

과학 탐구 평가표의 개발

허 명

한국교원대학교 생물교육과

(1984년 12월 1일 받음)

I. 연구의 필요성 및 목적

근래에 탐구 학습위주의 과학 교육이 크게 대두되면서 국내의를 막론하고 이를 효과적으로 실행하기위한 노력이 계속되어 왔다. 종래의 과학 교육에서는 과학의 본질을 "과학적 활동의 산물" 즉 과학 지식으로 보며, 이러한 지식을 어떻게 하면 학생들에게 체계적으로 전달할 수 있는가에 초점이 맞추어진 이론바 주입식 교육이 주축을 이루어 왔다. 그러나 탐구 학습위주의 과학 교육에서는 과학의 본질을 과학 지식을 산출해 나가는 "과학 활동의 과정" 으로 보며, 학생들은 교사가 제시하는 지식을 수동적으로 암기하는데 주력하는 것이 아니라 과학하는 방법과 태도를 습득하는데 우선적 목표를 둔다. 따라서 젊은 과학자 처럼 스스로 실험하고 연구하면서, 과학적 개념이나 원리를 발견해 나가는 능동적 역할이 학생들에게 요구된다.

1950년대 후반부터 개발되기 시작한 미국의 새로운 과학 교육 과정은 이러한 탐구 위주의 교육을 강조하였으며, 현재까지도 그러한 경향이 지속되고 있다.

미국 과학교사 협회 (NSTA, 1982) 는 1980 년대를 위한 과학교육의 청사진을 제시하면서 5 가지의 과학 교육 목표를 선정했는데, 그 첫 번째 목표가 바로 "과학적 탐구 능력을 배양 하는 것" 이다. 또 미국의 고등학교 생물 교과서인 BSCS 녹색판 (BSCS, 1982) 의 교사용 지도서에 "BSCS 생물학의 본질은 탐구 정신이다." 라고 명시되어 있으며, 우리나라의 현행 초·중·고등학교 과학 교육 과정 (문교부, 1981) 에도 "탐구 능력 신장" 이 주요 교육 목표의 하나로 부각되어 있다.

그러나 탐구 교육에 대한 이러한 계속적인 강조, 새

로운 과학 교육과정의 개발, 교사 교육의 강화, 시설 및 기구의 개선등에도 불구하고 근래의 과학 교육 평가 결과에 의하면 탐구 교육의 목표가 거의 달성되고 있지 않은 것으로 나타났다. 미국의 경우 1969년 부터 1977년 까지 세 차례에 걸쳐 실시되었던 전국적인 교육 평가 (NAEP) 결과에 의하면 매우 기초적인 탐구능력 부문에서만 약간의 향상이 보고되었을뿐, 선택적인 학생들의 성취도는 오히려 하락하고 있는 추세로 판단되었다. 예를들면, 70% 이상의 학생들이 과학 연구에서 "판찰" 이 중요하다라는 것을 이해하고 있었지만 반수 이상이 "측정" 에는 항상 오차가 불가피하게 따른다는 것을 인식하지 못했다. 또 대다수의 학생들이 과학에서 실험이 중요하다는데에 의견을 같이 했지만, 실험에서 변인 통제 (controlling variables) 가 중요하다라는 것을 인식하고 있는 학생은 반수 정도에 지나지 않았다 (Welch, 1981). 우리나라의 경우 미국의 NAEP 에 견줄 만한 전국적이고 다각적인 평가 결과가 없어 탐구 교육 목표가 어느 정도 달성되고 있는지를 판단하기 어려운 실정이지만, 지식 측정위주의 입시제도, 일선 교사들의 탐구 학습에 대한 이론적 배경 미흡, 과밀 학급과 시설 부족등 여러가지 탐구 학습 저해 요인이 더욱 많이 내재하고 있는 것으로 판단된다.

이러한 부합적 원인에 의한, 탐구 교육 목표의 성취도 미달이라는 문제를 해결하기 위해서, 각 분야를 포괄하는 체계적인 연구 협동체가 요구되는바, 그 첫 번째 단계로서 과학 교육 과정, 특히 현행 과학 교과서 속에 내재되어 있는 탐구의 본질 규명과 평가가 우선 과제라고 생각한다. 왜냐하면 왜곡된 혹은 이론적 근거가 미흡한 탐구 학습이 교과 과정에 내포되어 있다면, 이에 근거한 성취도 평가는 그 의미를 찾기 어렵기 때문

이다. 본 연구의 목적은 이러한 노력의 일환으로 과학 교육 과정에 내재되어 있는 탐구 학습 내용을 포괄적으로 평가할 수 있는 방법을 개발하는 것이다.

Wideen(1975)은 "새로운 과학 교육 과정의 개발과 이용에는 많은 노력이 경주되었으나 그것의 체계적 평가는 동한시되어 왔다."고 지적했는데, 실제로 탐구 학습위주의 과학 교과서 자체를 평가하는 노력이 현재까지는 단편적이고 미흡한 실정이었다.

II. 연구의 기본 설계

본 연구에 채택된 연구 방법은 R&D(Educational Research and Development)과정인데, 이는 교육 자료를 개발하는데 자주 쓰이는 연구 방법으로 이른바

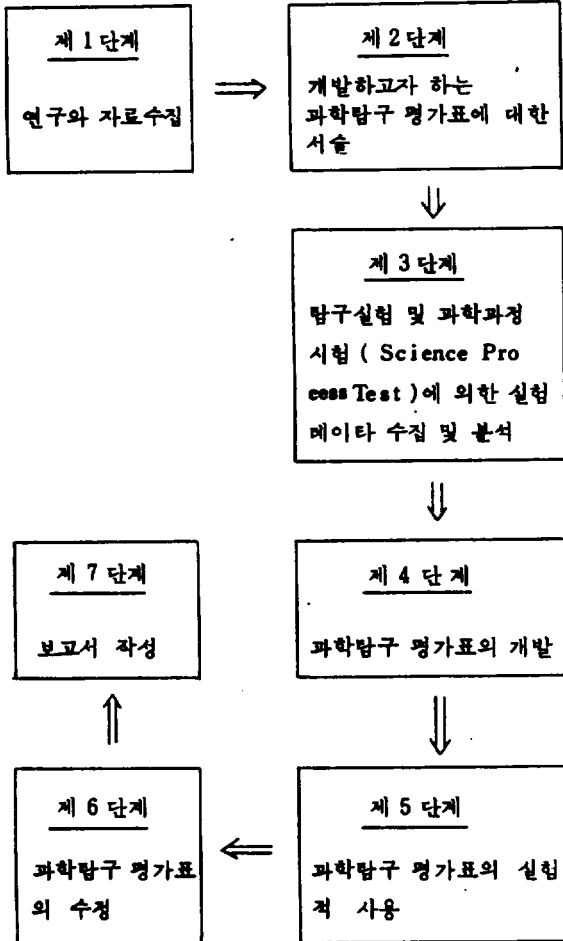


그림 1. 본 연구에 채택된 R&D 과정

실제의 차이를 극소화 시킬 수 있는데 그 정점이 있다 (Borg and Gall, 1983), 본 연구의 조건에 맞도록 약간 수정된 R&D 과정의 각 단계가 그림 1에 요약되어 있다.

III. 과학 탐구과정 모델

탐구 학습이 지식을 얻는데 필요한 과학적 방법을 중시한다면, 그 과학적 방법 즉 탐구 과정은 구체적으로 무엇을 의미하는지 고찰해 볼 필요가 있다. "탐구 과정"이 무엇을 의미하느냐에 대해서 많은 과학 교육자들이 서로 다른 정의를 내리고 있는데 이는 "탐구"라는 것이 다양성과 복잡성을 가진 지적 활동에 관한 추상적인 언어이어서 한두마디의 말로 그 의미를 정확히 표현하는 것이 힘들기 때문이라고 생각된다.

탐구 과정에 대한 전통적인 견해는 다음의 5단계 활동 즉 (1) 문제를 인식하고, (2) 가설을 설정한 다음 (3)가설을 검증하기 위한 방법을 선택하고, (4) 그 방법을 적용하여, (5) 새로운 지식을 도출해 내는 과정으로 이루어져 있으며, 과학 교육 과정의 많은 탐구 학습 내용이 이 이론에 근거하고 있다. 그러나 이 전통적인 견해는 다음과 같은 몇 가지 취약점을 지니고 있으므로 탐구 학습 모형의 개발에 이를 고려해야 할 것으로 생각한다. 즉, 탐구 과정에 대한 전통적인 견해에서는 문제가 이미 주어져 있는 것으로 기술되어 있는데, 실제 과학 발달의 역사를 돌이켜 보면 가장 혁신적이고 창조적인 아이디어의 대부분이 문제를 만들어 내는 것에서 출발했다는 것을 알 수 있다. 뉴우튼이 사과가 떨어지는 것을 보고 만유 인력의 법칙을 발견한 것이나 와트가 난로위의 주전자를 보고 증기 기관의 원리를 생각해 낸 것등은 단순한 자연현상에서 문제물이 끌어 낼 수 있는 능력이 탐구 과정에서 얼마나 중요한 요소인가를 단적으로 설명해 준다. 다시 말해서 문제가 이미 주어져 있는 것을 인식하는 것이 아니라, 어떤 현상 혹은 자료로부터 문제를 만들어 내는 능력이 탐구 과정의 중요한 요소로 부각되어야 한다는 것이다.

전통적 견해의 또 한 가지 취약점은 지식이 축적만 될 뿐이지, 새로운 성과에 의해 이전 지식이 교정 혹은

대체되는 메카니즘이 결여되어 있다는 것이다. 새로운 과학적 사실에 의해 결합이 있는 옛 지식이 계속 교정되거나 대체되어 나가는 다이내믹한 과정에 과학의 본질과 생명이 내재하느냐, 탐구 과정에 대한 올바른 인식과 정의가 과학 탐구 평가표의 개발에 우선되어야 한다고 생각하며 필자가 개발한 탐구 과정 모델(그림 2)을 소개한다.

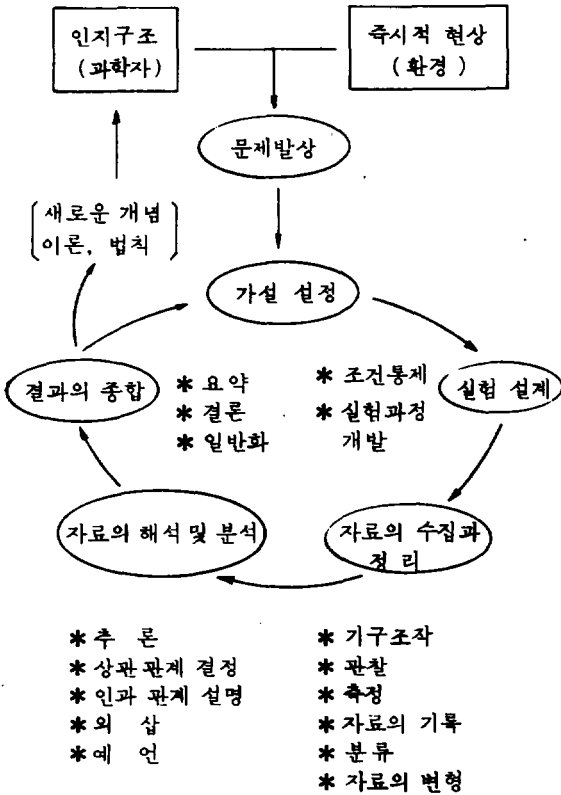


그림 2 . 탐구 과정 모델

이 탐구 과정 모델은 교육적 이용을 고려하여 (1) 여러가지 정선된 탐구 기능을 포함시켰으며, (2) 과학자 혹은 학생이 환경으로부터 얻어지는 단순한 정보로부터 문제를 만들어 내는 과정이 뚜렷이 부각되어 있고, (3) 새로운 결과에 의해 가설이 교정되거나 학생이 지니고 있던 이전의 인지 구조가 변경되는 과정이 묘사되어 있는데, 이러한 점에서 탐구 과정에 대한 전통적인 견해와 다르다. 이 모델에 대한 자세한 설명과 여기에 근거한 탐구 학습 모형은 원 논문(Hur, 1984)

을 참고하기 바란다.

IV. 과학 탐구 평가표

탐구 학습 평가는 전체적인 교육 조건의 맥락 속에서 종합적이고 다원적으로 실행되어야 올바른 결과 해석이 가능하다고 생각하느바. (1) 과학교과 과정에 내재된 탐구 학습 내용의 점검 및 평가, (2) 탐구 학습의 효과적인 수행을 위한 시설, 교육자료, 실험실 설비, 행정지원체제를 포함한 교육 환경의 점검 및 평가, (3) 탐구 수업을 능률적으로 이끌 수 있는 교사의 능력과 여건의 평가, (4) 탐구 학습 결과에 의한 학생들의 성취도 평가등이 신중하고도 유기적으로 이루어지지 않는한, 단편적 평가 결과에 의한 반사적 처방만을 하는 시행 착오가 반복될 위험이 크다.

그리고, 탐구 학습을 위한 실험실 교육을 강조만 하고 이를 위한 "종합적 여건"을 조성해 주지 않는다면, 아무리 다른 노력이 많다해도 기대하는 교육 효과를 달성하기 힘들다.

Schwab(1962)는 일찌기 탐구 활동의 방향과 영역을 결정하는데 있어 탐구자 자신이 얼마만큼 자유롭고 융통성있는 참여를 할 수 있도록 교과서에 배려되어 있는가를 평가하는 간단한 방법을 제시하였다. 이 방법에 의해 헤론(Herron, 1971)이 미국의 새 과학 과정인 PSSC, CHEMS, BSCS의 탐구 학습 내용을 분석한 바에 따르면 대부분의 탐구 활동에서 문제 및 문제 해결을 위한 자세한 실험 절차, 문제에 대한 답들이 이미 제시되어 있어 학생들의 자발적인 탐구 활동과 창의적인 사고력을 크게 제한하는 요인으로 지적되었다.

타미르와 루네타(Tamir and Lunetta, 1978)는 탐구 활동을 실험 내용의 구조적 특성과 탐구 과제의 종류에 따라 평가하는 방법을 개발하였으며 이를 이용하여 미국의 고등학교용 과학 실험 지도서를 평가하였다.

우리나라의 경우 한국 교육 개발원(곽병선의, 1984)에서 실험 보고서를 평가하는 간단한 기준을 마련하였는데 과학 교육 과정 자체를 평가하는 방법의 개발은 미흡한 실정이다.

이상 과학 교육 과정내의 탐구 학습내용 평가에 대한 이전의 연구를 간단히 언급하였는데, 탐구 학습 평가

방법의 개발에 몇 가지 신중히 고려할 점이 있다는 것을 발견했다. 첫째, 이전의 여러 평가 방법은 탐구 과정을 해석하는 관점이 약간씩 다르며 그 나름대로의 특성과 장점을 지니고 있어 이를 종합하여 포괄적인 평가 기구를 만들 필요가 있다. 둘째, 이전의 탐구학습 평가 기구에서는 몇 가지 등한시 된 점이 있는데, 예를 들면 탐구 활동과 지적 내용의 양적 비교, 탐구 과제의 난이도, 탐구 과제의 종류 및 빈도의 균형적 분포등이 탐구 학습의 성패에 중요한 요소로 작용함에도 불구하고 저론되지 않았다. 셋째, 탐구학습 평가 방법의 개발이 설득력있는 이론적 근거를 가진 탐구 과정 모델에서 출발하지 않았으며, 넷째, 개발된 평가 방법 자체의 타당도 및 신뢰도가 경험적 자료를 기초로 하여 검증되지 않았고, 대부분 개발자의 아이디어 기술에 그쳤다는 것이다.

이상의 사실을 고려하여 필자가 개발한 과학 탐구 평가표(SIEI, 표1)를 간단히 소개한다. 과학 탐구 평가표는 평가 수준에 따라 크게 세 부분으로 나누어져 있으며 첫 번째 부분은 탐구 과정 모델에 근거하여 하나 하나의 탐구 과제를 분류하는 체제이고, 두 번째 부분은 탐구 활동의 구조적 특성을 평가하는 방법이며, 세 번째 부분은 하나의 과학 교육 과정 전체를 종합적으로 평가하는 방법이다. 제시된 평가표의 각 항목에 대한 정의와 구체적인 예 및 평가표의 사용법은 원 논문(Hur, 1984)을 참고하기 바란다. 본 과학 탐구 평가표는 원래 과학 교육 과정속에 내재된 탐구 학습내용을 평가할 수 있도록 고안되었으나 탐구 학습의 다른 측면에 대한 평가 기구의 개발에도 활용될 수 있을 것이라 생각한다. 즉, 학생들의 탐구 능력 성취도 평가시험, 실험 수행 능력 평가표의 개발 및 탐구 수업 모범 지도안의 작성시 이론적 근거를 보완하는데 기여할 것으로 예상된다.

표1. 과학탐구 평가표
(Scientific Inquiry Evaluation Inventory)

수준1 : 각각의 탐구과제 분석

탐구과제번호 과학탐구과정	1	2
1.1 자료의 수집과 정리		
1.1.1. 기구 조작		
1.1.1.1. 특별한 조작 기술이 필요없는 경우		
1.1.1.2. 특별한 조작 기술이 필요한 경우		
1.1.2. 관찰		
1.1.2.1. 단일 관찰		
1.1.2.2. 복합 관찰		
1.1.2.3. 단일관찰, 시간적특성		
1.1.2.4. 복합관찰, 시간적특성		
1.1.3 측정		
1.1.3.1. 불연속적 양		
1.1.3.2. 연속적 양		
1.1.4 자료의 기록		
1.1.4.1 그림에 의한 기록		
1.1.4.2 기호나 숫자에 의한 기록		
1.1.4.3 언어에 의한 기록		
1.1.5 분류		
1.1.5.1 일단계 분류		
1.1.5.2 다단계 분류		
1.1.6 자료의 변형		
1.1.6.1 숫자계산		
1.1.6.2 구조적 형태		
1.2 자료의 해석 및 분석		
1.2.1 추론		
1.2.1.1. 형태의 추론		

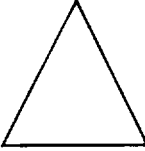

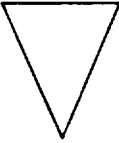
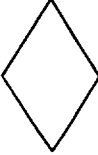
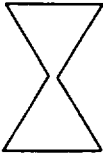
탐구과제번호 과학탐구과정	1	2
1.2.1.2. 사건의 추론		
1.2.1.3. 기능의 추론		
1.2.2. 상관관계 결정		
1.2.2.1. 질적 관계		
1.2.2.2. 양적 관계		
1.2.3. 인과관계 설명		
1.2.3.1. 단일 원인		
1.2.3.2. 복합 원인		
1.2.4. 외삽		
1.2.4.1. 질적 외삽		
1.2.4.2. 양적 외삽		
1.2.5. 예언		
1.2.5.1. 질적 예언		
1.2.5.2. 양적예언		
1.3. 자료의 종합 및 평가		
1.3.1. 요약		
1.3.2. 결론		
1.3.3. 일반화		
1.3.4. 평가		
1.3.4.1. 자료의 수집과 정리에 대한 평가		
1.3.4.2. 자료의 해석 및 분석에 대한 평가		
1.3.4.3. 결과의 종합에 대한 평가		
1.3.4.4. 가설설정 및 실험 설계에 대한 평가		
1.4. 가설 설정 및 실험설계		
1.4.1. 문제 발상		
1.4.2. 가설 설정		
1.4.3. 조건 통제		

탐구과제번호 과학탐구과정	1	2
1.4.4. 실험과정 개발		
1.4.5. 실험 설계		

수준 2 : 탐구활동의 구조적 분석

탐구활동번호 평가 분야	1	2
2.1. 경쟁/협동 구조의 평가		
2.1.1. 공동과제, 조별결과		
2.1.2. 공동과제, 결과종합		
2.1.3. 분리과제, 조별결과		
2.1.4. 분리과제, 결과종합		
2.2. 토론 구조 평가		
2.2.1. 토론 없음		
2.2.2. 지도 토론		
2.2.3. 자유토론		
2.3. 탐구 자유도 평가		
2.3.1. 문제, 방법, 답이 제시됨		
2.3.2. 문제, 방법만 제시됨		
2.3.3. 문제만 제시됨		
2.3.4. 즉시적 현상만 제시됨		
2.4. 탐구 영역 평가		
2.4.1. 교과 내용의 증명 혹은시범		
2.4.2. 교과 내용의 연장		
2.4.3. 새 아이디어의 개발		

수준 3 : 과학탐구 과정의 종합적 평가

평가분야	교과서 제목	
31. 탐구 피라미드		
31.1. 형태 I		
31.2. 형태 II		
31.3. 형태 III		
31.4. 형태 IV		
31.5. 형태 V		
32. 탐구 지수		
32.1. 매우 낮음(5이하)		
32.2. 낮음 (5~15)		
32.3. 보통 (15~25)		
32.4. 높음 (25~35)		
32.5. 매우높음 (35이상)		
33. 난이도 지수		

교과서 제목	1	2
평가 분야		
33.1. 난이도 지수의 주요통계치		
33.1.1. 난이도 지수의 빈도, 반응의 빈도		
33.1.2. 평균치, 표준편차		
33.1.3. 범위, 사분범위(inter-quartile range)		
33.2. 난이도 지수 그래프		

참 고 문 헌

- 곽병선의. 자연·실험·수업 방안 모색
 서울 : 한국교육개발원, 1984.
- 문교부. 국민학교 교육과정, 1981.
- 문교부. 중학교 교육과정, 1981.
- 문교부. 고등학교 교육과정, 1981.
- 서울시 교육위원회. 교육과정의 발전적 지향, 1974.
- 정연태의. 과학과 교육. 서울 : 한국 능력개발사 1977.
- Anderson, O. Roger . The Experience of Science
 New York: Teachers College Press, 1976.
- Bruner, Jerome S. Toward a Theory of Instruction
 Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1966.
- Herron, Marshall D. " The Nature of Scientific Inquiry". School Review. 171-212
 February 1971.
- Hur, Myung "The Analysis of Inquiry Learning among High School Biology Students and Its Application to the Development of an Instrument for Evaluating Inquiry Activity in Science Curricula." Doctor of Education Project Report, New York : Teachers College, Columbia University, 1984.
- Schwab, Joseph J., and Paul F. Brandwein
 The Teaching of Science. Cambridge, Mass.,

Harvard University Press, 1962.
Tamir, Pincha and Vincent N. Lunetta. "An
Analysis of Laboratory Inquiries in the
BSCS Yellow Version" *The American
Biology Teacher* 40:353-357, 1978.

Outcomes for Science...A Process Approach
and Traditional Science Teaching for Third
Fourth, Fifth, and Sixth Grade Classes : A
Product Evaluation," *Journal of Research in
Science Teaching*. 12 : 31-39, 1975.

ABSTRACT

The Development of An Instrument for Evaluating Inquiry Activity in Science Curricula

Myung Hur

The National Teachers University

(Received, December 1, 1984)

An inquiry approach in teaching science has been advocated by many science educators for the past few decades, and most elementary and secondary science curricula have incorporated it in varying degrees. It has been proven in recent studies, however, that there exists considerable discrepancy between the expectation of outcomes of the inquiry approach and the actuality. This in part implies that there is a somewhat urgent need for the systematic evaluation of the approach in teaching science.

The purpose of this study is to develop a comprehensive instrument for evaluating inquiry teaching approaches embedded in science curricular materials. To develop a more valid and reliable instrument a set of empirical data was used in the developmental procedure, and most of the previous studies regarding inquiry teaching method and inquiry evaluation were consulted.

The inquiry evaluation method developed in this study, called the Scientific Inquiry Evaluation Inventory (SIEI), is composed of three parts: (1) analyzing and coding each science process task of inquiry activity; (2) evaluating each inquiry activity as a whole; and (3) evaluating each science laboratory curriculum as a whole.

The first part of the instrument consists of twenty science process categories and thirty subcategories grouped into four sections: (1) gathering and organizing data; (2) interpreting and analyzing data; (3) synthesizing results and evaluation; and (4) hypothesizing and designing an experiment. The science process categories are arranged according to the level of difficulty, psychological level of thinking, degree of creativity demand, and the model of the process of scientific inquiry, which is also developed in the study.

The second part of the instrument contains four evaluation scales of inquiry activity: (1) competition/cooperation scale; (2) discussion scale; (3) openness scale; and (4) inquiry scope scale. And the last part consists of three methods for evaluating a science laboratory curriculum as a whole: (1) inquiry pyramid; (2) inquiry index; and (3) difficulty index.

The instrument is designed to be used by teachers, science curriculum developers and science education evaluators for the purpose of diagnosing the nature and appropriateness of scientific inquiry introduced in secondary science curricular materials, especially in laboratory work and field work.