

계통도 분석법을 이용한 실험보고서 평가의 효과 분석

백 성 혜 · 박 승 재
(서울대학교 과학교육과)
(1992년 4월15일 받음)

I. 서 론

1. 연구의 목적

과학에서 차지하는 실험의 중요성은 과학교육에도 거의 그대로 적용된다고 할 수 있다. Thomas는 실험이 과학자가 행해야 할 가장 기본적인 과제 중 하나라고 하였다(Doran, 1980). 따라서 학생들에게 과학을 학습하도록 할 때에 실험은 매우 중요한 수업 과정으로 안내되어야 한다. 그러나 이러한 실험의 중요성에도 불구하고 학생들이 행한 실험에 대한 의도했던 목표가 어느 정도 달성되었는지 알아보는 평가는 매우 어려운 상황에 있다.

그 원인 중 하나는 보편적으로 받아들여질 만한, 객관적 평가 기준이 정립되어 있지 못하기 때문이라고 생각된다. 실제로 학교 현장에서 과학 교사들은 학생들의 실험 장치 조작기술이나 실험 능력 등을 각기 다른 기준으로 평가하고 있다. 더 나아가 평가 이전에 정립되어야 하는 과학실험의 목표들도 명확히 설정되지 않은 상황에서 평가가 이루어지는 경우도 많다. 따라서 객관적인 평가를 위해서는 실험지식과 능력들을 보다 상세하고 체계적으로 분류하는 일이 시급하다. Robinson, Forgan, Simon & Kirschenbaum 등은 학교에서 이루어지고 있는 평가가 학생들에게 심각한 영향을 끼침에도 불구하고 대부분의 평가들이 주관적이

고 불공정하며 신뢰성이 없어 무의미하다고 주장하였다(Doran, 1980).

본 연구에서는 계통도 분석법을 이용하여 학생들의 실험 보고서에 대해 분석적인 평가가 이루어 질 수 있도록 기준을 설정하고 그 기준을 실험 평가에 적용해 보아 그 기준의 효율성과 적절성 등에 관해 분석해 보는 것에 목적을 두었다.

2. 연구의 제한점

본 연구는 사례연구(case study)의 성격을 띄고 있으며 다음과 같은 제한점을 가진다. 첫째, 본 연구는 '옷감선택 실험'이라는 특정 실험 보고서에 한정하여 평가를 시도하였다. 둘째, 본 연구는 인천직할시 소재 중학교에서 성적이 우수한 학생들을 대상으로 하였다. 셋째, 본 연구는 학생들이 제출한 보고서에만 의존하여 평가 기준이 설정되었으며 계통도 방식으로 분석되었다.

II. 선행연구의 조사

최근에 지필문항검사, 대표표(checklist), 평가척도(rating scales) 등 실험실 활동을 평가하는 몇가지 방법들이 제시되고 있다.

Hofstein, Lunetta & Giddings(1981)은 실험 평가에

서 대조표 방법을 적용하여 실험의 과정들을 평가한 뒤, 이 방법은 평가자의 주관적인 요소나 외적 요소가 개입되는 것을 방지할 수 있다고 주장하였다. 그리고 그들은 과학 실험 활동의 평가에 사용될 수 있는 예시적인 기술평가표(sample skills Assessment card)를 제안하였는데, 여기에는 (1) 계획과 설계, (2) 조작기술과 실험방법, (3) 관찰과 자료기록, (4) 자료해석과 실험, (5) 책임감, 창의력, 작업습관의 다섯가지 항목이 포함되어 있다.

1979년에 Lunetta & Tamir, 그리고 1980년에 Tamir가 각각 대조표를 이용하여 실험 기술을 범주화하고, 이 방법이 실제 실험에 대한 평가 뿐 아니라 실험 보고서에 대한 평가에도 유용하다고 주장하였다(Doran, 1980). New York State Department(1981)에서는 뉴욕주에 있는 초중등학교 과학교육 프로그램을 위해 네 단계 실험 과정(계획, 수행, 분석 및 해석, 적용)과 이를 평가할 대조표를 개발하였다. 또한 Dunkleberger(1985a, 1985b, 1985c, 1985d)는 국민학교 2학년에서 5학년까지의 학생들의 실험 평가를 위해 대조표를 개발하였다.

실험 평가를 위해 다양한 방법들이 제시되고 있지만, 이러한 방법들은 다양한 종류의 실험들을 행하는 여러 유형의 학생들을 보다 객관적이고 정확하게 평가하기에는 다소 미흡하다.

분석적이고 객관적인 실험 평가를 위해서 본 연구에서 시도한 계통도 분석법은 Bliss, Monk & Ogborn(1983)이 제안한 것으로 다음과 같은 특징을 가지고 있다. 첫째, 제시된 정성적 자료들의 특징을 모두 포함할 수 있는 범주들을 설정하고 서로간의 관계를 간단하면서도 정확하게 기술할 수 있는 기호로 나타내어, 각 범주들 간의 관계를 전체적으로 파악할 수 있다. 둘째, 어느 누가 채점을 하여도 같은 자료에 관한 거의 동일한 분석 결과를 얻을 수 있다. 즉 계통도 분석법을 이용하여 정성적인 자료인 과학 실험의 평가를 정량적으로 분석해 볼 수 있으며, 여기에 객관성을 부여할 수 있다는 점에서 이 평가방법은 큰 의의를 갖는다고 할 수 있다.

계통도 분석법을 교육에 적용시킨 예로서는 Armstrong & Rada(1989), Delfau(1990), Natale(1981), Scherer & Howell(1981), West(1985) 등이 있으며, 과학교육에 적용시킨 것으로는 권성기(1987), 박성식(1987), 박승재 외(1988), 박현주(1987), 선우종철(1988) 등이 있다. 그러나 실험 보고서의 평가에 계통도 분석법을 적용한 예는 아직까지 발표되지 않았다.

Ⅲ. 연구 방법 및 절차

1. 연구 과제의 실험 내용

중학생들을 대상으로 실험을 통한 과학적 탐구 능력의 정도를 평가하고자 연구과제와 재료를 제시하고 이에 대한 평가 기준을 설정하였다. 학생들에게 제시한 연구 과제로는 Welford, Harlen & Schofield(1985)의 내용 중 일부를 참고하였으며, 그 내용은 다음과 같다.

“여러분이 춥고 건조한 날 바람이 심한 산에서 조난을 당했다고 생각하자. 여러분 앞에 있는 서로 다른 옷감으로 만든 두 자켓 중 어느 하나를 선택한다고 하자. 어느 것이 여러분을 더 따뜻하게 보호해 줄 것이라고 생각하느냐?”

그리고 그 생각을 뒷받침할 증거를 제시할 수 있도록 실험에 필요한 여러 자료들을 학생들에게 제시하고, 학생들이 자율적으로 실험을 설계하고 결론을 내리도록 하였다. 제시한 자료들로는 천, 비닐, 헤어드라이어, 더운물, 초시계, 메스실린더, 강통, 종이컵, 병, 편, 고무밴드, 접착테이프, 가위, 온도계 등이었다.

2. 대상

총 대상 학생은 인천 직할시의 22개 중학교에서 성적이 우수한 학생들을 4명씩 선정하여, 총 88명이었다. 실험은 2명을 한조로 하여 44조를 편성한 뒤, 22조씩 2반으로 나누어 실시하였다.

3. 연구 절차

실험은 1987년 11월 4일에, 인천 과학 연구원 물리 실험실에서 실시하였다. 여기에는 몇 명의 감독관이 참석하였으며, 실험시간은 120분으로 한정하였다. 그리고 실험을 실시하기 전에 실험 내용과 방법에 관한 간단한 설명을 하였다.

4. 분석방법

본 연구에서 제시한 평가 기준은 계통도 분석법을 이용하여 설정하였으며, Hofstein, Lunetta & Giddings(1981), New York State Department(1981)의 내용을 참고로 하고 전문가의 조언을 토대로 하였다.

설정된 범주의 신뢰도와 타당도를 분석하여 평가

기준의 적절성 여부를 확인하였으며, 범주화의 특성들을 살펴보기 위하여 각 범주간의 상관관계와 요인 분석(factor analysis)을 병행하였다.

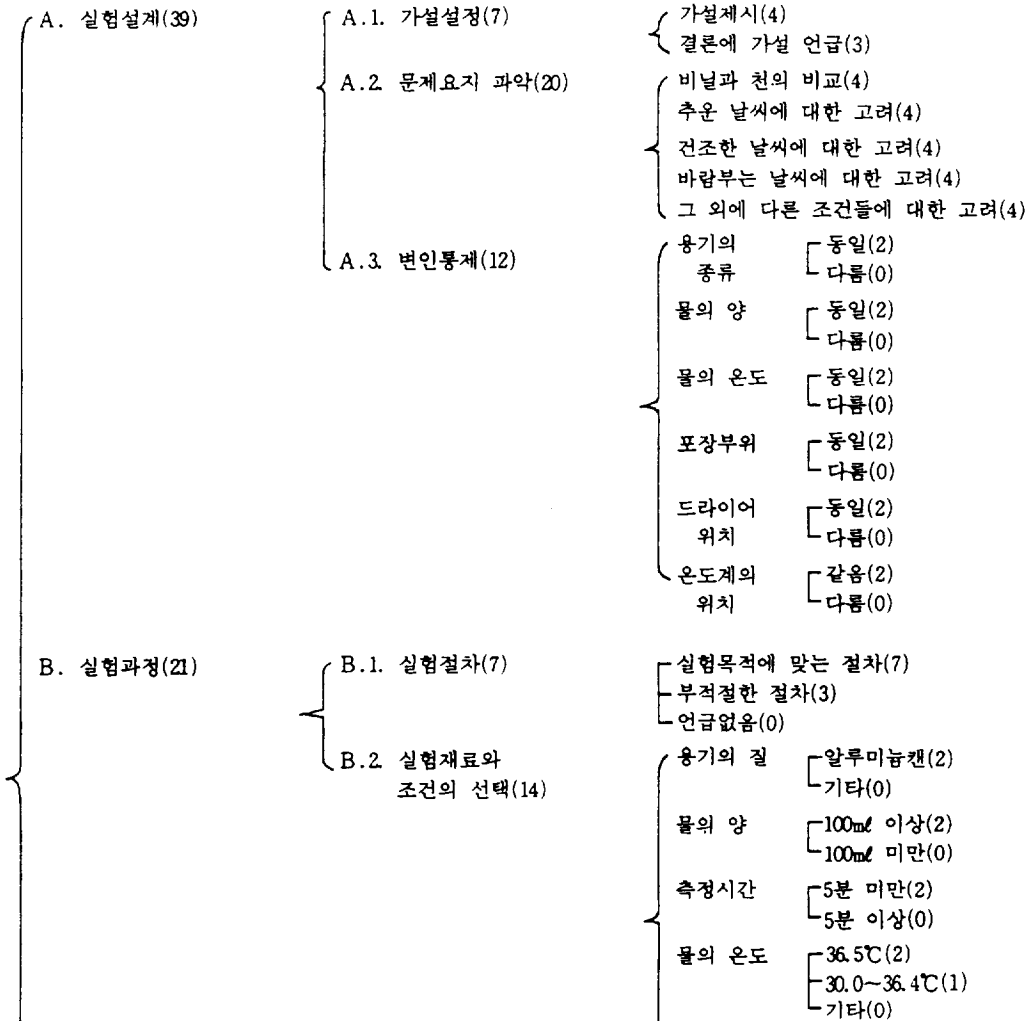
5. 채점 및 통계처리

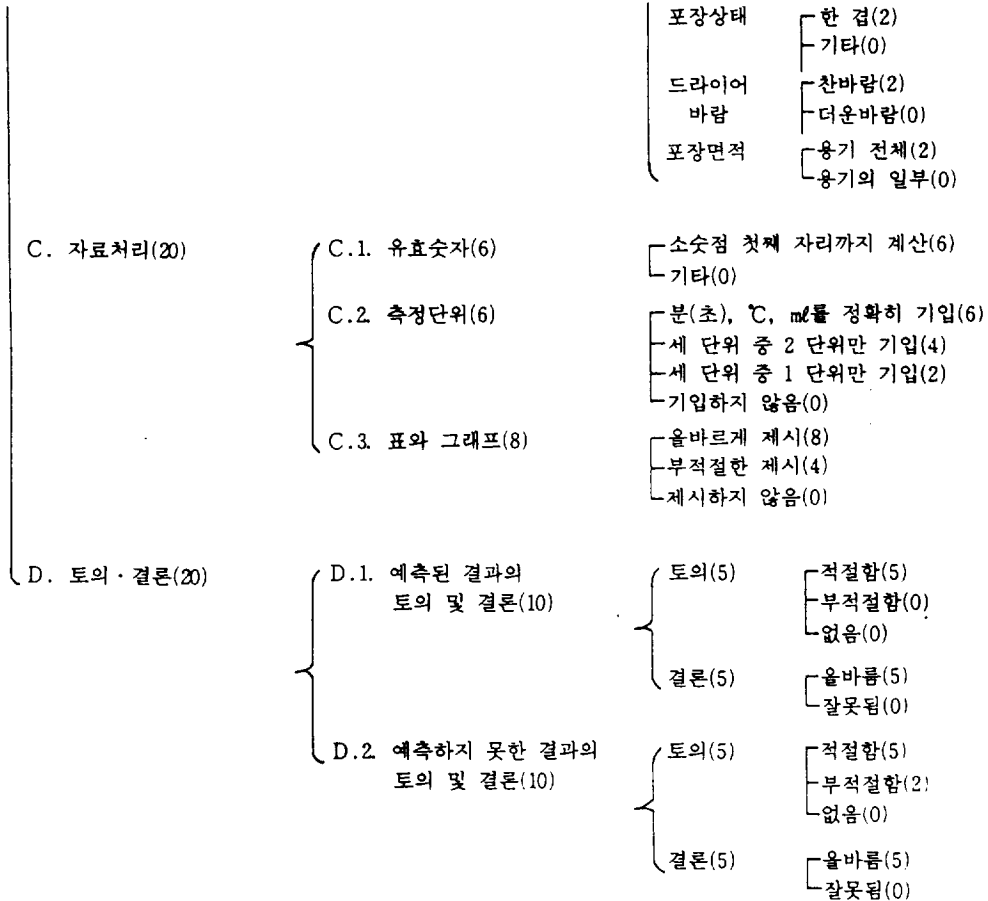
설정한 계통도에 의하여 학생들이 제출한 보고서를 각 범주에 따라 점수화하였으며, 채점된 자료는 각 하위 범주들과 상위 범주들로 분리하여 전산기에 입력, 처리하였다. 결과의 분석에는 Statistical Analysis System(SAS, 1985)와 MINITAB(Ryan, Joiner & Ryan, Jr., 1985) 통계 패키지가 사용되었다.

IV. 연구 결과 및 논의

실험 보고서의 평가를 위해서 본 연구에서는 학생들의 실험 능력을 4영역으로 범주화하였다. 그리고 각 범주들을 다시 세분화하여 몇가지의 하위 범주들로 구분하였으며, 하위 범주들은 다시 보다 세분화 되었다. 따라서 실험의 모든 단계와 요인들이 설정한 평가 범주에 포함되어, 측정되지 않은 능력이나 간과된 실험 과정이 없도록 구성하였다. 설정한 4범주들은 상위 범주라하고, 실험설계, 실험과정, 자료처리, 그리고 토의·결론으로 명명하였다.

본 연구에서 설정한 계통도를 이용한 평가지수의 전체적인 계통도는 <그림 1>에 제시하였다.





〈그림 1〉 계통도 분석법을 이용한 실험 보고서 평가 기준

설정된 범주들의 점수 비중을 설정하는 과정은 3단계로 진행되었다. 먼저 4개의 상위 범주들에 각각 25점씩을 배점하여 100점 만점으로 하였으며, 그 뒤에 하위 범주들에 대한 점수 비중을 설정하였다. 하위 범주들의 점수 비중을 결정하는 단계에서 그 중요성에 따라 상위 범주에서 설정한 점수를 초과하거나 미달하는 경우에는 다시 상위 범주들의 점수 비중을 조절하는 단계를 거쳤다. 설정한 범주들과 점수 비중을 요약하여 〈표 1〉에 제시하였다.

위에서 설정한 평가 기준에 따라 실험 보고서를 평가한 결과 얻은 학생들의 점수 분포를 히스토그램으로 표시하면 〈그림 2〉과 같다.

〈그림 2〉를 보면 실험 보고서 전체 점수의 분포는 다소 중앙점수대에 밀집되어 있는 경향을 제외하고는 정상분포곡선에 가까움을 알 수 있다. 즉 50점대의 점수를 받은 학생이 가장 많고 그 위와 아래의 점수대를 얻은 학생들의 수는 점차 감소하고 있다. 따라서 본

〈표 1〉 실험 보고서 평가 범주들과 점수 비중

상위범주	점수 비중(W)	하위 범주	점수 비중(W)
A. 실험설계	39	A. 1. 가설설정	7
		A. 2. 문제요지 파악	20
		A. 3. 변인통계	12
B. 실험과정	21	B. 1. 실험절차	7
		B. 2. 실험장치 및 조건설정	14
C. 자료처리	20	C. 1. 유효숫자	6
		C. 2. 측정단위	6
		C. 3. 표 및 그래프	8
D. 토의·결론	20	D. 1. 예측된 결과의 토의·결론	10
		D. 2. 예측하지 못한 결과의 토의·결론	10

연구에서 설정한 평가기준은, 학생들의 실험 보고서 평가에 있어 지나치게 수준이 높거나 낮지 않고 적절한 수준을 유지하고 있음을 알 수 있다.

점수	관찰된 간격	인원수
0	0	
10	1	*
20	1	*
30	3	***
40	8	*****
50	18	*****
60	10	*****
70	2	**
80	1	*
90	0	
100	0	

〈그림 2〉 전체 점수에 대한 히스토그램

다음은 평가 기준으로 설정한 각 범주들의 평균과 표준편차를 〈표 2〉에 제시 하였다. 〈표 2〉에서 평균/W는 평균을 각 범주의 점수 비중으로 나눈 값이고, 전체는 각 평균 점수를 합한 총점이다. 표를 보면 B의 평균/W가 0.54로 가장 높다. 그리고 D의 경우가 0.

<표 2> 각 평가 범주에 해당하는 내용의 득점평균과 표준편차

상위 범주	평균	평균/W	표준 편차	하위 범주	평균	평균/W	표준 편차
A	18.98	0.49	3.17	A1	2.98	0.43	2.33
				A2	9.00	0.45	2.30
				A3	7.00	0.58	2.26
B	11.43	0.54	4.90	B1	4.68	0.67	1.75
				B2	6.75	0.48	2.58
C	9.11	0.46	5.11	C1	1.71	0.29	1.64
				C2	2.80	0.47	1.95
				C3	4.61	0.58	2.63
D	8.75	0.44	4.60	D1	7.23	0.72	2.68
				D2	1.52	0.15	3.08
전체	48.27	0.48	12.30				

44로 가장 낮다. 특히 D의 경우에는 D.1에서 학생들의 평균/W는 0.72로 하위범주들 중에서 가장 높는데 반해 D.2의 평균/W는 0.15로 하위 범주들 중에서 가장 낮다.

따라서 상위범주만 보았을 경우에는 학생들은 실험 과정에 관계되는 부분에서 가장 높은 점수를 얻은 것으로 분석되지만, 하위범주들로 판단할 경우에 학생들은 예측된 결과에 대해 토의하고 이를 통해 결론을 내리는 과정에서 가장 높은 점수를 얻고, 예측하지 못한 결과에 대해 토의하고 결론을 내리는 과정에서 가장 낮은 점수를 얻은 것으로 분석된다.

본 연구에서 설정한 평가 기준의 신뢰도를 Cronbach's α 계수로 계산한 결과 0.70의 값을 얻었다. 이를 각 범주 수에 의존하지 않고 변량 자체를 0으로 보는 목표지향 신뢰도로 구한 결과는 〈표 3〉에 제시하였다. 여기서 사용한 공식은 1960년에 Cohen이 제시한 카과계수 K로, 이것은 우연적 오차의 영향을 배제할 수 있다는 장점을 가지고 있다(황정규, 1985).

<표 3> 각 하위범주의 신뢰도

하위범주	P _c	K	K _{max}	K/K _{max}
A1	.71	.86	1.00	.86
A2	.57	.95	.95	1.00
A3	.69	.77	.90	.85
B1	.73	.78	.93	.84
B2	.92	1.00	1.00	1.00
C1	.51	1.00	1.00	1.00
C2	.62	.69	.95	.73
C3	.57	.91	.91	1.00
D1	.52	.73	.81	.90
D2	.78	.36	.86	.42

P_c: 우연적 합치의 비율

'D.2'(K: .36, K/K_{max}: .42)의 경우를 제외하고는, 대부분의 하위범주들의 경우 신뢰도는 매우 높은 것으로 분석되었다.(K: .69~1.00, K/K_{max}: .73~1.00). 'D.2' 범주에 대한 신뢰도가 매우 낮은 것으로 보아 예측하지 못한 실험결과에 대한 토의를 통해 결론을 내리는 과정에 대한 학생들의 능력은 하나의 범주로 설정하여 평가하기에는 적절치 못하다고 볼 수 있다. 이는 다르게 말하면 학생들이 이러한 과정을 평가받을 수 있을 만한 능력을 갖지 못하였다고 할 수 있다.

다음은 각 하위범주들의 Pearson 상관계수를 측정하여 〈표 4〉에 제시하였다. 'A.2'와 'B.1' 하위범주 간의 상관계수는 0.40으로, 유의수준 p<0.01에서 통계적으로 유의미한 값을 갖는다. 그리고 'A.2'와 'D.2' 하위범주 간의 상관계수도 0.54로 통계적으로 유의미하다. 따라서 실험설계 과정 중에서 실험 문제

〈표 4〉 하위범주 간의 상관관계

	A.1	A.2	A.3	B.1	B.2	C.1	C.2	C.3	D.1	D.2
A.1	1.00	-.07	.07	.32	.01	.03	.15	.18	.13	.16
A.2	-.07	1.00	.27	.40	.36	-.02	.01	-.01	.32	.54
A.3	.07	.27	1.00	.45	.24	.09	.08	.22	.49	.05
B.1	.32	.40	.45	1.00	.37	-.10	.10	.14	.55	.28
B.2	.01	.36	.24	.37	1.00	.27	.36	.08	.30	.13
C.1	.03	-.02	.09	-.10	.27	1.00	.35	.43	.18	-.03
C.2	.15	.01	.08	.10	.36	.35	1.00	.67	.03	-.03
C.3	.18	-.01	.22	.14	.08	.43	.67	1.00	.17	-.07
D.1	.13	.32	.49	.55	.30	.18	.03	.17	1.00	.27
D.2	.16	.54	.05	.28	.13	-.03	-.03	-.07	.27	1.00

* P < 0.01

의 요지를 제대로 파악한 학생들은 실험 절차를 올바르게 설정할 수 있고 또한 예측하지 못하였던 실험 결과에 대해 토의하고 올바른 결론을 내리는 과정을 다른 학생들보다 더 잘 할 수 있다고 할 수 있다.

'A.3'와 'B.1' 범주 간의 상관계수는 0.45이고 'A.3'와 'D.1'의 상관계수는 0.49로 역시 통계적으로 유의미한 값이다. 또한 'B.1'과 'D.1' 하위범주간의 상관계수도 0.55로 통계적으로 의미있는 값이었다. 따라서 실험 설계에서 변인 통제를 잘한 학생들은 실험 절차도 실험 설계에 맞도록 적절히 설정하며, 예측한 실험 결과에 대해 토의하고 올바른 결론을 내리는 과정에서도 다른 학생들보다 우수한 능력을 나타낸다고 할 수 있다.

'C.3'와 'C.1', 'C.2'간의 상관계수의 값(0.43, 0.67)도 매우 크다. 그러나 이 하위범주들은 하나의 상위범주(자료처리)로 묶이므로, 자료를 처리하는 과정에서 표나 그래프를 작성하는 학생들의 능력은 유효 숫자나 측정단위를 고려하는 능력과 유사한 실험 능력을 측정한다고 할 수 있다.

다음은 위에서 분석한 난이도를 이용하여 평가 기준의 타당도를 계산하였다. 여기서 사용한 공식은 피험자의 반응에 기초한 객관적 접근 방법(황정규, 1985)으로 다음과 같다.

$$\frac{P_0 - P_e}{\sqrt{P_e(1-P_e)/N}}$$

P₀ : 觀察 難易度
 P_e : 期待 難易度
 N : 全體 報告書 數

여기서 기대 난이도는 평가의 종류에 따라 설정 기준이 달라진다. 예를 들어 규준지향 평가의 경우에는 기대 난이도를 .50으로 잡고 관찰 난이도와 의 계산을 통해 타당도를 계산할 수 있다. 그리고 목표지향 평가의 경우에는 기대 난이도를 .80으로 잡고 계산하는 것이 적절하다고 본다. 본 연구에서는 두 경우 모두에 대한 타당도를 계산하여 〈표 5〉에 제시하였다.

〈표 5〉 각 범주의 타당도

하위범주	규준지향 타당도	목표지향 타당도
A.1	-0.99	-6.22 *
A.2	-0.66	-5.80 *
A.3	1.11	-3.59 *
C.1	-3.87 *	-9.81 *
C.2	-3.42 *	-9.25 *
C.3	0.91	-3.84 *
D.1	2.95 *	-1.28
D.2	-5.61 *	-11.98 *

* 제시된 값의 절댓값이 2보다 크거나 같은 경우.

〈표 5〉에 의하며 본 연구에서 설정한 평가 기준을 규준지향 평가로 보았을 경우에는 5 문항이 +2보다 크거나 -2보다 작아 상당한 차이가 있는 것으로 밝혀졌다. 그러나 목표지향 평가로 보았을 경우에는 그 수가 9개에 달한다. 따라서 이 평가 기준은 규준지향 평가에 더 적절하다고 할 수 있다.

목표지향 타당도의 경우에 기준에서 크게 벗어난 범주들이 많은 것은 학생들의 실험 능력, 혹은 탐구 사고력에 대한 과학교육 목표가 학생들에게 제대로 전달되지 못하였음을 지적한다. 이는 학생들의 실험

능력에 대한 구체적인 평가 결과를 피이드백을 통해 학습과정에 도입함으로써 극복될 수 있을 것이다.

〈표 5〉에서 볼 때, 가장 기준을 크게 벗어나는 것으로 나타난 범주는 신뢰도 측정에서도 지적되었듯이 'D2. 예측하지 못한 실험 결과에 대한 토의와 결론' 부분이었다. 따라서 이러한 부분에 대해 앞으로 집중적인 지도가 이루어져야 할 것이다.

다음은 10개의 하위 범주들 안에 내재되어 있는 요인들이 몇 개인지 알아 보기 위하여 요인분석(factor analysis)을 하였다. 분석에 사용한 프로그램은 SAS subprogram FACTOR(SAS/STAT Guide, 1985)이었으며, Maximum Likelihood법을 사용하였다. 그리고 각 요인의 변량 부하량(loading of variables)을 최대로 하기 위하여 oblique rotation을 실시하였다. Eigenvalues 값이 1 이상인 것들만 선정(Lawson, Karplus & Adi, 1978)하여 요약한 결과를 〈표 6〉에 제시하였다.

〈표 6〉 Maximum Likelihood 요인분석의 Procrustean Transformation에 의한 Target Matrix(Oblique Rotation)

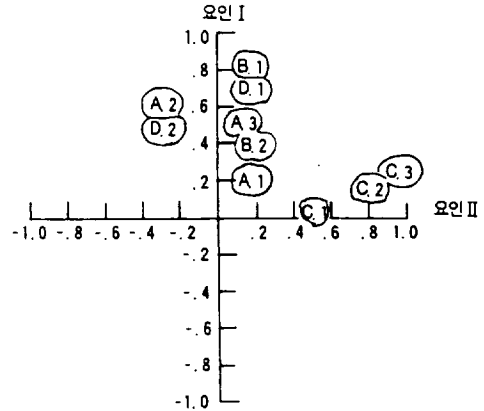
	요인 I	요인 II
B1	1.00	
D1	.98	
A2	.99	
A3	.89	
B2	.74	
D2	.91	
A1	.48	
C3		.98
C2		.99
C1		1.00
Weighted	4.02	4.62
Unweighted	2.15	1.70
Eigenvalue	5.19	3.45
Difference	1.75	2.71
Proportion	0.60	0.40
Cumulative	0.60	1.00

* factor loading이 .25 이상인 것들만 제시함.

〈표 6〉을 보면 요인은 두가지로 분류된다. 즉 'A', 'B' 그리고 'D' 상위범주에 속하는 하위범주들은 모두 요인 I에 속하고 그에 해당하는 Eigenvalue 비(Proportion)는 0.60이었다. 그리고 'C' 상위범주에 속하는 하위범주들은 모두 요인 II에 속하였으며, 그에 해당하는 Eigenvalue 비(Proportion)는 0.40이었다.

따라서 본 연구에서 설정한 평가 기준의 범주들은 학생들의 두가지 뚜렷하게 다른 능력들을 평가하는 것으로 볼 수 있다.

다음은 요인분석한 결과를 〈그림 3〉에 제시하였다.



〈그림 3〉 10개 하위범주들의 요인부하량

〈그림 3〉에서 실험 보고서 평가 기준의 범주들의 요인 부하량이 보다 뚜렷하게 구분됨을 알 수 있다. 즉 'A', 'B', 그리고 'D' 상위범주에 속하는 하위범주들은 요인 I에 속하는 수직축에 한집단을 이루며 모여 있고, 'C' 상위범주에 속하는 하위범주들은 모두 요인 II에 속하는 수평축에 집단을 형성하며 모여 있다.

V. 결론 및 제언

1. 결론

계통도를 이용하여 설정한 실험 보고서 평가 기준의 특징은 학생들이 한 상황을 설정하였을 경우와 다른 상황을 설정하였을 경우, 혹은 한 재료를 선택하였을 경우와 다른 재료를 선택하였을 경우 등 실험 과정에서 발생할 수 있는 매우 다양한 상황과 경우들을 모두 포함하여 이에 대해 평가 기준을 제시할 수 있다는 점이다. 따라서 예외적인 것에 대해 평가가 이루어지지 못하는 경우나, 한가지 정답 이외에는 모두 틀린 것으로 평가되는 경우 등에서 발생하는 문제들이 대부분 배제될 수 있다.

이러한 장점을 살려 작성한 평가 기준이 학생들의 실험 보고서를 적절하게 평가하는지 알아보기 위하여 해당하는 내용의 신뢰도와 타당도를 분석하였다. 분석 결과에 의하면, 신뢰도의 경우 예측하지 못한 실험 결과에 대한 토의와 이를 통해 올바른 결론을 내리는

과정을 제외하고는 평가에서 설정한 대부분의 범주들이 적절한 수준을 보이고 있었다. 그리고 타당도를 알아본 결과에 의하면 본 연구에서 설정한 평가 기준은 목표지향 평가보다는 규준지향 평가에 더 적절함이 밝혀졌다.

목표지향 타당도의 경우에는 기준에서 크게 벗어난 범주들이 많은 것으로 나타났는데, 이는 학생들의 실험 능력, 혹은 탐구 사고력에 대한 과학교육 목표가 학생들에게 제대로 전달되지 못하였음을 지적한다.

그리고 신뢰도와 타당도 모두에서 'D.2' 예측하지 못한 실험 결과에 대한 토의와 결론' 범주가 문제가 있는 것으로 나타났는데, 이는 이러한 부분에 대한 학생들의 실험 능력이 매우 부족하기 때문에 나타난 현상이라 할 수 있다. 따라서 이러한 부분에 대해 앞으로 집중적인 지도가 이루어져야 할 것이다.

설정된 하위범주들 간의 상관관계를 분석한 결과에 의하면 학생들의 몇가지 능력들은 서로 큰 상관이 있는 것으로 분석되었다. 따라서 각 범주들 속에 내재하는 요인들을 밝히기 위하여 요인분석을 실시한 결과, 본 연구에서 설정한 평가 기준은 두가지 요인으로 분리되었다. 즉 실험을 설계하고, 실험 과정을 수행하고, 실험 결과에 대한 토의와 결론을 내리는 능력은 한 요인으로 묶이고, 자료를 처리하는 능력은 다른 요인으로 묶였다. 그러므로 실험 보고서 평가 기준을 설정할 때 각 범주들이 서른 다른 실험 능력 요인들을 평가한다는 점을 고려하여야 할 것이다.

2. 제언

본 연구에서 설정한 실험 능력에 대한 범주들을 분석한 결과에 의하면, 예측하지 못한 실험 결과에 대해 토의하고 결론을 내리는 과정에 어려움을 느끼는 학생들이 많음을 알 수 있다. 본 연구의 예에서 밝혀진 것과 같이 계통도 분석법을 이용하여 범주화한 평가 기준으로부터 얻은 결론들은 피이드백 과정을 거쳐 교육 과정에 고려되어야 한다.

또한 학교 현장에서 실험 보고서의 평가에 계통도 분석법을 적용하기 위해서는 이를 이용하는 교사들이 이에 대해 확실히 이해하고 적용을 통해 여러가지 실제적인 문제에 대한 기술을 습득할 필요가 있다.

참 고 문 헌

권성기(1987). 중학생의 과학수업에 의한 힘과 운동의 개념변화,

서울대학교 석사 학위논문.

박성식(1987). 힘과 운동에 대한 중학생들의 개념조사, 서울대학교 석사학위논문.

박승재, 이현근, 백성해(1988). 과학교육연구에 있어서 계통도를 이용한 정성적 자료분석, 과학과 교육, 시청각교육사, 50-52.

박현주(1987). 고등학생들의 빛의 직진, 반사 및 굴절에 대한 개념조사, 서울대학교 석사학위논문.

선우종철(1988). 동력과 운동에 대한 중학생의 개념분석, 서울대학교 석사학위논문.

황정규(1985). 학교학습과 교육평가, 서울 : 교육과학사.

Armstrong, M.D. & Rada, R.D.(1989). Examination of Relationships among School Superintendents:A Network Analysis. ERIC ED307663.

Bliss, J., Monk, M. & Ogborn, J.(1983). *Qualitative Data Analysis for Educational Research: A Guide to Uses of Systemic Network*. London & Cangerra:Croom Helm.

Delfau, I.(1990). Background and Rationale of the Conceptual Frame. ERIC ED322627.

Doran, R.L.(1980). *Basic Measurement and Evaluation of Science Instruction*. Washington, D.C.:National Science Teachers Association.

Dunkleberger, G.E.(1985a). *Elementary Science: Grade 5*. Westminster, Md.:Carroll County Public Schools.

Dunkleberger, G.E.(1985b). *Elementary Science: Grade 4. Working Copy*. Westminster, Md.:Carroll County Public Schools.

Dunkleberger, G.E.(1985c). *Elementary Science: Grade 3. Working Copy*. Westminster, Md.: Carroll County Public Schools.

Dunkleberger, G.E.(1985d). *Elementary Science: Grade 2*. Westminster, Md.:Carroll County Public Schools.

Hofstein, A., Lunetta, V. & Giddings, G.(1981). Evaluating Science Lab Activities. *The Science Teacher*, 48(1).

Lawson, A.E., Karplus, R., & Adi, H.(1978). The Acquisition of Propositional Logic and Formal Operational Schemata during the Secondary School Years. *Journal of Research in Science Teaching*, 15(6), 465-478.

Natale, J.L.(1981). Network Techniques:A Tool for Managing Routine Administrative and Operating Procedures, ERIC EJ256378.

New York State Education Dept(1981). *Reflections on Writing in Science. Scientific Insight. Laboratory Report*. Albany:Bureau of General Education Curriculum Development.

Ryan, B.F., Joimer, B.L., & Ryan, Jr., T.A.(1985). *Minitab Handbook 2nd*. Wadsworth Publishing Company, Inc.

SASSTAT Guide for Personal Computers, Version 6 Edition(1985). Cary,

NC:SAS Institute Inc.

Scherer, J. & Howell, S.(1981). Theoretical and Methodological Issues, ERIC ED227183.

Welford, G., Harlen, W., & Schofield, B.(1985). *Practical Testing at Ages 11, 13, and 15: Science Report for Teacher* : 6. Great

Britain:The Garden City Press Limited Letchworth, Herts SG6 1JS.

West, R.F.(1985). Quantitative Approaches to Analyzing the Structure of Continuing Professional Development Networks. ERIC ED262283.

ABSTRACT

A Network Analysis Approach to the Evaluation of Students' Laboratory Reports

Seoung - Hey Paik

(Department of Chemistry Education, Seoul National University, Korea)

Sung - Jae Pak

(Department of Physics Education, Seoul National University, Korea)

The purposes of this study were; 1) to apply the network analysis to evaluation of students' laboratory reports, 2) to test the applicability of the systematic network analysis. For this purposes, 7th grade 88 students from 22 middle schools in Incheon city of Korea were selected and their laboratory reports were evaluated by a evaluation criterion network developed in this study. The evaluation criterion consisted of 4 categories and 10 subcategories. The results of this study suggested that the network analysis approach was suitable one for the evaluation of students' laboratory reports. This was supported by total score distribution, means/weight, Cronbach's α coefficient(0.70), and the subcategories' reliabilities. The results of the factor analysis indicated that the evaluation criterion network of this study had two factors.