로 수용된다. 이 모듈들은 이전의 성공적인 교수 경험과 우수한 교수 자료들(Science Plus, The Salter's Approach, Chem-Com 등)에 기초하여 개발된 것들이다. 여러 단계의 점검 과정을 통해 효과적으로 가르쳐질 수 있도록 개선하고, 모듈 사이에 통일성을 기하며, 과학 내용의 정확성에 대한 심도있는 점검이 이루어진다.

아이오와 치타과 프로그램에서 교사들은 개발한 모듈을 가지고 학생들을 가르친다. 그 후 자신들의 경험을 평가하고 반성의 과정을 갖는다. 이 단계를 거친 후 교사들은 지역별로 NSES나 다른 표준들과 일치하게끔 모듈의 순서를 정하여 지역 단위 교육과정들(curriculum framework)을 만드는 데 공동으로 참여한다. 예를 들어 교사들은 Benchmarks(AAAS, 1993)를 교육과정들을 짜는데 기본 골격으로 활용하고, Science Plus(McFadden & Yager, 1993)같은 책을 골격에 살을 붙이는데 사용한다. 교사에 의해 개발된 모듈들은 교사나 학생이 만나는 상황에 따라 여러 가지 방법으로 사용된다. 그것들을 다루는데 있어 내용, 주제, 그리고 접근법에서 차이가 있을 수 있지만 구성주의 전략을 사용하여 STS 맥락에서 과학을 가르친다는 점에서는 일치한다. 교사들은 학생의 발언으로부터 어떤 아이디어를 얻으며

학생들의 질문으로부터 한 연구를 시작한다. 대부분의 경우, 교사는 그 주제를 놓고 브레인스토밍을 실시하며, 학생들은 소집단으로 활동하며 결과를 발표한다. 이런 특징들을 보여주는 사람의 몸에 대한 7학년 과학 수업의 예가 아래에 제시되었다.

<아이오와 치타과 프로그램에 참여한 교사의 수업의 예>

교사는 사람의 몸에 대해 이야기하고 있었다. 사라는 이야기 중에 그녀의 마음에 줄곧 갖고 있었던 질문을 물었다. 그녀의 개, 티피가 새끼를 뺨 것이다. 수의사는 계왕철개를 하려고 계획하고 있다. 사라는 그 수의사가 무엇을 하려고 하는지를 알고 싶었고, 정말 개가 살 수 있는지 알고자 했다.

교사는 사라의 질문을 전체 학생들에게 말했고, 그 학급은 이 주제에 대해 브레인스토밍을 실시했다. 많은 학생들이 계왕철개에 대해 들었지만, 누구도 그것이 어떤 것인지 알고 있지 못했다. 학생들은 그것에 대해 더 많이 알고 싶어 했고, 생식에 대해 많은 호기심을 나타내었다. 이것이 그 학급이 생식에 대한 단원을 시작하게 된 계기이다.

수의사는 사라에게 티피에 대한 수술을 녹화할 수 있도록 허락했다. 그는 수술 기간 동안 그 과정을 설명해 주었다. 비디오를 보기 전에 그 학급은 그 수의사가 말하고 또한 수행하는 것을 더 잘 이해하기 위해서 그 주제에 대해 보다 많은 것을 배웠다.

소집단 활동을 하면서 학생들은 생식과 비디오를 통해 보게 될 수술과정과 관련된 주제를 연구했다. 연구를 마친 후, 각 집단은 학급에게 그들의 발견한 내용을 발표했다. 그 후, 학급은 비디오를 보았다. 어떤 학생들은 수술 중 흥진한 피에 대해 염려했지만 학생들은 그 수술이 그들이 예상했던 것 같지 않았음을 알게 되었다. 거의 모든 학생이 흥미롭게 그 수술과정을 시청하였다.

비디오 시청 후, 학생들은 정상 분만에 대해 말하게 되었다. 한 학생은 자기가 소가 송아지를 낳는 모습을 녹화한 비디오를 갖고 있다고 했다. 그는 그 학급이 볼 수 있도록 그 비디오를 가져올 것을 자원하였다. 모든 학생들은 정상 분만 과정을 볼 수 있었다. 시간이 흘러 그 두 학생들은 강아지와 송아지가 커가는 모습을 사진에 담아 가지고 왔다. 자연적으로 생식에 대한 수업은 성장과 발생에 대한 주제로 연결되었다.

한 학생의 호기심이 교사로 하여금 보통의 경우에는 아주 민감한 주제를 흥미로운 방법으로 다룰 수 있도록 학생들의 관심과 호기심을 불러 일으켰다. 그 수업은 사람의 생식에 대한 보다 완전한 이해로 연결되었으나 성에 대한 부자연스런 느낌은 들지 않았다 (Yager, Liu & Blunck, 1993).

5) 평가의 강조

이 들 프로그램의 두드러진 특징 중의 하나는 평가를 매우 강조한다는 점이었다. 그 프로그램의 중요한 요소들 중의 하나로서 교사들로 하여금 학생들의 학습을 평가하도록 하였다. 교사들은 다양한 평가 방법을 사용할 수 있도록 기대되었다. 또한 교사 자신의 향상도 측정되었다.

(1) 채점기준표 (rubric)

교사들이 평가에서 채점기준표를 사용하도록 요구된다. 채점기준표는 어떤 활동, 사건, 개념 혹은 목표를 평가하기 위한 기준이 제시된 표이다. 그것을 사용할 때 학생들은 그들에게서 기대되는 것이 무엇인지 알고, 각 영역에 얼마만큼의 비중을 두어야 할 지를 판단할 수 있게 된다. 이 기준표를 통해 학생들의 노력과 교사의 평가 항목이 보다 확실하게 일치될 것이다. 채점기준표는 가능한 한 구체적으로 기술되어야 하며, 한 항목에 들 이상의 내용이 들어가서는 안된다. 채점기준표를 작성하기는 어렵고 시간과 경험을 요구하지만, 일단 작성되면 학생들의 학습과 평가를 원활하게 그리고 공정하게 할 수 있는 잇점이 있다.

일반적으로 채점기준표는 다음과 같은 기능을 한다.

- 학생의 잘못된 예상을 방지한다.
- 수행(performance)의 기준과 근거를 설정해 놓는다.
- 교사에 의해 바른 답이 규정되도록 하기보다는 학생들이 한 주제에 대해 그들이 알고 있는 모든 것을 설명할 수 있도록 허락한다.
- 보고서를 어떻게 조직해야 할지 보다 분명한 이해를 갖게 된다.
- 교사가 주관적 속성이 내포된 학생들의 학습 결과를 객관적으로 평가하는 것을 수월하게 해 준다.

(2) 포트폴리오(Portfolio)

포트폴리오는 가장 구체적인 평가 형태 중의 하나이다. 그것은 한 주, 한 달, 한 단원 혹은 일년 동안 각 개

인이 수행한 결과물을 수집해 놓은 것이다. 어떤 내용들을 포함시킬 것인지의 결정은 교사와 학생이 정한 근거에 의해 내려진다. 이를 통해 학생들은 일정 시간을 두고 그들 자신의 성장에 참여하고 그 결과를 볼 수 있게 된다.

(3) 일지(Journal)

저널은 일기와 같은 기록물이나 그림이다. 학생은 저널을 위한 노트나 파일을 갖추어야 한다. 교사의 질문이나 진술에 대한 반응, 한 활동에 대한 느낌, 혹은 오늘 무엇에 대해 배웠나 등이 포함될 수 있다. 일지의 강조점은 작문에 있다. 종이에 그들의 생각을 쓰는 동안 그들의 작문 기술연습이 이루어진다.

(4) 비디오 녹화

비디오 녹화는 전문적인 평가방법이다. 녹음과 함께 특정 분야에서 자신의 능력과 지식을 보이기 위해 사용될 수 있다. 녹화는 교수법의 향상을 위해서도 사용될 수 있다. 수업이 진행되는 동안 단순히 카메라를 설치하고, 그것이 녹화되도록 함으로써 교수 향상을 위한 귀중한 정보를 얻을 수 있다. 교사들은 나중에 혼자서 혹은 동료 교사와 함께 그 테이프를 보고, 비평이나 지적을 받을 수 있다.

(5) 현장 연구(Action research)

이 활동은 아이오와 치타과 프로그램에서는 포함되지 않았으나 Iowa-SS&C에 참여한 교사들에 의해 점진적으로 이루어졌다. 1994~1995년 보고서에서 Iowa-SS&C 교사들이 대학과 학과 간의 협동 현장연구에 관여하도록 했던 노력이 성공적이었음을 보고하였다. 현장 연구는 교사들이 자신의 수업과 관련하여 검증 혹은 조사해 보고자 하는 것을 자신의 학습을 대상으로 연구하는 체계적인 방법이다. 그것은 또한 학교의 현실에서 발견되는 문제점을 해결하거나 의문점을 알아보기 위해 사용될 수도 있다. 연구자에게 현장 연구는 다양하고 매우 팍팍한 현실에서 이론의 생성성을 검증할 수 있는 방법이다.

3. 아이오와 치타과 프로그램과 Iowa-SS&C의 실제적인 평가

아이오와 치타과 프로그램과 Iowa SS&C는 크게 두 영역에서 그 효과를 평가하였다. 하나는 교사의 교수 수

행능력의 향상 측면에서의 평가이었고, 다른 하나는 다양한 영역에서 학생들의 학습의 평가이었다. 교사의 교수 수행능력의 평가는 교사의 자신감, 교수 전략, 교과 내용지식, 대화기술, 전문성 신장의 측면에서 이루어졌다. 1993년 보고서에 따르면, ICP에 참여한 교사들은 다음의 항목에서 자신들이 보다 자신감을 얻었다고 보고하였다 :

- ① 지식이 부족하다고 느끼는 주제에 학생들을 참여 시키는데;
- ② 과학 지식;
- ③ 전문가들의 서로 상반된 의견을 다루는데;
- ④ 학교 과학프로그램을 개선하는데 다른 교사들과 협동하는 일;
- ⑤ 활동을 수행한 후 유일한 대답을 얻지 못하는 것에 대해;
- ⑥ 학생들의 질문에 그들이 대답할 수 없는 상황에 대해;
- ⑦ 학과 수업에 지역 사회의 지도자나 구성원을 관여 시키는데;
- ⑧ 자기 스스로 교수 활동을 개발하는 데(Yager, Liu & Blunck, 1993).

교사들의 STS와 구성주의 접근에 대한 자신감은 아래의 여섯 가지 근거에 의해 증가한 것으로 평가되었다.

- ◇ 교사들의 발문 수의 증가
 - ◇ 정보를 전달하는데 소비한 시간의 감소
 - ◇ 학급 앞에서 소비한 시간의 감소
 - ◇ 개별 학생 혹은 소집단과 보낸 시간의 증가
 - ◇ 수업에 영향을 준 학생 질문 수의 증가
 - ◇ 학생의 질문을 사용하여 수업한 시간의 증가
- 이러한 수행의 변화는 비디오 녹화물의 분석을 통해 각 교사, 동료 교사, 연구진에 의해 확인되었다. 교사들은 과학과 기술의 본성에 대한 이해에서도 향상을 보였다. 과학과 기술의 본성에 대한 이해에서 교사들은 STS와 구성주의를 지향하는 경향을 보였다.

학생들의 학습은 여섯 영역에서 평가되었다.

- ◇ 내용 영역 : 기본 개념의 이해
- ◇ 과정 영역 : 기본 탐구과정의 이해
- ◇ 적용 영역 : 새로운 상황에 개념과 과정의 사용
- ◇ 창의성 영역 : 질문의 양과 결과 설명, 그리고 그 설명의 타당성을 검증
- ◇ 태도 영역 : 과학의 유용성, 과학 연구, 교사, 과학 관련 직업에 대해 보다 긍정적인 태도 개발
- ◇ 세계관 영역 : 과학의 본성의 이해와 그 구성요소

들, 예를 들어 자연세계에서 사건과 사물에 대한 질문, 설명, 검증에 대한 이해

1990-1994 아이오와 치타과 프로그램 평가 보고서와 1996 Iowa-SS&C 평가 보고서에서 각 프로그램에 참여한 교사들에 의해 가르쳐진 학생들이 그렇지 않은 교사들에 의해 가르쳐진 학생들보다 모든 영역에서 보다 우수한 성취도를 얻은 것으로 보고되었다(Liu, Lien & Yager, 1996).

Iowa-SS&C와 아이오와 치타과 프로그램의 특징을 요약하면 다음과 같다.

첫째, 매우 유연적 현직교육 프로그램이다. 과학교육계의 연구물들을 가능하면 빨리 그리고 손쉬운 형태로 교사의 손에, 교실에 적용시키려는 노력이 인상적이다.

둘째, 상아탑에서만만의 주장이 아니라 교육의 관심이 현장에 맞춰져 있다는 점이다. 교육의 목적은 현장교육의 개선입을 늘 상기하는 것이다.

셋째, 실제 이론과 연구 결과가 현장에서 적용될 수 있는 환경을 보장하는 것이다. 즉, 현장에서의 시도와 반성, 개선과 확대의 과정을 지속적으로 가능하게 하고, 교사들이 언제든지 도움을 요청할 수 있는 분위기를 제공하였다.

넷째, 대학은 자원의 제공처로서 모델과 우수한 자료들 그리고 연구물들을 수집, 요약, 계본을 통해 지속적으로 공급하였다.

다섯째, 어디까지나 교사가 현직교육의 주체로서 활동하도록 하였다. 궁극적으로는 교사들이 자기들이 쓸 모델을 개발하고 그들이 현장에서 시도해 보고, 그들이 그 활동경험을 나누고 비판하여, 그들 자신들의 수업을 평가하고 다시 개선과 확장을 꾀하며, 그들이 지역에서 사용한 교육과정들을 만들도록 하였다.

여섯째, 평가는 곧 참여 교사들에게 요구하였던 것, 즉 행동의 변화를 가장 직접적인 방법을 통해 측정하였다. 비디오 테이프를 3개씩 제출토록 한 것이나, 수시로 학생들과 교사들의 수행 정도를 평가하였다.

일곱째, 전시적이 아닌, 실질적인 프로그램이었다.

IV. 한국의 과학교육을 위한 함의

Iowa-SS&C와 아이오와 치타과 프로그램은 여러 면에서 우리 나라 과학교육 및 현직 교육에 주는 시사점이 많다.

첫째, 지속적인 현직 교육을 제공할 필요성이다. 1년 이상의 기간 동안 꾸준한 교육을 통해 과학교육의 최근

정보를 접하게 하고, 학교에서 그것을 실제로 적용할 수 있게 함으로써 현장의 실질적인 변화를 가져오도록 노력하는 것이다.

둘째, 교육의 본질에 대한 근본적인 재고가 필요하다. 이제까지 교육과정을 중심으로한 지식 전달 수업에서 학생들의 판단력, 문제해결력, 창의력, 적용력을 발휘해 보게 하는 수업으로의 변화가 요구된다. 이를 위해서는 교사의 훈련이 매우 요구된다. 학생들의 학습 원리, 학생들의 오개념, 학생들의 관심사항, 학생들의 학습동기, 다양한 학습교재 발굴, 다인수 학습의 고려, 교사들끼리 협동, 교육과정 개발, 교재선택 및 적용 등 다양한 기술과 능력을 필요로 한다. 이러한 필요는 단기간의 현직 교육을 통해서 만족시키기는 어렵다. 지속적인 연구의식을 배양함으로써 가능하다.

셋째, 교육과정 운영의 묘를 살려야 한다. 모든 개념을 가르치려고 하다가 흥미나 관심을 떨어뜨리기 보다는 중요한 그리고 큰 개념을 이해하도록 가르쳐야 한다. 현재의 교육과정들 속에서 어느 정도로 STS 접근을 할 수 있을 것인가? 교사는 어느 정도로 이 접근을 현재의 학교에 적용할 수 있을 것인가? 이에 대한 연구가 아직 시도되지 않았기 때문에 앞으로 STS 교육을 실제 해보면서 적용 가능 범위를 정하여야 할 것이다. 단지 현장의 모든 것을 다 누르고 교사의 교수법만을 바꾼다고 과학학습이 제대로 될 수는 없다. 이를 계기로 하여 교육과정과 학교의 관행들을 고치기 위한 노력, 대학 수학능력 검사 및 다른 유형의 비교 검사에 대한 재고가 있어야 한다.

넷째, 과학이 과학으로서의 제 위치를 찾도록 해야 한다. 과학은 암기하는 것이 아니고 질문하고 추리하고 예상하고 설명하는 것임을 알게 해야 한다. 이를 위해서는 먼저 교사들의 교육이 먼저 있어야 한다. 아이오와의 예와 같은 지속적이며 현장중심의 교육을 통해 현직 교육이 수행되어야 한다.

다섯째, 지도력의 문제이다. 중·고등학교의 학습 환경 개선은 어느 한 부분의 개선으로 실현되지 않는다. 전체적인 접근이 아니고서는 불가능하다. 단순히 잘 가르친다고 해서 좋은 과학 수업이 되지 않는다. 학교 교육행정이, 교육과정, 평가, 교원교육 등 모든 방면에서의 개선이 함께 이루어져야 한다. 매스컴을 활용한 홍보, 교육의 방향과 내용을 결정하는 의사결정 집단에 대한 영향력, 실제 개혁 추진 의지 등이 함께 맞물려야 한국 과학 교육의 개선이 가능하다. 교사나 대학 교수들의 지도력을 개발하여 다양한 영역에서 영향을 줄 수 있는

능력을 갖추어야 한다.

적 요

과학-기술-사회(Science-Technology-Society)와 구성주의(constructivism) 학습을 근간으로 한 아이오와 치타과 프로그램과 Iowa-Scope, Sequence and Coordination 현직교육 프로그램은 80년대와 90년대의 과학 교육 연구 결과와 사회의 변화에 기초하고 있다. 초, 중, 고등학교 과학 교과과정을 마친 학생들이 아주 피상적인 과학적 소양을 갖고 있음이 많은 연구들을 통해 확인된 것이다. 반면 학생들의 관심과 호기심을 바탕으로 학생들의 삶과 관련한 교육과정과 교수는 의미있는 과학 학습으로 인도될 수 있다.

아이오와 치타과 프로그램과 Iowa-Scope, Sequence and Coordination 현직교육 프로그램은 교사교육을 통해 현실과 관련한 과학교육을 수행하는데 큰 영향을 미쳤다. 인간의 삶의 맥락에서 구성주의 전략을 사용하여 과학을 가르치는 기법은 교사들에게 교수와 학습의 의미를 되새기게 했으며, 참여 교사들의 교수 전반에 영향을 주었다. 특히 모듈 개발을 통해 현장에서의 경험과 아이디어를 구체화하고 다양한 평가 방법을 통해 확인된 연구 결과는 교사와 학생 모두에게 바람직한 영향을 준 것으로 확인되었다.

본 현직교육 프로그램들은 1년 혹은 3년 동안 같은 교사들을 대상으로 지속적으로 이루어져 현장 교육에 직접적인 영향을 주었다. 이 프로그램에 대한 구체적 적용을 통해 우리 나라 과학교육의 방향을 지식 암기 중심에서 학생들의 삶에 기초한 탐구와 적용 중심의 학습으로 바꿀 수 있을 것이다. 또한, 현직교육 프로그램의 개선을 통해 이론과 현장이 만나는 장을 만들 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

권재술, 김범기(1993). 과학 오개념 편람·역학편. 한국 교원대학교 물리교육연구소.
조희형(1995). STS의 의미와 교육의 속성. 한국과학교육학회지, 15(3), 371-378.
최경희(1996). STS교육의 이해와 적용. (주) 교학사.
한국과학교육학회(1997). 제7차 과학과 교육과정에 관한 논의. 한국과학교육학회 하계학회, 전북대학교.
American Association for the Advancement of Sci-

- ence(1993). *Benchmarks for science literacy*. New York: Oxford University Press.
- American Association for the Advancement of Science(1990). *Science for all Americans*. New York: Oxford University Press.
- Blosser, P. E.(1981). Project synthesis. *ERIC information bulletin, NO 2*. ERIC Clearinghouse for Science, Mathematics and Environmental Education.
- Brooks, J. G., and Brooks, M. G.(1993). *In search of understanding: The case for constructivist classrooms*. Alexandria, Virginia: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Bybee, R.(1997). *Scientific literacy: Myth or fact*. Paper presented in Korean Overseas In-service Workshop. University of Iowa, Iowa City.
- Chae, D. H.(1992). *Naive theories in earth science among Korean students in grades six, eight and ten*. Doctoral dissertation, The Ohio State University.
- Cho, J.-I., Yager, R.E., Park, D.-Y., and Seo, H.-A.(1997). Changes in High School Teachers constructivist philosophies. *School Science and Mathematics*, 97(8), 400-405.
- Helgeson, S. L., Blosser, P. E., and Howe, R. W.(1977). *The status of precollege science, mathematics, and social science education: 1955-1975, vol I. science education*. U. S. Government Printing Office.
- Koppal, M.(Spring 1996). Meet Donald Langenberg. *2061 Today*, 5(1). American Association for the Advancement of Science.
- Leyden, M. B.(1985). You graduate more criminals than scientists. *The Science Teacher*, 51(3), 27-30.
- Liu, C-T., Lieu, J., & Yager, R. E.(1996). *1996 Iowa assessment handbook*. Iowa City: The University of Iowa.
- Lutz, M.(1996). The congruency of the STS approach and constructivism. In R. E. Yager (ed.), *Science/Technology/Society as reform in science education*(pp. 39-52). New York: State University of New York Press.
- McFadden, C. P.(1991). Towards an STS school curriculum. *Science Education*, 75(4), 457-469.
- McFadden, C. P., and Yager, R. E.(1993). *Science-Plus-technology and society*. Holt, Rinehart and Winston, Inc.
- National Science Teachers Association(1991). *NS-TA position statement on science/technology/society: A new effort for providing appropriate science for all*. Washington, DC: NSTA.
- National Research Council(1997). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- Simpson, G. G.(1963). biology and the nature of science. *Science*, 139(3550), 81-88.
- Welch, W. W. (1987). A science-based approach to science learning. In D. Holdzkorn, and P. B. Lutz(eds.), *Research within reach: Science education*(pp. 161-170). National Science Teachers Association.
- Yager, R. E.(1996). Meaning of STS for science teachers. In R. E. Yager(ed.), *Science/Technology/Society as reform in science education*(pp. 16-24). New York: State University of New York Press.
- Yager, R. E., Liu, C-T., and Blunck, S. M.(1993). *The Iowa Chautauqua Program annual assessment report 1992-1993*. Iowa City: The University of Iowa.
- Yager, R. E., Liu, C-T, & Varrella, G. F.(1993). *The Iowa Scope Sequence and Coordination(SS&C) project assessment report 1990-1993*. Iowa City: The University of Iowa.
- Yager, R. E., and Tamir, P.(1993). STS approach: reasons, intentions, accomplishments, and outcomes. *Science Education*, 77(6). 637-658.