

고등학생의 현미경 관찰 활동에 대한 결과 보고 오류 유형 분석틀의 고안 및 오류 유형 분석

진현정 · 이일선 · 권용주*

한국교원대학교

Development of an Error-Type Analysis Frame and Analysis of High School Students' Error-Types in Observation Behavior Using Microscopes

Hyun-Jung Jin · Il-Sun Lee · Yong-Ju Kwon*

Korea National University of Education

Abstract: The purpose of this study is to develop the analysis frame of reporting observation results by high school students in biology experiments using microscopes and analyze their error types. For this study, five experiments were carried out by 12 high school students in B metropolitan city. Before these experiments, developed the analysis frame of reporting observation results. Tests for checking prior knowledge of students were done and results of each experiment were taken picture of. Using the developed framework, the real results and reported results submitted by students were analyzed. The result of this study shows how students report their observation results and they tend to have difficulty in doing observation activity itself. The ratio of factual reports is low because observation ways and recording ways have not been taught properly. Observation training is needed for observing real results objectively. The improvement in experiment environment is necessary for right observation, not observation for checking based on only results. In addition, the education of ethics in science research focusing on the integrity should be performed. The analysis data of reporting observation result by students can be used as basic data for teachers to plan observation strategies and to have right observation views and ways.

Key words: Biology observation, microscopic observation, reported result, real result, reported error, error-type analysis frame

I. 서 론

과학은 자연의 사물이나 현상을 관찰하고 실제 세계가 어떻게 작용하는가에 관해 이론을 통해 이해하고자 하는 능동적인 과정으로(Gilbert, 1991) 관찰에서 출발한다. 새로운 사실을 발견하거나 어떤 주장을 뒷받침하는 증거를 얻기 위해서는 자연 현상이나 실험에 대한 관찰 행위가 빠질 수 없으며, 과학적 관찰은 과학이론 형성의 기초가 된다. 관찰은 과학뿐 아니라 과학교육에서도 매우 중요한 요소이다(Chadwick & Barlow, 1994; Cott & Welford, 1987; Hanson, 1958; Hodson, 1986; Martin, 1972). 과학교육의 중요한 목표 중의 하나가 과학적 탐구 능력의 향상이며 관찰은 과학적 탐구 과정의 첫 단계로서 가장 근본

적인 요소이다. 관찰은 과학적 지식 생성에서 의문생성 · 가설생성 · 가설검증으로 이어지는 과학적 탐구의 출발점이다(권용주 등, 2003). 우리나라 교육과정에도 관찰은 기초 탐구과정으로 분류되어 있으며, 관련 지식과 오감을 사용하여 사물과 현상에 관한 필요한 정보와 자료를 얻는 탐구의 가장 기본적인 과정으로 명시되어 있다(교육인적자원부, 2001).

과학적 연구의 성공은 관찰의 정확함에 의해 결정되며, 잘 설계된 실험도 부정확하고 부적절하게 관찰한다면 쓸모없는 것이 된다(Brickhouse, 1994; Kitchener, 1999). 생물 실험에서의 관찰 또한 학생들이 생물학적 시각을 가지게 하고 과학적 탐구 능력의 향상을 도모하는데 매우 중요한 요소이다(변정호 등, 2009). 과학적 관찰의 의미 분석 및 학생들의 관

*교신저자: 권용주(kwonyj@knu.ac.kr)

**2011년 10월 07일 접수, 2011년 12월 20일 수정원고 접수, 2011년 12월 21채택

***이 논문은 한국교원대학교 2011년도 KNUe 학술연구비 지원을 받아 수행하였음.

찰 행동이나 관찰 유형에 관한 연구는 많지만 관찰 활동이 어떻게 구조화되는지에 대한 연구는 미비한 실정이다(권용주 등, 2005). 학교 현장의 교사들 또한 관찰의 중요성을 인식하고 있으나 실제 관찰 결과가 어떻게 보고되는지에 대한 정보나 자료가 부족하여 관찰 전략을 쉽게 수업에 적용하지 못하고 있다. 교사들이 실험에서 관찰 전략을 계획하고 적용하기 위해서는 학생들이 관찰 결과를 어떻게 보고하는지에 대한 구체적인 정보 파악이 필요하다.

학생들이 과학을 학습할 때 기본적인 조작 기술이 필요하며 생물 분야에서는 대표적인 실험 기술과 조작 기술로 현미경 사용법이 제시된다. 현미경을 이용한 생물 실험은 다른 영역에 비해 관찰이 대부분을 차지하는데, 실제 학교 현장에서 관찰 활동이 교사나 학생들이 의도하는 대로 잘 되지 않는 경우도 있고 실제 결과가 다양하게 나타나기도 한다. 그러나, 현미경을 이용한 생물 실험에서 부정확한 관찰 결과가 다양하게 나타난다. 이를 개선하여 교사들이 효과적인 관찰 전략을 계획하고 적용하기 위해서 학생들이 관찰 결과를 어떻게 보고하는지에 대한 구체적인 정보 파악이 필요하다(Su *et al.*, 2011).

이에 본 연구에서는 현미경을 이용한 고등학생들의 생물 실험에서 관찰 결과 보고의 오류 유형을 분석하기 위한 분석틀을 고안하고 적용해보고자 한다. 관찰이 중심이 되는 현미경을 이용한 생물 실험에서 학생들의 반응 유형을 분석하면 학교 실험 수업에서 관찰의 현주소 파악이 어느 정도 가능하며 제대로 된 관찰 활동이 이루어질 수 있는 방안을 모색할 수 있다. 또한 현미경을 이용한 생물 실험에서 단순한 현미경 조작이 아니라 관찰 활동 자체에 초점을 맞춘 탐구 활동이 이루어지도록 지도할 수 있는 기초자료로 활용할 수 있을 것이다.

II. 연구 내용 및 방법

1. 연구 내용

본 연구는 현미경을 이용한 고등학생들의 생물 실험에서 관찰 결과 보고의 오류 유형을 분석하기 위해 분석틀을 고안하고 적용하는 것이다. 이를 위한 구체적인 연구 내용은 2가지로 구분된다. 첫째, 생물학과 과학사 문헌 연구를 통해 관찰 결과 보고의 오류 유형

분석틀을 고안하였다. 둘째, 고안한 분석틀을 이용하여 현미경을 이용한 고등학생들의 생물 실험에서 관찰 결과 보고의 오류 유형을 분석하였다.

2. 연구 대상

연구대상은 B 광역시 소재의 인문계 고등학생 12명을 선정하였다. 이들은 모두 생물 I 을 이수하였다. 자료 수집은 실험 수행 과정을 녹화한 테이프, 피험자의 사전 지식 확인지와 실험보고서, 피험자와의 면담을 통해 이루어졌다.

3. 연구 방법

(1) 실험주제 선정

현미경을 이용한 실험 주제 선정을 위해 8종의 고등학교 생물 교과서와 중학교 과학 교과서의 생물 영역 실험을 분석하여 공통적으로 제시되고 있는 양파 표피세포의 관찰, 입안 상피세포의 관찰, 양파 세포의 삼투 현상 관찰, 혈액의 관찰, 체세포분열 관찰 5가지 실험주제를 선택하였다.

(2) 검사지 고안

관찰주제에 대한 사전 지식을 알아보기 위한 사전 지식 확인지와 관찰 결과를 기록할 수 있는 실험보고서를 개발하였다. 사전지식 확인지 및 실험보고서에 포함된 내용들이 학생들의 관찰 결과 보고에 미치는 영향을 최소화하고 관찰에만 초점을 맞출 수 있도록 개발하였다. 실험보고서는 과학 수업에서 흔히 사용하는 일반적인 실험 보고서 형식과는 다르게 결과해석 부분을 제거하여 관찰 결과에만 초점이 맞추어지도록 구성하였다. 최종적으로 고안한 사전지식 확인지와 실험보고서는 과학교육 전문가 2인과 과학교사 3인으로부터 타당성을 검증받았다.

(3) 분석틀 고안

과학사에서 중요한 역할을 했던 관찰 사례와 과학자들의 연구 부정행위 사례에 대한 문헌 조사를 통해 관찰 결과 보고의 오류 유형 분석틀을 고안하였다. 분석틀은 정기적인 세미나를 통해 수정·보완했으며, 최종적으로 과학교육 전문가 2인과 과학 교사 3인으로부터 타당성을 검증받았다.

(3) 관찰 수행 및 면담

학생들의 사전 지식 확인은 생물 I 을 이수하는 과정에서 변화될 수 있음을 고려하여 2단계에 걸쳐 이루어졌다. 2명의 학생들이 모둠을 이루어 실험을 실시했으며, 교사의 설명에 의한 요인을 최소화하기 위해 실험시 안전사고와 관련된 주의 사항만을 제시하고 실험 관련 부연 설명은 하지 않았다. 4회에 걸쳐 프레파라트 제작과 현미경 사용방법을 습득하도록 하여 실험 미숙에 의한 데이터의 누락을 최소화하였으며, 성능이 우수한 현미경(Leica CM E 모델)을 이용하여 현미경 성능에 따른 관찰 누락을 최소화하였다. 실험 수행 이후 최소 2일 경과 후 학생 개인별로 회상적 면담을 실시하였다. 실제 관찰 결과 사진과 실험 중 질문했던 내용 등을 연구자와 함께 살펴보고 면담을 실시하였다.

(4) 관찰유형 분석

고안한 분석틀을 적용하여 학생들의 관찰 결과 보고의 오류 유형을 분석하였다. 생물교육 전문가 2인과 함께 분석하여 일치도를 확인하였다. 분석자간 일치도는 96%였으며, 분석자 일치도는 98%였다.

현대의 인식론자들에 따르면 과학적 관찰은 능동적인 활동으로 관찰자는 보이는 그대로 관찰하는 것이 아니라 어떤 의도와 기대감을 갖고 관찰하며, 이미 가지고 있는 지식체계와 분류체계에 따라 관찰한 결과를 구분하고 조직하며, 선행지식에 따라 관찰의 결과를 해석하고 의미를 부여하여 기호나 단어로 표현한다. 문헌 연구를 통한 관찰의 특성과 학생들의 반응을 고려해 볼 때 실제 결과와 학생들의 결과 보고 양상은 다양하였다. 학생들의 경우 불일치 사례에 직면했을 때 자신이 알고 있는 기존의 이론이 새로운 정보와 조화가 되지 않으면 새로운 정보를 무시하거나 거부하는 경향이 높으며(Chinn & Brewer, 1998), 과학사에서 자신이 얻고자 하는 결과 도출을 위해 의도적으로 연구 결과를 조작하는 연구부정행위를 저지른 경우도 있다(Broad & Wade, 1983). 과학철학적 관점에서 관찰에 대한 견해는 학자들마다 다르지만, 동일한 현상을 두고 관찰 진술이 달라질 수 있음에는 대부분 동의하고 있다. 이러한 문헌연구를 바탕으로 실제 관찰 결과와 보고 결과의 일치 여부에 따라 학생들의 관찰 결과 보고의 오류 유형 분석틀을 고안하였다 <표 1>.

실제 결과와 보고된 결과가 일치하면 일치보고, 부분 불일치하면 변형보고, 실험 결과가 존재함에도 불구하고 결과 보고가 없으면 생략 보고, 실제 결과가 없지만 보고된 결과가 있을 경우는 완전불일치보고라

III. 연구 결과 및 논의

1. 관찰 결과 보고의 오류 유형 분석틀

표 1 관찰 결과 보고의 오류 유형 분석틀

실제 결과	보고된 결과	보고 유형
○ (실험목표에 부합하는 결과가 나온 경우)	○ (실제 결과와 일치하는 결과 보고)	일치보고-1
	△ (실제 결과와 부분 일치하는 결과 보고)	변형보고-1
	× (결과 보고가 없다)	생략보고-1
△ (실험목표에 부합하는 결과는 아니지만 실험 결과는 있는 경우)	△ (실제 결과와 일치하는 결과 보고)	일치보고-2
	○ (실제 결과와 부분 일치하는 결과 보고)	변형보고-2
	× (결과 보고가 없다)	생략보고-2
× (실험과정상의 실수나 오류로 인해 실제 결과가 없는 경우)	× (실제 결과와 일치하는 결과 보고)	일치보고-3
	○ (실제 결과와 완전 불일치하는 결과 보고)	완전불일치보고

Table 3 실험 주제별 관찰 결과 보고의 오류 세부 유형 집계

보고유형	세부유형	첨가 (addition)		제거 (deletion)		변형 (transformation)				배율 (magnification)						
		수	구조	수	구조	배열		모양		확대		축소				
		전체	부분	전체	부분	전체	부분	전체	부분	전체	부분	전체	부분			
일치보고-1	○ 실험1															
	○ 실험2															
	○ 실험3															
	○ 실험4															
	○ 실험5															
변형보고-1	○ 실험1	6	1	1	5	1	6	6	2	6	1	9	3			
	○ 실험2	2		1		4	5		6	1		3				
	○ 실험3			2	3	1	3	3	3	5	2	1	2			
	○ 실험4	2	1	1	1		3		1	1		2				
	○ 실험5		6	3		7	2	3		6			5			
생략보고-1	○ 실험1															
	○ 실험2															
	○ 실험3															
	○ 실험4															
	○ 실험5															
일치보고-2	○ 실험1															
	○ 실험2															
	○ 실험3															
	○ 실험4															
	○ 실험5															
변형보고-2	○ 실험1															
	○ 실험2		1	1			1									
	○ 실험3	3	2	2		1	3	4	6	4	1	3	2			
	○ 실험4															
	○ 실험5															
생략보고-2	○ 실험1															
	○ 실험2															
	○ 실험3															
	○ 실험4															
	○ 실험5															
일치보고-3	○ 실험1															
	○ 실험2															
	○ 실험3															
	○ 실험4															
	○ 실험5															
완전불일치보고	○ 실험1															
	○ 실험2	1	1													
	○ 실험3															
	○ 실험4	3	3													
	○ 실험5	2	2													
빈도(184)	19	0	16	7	5	0	17	9	23	13	24	17	4	0	23	7
			42				31				77				34	


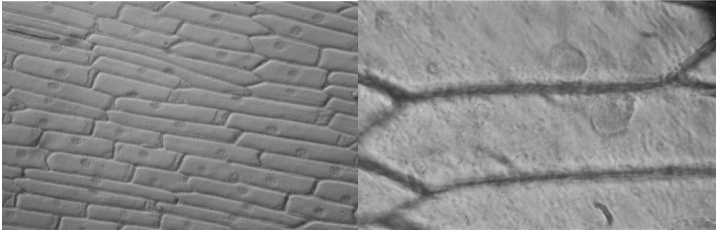
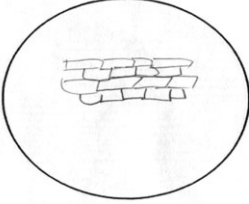

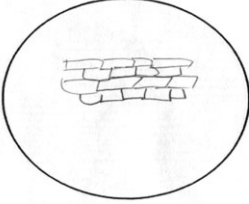

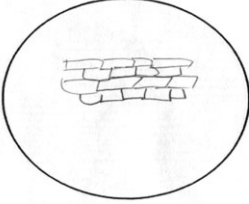

사전지식						
실제결과		○				
결과보고	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 50%;">양파 표피 세포 염색 전</td> <td style="width: 50%;">양파 표피 세포 염색 후</td> </tr> <tr> <td>  </td> <td>  </td> </tr> </table>	양파 표피 세포 염색 전	양파 표피 세포 염색 후			△
양파 표피 세포 염색 전	양파 표피 세포 염색 후					
						

그림 1 학생 I의 양파 표피세포 사전 지식 및 실제 결과와 결과 보고

교사 : 그래.
 학생 : 샘, 샘도 그림 못 그리잖아요. 진짜..핵도 있고 잘 그렸잖아요. 상 찾는 게 중요하죠.
 교사 : 그래, 알았어.
 교사 : 음. 그래서 현미경 보면서 스케치 안 하는 거구나?
 학생 : 샘, 계속 보면 진짜 눈 아파요. 다 아는 건데 한번 확인했으면 됐지, 계속 볼 필요 없잖아요. 다 아는 건데요 뭘. 깔끔하게 잘 그렸죠?
 교사 : 음...
 학생 : 잘 그렸죠?
 교사 : 그래, (염색 전 사진 보며) 근데 이걸 왜 안 그린 거야?
 학생 : 원래 잘 안 보이는 거잖아요.
 교사 : 그래도 잘 보이잖아. 난 보이는데.
 학생 : 샘, 진짜... 원래 안 보이는 게 맞잖아요. 희미하구...색이 없으니까... 염색한 게 더 잘 보이잖아요.
 교사 : 그렇구나.
 학생 : 안 그러면 결과가 똑같은데, 의미가 없지 않

아요?
 교사 : 무슨 말이야?
 학생 : 아니 둘 다 똑같은 걸 그리면...좀 그렇잖아요.
 교사 : 그럴 수도 있지 뭐.
 학생 : 네? 염색한 후에 더 잘 보이는 게 맞잖아요.

학생 I은 현미경을 이미 알고 있는 사실을 단순히 확인하기 위한 용도로 생각하고 있으며, 현미경 상을 보면서 관찰하지 않고 사전지식에 입각하여 결과 보고하였다. 염색 전 핵이 선명히 보임에도 불구하고 자신의 사전지식과 어긋나기 때문에 희미하게 보인다고 합리화시켜 사전 이미지와 일치하지 않는 데이터의 일부를 제거했다. Chinn과 Brewer(1998)의 변칙 사례에 대한 반응 유형 중 학생 I의 반응은 변칙 사례를 믿지도 않고 설명하려고도 않으며 기존의 이론을 수정하지도 않는 무시 반응과 유사하다. 노태희 등(2008)은 과학 실험 보고서를 이용한 불일치 사례에 대한 학생들의 반응 분석을 통해서 학생들이 감각기관을 통해 얻어진 확인 가능한 정보에 의존하는 경향이 강하기 때문에 직접적인 관찰을 통해 선개념이 쉽

게 고쳐진다고 하였으나 본 연구에서는 이와 대비되는 결과가 나타났다. 실제 결과와 달리 전체 배율을 축소, 전체 수 첨가하는 경우, 기포 제거, 세포의 모양 및 핵의 위치와 크기 변형이 많았다. 세포의 모양이 부분적으로 다양하지만 식물 세포는 규칙적이라는 사전 지식에 따라 세포의 모양을 획일화하여 동일하게 결과 보고하였다. 핵이 세포의 정중앙에 위치하지 않지만 결과 보고에는 핵이 중앙에 위치하고 실제 결과보다 훨씬 작은 점으로 표현하는 부분 배열 변형과 부분 배율 축소는 양과의 삼투 현상에서도 빈번히 발견되는 변형보고의 대표적인 예이다.

2) 입안의 상피세포 관찰에서 나타난 결과 보고 오류 유형

이 실험에서는 전체 모양 변형과 전체 배열 변형의 비중이 가장 높았다. 실제 결과와 다르게 전체 모양을 변형하거나 겹쳐져 있는 세포를 펼쳐서 보고하는 경우가 많았다. 예를 들어 염색 전에 실제 결과가 존재했으나 염색 과정에서 세포가 소실되어 염색 후 실제 결과가 없어진 학생 J는 염색 후 핵을 잘 관찰할 수 있다는 사전 지식으로부터 염색 전 실험결과를 바탕으로 염색 후의 결과를 추측하여 보고하였다(그림 2).

실험목표에 부합하는 결과는 아니지만 실험 결과가 일부 있고(△), 실제 결과와 일치하지 않는 결과(○)가 존재하므로 변형보고-2에 해당한다. 면담을 통해 염색 전의 핵 구조를 부분 제거한 경우, 염색 후 핵을 관찰할 수 있다는 사전 지식으로 인해 관찰 자체를 시도

조차 하지 않아 핵을 관찰하지 못한 경우와 관찰했지만 고의적으로 제거한 두 가지 경우가 있음을 알 수 있었다. 다음은 학생 J와의 면담 내용 중 일부이다.

교사 : OO야, (핵을 가리키며) 이거 봐봐.
 학생 : 네... 핵이에요?
 교사 : 그런 것 같네.
 학생 : 염색 안 해도 핵 보이는 거 맞아요? 아닐 수도 있잖아요. 그냥 뭐 묻은 걸 수도 있잖아요.
 교사 : 그럴수도 있지. 그럼 어떻게 알지?
 학생 : 진짜 핵이에요? 염색해야 보이는 줄 알았어요.
 교사 : 꼭 염색해야만 볼 수 있는 건 아니야.
 학생 : 아...그럼 염색하면 더 확실하 아는 거예요?
 교사 : 그렇겠지. 관찰할 때는 못 봤어?
 학생 : 네. 지금 알았어요. 염색 안 해도 보이는구나. 몰랐어요. 저는 세포 비슷한 거만 찾으면 되는 줄 알았어요. 염색 전에는 잘 안 보이니까...

염색 전 실제 결과 사진 속의 핵을 보고도 연구자가 언급하기 전까지 전혀 발견하지 못하였다. 이는 염색 전 관찰 시 내부 구조물을 관찰 대상으로 고려하지 않았기 때문으로 볼 수 있다. 결국 사전 지식에 의해 관찰 활동이 방해 받을 수 있음을 알 수 있다. 이는 사전 지식에 입각하여 관찰에 의존한다는 선행연구결과와 유사하다(Cordaro & Ison, 1963). 관찰에 있어 학습자의 기대 수준이 결과 보고에 많은 영향을 미치며 학생

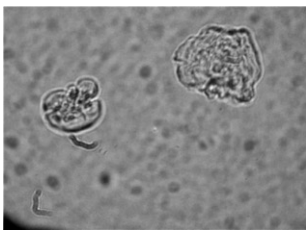
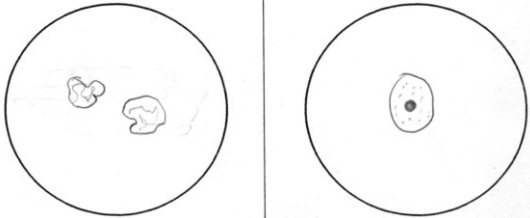
학생 J	실제결과		△
	결과보고		○

그림 2 학생 J의 입안 상피세포 관찰 실제 결과 및 결과 보고

들은 실제 결과를 바탕으로 결과 보고하기 보다는 자신이 기대한 대로 결과를 보고하는 것을 확인하였다.

3) 양파 세포의 삼투 현상 관찰에서 나타난 결과 보고 오류 유형

이 관찰 주제에서는 변형보고-2가 높게 나타났다. 이유는 주어진 실험 시간 안에 삼투 현상이 나타난 경우는 50% 미만으로 다른 실험 영역에 비해 실험 결과가 명확하지 않았기 때문이다. 학생들은 소금물 투여 후의 변화에 초점을 맞추어 양파 세포의 모양, 크기, 배열 등을 실제 결과와는 상관없이 단순화시키는 경우가 많았다(그림 3).

면담을 통해 학생들이 관찰을 통해서 스스로 발견하기보다는 확인하는 것에 익숙하기 때문에 사전 이미지가 없는 경우 관찰 활동 자체를 부담스러워함이 확인되었다. 실제 결과가 자신들의 기대와 완전 일치하지 않고, 삼투에 대한 과학적 개념이 없었기 때문에 자신의 관찰을 크게 신뢰하지는 않는 듯 교사에게 지속적인 확인을 요구하는 행동 양상을 보였다. 다음은 학생들과의 면담내용의 일부이다.

(B학생)

교사 : 그래. (보고서 가리키며)이렇게 변한거야? 비고란에 세포벽이 약간 물러지고 핵이 약간 연하게 되고 주위에 다른 새로운 것들이 생겼다고 적어놨네.

학생 : 네, 뭐가 변했는지 그리기가 힘들어서...

교사 : 그래? 근데 세포벽이 약간 물러진 건 뭐야? 어딜 말하는 거야?

학생 : 네?

교사 : 어느 부분이 물러진 건가 해서.

학생 : 그냥, 소금물 넣었으니까 흐물해질 것 같아서... 변한다니까.

교사 : 아... 그럼 변한 거 보고 그런 게 아니라 생각한 걸 적은 거구나.

학생 : 네... 이 실험은 안 배운 거니까 힘들었어요. 뭐가 변한다는 건지... 진짜 모르겠던데요. 그냥 먼저 가르쳐주셨으면 찾기 쉬웠을텐데...

교사 : 그럼 재미없잖아.

학생 : 휴우. 뭘 찾는지 알아야 찾죠.

(E학생)

교사 : 근데 세포벽이 무너져야 하는데 안 망가진 것 같다고 보고서에 적어놨네.

학생 : 아, 그거요. 제가 삼투에 대해 잘 몰라가지고... 헤헤. 막 쪼그라든 것 같아서 소금물 넣으면 다 망가져서 흐물흐물해지는 줄 알았거든요.

교사 : 그래? 그렇게 생각한 이유라도 있어?

학생 : 뭐. 그냥... 소금물에 저리면 숨 죽잖아요. 축 처져 가지구...

교사 : 응. 그래서 세포벽이 파괴되어야 한다고 생각한 거구나.

학생 : 네. 세포벽이 모양을 유지하게 하잖아요.

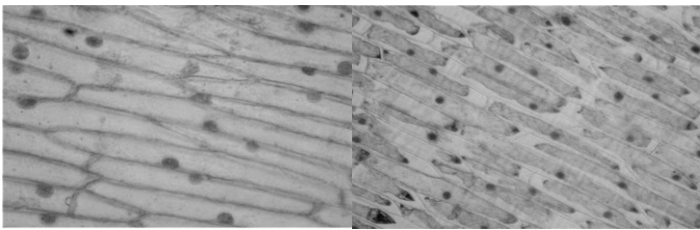
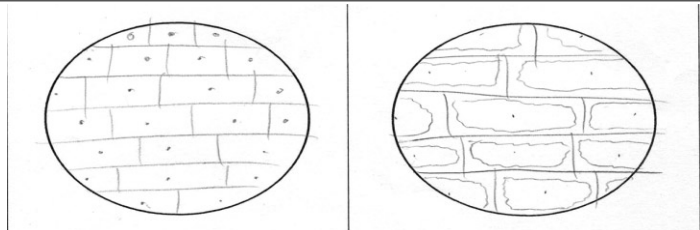
학생 J	실제결과		△
	결과보고		○

그림 3 학생 E의 양파 세포의 삼투 현상 관찰 실제 결과 및 결과 보고

학생들은 소금물이 세포를 손상할 것이라고 생각하고 핵이 작아지거나 없어진 것으로 관찰했는데, 이는 물벼룩의 심장 박동 수 측정 실험에서 학생들이 특정 화학약품이 동물에게 생리적인 영향을 줄 것 같다는 기대에 직면했을 때 그런 결과가 일어나지 않음에도 그런 효과를 보여주는 것으로 인식하고 관찰한다는 William과 Lisa(2001)의 연구에서도 발견된다.

4) 혈액의 관찰에서 나타난 결과 보고 오류 유형

채혈 과정의 두려움과 도말 과정에서의 실수로 인해 프레파라트 제작에 실패하여 실험결과가 부정확하거나(Δ) 실험결과가 존재하지 않는(\times) 경우가 많았다. 실험을 다시 수행하거나 개선하기보다는 실험을 중단하고 다른 친구의 결과를 인용한 경우가 많았다. 때문에 다른 실험주제에 비해 일치보고-3과 완전불일치보고가 많이 나타났다. 대부분의 학생들이 표절 행위가 만연해 있기 때문에 별 문제되지 않는다며 완전불일치보고에 대해 관대하게 평가한 것은 Del Carlo 와 Bonder(2006)의 화학 실험수업에서 학업 부정행위에 대한 학생들의 인식에 관한 연구에서도 발견된다. 완전불일치보고가 10% 정도이지만 학생들과의 면담을 통해 학교 현장에서는 완전불일치보고가 훨씬 높을 것으로 예상된다.

면담결과 완전불일치보고의 정도는 더 높았다. 학생들은 평가와 직접적인 관련이 없는 계발 활동 시간에는 실제 결과에 입각하여 보고하지만, 성적과 관련될 경우 실제 결과와 상관없이 실험보고서를 작성하였다. 이는 입시 위주의 학교 현장 교육이 과학의 기본적 덕목인 정직성도 위협하고 있음을 시사한다. 실험보고서를 활용한 연구들에 의하면 보고서를 통한 되먹임, 불일치 사례 제공 등의 방법에 의해 학생들의 과학탐구능력 등이 변할 수 있음을 시사하고 있다(김미애 등, 2004; 노태희 등 2008). 그러나 학생들의 이러한 연구들은 학생들의 실험 보고서에 대한 정직성이 전제되어야 할 것이다. 따라서 학생들에게 과학 연구윤리 교육이 먼저 선행되어야 할 필요가 있다.

5) 체세포분열 관찰에서 나타난 결과 보고 오류 유형

체세포분열 관찰에서는 변형보고-1이 다수 나타났다. 세포분열 단계별 특징에 해당하는 구조를 첨가하거나, 특징적인 단계에 해당하지 않는 다수의 세포를 제거하는 경우가 많았다. 예를 들어 학생 A는 후기에

해당하는 세포를 추가하고 사전 지식에 부합하지 않는 세포들은 제거하였고, 학생 B는 염색체에 초점을 맞추어 염색체만 나타내고 세포막은 임의로 제거하고 실제 결과에 방추사가 보이지 않음에도 불구하고 방추사를 첨가하였다(그림 4).

세포 분열이 불연속적인 과정이 아니라 연속적임에도 불구하고 학생들은 각 단계에 해당하는 염색체의 특징에 초점을 맞추었다. 이는 세포분열 단계의 특징에 대한 사전 지식이 깊게 관여하고 있기 때문에 그 지식에 맞추어 결과를 변형해가는 것으로 볼 수 있다.

IV. 결론 및 교육적 함의

본 연구에서는 현미경을 이용한 고등학생들의 생물 실험에서 실제 결과와 보고된 결과의 오류를 분석할 수 있는 관찰 결과 보고 오류 유형 분석틀을 고안하고 적용하였다. 고안된 분석틀은 실제 결과와 보고 결과의 일치 여부에 따라 일치보고, 변형보고, 생략보고의 요소로 구성되었다. 이 분석틀은 생물 학습에서 학생들의 관찰 실험 활동에서 보고 오류의 유형을 분석할 수 있음을 확인하였다.

고안된 분석틀을 이용하여 관찰 보고 오류 유형을 분석한 결과, 변형보고, 완전불일치보고, 일치보고, 생략보고의 유형이 나타났다. 3%정도의 학생들이 일치보고 유형을 보였을 뿐 대부분의 학생들은 다양한 형태의 관찰 결과 보고 오류를 보이고 있었다. 면담결과 변형보고, 완전불일치보고에 대해 잘못되었다고 느끼는 학생들은 거의 없었으며 실험보고서 작성의 부정직성에 대해 관대하게 생각하는 경우가 많음을 확인하였다.

이러한 연구 결과는 생물 실험 수업 설계 및 학습 지도에 몇 가지 시사점을 준다. 첫째, 관찰 방법에 관한 교육이 필요하다. 관찰은 관찰자의 사전지식, 이론, 기대와 무관할 수 없기 때문에 절대 중립적이고 객관적인 관찰은 불가능하다. 따라서, 학생들에게 객관적인 관찰의 중요성을 인식시키는 것이 매우 중요하다. 학생들로 하여금 고정관념에 얽매이지 않고 자연을 제대로 관찰해야 함을 알게 하고 관찰의 중요성 및 관찰 방법을 안내할 필요가 있다.

둘째, 관찰 기록 방법에 관한 교육이 필요하다. 현미경을 이용한 관찰 위주의 실험에서 일치보고의 비율이 낮은 이유는 기록 방법을 제대로 몰랐기 때문이

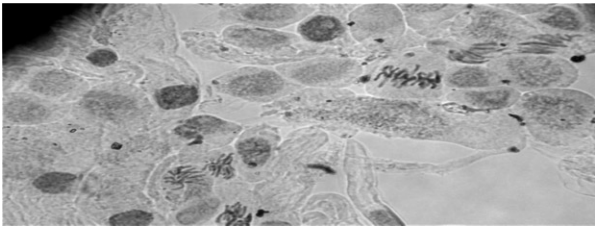
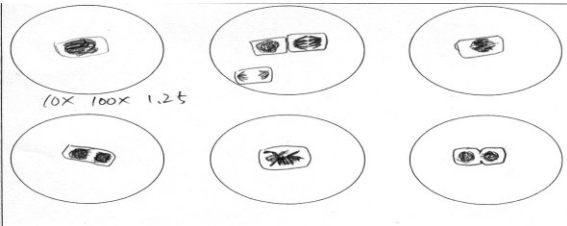
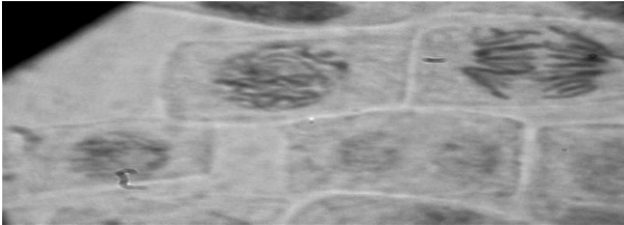
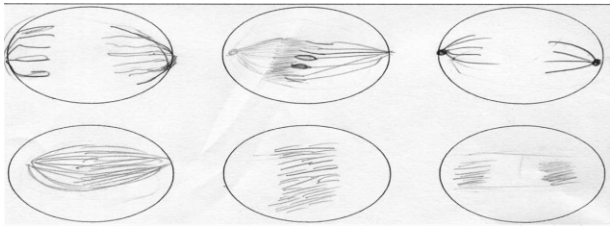
학생 A	실제결과		○
	결과보고		△
학생 B	실제결과		○
	결과보고		△

그림 4 학생 A와 B의 체세포분열 관찰 실제 결과 및 결과 보고

었다. 생물 교과서에는 현미경의 조작 방법에 대한 안내는 있지만 기록 방법에 대한 안내는 소개 되지 않는다. 학생들의 관찰 활동이 구조화될 수 있는 기록 방법 교육 및 결과 보고 비교 등을 포함한 관찰 후 활동이 마련되어야 할 것이다.

셋째, 학생들은 실험 결과가 원래 교과서와 다르며 의도한 결과가 나오지 않을 때는 완전불일치보고를 해서라도 점수를 잘 받는 것이 당연하다고 여기고 있었다. 따라서 학생들에게 과학 연구 윤리에 대한 교육이 절실히 필요함을 알 수 있다.

본 연구는 남자 고등학생만을 대상으로 이루어져 성별에 따른 관찰 성향의 차이, 실험보고서 작성의 차이 등이 고려되지 못했으며, 탐구 활동을 통해 도출된 연구결과의 사례가 충분치 않아 사례연구로써의 가치를 지니는 제한점이 있다.

참고 문헌

- 교육인적자원부(2001). 과학과 교육과정. 서울, 대한 교과서주식회사.
- 권용주, 정진수, 박윤복, 강민정(2003). 선언적 과학 지식의 생성 과정에 대한 과학철학적 연구. 한국 과학교육학회지, 23(3), 215-228.
- 김미애, 정미영, 문성숙, 권재술(2004). 실험보고서 평가의 되먹임이 중학생의 과학탐구능력에 미치는 효과. 과학교육논문집, 14(1), 138-148.
- 노태희, 김민영, 최숙영, 강석진(2008). 과학 실험 보고서를 이용한 불일치 사례에 대한 학생들의 반응 분석. 한국과학교육학회지, 28(6), 630-640.
- 노태희, 김민영, 최숙영, 강석진(2008). 과학 실험 보고서를 이용한 불일치 사례에 대한 학생들의 반응

- 분석. 한국과학교육학회지, 28(6), 630-640.
- Brickhouse, N. W. (1994). Children's observation, ideas, and the development of classroom theories about light. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(6), 639-656.
- Chadwick, B., & Barlow, S. (1994). *Science in perspective : Book 1*. Marrickville, Australia: Science Press.
- Chinn, C., A. & Brewer, W. F. (1998). An empirical test of a taxonomy of responses to mismatch data in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 35, 623-654.
- Codaro, L. & Ison, J. R. (1963). Observation bias in classical conditioning of planarian. *Psychological Report*, 13, 787-789.
- Cott, R., & Welford, G. (1987). The assessment of observation in science. *School Science Review*, 67, 443-456.
- Del Carlo, Dawn & Bodner, George M. (2006). Students' Perceptions of Academic Dishonesty in the Chemistry Classroom Laboratory. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(1), 47-64.
- Gilbert, S. W. (1991). Model building and a definition of science. *Journal of research in Science Teaching*, 28, 73-79.
- Hanson, N. R. (1958). *Pattern of Discovery*. Cambridge : Cambridge University Press.
- Hodson, D. (1986). The nature of scientific observation. *School Science Review*, 68, 17-29.
- Kitchener, R. F. (1999). *The conduct of inquiry: An Introduction to Logic and Scientific Method*. Lanham, MD: University press of america.
- Martin, M. (1972). *Concepts of science education*. Scott, Foresman and Company.
- Su, M., Liao, Y., Tsai, C., Wang, B., & Yu, P. (2011). Digital Microscope Recording System to Enhance Students' Understanding of Biological Observation. *Lecture Notes in Computer Science*, 6837, 306-315.
- William F. M., & Lisa, S. M. (2001). The Expectancy Effect in Secondary School Biology Laboratory Instruction. *The American Biology Teacher*, 63(4), 246-251.

국문 요약

이 연구의 목적은 현미경을 이용한 생물 실험에서 고등학생들의 관찰 결과 보고의 오류 유형 분석들을 고안하고 적용하는 것이다. 연구를 위해 B광역시 소재 인문계열 남자 고등학생 12명을 대상으로 5가지 관찰 실험을 수행하였다. 실험을 수행하기 전 문헌분석을 통해 관찰 결과 보고 오류 분석들을 고안하였다. 실험 수행에서 학생들은 사전 지식 확인지를 작성하였고, 관찰 결과는 실험보고서에 기록하였다. 실제 결과 사진과 학생들이 제출한 실험보고서를 비교·분석하여 관찰 결과 보고의 오류 유형을 분석하였다. 연구 결과를 실제결과와 결과보고간에 일치한 일치보고의 비율이 낮게 나타났다. 이는 관찰 방법과 기록 방법에 대한 교육의 부재 때문으로 볼 수 있다. 실제 결과를 객관적으로 관찰하는 훈련과 결과 중심의 확인용 관찰이 아니라 제대로 된 관찰이 가능한 실험 환경의 개선이 필요하다. 또한 관찰한 사실대로 기록하는 연구의 진실성과 관련된 과학 연구윤리 교육이 실시되어야 한다. 본 연구에서 고안·적용한 관찰 결과 보고의 오류 분석들은 교사들이 관찰 전략을 계획하고 올바른 관찰 관점과 방법의 안내를 위한 기초 자료로 활용할 수 있을 것이다.

주요어: 생물 관찰, 현미경적 관찰, 보고결과, 실제 결과, 보고오류, 오류 유형 분석들