

# 대학 수학능력 시험의 수리·탐구 영역중 지구과학 교과에 관련된 탐구능력 측정을 위한 행동 요소의 추출과 평가 목표의 상세화 연구 I

우종욱 · 이항로

(한국고원대학교)

이 경 훈

(부산대학교 사범대학 부속고등학교)

(1991년 5월 25일 받음)

## I. 서 론

### 1. 연구의 동기 및 목적

다가오는 94학년도 대학입시부터 고교 내신이 40% 이상 필수적으로 반영되고 대학 수학능력 시험의 반영과 대학별 고사의 실시 여부 및 반영 비율은 각 대학의 자율에 맡겨지게 된다. 또 수학능력 시험은 3학년 재학생에게 연2회 실시하여, 그중 좋은 성적을 반영할 수 있도록 하고 대학별 고사의 실시 과목은 3과목 이내로 하게 되어있다.

이 중 대학 수학능력 시험은 대학교육 수학에 필요한 학업 능력을 측정하기 위하여 통합 교과적으로 고등학교 교육과정의 수준과 내용에 맞추어 고차적인 사고력을 측정하는 발전된 학력고사라고 관계 당국은 밝히고 있다. 이 시험은 언어영역, 수리·탐구 영역, 외국어(영어) 영역으로 구성되어 있다. 다른 교과에서도 마찬가지로 이겠지만 지구과학 교육을 담당하고 있는 일선의 지구과학 교사나 대학의 지구과학 관련 학과의 교수들의 관심을 끄는 부분은 언어 영역에서 사용될 수 있는 지구과학 내용 중심의 지문 발굴과 수리·탐구

영역 중 자연과학 탐구영역을 측정할 수 있는 지구과학 교과에 관련된 평가 문항의 개발이라고 볼 수 있다.

이러한 평가 문항의 개발을 위해서는 요구되는 평가 목표가 무엇인지 명확히 진술되어야 할 것이며, 이를 위한 선결 과제로서 지구과학 교과에 관련된 내용의 선정과 탐구 영역의 행동 요소에 대한 평가목표의 상세화라 할 수 있다. 본 연구에서는 대학 수학능력 시험에서 요구하는 수리·탐구 영역의 자연과학 탐구 사고력 평가에 관련된 이론적 배경과 탐구 평가들의 일부를 소개하고, 탐구 사고력 측정을 위한 과학탐구 요소를 추출한 후, 추출된 요소의 조작적 정의를 내리고 행동 요소에 대한 평가목표를 상세화하여 이를 기초로 하여 앞으로 실시할 탐구 사고력 측정 문항의 개발에 도움을 주는 것을 본 연구의 목적으로 한다.

### 2. 중앙교육평가원이 제시한 수리·탐구 영역의 평가 방향

1) 기본 방향

① 대학 교육을 이수하는 데 필요한 과학 탐구 능력

을 평가하기 위해 고등학교 교육 과정의 수준과 내용에 맞추어 출제한다.

- ② 고등학교 학생들이 알아야 할 중요한 지식, 개념, 원리들이 필요하고 고차적 사고력이 동원되는 생소한 문제 상태가 제시되는 문항들을 출제한다.
- ③ 문제해결 기능 및 탐구기능의 측정을 강조하고 고등학교 교육과정이 정상적인 방향으로 운영되고 학생들이 학교수업을 충실히 공부한다면 대비할 수 있도록 한다.

2) 평가 목표 및 내용

- ① 탐구의 기초적 개념에 대한 이해력, 탐구 자료나 정보를 해석하고 추리하는 능력, 주어진 자료에 원리나 방법을 적용하여 문제를 해결하는 능력등의 고차적인 사고력을 측정하는 데 목표를 두고 있다.
- ② 평가 내용은 기본 개념 이해력 30%, 문제 해결력 40%, 해석·추리력 30%로 한다.

3) 출제의 주안점

학교 교육에서 강조되어야 하고 일상 생활에서나 학업 수행에서 필요한 문제 해결력 및 탐구 능력의 측정을 강조하였다.

4) 수리 탐구 영역의 평가 목표와 재제

재제	행동	기본개념 이해력	문제해결력 (적용)	탐 구 사고력	배점 (%)
수리	대수 영역				X
	해석 영역				
	기하 영역				
	확률, 통계영역				
탐구	물리 분야				Y
	화학 분야				
	생물 분야				
	지구과학 분야				
사회	사회 지식				Z
	사회 가치				
배 점 (%)		30	40	30	100

## II. 수리·탐구 영역 중 자연 과학 탐구의 평가 요소

### 1. 기본 개념의 이해

Bloom의 교육목표 분류학에서 2.0.0. 이해력(Comprehension)이라는 것은 이해(understanding)라고 쓰

는 것의 가장 하위 개념이라고 할 수 있다. 일상적으로 쓰는 이해라는 것은 고등정신기능이 포함된다. 그런데 학력검사에서 이해력이라는 것은 지식을 포함하고 있다. Bloom의 분류학에서 이해력이라는 것은 관련된 지식을 갖고 있다는 것을 전제로 지식을 알기 쉽게 바꾸어 말하는 것, 자기 자신의 말로서 설명하고 요약하는 것, 그리고 담겨진 뜻이나 계에 따라서 논리적으로 확대시키는 것과 같은 능력 등을 말하는데 하위 요소들을 살펴보면 다음과 같다.

1) 2.1.0. 번역(Translation) : 추상적 사상을 구체적이며 일상 생활의 용어로 설명 하는 것이나, 또는 사고를 촉진시키기 위하여 긴 구절이나 문장을 짧은 것으로 바꾸는 능력 등이 포함되고, 또 기호나 도표, 그림 등을 다른 방식으로 바꾸어 표현 하는 능력도 포함된다. 이를 좀더 자세히 살펴보면 다음과 같다.

- ① 현상적 사실을 자신의 언어로 재진술하는 능력
- ② 추상적 사상의 구체적인 예를 제시하는 능력
- ③ 그림 자료를 언어화하거나, 언어적 내용을 그림으로 변형하는 능력
- ④ 기호적 진술을 언어적 진술로, 언어적 진술을 기호적 진술로 바꾸는 능력
- ⑤ 외국어를 모국어로의 번역하는 기능

2) 2.2.0. 해석(Interpretation) : 해석이란 제시된 자료나 내용의 부분간의 내적 관련성을 구체적으로 파악하여 이를 재정리하거나 재배열하는 등 자기의 인식의 범위 내에서 사물이나 특정 사실을 새롭게 파악하는 능력이다. 커뮤니케이션을 해석할 수 있으려면 우선 그 내용의 대부분을 해석할 수 있어야 한다. 해석력의 증거는 학생들이 커뮤니케이션의 독립된 각 부분들의 뜻을 일뿐만 아니라, 한 걸음 더 나아가서 부분들의 상호 관계를 이는 것, 그래프의 각 부분을 실제 일에 연결시키는 것, 중요한 것과 중요하지 않은 것을 구분하는 것, 내포되어 있는 일반적인 사상을 알아 내는 것, 그리고 자료를 해석하는 것이다. 이를 좀더 자세히 살펴보면 다음과 같다.

- ① 주어진 현상에 대한 이유를 대는 능력
- ② 유사점과 차이점을 나타내는 능력
- ③ 증거의 대상들로부터 요약하거나 결론을 내리는 능력
- ④ 원리와 결과간의 관계를 나타내는 능력
- ⑤ 직접적 과제나 과정을 수행하는 능력

3) 2.3.0. 추론 또는 외삽(Extrapolation) : 주어진 자료가 불완전하거나 미비함에도 불구하고 그것의 결과와 의미를 역시 추리하여 짐작하여야 할 경우가 많

다. 이것을 외삽이라 하는 데, 해석력과 비슷하지만 메시지의 한계를 넘어서는 점이 다르다. 이러한 이해력을 측정하는 문항들의 장면이 새로운 것일 때는 이해력을 측정하는 것이 되겠지만 만약 그러한 문제가 수업중에 다루어졌던 것이라면 오히려 지식의 범주에 포함되어야 한다.

## 2 주어진 자료에 원리나 방법을 적용하여 문제를 해결하는 능력

“원리”란 것은 기본적 진리를 나타내고 있는 과정, 또는 관계에 관한 기술이나, 또는 한 분야의 학자들에 의하여 인정되고 사용되는 법칙에 관한 기술을 의미한다. “원리”는 광범한 조건 속에서 성립될 뿐만 아니라, 수많은 관찰과 실험으로부터 얻은 꽤 엄밀한 추론이거나, 또는 일군의 이론이나 이미 받아들여진 제 가정으로부터 연역된 것이다. Bloom의 교육목표 분류학에서 3.0.0. 적용력(Application)에 해당하며 김영채(1984)는 Bloom의 인지적 영역에 해당하는 내용을 지식과 이해력 그리고 고차적 지력학습으로 나누고 고차적 지력학습을 적용력, 분석력, 종합력, 그리고 평가력으로 나누었다. 이해력 다음의 단계를 적용력이라 할 수 있는데, 적용력이란 정보의 의미를 파악할 수 있어야 할 뿐만 아니라, 직면하게 되는 새로운 구체적 장면에서 그들 정보를 이용하는 능력이다. 적용력의 측면에는 사실이나 원리의 적용, 원인과 결과, 절차의 적용, 원리의 응용이나 사실의 재조직 등이 있다. 즉 사실, 원리, 방법이나 이론같은 지식의 면을 구체적으로 활용하는 능력을 말한다. 구체적인 평가목표의 예는 다음과 같다(Bloom, B. S. et al., 1972).

- 1) 과학적 지식 및 이해를 개인적 및 사회적 문제를 해결하는 데 적용하는 능력(Tyler, 1954).
- 2) 재 현상의 설명을 위해서 일반화(연구자에 의하여 확증된 사실이나 이론)를 적용하는 능력(Tyler, 1954).
- 3) 자연 현상의 해석을 위하여 과학적 일반화를 적용하는 능력(Tyler, 1954. p. 54)
- 4) 자연 현상의 한 설명으로서 받아 들여진 일반화나 방법의 논거를 평가함으로써 그 적용 가능성을 판단하는 능력(Tyler, 1954).
- 5) 어떤 논문에서 논의되고 있는 현상에 대하여 다른 논문에서 사용된 과학 용어와 개념을 적용하는 능력(Bloom, 1956).
- 6) 과학적인 원리, 공리 및 정리, 또는 그 밖의 추상

개념을 새로운 장면에 적용하는 능력(Bloom, 1956).

7) 삼각법의 법칙을 실제의 장면에 적용하는 능력(Bloom, 1956).

8) 일상 생활의 사건을 과학적 원리, 개념 및 이론에 따라 설명하는 능력(All India Council, 1958).

9) 어떤 원리나 이론의 적용 한계를 아는 능력(All India Council, 1958) 한편, 학생 행동의 관점에서 본 적용의 능력을 살펴보면 다음과 같다.

- 1) 새로운 문제 사태를 처리할 때에 어떤 원리나 일반화가 적절하며 관련성을 가진 것인지를 밝힐 수 있다.
- 2) 어떤 원리나 일반화가 해결에 필요한 것인지를 밝히기 위하여 문제를 재진술할 수 있다.
- 3) 어떤 원리나 일반화가 진이거나 적절한 것이 될 수 있는 한계를 명확히 할 수 있다.
- 4) 어떤 일반화에 대한 예외와 그것이 예외가 되는 이유를 인식할 수 있다.
- 5) 이미 알고 있는 원리나 일반화에 의하여 새로운 현상을 설명할 수 있다.
- 6) 새로운 사태에서 무엇이 발생할 것인지를 적절한 원리나 일반화를 사용함으로써 예측할 수 있다.
- 7) 새로운 사태에서의 행동 방침이나 의사 결정을 적절한 원리나 일반화를 사용 함으로써 확정하거나 정당화할 수 있다.
- 8) 어떤 문제 사태에서 왜 어떤 원리나 일반화를 사용했는지의 이유를 말할 수 있다.

이상의 적용력의 평가목표들은 대체로 학습의 전이에 관한 것이다. 그러므로 평가 문항을 만들 때에는 반드시 새로운 요소가 포함되도록 해야 한다. 다시말하면 상상할 수 있는 장면에서 문제를 제시하거나, 학생들이 아직 접촉이 없었던 자료에서 끄집어 내어 온 것이거나, 학생들이 알고 있는 문제이기는 하지만 지금까지 생각해보지 못한 새로운 각도에서 보도록 한 것이어야 한다.

## 3. 탐구 사고력

과학적 사고는 구체적으로 관찰할 수 있는 논리성을 내포한 사고를 의미한다. 우리가 관찰할 수 있는 논리성에는 대표적인 것으로 보존성 논리, 비례성 논리, 변인 통제 논리, 조합 논리, 확률 논리, 2원론 또는 3원적 접근 논리, 명제 또는 가설, 연역적 논리등을 지적할 수 있다. 이러한 논리성은 문제해결 상황 또는 과정에서 쉽게 관찰할 수 있다.

예컨대 인간이 자연 환경이나 사물을 접하면서 갖게 되는 의혹 또는 의문에 부딪히고 이 의문을 풀고자 하는 의욕을 가질 때 사유는 시작된다(Piaget, 1974).

위에 적은 논리성들은 과학자들이 문제를 해결하는 과정에서 관찰된다. 과학자들은 자연 현상에서 제기되는 문제에 부딪히면 이를 분석하고 통합적으로 관찰한 연후에 논리적으로나 가설적으로 설명하는 사상을 통제하거나 예언하려고 한다. 이 과정에서 과학자들로 부터 특징적인 몇 가지 논리성을 내포한 과학적 사고를 관찰할 수 없다. Piaget는 논리성이 형성되지 않고는 과학지식의 창안은 물론 이해도 못한다고 주장하고 있다.

한편 과학적 사고를 과학적 방법 또는 과학적 탐구 방법과 결부시켜 보는 경향이 있다. 이런 경향은 과학적 방법에서 중추적인 사유가 되는 과정을 가설, 실험 형성의 과정 즉 가설 연역적 논리성에 근거를 두고 있다. 이러한 생각을 대표하는 학자가 바로 Piaget이다.

Dewey(1933)는 과학적 방법을 5단계로 제시하여 그 단계로 문제의 인식, 가설설정, 실험, 데이터수집 및 해석, 결론(일반화) 등으로 여기서 인간 특히 과학자들이 인지한 문제를 푸는데 있어서 중추적인 역할을 하는 과정을 가설 실험과정으로 보고 있다.

여기서 가설은 문제에 대한 잠정적인 해답이며 이 해답의 진위를 밝히는 과정이 실험이다. 따라서 문제 해결과정에서 결정적인 과정이 바로 가설 실험이며 이 가설 실험 과정은 곧 가설 연역적 논리를 바탕으로 하고 있다. 이런 맥락에서 보면 과학적 방법은 과학적 사고를 내포하고 있는 관계를 가지고 있다. 한편 J. B. Conant는 형식화된 과학적 방법 보다는 다양한 방법에 의해 대부분의 과학 지식이 발견된다고 주장하고 있다. 그의 다양한 방법이란 폭넓은 과학적 사고를 의미하고 있다. Conant는 과학 지식의 발견이나 창안은 5 단계의 과학적 방법 보다는 과학적 사고의 결과로 보고 있다. 따라서 과학자들의 문제 해결력은 과학적 사고에 근거를 두는 것이 보다 바람직 하다고 볼 수 있다. 과학적 방법은 그것을 아는 것만으로 문제해결력이 향상되지 않는다. 인간이 인지하는 문제 특히 과학자들이 인지하는 자연 현상에 대한 의문은 과학적 방법의 틀에 넣고 풀 수 있는 것보다 풀 수 없는 것들이 너무나 많다는 점을 과학자들은 누누히 지적하고 있다. Paul Bridgman은 이런 점에서 과학적 방법의 무의미성을 주장하고 있다. 그는 문제 해결의 열쇠가 끈질긴 노력과 사유라는 것을 지적하고 있다. 그가 주장하는 사유는 과학적 사고를 의미하고 있다(한중하, 1987).

### III. 탐구 사고력의 이론적 배경

#### 1. 탐구(Inquiry)

탐구(Inquiry)란 흔히 문제해결(problem solving), 발견(discovery) 혹은 반성적 사고(reflective thinking)와 같은 뜻으로 쓰이기도 한다(정세구, 1984 : 61).

Suchman(1966)은 그의 탐구훈련(inquiry training) 모형에서 '탐구란 학생들로 하여금 스스로 어떤 물리 현상을 설명하는 가설을 터득하게 하는 것'이라고 하였다. Schwab와 Brandwein(1964)은 탐구를 '과학적 지식과 과학적 탐구과정의 이원적 성격이 조화를 이루도록 하는 것'이라고 하였는데, 이 것은 과학을 과정과 지식의 이원적 성격으로 규정한 J. B. Conant(1961)와 같이 이러한 양면성의 조화를 탐구로 보고 있다. 이런 Schwab의 견해를 잘 나타내 주는 것이 Robinson(1969)의 과학적 사고 체계의 모형이다.

탐구란 어떤 신념 혹은 상정되어 있는 어떤 지식 형식을 이 신념 혹은 지식 형식이 뒷받침하고 있는 여러 근거에 비추어서 적극적으로 끈기있고 세심하게 고찰하는 것, 또 이 신념 혹은 지식 형식이 지향하는 여러 결론에 관하여 고찰하는 것 이라고 하였다(J. Dewey, 1933). 탐구의 기본 개념은 학습자가 문제 상황—지적으로 혼돈된 상황—에 부딪혀 이를 해결해 나가는 데 있어서 전제와 객관적 관찰과 판단을 사용하여 확실한 상황으로 옮겨 가는 반성적 사고과정으로 표현하였다.

탐구란 어떤 기능이 아니라 특수한 세계에 대한 지식 사회에서의 개인의 역할, 학습 이론과 지식을 이루는 것, 이 지식과 사람과의 관계등을 포함하는 생활의 형태이다. 교육에서의 탐구란 "발견의 과정, 분명히 표현하는 과정 및 인간과 그의 환경에 대한 판단과 중요한 아이디어를 검사해가는 과정"이다(B. G. Massialas, 1969).

탐구란 사실과 가치를 인식하고 그들의 가정에 비추어 평가하고, 어떤 기준에 입각하여 그들을 입증하는 과정(정세구, 1984)

탐구의 시작은 실존적인 막연한 상태에서 시작되며, 탐구자는 습관적인 일련의 행동(the usual train of his habitual actions)이 코요하지 않고 어긋난 어떤 감정(something amiss feeling)에 의해 방해되기를 기다리기보다는 지식을 시험하고 획득하기 위하여 문제 상황을 만들어 나간다(Herron, 1971).

탐구란 문제를 유발하는 자극에 대하여 그 변인과 속성(attributes)을 탐색하고, 발견해 나가기 위해 수행하는 활동이다(Wilson, 1974).

과학교육이 탐구적으로 되어야 하는 이유는 과학 교육과정이 과학의 본질을 반영해야 한다는 일반적인 전제에 기초를 두고 있으며, 교수-학습 과정이 곧 탐구 과정이며 교육의 본질이라고 생각하기 때문이다(Schwab, 1964).

탐구는 사고를 필요로 하며, 사고 그 자체이기도 하다. 탐구에 의한 학습은 느낌, 언어, 인상, 지각같은 모든 종류의 감각적인 경험 과정을 인지하고 선택하고 정리시키는 것과 관련이 있다. 더 구체적으로 말하면, 탐구는 투입된 자료들을 분석, 정리하며 새로운 모습으로 재구성하는 일 등을 포함한다. 즉 탐구는 직접적 간접적으로 탐구의 결과나 여러가지 자료, 인지 과정 사이의 관계를 추론하거나 직관하는 일이나, 다양한 기준으로 인하여 생겨나는 문제들에 대해 생각하는 것, 그리고 우리가 궁극적으로 발견하거나 발명하게 될 의미를 분명히 말하는 것 등을 포함한다. 탐구는 학습자 개인의 적극적인 인지적, 정서적 참여가 이루어져야 하는 학습자 중심의 과정이다(Barry K. Beyer ; 한면희 외, 1988).

이상과 같은 이론과 정의를 종합해 볼 때, '탐구'는 곧 탐구과정, 방법을 의미하며, 이론·법칙·원리를 형성하여 이를 근거로 가설을 형성하고 이 가설을 검증하여 새로운 사실을 얻는 일련의 과정의 되풀이로 볼 수 있다.

## 2 탐구 요소와 탐구 과정

SAPA(AAA'S : 1965)의 탐구과정요소, MIN-NEMAST(Minnesota Mathematics and Science Teaching)의 탐구과정요소, COPES(Conceptually Oriented Program in Elementary Science)의 탐구과정 요소, Nelson, Abraham(1973)의 탐구능력요소, NAEP(1969, 1972, 1979, 1984)의 과학 탐구과정 요소, NSTA(1978)의 탐구과정 요소, Tamir 등(1982)의 탐구과정 요소, SARP(1981)의 탐구과정요소, APU(1984)의 탐구과정요소 허 명(1984)의 탐구평가표와 L. E. Metcalf(1966)의 반성적 사고 모형, H. Taba(1967)의 탐구를 위한 귀납적 모형, Schwab(1964)의 BSCS(1958)를 위한 탐구 교수 모형에서의 탐구 단계, Suchman(1962)의 탐구 훈련 모형(Inquiry training model)에서의 탐구 단계, Mass-

ialas & Cox(1966)의 탐구 과정등을 들 수 있는데, Klopfer(1971), 허 명(1984)의 탐구 평가표와 영국 APU(1984)과학 탐구 평가표를 예로 들면 다음과 같다.

### 1) Klopfer의 교육목표 분류 체계 중 탐구 과정 영역

Klopfer(1971)의 과학교육 목표 분류들은 Bloom 분류들(1956)의 일부 문제점을 해결한 과학교육만을 위한 목표 분류 체계이다. Bloom 분류학의 정의적 영역과 신체 운동적 영역이 Klopfer의 분류들에서 "태도와 흥미", "수공적 실험 기능"으로 바뀌었으며, 인지적 영역은 "지식과 이해", "과학적 탐구과정" 및 "과학지식과 과학적 방법"으로 재 편성 되었다. Klopfer 분류들 중 "오리엔테이션"범주는 Bloom 분류들에는 없는 새로운 것으로, 과학사, 과학철학 및 과학 사회학의 주제 즉 메타과학의 주제들이 여기에 포함되어 있다. 이 이원분류표의 가로축은 기대되는 행동을 나열하고, 세로축은 생물, 화학, 물리, 지구과학 및 과학일반의 내용을 상세화하여 제시하였다. 이 중에서 과학 탐구과정(Processes of Scientific Inquiry)부분을 나타내면 다음과 같다.

#### B. 0. 관찰과 측정

- B. 1. 사물과 현상의 관찰
- B. 2. 적절한 언어로 관찰을 기술
- B. 3. 사물과 변화를 측정
- B. 4. 적절한 측정 도구를 선택
- B. 5. 측정값 예측

#### C. 0. 문제 발견과 해결책 인식

- C. 1. 문제의 인식
  - C. 2. 실험의 가설 설정
  - C. 3. 가설의 검증 설정
  - C. 4. 실험 절차의 설계
- #### D. 0. 데이터 해석과 일반화
- D. 1. 실험 데이터의 처리
  - D. 2. 실험값을 함수 관계로 표현
  - D. 3. 실험값과 관찰의 해석
  - D. 4. 외삽법과 내삽법
  - D. 5. 실험결과로 가설의 평가
  - D. 6. 얻어진 결과에 의한 일반화

#### E. 0. 이론적 모델의 설정, 검증 및 개선

- E. 1. 이론적 모델의 필요성 인지
- E. 2. 알려진 지식에 의한 이론적 모델의 제작
- E. 3. 이론적 모델을 사용하여 현상과 원리 설명
- E. 4. 이론적 모델에서 새로운 가설 설정

E 5. 이론적 모델의 검증을 위한 실험 결과의 평가와 설명

E 6. 수정, 개정 또는 확장된 이론적 모델의 형성

## 2) 허 명(1984)의 과학 탐구 평가표(SIEI : Scientific Inquiry Evaluation Inventory)

과학 탐구 평가표는 탐구 학습 평가를 위해서 개발된 일종의 평가도구이다. 평가도구의 타당도와 신뢰도를 높이기 위해 R&D(Educational Research & Development) 방법을 사용하여 개발되었으며, 평가수준에 따라 크게 세 부분으로 나누어져 있다. 첫번째 부분은 탐구 과정 모델에 근거하여 하나 하나의 탐구 과제를 분류하는 체계이고, 두 번째 부분은 탐구 활동의 구조적 특성을 평가하는 방법이고, 세 번째 부분은 하나의 탐구 과정 전체를 종합적으로 평가하는 방법이다. 과학 탐구 평가표의 첫 번째 부분인 “수준 1: 각각의 탐구 과제 분석”을 소개하면 다음과 같다.

### 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. 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. 숫자 계산

1. 1. 6. 2. 구조적 형태

### 1. 2. 자료의 해석 및 분석

#### 1. 2. 1. 추론

1. 2. 1. 1. 형태의 추론

1. 2. 1. 2. 사건의 추론

1. 2. 1. 3. 기능의 추론

#### 1. 2. 2. 상관 관계 결정

1. 2. 2. 1. 질적 관계

1. 2. 2. 2. 양적 관계

#### 1. 2. 3. 인과 관계 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. 양적 예언

### 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. 가설 설정 및 실험 설계에 대한 평가

### 1. 4. 가설 설정 및 실험 설계

#### 1. 4. 1. 문제 발상

#### 1. 4. 2. 가설 설정

#### 1. 4. 3. 조건 통제

#### 1. 4. 4. 실험 과정 개발

#### 1. 4. 5. 실험 설계

## 3) APU(Assessment of Performance Unit)의 과학 평가를

APU 과학 평가단은 “과학”을 기본적으로 문제해결과 관련된 실험교과(experimental subject concerned fundamentally with problem solving) 중의 하나로 간주하고 이의 평가에 쓰일 3차원적인 구조를 가진 평가틀(assessment framework)을 개발 하였다(APU, 1984a, 1984b). 각 차원을 이루고 있는 “과학 과정”, “개념” 및 “내용과 상황”을 정리하면 다음과 같다.

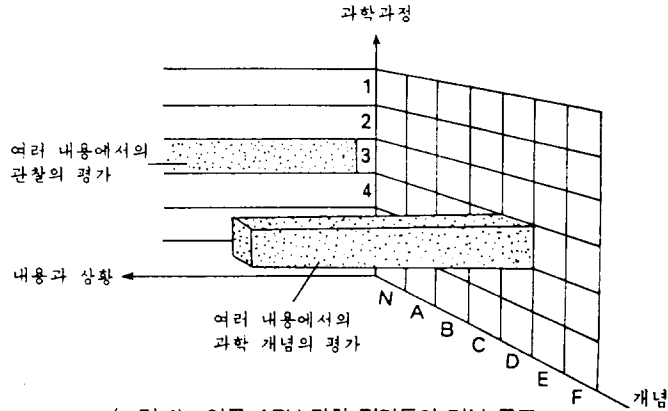
① 과학 과정(Science Processes): 과학 과정은 증거의 추구와 이용, 관찰과 조사, 정보의 해석, 결론의 유도 및 아이디어의 새로운 상황에의 응용과 같이 학생들 자신이 속해 있는 세계를 탐구해 가는 과정 기술(Process Skills)들이다.

② 개념(Concepts): 과학 개념이란 과학 교육을 통해서 학생들에게 소개되는 특정 지식체로 이들은 많은 문제의 해결을 위해 과학 과정과 함께 이용된다. 그러나 APU 과학 평가단은 특정 과학 개념이 중점적으로

요구되는 분야를 따로 설정하고 나머지 과학 과정의 평가에는 될 수 있는 한 과학 개념이 별로 요구되지 않는 문항을 개발, 이용하여 과학 과정의 독립적 평가를 시도해 왔다.

③ 내용과 상황(Content and Context) : 내용과 상황이란 과학 과정과 과학 개념이 적용되는 대상 즉 정보, 물체, 사건 또는 데이터 등을 의미하며, 이 차원은 과학 과정이나 개념과 같이 명확하게 범주화 되어 있

지 않다. 그러나 내용과 상황의 차원을 두는 것은 과학의 평가가 학교에서 배운 과학에서 뿐 아니라 학교밖의 다양한 상황에 걸쳐 이루어지기를 바라기 때문이다. APU 평가틀의 3차원적 구조는 평가 문항의 작성과 평가 결과의 보고를 위한 것이며, 실제의 평가에서는 이 3차원의 상호작용의 결과 및 학생들의 이에 대한 수행(performance)에 관심을 두고 있었다.



(그림 1) 영국 APU 과학 평가틀의 기본 구조

- \* 과학과정을 나타내는 축은 과학적 탐구 사고력을 측정하는 탐구영역을 의미 하며 하부 범주로 탐구요소를 나타내는데 그 예는 문제설정, 변인통제, 예측, 추리, 결론, 종합, 판단 등을 들 수 있다.
- \* 개념을 나타내는 축은 자연과학의 기본 개념이 포함된 분야들을 의미하고 있으며, N, A, B, C, D, E, F는 각 분야의 위치를 나타내며, 그 예는 물리, 화학, 생물, 지구과학, 일반과학 등을 들 수 있다.
- \* 내용과 상황을 나타내는 축은 과학과정과 개념이 적용되는 상황을 의미하며, 주영역과 하부 영역으로 나누어 지는데 그 예는 주택, 여행, 실험실, 환경, 지구, 천체, 태양, 바람 등을 들 수 있다.

### 3. 문제해결(Problem Solving)

개인이 친밀하지 않은 상황의 요구를 만족 시키기위 해서, 이전에 습득된 지식(Knowledge), 기능(Skills), 이해(Understanding)를 사용 하는 과정으로서 개인은 그가 이미 알고 있는 것을 종합하여야 하며, 갈등을 해소하려는 시도 속에서 그것을 새로운 다른 상황에 적용하여야 한다.

#### 1) 문제해결 기능(Problem Solving Skills)

문제해결의 활동 분석으로부터 나오는 비교적 높은 수준의 정신활동의 요소로서 문제해결 단계를 구성하

고 있는 모든 요소를 기능으로 본다

#### 2) 문제해결 능력(Problem Solving Ability)

개인의 문제해결 활동의 분석으로 부터 출발하게 되지만, 활동에 숙달하는 개인의 심리적 성향을 의미하며 일반적으로 능력은 지식, 기능, 습관 등을 숙달시키는 과정을 통해서 형성된다.

### 4. 고차적 사고와 탐구

김규원(1991)은 고차적 사고(Higher-order thinking)란 한 개인이 답하고자 하는 질문이나 풀고자 하는 문제가 이전에 습득한 지식을 틀에 박힌대로 적용 하여서는 해결될 수 없기 때문에 주어진 정보를 개인이 해석하거나 분석하지 않으면 안되는 경우에 생겨나는 것으로 논리적 사유(reasoning)와 흡사하다고 하였다. 이 때 논리적 사유란 한 개인이 어떤 결론에도 달하게 되는 추론적 과정을 말한다. Resnick(1986)은 고차적사고의 특성을 비연산적(Non-algorithmic)이고 복잡적(Complex)이라고 하였다. 즉, 고차적 사고는 논의의 진로를 미리 완전하게 구체화할 수 없으며, 세부적 내용들은 저마다 다르다 하더라도 고차적 사고에 대한 대부분의 정의들은 사실에 대한 단순한 인지를 넘어서고 있다는 측면을 강조한 것이라 할 수 있다.

## 5. 과학 탐구 능력(Science Inquiry Skills or Science Process Skills)

‘과학 탐구 기능’은 ‘과학 탐구 능력’ 또는 ‘과학 과정 요소’로 해석된다. Welch등(1978)은 탐구의 영역을 세 가지로 구분 하였는데, 그 중 하나가 ‘과학 탐구 기능’으로 관찰하고, 측정하고, 문제의 해결력을 찾고, 자료를 해석하고, 일반화하고, 이론적 모델을 세워 검증하고, 수정하는 등의 과학적 탐구 과정을 수행 하는데 필요한 구체적 기능을 포함 하는 것으로 정의 하였다. 이를 토대로 하여 과학 탐구 능력을 탐구 학습 과정에 나타나 있는 탐구 과정 수행에 필요한 탐구 과정 요소를 과학 탐구 기능으로 볼 수 있다.

## 6. 탐구로서의 과학(Science as Inquiry)

과학적 원리의 창조 과정이나 논리적 관계의 도출과정은 인간의 고등한 정신 작용이기 때문에 밝혀 내기가 어렵다. 이러한 과정에 대해서 대체로 과학자들 사이에 의견의 차이를 보이고 있긴 하지만 기본적인 탐구방법에 대해서는 거의 비슷한 공통점을 보이고 있다. 탐구과정에 대한 공통적이고 전통적인 견해는 다음과 같다. ①문제를 인식하고 ②가설을 설정하고 ③가설을 검증하기 위한 방법의 선택 ④그 방법의 적용 및 실행 ⑤새로운 지식의 도출로 요약 할 수 있다.

이상과 같이 도출된 지식(원리, 법칙)은 어디까지나 한정된 사실에 대해 검증된 모델이며 가설에 불과하다. 즉, 새로운 정보가 얻어졌을 때나 새로운 사실이 출현하였을 때는 그 법칙이 인정될 수 있는지의 여부는 알 수 없는 것이다.

과학자의 탐구 활동이나 과학자가 행하려고 하는 일련의 정신 활동을 하나의 틀에 맞추려고 생각하거나 일정한 순서나 법칙이 있는 것으로 파악하기란 불가능한 일이다.

## 7. 탐구 학습(Inquiry Learning)

탐구학습이란 과학적 탐구방법과 과정이 강조되는 학습 방법을 지칭하는데, 발견학습이 학생들에게 제공되는 정보가 최소한으로 제한된 상태에서 학생들이 스스로가 임의적인 탐색을 통하여 발견 하도록 하는데 반하여, 탐구학습은 발견이 가능 하도록 잘 조직되고 빈번한 학습 자료가 제공되고 치밀하게 짜여진 사전 계획에 따라 적절한 토론 과정과 교사의 안내를 통하여

발견에 도달할 수 있도록 지도된다는 점, 즉 과학탐구의 구조적인 성격에 충실한다는 점에서 다르다.

## IV. 탐구 사고력 측정을 위한 행동요소의 선정과 평가목표의 상세화

탐구 능력의 신장을 위해서는 탐구 학습과정을 수행하는데 필요한 탐구 기능을 선정하는 일이 아주 중요하다. 아주 복잡한 지적 활동에서 비교적 명확한 탐구 기능을 뽑아 정의하는 일은 SAPA에서 완성되었으며, 각 과학 교육과정에서 SAPA가 제시한 탐구기능과 탐구기능에 대한 정의를 많이 이용하고 있다. 이와 같이 정의된 탐구기능들은 과학 교육자들이 교육과정을 개발하거나, 그 효과를 평가하는데 활용될 수 있을 것이다. 또한 탐구 활동에 필요한 탐구기능을 확실하게 결정함으로써 학생들의 인지발달 단계나 탐구 학습 상황에 따라 체득해야 할 기능, 활동 경험 및 그 절차를 선정하는 데 도움을 주게 되며, 이들을 학습자에게 적용함으로써 우리가 추구하고자 하는 과학 교육 목표를 달성할 수 있을 것이다.

탐구기능(Inquiry Skills)은 학자에 따라 여러 가지로 세분하고 있으나, 본 연구를 수행하기 위해 추출한 일부의 탐구기능에 대한 조작적 정의와 각각의 행동요소에 대한 평가목표를 상세화 하여 제시하면 다음과 같다.

### 1. 관찰(Observation)

과학의 탐구는 자연을 관찰하는 것으로부터 시작된다. 관찰을 통해 문제를 발견하고, 관찰에 의하여 문제에 관한 정보를 수집하고, 이것을 처리하여 법칙을 발견한다. 관찰은 인간의 오관을 이용하여 주위 환경으로부터 데이터를 수집하는 일련의 과정으로 관찰자의 상상력, 창의력, 직관력이 요구되는 활동이며, 관찰에는 간단한 측정, 분류, 추리 등이 포함된다. 선행 경험은 관찰 능력에 큰 영향을 주며, 관찰 능력을 확대하고 연장하기 위해 많은 기기를 사용할 수 있다. 이 행동요소에 대한 평가목표를 상세화 하면 다음과 같다.

- ① 오감을 사용하여 사물의 정량적 성질을 파악할 수 있다.
- ② 사물의 정성적인 변화를 관찰하고 묘사할 수 있다.
- ③ 관찰된 사물의 물리적 공통점(기준)을 이용하여 사물을 분류, 분별할 수 있다.



- ④ 주어진 기준에 따라 분류된 체계나 계통을 도표로 나타낼 수 있다.
- ⑤ 관찰 능력을 확대시키기 위한 적절한 기기를 선택할 수 있다.
- ⑥ 적절한 언어로 관찰을 기술할 수 있다.

## 2 측정(Measurement)

관찰이 감각을 이용한 데이터 수집 과정이기 때문에 부정확한 경우가 많다. 과학은 객관성과 정확성을 요구하는 것이므로 도구를 이용한 측정이 필요하게 된다. 측정은 관찰의 연장으로 결과를 보다 객관적으로 정량적으로 나타낸 것이다. 측정 능력은 측정 도구를 선택하는 능력도 포함한다. 측정에는 오차가 필연적으로 따른다. 이 행동 요소에 대한 평가목표를 상세화 하면 다음과 같다.

- ① 과학현상의 측정을 위해 가장 적절한 측정 도구를 선택할 수 있다.
- ② 선택된 측정 도구를 바르게 사용할 수 있다.
- ③ 측정 도구에 나타난 측정치를 바르게 읽을 수 있다.
- ④ 적절한 측정 단위를 쓸 수 있다.
- ⑤ 측정에서 오차를 줄일 수 있는 방법을 고안할 수 있다.
- ⑥ 측정값을 예측할 수 있다.

## 3. 가설 설정(Formulating a Hypothesis)

가설은 사실을 관찰하고 측정하여 얻은 데이터를 해석하여 그 규칙성과 원리를 찾아 가는 도중의 잠정적인 일반화(가능성이 있는 결론)의 뜻으로 사용된다. 추리 과정도 가설 속에 포함시켜 사용되기도 하며, 둘의 구분이 명확하지 않지만 대체로 개개 사물에 대한 설명을 추리라고 하고, 추리가 일반화되어 모든 경우에 대한 설명일 때를 가설이라고 한다. 관찰한 내용과 그것에 기초를 두고 세워진 가설과는 구별된다. 가설은 반드시 경험적, 실험적으로 검증될 수 있어야 하며, 가설 속에는 어떠한 자료가 어떻게 수집되고 분석되는 과정까지의 개략적인 계획과 결론에 대한 예상까지도 포함되어 있어야 한다. 이 행동 요소에 대한 평가목표를 상세화 하면 다음과 같다.

- ① 가설과 가설이 아닌 진술을 구분할 수 있다.
- ② 일련의 관찰에서 하나의 실험 가능한 가설을 구성할 수 있다.

- ③ 종속 변인과 독립 변인이 구체적으로 제시된 상황이나 실험이 주어지면 이로부터 검증 가능한 가설을 확인 제안할 수 있다.
- ④ 가설이 실험 결과와 일치하는 지를 판정할 수 있다(가설의 평가).
- ⑤ 주어진 실험 결과와 일치하는 가설을 찾을 수 있다.
- ⑥ 가설을 지지하는 관찰과 가설을 뒷받침하고 있지 않는 관찰을 구분할 수 있다.
- ⑦ 가설을 검증할 실험 설계(적절한 방법의 선정)를 할 수 있다.
- ⑧ 가설이 주어진 사상의 이론, 원리, 법칙과 모순되는 점을 확인할 수 있다.
- ⑨ 주어진 자료에 의해 가설의 논리적 일관성을 판단할 수 있다.
- ⑩ 가설에 맞게 잘 조작된 조작 변인을 찾을 수 있다.

## 4. 실험 설계 및 변인 통제(Designing an Experiment & Controlling Variables)

가설의 타당성을 검증하기 위한 활동의 계획을 실험 설계라고 한다. 실험의 바른 수행을 위해 변인의 통제가 따라야 한다. 변인은 독립변인, 종속변인(다른 변인이 변함에 따라 변하는 변인), 조작변인(변화시켜야 할 변인), 통제변인(일정하게 유지해야 할 변인) 등이 있다. 이러한 변인의 통제는 정확한 데이터를 수집하기 위해 꼭 필요하며, 수집된 데이터의 오차 원인을 추정하거나 오차 한계를 정하는 데 매우 중요하다. 이 행동 요소에 대한 평가목표를 상세화 하면 다음과 같다.

- ① 문제를 해결하는 데 필요한 자료를 결정할 수 있다.
- ② 요구하는 자료를 추출하기 위한 실험을 설계할 수 있다.
- ③ 수립한 가설의 검증 과정과 일치하는 실험 계획을 지적할 수 있다.
- ④ 실험을 수행하는 데 필요한 실험 기구와 재료를 선정할 수 있다.
- ⑤ 실험에 영향을 미치는 변인들을 찾아 낼 수 있다.
- ⑥ 조작적으로 잘 정의된 변인을 찾을 수 있다.
- ⑦ 가설을 검증하기 위해 통제해야 할 변인을 찾을 수 있다.
- ⑧ 통제시켜야 할 변인과 변화시켜야 할 변인을 구분할 수 있다.
- ⑨ 변인들을 통제시키는 방법을 설명할 수 있다.

- ⑩ 종속변인, 독립변인, 조작변인, 통제 변인을 찾아 낼 수 있다.
- ⑪ 변인이 통제된 조건과 통제되지 않은 조건을 구별할 수 있다.
- ⑫ 가설과 일치하는 통제 변인과 조작 변인을 찾을 수 있다.
- ⑬ 두 가지 이상의 변인 사이의 상관 관계를 정량적으로 나타내거나, 정성적으로 설명할 수 있다.
- ⑭ 독립 변인과 종속 변인이 주어지면 이들 사이의 관계를 추출하기 위한 실험의 과정을 설계할 수 있다(가장 적절한 실험 과정을 선택할 수 있다).
- ⑮ 변인의 적합성을 결정할 수 있다.

5. 추리(inference)

관찰한 사실을 설명하기 위해 필요한 과정, 즉 관찰이나 실험에서 얻은 데이터를 수집하여 이들간의 관계나 이유를 생각하여 직접 관찰이 안된 새로운 사실을 이끌어 내는 과정을 말하며, 추리는 관찰에 근거를 두지만 관찰 그 이상을 포함한다(Eggen et al., 1979). 추리란 사실을 설명하려는 종합적 노력의 일환이며, 주로 직관적 사고 과정을 거쳐서 이루어지며, 한 관찰 사실에서 여러 가지의 추리가 가능하다. 추리는 반드시 관찰 사실에 근거를 두어야 하며, 또 다른 관찰에 의해 확인되어야 한다. 이 행동 요소에 대한 평가목표를 상세화 하면 다음과 같다.

- ① 관찰한 일과 추리한 일을 구별할 수 있다.
- ② 관찰한 사실을 설명하기 위한 추리를 할 수 있다.
- ③ 추리를 지지하는 관찰 사실을 찾아낼 수 있다.
- ④ 관찰 내용이 추가됨에 따라 변하는 추리를 확인할 수 있다.
- ⑤ 관찰과 실험을 통해 얻은 사실에서 추리한 내용으로 실험 결과에 대한 예상을 구성할 수 있다.
- ⑥ 실험 과정에서 발생을 예상치 못한 사실이 생겼을 때, 이로부터 새로운 사실을 논리적으로 추리할 수 있다.

6. 예상(내삽, 외삽 포함; Predicting Experimental Results : Interpolation, Extrapolation)

예상은 현재의 관찰 결과를 토대로 앞으로의 결과를 예측하는 활동이다. 예상은 구체적 데이터가 없이도 가능한 추리와는 달리 일정한 경향성 또는 규칙성을 보이는 데이터를 근거로 이루어진다. 예상의 방법으로는

내삽과 외삽이 있다. 내삽은 관찰 또는 측정된 데이터의 범위내에서 예상하는 것이며, 외삽은 데이터 범위 밖의 현상을 예상하는 것으로 사고 형식이나 경향성(trends)에 의존한다. 그래서 외삽은 신뢰성에 있어 내삽보다 떨어진다. 일기 예보같은 것이 외삽에 해당한다. 이 행동 요소에 대한 평가목표를 상세화 하면 다음과 같다.

- ① 수집된 데이터를 이용하여 표를 만들고 이것을 가지고 예상을 수립할 수 있다(내삽, 외삽).
- ② 주어진 표나 그래프에서 결과를 예상할 수 있다(내삽, 외삽).
- ③ 수립된 예상을 검증하기 위한 방법을 찾을 수 있다.
- ④ 관찰된 사상뿐만 아니라, 그와 관련된 다른 사상에 대해서도 예상을 수립할 수 있다.
- ⑤ 가능한 함축적인 의미, 결과, 결론 등을 예견해 보기 위해 외삽에 의해 주어진 정보의 가치를 추정할 수 있다.

7. 자료 처리 및 해석(Interpreting Data)

관찰, 측정 등의 결과가 수량적으로 표시된 것을 자료(data)라 한다. 이러한 자료는 가설, 추리, 예상 등과 연관시켜 의미있는 결론을 얻을 수 있도록 해석하여야 한다(자료의 변형이나, 실험값의 변환 등을 포함). 이 행동 요소에 대한 평가목표를 상세화 하면 다음과 같다.

- ① 적절한 자료와 적절하지 못한 자료를 분리할 수 있다.
- ② 표나 그래프로 주어진 정보를 문장으로 나타낼 수 있다.
- ③ 표나 그래프에 나타난 자료에서 규칙성을 찾아낼 수 있다.
- ④ 실험값을 함수 관계로 나타낼 수 있다.
- ⑤ 표나 그래프로 주어진 자료로 추리하거나, 예상을 할 수 있다.
- ⑥ 표나 그래프로 주어진 자료를 해석하여 수립된 가설을 기각할지 수용할 지를 결정할 수 있다.
- ⑦ 주어진 정보를 좀더 친숙하고 일반적인 형태로 나타낼 수 있다.
- ⑧ 문서나 도표지도 또는 시각적 형태로 표현된 정보들을 보다 친숙한 형태로 변형할 수 있다.
- ⑨ 실험 자료를 보다 명료하고 조직화된 표나 그래프로 나타낼 수 있다(자료의 변형).

- ⑩ 실험 자료를 계산을 통해 보다 유용한 물리량으로 변형할 수 있다(자료의 변형).

**8. 조작적 정의(Defining Operationally)**

개념을 다른 개념과 구별하기 위해 어떤 정의를 내릴 때 정의를 명확히 하기 위해 그 의미를 관찰이나 측정 등 일정한 조작과 결과에 의해 나타내는 것을 조작적 정의라 한다. 조작적인 정의는 그 정의를 모르는 사람에게 제시했을 때 정의에 따라 무엇을 해보아서(조작하여서) 그 의미를 알아 낼 수 있도록 표현한 것이다. 이 행동 요소에 대한 평가목표를 상세화 하면 다음과 같다.

- ① 조작적 정의와 비조작적 정의를 구별할 수 있다.
- ② 과학 용어를 조작적으로 정의할 수 있다.
- ③ 가설이나 추리 등에서 조작적 정의를 필요로 하는 변인이나 용어를 찾아내어 조작적으로 정의할 수 있다.
- ④ 위의 경우 필요할 때는 개념이나 절차 등도 조작적으로 정의할 수 있다.
- ⑤ 가설이나 실험 계획 등을 조작적으로 정의할 수 있다.

**9. 모델 형성 또는 일반화, 결론 내리기(Formulating a Generalization or Model, Drawing a Conclusion)**

모델 형성이란 이미 습득된 지식이나 조작을 기초로 하여 일련의 관찰 사항이나 측정 데이터를 잘 엮어 대상을 모순없이 설명하고 이론화하기 위한 일종의 추리이다. 즉, 이론을 구체적, 감각적으로 나타내는 것이다. 일반화란 여러 가지 관찰 또는 실험 결과를 서로 비교하거나 관련성을 조사하여 공통된 특성을 추출하고 이들을 포괄하는 보다 보편적인 관계를 이끌어 내는 활동이다. 이 행동 요소에 대한 평가목표를 상세화 하면 다음과 같다.

- ① 관찰된 사실이나 원리, 법칙을 가장 잘 설명하는 모델을 지적할 수 있다.
- ② 이미 형성된 모델을 관찰된 사실이나 원리, 법칙을 이용하여 적합성 여부를 판단하여 검토 수정할 수 있다.
- ③ 주어진 모델 중에서 예견성이 가장 뛰어난 것을 지적할 수 있다.
- ④ 주어진 모델에서 가능한 사실, 현상, 가설을 이끌

어 낼 수 있다.

- ⑤ 실험 결과가 보여주는 규칙성을 토대로 보다 일반적인 결론을 내릴 수 있다.
- ⑥ 내려진 결론을 다른 문제 상황에 적용할 수 있다.
- ⑦ 두 가지 이상의 관찰, 실험 결과에서 공통된 특성을 찾아 내거나, 보다 일반적인 결론을 내릴 수 있다.
- ⑧ 일반화에 속하는 사실, 결과 등을 나열할 수 있다.
- ⑨ 얻어진 결과들을 일반화하고, 이론적 모델을 설정할 수 있다.

**V. 결론 및 제언**

**1. 결 론**

평가란 본질적으로 교육과정 및 프로그램에 의하여 교육목표가 어느정도 실현되는 지를 밝히는 과정으로 볼 때, 과학적 탐구능력이 현장에서 제대로 신장되지 못한 원인중의 하나는 탐구 교수 학습과 탐구적 실험 지도 및 거기에 알맞는 평가 방법이 제대로 개발되지 못하고 있다는 점이다.

이런 관점에서 본 연구는 탐구중심 교수학습의 탐구 사고력 신장을 위한 탐구 중심의 교수 학습의 질을 개선하고 대학 수학 능력 시험의 수리·탐구 영역중 탐구 사고력 평가의 객관적 기준이 될 수 있도록 탐구 영역의 평가목표 상세화를 시도 하였다.

탐구 과정에서 요구하는 행동 요인을 분석하여 내용과 행동을 축으로하는 이원 분류틀 중에서 행동을 축으로하는 영역만을 추출하고 학습을 마친 후 기대되는 학생의 총착점 행동을 행동 동사를 사용하여 진술하였다.

본 연구에서는 선행 연구된 과학 탐구 평가틀들을 기초로 일부의 공통적인 행동 요소들만 추출하여 조작적 정의를 내리고, 이미 개발된 탐구 능력 평가문항들을 분석하여 각 행동요소들에 대한 평가목표들을 상세화 시켰다.

본 연구에서의 결과를 종합하면 다음과 같다.

- (1) 추출하여 조작적으로 정의한 행동 요소는 9개 요소이다.
- (2) 각각의 행동 요소에 대한 평가목표의 상세화는 72개 항목이다.

행동적으로 상세화하여 진술된 평가목표는 탐구 사

고력을 측정하는 평가문항 개발에 대한 모든 문제를 해결해 주는 만병 통치약은 아니지만 적절하게 사용함으로써 탐구 사고력 측정을 위한 평가 문항의 개발 과정에 필요한 복잡한 절차와 시간의 낭비를 줄이고 평가도구의 타당도와 신뢰도를 높여 주리라 기대된다.

## 2 재 언

(1) 본 연구에서 작성된 평가목표의 상세화는 완성된 것이 아니므로 다른 연구자의 결과나 문헌에 나와 있는 평가목표와 비교 분석하여 끊임없는 수정과 보완을 하여야 하며 더욱 확장 되어야 할 것이다.

(2) 서로 다른 탐구기능(Process Skills)들 사이의 상관 관계를 확인하는 연구를 통해서 탐구기능들을 몇 가지 요소들로 통합 간소화하고, 조직하는 연구가 필요하다.

(3) 대학 수학 능력 시험에서 탐구 사고력 평가의 준거(Criteria)로 이용되는 다차원적인 평가틀(Assessment Framework)의 개발과 함께 합당하다고 판단되는 탐구과정 요소의 선정과 평가목표의 상세화 연구가 선행되어야 할 것이다.

(4) 각 요소 자체보다 여러 요소를 바탕으로 한 일련의 연계적인 과학적 사고력이 중요하므로 과학적 탐구 사고력의 기초가 되는 각 요소를 해결하여야 다음 단계를 해결할 수 있는 복합적인 탐구 요소로 구성된 고차적인 탐구 사고력을 평가할 수 있는 평가 문항 개발이 요청된다.

(5) 과학적 탐구는 과학 지식, 사고력, 관찰실험 기능이 중요할 뿐만 아니라, 어느 구체적인 자연 환경 또는 생활 세계에서 벌어지기 때문에 구체적인 상황이 중요하다. 특히 기초과학 평가에 있어서 어떤 상황의 문제를 제시하여 탐구 사고력을 평가하는 문항 개발이 요청된다.

(6) 지구과학 교과는 일상 생활이나 자연 현상에 밀접하게 관련되어 있으므로 대학 수학 능력 시험중 수리·탐구 영역의 평가 문항의 개발이 용이하다고 생각되며, 언어 영역에서 사용될 수 있는 지구과학 교과 내용 중심의 지문 발굴도 요청된다.

## 참 고 문 헌

- 권재술(1984), Klopfer의 과학교육 목표 분류의 본질과 문제점, 전북대학교 논총, 제9집, 67-71.
- 김규원(1991), 고차적 사고력 진작을 위한 조직론적 접근 시도, 교육개발, KEDI, 제13권 제1호, 101-114.
- 김기웅의(1971), SAPA(AAAS) 초등과학 교사용 지침서, 동화문화사.
- 김영채(1984), 현대교육평가론, 계동문화사, 115-131.
- 김주훈 외(1984), 국민학교 자연과 평가의 원리와 실제, KEDI, 개발연구 TR84-7.
- 김호권 외 공역(1977), 교육평가총론, 능력개발(B. S. Bloom et al, Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning), 42-160.
- 박승재 편저(1985), 과학교육, 과학교육사.
- \_\_\_\_\_ (1991), 과학교육 2월호, 과학적 탐구교육의 교육적 과제, pp. 44-49.
- 엄영섭 외(1985), 고등학교 화학실험의 탐구적지도 및 평가 방안의 연구, 과학교육논총, 전북대학교, 제10집, 1-47.
- 우중욱 외(1985), 과학과 탐구교수학습에 관한 연구, 부산대사대논문집, 제10집, 211.
- 이경훈(1986), 지구과학교육 목표연구, 부산대학교 석사학위 논문.
- 이경훈 외(1987), 고등학교 수업목표 상세화 연구, 한국과학교육학회지, 제7권 1호, 89.
- 이범홍 외(1985), 과학적 탐구능력 신장을 위한 학습지도 방법 개선연구, KEDI, 연구보고 RR85-5.
- 이상형 외(1983), 고등학교 화학과 탐구학습의 평가모형 정립과 평가지 개발, 과학교육연구, 제7집, 경북대사대 과학교육연구소 1-14.
- 이종기(1988), 고등학생의 과학 탐구능력 측정을 위한 평가도구 개발, 한국교원대학교 석사학위 논문.
- 이화국 외(1987), NAEP와 APU과학 성취도 평가틀의 분석 및 적용연구, 과학교육논총, 전북대학교, 제12집, 1-86.
- \_\_\_\_\_ (1988), 영국 중등학교의 과학교육과 APU과학 평가의 고찰, 과학교육논총, 전북대, 제13집, 67-111.
- 정세구(1985), 탐구수업, 서울, 배영사.
- 조정일(1990), 탐구로서의 과학학습의 본질과 탐구과학교육을 위한 조건들의 변화, 한국과학교육학회지, 제10권 1호, 65-78.
- 중앙교육평가원(1991), 대학교육적성시험 1차 실험평가 결과.
- 태원순 외(1984), 과학 성취도 측정을 위한 행동주의적 목표분류틀의 고찰, 전북대 과학교육논총, 제7집, 1-27.
- 한면희 외(1988), 사회과 탐구논리, 교육과학사(B. K.

- Beyer, Teaching Thinking in Social Studies : Using Inquiry in the Classroom).
- 한안진(1974), 탐구과학교육, 화신출판사.
- 한종하(1971), 초등과학의 이론과 실제, 교육과학사.
- \_\_\_\_\_(1987), 과학적 사고력 신장을 위한 수업전략, 117-119.
- 허 명(1985), 미국의 과학교육 평가(NAEP, SARP), 과학교육 8월호, 22권, 22-29.
- \_\_\_\_\_(1986), "과학 탐구능력의 평가", 과학교육, 박승재편, 서울: 과학교육사.
- \_\_\_\_\_(1987), 탐구학습의 이론과 실제, 과학교육의 이론과 실제, 과학교육, 4월호, 24권, 22-29.
- \_\_\_\_\_(1990), 중등학생의 과학탐구능력 신장을 위한 학습 지도 및 평가방법의 개선 방안, 한국과학교육학회지, 제10권 2호, 1-9.
- 황정규(1983), 학습 극대화를 위한 교육평가, 재동문화사.
- APU(1981), Science in Schools, Age 11 : Report No, 1., London, HMSO.
- APU(1981), Science in Schools, Age 13 : Report No, 1., London, HMSO.
- APU(1981), Science in Schools, Age 15 : Report No, 1., London, HMSO.
- APU(1981), Sample Questions in Science at Age 11, DES.
- Bloom, B. S., & J. T. Hastings & G. F. Madaus (1971), Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning, McGraw-Hill : N. Y.
- Bloom, B. S.(1956), Taxonomy for Educational Objectives, Handbook : Cognitive Domain, McKay : N. Y.
- Dewey, J.(1933), How we think. Boston : D. C. Heath and Co.
- Dillashaw, G. H., & Okey, J. R.(1980), A Test of the Integrated Science Process Skills for Secondary Science Students, Science Education 64, 601-608.
- Gagne, R. M.(1965), The Condition of Learning, N. Y. : Holt Reinhart & Winston.
- Gronlund, N. E.(1985), Measurement and Evaluation in Teaching, 5th ed., McMillan Publishing Co.
- Herron, M. D.(1971), The Nature of Scientific Enquiry. School Review, 1972-212.
- Hur Myung(1984), Evaluation of Inquiry Activity in Science Curricula. Doctoral Dissertation, Teacher's College, Columbia University.
- Klopfer, W. W.(1971), "Evaluation of Learning in Science", in Handbook of Formative and Summative Evaluation of Student Learning. Bloom, Hastings and Madaus, Eds., New York : MacGraw-Hill.
- Krulik, S., & Rudnick, J. A.(1987), Problem Solving : A Handbook for Teachers, Boston : Allyn & Bacon.
- Massiales, B. G., & Cox, C. B.(1964), Inquiry in School Studies. New York : McGraw-Hill Book Co.
- NAEP(1974), Science Objective for 1972-73 Assessment.
- Nelson, M. A., & Abraham, E. C.(1973). Inquiry Skill Measures. Journal of Research in Science Teaching, 10, 291-297.
- NSTA(1964), Theory into Action, NSTA Pamphlet, stockno, 471-14282 : Washington, D. C.
- R. J. Kibler et al(1981), Objectives for Instruction and Evaluation, Allyn and Bacon, Inc.
- Robinson, S. T.(1969), The Nature of Science and Science Teaching. California : Wordworth Publishing Co.
- Stacey J. Hueftle et al(1983), IMAGES OF SCIENCE. A Summary of Results from the 1981-82 National Assessment in Science, SARP
- Schwab, J. J., & Brandwein, P.(1964), The Teaching of Science. Cambridge Mass : Harvard University Press.
- Suchman, J. R.(1960). Inquiry Training in The Elementary School. The Science Teacher, 24, 42-27.
- Tamir, P., Nussinovitz., & Friedler, Y.(1982), The Design and Use of a Practical Tests Assessment Inventory, Journal of Biological Education, 16, 42-50.
- Welch, W. W., Klopfer, L. E., Aikenhead, G. S., & Robinson, J. T.(1981), The Role of Inquiry in Science Education : An analysis and Recommendation, Science Education, 65, 33-50.

## ABSTRACT

# THE SPECIFICATION OF EVALUATIVE OBJECTIVES AND SELECTION OF BEHAVIORAL ELEMENTS TO MEASURE SCIENCE INQUIRY SKILLS RELATING TO EARTH SCIENCE AMONG QUANTITATIVE(MATHEMATICAL) INQUIRY DOMAIN OF UNIVERSITY COMPETENCY TEST

Jong Ok Woo

(Korea National University of Education)

Kyung Hoon Lee

(High School Attached, P. N. U)

Hang Ro Lee

(Korea National University of Education)

The purpose of this study is to construct the evaluative objectives of science inquiry skills specificationally. Specification of evaluative objectives will be able to serve as evaluative criterion for development of a test of the integrated science process skills. The results in this study are as follows ;

(1) The selections of science inquiry skills from the previous developed taxonomies are observation, measurement, formulating hypothesis, designing an experiment and controlling variables, inference, predicting(including intrapolation and extrapolation), organizing data and interpreting, defining operationally, formulating a generalization or model. drawing a conclusion.

(2) The definitions of the selected science inquiry skills are made operationally.

(3) Evaluative objectives relating to the selected science inquiry skills are specified with the previous developed items.

Based on the above results, total 9 science inquiry skills are selected and 72 evaluative objectives are specified.