

학생 과학탐구 실험대회의 출제와 평가 결과 분석

이용호 · 구덕길 · 배영부
(서울교육대학교)

백성혜
(서울대학교)

(1994년 8월 29일 받음)

I. 서 론

'학생 과학탐구 올림픽대회'는 '과학교육의 해'인 1993년에 처음으로 실시한 행사이다. 이 대회의 목적은 다음과 같다.

첫째, 초·중등 학생들의 과학에 대한 지적 흥미와 탐구능력 및 태도를 함양시킨다. 둘째, 초·중학교 과학교육에서 창의성과 실증성을 바탕으로 한 실험탐구 학습을 조장함으로써 과학교육의 내실화에 기여한다. 셋째, 과학에 재능을 가진 우수 학생을 조기에 발견함으로써 미래 사회에 기초과학 발달의 터전을 공고히 한다. 넷째, 과학탐구 학습지도를 맡고 있는 과학교사와 예비 교사의 사기를 앙양시킨다.

이러한 목표 아래 실시된 행사 중 하나인 '과학탐구 실험대회'는 과학이 곧 탐구라고 말한 Schwab의 주장과 같이 '학생 과학탐구 올림픽대회' 중 첫째 목적에 부합되는 행사라고 말할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 과학탐구 실험대회의 결과와 문제점 등을 분석하여 학교 과학교육 및 차기 대회와 관련되는 의사결정 과정에 근거를 제공하고자 한다.

II. 과학탐구 실험의 중요성

과학을 학습하거나 학문을 발전시키는 데에 있어서 탐구의 중요성은 Bruner, Gagné, Schwab, Karplus 등 많은 교육학자들에 의해 강조되었다. 특히 유능한 과학자를 조기에 양성하는데 효과적이라고 여겨지는 학문중심 교육과정의 등장한 이래로 과학의 탐구과정에 대한 중요성은 크게 부각되었다. 그리고 이러한 탐구과정을 가르치기 위하여 학교

교에서는 과학 수업 시간에 실험의 역할을 크게 강조하기 시작하였다. Tobin(1990) 등 많은 과학 교육학자들은 실험실 활동이 지적발달과 탐구능력, 문제해결력 등을 증진시키고 과학개념의 이해를 돕는다고 하였다. 따라서 한국의 과학교육과정이 학문중심 교육과정의 영향을 받은 이후 4번씩 바뀌는 동안에도 탐구능력 신장이라는 과학교육의 목표는 교육과정에서 빠진 적이 없다.

그러나 한국의 과학교육에서 현재의 실험활동은 올바른 탐구과정의 형태로 이루어지지 못하는 경향이 있다. 특히 학년이 높아질 수록 과학 수업시간에 탐구실험을 소홀히 하는 경향이 더욱 크다.

그 이유 중에서 가장 큰 것은 과학탐구 실험에 대한 평가가 제대로 이루어지지 못하기 때문이다. 특히 학생들을 선발하는 기능을 가지고 있는 중학교나 대학교 입학시험에 과학의 탐구능력을 평가하는 문항이 출제되지 않기 때문에 학생들과 교사들은 과학의 탐구능력을 소홀히 생각하게 된다. 따라서 과학 수업시간에 이루어지는 실험이 단순히 실험책의 내용을 그대로 따라가는 요리책식 실험이나 이미 다 알고 있는 지식을 확인해 보는 확인 실험 형태로 전락해 버리는 경우가 종종 있다.

학교 과학 시간에는 실험에 대한 평가가 이루어지고 있으나, 이러한 평가도 역시 실험에 대한 교사의 부정적인 견해와 학생의 인식에 큰 영향을 끼치고 있다. 그 원인 중에서 첫째는 평가의 주관성이다. 또한 평가가 여러 평가 도구에 의해 객관성이 유지된다고 하더라도 과학에서 실험이 실행적인 측면을 강조하는 것에 반해 평가는 주로 비실행적인 면에서 이루어지는 특성 때문에 올바른 탐구능력에 대한 평가가 이루어지기 어렵다(Tobin, 1990).

이러한 여러 이유로 인해 과학 실험을 통해 학생들의 탐구능력을 키우는 일은 과학적 지식을 단순히 주입시키는 일보다 교사에게 훨씬 많은 부담을 준다. 따라서 이러한 교육이 반드시 필요하다는 생각이 없는 한 탐구 실험을 자발적으로 강조할 교사는 많지 않을 것이다.

본 대회의 중요 목적은 학생들의 탐구능력을 과학 실험을 통하여 올바르게 평가하고, 탐구능력이 뛰어난 학생들에게 내·외적인 보상을 줌으로써 그들의 학습 동기를 고취시키고, 이들을 교육한 과학교사들의 사기를 앙양하는 것이다. 본 대회가 더욱 크게 활성화된다면 본 대회를 통해 자신의 과학적 탐구능력을 인정받고 싶어하는 학생들과 교사들에 의해 학교 교육에서 과학적 탐구 실험의 비중이 커질 것이고, 따라서 과학교육의 내실화에 공헌할 수 있을 것이다.

본 대회는 국민학교와 중학교 학생들을 대상으로 실시하기 때문에 과학적 탐구능력이 뛰어난 학생들을 조기에 발견할 가능성이 크다. 과학적 탐구능력이 위대한 과학 업적의 밑바탕을 이루므로 이 학생들을 중심으로 지속적인 탐구 실험 교육이 이루어진다면 미래의 잠재적 과학기술인력 양성에도 공헌할 것이다.

III. 대회의 구성 및 절차

1. 대회 조직

과학탐구 실험대회는 학생 과학탐구 올림픽 조직위원회가 주최하고 전국교육대학교 과학교육연구소 협의회가 주관하여 서울교육대학교에서 실시되었다. 본 과학탐구 실험대회를 원활히 수행하기 위하여 주요 임원으로 대회장 1명, 간사 1명, 집행위원 4명, 그리고 운영 위원으로 전국교육대학교 과학교육연구소장을 포함하여 전체 19명으로 임원조직을 구성하였다.

지필검사 및 실험평가 문제를 출제하는 출제위원회, 출제된 문제를 선정하여 심의하는 문제선정 심의 편집위원회, 지필검사와 실험평가를 감독하고 심사하는 감독위원회, 성적을 평가하고 우수자의 순위를 결정하며 답지를 관리하는 평가 및 성적관리위원회, 성적 우수자를 선발하고 시상자를 결정하는 시상위원회, 그리고 대회의 평가와 보고서 작성에 관한 업무를 담당하는 대회평가위원회로 운영하였다.

2. 문제 출제 과정

대회는 1차 지필평가와 2차 탐구능력 실험평가로 나누어 실

시되었다. 문제출제를 위하여 운영위원을 중심으로 전국교육대학교 교수 19명, 중등교사 3명으로 물리, 화학, 생물, 지구과학의 각 전공 영역을 고려하여 25명의 출제위원을 구성하였다. 그리고 국민학교와 중학교 영역에서 각각 객관식 200문항과 주관식 8문항, 그리고 실험평가 20문항씩을 출제하였다.

출제위원이 아닌 전국교육대학교 교수 7명으로 출제 문제 선정위원을 구성하였으며, 과학의 각 영역별로 평가틀을 고려한 뒤 국민학교에서는 객관식 40문항과 주관식 1문항, 실험 평가 2문항을 선정하고, 중학교에서는 객관식 37문항, 주관식 1문항, 그리고 실험 평가 2문항을 선정하였다.

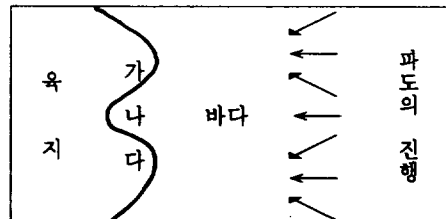
3. 평가문항

지필검사에 의한 평가의 형태는 객관식의 경우에는 5지선다형이었으며, 정답은 1개로 한정하였다. 그리고 지식 이해 및 적용에 관한 문항이 40%, 탐구능력에 관한 문항이 60%가 되도록 노력하였다. 제시된 문제의 수준은 참가대상 학년 1학기까지의 과학교육과정에 제시된 수준을 바탕으로 하였으며, 과학의 전영역에 걸쳐 문제를 출제하였다. 그리고 국민학교와 중학교 학생 전체의 상위 1% 수준에서 해결할 수 있는 문항을 기준으로 난이도는 상 30%, 중 50%, 하 20% 비율로 문제를 제시하였다.

주관식 문항은 답의 기준이 명확하고 10자 내외로 쓸 수 있는 것을 선정하였다. 국민학교의 경우에는 지구과학 내용을, 그리고 중학교에서는 물리 내용에서 주관식 평가 문항을 출제하였다. 문항의 내용은 다음과 같다.

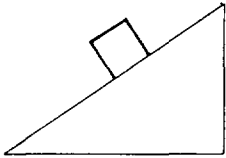
국민학교 주관식 문항

바닷가에 가보면 그림과 같이 구부러진 지형을 볼 수 있다. 이곳에 파도가 오면 (가), (다)와 같이 바다 쪽으로 나아간 곳에 물결이 높다. 그리고 (나)의 곳에는 모래가 쌓여 있다면 이러한 점으로 보아 오랜 시간이 지난 후 이 곳 지형은 어떻게 변화할까?



중학교 주관식 문항

다음 그림과 같이 나무판으로 만든 빗면 위에 무게가 100N인 물체를 놓았다. 물체는 마찰력 때문에 내려가지 않고 있다. 이 물체를 아래쪽으로 움직이는데 10N이 필요하고, 위쪽으로 끌어올리는데 50N이 필요하다. 물체를 위쪽 방향으로 힘을 주어 끌어올릴 때, 위로 가한 힘과 마찰력의 세기를 그래프에 나타내어라(단, 처음 마찰력의 방향을 +로 정하고 마찰력의 방향이 처음과 반대가 되면 -로 생각한다.)



주관식 문항의 배점은 객관식 한 문항에 해당하는 점수의 약 3배 정도가 되도록 하였다.

실험에 의한 평가 문항은 국민학교에서는 4학년 1학기 화학 내용인 '혼합물의 분리' 단원에서, 그리고 6학년 1학기 물리 내용인 '전류와 자기장' 단원에서 출제되었다. 그리고 중학교에서는 2학년 생물 내용인 '생물체 구조와 기능' 단원에서, 그리고 1학년 지구과학 내용인 '대기와 물의 순환' 단원에서 평가문항을 출제하였다. 출제 문항의 내용은 다음과 같다.

국민학교 물리 실험 문항

다음 준비물들을 이용하여 자기장이 만들어지는 실험을 해 보시오. 이 실험을 통하여 원형 코일에 만들어지는 자기장을 나침반이나 자석을 이용하여 알아보고 아래 문제의 보고서를 작성하시오.

준비물 :

스탠드, 원형 코일(직경 7cm, 100회), 길게 달린 전선 2개, 전지 6V, 막대자석 1개, 나침반 1개, 스위치 1개

보고서:

1. 원형 코일에 만들어지는 자기장의 모양을 그리고, 코일 양끝의 자극을 찾으시오.

2. 전지의 극을 바꾸면 자기장이 어떻게 변화되는지 설명하시오.

점검표:

1. 장치들은 제대로 꾸미는가?
2. 자석과 나침반 모두를 사용하는가?
3. 원형 코일에 흐르는 전류의 방향을 제대로 바꾸는가?
4. 코일 내부의 자기장을 조사하는가?
5. 코일 주변 모든 부분의 자기장도 조사하는가?

국민학교 화학 실험 문항

주어진 혼합물은 나프탈렌, 소금, 철가루, 모래로 이루어져 있다. 적당한 실험 방법을 고안하여 각각의 물질을 분리하시오(용액 상태로 분리하여도 됨)

준비물 :

나프탈렌, 소금, 철가루, 모래의 혼합물, 증류수, 에틸알코올, 거름장치(깔때기, 비커, 거름종이), 자석, 시험관, 스포이드, 비이커 4개

보고서:

1. 분리한 물질의 이름을 차례대로 기록하고, 어떤 방법에 의해 분리하였는지 기록하시오.

점검표:

1. 혼합물을 물 또는 알코올에 넣기 전에 철가루를 자석으로 분리하는가?
2. 물에 녹여서 소금물 용액을 거름장치에서 잘 분리하는가?
3. 알코올에 녹인 다음 모래와 나프탈렌을 거름장치에서 잘 분리하는가?
4. 거름종이를 바르게 접어서 깔때기에 넣고 물로 조금 적셔서 깔때기에 붙게 하는가?
5. 깔때기 대의 끝부분이 비커의 벽면에 닿게 하여 바르게 거름 실험을 하는가?
6. 실험기구와 시약을 바르게 다루고 있는가?
7. 실험이 끝난 다음 모든 기구와 시약들을 바르게 놓았는가?

중학교 생물 실험

침에 의한 녹말의 소화

실험과정:

1. 입안을 물로 헹군다(종이컵과 수돗물을 이용).

2. 솜을 씌어서 침이 배도록 한다.
3. 솜을 짜서 50 mL 비커에 침을 2 mL 이상 모은다.
4. 두개의 시험관에 각각 1 mL의 침을 넣고 증류수 3 mL를 넣어 희석한다.
5. 두개의 시험관 중 하나는 약 90°C의 물 속에 5분 이상 세워 둔다.
6. 4개의 시험관을 이용하여 아래와 같이 장치하고 5분 정도 반응시킨다.

시험관 A : 1% 녹말용액 1mL + 증류수 0.4mL
 시험관 B : 1% 녹말용액 1mL + 희석된 침 0.4mL
 시험관 C : 1% 녹말용액 1mL + HCl 한방울 + 희석된 침 0.4mL
 시험관 D : 1% 녹말용액 1mL + 90°C 침 0.4 mL

7. 슬라이드 글라스에 라벨로 A,B,C,D로 표시한다.
8. 시험관 속의 용액과 요오드 용액을 슬라이드 글라스 위에 떨어뜨려 반응을 본다.
9. 요오드 반응을 본 각각의 슬라이드를 흰 종이 위에 남겨 둔다.

준비물 :

증류수, 요오드 용액, 진한 HCl 용액, 시험관, 비커 (250mL 2개, 500 mL 1개), 삼각플라스크 50mL 1개, 슬라이드 글라스, 스포이트, 솜

보고서 :

1. 각 시험관 속의 용액 중 요오드 반응이 나타나는 것과 나타나지 않는 것은?
2. 요오드 반응이 나타난 시험관에서 녹말이 소화되지 않은 이유를 써 보시오.
3. 시험관 A 는 무엇을 알아보기 위한 것이라고 생각하는가?
4. 침이 입속에서 하는 작용과 침이 음식물과 함께 위속으로 들어간 후 하는 작용을 이 실험 결과를 이용하여 설명하시오.

점검표 :

1. 눈높이에서 스포이트의 눈금을 읽는가?
2. 시험관을 흔들어서 침과 증류수를 잘 섞고 있는가?
3. 90°C의 물에 희석된 침이 들어 있는 시험관이 충분히 잠겼는가?
4. 시험관에 라벨을 붙여 구분하고 있는가?
5. 반응액을 모두 넣은 후 시험관을 흔들어 주고 있는가?
6. 슬라이드 글라스 위에 적당량의 반응액과 요오드 용액을 떨어뜨렸는가?

7. 반응 결과는 잘 나타나는가?
8. 안전한 방법으로 실험하고 있는가?

중학교 지구과학 실험.

공기 중에는 물이 수증기의 형태로 존재한다. 주어진 준비물을 이용하여 간이 습도계를 만들어 공기 중에 포함되어 있는 수증기량과 습도를 구해 보시오(습도는 상대습도를 말함)

준비물 :

얼음, 숟가락, 실, 물, 휴지, 포화수증기량표, 상대습도표, 셀로판테이프, 금속컵, 스탠드, 물 젖는 기구, 온도계, 건습구습도계, 수조, 비커

보고서:

- 1.. 실험을 하기 위해 필요한 기본적인 개념이나 가정은 5 가지만 말해 보시오.
2. 공기 중의 수증기가 응결하여 물방울이 되기까지의 실험 과정을 단계별로 제시하시오.
3. 다음 물음을 실험과정을 통해 얻은 결과로 대답하시오.
 - 1) 셀로판 테이프를 이용하면 어떤 점이 좋은가?
 - 2) 이슬점 온도는 어떻게 측정하는가?
 - 3) 현재 공기 1 m³ 속에 포함된 수증기량은?
 - 4) 간이 습도계를 이용하여 알아낸 현재의 습도는?(표를 이용하여 계산과정과 습도 구할 것)
4. 건습구습도계로 현재의 습도를 구하시오.
 - 1) 건구의 온도
 - 2) 습구의 온도
 - 3) 현재의 습도(표를 이용할 것)
5. 간이 습도계를 이용하여 알아 본 현재 공기 중의 습도와 건습구습도계를 이용하여 알아본 습도 사이에 차이가 생기는 이유는?

점검표:

1. 온도계와 건습구습도계 중의 건구 온도를 서로 비교 보정하여 사용하는가?
2. 실험전 휴지로 컵 주변을 잘 닦는가?
3. 물과 얼음을 적당하게 담는가?
4. 온도계로 이슬점을 측정할 때 측정 위치가 적당한가?
5. 시간이 남으면 실험을 재현하여 반복 확인하는가?
6. 뒷정리를 잘하는가?

실험대회에서 출제된 문제의 평가표은 Klopfer(Bloom, et al., 1971)의 교육목표분류체계에 따랐다.

4. 대상 학생 선정

각 시도 교육청의 협조 하에 전국 11개 교육대학교가 해당 지역 학교에서 추천 받거나 또는 지역대회를 통하여 선발한 국민학교 6학년과 중학교 2학년 학생들이 이 대회에 참여하였다. 선발된 참가 대상자를 각 교육대학교가 서울교육대학교 과학교육연구소에 93년 9월 20일부터 25일 사이에 일괄 접수하였다.

추천 혹은 선발된 인원은 국민학교의 경우 특별시와 직할시에서 각 8명씩 48명과 각 도에서 각 5명씩 45명이었으며, 중학교의 경우 특별시와 직할시에서 각 4명씩 24명과 각 도에서 3명씩 27명이었다. 이 중에서 제주도 학생들이 불참하였으므로, 최종적으로 과학탐구 실험대회에 참가한 학생은 국민학교 6학년 88명과 중학교 2학년 48명이었다.

5. 과학탐구 실험대회 실시 절차

1993년 10월 9일에 서울교육대학교 과학실에서 열린 과학탐구 실험대회는 1차 지필평가와 2차 실험평가로 나누어 실시하였다. 1차 검사는 국민학생과 중학생 모두 오전 10시 30분부터 11시 30분까지 60분 동안 실시되었고, 2차 검사는 오후 1시 20분부터 국민학생의 경우 100분, 그리고 중학생의 경우 120분 동안 실시되었다.

국민학교의 경우 지필검사는 44명씩 2개 반으로 나누어 실시하였으며, 실험평가는 22명씩 4개 반으로 나누어 실시하였다. 또한 실험은 실험 I과 실험 II로 나누어 50분씩 실시하였으며 각각 물리 영역과 화학 영역의 내용이었다. 1교시에 한 분야의 실험이 끝나면 2교시에는 다른 분야의 실험을 하도록 하였으며, 4개 반이 2개 반씩 교대로 다른 분야의 실험을 하였다. 평가 시간이 끝날 때까지 퇴실할 수 없도록 하였으며 평가 문제에 대한 정보의 이동이 없도록 조치하였다.

중학교의 경우 지필검사는 24명씩 2개 반으로 나누어 실시하였으며, 실험평가도 역시 24명씩 2개 반으로 나누어 실시하였다. 실험은 실험 I과 실험 II로 나누어 각각 60분씩 실시하였으며, 실험 I은 생물 영역, 그리고 실험 II는 지구 과학 영역의 내용이었다. 1교시에 한 분야의 실험이 끝나면 2교시에는 다른 분야의 실험을 하도록 하였으며 2개 반이 교대로 다른 분야의 실험을 실시하였다. 그리고 역시 실험 평가에 대한 정보의 이동이 없도록 조치하였다.

6. 성적 처리 및 시상

실험은 심사위원 3명의 관찰과 학생들의 실험 보고서에

의해 평가되었다. 관찰 결과는 점검표 방법으로 평가되었으며, 보고서의 경우에는 답안을 작성해야 하는 항목을 실험 전에 미리 제시하고, 각 항목별로 우수한 응답 내용과 부족한 내용을 구분하여 점수 배점을 결정하였다.

국민학교의 경우 지필평가의 객관식 문항은 한 문항 당 2.3점을 배점하여 총 92점을 만점으로 하였으며, 주관식 문항은 8점을 배점하여 지필검사의 만점을 100점으로 하였다. 실험평가의 물리 분야에서는 점검표에 35점, 실험보고서에 15점을 배당하여 총 50점을 배점하였고, 화학 분야에서는 점검표에 25점, 실험 보고서에 25점을 배당하여 역시 총 50점을 배점하였다. 따라서 실험평가의 만점도 역시 100점이었다.

중학교의 경우 지필평가의 객관식 문항은 한 문항 당 2.5점을 배점하여 총 92.5점을 만점으로 하였으며, 주관식 문항은 7.5점을 배점하여 지필검사의 만점을 100점으로 하였다. 실험평가의 지구과학 분야에서는 점검표에 12점, 실험보고서에 38점을 배당하여 총 50점을 배점하였고, 생물 분야에서는 점검표에 25점, 실험 보고서에 25점을 배당하여 역시 총 50점을 배점하였다. 따라서 실험평가의 만점도 역시 100점이었다.

본 대회에 참가한 학생의 시상자 선정을 위하여 지필평가와 탐구실험평가의 점수를 합산하고, 이 점수에 의하여 고득점자 순서로 순위를 결정하였다. 금상은 국민학교와 중학교에서 각각 1명, 은상은 각각 2명, 그리고 동상은 각각 3명을 선정하여 시상하였다. 국민학교와 중학교에서 각각 금상을 받은 학생을 지도한 교사에게도 지도 교사상을 시상하였다.

7. 대회에 대한 반응 조사

본 대회의 개선을 위하여 전국 50여 명의 학생, 학부모, 지도 교사에게 설문지를 우편으로 보내고 대회에 참가한 후 느낀 점 등을 조사하였다.

IV. 대회 평가 결과

1. 지필검사 객관식 문항평가

국민학교 지필검사 5지 선다형 40문항에 대한 86명 응시자의 각 문항 정답율은 [표 1]과 같다.

[표 1] 국민학교 지필검사 객관식 문항 정답율

문항번호	정답율	문항번호	정답율
1	66.3	21	40.7
2	50.0	22	67.4
3	89.5	23	93.0
4	80.2	24	57.0
5	91.9	25	88.4
6	3.5	26	81.4
7	94.2	27	95.3
8	88.4	28	73.3
9	94.2	29	95.3
10	100.0	30	88.4
11	93.0	31	79.1
12	96.5	32	67.4
13	69.8	33	81.4
14	94.2	34	98.8
15	95.3	35	83.7
16	61.6	36	51.2
17	65.1	37	97.7
18	76.7	38	74.4
19	89.5	39	90.7
20	90.7	40	70.9

[표 2] 중학교 지필검사 객관식 문항 정답율

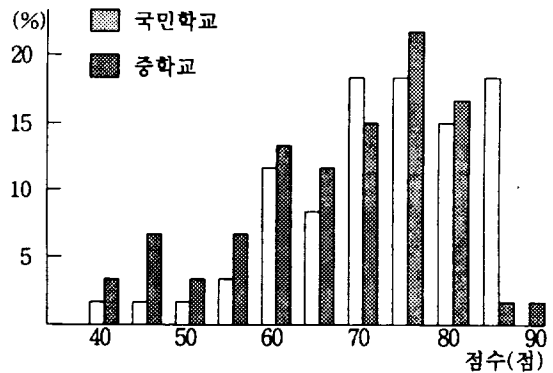
문항번호	정답율	문항번호	정답율
1	64.6	20	83.3
2	93.8	21	25.0
3	93.8	22	93.8
4	97.9	23	91.7
5	58.3	24	77.1
6	93.8	25	62.5
7	79.2	26	91.7
8	93.8	27	68.8
9	89.6	28	70.8
10	79.2	29	93.8
11	62.5	30	85.4
12	43.8	31	60.4
13	93.8	32	62.5
14	33.3	33	70.8
15	47.9	34	56.3
16	85.4	35	85.4
17	22.9	36	81.3
18	50.0	37	66.7
19	64.6		

지필검사의 객관식 평가 문항 평균은 92점 만점에 72.3점이었다. 정답율을 보아도 40 문항 중에서 50% 이하인 경우가 단 한 문항밖에 없었다. 그리고 대부분의 문항에서 70 - 100% 정도의 정답율을 보였으며, 90% 이상의 정답율을 보인 경우도 전체 40 문항 중에서 15 문항이나 되었다. 따라서 지필시험에 참가한 학생들의 수준에 비추어 볼 때 지필검사의 객관식 문항들이 쉬웠다고 보여진다.

중학교 객관식 문항은 한 문항당 2.5점의 배점을 하여 총 37문항에 대해 92.5점을 배당하였다. 이번 검사에 참여한 48명 응시자의 각 문항 정답율은 [표 2]와 같다.

지필검사의 객관식 평가 문항 평균은 92.5점 만점에 65.8점으로 국민학교의 경우보다 다소 낮았다.

객관식 지필검사의 학생 점수 분포를 나타낸 [그림 1]에서 볼 때 국민학교와 중학교의 경우 모두 점수의 분포도가 오른쪽으로 치우쳐져 있다. 그리고 중학교의 경우가 국민학교의 경우보다 낮은 점수대의 학생 수가 더 많음을 알 수 있다. 국민학교와 중학교의 최저 점수는 40점대로, 비교적 객관식 문항이 학생들의 수준에 비해 쉬웠음을 보여준다.



[그림 1] 객관식 지필평가의 점수 분포도

2. 지필검사 주관식 문항평가

국민학교 지필검사의 주관식 문항은 침식과 퇴적에 의해 해안선이 어떻게 변화할 지 예측해 보는 내용이며, 학습자의 응답에 대한 채점 기준은 [표 3]과 같다.

[표 3] 국민학교 지필검사 주관식 문항의 채점 기준

채 점 기 준	배점
- (가),(다)가 침식되고 (나)쪽에 퇴적이 일어나면서 해안선이 육지 쪽으로 후퇴하여 일직선의 해안선이 된다.	8
- (가),(다)가 침식되거나 (나)쪽이 퇴적되어 일직선의 해안선이 된다(돌출부가 없어진다).	7
- (가),(다)가 침식되어 일직선의 해안선이 된다.	6
- 일직선의 해안선이 된다.	5
- (가),(다)는 들어가고 (나)가 나온다.	4
- (가),(다)는 짝이고 (나)에 쌓인다.	4
- (가),(다)에 에너지가 집중되어 점점 들어간다.	3
- (가),(다)가 조금씩 짝인다.	3
- (나)에 쌓여 조금씩 나온다.	2
- (가)가 조금씩 짝인다.	1
- (다)가 조금씩 짝인다.	1
만 점	8

중학교 지필검사의 주관식 문항은 경사면에 놓인 물체의 마찰력과 위로 가한 힘의 세기를 그래프로 그리는 것이다. 채점 기준은 외력이 0, 20, 50 (N)일 때 마찰력을 맞게 찾아서 점을 표시하면 각 점당 2점씩 배점하고, 그래프를 완성하면 7.5점으로 하였다.

국민학교와 중학교 주관식 문항에 대한 점수 분포를 [표 4]에 제시하였다.

[표 4] 지필평가 주관식 문항의 점수 분포

국민 학교	점 수	8	7	6	5	4	3	2	1	0	인원수
	인원수	4	1	5	14	17	7	0	0	0	
중 학교	점 수	7.5	6	4	2	0					
	인원수	1	0	0	3	44					

국민학교의 경우 주관식 문항의 평균 점수는 8점 만점에 2.65점으로 객관식 문항의 평균 점수와 비교할 때 매우 낮았다. 이는 이 문항에서 요구하는 탐구능력이 부족하기 때문으로 볼 수도 있으나, 한편으로는 스스로 문장으로 서술하는 것이 표현력, 조직력 등의 고등정신 기능을 요하기 때문에 학생들이 주관식 응답에 학생들이 어려움을 느끼게 되

어 나타난 결과로 추측되기도 한다. 중학교의 경우에는 이러한 경향이 더욱 심하여 7.5점 만점에 평균 점수는 0.28점이었다.

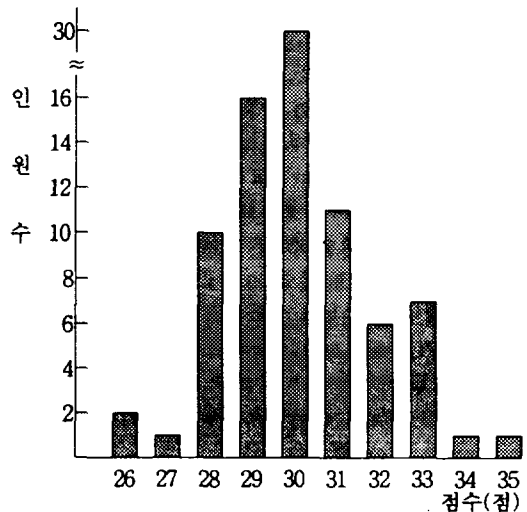
국민학교의 경우 0점을 받은 학생은 전체 86명 중에서 38명으로 44.2 %였고, 중학교의 경우에는 전체 48명 중에서 44명으로 무려 91.7%에 달하였다.

주관식 문항과 객관식 문항에서 학생들의 점수 간에 상관관계를 구해 본 결과, 국민학교의 경우에 상관계수는 0.11이었고, 중학교의 경우에는 0.29였다. 0.05 % 유의 수준에서 볼 때, 국민학교와 중학교의 경우 모두 객관식 점수와 주관식 점수 간에는 상관이 없었다.

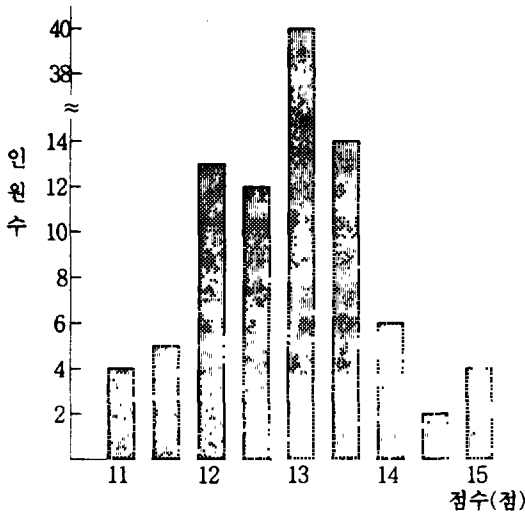
3. 실험평가

국민학교 학생을 대상으로 한 실험은 물리와 화학 분야에서 각각 한 개씩 두 개였다. 물리 분야의 실험 평가 배점을 보면 점검표에 35점, 그리고 실험 보고서에 15점을 배당하였다. 그리고 화학 분야에서는 점검표에 25점, 그리고 실험 보고서에 25점을 배당하였다.

물리 실험의 내용은 원형 코일에 만들어지는 자기장을 나침반과 자석을 이용하여 알아보는 것이었다. 이 실험의 점검표 평균 점수는 29.9점이고 보고서 평균 점수는 12.8점이었다. 따라서 실험 평가의 전체 평균은 50점 만점에 42.6점으로 매우 높았다. 점검표와 보고서에서 학생들의 점수 분포를 [그림 2]와 [그림 3]에 제시하였다.



[그림 2] 국민학교 물리실험 점검표의 점수 분포(35점 만점)



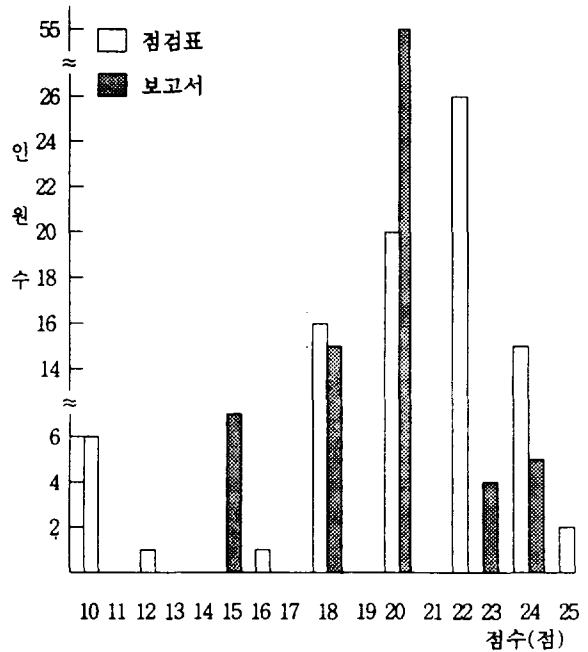
[그림 3] 국민학교 물리실험 보고서의 점수 분포(15점 만점)

[그림 2]와 [그림 3]에서 국민학교 실험의 점검표와 보고서 점수는 모두 높은 점수 대에 몰려 있다. 분포의 형태는 정상분포 곡선이지만, 점검표 평가에서는 26점에서 35점 사이에, 그리고 실험 보고서 평가에서는 11점에서 15점 사이에 학생들의 점수가 밀집되어 있다. 이는 거의 대부분의 학생들이 각 항목에서 만점에 가까운 점수를 받았음을 나타내는 것이다.

또한 이것은 평가 문항의 변별력이 매우 낮음을 의미한다. 즉 실험의 점검표 항목에서 가장 높은 점수를 받은 학생과 가장 낮은 점수를 받은 학생의 점수 차이가 10점으로 만점(35점)을 기준으로 볼 때 30%에도 미치지 못하는 것이다. 점검표와 보고서 점수의 표준편차는 각각 1.64와 0.91로 매우 작았다. 따라서 이러한 척도를 가지고 실험을 잘하는 학생과 못하는 학생을 구분하기는 매우 어렵다고 여겨진다.

학생들의 점검표 점수와 보고서 점수 간의 상관지수는 0.39이었다. 따라서 유의 수준 0.05에서 볼 때 두 점수 간에는 상관이 있다고 말할 수 있다. 즉 점검표의 성적이 좋은 학생이 보고서의 성적도 좋은 것으로 나타났다.

화학 실험의 경우 점검표 항목의 평균 점수는 25점 만점에 20.3점, 그리고 보고서의 경우에 25점 만점에 19.5점이었다. 따라서 실험 평가의 전체 평균은 50점 만점에 39.7점이었다. 점검표와 보고서의 점수 분포를 [그림 4]에 제시하였다.



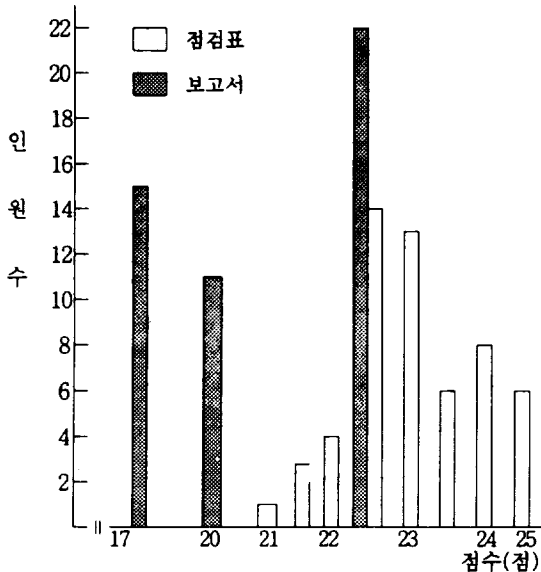
[그림 4] 국민학교 화학 실험 점검표 및 보고서의 점수 분포도(25점 만점)

[그림 4]에 의하면 국민학교 실험 평가 중에서 가장 학생들의 점수 분포가 넓게 나타난 경우가 화학 실험의 점검표에 의한 평가였다. 따라서 실험 평가 중에서 가장 변별력이 높은 것으로 볼 수 있다. 이 점수 분포의 표준편차 값은 3.38로 국민학교 실험 평가 중에서 가장 높았다.

화학 실험 보고서의 평가에서는 25점 만점에 20점을 받은 학생의 수가 55명으로 전체 인원수(86명) 중 64.0%였다. 따라서 상대적으로 다른 점수 대의 학생 비율이 낮았다. 보고서 평가 점수 분포의 표준편차 값은 2.03이었다.

중학교 학생을 대상으로 한 실험은 생물과 지구과학 분야에서 각각 한 개씩 두 개였다. 생물 실험평가 배점은 점검표에 25점, 그리고 실험 보고서에 25점이었다. 이 실험에서 점검표의 평균 점수는 23.0점, 그리고 실험 보고서의 평균 점수는 20.4점으로 매우 높았다. 따라서 실험 평가의 전체 평균은 50점 만점에 43.3점으로 4개의 실험 평가 중에서 가장 높았다.

점검표와 보고서의 점수 분포를 [그림 5]에 제시하였다.

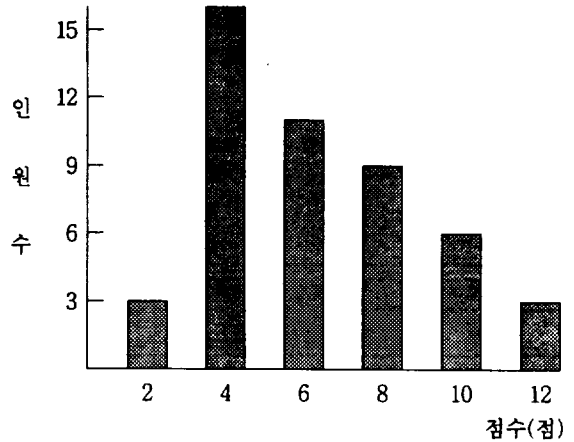


[그림 5] 중학교 생물 실험 점검표 및 보고서의 점수 분포도

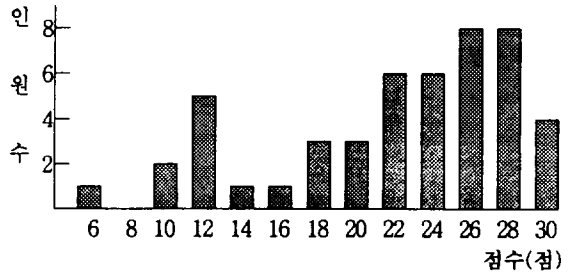
점검표 점수 분포의 표준편차는 2.19이고, 실험 보고서의 표준편차는 0.90이었다. 점검표에서는 17.5, 20.0, 22.5의 3가지로 점수가 분포되었으며, 그 중에서 22.5점을 받은 학생 수가 22명으로 가장 많았다. 보고서에서는 21점에서 24.5점 사이에 점수가 분포되었으며, 23점을 받은 학생 수가 13명으로 가장 많았다.

지구과학 실험에서는 점검표에 12점, 그리고 실험 보고서에 38점을 배점하여 4개의 실험 중에서 보고서에 점수 비중을 가장 많이 두었다. 점검표의 평균 점수는 6.3점으로 12점 만점의 약 50%에 해당하는 점수였으며, 보고서의 평균 점수는 38점 만점에 22.0점으로 만점의 약 58%에 해당하는 점수였다. 점검표와 보고서의 점수 분포를 [그림 6]과 [그림 7]에 제시하였다.

[그림 6]에서 볼 때 점검표 평가에서는 12점 만점에 2점에서 12점까지 학생들의 점수가 고르게 분포되었다. [그림 7]에서도 38점 만점에 6점부터 30점까지 학생의 점수가 고르게 분포되어 있다. 각각의 표준편차 값을 계산하면, 점검표의 경우에 2.7이고, 실험 보고서의 경우에 6.4이었다. 점수대가 고르게 분포되어 있음에도 불구하고 점검표의 표준편차 값이 작은 이유는 만점이 12점으로 다른 평가 기준들에 비해 매우 작았기 때문이다.



[그림 6] 중학교 지구과학 실험 점검표의 점수 분포도(12점 만점)



[그림 7] 중학교 지구과학 실험 보고서의 점수 분포도(38점 만점)

[그림 6]과 [그림 7]에 의하면 본 대회에서 실시한 탐구 실험 평가 중에서 학생들의 탐구능력에 대한 변별도가 가장 높은 것은 중학교 지구과학 실험 보고서 평가임을 알 수 있다.

4. 과학탐구 실험대회에 대한 반응

과학탐구 실험대회에 대한 반응은 이 대회에 참석한 50명의 학생, 학부모, 교사들에게 설문지를 우편으로 보내 알아 보았다. 회수된 설문지는 각각 31개로 회수율은 62.0%였다. 설문지는 총 11 문항으로 구성되어 있었으며, 각 문항의 내용과 반응 분포를 [표 5] - [표 10]에 제시하였다.

[표 5] 설문 1에 대한 응답 분포 백분율(명)
 '이 대회가 학생들의 과학에 대한 관심을 높게 하고 흥미를 유발시켰다고 생각하십니까?'

대상 \ 응답유형	대단히	보통	아니다
학생	87.1(27)	12.9(4)	0(0)
교사	80.6(25)	19.4(6)	0(0)
학부모	87.1(27)	12.9(4)	0(0)
계	84.9(79)	15.1(14)	0(0)

[표 6] 설문 2에 대한 응답 분포 백분율(명)
 '이 대회가 사회와 학교에서 과학에 대한 관심과 과학화 운동에 기여했다고 생각하십니까?'

대상 \ 응답유형	예	보통	아니다
교사	58.1(18)	38.7(12)	3.2(1)
학부모	51.6(16)	29.0(9)	19.4(6)
계	54.8(34)	33.9(21)	11.3(7)

[표 7] 설문 3에 대한 응답 분포 백분율(명)
 '이 대회가 학교교육을 개선시키는데 도움이 된다고 생각하십니까?'

대상 \ 응답유형	생각한다	보통	아니다
교사	29.0(9)	38.7(12)	32.3(10)
학부모	38.7(12)	35.5(11)	25.8(8)
계	33.9(21)	37.1(23)	29.0(18)

[표 8] 설문 4에 대한 응답 분포 백분율(명)
 '이 대회가 보람있는 대회라면 몇 년에 한 번 정도 열려야 한다고 생각하십니까?'

대상 \ 응답유형	1년	2년	3년
교사	51.6(16)	32.3(10)	16.1(5)
학부모	54.8(17)	29.0(9)	16.1(5)
계	53.2(33)	30.6(19)	16.2(10)

[표 9] 설문 5에 대한 응답 분포 백분율(명)
 '이 대회에서 출제된 문제의 수준은?'

대상 \ 응답유형	어려웠다	보통	쉬웠다
국민학교	51.6(17)	32.3(10)	3.2(1)
중학교	67.7(21)	25.8(8)	6.5(2)
계	61.3(38)	29.0(18)	9.7(6)

[표 10] 설문 6에 대한 응답 분포 백분율(명)
 '이 대회에서 출제된 문제와 학교 수업을 비교해 보면?'

대상 \ 응답유형	학교수업을 착실히 받으면 대회의 모든 문제를 해결할 수 있다.	학교 수업만으로는 해결할 수 없다.
국민학교	61.3(19)	38.7(12)
중학교	45.2(14)	54.8(17)
계	53.2(33)	46.8(29)

11개의 설문지 문항 중에서 응답 분포를 표로 제시할 수 있는 것은 6 개였으며, 이 외의 5문항에 대한 응답 분포는 표로 제시하기가 어려웠다. 따라서 표로 제시되지 않은 문항의 응답 유형은 대략적인 경향만을 정성적으로 살펴보았다.

설문 조사를 통하여 다음과 같은 긍정적인 효과들이 밝혀졌다. 즉 이번 대회를 통하여 참가 학생들은 과학에 대한 관심과 흥미가 커졌으며, 특히 학교 수업을 응용한 문제에 흥미와 관심을 갖게 되었다는 것이다. 또한 이 대회의 영향으로 사회와 학교에서도 과학탐구 실험의 중요성이 크게 인식 되었으므로 대회가 1년에 한번씩 개최되기를 희망하는 경향이 많이 나타났다.

이러한 자료는 본 대회의 첫째 목적이 어느 정도 달성되었음을 나타내 주는 것이라고 할 수 있다. 그러나 본 대회를 통하여 초,중학생들이 과학에 대한 흥미와 태도를 갖게 되도록 하는 대회의 첫째 목표를 대회에 참여한 학생들은 어느 정도 성취하였으나, 대회에 참여하지 않았던 학생들과 학부모, 그리고 교사들에게는 설문 조사를 실시하지 않았으므로, 본 대회의 효과가 어느 정도 학교 현장에 영향을 미쳤는지는 확인할 수 없다.

그리고 설문 조사에 의하여 본 대회의 부정적인 면도 지적되었다. 즉 본 대회에서 요구하는 수준이 학교 교육을 통

하여 해결할 수 없는 수준이며 따라서 학교 과학교육이 보다 실험 관찰 중심으로 개선되어야 한다고 느낀 응답자가 많았음에도 불구하고, 본 대회가 학교 과학교육을 개선하는데 도움이 되었다고 생각하는 경향은 크지 않았다.

V. 결론 및 제언

학생 과학탐구 실험대회의 출제와 평가 결과를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다. 첫째, 객관식 문항과 실험 보고서 및 점검표의 평가 결과에 따르면 학생들의 점수 분포가 대부분 높은 점수대에 밀집되어 있고, 표준편차가 작아서 학생의 탐구능력을 변별하는 능력이 떨어졌다. 따라서 학생들의 응답 유형이 다양하여 탐구능력을 평가하는 문항의 변별력이 높아질 수 있도록 평가 문항 작성에 보다 많은 노력을 기울여야 할 것이다.

둘째, 많은 비율의 학생들이 주관식 문항에 응답을 하지 못하였으며 국민학교의 경우보다 중학교의 경우에 그러한 경향이 더욱 컸는데, 이는 문장으로 서술하는 표현력, 조직력 등의 고등정신 기능을 요하는 문제에 익숙하지 못하기 때문으로 추측된다. 실험 보고서를 작성하거나 실험을 설계할 때에도 이러한 기능은 탐구 사고력과 함께 기본적으로 필요한 것이므로 주관식 문항을 다양하게 출제함으로써 학생의 탐구능력을 평가한다면 객관식 문항보다 학생의 많은 능력을 동시에 측정할 수 있는 긍정적인 효과가 있을 것이다.

셋째, 과학탐구 실험대회에 대한 반응을 알아본 설문 결과에 따르면, 이 대회가 학생의 과학에 대한 관심과 흥미를 높이고, 과학에 대한 관심과 과학화 운동에 기여하였다는 응답이 압도적이었다. 또한 학교 수업을 착실히 받으면 대회의 모든 문제를 해결할 수 있다는 응답이 많았다. 따라서 이러한 결과를 토대로 본 대회가 대회의 취지에 맞도록 제대로 수행되었다고 결론지을 수 있다. 그러나 본 대회가 학교교육을 개선시키는데 큰 도움이 되지 못하였다는 견해가 많았는데, 이러한 점은 앞으로 대회가 계속된다면 관심을 기울여야 할 부분이라 하겠다. 또한 본 대회의 효과가 어느 정도 학교 현장에 영향을 미쳤는지 확인하기 위하여 반드시 대회에 참여하지 않은 학생과 학부모, 교사들을 대상으로 본 대회의 효과를 알아보는 설문 조사가 뒤따라야 할 것이다.

제 1회 과학탐구 실험대회를 개략하면서 몇 가지 제언을 하고자 한다.

먼저 실험 평가 중에서 점검표의 경우 실험 내용에 비해

평가 항목이 너무 세분화된 경우가 있었다. 기구 조작이 간단한 물리 실험 같은 경우에는 학생들의 실험 능력의 수준이 비슷하므로 불필요하게 세분화된 평가 문항에 일일이 점수를 부여하기가 곤란하며, 따라서 평가의 변별력이 떨어지는 경우가 생긴다. 특히 본 대회에 출전한 학생들은 과학 실험 실력이 보통 초·중학생에 비해 상대적으로 우수한 편이므로 간단한 실험 장치의 경우에는 자신의 생각이 떠오르지 않더라도 옆사람의 장치를 보고 금방 올바른 장치를 꾸밀 수 있다. 따라서 이러한 기술을 평가하는 것은 무의미하게 된다.

그러므로 실험 문항을 제작하고, 평가 준거를 설정할 때 간단한 조작이나 기술에 대해서는 낮은 점수를 배당하거나 배 버리는 것이 좋다고 본다. 즉 실험의 내용에 따라 평가의 기준과 세분화에 차이를 둘 필요가 있다.

또한 한 평가자가 동시에 여러 학생들을 실험 기술을 평가하는 경우에 점검표의 한 항목에 공평한 평가가 이루어지기 어렵다. 특히 평가하고자 하는 실험 기술이 짧은 시간에 끝나 버리는 것이라면 한 학생을 평가하다가 다른 학생의 경우를 간과하게 된다. 본 대회에서는 한 평가자가 작게는 7명, 그리고 많게는 88명까지 동시에 평가하였는데, 제대로 확인하지 못한 학생의 경우에는 적당한 중간 점수를 부여하게 되었다. 따라서 한 평가자가 한 실험 테이블에 앉게 되는 4-5명 정도의 학생들은 평가하는 것이 바람직하다고 본다. 즉 실험대회의 경우에는 평가자의 수가 대폭 증가될 필요가 있다.

그리고 평가자에 따라서 같은 실험 능력에 대한 평가의 기준이 다르기 때문에 평가의 객관성과 신뢰성을 높이기 위하여, 가능하다면 2명 정도의 평가자는 학생 전체의 전반적인 실험 실력을 평가하는 것이 바람직하다고 본다. 따라서 학생 1인당 같은 항목에 대해 최소한 3회 정도의 평가가 이루어져 이에 대한 평균값으로 학생의 실험 능력을 결정짓는 것이 타당하다고 본다.

참 고 문 헌

곽병선 외(1984). 자연, 실과 수업방안 모색, 한국교육개발원(1984)
교육부(1993). 슬기로운 생활 1-1, 국정교과서 주식회사.
교육부(1993). 슬기로운 생활 1-2, 국정교과서 주식회사.
교육부(1993). 슬기로운 생활 2-1, 국정교과서 주식회사.

교육부(1993). 슬기로운 생활 2-2, 국정교과서 주식회사.
 교육부(1993). 자연 3 -1, 국정교과서 주식회사.
 교육부(1993). 자연 3 -2, 국정교과서 주식회사.
 교육부(1993). 자연 4 -1, 국정교과서 주식회사.
 교육부(1993). 자연 4 -2, 국정교과서 주식회사.
 교육부(1993). 자연 5 -1, 국정교과서 주식회사.
 교육부(1993). 자연 5 -2, 국정교과서 주식회사.
 교육부(1993). 자연 6 -1, 국정교과서 주식회사.
 교육부(1993). 관찰 실험 3-1, 국정교과서 주식회사.
 교육부(1993). 관찰 실험 3-2, 국정교과서 주식회사.
 교육부(1993). 관찰 실험 4-1, 국정교과서 주식회사.
 교육부(1993). 관찰 실험 4-2, 국정교과서 주식회사.

교육부(1993). 관찰 실험 5-1, 국정교과서 주식회사.
 교육부(1993). 관찰 실험 5-2, 국정교과서 주식회사.
 교육부(1993). 관찰 실험 6-1, 국정교과서 주식회사.
 교육부(1993). 관찰 실험 6-2, 국정교과서 주식회사.
 정창희 외 8인(1993). 중학교 1, 주식회사 교학사.
 B.Bloom, et al.,(1971), *Handbook on formative and summative evaluation of student learning*, McGraw-Hill, Inc..
 K. Tobin(1990). Research on Science Laboratory Activities : In Pursuit of Better Questions and Answers to Improve Learning, *School Science and Mathematics*, 90(5), 403 - 418.

(ABSTRACT)

Test Item Set and Evaluation Result Analysis of the Students' Science Inquiry Experiment Tournament

Yeung Ho Lee · Duckil Gu · Young Bu Bae
(Seoul National Teachers' College)

Seoung Hey Paik
(Seoul National University)

The purposes of the 'Students' Science Inquiry Experiment Tournament' which is one of the 'Students' Science Inquiry Olympic Tournaments' are: 1) cultivate students' intellectual interests, inquiry abilities, and scientific attitude dealing with students' scientific reasoning abilities, problem solving abilities, and experimental apparatuses operation abilities. 2) contribute substantiality of science education through experimental inquiry learning. 3) make the ground of basic science development of the future society by selecting excellent students who have talents for science. 4) elevate science teachers' morale by this tournament. The test items set and evaluation results of the tournament were analysed in this study.

The results of this study were : 1) the discrimination ability of the paper-and pencils test and the experiments were low because the students' scores of the items were not normally distributed and standard deviations were very small values. 2) most of the tournament participation students did not answered to the subjective type test items. 3) according to the responses of the tournament participation students, the tournament contribute to the students' interests in science. But the opinion was dominant that the tournament didn't contribute to school science education improvement.