

탐구로서의 과학학습의 본질과 탐구과학교육을 위한 제 조건들의 변화

조 정 일

(전남대학교 사범대학 생물교육과)

1. 서론

어떤 나라, 어떤 학문영역에서도 탐구라는 단어가 사용되고 있을 만큼 이 단어는 보편화되었다. 더욱이 과학교육과 관련하여 이 단어만큼 자주 사용되는 단어도 없을 것이다. 예를 들어 “탐구하다”, “탐구과정”, “과학적 탐구”, “탐구학습”, “탐구학습 모형”, “탐구수업” 등 탐구라는 용어가 포함된 여러 문구들을 쉽게 발견할 수 있다. 초, 중, 고등학교 교과과 교과과정에는 탐구과정과 탐구기술이 일관되게 강조되고 있다. (문교부, 제5차 교육과정, 1987 a, 1987 b, 1988)

비록 교과내용이 이 교과목표들을 충실히 반영하고 있지는 못한 현실이나 탐구과정과 탐구기술의 강조는 탐구가 과학의 본질에서 비롯된 과학교육의 필수적 요소로서 인식되고 있음을 보여주는 것이다.

우리나라 과학과 교과과정목표에 과학의 본성에 대한 이해를 포함시킨 것은 1974년부터 1981년까지 사용된 제 3차 교육과정이다. (정 완호, 1989). 제 2차 교육과정 (1963-1973)에서 제 3차 교육과정으로 과학과의 교과목표는 그 철학과 내용에서 크게 바뀌었다. Dewey의 교육사상에 기초한 생활중심주의적 과학교육에서 학문위주의 과학교육으로 변화되었다.

구체적으로 개념의 체계가 이루어지지 않았던 제2차 교육과정에 비해 개념의 연계성이 고려되었으며, 그에 따라 학문적 수준도 훨씬 높아졌다. 생활중심주의에 기초한 교과과정에서 강조되었던 지식의 응용보다는 제3차 교육과정에서는 과학의 본성과 과학의 과정 등 과학자를 양성하는데 필요한 기능, 지식을 강조하였다.

제 4차와 제 5차 교육과정 중 과학과 교과목표는 분명한 변화를 보이지 않으며, 다만 과학, 기술의 사회와의 관계성을 포함시킨 것이 제 3차 교육과정의 과학과 교과목표와 다른 점이다. 20년전이나 지금이나 과학과 교과과정에서 탐구과정이나 기술을 동일한 의미로 취급하는 것은 탐구학습과 관련하여 변화되어 온 과학철학적, 과학사회학적, 학습심리학적 측면을 무시하는 데 따른 결과이다. '70년대, '80년대를 통해 꾸준히 변화해 온 이러한 측면의 배경아래 탐구의 의미가 새롭게 조명되어야 한다.

'60, '70년대 과학자를 배출하기 위해 개발된 교과과정에서 말하는 과학적 방법과 과학적 문명인(a scientifically literate man)으로서 개인을 육성하기 위한 교과과정에서의 과학적 방법은 비록 같은 용어를 사용하고 있으나 같은 의미로 해석될 수 없다. 20년 전의 사회에서 요구하였던 탐구능력과 80년대,

90년대, 나아가 21세기의 사회에서 살아가기 위해 필요한 탐구의 능력은 본질적으로 다르기 때문이다.

그러한 주장은 초, 중, 고등학교의 과학교육이 과학자를 배출하기 위한 예비과목이기 보다는 각 사람이 사회에 나가 건전한 생활을 영위하는 데 필요한 지식, 기능, 태도를 습득케하는데 목적이 있다는 점에서 정당화될 수 있다.

게다가 과학적 지식이 단순히 감각기관을 통해서 얻어진 자료들의 해석으로 부터 나온다는 경험론자들의 견해와 새로운 지식의 습득 혹은 형성은 그 학습자가 이미 가지고 있는 지식구조에 바탕을 둔다는 구성주의자들(constructivists)의 견해는 탐구활동¹⁾이나 탐구과정에 대해 서로 다른 해석으로 이끈다. (조희형, 1984)

과학교육에서 탐구에 대해 여러 영역들—과학철학, 학습이론, 과학교육의 목표군, 사회적 배경—에서 체계적으로 논의되어지며 그 결과들이 과학교과과정과 현장의 실제 과학수업, 그리고 교사양성기관의 교육과정과 교수법에 적용되어야 할 것이다. 본 논문에서는 ‘탐구로서의 과학학습’의 의미를 규명해보고, 지난 20여년간 과학교육과 관련하여 변화된 여러 조건들에 따라 탐구학습에 대한 인식 변화의 필요성을 밝히고자 한다.

2. 탐구로서의 과학학습

탐구가 무엇이나고 질문을 받는다면 누구나 나름대로 믿는 바를 말할 것이며, 탐구에 대한 각 사람의 의견은 그대로 의미있다고 할 수 있다. 아마도 다양한 정의들을 내릴 것이다. 그 중 공통적인 내용은 몇 단계의 소위 과학적 방법을 구성하는 과정들, 혹은 수업의 한 형태로서 실험 수업, 혹은 탐색, 발명, 적용학습으로 이루어지는 학습 순환 방법²⁾ 등일 것이다. 그러나 이 용어가 학술논문, 교과서, 교과과정에 사용될 경우에는 보다 명확한 정의가 요구된다. 초, 중, 고등학교 과학과 교사용지도서는 탐구를 포

* 1) 여기에서 사용하는 탐구활동은 소위 과학하는 행위(scienceing)에 포함되는 활동들, 예를 들어 실험, 가설설정, 예견, 온도계를 읽는 일 등을 통틀어서 지칭한다. 탐구과정은 조작적 기능들이 외의 논리적, 창의적 사고를 요구하는 활동들을 의미한다.

예) 변인통제, 실험구상, 가설설정.

합하고 있는 용어들에 대해 설명하고 있다. 국민학교 교사용지도서(문교부, 1985)에는 ‘탐구과정,’ 혹은 ‘과학적 탐구과정’으로 관찰, 분류, 측정, 추리, 가설형성, 예상, 모형사용, 변인조절의 8가지를 들고 있다. 그리고 ‘탐구로서의 과학학습’으로 탐색학습, 발명학습, 발견학습의 순서로 진행되는 한 모형을 제시하였다.

중학교 과학교사용 지도서(서울대학교 사범대학 과학교육 연구소, 1984)에는 탐구의 과정을 유도과정(관측한 사실을 설명하기위한 이론을 세우는 과정), 추리과정(이론을 이용하여 새로운 현상을 예측하는 과정), 검증과정(추리과정을 거쳐서 얻은 예언에 따라 새로운 사실을 관측하는 과정)으로 구분하였다. 이 세 과정들은 국민학교 교사용지도서에서 진술하고 있는 학습순환방법의 단계들로서 학생들에게 새로운 과학개념을 가르치기 위해 개발된 탐구학습의 과정들과 유사하다.

국민학교 교사용지도서에서 언급되었던 ‘탐구로서의 과학학습’의 문구가 가지는 이중적 의미를 살펴보면 탐구와 관련된 의미의 혼동을 없앨 수 있다. 이 문구는 두 가지 다른 의미를 가지고 있다. 하나는 ‘탐구로서의 과학학습’으로 과학적 탐구라는 모델을 사용하여 ‘과학학습’(혹은 수업)을 진행한다는 뜻이다. 즉 Teaching as Inquiry이다. 다른 하나는 ‘탐구로서의 과학 학습’으로 학습 혹은 수업의 내용이 탐구로서의 과학이라는 뜻으로 해석될 수 있다. 즉 Science as Inquiry로서 과학적 탐구가 수업의 모형이 아니라 그 수업내용 자체임을 의미한다.

전자의 경우 학생들이 경험을 통해 배우도록 하며 문제를 확인하고 정의하며 가설을 설정하며, 실험을 고안하고 분석하며, 결과를 해석하도록 기회를 제공한다. 이 탐구수업모델은 호기심, 인내, 실패의 경험, 문제를 처리하는 법과 같은 태도적 측면 또한 가르치도록 되어 있다. 탐구수업은 학생들에게 위와 같은 활동을 하도록 기회를 제공하지만 그러한 활동이 순수하게 과학적 활동이라고 할 수 없다. 이에 대하여 Kyle(1980)은 다음과 같이 주장한다.

한사람이 합리적으로 개념을 합성하고, 과학적으로 탐구하며 충분한 귀납적 사고를 통해

* 2) 학습순환방법은 Keapulus가 개발한 수업방법인 learning cycle을 의미한다.

문제를 해결할 수 있기 위해서는 기본 능력들의 습득이 우선되어야 한다. 과학교과에서 실제학습과정에 과학의 탐구적, 실험적 그리고 발견적 단계들이 포함될 수 있고 포함되어야 한다. 그러나 이와같은 학습과정이 과학적 탐구는 아니다. 차라리 그 실제학습과정은 과학적 탐구를 위한 필수단계일 뿐이다(P.P. 125~126).

후자의 개념으로 사용될 경우, 가르쳐지는 것 혹은 학습되는 것이 바로 과학의 본질인 '과학적 탐구'로서 과학적 지식, 혹은 과학의 결론들이 어떤 체계아래에서 문제가 제기되었고 검증되어 형성되었는지를 보이는 것이 그 활동의 핵심이다. BSCS 교사 지침서에 나오는 바 탐구로서의 과학을 가르치는 것의 특징들은 과학적 지식의 형성과 관련하여 제기된 문제들과 수행된 실험들을 학생들에게 말하고, 어떤 자료들이 발견되었고, 그 자료들이 어떻게 해석되었으며, 과학적 지식으로 전환되었는지를 학생들에게 제시하는 것이다. (Schwab, 1963)

과학의 본성으로서 과학적 탐구가 단순히 독립된 어떤 과학적 활동에 참여함으로써 이해될 수 있는 것은 아니다. 다시 말해서 학생들이 문제를 발견하고 정의하는 활동에 참여한다고 해서 여러 과학적 지식들이 형성될 때 어떤 과정을 통해 문제가 제기되고 확인되며 자료들이 어떻게 해석되는지 등의 일반적인 과학의 본성을 이해할 수 있도록 기대할 수 없고 기대해서도 안된다. 아주 우수한 극히 소수의 학생을 제외한 대부분 학생들은 탐구수업을 통해서 과학적 탐구를 수행하는 것이 아니라 과학적 과정 혹은 탐구과정을 배우고 있는 것이다.

BSCS는 탐구로서의 과학(Science as Inquiry)을 가르치기 위해서 여러 기법들(Techniques)을 사용한다. (Joyce and Weil, 1986).

첫째, 과학의 잠정적 특성을 나타내는 진술들(예를 들어 "우리는 ...에 대해 아직 잘 모른다")을 사용한다. 또한 현재의 이론들이 시간이 경과함에 따라 다른 이론에 의해 대체될 수 있음을 지적한다.

둘째, "결론의 나열(Rhetoric of conclusions)" 대신에 소위 "탐구적 진술"을 사용한다. 그러한 진술은 생물학의 주요 아이디어들의 역사를 서술하고 그 뒤를 따라 그러한 영역에서 탐구가 어떻게 진행되어 왔는지를 제시하는 방식을 의미한다.

셋째, 실험실작업이 교과서내용을 단순히 설명하기 보다는 학생들이 문제를 연구하도록 유도하기 위한 의도로 제시된다.

넷째, 실험실 프로그램은 학생들을 실제적인 문제의 탐구에 참여시키는 불력들로 고안되었다. 처음에 학생들은 과학자들에게 이미 익숙하고 그 문제가 이미 해결된 자료들을 제공받는다. 그러나 일련의 문제들이 진행되어 갈 때 그들은 점점 지식의 최전선에 가까이 가게 된다.

마지막으로, 소위 "탐구에의 초대"라는 프로그램의 사용이다. 실험실의 기능과 같이 탐구에의 초대는 연구의 첨단에 속하는 자료와 관련된, 혹은 생물학에서 방법론적 문제와 연관된 사고를 이해하고 참여하게 할 수 있는 활동들로 학생들을 끌어 들인다.

이 BSCS의 제안을 토대로 교과과정자료들이 과학의 본성을 어느 정도 반영하고 있는지를 평가하는 도구가 개발되었다. Tamir(1985)에 의해 잠정적으로 개발된 '탐구내용분석표'(Inquiry Content Analysis)는 교과서의 내용과 진술형식들이 과학적 탐구를 반영하는 정도를 평가한다. 평가 방법은 교재의 내용과 진술형식에 따라 각 문장을 "결론의 나열"과 "탐구적 진술"로 구분한다. Tamir에 따르면 '결론의 나열'은 어떤 지식의 발견으로 이끈 방법, 과정, 아이디어들을 언급하지 않고 지식을 최종적이고 절대적으로 제시하는 문장들을 일컫는다. 예를 들어

"세포호흡에 필요한 산소는 혈액이 운반한다." (생물 I, 동아서적주식회사, p. 39)

"기체는 가한 압력의 크기에 따라 그 부피가 변한다"(중1과학, 서울대학교 과학교육 연구소, P.161)

등은 "결론의 나열"로 분류된다.

"탐구적 진술"은 생물학에서 주요 아이디어들의 역사가 기술되고 그 분야에서 탐구의 경로(course of inquiry)를 보여주는 문장으로 정의되었다. "탐구적 진술"로 구분될 수 있는 문장의 예로서 다음을 들 수 있다.

"발생과정에서 일어나는 세포의 분화에 대해서는 진성설과 후성설이 있다." (생물 I, 동아서적주식회사, p. 83)

"그(멘델)는 주로 완두를 사용하여 7년 간에 걸친 실험, 관찰, 분석의 결과를 1865년에 발표하였으나, 그 논문은 당시의 학계의 주목

을 끌지 못한 채 35년동안이나 사장되어 있다
 가 1900년에 드 프리스, 코렌스, 체르막에 의
 하여 재발견되어 비로소 세상에 알려지게 되
 었다.” (생물 I, 동아서적주식회사, p. 96)

이 탐구내용분석표의 항목들은 학생들이 과학의
 본질을 이해하는데 필요한 요소들이라는 개발자의
 판단에 의한 것으로 과학적 지식의 특성, 과학자의
 활동, 탐구활동들로 구성되어 있다. 과학적 지식의
 특성과 관련하여 과학적 지식의 잠정성과 불완전성,
 아이디어들과 발견의 경과들, 과학적 사실과 과학적
 법칙의 형성과정에 관한 준거가 포함되었다.

과학자의 활동과 관련하여 과학자들의 이름의 거
 론, 개인적 그리고 사회적 배경이 포함되었다. 탐구
 활동과 관련하여서는 의심이 제기되고 타당성이 검
 증되는 일반적인 과학 활동의 관계, 통상적인 과학
 적 방법의 존재(예, 거의 모든 실험상황에서 비교군
 설정의 필요성 등), 과학연구에 있어 기술의 공헌,
 과학적 방법에 의한 실험이 갖는 전체와 한계가 포
 함되었다. 구체적인 탐구과정으로는 질문제기, 문 제
 설정, 가설설정, 예견, 관찰과 측정의 과정들이 포함
 되었다.

표 1은 탐구내용분석표를 이용하여 우리나라 교과
 서 생물 I(동아서적주식회사, 유전부분)과 중1 과학
 생물내용을 분석해 본 결과이다. 분석의 단위는 한
 단원이며 한 단원에 있는 모든 문장을 분석하여 일
 단 “탐구적 진술”인지 “결론의 나열”인지를 결정하
 고, “탐구적 진술”로 분류된 문장들은 탐구내용분석
 표의 해당범주로 다시 분류된다. 표 1에서 “-”는 조
 사된 범위에서 그 범주에 해당하는 문장을 발견할
 수 없었다는 것을 표시하고, “+”는 그 범주에 해당
 하는 문장이 한 번 발견된 경우이며, “++”는 두번
 이상 발견된 것을 표시한다.

이 탐구내용분석표를 교과서의 분석에 적용해 본
 결과 교사들이 이 도구를 사용함으로써 몇 가지 효
 과를 얻을 수 있을 것으로 사료되었다.

첫째, 교사들이 과학의 본성으로서의 탐구를 이해
 할 수 있다.

둘째, 교사들이 이 분석표를 사용하여 쉽게 과학
 교과서에 나타난 과학적 탐구의 정도를 평가할 수
 있다.

셋째, 전체적으로 과학적 탐구를 강조하는 과학교
 과서를 선택하는 데 효과적으로 사용될 수 있다.

표1 과학적 탐구내용의 분석

범주들	빈도	
	생물 I (유전)	중학교과학 I (생물)
1. 지식이 잠정적이며 불완전한 것으로 제시된다.	++	-
2. 의심이 제기되고 타당성이 검증된다.	-	-
3. 논쟁의 여지가 있는 의견들이 제시된다.	-	-
4. 아이디어들과 발견의 역사가 기술된다.	++	+
5. 전형적인 과학적 방법의 한 요소가 포함되어 있다.	+	-
6. 과학자들에 따라 다른 과학적 방법을 사용한다.	-	-
7. 과학적 사실은 과학자들의 페러 다임에 의해 결정된다.	-	-
8. 연구자들의 이름이 거론된다.	+	+
9. 연구자들의 개인적, 사회적인 배 경이 기술된다.	-	-
10. 연구에 대한 기술(테크놀로지)의 공헌이 기술된다.	+	-
11. 질문이 제기된다.	++	++
12. 문제가 설정된다.	++	++
13. 가정이 설정된다.	++	+
14. 예견이 시도된다.	++	-
15. 관찰과 측정이 기술된다.	-	++
16. 데이터가 제시된다.	++	-
17. 데이터가 해석되고 결론이 유도 된다.	++	-
18. 실험이 서술된다.	++	++
19. 설명이 제시된다. (실험과 관찰 및 측정에 관한)	++	-
20. 전체와 한계가 언급된다.	++	-
21. 표가 제시되고 해석된다.	++	-
22. 그래프가 제시되고 해석된다.	-	-
23. 사진과 화보가 제시되고 해석된다.	++	++

* - : 해당범주가 한번도 발견되지 않았다.

+ : 해당범주가 한번 발견되었다.

++ : 해당범주가 두번이상 발견되었다.

넷째, 과학적 탐구의 요소들을 포함한 수업을 계획
 하는데 효과적이다.

이 단원을 요약하여 보면, ‘탐구로서의 과학학습’
 은 두 가지 다른 의미를 포함한다. 하나는 과학적 탐
 구를 수업의 모형으로 삼아 가르치는 것으로 대체로
 실험활동을 통한 수업을 말한다. 다른 하나는 학생

들에게 탐구로서의 과학을 가르치는 것으로 과학적 지식의 형성과 관련하여 제기된 문제들, 수행된 실험들, 발견된 자료들, 그 자료들의 해석과 결론의 도출을 제시하는 것이라고 할 수 있다. 학생들이 단순히 탐구활동에 참여함으로써 '탐구로서의 과학'을 이해하기란 어렵다. 교과서의 내용을 평가하는 '탐구 내용분석표'의 활용은 교사에게 과학적 탐구에 대한 이해와 수업에 도움을 줄 수 있을 것이다.

3. 시대에 따른 탐구수업의 변화

일반적으로 미국의 과학교육은 시대에 따라 크게 1950년대와 그 이전, 1960년대와 70년대, 그리고 1980년대와 그 이후로 구분되어진다. 1950년대 이전에 '과학적 방법'이란 고정된 순서를 따라 진행되는 특별한 과정을 의미했다. 그 '과학적 방법'의 단계들은 의외도록 가르쳐 졌다(Fowler, 1977). 그 단계들은

1. 문제의 정의
2. 데이터 수집
3. 가설(들)의 형성(그러나 보통 과학자들은 한번에 이 가정들 중에 하나만을 다루는 것으로 제시되었다).
4. 가설들의 검증
5. 오직 "하나의" 결론 형성
6. 새로운 상황에 그 결론의 적용

으로 구성되었다. 그와 함께 실험실활동의 목적은 지식을 시범적으로 보여주거나 시각화시키거나 혹은 확인하는 것이었다.

3-1. 새교과과정시대의 탐구수업

1960, 1970년대는 새교과과정운동(New Curriculum Movement)이 시작되고 지속되었던 기간이다. 이 운동의 영향은 가히 전 세계적이라고 할 만큼 널리 영향을 끼쳤다. 이 기간 중에 과학적 방법은 유일한 과정이 존재하는 것이 아니라, 여러 다양한 과학적 방법들이 있을 수 있으며, "순수"과학에 학생들을 참여시키도록 고안된 탐구와 발견과정들로서 제시되었다. 실험실활동의 목적은 탐구기능을 개발하고 지식을 "발견"하는 것이었다. 이 지식의 발견은 단순화된 문제상황이 주어지고 그문제를 해결해 보도록 하는 과정을 통해 이루어졌다.

Joseph Schwab에 따르면 탐구형태로의 실험실의 전환은 다음 두 가지의 변화들을 통해 이루어진다고 말했다. 첫째, 실험실활동의 본질적인 부분은 교실에서 이루어지는 과학수업을 뒤따라 오지 않고 앞서도록 해야 한다. 둘째, 단순한 시범을 보이는 것으로서의 실험실활동의 기능이 다른 두 가지 기능에 종속되어야 한다. 하나는 교실에서 이루어지는 수업에 대한 기여이다. 수업자료들이 '결론의 나열로부터 탐구의 경로를 보이는 방식으로 전환되면서 결론 그것만이 더 이상 주요 부분이 될 수 없고 그 대신 과학적 문제의 진술, 해결을 위해 필요한 데이터의 결정, 이 데이터의 해석에 관한 설명, 그리고 결론의 도출로 구성된 단원들을 다루게 되었기 때문에 실험실의 첫째 기능은 이러한 과정들에 대한 실제적인 예를 보여 주는 것이다.

실험실의 또 하나의 기능은 학생들 나름대로 축소 실험(탐구학습을 위해 꾸며진 프로그램)을 해 보도록 기회를 제공하는 것이다. 학생들에게 단순화된 어떤 상황이 주어졌을 때 스스로 문제를 확인하고, 해결을 위해 설계를 세우고 그 과정에 따라 연구하도록 한다. 이것은 실험실에서의 자유허용도(교사와 학생간에 실험의 역할 분담의 정도)를 타나내는 표 2에서 보면 IV나 V 유형의 실험을 의미한다.

1960, 1970년대 동안은 "순수"과학에 학생들을 참여시키는 데 목적이 있었기 때문에 BSCS와 같은 교과과정은 일반 생활에서 만나는 문제들이 아니고, 생물학자들이 다루는 지식을 그 범위와 수준을 축소시켜 학생들이 스스로 지식을 발견하게끔 하는 방법을 시도하였다. 이 기간동안에 제안되었던 탐구수업

표 2. 실험실에서의 자유허용도

유형 \ 실험단계	I	II	III	IV	V
1. 문제기술	교	교	교	교	학
2. 가설	교	교	교	학	학
3. 실험계획	교	교	학	학	학
4. 실험수행	학	학	학	학	학
5. 데이터수집	학	학	학	학	학
6. 결론	교	학	학	학	학

교 : 교사, 학 : 학생

(From Blosser, 1980, p. 39)

이 어떤 것이었는지 한 마디로 정의할 수 없다. 많은 과학교육자들이 서로 다른 정의를 내리고 있다.

Joyce와 Weil(1986)은 탐구로서의 접근인 BSCS의 본질은 학생들에게 생물학자들이 하는 것과 유사한 기법들, 즉 문제를 확인하고 그것을 해결하기 위해 특정한 방법을 사용함으로써 정보를 처리하는 법을 가르치는 것이라고 하였다.

Sund와 Trowbridge(1967)는 탐구수업의 본질을 학생중심의 교수를 촉진하기 위한 학습환경을 만드는 것이며 교사는 학생들이 과학적 개념들과 원리들을 발견하도록 충분한 지도를 제공하는 역할을 해야 한다고 하였다.

Voss와 Brown(1968)은 탐구수업은 학생들이 새로운 지식이 어떻게 얻어지는지를 알 수 있도록 하는데 탐구수업의 초점이 있다고 하였다.

한안진(1987)은 아동중심의 활동을 강조하는 학습형태는 모두 탐구학습이 될 수 있다고 하였다.

Sweitzer, Howe, Helgeson과 Blosser(1982)에 따르면, 탐구수업은 일반적인 탐구전략들에 적극적으로 참여함으로써 학생들이 개념, 과정, 기능들을 습득하도록 촉진하는 교사의 행동들을 말한다. 그것은 과학의 탐구적, 그리고 발견적 단계들의 측면을 포함하며, 학생들이 개념의 의미를 검증하고 구체화(혹은 세련화, refining)할 기회를 제공한다. 이러한 유형의 학습과 과학적 지식, 그리고 과정들의 습득과 합성을 통하여 과학적 탐구를 수행할 능력을 갖출 수 있다. 탐구수업을 이끌 수 있는 교사는 확산형 발문기술을 소유하며, 과학의 과정들에 대한 지식을 가지며, 학생 중심의 귀납적 학습활동을 수행할 수 있는 능력을 가지고 있어야 한다고 주장한다.

3-2. 1980년대의 탐구교육에 대한 논의들

순수학문의 배경아래 주창된 탐구수업은 80년대에 들어 오면서 그러한 노력의 결과의 분석이나 과학교육의 새로운 목표설정 등에 의해 비판적 시각에서 개선의 필요성이 제기되었다.

1977년과 1978년에 걸쳐 세 종류의 보고서들이 과학교육과 관련하여 나왔다. 이것들은 미국의 National Science Foundation의 후원아래 1960년 이래 시도되어 왔던 새교과과정들이 현장 교육에 얼마나 영향을 끼쳤는지 알아보기 위해서였다. 이 연구들은 각

각 문헌조사(Helgeson, Blosser, Howe, 1977), 사례연구(Stake, 1978), 설문서(Weiss, 1978)라는 다른 방법을 통해 이루어졌다. 이 연구의 결과들과 제 3차 National Assessment of Educational Progress(NAEP)의 자료들을 종합하여 Harms와 Yager(1981)는 과학교육의 바람직한 상태, 과학교육의 현실, 그리고 이 둘사이의 차이들을 대조시키는 방법을 통해 새로운 교과과정을 제시하였다. 그 책에서 보고된 탐구교육의 현실은 다음과 같이 요약될 수 있다.

대부분의 경우, 교사들은 탐구적 접근법을 다루기 힘들며, 특히 교과관련문제들을 가지고 교실에서 탐구적으로 접근하기 어렵다는 것을 발견했다. 게다가 많은 교사들은 탐구가 모든 학생들에게 다 "적용"되지 않는음을 느꼈다. 대학의 예비교사교육의 미비가 학교에서 탐구수업의 부실을 야기하는 한 요인으로 나타났다. 상위과목(advanced courses)을 위해 학생들을 준비시키는 일과 사회화³⁾(socialization)가 탐구전략의 사용을 저해하는 두 가지의 가장 중요한 요인들인 것 같다(Blosser, 1981, p. 5).

NAEP를 통해 확인된 탐구교육의 결과로는 다음과 같다.

학생들이 과학적 탐구의 본성과 과정들에 대해 약간의 지식을 갖고 있는 것 같지만, 그 과정들에 대한 실질적 이해는 나타나지 않았다. 학생들은 일반적으로 과학은 자기가 아닌 다른 사람에 의해 이루어졌으며 그들 자신의 사고에 통합(혹은 일원화)시킬 수 없다고 생각하였다. 학생들은 과학자들이 새로운 증거에 비추어 그들의 사상을 바꾼다는 것을 깨닫고 있으나 그들 스스로는 그와 똑같은 과정에 참여하려고 하지는 않았다. (Blosser, 1981, p. 5).

한편 일반적으로 탐구수업의 효과가 미미한 것으로 나타났지만 새교과과정 운동의 교과과정자료들을

* 3) 사회화란 교사가 학생들이 수업분위기를 흐트러뜨리거나 무질서해지는 것을 막기 위해 학생들에게 권위를 가지고 대하며, 학교나 학습의 규율 혹은 수업시간의 목시의 규율에 순종하도록 요구하는 학교 분위기를 말한다. 따라서 그러한 환경에서는 교사가 탐구수업에서 요구되는 정보제공자나 인도자, 혹은 조절자로서의 역할을 수행하기 어렵다.

사용한 집단이 전통적인 교과서를 사용한 집단보다 모든 준거들 (지식, 태도, 과정과 기능, 분석력, 창의력 등)에서 높은 성취도를 보였다. (Kyle, 1984). 25년간에 걸쳐 새교과과정자료들과 기존의 교과서들을 비교한 105개의 실험연구를 종합해서 초월분석⁴⁾ (Meta-Analysis)해 본 결과 교육의 전 영역에서는 새 교과과정을 사용하는 학교의 평균수준의 학생이 전통적인 교과과정을 사용하는 학교의 학생들의 63%를 능가하는 성취도를 보였다 (Shymansky, Kyle, and Alport, 1983). 고등학교 생물탐구수업의 효과를 보면, BSCS 교재를 사용하여 탐구수업을 한 학교의 평균수준의 학생은 전통적인 수업방식에 따라 수업을 한 학교의 학생들의, 지식면에서는 64%를, 문제 해결기능에서는 67%를, 그리고 과학적 태도에서는 54%를 능가하는 성취도를 보였다 (El-Nemr, 1979).

그래서 전통적인 교과과정의 비교실험연구결과는 교과과정운동 중 개발된 교과과정들은 지식, 태도, 그리고 상위의 인지능력 등 모든 영역에서 학생들의 성취도를 증가시켰음을 보여 주었다. 그러나 이와 같은 교과과정의 비교연구와는 달리 학생들의 전반적인 성취도, 과학적 소양 등은 후퇴하였고, 그 교과과정의 기본 정신이나 요구되는 탐구수업이 현장에서 가르쳐지지 않는다는 것이 전국 규모의 자료분석 결과이다.

탐구교육의 부정적 결과와 함께 80년대에 들어와 변화된 사회환경은 새로운 과학교육목표의 설정을 요구하였다. 80년대 초반에 제시된 과학교육의 목표는 크게 4개의 군으로 구분되었다. (Harms and Yager, 1981).

개인적 필요—과학교육은 개인이 자신의 삶을 향상시키고 증가하는 기술사회에 대처하기 위해 과학

을 적용할 수 있도록 학생들을 준비시켜야 한다.

사회적 논쟁점—과학교육은 과학과 관련된 사회적 논쟁점들을 책임있게 대처할 수 있을 만큼 트인 시민 (informed citizens)을 육성하여야 한다.

학문적 준비—과학교육은 과학을 직업면이나 학문적으로 과학을 전공할 학생들이 그들의 필요에 적절한 학술적 지식을 습득할 수 있도록 해야 한다.

직업교육/직업인식—과학교육은 모든 학생들에게 여러 다양한 과학, 기술분야의 직업들의 특성과 전망에 대해 인지토록 해야 하며, 자신의 적성과 흥미와 연관시킬 수 있도록 해야 한다.

과학, 기술문명의 발달은 개인의 생활을 위해서도 과학지식을 요구하게 되었다. 사회적으로는 문명의 이기뿐 아니라 사회전반에 해를 끼치는 환경오염 등을 낳았고, 유전공학, 원자력 등의 과학, 기술과 관련된 사회적, 윤리적, 가치들을 내포된 문제들을 야기시켰다. 따라서 이러한 문제들을 집합적 의사결정을 통해 현명하게 결정을 내릴 수 있는 시민들의 양성이 시급해 졌다. 또한 분화되고 새로 출현하는 다양한 직업들에 대한 올바른 인식과 준비가 요구되게 되었다. 이러한 사회적 제 변화들은 과학교육이 학생들의 학문적 준비만큼 개인적 필요, 사회적 논쟁점, 그리고 직업교육의 목표군들을 실현하도록 수행될 필요성을 제공하였다.

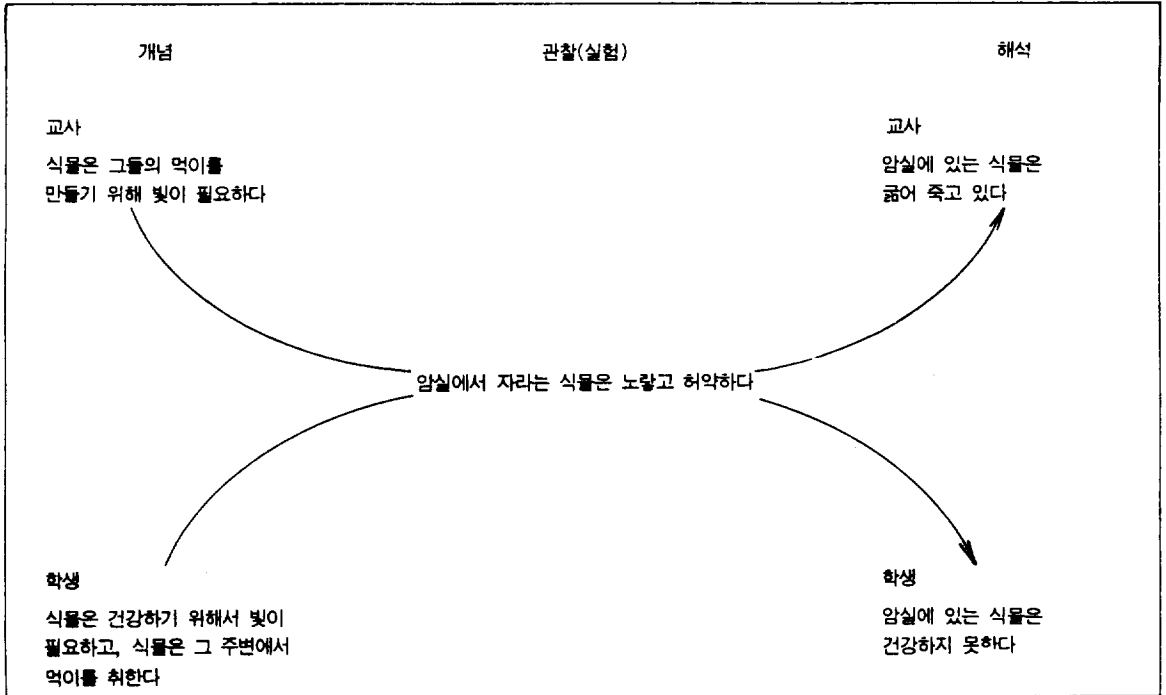
따라서 이러한 배경하에서 과학적 방법들은 결정을 내리기 위해 필요한 정보들을 수집하기 위해 개인적, 환경적, 그리고 사회적 문제들에의 탐구라는 형식으로 제시되어야 한다. 실험실활동들은 문제를 해결하고, 단순화된 혹은 종합적인 탐구과정을 배우고 의사결정기술을 개발할 기회를제공하는 것이어야 한다.

Welch (1981)는 탐구교육의 이상과 현실의 괴리를 지적하고 과학교육에서 탐구와 관련하여 학생들로부터 기대하는 모든 결과들에 대하여 개인적 차이, 개인의 목표들 그리고 그 지역사회의 바램들이 고려되어야 한다고 주장했다. 그는 현재의 교육에서 각 학생들의 학습경험과 그들의 기질과 필요로 적절하게 조화시키는 것이 기술적으로 가능하며 탐구영역에서 이러한 유형의 조화는 매우 바람직하다. 그것은 탐구와 관련된 바람직한 학습목표 혹은 결과들은 다양한 차이를 보이는 학생들만큼 다양하기 때문이다. 과학교육자들이 과거에 주장했던 것같이 모든 학생

* 4) Meta-analysis(초월분석)이란 같은 변수를 측정한 연구들을 종합하여 그 결과들의 전체적인 경향, 혹은 결론을 내리는 2차 분석방법이다. 이 분석에서는 효과범위(effect size)라는 단위가 사용되며 이것을 각 변수에 대한 두 비교집단간의 차이를 나타낸다.

$$\text{효과범위} = \frac{\text{실험군의 평균} - \text{비교군의 평균}}{\text{비교군의 표준편차}}$$

효과범위가 1이면 처리군의 평균과 비교군의 표준편차만큼 처리군이 높은 성취도를 보였음을 의미한다. 이 수치는 정규분포상에서 1표준편차 안에 34%가 포함되기 때문에 대략 처리군의 평균 학생이 비교군의 84%를 능가하는 성취도를 얻었다는 의미이다.



(From Smith and Anderson, p. 691)

그림 I 식물의 성장과 광합성에 대한 교사간과 학생간의 개념과 해석 차이

들이 탐구와 관련된 모든 목표들을 성취하도록 기대해서는 안된다. 어떤 학생들, 그리고 어떤 학교환경에서는 탐구와 관련된 어떤 결과도 기대하지 않는 것이 보다 적절한 일일 수도 있다고 했다.

탐구학습개선을 위한 또 하나의 조건은 학습심리학의 연구결과에서 찾을 수 있다. 학생들이 어떻게 지식을 형성하는가의 문제에 대한 구성주의자들의 관점은 이전의 경험론자, 실증주의자들의 것과는 다르다. 구성주의자들의 공통된 의견은 사람들은 그들의 기존 지식구조와 논리적으로 일관되게 새로운 지식을 습득, 형성한다는 것이다. 그들의 견해에 따르면 사람들의 지식구조가 타당한 지식과 차이가 있는 지식으로 구성되어 있는 경우, 그들이 새로 받아들이는 지식을 기존의 지식구조에 맞게 변형하거나 혹은 기존의 논리적 구조를 고수하여 타당한 지식을 거부한다. 이러한 주장의 실험적 연구는 물리학의 역학 개념으로부터 시작됐고, 현재는 거의 모든 분야에서 그와 같은 인식론적 문제가 확인되었다. (Pines and West, 1986)

탐구수업 모형에 의해 귀납적 방법으로 관찰을 통해 지식을 얻도록 수업을 진행했을 때 교사가 학생들이 얻기 원하는 개념들을 갖도록 하는데 성공하지 못했다(Smith and Anderson, 1983). 식물의 성장과 광합성에 대한 실험수업의 경우 국민학교 5학년 학생들은 교사가 원하는 해석과는 다르게 자기들의 관찰을 해석하였다. 그림 1에서 그 학생들은 수업에 들어가기 전에 이미 그들의 경험을 통해 주위 세계를 잘 설명한다고 여겨졌던 나름대로의 지식을 가지고 있었으며, 교실에서의 정확한 관찰을 교사의 의도와는 다르게 자신들의 지식체계에 따라 해석하였다.

이러한 연구결과들은 탐구과정을 따라 실험이 이루어져도 학생들은 교사가 발견하기를 바라는 새로운 지식에 이르지 못할 수 있음을 보여주며, 학생들의 지식체계를 고려한 탐구수업방법과 전략의 필요성을 시사해 준다.

이 단원의 요약으로는 과학교육에서 탐구수업이 활발히 주장되었던 60년, 70년대의 교육, 사회적 배경과 1980년대 그리고 그 이후의 배경에는 많은 변화

가 있어왔다. 그 당시 탐구수업은 “순수”과학을 중심으로 이루어졌고, “과학자처럼 사고하고 행동하도록”하는 것이 탐구수업의 근본적인 목표이었다. 그러나 아주 적은 비율의 학생들만이 과학을 전공한다는 사실의 인식, 과학과 기술적 지식이 개인의 생활과 사회에 미치는 영향들이 점차 증가한다는 사실, 그에 따른 과학교육 목표의 변화, 그리고 그 동안의 탐구교육 노력의 미미한 성과 등의 과학교육 내외적 변화들이 일어났다. 이러한 변화와 함께 탐구교육이 현실성있고 보다 효율적이기 위해서는 학생개개인의 능력, 경험, 흥미, 장애 직업이 고려된 탐구목표가 설정되어야 하며, 사회의 제 문제들을 현명하게 결정할 수 있는 종합적인 문제해결능력과 결정을 내리는 기술을 습득하도록 해야 한다. 또한 학생의 기존지식체계가 지식의 발견과 해석에 영향을 끼친다는 인식론적 견해가 탐구수업방법과 전략변화의 필요성을 제시해 준다.

4. 맺음말

위의 논의들은 미국의 문헌들을 중심으로 이루어졌다. 이 분석결과들이 우리나라의 과학교육과 직접 관련이 없다 할지라도 과학에 기초한 문명이 전 세계적으로 거의 같다는 점에서 볼 때 우리나라의 과학교육에도 적용될 여지는 충분히 있다. 한편 과학지식이 사회에 미치는 영향의 증가와 그것이 과학교육에 반영되어야 한다는 주장은 각 나라의 사회, 문화, 정치적 제 가치나 조건들을 포함하기 때문에 우리나라의 교육, 사회적 조건에 적절한 과학교육의 목표와 그에 따른 탐구학습모형이 개발되어야 한다. 과학교육의 기본 목표들은 한국의 특수한 조건을 고려하여 설정하려는 시도는 앞으로 보다 포괄적인 과학교육의 목표설정과 집합적 의견도출 등의 사회적 가치를 포함한 과학교육의 시도를 염두에 둘 때 바람직한 일이라 생각된다(장 남기, 1989).

탐구학습의 실현을 위해서는 교사의 역할에 대한 관점의 변화가 뒤따라야 한다. 이미 지적한 대로 미국의 경우에도 탐구학습의 중요한 저해요인으로 권위에 바탕을 둔 “사회화”를 들었다. 수업에서 교사의 역할은 어떤 논리적 귀결에 따라 형성된 것이 아닌, 그 사회의 전통적 가치, 사회적 권력과 권위등의 복합적인 요소에 의해 결정되어 왔다. 따라서 탐구학

습에서 요구된다고 해서 지식의 권위나 전달자의 역할에서 정보제공자나 인도자의 역할로 교사의 위치가 전환되기란 매우 어렵다. 근본적으로 과학교육의 변화는 권력과 권위의 관계가 재조정되지 않고는 불가능하다고 본다(Gosling and Musschenga, 1985). 전통적인 전달식 수업모델에서 탐구수업모델로의 전환은 교과내용이나 체계의 변화 그리고 탐구전략의 습득 뿐 아니라 보다 근본적인 과학교육의 목표, 과학의 본질, 교사의 역할의 변화를 요구한다.

탐구교육의 문제점들과 개선을 위한 제언들은 이미 많이 제시되었다(허 명, 1988). 그 중 다양한 탐구교재의 개발과 사용, 과학교사 교육과정의 개선, 우리나라의 사회적 변화를 반영하는 과학교육의 목표 설정 등 과학교육에 종사하는 여러 직분의 사람들의 행동반경내에 있는 것들이 많다. 이러한 분야부터 꾸준히 노력을 해 나간다면 탐구교육을 위한 여건을 촉진시킬 수 있을 것이고, 탐구교육을 위한 사회적 조건이 형성될 때 곧 바로 효과를 볼 수 있을 것으로 믿는다.

1. 김 준호, 하 두봉, 이 학동, 박 영철(1988). 고등학교 생물 I. 동아서적 주식회사.
2. 문교부(1988b). 제 5차 교육과정-고등학교 교육과정.
3. 문교부(1987b). 제 5차 교육과정-중학교 교육과정.
4. 문교부(1987). 제 5차 교육과정-국민학교 교육과정.
5. 문교부(1985). 국민학교 교사용지도서-자연 6-1
6. 서울대학교 사범대학 과학교육 연구소 (1986). 중학교 과학 I.
7. 서울대학교 사범대학 과학교육 연구소 (1984). 중학교 과학교사용 지도서, 과학 I.
8. 장 남기 (1989). 고등학교 과학교육의 활성화에 관한 문제. 과학교육, 6월호 (통권 297호). 42-48.
9. 정 완호 (1989). 인문계고등학교 과학교육과정과 그 운영. 과학교육, 6월호 (통권 297호), 36-41.
10. 조 회형 (1984). 선입관의 철학적 배경 및 오인과학 학습의 관계. 한국 과학교육학회지, 4(1), 34-43.
11. 한 안진 (1987). 현대 탐구과학교육, 교육과학사.
12. 허 명 (1988). 과학탐구학습, 좀 더 깊은 인식이 필요하다. 과학교육, 11월호(통권 290호), 16-18.
13. Blosser. P.E.(1981). Project synthesis. ERIC in-

- formation bulletin, NO 2. ERIC Clearinghouse for Science, Mathematics, and Environmental Education.
14. Blosser, P. E. (1980). A critical review of the role of the laboratory in science teaching. ERIC Clearinghouse for Science, Mathematics, and Environmental Education, The Ohio State University.
 15. El-Nemr, M. A. (1979). Some comments on the history of science education in the United States. In R. L. Steiner(Ed.), 1978 AETS yearbook-science education of Teacher in Science. ERIC.
 16. Fowler, H. S. (1977). Some comments on the history of science education in the United States. In R. L. Steiner(Ed.), 1978. AETS yearbook-science education: Past or prologue, Association for the Education of Teachers in Science. ERIC. information center, The Ohio State University.
 17. Gosling, D. & Musschenga, B (Eds.) (1981). Science education and ethical values-introducing ethics and religion into the science classroom and laboratory. Washington, D. C. : Georgetown University Press.
 18. Harms, N. C. & Yager, R. E. (Eds.) (1981). What research says to the science teacher. vol 3. Washington, D. C. : National Science Teachers Association.
 19. Helgeson, S. L. : Blosser, P. E. & 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.
 20. Joyce, B. & Weil, M (1986). Models of teaching. 3rd ed., New Jersey: Prentice-Hall, INC.
 21. Kyle, W. C. (1984). Curriculum development project of the 1960 s-What became of the curriculum development projects of the 1960 s? How effective were they? What did we learn from them that will help teachers in today's classroom? In D. Holdzkom and P. B. Lutz (Eds.), Research within reach: Science education, National Science Teachers Association.
 22. Kyle, W. C. Jr (1980). The distinction between inquiry and scientific inquiry and why high school students should be cognizant of this distinction. Journal of Research in Science Teaching, 17(2), 123-130
 23. Pines, A. C. and West, L. H. (1986). Conceptual understanding and science learning : An interpretation of research within a sources-of-knowledge framework. Science Education, 70(5), 583-604.
 24. Schwab, J. J. (1963). Biology Teachers Handbook. New York: John Wiley & Sons, Inc.
 25. Shymansky, J. A.: Kyle, W. C. Jr. and Alport, J. H. (1983). The effects of new science curriculum projects of sixties. Educational Leadership, 40(1), 63-66.
 26. Smith, E. C. and Anderson, C. W. (1984). Plants as producers: A case study of elementary science teaching. Journal of Research in Science Teaching, 21(7), 685-698.
 27. Stake, R. E. (1978). Case studies in science education, vol I. The case reports. U. S. Government Printing Office.
 28. Sund, R. B. and Trowbridge, L. W. (1967) Teaching science by inquiry in the secondary school. Columbus. Ohio: Charles E. Merrill Publishing Co.
 - 29) Sweitzer G. L.; Howe, R. W.; Helgeson, S. L.; and Blosser, P. E. (1982). A meta-analysis of research on science teacher education practices associated with inquiry strategy. ERIC Clearinghouse for Science, Mathematics, and Environmental Education, The Ohio State University.
 30. Tamir, P. (1985). Content Analysis focusing on inquiry. Journal of Curriculum Studies, 17(1), 87-94.
 31. Voss, B. E. & Brown, S. B. (1968). Biology as inquiry: A book of teaching methods. St. Louis: C. V. Mosley.
 32. Weiss, I. R. (1970). Report of the 1977 national survey of science, mathematics and social studies education. U. S. Government Printing Office.
 33. Welch, C. C. (1981). Inquiry in school science. In N. C. Harms and R. E. Yager(Eds.), What research says to the science teacher. vol. 3 Washington, D. C. : National Science Teachers Association.

ABSTRACT

The Meanings of Teaching Science as Inquiry and Change of Conditions for Inquiry Science Education.

Jung-il Cho
(Chonnam National University)

In this paper, the meanings of "teaching science as inquiry", the results of the last 20 years' pursuits for inquiry in school science, and the need of change of science education practices in parallel with that of her social contexts throughout the 1980's were discussed.