

# 과학교육과 탐구학습의 평가

## ◇ 탐구수행능력과 과학적 사고력

科學教育의 목적이 과학하는 능력을 배양하여 새로운 사실을 개척해 나갈 수 있는 힘을 기르는데 있다는 것은 잘 알려져 있는 사실이다. 여기서 과학하는 능력이라 함은 과학하는 과정을 통하여 문제를 과학적으로 해결하는 능력을 말하는 것이다. 필자는 이 능력을 탐구수행능력이라고 부르고 있으나 사람에 따라서는 과학적 문제해결능력 또는 과학하는 과정수행능력등으로 부르기도 한다.

이 탐구수행능력은 문제를 과학적으로 해결하는데 필요한 제반 사고능력과 技藝能力을 말하는 것이므로 이 능력을 습득하려면 스스로 과학을 해 보는 것이 가장 효과적이다. 과학교육이 실험실습을 중심으로 하는 탐구학습을 통해서 이루어져야 한다는 이유가 바로 여기에 있는 것이다. 그러나 누차의 교육과정 개편작업을 통하여 실험실습을 중심으로 하는 탐구학습을 강조하여 왔으면서도 아직 이 학습이 정착되지 못하고 있다. 그 주된 이유는 경제적인 여건이 아직 구비되지 못하고 있는데 있을 것이나, 科學教育의 評價가 이 학습의 정착과는 거리가 먼 방향으로 이루어지고 있다는데도 그 이유의 하나가 있을 것으로 생각된다. 그러므로 여기에서는 이 학습의 정착을 위해 科學育教의 評價가 어떻게 이루어져야 하는가에 대해 생각해 보기로 한다.

과학하는 능력 즉, 탐구수행능력은 과학적 지식과 이해력을 바탕으로 하는 科學的 思考能力과 科學的 技藝能力으로 구분된다.

여기서 科學的 思考라 함은 실증적인 근거를 바탕으로 논리적으로 사고하여 객관성있는 결론을 얻어내는 사고를 말하는 것이다. 實證的인 根據와 論理的인 思考操作과 客觀性있는 結論은 과학적 사고의 3대요소가 되고 있는 것이며 이 중 하나라도 구비되지 못하는 것이 있으면 그 사고는 완전한 과학적 사고가 될 수 없는 것



崔宗洛  
(慶北大 師範大교수)

이다.

과학자들도 때로는 실증적인 근거없이 추상적으로 사고하여 유용한 결론을 얻어내는 수도 있다. 그러나 이와같은 사고는 완전한 과학적 사고가 못되는 것이다. 그러기에 이와같이 하여 얻어진 결론은 반드시 사실과 대조하여 그 객관성이 입증되어야만 효력을 발휘할 수 있게 되는 것이다.

사실과 대조하는 이 手續을 도외시한다면 「아리스토텔레스」의 落下運動論을 盲信하는 것과 같이 그릇된 결론을 맹신하게 되는 경우가 허다할 것이다.

과학하는 능력은 이와같은 입증적인 근거를 찾아내는 능력과 그 근거를 바탕으로 하여 객관성있는 결론을 추론해 내는 능력을 말하는 것이

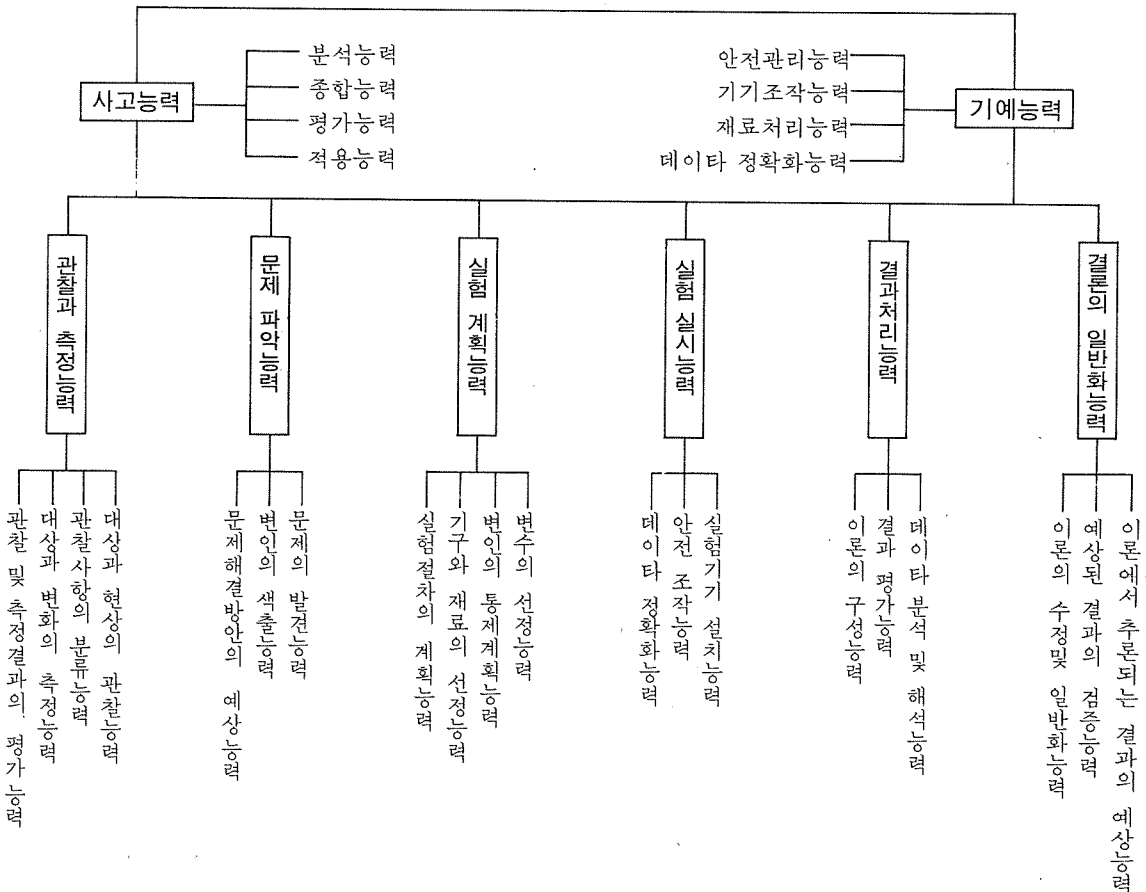
므로 과학교육은 科學的 思考能力 즉 과학적 두뇌를 기르는데 그 주된 목적이 있다고 할 것이다.

### ◇ 탐구수행 능력의 교육목표 분류

과학교육 성취도평가의 영역은 ① 과학적 지식과 이해의 영역과 이 지식과 이해를 바탕으로 하여 문제를 과학적으로 해결하는 능력 ② 탐구수행능력의 영역 ③ 과학적 태도의 영역으로 구분된다. 그러나 여기에서는 탐구수행능력 영역의 평가에 대해서만 생각해 보기로 한다.

탐구수행능력의 바탕이 되는 과학적 사고능

〈표-1〉 탐구수행능력의 교육목표 분류



력은 분석능력과 종합능력, 평가능력과 적용능력의 네가지 능력으로 구분되고, 技能能力은 안전관리능력, 機器조작능력, 材料처리능력, 데이터 正確化能力으로 구분된다. 과학하는 과정에서 이루어지는 작업의 종류별로 이 능력의 교육 목표를 분류한다면(표-1)과 같이 20가지 종류의 능력으로 구분된다. 이 분류는 관찰과 측정을 통해서 문제를 발견하고, 발견된 문제를 해결하기 위해 실험을 계획하고, 계획된 실험을 실시하여 데이터를 취득하고, 취득된 데이터를 처리하여 결론을 도출하고, 도출된 결론을 검증하는 과정 즉, 과학하는 全過程에서 이루어지는 작업의 순서에 따라 교육목표를 분류한 것이다.

### ◇ 평가의 방법과 평가내용

探究遂行能力의 평가는 학생이 보여주는 탐구 활동의 모든 단면을 통해서, 보고서나 문제지, 평가의 평정등 다양한 방법으로 고루 평가되어야 하나, 問題解決場面에서 이루어지는 사고능력만을 평가하려 할 때는 문제지에 의한 방법만으로도 가능하다. 이 때는 문제해결장면에서 思考操作으로 밝혀내야 할 사항들을 주로하여 문제를 작성하면 될것이다. 다음에 몇가지의 예를 들어 보기로 한다.

#### <예제1. 실험계획>

물체의 가속도가 어떤 물리량과 어떻게 관계되어 있는가 알아보려고 한다.

- ① 가속도를 함수로 할 때 변수는 무엇이 되는가?
- ② 변수의 변화에 따른 함수의 변화를 알아보기 위하여 어떤 측정치가 필요한가?
- ③ 이 측정치를 얻어내는데 어떤 기구가 필요한가?
- ④ 이 측정에 어떤 재료가 필요한가?
- ⑤ 측정은 어떤 방법으로 이루어져야 하는가?

#### <예제2. 결과처리>

기전력이 E인 전지를 저항R에 연결 하였을때

회로에 흐르는 전류 I는  $I = \frac{E}{R+r}$ 로 주어진다. 여기서 r는 전지의 내부저항이다.

① 저항R을 조절하여 전지의 단자전압V를 변화시켰을 때 회로에 흐르는 전류I의 값을 측정하려고 한다. 회로도를 그려라. ② 저항R을 크게하면 전지의 단자전압은 어떻게 변하겠는가? 다음표는 이와같이 하여 얻어진 전류의 값이다.

전압(V)	1.58	1.57	1.55	1.55	1.54	1.52
전류(mA)	20	40	60	80	100	120

- ③ 전압을 횡축으로 하고 전류를 종축으로 하는 그래프를 그려라.
- ④ 이 그래프에서 V와 I사이의 관계식을 유도하라.
- ⑤ 이 전지의 기전력은 얼마인가?
- ⑥ 이 전지의 내부저항은 얼마인가?

探究遂行能力을 조금 더 세밀하게 평가 하는 방법으로서 먼저 학생들에게 문제를 제공한 다음 학생들이 그 문제에 대한 해답을 어느 정도 까지 조직적인 방법을 써서 찾아내는데에 따라 그 능력을 여러 수준으로 나누어 평가할수도 있다. 가령 학생이 주어진 문제의 부분적인 변화에 주목하여 그릇된 결론을 내린다면 최하위 수준인 E수준이 되며, 전체를 제한해 주는 어떤 한계값에만 주목하여 결론을 내린다면 다음 수준인 D수준, 전체 변화범위의 중간정도로 생각되는 변화에 주목하여 결론을 내린다면 C수준, 전체적인 경향성을 파악하고 조직적인 방법으로 결론내릴 것을 시도하였으나 약간의 부족한 점이 있으면 B수준, 조직적인 방법으로 완전한 결론을 내린다면 A수준으로 평가하면 된다.

#### <예제3. 결과처리>

다음표는 온도t에 대한 기체의 부피V의 변화를 측정하여 얻어진 실험값이다. 이 표를 사용하여 기체의 부피가 온도에 따라 어떻게 변하는가 알아 봅시다.

압력P = 일정

t (°C)	10	20	30	40	50	60	70
V (cm <sup>3</sup> )	107	111	115	118	122	126	129

이 문제에 대한 해답중에서 ① 10°C 일때 107 cm<sup>3</sup>

이고 20℃에서는 111cm<sup>3</sup> 이다와 같은 해답은 E 수준. ② 표를 보고 온도가 올라가면 부피도 온도에 따라 증가하여 10℃일때 107cm<sup>3</sup>였던 것이 70℃에서는 129cm<sup>3</sup>가 된다는 것과 같은 해답은 D수준, ③ 온도가 1℃ 올라갈 때마다 약 0.4cm<sup>3</sup> 씩 부피가 증가하여 10℃일때 107cm<sup>3</sup> 인 것이 70℃에서는 129cm<sup>3</sup>가 되었다와 같은 해답은 C수준, ④ V-t의 그래프를 그려서 그래프가 직선이 되는 것을 보고 V는 t에 비례하여 증가한다 라고 결론을 내린 해답은 B수준, ⑤ V-t 그래프에서  $V = V_0 + At$ 의 관계식을 도출하여 결론을 내린 해답은 A수준으로 평가하면 된다.

### ◇ 教師의 評定

과학적으로 문제를 해결해 나가는데는 과학적 사고력만 요구되는 것이 아니라 작업을 올바르게 수행해 나가는데 필요한 제반 技藝能力이나 올바른 科學的 態度등도 동시에 요구되는 것이다. 그러므로 探究遂行能力을 평가하는데는 문제지에 의한 평가만으로는 부족하다. 문제의 해결방법을 알고 있다 하더라도 그것을 실천할 수 있는 능력을 가지지 못하는 경우가 많이 있을 뿐만 아니라 능력이 있다 하더라도 그 것을 실천하지 않는 경우가 많이 있기 때문이다. 이와 같은 결점을 보완하기 위하여 教師의 評定이 필요한 것이다. 그러나 교사의 평정은 객관성이 없다는 결점이 있으므로 이 결점을 보완하기 위하여 되도록이면 많은 경우에 대해 공평하게 평정하고 그 결과를 종합할 수 있도록 되어야 할 것이다.

問題解決場面을 통해서 평정되어야 할 중요한 사항은 ① 주어진 문제에 대한 함수와 독립변수의 결정 ② 함수에 영향을 미칠수 있는 다른 변수의 통제 ③ 기구의 규격 및 동작검토 ④ 기구의 안정장치 ⑤ 장치의 안전조작 ⑥ 정확한 데이터의 취득 ⑦ 데이터의 그래프화 또는 차트의 작성 ⑧ 데이터의 해석 ⑨ 데이터 사이의 수학적 관계의 발견 ⑩ 그래프의 내삽과 외삽에 의한 값의 해석 ⑪ 결론의 도출 및 일반화

등을 들 수 있다.

이들에 대한 평정은 매 학습때마다 이들 모든 사항에 대해 評定하는 것이 아니고 그 학습에서 특별히 중요시 되어야 할 사항 한 두가지에 대해 評定하면 된다. 그리고 많은 학습회수를 통해서 이들 사항이 고루 評定되도록 안배하면 된다.

〈표-2〉 탐구 수행능력 평정지 (보기)

학생이름 \_\_\_\_\_

문제해결능력 성적 학습내용	관찰과 측정능력	문제 파악능력	실험 계획능력	데이터 취득능력	결과 처리능력	결론일반화 능력
힘과 가속도				B	B	
분자의열운동	A					
보일의법칙				B	C	

教師의 評定에서 또 하나 유의 되어야 할 점은 학생들의 과외활동 즉, 크립활동이나 개인적인 연구활동등을 통해서 얻어낸 결과에 대해서도 정규수업에서 얻어진 학습결과에 못지않게 평가해 주어야 한다는 것이다. 이들 활동에서 연구되는 문제들은 실제문제이기 때문에 학생들은 이 문제를 해결하는데 있어 많은 시간과 노력을 소비하여 귀중한 결과를 얻어내게 된다. 학생들은 이와같은 활동을 통해 문제해결에 필요한 종합적인 지식을 얻어내고 학습과 생활을 직결시켜 나갈 수 있는 능력을 얻어내게 되는 것이다. 뿐만 아니라 이 활동에서 소 규모나마 과학자가 하는 일과 동일한 일을 하여 스스로의 힘으로 새로운 사실을 발견하므로써 발견에 대한 희열을 느끼게 되고 이 희열로 계속학습의 동기를 유발시켜나갈 수 있게 되는 것이다. 그러므로 科學教育에서는 과외활동이 적극 권장되어야 하며 이 활동을 통해서 얻어진 결과는 높이 평가되어야 하는 것이다.

再三 언급하는 바와같이 과학교육의 목적은 과학하는 능력을 기르는데 있는 것이므로 학력고사에서의 평가도 이 능력을 기르는데 효과적이라고 생각되는 방향으로 이루어져야 할 것이다. 그러나 학력고사는 객관식 筆答問題紙에 의해 이루어져야 한다는 制限 때문에 평가를 이

방향으로 이루어지게 한다는 것은 어려운 문제라고 하겠으나 어떠한 방법을 동원 해서라도 평가가 이 방향으로 이루어지게 하여야 할 것이다. 하나의 접근방안은 이와 같은 평가 방법을 통해서 얻어진 교사의 内申成績을 대학입시에 重用하는 한편 학력고사에서는 실험실습을 통해서 문제를 해결하는데 필요한 思考나 작업에 관한 문제를 많이 출제하는 것이다. 특히 실험실습의 계획이나 결과의 처리과정은 문제를 과학적으로 해결하는 과정중에서도 핵심이 되는 과정이므로 이 과정에서 이루어지는 思考나 작업에 관한 문제가 보다 많이 출제되어야 할 것이다.

실험실습의 계획과정에 속하는 주된 작업은 ① 측정될 獨立變數와 함수의 결정 ② 측정의 방법 ③ 함수에 영향을 미칠 수 있는 獨立變數 이외의 다른 변수의 통제 ④ 적합한 기구의 선정 ⑤ 적합한 재료의 선정등이며, 結果處理過程에 속하는 作業은 ⑥ 데이터의 그래프화 ⑦ 결과의 해석 ⑧ 函數關係의 발견 ⑨ 외삽과 내삽에 의한 계산등이다.

앞에서 이들의 과정에서 이루어지는 思考나 작업에 관한 주관식 문제를 몇가지 예시하였으

나, 이와 유사한 문제를 개관식으로 작성하여 출제한다면 단순한 지식의 이해문제를 출제하는 것 보다는 효과가 있을 것으로 생각한다.

그러나 탐구학습을 정착시키기 위해서는 학력고사에 실험실습에 관한 문제를 반영시키는 것 만으로는 부족하다. 이와 병행하여 요구되는 일은 학교교육에서 과학교육의 무게를 영어나 수학에 못지 않게 크게 해주어야 한다는 것이다. 과학은 원인과 결과를 대응시키는 사고과정을 거쳐서 事象을 받아 들이기 때문에 다른 과목보다 학습하기에 어려움이 있는 것이 사실이다. 그리고 또 급진적으로 증가하는 새로운 지식을 많이 포함하고 있기 때문에 學習分量도 다른 과목에 비해 많다. 履修單位數가 늘어나야 탐구학습을 옹계시킬 수 있고, 학력고사의 배점이 대폭 증가되어야 학생들은 과학학습에 열중시킬 수 있는 것이다.

경제발전을 위해 과학기술의 진흥을 至上目標로 삼고 있는 이 때 학교교육에서 과학의 履修單位數가 늘어나고, 학력고사에서 과학의 배점이 대폭 증가되었다고 해서 이상하게 느껴질 이 유는 없는 것이다.

## 将来의 뼈 代用品 유리

과학자들은 外科手術에 있어서 人体의 部品을 갈아넣을 때 뼈 대신 상식으로는 생각할 수 없는 재료를 가지고 연구를 진행하고 있다. 그것은 유리다.

스코틀란드에 있는 스트래드클라이드 大学校에서 이들 동안 개최된 人工器管에 관한 국제 회의에서는 磷酸칼슘- 나트륨으로 만든 特殊 유리가 장차 뼈

를 고치거나 뼈 자체와 바꾸어 끼우는 데 사용될 것이라고 발표되었다.

이와 같은 유리에 관한 연구는 英國의 두군데, 네덜란드의 한 군데를 포함하여 여러나라에서 진행되고 있는데, 지금은 다치거나 부러진 뼈의 副木으로 사용되고 있다.

이 유리는 다른 유리와는 달

리 썩어서 흙으로 환원된다고 하며, 따라서 患者의 새 뼈가 돌아날 때와 미리 시간을 맞추어 溶解될 수 있는 製品을 만들 수 있을 것이다.

國際人工器管協會의 후원으로 이런 종류로는 다섯번째 스트래드클라이드 대학에서 열리고 있는 이 회의에서는 또한 다 크론을 짜서 만든 合成大動脈의 제조에 성공했다는 보고를 들었다.

스코틀란드의 Vasctek社가 만든 이 人工動脈은 수술후의 혈액 상실도 極微하다고 하며 組織의 치유도 잘 된다고 한다.