

초등학교 학생들의 과학 선다형 문항 풀이 과정에서의 오류 분석

정미라 · 이기영[†] · 김찬종[‡]

(경기도 정평초등학교) · (한성과학고등학교)[†] · (서울대학교)[‡]

An Analysis of Elementary Student's Errors in Solving the Science Multiple Choice Items

Jeong, Mira · Lee, Ki-Young[†] · Kim, Chan-Jong[‡]

(Yongin Jeongpyung Elementary School) · (Hanseong Science High School)[†] · (Seoul National University)[‡]

ABSTRACT

Multiple choice items have been widely used. However the difficulties in understanding and solving the items have not been known well. The purpose of this study is to analyze the difficulties and errors in the process of solving multiple choice items. Twelve multiple choice items were developed based on the Unit 5 Separation of Mixtures in the 4th grade. Four items which students had hardly given the correct answer were selected and six students were chosen for interview. Interview results were analyzed with regard to the errors in the process of solving the multiple choice items. The findings of this study are as follows: 1) The students who misread and misunderstand the questions choose the incorrect answers. 2) Most of the students activate daily knowledge in the process of problem solving. 3) The students who have misconception with the daily knowledge or have no experiences choose incorrect answers, while students who activate both daily knowledge and school knowledge choose correct answer. 4) The students of high level commit errors mainly in the latter part of problem solving process, but the students of low level do from early.

Key words : multiple choice item, problem solving, knowledge, conception

I. 서 론

오늘날 과학 학습과 평가에서 커다란 패러다임의 변화를 경험하고 있다. 학습은 더 많은 사실들을 습득하는 선형적인 방식(linear fashion)이 아닌 구성적 과정(constructive process)을 통해 이루어지며(Putnam *et al.*, 1990), 새로운 지식이 기존의 구조에 단순히 더해지는 것이 아닌 통합되거나 재구조화된다는(Bennett, 1993) 구성주의적 학습관으로 변해가고 있으며, 이러한 학습관의 변화와 함께 지식 위주의 전통적인 객관주의식 평가는 일상생활이나 사회적 상황과 같이 과학 지식이 실제로 활용되는 상황을 강조하고 변답, 관찰, 포트폴리오(portfolios) 등의 방법을 사용하는 참평가(authentic assessment)로 대체되고 있다(김찬종 외, 1999). 그러나 객관주의식 평가의 대표

적인 유형이라고 할 수 있는 선다형 평가는 가장 보편적이면서 주된 평가 도구로 이용되고 있으며, 수행 평가와는 다른 능력을 효율적으로 평가할 수 있기 때문에 여전히 나름대로의 중요성을 가지고 있어서 학교 현장에서는 중요하게 활용하고 있다.

선다형 평가는 문항이 지니는 구조적 특성 때문에 문항의 모호성을 배제할 수 있으며, 주어진 시험 시간에 많은 문항으로 검사를 실시할 수 있으므로 넓은 영역의 학업 성취 수준을 파악할 수 있어 검사 도구의 내용타당도(content validity)를 증진시킬 수 있다는 장점이 있다. 일반적으로 과학 평가에서는 과학지식이나 탐구능력 및 태도의 일부 영역의 평가 방법으로 선다형 평가를 실시하고 있다. 이것은 선다형 평가의 특성상 학생들의 능력을 쉽고 신속하게 측정할 수 있고, 과학지식의 기억과 이해, 적용 능력

의 측정 및 학습 결과를 평가하기에 적합하기 때문이라고 볼 수 있다.

과학 평가에서 선다형 평가는 오랫동안 실시되어 왔으나 그동안의 많은 연구들은 문항 풀이 과정보다는 평가 결과에 중점을 두어왔다. 그러나 이러한 연구에서는 평가 결과의 정량적 해석에 의존할 수밖에 없기 때문에 학생들의 성취나 교수 학습 방법, 교육 과정의 효율성에 대한 올바른 기초 자료 수집과 출제 문항 타당도 향상을 위한 함의를 얻기가 어려웠다. 그러므로 이제는 선다형 문항 풀이 과정에 대한 정성적인 접근이 필요하리라 판단된다. 최근 Nagy와 Blumenfeld(2002)는 선다형 평가 문항 해결과정에 관한 연구를 통하여 사후평가로 실시되는 선다형 중심 지필평가가 7학년 학생들이 무엇을 알고 있는 지 그리고 학업성취에 기여하는 요인이 무엇인가를 측정하는 적절한 도구인가를 알아보려고 하였는데, 이 연구에서는 정성적인 연구 방법인 면담을 이용하였다. 초등과학 영재들의 문제해결과정을 서답형 문항에 대한 응답을 이용하여 과학 관련 일상문제의 해결과정을 분석한 김찬중(1998)의 연구에서는 과학 우수학생들이 과학 관련 일상 문제 해결에 주로 활용하는 과학 개념과 문제해결 전략, 문제 해결과정의 주요 과정에 대한 분석과 문제해결의 성공자와 실패자의 차이를 비교하였다. 그러나 이러한 문제 해결 연구들은 주로 문제 해결 전략의 이해에 치우쳐 있으며(Bhaskar & Simon, 1977; Mayer, 1992), 다양한 학업 능력을 가진 학생들을 대상으로 하지도 못하였다. 또한 교과 관련 지식과 개념의 기능과 역할까지 포괄하는 연구(노태희 외, 1996; 이항로, 1998)는 많지 않으며, 그것 또한 대부분의 연구가 대학생을 대상으로 한 것들이었다(권재술과 이성왕, 1988; 홍미영과 박운배, 1994, 1995; 박학규와 이용현, 1993).

이에 본 연구에서는 초등학교 학생들이 과학 선다형 평가 문항 풀이 과정에서 겪는 오류의 유형을 분석하고, 이를 통해 선다형 평가 문항에 대한 학생들의 이해 정도를 파악하고 문항 풀이 과정에 영향을 주는 요인들을 분석하고자 하였다.

본 연구에서는 다음과 같은 두 가지 연구 문제를 설정하였다.

1. 학생들이 선다형 문항 풀이 과정에서 겪는 오류는 무엇인가?
2. 학업성취도별로 선다형 문항의 풀이 과정은 어떻게 다른가?

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 선다형 평가를 실시한 경기도 용인시에 소재한 J초등학교 4학년 1개 반 41명 중 면담 대상으로 선정된 6명의 학생을 대상으로 하였다. 평가 단원은 4학년 1학기 과학 교과서의 '혼합물의 분리' 단원을 선정하였다. 이 단원은 실험을 위주로 수업을 하기에 용이하며 제시된 실험의 내용이 학생들의 인지 수준을 평가 하도록 구성되어 있다. 따라서 교과서에 제시된 실험을 4인 1개 모둠으로 나누어 실시하는 과정은 실험 평가 자료로 기록하고, 실험과 관련지어 일상생활에서 적용하기 용이한 실험을 선다형 평가로 구성하였다.

2. 연구 절차

연구기간은 2001년 7월부터 2002년 11월까지이며, 먼저 교과서 분석을 통해 단원을 선정한 후, 선다형 평가지를 개발하여 투입하고, 그 결과 오답률이 높은 학생을 면담 대상으로 선정하여 이들의 면담 자료를 분석하였다.

가. 선다형 문항 개발 및 투입

혼합물의 분리 방법을 평가의 주요 목표로 정하고, 선다형 평가는 지식과 이해, 실생활, 탐구 영역으로 분류하고 문항의 수를 지식 2문항, 이해 6문항, 실생활 5문항, 탐구 1문항으로 나누어 총 12개 문항을 개발하였다. 과학적 실험에 대한 이해 영역에 많은 비중을 두어 실시한 이유는 이해와 실생활 영역의 문제를 해결하는 과정에서 겪는 오류 유형을 살펴보기 위해서이다.

개발된 선다형 평가지는 학급 전체 인원의 학습능력을 살펴보기 위해 포트폴리오 수업과 실험 실습 위주의 탐구 활동을 적용한 수업을 한 10여일 후 단원평가 시기에 맞추어 40분간 투입하였다. 투입 시기를 10여일 후로 결정한 것은 학습이 끝난 후 어느 정도의 시간이 경과되어야 학습 내용에 대한 기억을 통한 이해 및 적용의 기회가 있을 것으로 판단하였기 때문이다. 본 평가지의 투입에 앞서 선다형 평가에 대한 학습자들의 심적인 부담감을 줄이기 위해 기존의 1~4단원의 수업이 끝난 뒤에도 단원평가의 형식으로 간단하게 선다형 평가를 실시하였으며, 학습에 대한 이해를 높이기 위해 제 7차 교육과정의

표 1. 선다형 평가 결과 및 면담 대상자 선정

번호	문항	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	면담 대상자
	지식	이해	이해	실생활	지식	실생활	이해	이해	실생활	이해	탐구	실생활		
1		○	×	○	○	○	×	×	×	○	○	○	○	
2(e)		○	×	○	×	○	○	○	×	×	×	○	○	하위(남)
3		×	○	×	×	○	○	×	○	○	○	○	○	
4		○	×	×	○	○	○	×	○	○	○	○	○	
5		○	○	○	×	○	○	×	×	○	○	○	×	
6		○	○	○	○	○	○	×	○	×	○	○	×	
7		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
8		○	○	○	×	○	○	○	×	×	○	○	○	
9		○	×	○	○	○	○	○	×	○	○	○	○	
10		○	×	○	×	○	○	○	×	○	○	○	○	
11		○	○	○	○	○	○	×	○	○	○	○	○	
12		○	○	○	×	○	×	×	○	○	○	○	○	
13		○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	○	○	
14		○	○	×	×	○	○	×	○	○	○	○	○	
15		○	×	×	○	○	○	×	×	○	○	○	○	
16		○	○	○	○	○	○	○	×	○	○	○	○	
17(c)		○	×	○	×	○	○	○	×	×	×	○	×	하위(남)
18		○	○	○	×	○	×	×	×	○	×	○	○	
19		○	○	○	×	○	○	×	○	×	○	○	×	
20		○	×	○	○	○	○	○	×	×	○	○	○	
21(a)		○	×	○	×	○	×	×	×	○	○	○	○	상위(남)
22		×	○	○	×	○	○	○	×	○	×	○	○	
23		○	○	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	
24		○	○	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	
25(f)		○	×	×	○	○	○	×	○	×	×	×	×	중위(여)
26		○	×	○	○	○	×	×	○	○	○	×	○	
27		○	×	○	○	○	○	○	×	×	○	○	○	
28		○	×	○	○	○	○	○	×	○	○	○	○	
29		○	○	○	○	○	○	×	○	×	○	○	○	
30		○	○	×	×	○	○	×	○	×	○	○	○	
31		○	×	○	○	○	○	×	○	○	○	○	○	
32		○	○	○	×	○	×	×	○	○	○	○	○	
33(d)		○	○	×	×	○	×	○	×	○	×	○	○	중위(여)
34		○	○	○	×	×	×	○	○	○	○	×	○	
35		○	×	×	○	○	○	○	×	○	○	○	×	
36		○	○	×	×	○	×	○	○	○	○	○	○	
37		○	○	○	○	○	○	○	×	○	○	○	○	
38		○	○	○	×	○	○	×	○	○	×	×	○	
39(b)		○	×	○	○	○	×	×	○	×	○	○	○	상위(여)
40		○	○	×	×	○	○	×	○	○	○	○	○	
41		○	×	○	○	○	○	×	○	○	○	○	○	
정답수(률)		39(95)	24(59)	30(73)	20(49)	40(98)	31(76)	19(46)	23(56)	30(73)	33(80)	37(90)	34(83)	
오답수(률)		2(5)	17(41)	11(27)	21(51)	1(2)	10(24)	22(54)	18(44)	11(27)	8(20)	4(10)	7(17)	
대상문항			★		★			★	★					

교과서에 제시된 예시적인 실험의 내용도 전반적으로 고루 실험을 하였다.

나. 선다형 평가 결과 및 면담자 선정

선다형 평가 결과 지식 영역 문항인 1번과 5번 문항은 정답률이 96.5%로 매우 높았고, 이해 영역 문항인 2번, 3번, 7번, 8번, 10번 문항은 평균 정답률이 58.5%로 지식 영역의 문항에 비해 상대적으로 낮은 정답률을 보였다. 실생활 영역 문항인 4번, 6번, 9번, 12번은 평균 정답률은 70.25%로 나타났으나, 4번 문항이 유난히도 정답률이 낮게 나타났으며, 탐구영역은 90%로 나타났다. 정답률 분석을 통해 정답률이 가장 낮은 4개의 문항인 이해 영역의 2번, 7번, 8번과 실생활 영역의 4번 문항을 오답자의 문항 풀이 과정 분석을 위한 면담 대상 문항으로 선정하였다. 면담 대상자는 표집된 4개 문항의 오답 횟수가 가장 많은 학생들 중에서 3월부터 실시한 주요 과목의 단원평가 결과에 의한 학업성취도를 기준으로 학업 성적이 상, 중, 하위 그룹에 속하는 학생 각 2명씩 총 6명을 선정하였다.

다. 면담 수행 과정

면담을 위하여 문항별 면담지를 작성하였다. 우선 면담시 꼭 알아야 할 내용을 체계화하였으며, 이에 따라 문항별로 면담지를 작성하였다. 면담자는 학생들의 신체적, 심리적 상태를 가장 잘 알고 있는 연구자가 실시하였으며, 최대한 학생에 대해 많은 이해와 편안하고 심적 부담감이 없도록 하기 위하여 월 1회의 면담시간을 두어 5회에 걸친 면담 경험을 가졌다. 선정된 학생들의 심적인 부담감을 줄이기 위하여 3월부터 연구 대상 학급을 운영하면서 개인별 상담을 지속적으로 추진해 왔고 수업이 일찍 마치는 날의 오후 시간에는 개인별로 교사와 이야기를 자주 나누었으며, 3분 발표 등을 이용하여 자신의 생각을 표현하는 것을 두려워하거나 어색해 하지 않는 분위기로 유도해 왔다.

선다형 평가가 끝난 다음 날, 방과 후 시간을 이용하여 선정된 6명의 학생들을 대상으로 문항 풀이 과정을 알아보기 위해 면담을 실시하였다. 면담 장소는 학생과 면담자 단 둘만이 있는 공간인 상담실을 이용하여 학생 한 명당 약 20분씩 면담하였으며, 모든 면담 내용은 녹음 테이프에 녹음하였다. 면담 절차와 내용 그리고 지침은 표 2와 같다.

표 2. 면담 절차와 내용 및 지침

면담 절차	면담 내용	지침
· 문제 읽기	- 문제를 읽어 보세요	편안한 분위기 조성
· 문제 설명	- 문제를 설명해 보세요	문제이해의 정도 파악
· 문제 인식	- 문제를 어떻게 해결하면 될까요? - 수업 시간에 배운 적이 있나요? - 언제 배운 내용인가요?	
· 문제풀이	- 생활 주변에서 비슷한 경험을 한 적이 있나요?	문제 풀이 과정 파악
· 관련학습찾기	- 왜 그렇게 생각했나요? - 답은 무엇이라고 생각하나요?	
· 적용		

라. 문항 풀이 과정 분석 절차

면담 대상으로 선정된 학생들이 문제를 해결하는

표 3. 문항 풀이 과정에서의 오류 분석표

단계	세부 항목	오류 유형	코드	
문제읽기		오류 없음	R1	
	오류 있음	오류의 유형1	UR1	
		오류의 유형2	UR2	
문제이해		오류의 유형3	UR3	
		오류 없음	T1	
문제설명		오류의 유형1	UT1	
	오류 있음	오류의 유형2	UT2	
		오류의 유형3	UT3	
일상지식		지식 활용 유형1	DK1	
		지식 활용 유형2	DK2	
		지식 활용 유형3	DK3	
학교지식		지식 활용 유형1	SK1	
		지식 활용 유형2	SK2	
		지식 활용 유형3	SK3	
활용지식		오개념 유형1	MC1	
	오개념	오개념 유형2	MC2	
		오개념 유형3	MC3	
일상경험이나 개념부족		무경험	LE1	
		무개념	LC1	
답		정답 선택	A	
	필기답	오답 유형1	WA1	
		오답 선택	오답 유형2	WA2
			오답 유형3	WA3
		정답 선택	A'	
	면담답	오답 유형1	WA'1	
오답 선택		오답 유형2	WA'2	
		오답 유형3	WA'3	

과정에서 겪게 되는 오류의 유형을 분석해 보기 위해 표 3과 같이 문항 풀이 과정에서의 오류 분석표를 만들어 면담을 통해 학생들의 문항 풀이 과정을 여기에 적용하였다. 문항 풀이 과정은 Mayer(1992)의 문제 해결 과정을 변형하여 만들었으며, 연구 과정에서 필요한 부분만을 선택하여 단계별로 세부 항목을 만들어 문항 풀이 과정을 보다 쉽게 알아볼 수 있도록 작성하였다. 이 분석표에서는 문항 풀이 단계를 크게 문제이해(problem representation), 활용지식(activated knowledge), 답(answer)의 3단계로 구분하였다.

문제 이해는 독해력을 중심으로 한 문제 읽기(reading)와 문제에 대한 이해 정도를 파악하기 위한 언어적 지식의 번역인 문제 설명(translation)으로 나누었다. 활용지식은 문항 풀이과정에서 활용하는 지식의 범주를 찾아보기 위해 일상지식(daily knowledge), 학교지식(school knowledge), 오개념(misconception), 개념부족(partial conception)이나, 무경험(no experience)의 4가지 항목으로 나누었다. 일상 지식은 일상 생활을 통하여 습득한 지식을 의미하고, 학교 지식은 학교에서 학습을 통해서 얻은 지식을 말한다. 오개념은 학습과정에서의 잘못 받아들여진 개념을 뜻하고, 개념 부족은 문제를 해결하기 위해 활용한 개념이 다소 부족하거나, 없는 상태를 의미하며, 무경험은

경험을 하지 않았거나, 경험했던 상황을 떠올리지 못하는 상태를 의미한다. 답은 필기답(answer in test paper)과 면담답(answer in an interview)의 두 가지 형태를 정답의 경우와 오답의 경우로 구분하였다.

문항 풀이 과정이 완성된 후에는 각 단계별로 가능한 모든 경우를 부호화(coding) 하였으며, 작성된 코드에 따라 학생들의 응답을 분류하였다(부록 참조).

III. 연구 결과

1. 문항 풀이 과정에서의 오류 분석

정답률이 낮았던 문항 4개 문항의 풀이 과정을 부호화하여 피면담자 6명의 문항 풀이 과정을 분석하였다.

그림 1은 2번 문항 풀이 과정 경로를 학생별로 나타낸 것이다. 그림에서 알파벳의 대문자는 코딩 기준에서 사용한 문항 풀이 단계별 부호이며, 소문자는 6명의 학생을 기호로 나타낸 것이다. 그리고 각각의 선들은 면담을 통하여 분석된 학생들의 문항 풀이 과정을 순서대로 연결한 것이다.

2번 문항 풀이 과정의 경로를 살펴보면, 문제 이해에서는 읽기 오류보다는 설명 오류가 많았으며 이 단계에서의 오류는 모두 오답으로 이어졌음을 알 수

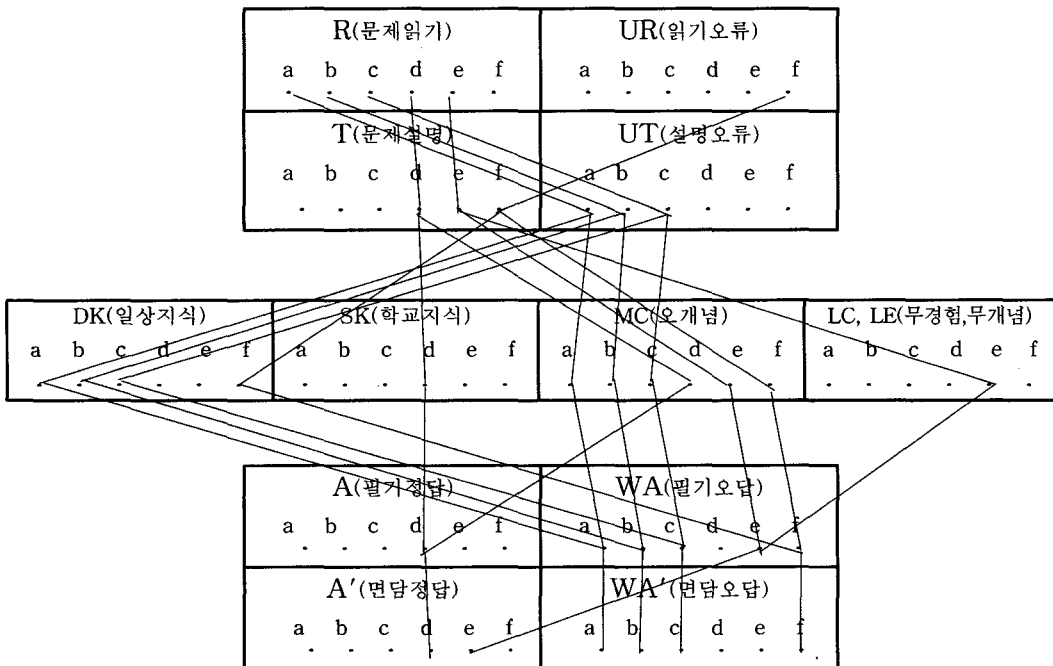


그림 1. 2번 문항의 학생별 풀이 과정 경로

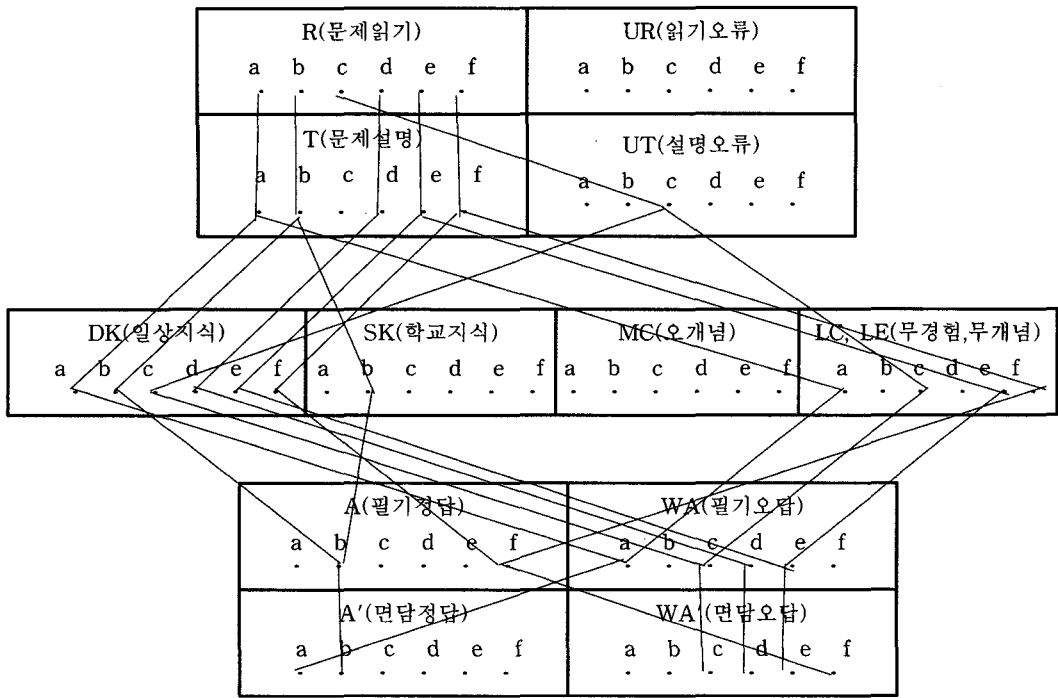


그림 2. 4번 문항의 학생별 풀이 과정 경로

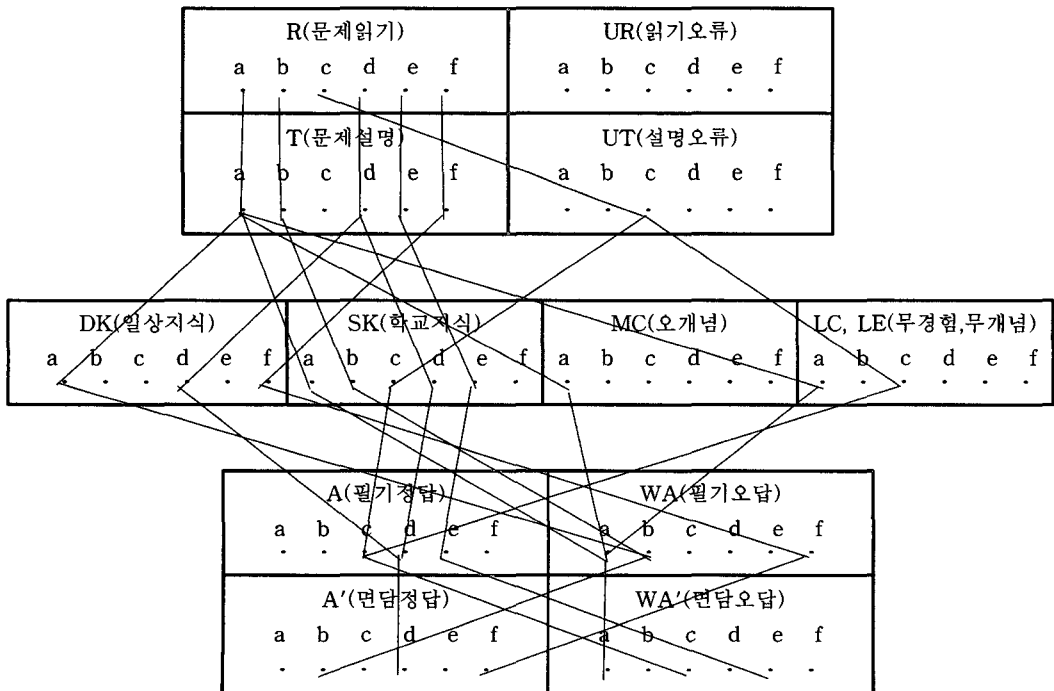


그림 3. 7번 문항의 학생별 풀이 과정 경로

있다. 활용지식에서는 학교 지식보다는 일상 지식을 사용한 학생이 많았으며, 학교지식을 활용한 학생은 정답을 하나, 일상지식을 활용하는 학생들은 모두 오답을 한 것으로 나타났다. 또한 오개념과 경험 및 개념 부족은 오답의 원인이 되는 것으로 나타났다. 경험 및 개념 부족으로 오답을 한 학생 e의 경우는 면담 과정에서 답을 다시 반복하였다.

그림 2는 4번 문항 풀이 과정 경로를 학생별로 나타낸 것이다.

4번 문항 풀이 과정의 경로를 살펴보면 문제 이해 단계에서는 오류는 거의 없었으나, 지식의 활용 단계에서의 오류로 인해 많은 학생들이 오답을 하는 것으로 나타났다. 2번 문항에서와 마찬가지로 문제 이해 단계에서의 오류는 오답으로 이어졌다. 학교지식보다는 일상지식을 활용한 경우가 오답이 많았으며, 일상 지식과 학교지식을 같이 활용하는 경우는 정답을 하는 것으로 나타났다. 또 일상 지식을 활용하여 오답을 한 경우는 경험과 개념이 부족한 경우였으며, 일상지식을 활용하여 하여 정답을 하였다라도 경험과 개념이 부족한 학생은 면담 과정에서 다시 오답을 한 것으로 나타났다. 4번 문항의 경우는 실생활과 관련된 문항이어서인지 거름 장치에 대한 일상지식과 실생활의 예에 대한 경험 부족이 오답의 원인인 것

으로 나타났다.

그림 3은 7번 문항 풀이 과정 경로를 학생별로 나타낸 것이다.

7번 문항 풀이 과정을 살펴보면 4번 문항의 경우와 마찬가지로 문제 이해 단계에서는 오류는 거의 없었으나, 지식의 활용 단계에서의 오류로 인해 학생들이 오답을 하는 것으로 나타났다. 문제 이해 단계에서 오류를 하였지만 학교지식을 활용한 경우는 정답을 한 것으로 나타났다. 학교지식을 활용한 경우는 많은 경우 정답을 하였으나, 오개념이 있는 경우는 오답을 택하였다. 일상지식을 활용하여 오답을 한 것은 오개념이나 경험 및 개념 부족인 경우였으며, 일상 지식과 학교지식을 같이 활용하는 경우는 정답을 하는 것으로 나타났다. 4명의 학생이 면담 과정에서 답을 반복하였다.

그림 4는 8번 문항 풀이 과정 경로를 학생별로 나타낸 것이다.

8번 문항 풀이 과정에서는 2명의 학생이 문제 이해 단계에서 오류를 나타내었다. 문제 이해 단계에서의 오류는 바로 오답으로 이어졌다. 학교지식만을 활용하거나 일상지식과 학교지식을 같이 활용한 경우는 정답을 선택하였고, 일상지식을 활용하였으나 오개념이 있는 경우는 오답을 선택하였다.

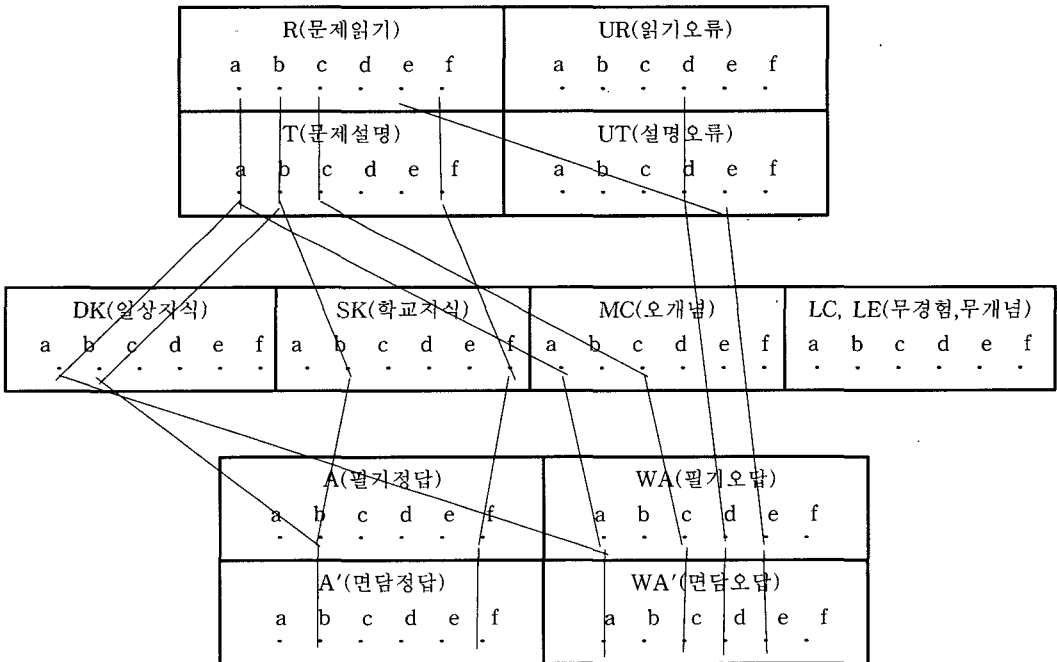


그림 4. 8번 문항의 학생별 풀이 과정 경로

4개 문항 풀이 과정을 단계별로 분석하면 표 4와 같다.

표 4. 4개 문항 풀이 과정의 단계별 분석

단계	문항	선택 빈도(횟수)				계
		2(이해)	4(실생활)	7(이해)	8(이해)	
문제 이해	R	5	6	6	5	22
	UR	1	0	0	1	2
	T	3	5	5	4	17
	UT	3	1	1	2	7
지식 활용	DK	4	6	3	2	15
	SK	1	1	5	2	9
	MC	6	0	1	2	9
	LC, LE	1	4	2	0	7
답	A	1	2	3	2	8
	WA	5	4	3	4	16
	A'	2	2	3	2	9
	WA'	4	4	3	4	15

문항 풀이의 처음 단계인 문제를 이해하는 과정에서 나타나는 오류는 문제를 잘못 읽거나 문제를 제대로 설명하지 못하는 것으로, 6명 학생의 4개 문항 풀이 과정에서는 읽기 오류 2회와 설명 오류 7회가 발생하였다. 문제 이해 단계에서 오류를 범한 학생들은 거의 오답을 선택하는 것으로 나타났다. 중간 단계인 지식의 활용 단계에서는 학생들이 학교지식(9회) 보다는 일상 지식(15회)을 더 많이 활용하는 것으로 나타났으며, 오개념(9회)과 경험 및 개념 부족(7회)도 많이 나타났다. 문항 풀이 과정에서 일상지식과 더불어 오개념을 가지고 있거나 학습 상황을 직접적으로

경험해보지 않은 학생은 주로 오답을 선택하였고, 일상지식과 더불어 학교 지식을 적용한 경우의 학생은 정답을 선택한 것으로 분석되었다.

문항의 영역별 오류를 살펴보면 이해 영역의 문항 풀이에서는 오개념이 영향을 크게 주는 경우와 그렇지 않은 경우가 구분된다. 이는 문항의 내용이나 상황에 따라 오개념이 큰 영향을 미친다는 것을 알 수 있다. 실생활 영역의 문항 풀이에서는 실생활의 예에 대한 경험 부족으로 인해 오답을 선택하는 것으로 분석되었다.

2. 학업 성취도에 따른 문항 풀이 과정의 특징 분석

학업 성취도별로 학생들이 어떤 특징과 차이를 나타내는지 알아보기 위하여 상, 중, 하 각 2명씩을 대상으로 문항 풀이 과정을 분석하였다.

표 5는 6명 학생의 문항 풀이 과정을 분석한 것이다.

학업 성취도별로 문항 풀이 과정을 분석한 결과, 문제 이해 단계에서의 읽기 오류는 차이가 없었으나 성취도가 '하'인 학생들이 문제 설명에서 오류를 더 많이 범하는 것으로 나타났다. 지식의 활용 단계에서 성취도에 따른 차이는 거의 나타나지 않았다. 또 일상 지식과 학교 지식의 활용에서도 학업 성취도에 따른 뚜렷한 특징이나 차이점이 발견할 수 없었다. 그러나 면담 과정을 통한 오답 문항 수 변화에 있어서는 학업 성취도별로 뚜렷한 차이를 나타내었다. 성취도가 '상'인 학생들은 면담 전 6개이던 오답 문항

표 5. 학업 성취도별 문항 풀이 과정의 단계별 분석

단계	성취도	문항 수(개)									총계
		상			중			하			
		학생 a	학생 b	소계	학생 d	학생 f	소계	학생 c	학생 e	소계	
문제 이해	R	4	4	8	3	3	6	4	4	8	22
	UR	0	0	0	1	1	2	0	0	0	2
	T	3	3	6	3	4	7	1	3	4	17
	UT	1	1	2	1	0	1	3	1	4	7
지식 활용	DK	3	4	7	2	3	5	2	1	3	15
	SK	1	3	4	2	2	4	1	1	2	9
	MC	3	1	4	1	1	2	2	1	3	9
	LC, LE	2	0	2	0	1	1	2	2	4	7
· 답	A	0	2	2	2	2	4	1	1	2	8
	WA	4	2	6	2	2	4	3	3	6	16
	A'	1	3	4	2	2	4	0	1	1	9
	WA'	3	1	4	2	2	4	4	3	7	15

수가 면담 후에 4개로 줄어든 반면, 성취도가 ‘중’인 학생들은 면담 전후에 변화를 보이지 않았고 ‘하’인 학생들은 오히려 면담 후에 오답 문항 수가 6개에서 7개로 늘어난 것을 알 수 있었다.

V. 결론 및 제언

본 연구에서는 초등학교 학생들이 과학 선다형 문항 풀이 과정에서 겪는 오류를 분석하고, 학업 성취도별로 어떤 차이가 있는지 밝혀내고자 하였다. 이를 위하여 4학년 학생들을 대상으로 과학 선다형 문항 평가를 실시한 후, 학업 성취도에 차이가 나는 6명의 학생을 선정하여 면담을 통해 정답률이 낮은 4개 문항의 풀이과정에서 나타나는 오류를 분석하였다.

선다형 문항의 풀이 과정을 분석한 결과는 다음과 같다.

문항 풀이의 처음 단계인 문제를 이해하는 과정에서는 6명 학생이 4개 문항 풀이 과정에서 2회의 읽기 오류와 7회의 설명 오류를 나타내었으며, 문제 이해 단계에서 오류를 범한 학생들은 거의 오답을 선택하는 것으로 나타났다. 중간 단계인 지식의 활용 단계에서는 학생들이 학교지식보다는 일상 지식을 더 많이 활용하는 것으로 나타났으며, 오개념과 경험 및 개념 부족도 많이 나타났다. 문항 풀이 과정에서 일상지식과 더불어 오개념을 가지고 있거나 학습 상황을 직접적으로 경험해보지 않은 학생은 주로 오답을 선택하였고, 일상지식과 더불어 학교 지식을 적용한 경우의 학생은 정답을 선택한 것으로 분석되었다. 실생활 영역의 문항 풀이에서는 실생활의 예에 대한 경험 부족으로 인해 오답을 선택하는 것으로 분석되었다. 이를 통해 문항 풀이 과정에서 문제 이해가 매우 중요한 역할을 하며, 학생들은 주로 일상 지식에 의존하여 문항을 풀이한다는 것을 알 수 있었다. 또한 학생들이 가지고 있는 일상 지식에 오개념이 많고 실생활 경험이 부족하므로 일상 지식과 학교 지식을 연관시키는 교수가 필요함을 알 수 있었다.

학업 성취도별 문항 풀이 과정의 특징을 분석해본 결과, 전반적으로 성취도별 뚜렷한 특징이나 차이를 발견할 수 없었다. 문제 이해 단계에서는 성취도가 ‘하’인 학생들이 문제 설명에서 오류를 더 많이 범하는 것으로 나타났으며, 지식의 활용 단계에서는 학업 성취도에 따른 지식 활용의 특징이나 차이에서 일관적인 경향은 나타나지 않았으며, 일상 지식과 학교

지식의 활용에서도 학업 성취도에 따른 뚜렷한 특징이나 차이점이 발견할 수 없었다. 그러나 면담 과정을 통한 오답 문항 수 변화에 있어서는 학업 성취도별로 뚜렷한 차이를 나타내었다.

본 연구는 학생들의 문항 풀이 과정과 그 과정에서 흔히 범하는 오류에 관한 정보를 제공해줌으로써 우수한 문항을 개발하기 위한 지침과 교수-학습방법에 대한 반성과 개선방안을 모색하는데도 도움을 줄 수 있을 것이다. 그러나 초등학교의 4학년 1개 반의 6명을 대상으로 한 결과이므로 이 연구 결과를 일반화하기 위해서는 더 많은 문항과 학생들을 대상으로 한 연구가 필요할 것으로 본다.

오답자만이 아닌 정답자들의 문항 풀이 과정을 비교 분석하는 후속 연구가 이어진다면 본 연구가 좀 더 의미를 가질 수 있을 것이다.

참고문헌

- 권재술, 이성왕(1988). 물리문제해결 실패자(초심자)와 성공자(전문가)의 문제해결사고과정에 관한 연구. 한국과학교육학회지, 8(1), 43-55.
- 김찬중(1998). 초등과학 우수 학생의 일상적 맥락의 과학문제해결과정: 서답형 문항에 대한 응답분석. 한국초등과학교육학회지, 17(1), 75-87.
- 김찬중, 채동현, 임채성 (1999). 과학교육학 개론, 서울: 북스힐
- 김창식, 이화국, 권재술, 김영수, 김찬중(1991). 과학학습 평가. 서울: 교육과학사. 노태희, 전경문, 한인옥, 김창민 (1996). 학생의 인지발달 수준과 문제의 상황에 따른 화학 문제해결 행동비교. 한국과학교육학회지, 16(4), 389-400.
- 노태희, 전경문, 한인옥, 김창민(1996). 학생의 인지발달 수준과 문제의 상황에 따른 화학 문제해결 행동비교. 한국과학교육학회지, 16(4), 389-400.
- 박학규, 이용현(1993). 물리 문제 해결과정에서 중학생들의 사고과정의 특성분석. 한국과학교육학회지, 13(1), 31-47.
- 이항로(1998). 과학탐구능력과 개념이해도가 대학수학능력 시험 지구과학 문제해결에 미치는 영향. 한국교원대학교 대학원 박사학위 논문.
- 홍미영, 박윤배(1994). 대학생들의 기체의 성질에 대한 문제 해결과정의 분석. 한국과학교육학회지, 14(2), 143-158.
- 홍미영, 박윤배(1995). 문제의 특성에 따른 대학생들의 화학문제해결 과정의 차이 분석. 한국과학교육학회지, 15(1), 80-91.
- Bennett, R. E. (1993). *On the meanings of constructed response*. In R. E. Bennett & W. C. Ward (Eds.), *Construction versus choice in cognitive measurement: Issues*

in constructed response, performance testing, and portfolio assessment (pp. 1-28). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Bhaskar, R. & Simon, H. A. (1977). Problem solving in semantically rich domains: An example from engineering thermodynamics. *Cognitive Science*, 1, 192-215.

Mayer, R. E. (1992). *Thinking, problem solving, cognition* (2nd ed.). New York; W. H. Freeman and company.

Nagy, K. M. & Blumenfeld, B. H. P. (2002). Assessing stu-

dent learning in an urban science class: Can test measure what students truly know? Paper presented at 2002 Annual Meeting, April 9 in New Orleans, LA.

Putnam, R. T., Lampert, M. & Peterson, P. (1990). *Alternative perspectives of knowing mathematics in elementary school*. In C. B. Cazden (Ed.), *Review of research in education* (pp. 57-150). Washington, DC: American Educational Research Association.

부록 1. 분석에 사용된 4개 문항

2. (이해) 다음은 미숫가루물을 깨끗한 물로 만드는 방법을 생각한 것이다. 옳은 방법은 어느 것인지 고르시오. ()

① 체로 친다.
 ② 증발접시에서 가열한다.
 ③ 거름종이를 이용하여 거른다.
 ④ 종이컵으로 미숫가루를 퍼낸다.

4. (실생활) 우리 생활에서 거름종이로 흙탕물을 분리할 때와 같은 원리를 이용하는 경우를 보기에서 모두 고른 것은? ()

----- < 보 기 > -----

㉠. 한약 찌기 ㉡. 공사에서 자갈과 모래 분리
 ㉢. 염전에서 소금 얻기 ㉣. 정수기

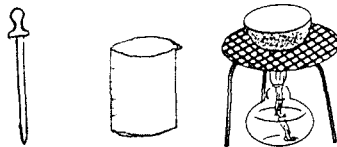
① ㉠, ㉡ ② ㉡, ㉢ ③ ㉠, ㉡, ㉣ ④ ㉡, ㉢, ㉣

7. (이해) 탄산수소나트륨과 흙의 혼합물을 분리하려고 한다. 어떤 성질을 이용하면 되는가? ()

① 알갱이의 크기가 다른 점 ② 색깔이 다른 점
 ③ 물에 녹고 녹지 않는 점 ④ 무게가 다른 점

8. (이해) 섞여 있는 물과 참기름을 분리하려고 한다. 이 때 필요한 기구(장치)와 방법을 올바르게 연결한 것은? ()

㉠ 스포이드 ㉡ 비커 ㉢ 증발장치



㉣ 거른다 ㉣ 빨아들인다 ㉣ 가열한다

① ㉠ - ㉣ ② ㉡ - ㉣ ③ ㉢ - ㉣ ④ ㉡ - ㉣

부록 2. 문항 풀이 과정에서의 오류 분석표

1. 2번 문항 풀이 과정에서의 오류 분석표

단계	하위 단계	세부 항목	코드부호	
문제 이해	문제읽기	- 오류 없음	R1	
		- 오류 있음	UR1	
	문제설명	- 오류 없음	T1	
		- 오류 있음	UT1	
활용지식	일상 지식	- 미숫가루는 물에 녹지 않는다	DK1	
		- 체는 물에 녹지 않는 물질을 걸러내는데 사용한다(참깨 등을 고르는 가정용 체)	DK2	
	학교 지식	- 물에 녹은 혼합물(소금물)은 증발장치를 사용하여 분리한다	SK1	
		- 물에 녹지 않는 혼합물(흙탕물)은 거름장치를 사용한다	SK2	
		- 모래나 자갈은 체를 이용하여 분리한다	SK3	
		- 한약이나 두부 등은 헝겊을 이용하여 분리한다	SK4	
	오개념	- 미숫가루는 물에 녹는다	MC1	
		- 물과 혼합된 혼합물은 항상 증발장치로 분리한다	MC2	
		- 체는 물에 녹지 않는 작은 물질을 분리할 때 사용한다	MC3	
	경험이나 개념부족	- 미숫가루가 무엇인지 모른다	LC1	
- 미숫가루를 먹어보지 못했다		LE1		
답	필기 답	- 정답 선택 - ③ 거름종이를 이용하여 거른다	A	
		- 오답 선택	- ① 체로 친다	WA1
			- ② 증발접시에서 가열한다	WA2
	- ④ 종이컵으로 미숫가루를 퍼낸다		WA3	
	면담 답	- 정답 선택 - ③ 거름종이를 이용하여 거른다	A'	
		- 오답 선택	- ① 체로 친다	WA'1
			- ② 증발접시에서 가열한다	WA'2
			- ④ 종이컵으로 미숫가루를 퍼낸다	WA'3

2. 4번 문항 풀이 과정에서의 오류 분석표

단계	하위 단계	세부 항목	코드부호	
문제 이해	문제 읽기	- 오류 없음	R1	
		- 오류 있음	UR1	
	문제 설명	- 오류 없음	T1	
		- 오류 있음	UT1	
활용지식	일상지식 활용	- 한약 찌기는 헝겊을 이용하여 물과 한약재로 분리한다	DK1	
		- 공사장에서 자갈과 모래를 체로 분리한다	DK2	
		- 정수기에서 나오는 물은 필터를 통하여 분리한다	DK3	
	학교지식 활용	- 물에 녹은 혼합물(소금물)은 증발장치를 사용하여 분리한다	SK1	
		- 염전에서 햇볕의 열에 의한 증발로 인해 소금을 얻는다	SK2	
		- 물에 녹지 않는 혼합물(흙탕물)은 거름장치를 사용한다	SK3	
		- 모래나 자갈은 체를 이용하여 분리한다	SK4	
		- 한약이나 두부 등은 헝겊을 이용하여 분리한다	SK5	
	오개념	- 한약찌기는 증발에 의한 것이다	MC1	
	경험이나 개념부족	- 염전의 원리를 알지 못한다	LC1	
- 정수기의 원리를 알지 못한다		LC2		
답	필기 답	- 정답 선택 - ③ ㉠, ㉡, ㉢	A	
		- 오답 선택	- ① ㉠, ㉡	WA1
			- ② ㉡, ㉢	WA2
	- ④ ㉡, ㉢, ㉣		WA3	
	면담 답	- 정답 선택 - ③ ㉠, ㉡, ㉢	A'	
		- 오답 선택	- ① ㉠, ㉡	WA'1
			- ② ㉡, ㉢	WA'2
			- ④ ㉡, ㉢, ㉣	WA'3

3. 7번 문항 풀이 과정에서의 오류 분석표

단계	하위 단계	세부 항목	코드부호
문제 이해	문제 읽기	- 오류 없음	R1
		- 오류 있음	UR1
	문제 설명	- 오류 없음	T1
		- 오류 있음	UT1
활용지식	일상지식	- 모래나 자갈은 체를 이용하여 분리한다	DK1
		- 식소다(탄산수소나트륨)은 물에 녹는다	DK2
		- 흙은 물에 녹지 않는다	DK3
	학교지식	- 흙과 혼합된 소금물은 흙을 가라앉힌 후, 거름장치에 부어 흙을 걸러내고, 걸러진 소금물을 증발장치로 분리한다	SK1
		- 물에 녹지 않는 혼합물(혼합물)은 거름장치를 사용한다	SK2
오개념	- 거름중이, 한약 찌는 형질은 물과 물에 녹는 성질을 가진 물질을 분리할 때 사용한다	SK3	
	- 알갱이의 크기 차이를 이용하여 분리하는 방법도 있다.	SK4	
	- 혼합물의 종류에 따라 분리방법이 다르다	SK5	
경험이나 개념부족	필기 답	- 두 물질을 구분하는 방법과 혼합물을 분리하는 방법은 같다	MC1
		- 탄산수소나트륨은 식초에만 녹는다	MC2
		- 탄산수소나트륨(식소다)를 모른다	LE1
		- 흙과 탄산수소나트륨의 성질을 모른다	LC1
		- 흙과 탄산수소나트륨은 색깔로 구분한다	LC2
		- 흙은 무겁고, 탄산수소나트륨은 가볍다	LC3
답	정답 선택	- ③ 물에 녹고 녹지 않는 점	A
		- 오답 선택	WA1
		- ① 알갱이의 크기가 다른 점	WA2
		- ② 색깔이 다른 점	WA3
		- ④ 무게가 다른 점	A'
면담 답	- 오답 선택	- ① 알갱이의 크기가 다른 점	WA'1
		- ② 색깔이 다른 점	WA'2
		- ④ 무게가 다른 점	WA'3

4. 8번 문항 풀이 과정에서의 오류 분석표

단계	하위 단계	오류의 유형	코드부호	
문제 이해	문제 읽기	- 오류 없음	R1	
		- 오류 있음	UR1	
	문제 설명	- 오류 없음	T1	
		- 오류 있음	UT1 UT2	
문제 해결	일상지식 활용	- 식용유는 물과 섞이지 않는다	DK1	
		- 물과 기름 같은 사이는 어울리지 못하고 견도는 것을 비유한 것이다	DK2	
		- 물위에 기름을 떨어뜨리면 기름이 뜬다	DK3	
	학교지식 활용	- 식용유와 물을 섞었을 때 두 층으로 나누어진다	SK1	
		- 바다 위에서 유조선이 기름을 유출할 경우 오일 펜스를 쳐서 기름을 걸러낸다	SK2	
		- 물과 식용유의 혼합물은 무게가 달라서 비커를 기울이면 위층의 식용유를 분리할 수 있다	SK3	
		- 섞이지 않는 액체의 혼합물은 스포이드를 이용하여 분리한다	SK4	
		- 실험기구와 사용법을 바르게 안다	SK5	
오개념	필기 답	- 기름과 물은 잘 섞인다	MC1	
		- 기름은 물에 녹는다	MC2	
		- 물과 섞인 기름은 증발장치로 분리한다	MC3	
경험이나 개념부족		- 물과 기름의 혼합물에 대해서 알지 못한다	LC1	
답	정답 선택	- ① ㉠ - ㉡	A	
		- ② ㉢ - ㉣	WA1	
		- ③ ㉤ - ㉥	WA2	
		- ④ ㉦ - ㉧	WA3	
		- ㉨	WA4	
	면담 답	- 오답 선택	- ① ㉠ - ㉡	A'
			- ② ㉢ - ㉣	WA'1
			- ③ ㉤ - ㉥	WA'2
			- ④ ㉦ - ㉧	WA'3
			- ㉨	WA'4