

고등학생의 탐구 사고력 문제 해결 과정에 나타난 유형과 특징

김익균·황유정

(충북대학교 과학교육과)

(1993년 6월 24일 받음)

I. 서론

과학탐구학습은 학생들 스스로 과학하는 방법을 터득하게 한다는 점에서, 또한 결과와 함께 과정을 중요시하는 과학 교육계의 흐름에서 과학교육의 중요한 목표로 인식되어 왔고 보다 더 현실적인 문제로 입시 위주의 주입식 학교 교육에 대한 비판과 이에 대한 해결 과정에서 매우 중요하게 부각되어 왔다.

현행 제5차 초 중등학교 과학 교육 과정 (문교부, 1988)에는 '탐구 능력 신장'이 주요 교육 목표중의 하나로 명시되어 있으며, 또한 1994년 부터 실시될 교육부의 새로운 대학 입학 시험 제도 (교육부, 1991)에도 과학적 탐구 사고력 평가가 포함되어 있다.

이같은 탐구학습의 중요성에 비추어 학생들의 탐구 능력을 정확하게 측정하는 일은 매우 중요하다 하겠다. 지금까지 중앙교육평가원에서는 수차례에 걸쳐 학생들의 탐구능력평가를 실시하여 왔다. 지금까지 수행된 이와 관련된 연구로는 학생들의 응답에 대한 거시적 관점에서의 분석(박승재, 1991)과 다수의 학생을 대상으로 평가해야 하는 현실적인 문제를 해결하기 위한 평가 방법 연구가 있었다(이무, 1991). 한편, 이와같은 거시적 관점과는 달리 좀더 미시적이고 분석적인 연구도 필요하다고 생각된다. 즉, 학생들이 문항 개발자가 의도하는 대로 탐구 과정을 거쳐 문제를 해결하는지, 아니면 그밖의 다른 기술적인 방법으로 해결하는지, 만약 있다면 어떤 일반화된 방법이 있는지 등에 대한 연구도 병행되어야 한다.

학생들의 탐구능력 신장을 위해서는 평가 방법과 아울러 학생들의 문제 해결 방식에 대해서도 철저히

연구하여 보다 효율적인 교육 방침을 강구해야 할 것이다. 본 논문은 고등학생의 탐구 사고력 평가 문항 해결 과정에서 나타나는 탐구 사고력 요소와 물리개념 적용유무 또는 이들의 동시 적용 가능성, 문제 해결 유형의 분석, 정당한 학생들과 오답한 학생들의 차이점에 대해 고찰해보았다.

II. 연구방법

1. 검사도구와 연구대상

본 연구에서 사용된 검사도구는 중앙교육평가원이 실시한 '대학 수학 능력 시험을 위한 탐구력 평가 문항' 중에서 변인통제와 가설설정에 관한 문항들을 각각 4문항씩 택하여 도구로 사용하였다([부록 I] 참조). 연구 대상은 청주시에 소재하는 일반계 고등학교 자연계 2학년 1개 학급을 대상으로 사전 지필 검사를 실시한 후 모든 문항에서 정답, 오답한 학생을 각각 5명씩 임의로 추출하였다.

2. 연구과정 및 분석방법

선정된 정답, 및 오답 학생들 각각 5명을 대상으로 탐구사고력 평가 문항 해결 과정에 관하여 지필검사와 면담을 병행하였고 면담시에는 학생의 지필검사 응답지를 활용하였다. 학생들이 각각의 문항을 해결하는 과정에서 어떤 방법으로 해결하였는지를 상세히 물어보고 이들의 응답을 바탕으로 학생들이 탐구 사고력 요소를 적용하였는지의 여부를 조사하고 탐구

사고력 요소를 적용하지 않은 경우에 대해서는 구체적으로 어떤 방법으로 문제를 해결하였는지 계통도를 만들고 개인별, 문항별로 응답 유형을 나타내었다. 또한 정답한 학생들과 오답한 학생들의 특징을 비교하였다.

III. 분석결과

1. 탐구 사고력 요소와 물리개념의 적용

1) 개인별 분류

[표 1] 개인별 탐구사고력 요소와 물리개념 사용 사례수

개인	탐구 사고력 요소		물리개념	
	적용	비적용	올은 개념	그릇된 개념
정 A	6	2		
답 B	5	3	1*	
한 C	8			
학 D	7	1		
생 E	3	5	1*	
계	29	11	2	
오 a	2	6		2*
답 b	4	4		2*
한 c	4	4		2*
학 d	3	5		1*
생 e	3	5		1*
계	16	24		8

* : 비적용 예에 포함된 사례수

[표 1]에서 본 바와 같이 대체로 정답한 학생들이 오답한 학생들보다 탐구 사고력 적용 횟수가 더 많은 것으로 나타났다. 좀더 세분하여 보면 탐구 사고력을 적용하여 맞고 적용하지 않아 틀린 학생수와 적용하지 않았는데 맞고 적용하였는데 틀린 학생의 비가 53 대 27로 나타났다.

정답한 학생중 학생E는 탐구 사고력 요소의 적용 횟수보다 적용하지 않은 경우가 많았고, 반대로 탐구 사고력 요소의 적용 횟수가 많았음에도 오답을 한 학생들(b, c) 이 있었다.

물리개념은 탐구 사고력 요소와 함께 적용되지 않고 단독으로 문제해결에 사용되는 경향이 있음을 나타냈다. 탐구 사고력을 적용하지 않고 물리개념만으로 문항을 푼 경우에 정답한 학생들(B,E)은 모두 옳은 물리개념, 오답한 학생들은 모두 그릇된 물리개념을 적용하였다.

2) 문항별 분류

[표 2] 문항별 탐구사고력 요소와 물리개념 사용 학생수

문항	탐구 사고력 요소	탐구사고력 요소		물리개념	
		적용	비적용	올은 개념	그릇된 개념
1		4	6		3*
2	변인	9	1		
3	통제	8	2		
4		4	6		
계		25	15		3
5		8	2		
6	가설	5	5		
7	설정	6	4		
8		1	9	2*	5*
계		20	20	2	5

* : 비적용 예에 포함된 사례수

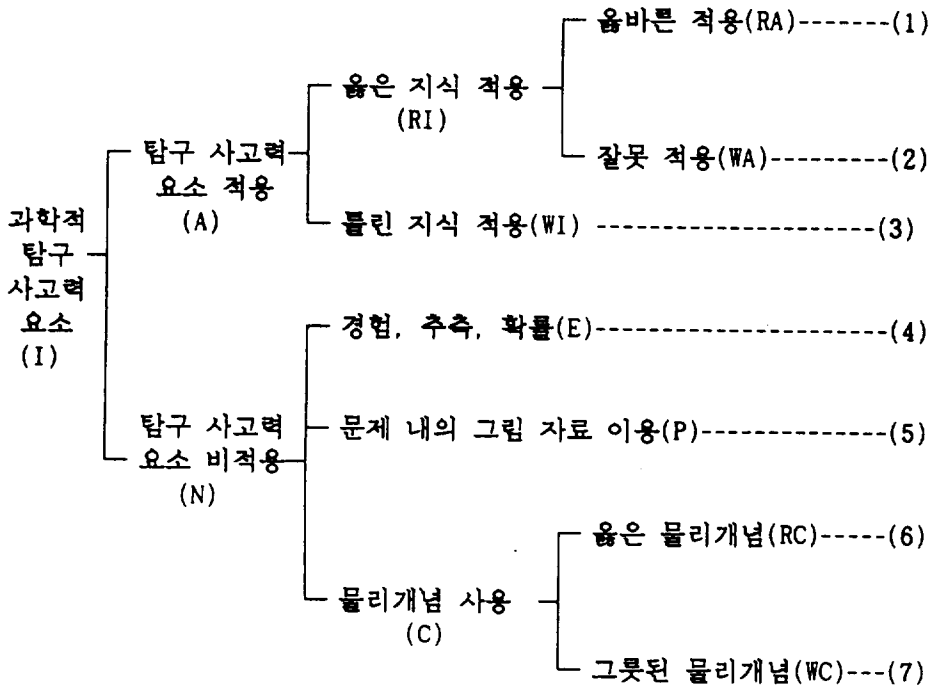
[표 2]에서 본 바와 같이 문항별 탐구 사고력 요소는 변인통제 문항중 1, 4번 문항, 가설설정 문항중 8번 문항에서 비적용 사례수가 많은 것으로 나타났다. 물리개념은 1, 8번 문항에서 모두 사용되어 특정 문항에 편중되어 있음을 알 수 있다. 이같은 결과는 문항에 따라 학생들이 문제 해결을 위하여 탐구 사고력을 적용하여 해결하는 경향이 큰 문항도 있고 어떤 문항에 대해서는 학생들이 거의 탐구 사고력을 적용하지 않고 학생 자신이 알고 있는 물리개념을 적용하여 풀려는 경향이 강한 것으로 나타났다.

2. 문제 해결 유형의 분석

1) 문제 해결 유형

학생들과의 면담을 통하여 밝혀진 문제 해결 유형을 계통도로 나타내면 [그림 I]과 같다. 보다 자세한

문제해결 유형과 구체적 응답에는 [부록 II]에 제시된 지식이란 예를 들어 변인통제의 의미를 알고 문제



- | | |
|---------------------|---------------------|
| (1) I - A - RI - RA | (2) I - A - RI - WA |
| (3) I - A - WI | (4) I - N - E |
| (5) I - N - P | (6) I - N - C - RC |
| (7) I - N - C - WC | |

[그림 1] 학생들의 문제해결 유형에 대한 계통도

하였다. 그림에서 본 바와 같이 학생들의 문제 해결 과정에는 7가지가 있었다. 구체적으로 보면, (1)유형은 탐구 사고력 요소를 옳게 이해하고 적용 또한 옳게 한 경우이고 (2)유형은 비록 탐구 사고력 요소를 옳게 이해하였지만 적용 과정에서 오류를 범한 경우이다. (3)유형은 탐구 사고력 요소를 잘못 이해하고 적용한 경우이다. (4),(5),(6),(7)유형은 모두 탐구 사고력 요소를 적용하지 않았다. 즉 (4)유형은 학생들의 일상적인 경험이나 추측,확률적인 생각으로 문제를 해결한 경우이고, (5)유형은 문제에서 주어진 진술문, 그림등의 자료만을 이용한 경우이다. (6)유형은 옳게 알고 있는 물리개념만으로 문제를 해결한 경우이고 (7)유형은 학생들이 잘못 알고 있는 물리개념만을 이용하여 문제를 푼 경우이다. 여기에서 옳은 지식, 틀

린 지식이란 예를 들어 변인통제의 의미를 모르고 문제를 푼 경우는 틀린 지식 적용으로 분류하였다.

이상의 7가지 문제 해결 유형을 바탕으로 학생 개인별과 문항별로 사용된 각각의 문제 해결 유형의 빈도를 조사하였다.

2) 개인, 문항별 문제 해결 유형 분석

[표 3]과 같이 정답한 학생들만 사용한 유형들은 탐구 사고력 요소에 대해 옳게 이해하고 문제에 옳바르게 적용한 (1)유형, 탐구 사고력 요소를 적용하지 않고 문제에서 제시한 그림등의 자료에서 답을 찾은 (5)유형, 탐구 사고력 요소를 적용하지 않고 알고 있

는 옳은 물리개념만을 이용한 (6)유형이 있다.

[표 3] 개인별 문제해결 유형 사례수

개인	문제해결 유형						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
정 A	4		2	1	1		
답 B	3		2	1	1	1	
한 C	7		1				
학 D	6		1		1		
생 E	3			4		1	
계	23		6	6	3	2	
오 a			2	4			2
답 b			4	2			2
한 c		1	3	2			2
학 d		1	1	4			1
생 e		2	3	4			1
계		3	13	16			8

오답한 학생들만 사용한 유형들은 탐구 사고력 요소에 대해 옳게 이해하고 있으나, 적용과정에서 오류가 생긴 (2)유형, 탐구 사고력 요소를 적용하지 않고 그릇된 물리 개념만을 적용한(7)유형이 있다.

정답, 오답한 학생들이 공통으로 사용한 유형들은 탐구 사고력 요소를 잘못 이해하여 적용한 (3)유형, 탐구 사고력 요소를 적용하지 않고 경험, 추측, 확률 요소를 사용한 (4)유형이 있다. 정답한 학생들은 (1)유형을, 오답한 학생들은 (3),(4)유형을 가장 많이 사용하였다.

학생 개인별로는 정답한 학생 C의 경우 대부분의 문항을 (1)유형으로 해결하였고, 1문항만을 (3)유형을 적용한 반면 학생 B는 5가지 유형을 적용하여 학생 개인에 따라 문제 해결 유형수가 다르게 나타났다. 전반적으로는 정답한 학생이 오답한 학생보다 다양한 해결유형을 보였다.

이상에서 본 바와 같이 학생들은 탐구 사고력 요소를 옳게 이해하지 못하고 잘못 적용하면서도 정답을 맞추고, 자신의 경험, 추측 등을 이용하거나 문제에 제시된 그림이나 자료로부터 직접 답을 찾는 사례가 상당수 있음을 볼 수 있다.

문항별 문제 해결 유형은 [표 4]에서 본 바와 같

이 변인통제 문항에서 (3),(4) 유형, 가설설정 문항에서 (1),(4) 유형이 대체로 많이 사용되었다.

[표 4] 문항별 문제해결 유형

문항	문제해결 유형						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
변인 1	3		1	3			3
인 2	1		8	1			
통 3	4		4	2			
제 4	2	1	1	6			
계	10	1	14	12			3
가 5	5		3	2			
설 6	4	1		3	2		
설 7	3	1	2	4			
정 8	1			1	1	2	5
계	13	2	5	10	3	2	5

변인통제 문항에서 (3)유형이, 가설설정 문항에서 (1)유형의 사용 횟수가 많은 것은 학생들이 변인통제 요소보다 가설설정 요소에 대해 더 잘 알고 있음을 보여준다. 또한 변인통제 문항보다 가설설정 문항에서 학생들이 더 다양한 방법으로 해결하였음을 표에서 알 수 있다.

한편, 문항별로 탐구 사고력 요소를 옳게 적용한 (1)유형 빈도가 가장 높은 문항은 가설설정에 관한 5번 문항으로 전체 응답의 50%가 이에 해당한 반면, 경험과 추측에 의한 (4)유형 빈도가 가장 높은 문항은 변인통제에 관한 4번 문항으로 전체 응답의 60%가 이 유형에 속하였다. 또한 물리개념을 적용한 (6),(7)유형 빈도수가 높은 문항은 8번 문항으로 전체의 70%가 (6),(7)유형이었다. 이상과 같이 문항에 따라 문제 해결 유형의 빈도가 달랐음을 볼 수 있다.

3. 정답, 오답한 학생들의 차이점 비교

학생들의 면담을 통하여 조사한 결과 정답을 한 학생들의 특징은 문제 해결유형에서 (1)유형이 가장 많았고, 탐구 사고력 요소에 대해 옳게 이해하고 있는 경우, 적용 과정에서도 옳게 적용하였고 탐구 사고력 요소의 용어를 잘못 이해하고 있는 경우라도 학생들

은 문제의 뜻을 잘 파악하여 옳은 답을 하였다. 정답한 학생들은 문제에서 주어진 도표와 그림에서 해답을 얻은 경우도 있었으며, 물리개념은 옳은 개념만을 사용한 것으로 나타났다.

반면 오답한 학생들은 (4)유형을 적용한 경우가 가장 많았으며 탐구 사고력 요소에 대해 옳게 이해하고 있음에도 적용과정에서 오류가 발생하였고, 탐구 사고력 요소를 잘못 알고 있는 경우 탐구 사고력 요소에 대한 틀린 지식을 그대로 적용하였다. 경험, 추측, 확률 요소를 적용한 경우, 오답한 학생들은 문제의 핵심과 너무 동떨어진 사고를 하는 경향이 있었으며, 물리개념은 그릇된 개념만을 사용한 것으로 나타났다.

IV. 결론 및 제언

학생들의 면담과 지필을 통하여 탐구 사고력 문항 해결 과정을 조사한 결과, 문항 개발자의 의도에 맞게 탐구 사고력 요소를 적용하였거나 또는 잘못 이해하고 있는 탐구 사고력 요소를 적용한 경우라도 정답과 오답인 경우가 모두 발견되었다. 또한 탐구 사고력 요소는 전혀 개입되지 않고 일상적인 경험, 추측, 확률요소를 적용한 경우에도 정답, 오답이 모두 발견되었다. 정답한 학생들 가운데는 문제 내에서 주어진 그림 문장 등의 자료만을 이용한 경우도 있었다. 물리개념만으로 문제를 푼 경우 정답한 학생들은 옳은 개념을, 오답한 학생들은 그릇된 개념을 사용한 것으로 나타났다. 문제를 해결하는데 있어서 탐구 사고력 요소와 물리개념을 동시에 적용하는 경우는 없었으며, 단순히 학생들이 이미 알고 있는 물리개념만을 사용하는 경향을 보였다.

이같은 본 연구 결과는 학생들이 과학 탐구 문제 해결과정에서 문항 개발자의 의도와는 다르게 탐구 사고력을 적용하지 않고도 정답을 맞출 수 있었으며, 탐구 사고력 요소의 종류에 따라라도 문제 해결 방식에 차이가 있으며 더욱이 동일한 탐구 사고력 요소들 묻는 문항 내에서도 문항별로 특정 형태의 방법을 동원하여 해결하는 경향을 발견할 수 있었다. 따라서 이같은 관점에서 탐구 사고력 측정을 위한 문항 개발 과정에서는 물론 학생의 과학 탐구 문제 해결 과정에

대한 보다 세부적인 연구가 필요할 것으로 생각된다. 그러나, 본 연구에서 검사 도구로 사용한 문항들은 하나의 문항에 한가지 탐구 사고력 요소만을 포함하며, 고등 학교 수준의 물리 개념의 사용이 거의 없었기 때문에 특별히 탐구 사고력 요소나 물리 개념을 모르더라도 답을 알아 낼 수 있는 소지가 있었다. 또한 검사 대상 학생수가 적고, 문항도 한정된 수준에서 조사하였기때문에 문제 해결 유형이 단순하게 나타났다.

계속 연구를 통하여 여러 가지의 탐구 사고력 요소와 물리개념이 포함된 문항에 대하여 다수의 학생들에게 실시해 봄으로써 더 일반적인 문제 해결 유형을 찾을 수 있고, 탐구 사고력 요소와 물리개념의 동시 적용 사례도 얻을 수 있다고 본다. 또한 보다 더 분석적인 탐구 사고력 문제해결 과정에 대한 연구를 통하여 인간의 정신과정에 대한 연구도 기대된다.

참 고 문 헌

교육부, 대학 입학 시험 개선안, 교육부, 1991
 문교부, 고등학교 교육과정, 대한 교과서 주식회사, 1988
 이무, 과학적 탐구 사고력 평가 문항 형태에 관한 연구, 서울대학교 대학원 과학교육과 박사 학위 논문, 1991
 박승재, 과학적 탐구 사고력 평가, 서울대학교 사범대학 물리교육과 물리학습 연구실, 1991

(ABSTRACT)

The High School Students' Problem Solving Patterns and Their Features in Scientific Inquiry

Ikgyun Kim, Yujeong Hwang
(Chungbuk National University)

The high school students' problem solving patterns and their features in scientific inquiry, especially on controlling variables and stating hypothesis have been investigated. The 8 problems on controlling variables and stating hypothesis were selected out of the scientific inquiry area in the experimental tryout of Aptitude Assessment for College Education, and had been used to find the patterns and their features.

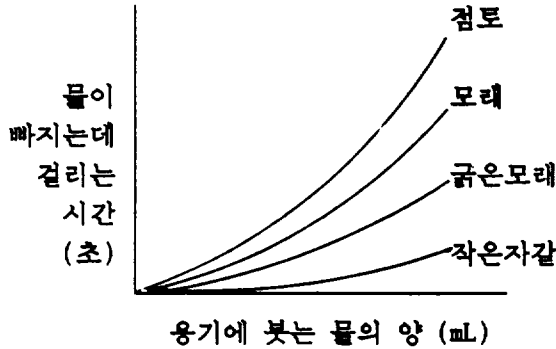
The results of findings are as follows:

There were seven patterns in the process of solving problems. Five of seven patterns were found in right answers and four patterns in wrong answers. Two patterns were found in both right and wrong answers. Some students could solve the problems even though they did not understand the elements of the scientific inquiry, controlling variables and stating hypothesis. The false application of physics concepts, misunderstanding about the elements of the scientific inquiry and using unrelated experience and conjectures were the features of students' wrong answers. On the other hand, the right application of physics concepts, understanding and applying the elements right, inferring answers from the tables and figures on statements of suggested problems were the features of right answers.

The further studies on this kind may helpful to find the higher mental abilities related to scientific inquiry and to develop tools for testing students' scientific inquiry thinking skills.

부록 I - 검사도구

1. 명수는 토양의 배수관계를 알아보기 위하여 다음과 같은 실험을 하였다. 명수는 동일한 양의 작은 자갈, 굵은 모래, 잔 모래 및 점토를 물이 빠져나갈 수 있는 4개의 동일한 용기에 각각 넣었다. 그 다음에 일정량의 물을 그 용기에 각각 붓고, 물이 빠져나가는데 걸리는 시간을 측정하였다. 이 과정을 되풀이하여 다음과 같은 그래프를 얻었다.



위의 실험을 할 때, 체계적으로 변화시켜야 하는 변인 2개는?

- ① 물이 빠져나가는 시간 ② 붓는 물의 양
- ③ 토양 입자의 크기 ④ 용기의 온도와 재질
- ⑤ 토양 입자들의 무게

<2-3> 어느 제약회사에서 새로운 약 A와 B를 개발하였다. 이 약의 효과를 알아보기 위해 4개 집단의 실험쥐를 사용하여 다음과 같이 실험을 하였다. (단, 각 실험쥐 집단은 동일한 것으로 본다.)

실험쥐 집단	처 처
I	약 A를 생리적 식염수에 녹여서 주사
II	약 B를 생리적 식염수에 녹여서 주사
III	생리적 식염수만 주사
IV	아무 것도 주사하지 않음

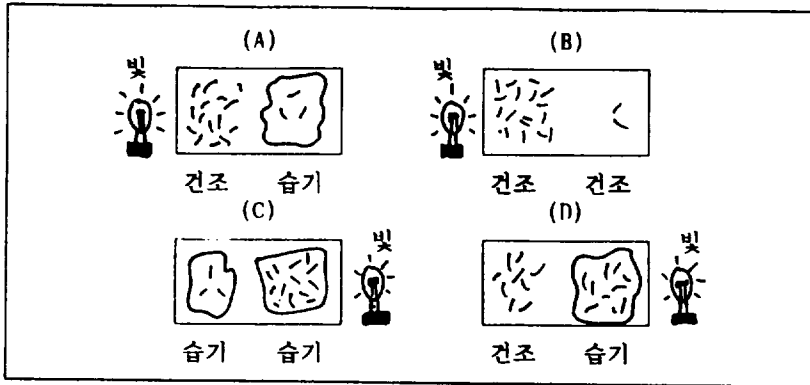
2. 위 실험에서 대조구로 사용된 집단은?

- ① I 과 II ② I 과 III ③ II 와 III
- ④ II 와 IV ⑤ III 과 IV

3. 약 A가 효과가 있는지를 검증할 때 비교해야 하는 것 3개는?

- ① I 과 II ② I 과 III ③ I 과 IV
- ④ II 와 IV ⑤ III 과 IV

4. 철수는 거저리 유충이 빛과 습기에 어떻게 반응하는가를 알아보기 위해, 광원으로는 전구를 사용하고 습원으로는 물에 젖은 여과지를 사용하여 4개의 실험상자(A, B, C, D)를 준비하였다. 각 상자의 중앙에 20마리의 거저리 유충을 두고 하루가 지난 뒤, 거저리 유충의 분포를 조사하였더니 다음 그림과 같았다.



철수는 이 결과로부터 '거저리 유충은 빛에 양성 반응하고 습기에는 음성 반응한다.'고 결론을 내렸다. 다음중에서 철수의 결론이 타당하다는 것을 보이는 비교 2개를 고르라.

- ① A와 B의 비교 ② A와 C의 비교 ③ A와 D의 비교
④ B와 C의 비교 ⑤ B와 D의 비교

5. 다음을 읽고 물음에 답하여라.

어떤 마을에 젖소 목장이 두군데 있다. 그 두 목장은 크기가 비슷하고, 동일한 품종의 젖소를 사육하며, 목초의 품종과 사육 방법도 동일하다. 그런데 목장(A)에서는 젖소가 건강하게 사육되고 있으나, 목장(B)에서는 젖소가 건강하지 못하며 우유의 생산량도 적었다. 그리고 건강하지 못한 젖소는 구리 원소가 결핍되었을 때와 비슷한 증상을 보였다.

연구자는 다음과 같은 실험들을 실시하였다.

실험 I) B목장에서 주던 사료에 구리 원소를 섞어 건강하지 못한 젖소에게 주어 보았다. 그러나 젖소의 건강은 개선되지 않았다.

실험 II) 건강한 젖소의 간과 건강하지 못한 젖소의 간에 존재하는 미량 원소를 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

미량 원소	화학 기호	미량 원소의 함량		
		건강한 젖소	건강하지 못한 젖소	
크 구	몰리 철	Cr	2.00	1.10
		Cu	70.00	16.00
		Fe	180.00	44.00
		Pb	0.05	0.05
망 수	간 온	Mn	40.00	12.00
		Hg	0.01	0.01
		Mo	3.50	24.00
		Ni	4.00	1.30
리 브 니 아	덴 켈 연	Zn	4.00	3.00

실험Ⅲ) 두 목장에서 각각 채취한 토양속의 미량 원소 함량을 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

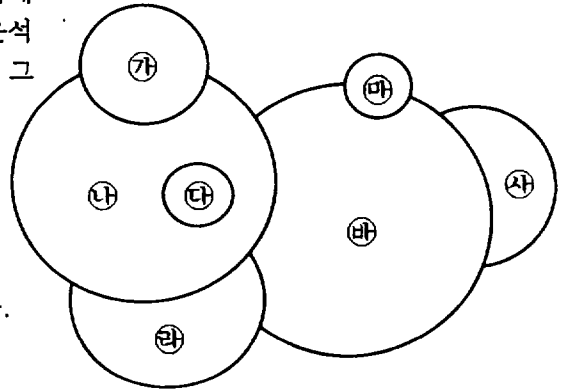
목 장	Cr	Cu	Fe	Pb	Mn	Hg	Mo	Ni	Zn
목장(A)	1	32	170	4	140	-	4	1	16
목장(B)	2	40	280	30	180	0.5	34	3	60

(단위:ppm)

실험 I의 가설은 무엇인가?

- ① B목장 젖소의 질병은 구리 원소의 결핍때문일 것이다.
- ② B목장의 사료에는 구리 원소가 결핍되어 있을 것이다.
- ③ 젖소 사료에 구리 원소가 부족하면 우유의 생산량은 감소할 것이다.
- ④ 건강한 젖소는 구리 원소가 필요 없을 것이다.
- ⑤ B목장의 사료는 젖소 건강에 나쁠 것이다.

6. 달 표면에는 둥근 모양의 크고 작은 여러개의 운석 구멍이 있다. 오른쪽 그림은 운석 구멍이로 보이는 것들을 그린 것이다. 이 그림을 설명한 것 중 가장 타당한 것은?



- ① 구멍이 만들어진 시기는 모두 같다.
- ② 라)의 구멍이 제일 먼저 만들어 졌다.
- ③ 사)의 구멍이 제일 먼저 만들어 졌다.
- ④ 가)의 구멍이 제일 나중에 만들어 졌다.
- ⑤ 마)는 가)보다 먼저 만들어 졌다.

7. 다음을 읽고 물음에 답하여라.

경희는 시중에서 파는 5종류의 표백제 중에서 어느것을 사서 쓰는 것이 가장 경제적인가를 결정하기 위하여 각 표백제에 의해서 표백되는 잉크의 양을 구하는 실험을 하였다. 다음은 이 실험의 과정을 순서없이 적어 놓은 것이다.

〈표백제에 의해서 표백되는 잉크의 양〉

- 가. 표백제 10mL 에 90mL의 물을 넣어 그 농도를 묽힌다.
- 나. 묽힌 표백제 5mL를 25mL 메스실린더 A에 넣는다.
- 다. 스포이드를 이용하여 묽힌 표백제가 들어있는 메스실린더 A에 잉크를 한방울씩 떨어뜨리며 흔들어준다.
- 라. 25mL 메스실린더 B에 20mL의 잉크를 정확히 넣는다.
- 마. 메스실린더 B에 남아있는 잉크의 양으로 부터 5mL의 표백제에 의해서 표백된 잉크의 양을 구한다.
- 바. 표백제에 넣은 잉크의 색깔이 사라지지 않으면 더이상 잉크를 떨어뜨리지 않는다.
- 사. 이 실험을 3회 반복하여 그 평균값을 구한다.

부록 II

1) 정답한 학생들의 유형별 응답에

유형	응답예
(1)	1. 약A를 주사한 실험쥐와 식염수만 주사한 실험쥐를 비교 함으로써 A에 의한 효과인지, 식염수에 의한 효과인지 알 수 있고, 아무것도 주사 하지 않은 것과 비교해서 약의 효과를 알 수 있다. 2. 물이 빠지는데 걸리는 시간을 측정하는 것이므로 각각의 토양입자의 크기에 따라 붓는 물의 양을 체계적으로 변화시켜야 한다. 3. ②에서는 약A만의 효과를 알 수 있고, ③에서는 식염수와 같이 작용 했을 때의 효과를 알 수 있고, ⑤에서는 생리적 식염수의 작용을 알 수 있다. 4. B목장 젖소의 증상이 구리원소가 결핍되었을때와 비슷한 증상을 보였기 때문. 5. 표백제의 종류에 따라 표백되는 양이 다를것이라는 가설을 세울 수 있다.
(3)	1. 대조구는 서로 다른 것을 비교하는 것이기 때문에 약 A의 효과를 알 수 있도록 III, IV와 비교해야 한다. 2. 생리적 식염수와 아무것도 주사하지 않은 것과는 대조된다.
(4)	1. 널판지가 길수록 도는 원의 크기가 커지므로 시간이 많이 걸릴 것이다. 2. 길이가 길면 빠르고 짧으면 느리다고 생각한다. 3. 널판지가 길수록 긴 만큼의 운동을 더할것 같다. 4. 길이가 길수록 공기의 마찰이 많이 가해지므로. 5. 습기에 양성이었다면 빛에도 양성이므로 습한쪽으로 물렸을 것이다. 그러나 물리지 않고 고르게 분포된 것으로 보아 습기에는 음성임을 알 수 있다.
(5)	1. 그래프에서 물의 양과 입자의 크기가 다르게 나타나 있기 때문에. 2. 문제에서 영희가 길이와 관계있다고 했으므로. 3. 붓는 물의 양을 적게 하거나 많이 해야 위 그래프가 나타나고, 토양 입자의 크기가 작거나 커야 위 그래프가 나오기 때문이다.
(6)	1. 길이가 길수록 주기는 느려지고 길이가 짧을수록 주기는 빨라진다. 2. 주기는 질량에 관계 없고 길이의 제곱근에 비례한다.

2) 오답한 학생들의 유형별 응답예

유형	응답예
(2)	1. 대조구를 통해 약품의 효과를 비교하는 것이므로 I, II가 대조구이다. 2. B와 C를 보면 습기 조건이 같고 빛을 달리 해줌으로써 확실한 비교를 할 수 있다. 3. 조건을 같게 한뒤, 다른 조건 한가지만 설정해야 한다.
(3)	1. A를 생리적 식염수에 녹여서 주사했을 때와 B를 생리적 식염수에 녹여서 주사했을 때의 차이가 이 실험에서 대조구로 사용되었다. 2. 대조구는 서로 상반되는 것이기 때문에 약A는 약B와 비교해서 그 효과를 알 수 있다. 3. 약A가 효과가 있다고 하니 I 과 관련된 II, III, IV로 비교해야 한다. 4. 구리 원소가 젖소의 건강에는 별로 필요가 없을 것이라는 가설을 세웠다.
(4)	1. 80%가 빛으로 가는 반면, 각각50%씩 반으로 갈라져 있으므로 2. 물이 빠져나가는 양보다 붓는 양이 많으면 시간의 차가 생기므로. 3. 습기에 반이 모이기는 했지만 빛의 양성 반응일 것이다. 4. 빛에 양성 반응을 일으키지만 습기때문인지도 모르므로. 5. 폭이 넓을수록 공기의 저항을 많이 받는다.
(7)	1. 질량이 많을수록 공기의 압력이 많아지므로. 2. 물이 빠져나가는데는 입자들의 무게와 관련이 있다. 3. 토양입자의 밀도가 클수록 물이 늦게 빠져나간다. 4. 토양입자의 밀도가 작을수록 물이 빨리 빠져나간다. 5. 무게가 무거우면 가속도가 많이 불기 때문이다.