

# 학생들의 보고서 쓰기에 대한 개방적 탐탐구 활동 수행의 효과

김 미 경\*

한성과학고등학교

## The effect of practicing the authentic open inquiry on compositions of laboratory reports

Kim, Mi-kyung\*

Hansung Science High School

**Abstract:** This study examined the characteristics of scientists' writing on the laboratory reports written in the authentic open inquiry, and explored the possibility that the class discussion after the inquiries could influence the laboratory report writing. The samples were 131 10th graders in a science high school in Seoul. The control group ( $n=45$ ) practiced traditional school science inquiries, the experimental group 1 ( $n=43$ ) practiced the authentic open inquiries, and the experimental group 2 ( $n=43$ ) practiced the authentic open inquiries and the class discussion after the laboratory activities. Their laboratory reports were analyzed into three parts - prediction (prediction with background and apposite description), data analysis (data transformation and critical analysis), and conclusion (objective description based on evidence).

The frequency of the characteristics of scientist's writing in the experimental group was higher than the control group. Particularly, the differences of the prediction with background ( $p<.01$ ) and the critical analysis of data ( $p<.05$ ) were statistically significant. However, the frequency of writing the conclusion based on evidence was very low in all of the three groups. The result from comparing descriptions of reports showed that the writing prediction in experimental groups were more elaborate, and the data transformation in experimental groups were more correct, and the evaluation to data in experimental groups were more critical than the control group. And the descriptions of the critical evaluation to data and the finding flaw in methods were found in experimental groups 2, indicating that the class discussion can stimulate students' scientific thinking.

**Key words:** laboratory report, science writing, authentic open inquiry, prediction, data analysis, and conclusion

### I. 서 론

근래 과학교육에서도 글쓰기에 대한 관심이 높아지고 있다. 글쓰기는 학생들이 지식을 형성하고 명료화하는 것뿐만 아니라, 수업 참여도를 높이고 설명이나 이해를 강화하는 수단으로 사용될 수도 있다(Prain, 2006). 과학교육에서 글쓰기의 중요성이 강조되고 있는 것은 특히 과학 활동에서 중요한 추론, 측정, 설명을 글로 표현하는 것이 학생들에게 부족하다는 인식의 증가와 관련이 있다(Prain, 2006). 과학적 소양에서도 과학과 과학탐구의 본성에 대한 이해뿐만 아니라 과학 활동을 수행하기 위하여 다른 사람들과 아이디어를 공유하고 설득하는 능력도 포함시키고 있으며 (Hand *et al.*, 2004), 학생들이 '비판적으로 데이터

평가하기', '아이디어에 대해 논쟁하기', '근거를 토대로 주장하기'와 같은 과학적 추론 과정을 익힐 필요성에 대해 강조하고 있다(NRC, 2000). 과학글쓰기는 학생들에게 비판적으로 생각하고 자신들의 실험 데이터의 의미에 대하여 추론할 기회를 제공하고(Keys, 1999), 탐구문제 진술하기, 증거와 설명 사이의 관련성을 찾기 위해 비판적이고 논리적으로 생각하기와 같은 과학적 소양을 가지게 하는데 도움이 되는 것으로 확인되었다(Keys *et al.*, 1999).

과학글쓰기의 유형은 크게 탐구보고서 쓰기와 같은 형식을 갖춘 것(formal)과 일지쓰기, 질문하기, 요약하기, 만화그리기와 같은 비형식적인(informal) 글쓰기가 있다. 지금까지는 주로 비형식적인 글쓰기에 대한 연구가 진행되어 왔으며, 이러한 글쓰기 활동들은

\*교신저자: 김미경(kimmik94@naver.com)

\*\*2009.07.06(접수) 2009.09.18(1심통과) 2009.10.13(2심통과) 2009.11.21(3심통과) 2009.11.23(최종통과)

과학개념을 이해하는데 중요한 도구로서 긍정적으로 평가되어 왔다(Rivard, 1994). Neuman과 Roskos (1993)의 연구에서는 특히 과학 활동 시 이루어지는 활동 일지 작성이 과학현상에 대한 학생들의 개념을 명료화하고 확증하는 것과 관련된 과학적 소양을 함양시킬 가능성이 확인되었다(Shepardson & Britsch, 2001, 재인용). 그러나 현재 과학 수업에서 이루어지고 있는 가장 일반화된 글쓰기는 주로 탐구 보고서 쓰기라고 할 수 있을 것이다(Wallace *et al.*, 2004).

탐구보고서는 전통적으로 목적, 방법, 결과, 결론의 네 부분으로 구성되며, 과학적 탐구에서 얻어진 결과를 다른 과학자들에게 알리고 그 타당성을 검토 받기 위한 과학자들의 특별한 의사소통 수단이다. 학생들은 보고서 쓰기를 통해 단순히 과학자 사회의 관례를 배우는 것을 넘어, 지식주장과 증거 도출하기, 데이터와 관찰 방법에 대해 기술하기, 그리고 자신들의 생각에 대한 반성하기를 배워야 한다(Keys, 2000). 예를 들면, 결론을 연구 문제 또는 가설과 관련지어 쓰는 방법, 어떤 검증이나 절차를 수행하는 이유, 그리고 데이터를 실험의 이론적 맥락 속에서 해석하는 방법을 배워야 한다(Bazerman, 1998; Berkenkotter & Huckin, 1995; Keys, 2000, 재인용). 또한 보고서 쓰기는 과학적 탐구기능과도 관련이 있다(Keys *et al.*, 1999). 특히 문제에 대한 잠정적인 답의 형태로 가설을 기술하고, 가설을 검증하기 위해 실험을 수행하는 동안 변인통제를 고려하며, 수집한 자료를 적절한 형태(표, 그래프, 그림 등)로 전환하여 비판적으로 해석하면서, 실험결과에 기초하여 결론을 도출하는 통합적 탐구기능과 관련된다(조희형, 최경희, 2007). 따라서 학생들의 탐구보고서 쓰기 활동은 이러한 탐구기능과 관련지어 학습되어야 하고, 과학자들의 글쓰기를 모방하는 형태로 시작해야 할 것이다(Wallace *et al.*, 2004). 그리고 보고서쓰기 활동을 토론과 연계시켜 학생들의 생각이나 주장을 펼칠 수 있도록 함으로써 학생들이 반성적 비판적 사고를 하는 데에도 도움이 될 수 있을 것이다(김희경, 2003).

탐구보고서 작성이 탐구기능과 이렇게 관련이 되어 있지만, 전통적인 학교 탐구에서는 대부분 모든 학생들에게 똑같은 답을 얻도록 하고 있어서 학생들이 보고서 쓰기를 통해 배워야 할 것들에 대해 학습할 기회

가 부족한 실정이다. 학교 탐구에서 이루어지는 보고서 쓰기에서는 이미 무엇을 써야 하는지, 어떻게 써야 하는지가 정해져 있어서(Keys, 2000), 학생들은 실험이 끝난 후에도 실험결과로부터 어떤 결론에 도달할 수 있는지에 대한 생각을 거의 하지 않을 뿐만 아니라, 실험에서 무엇을 알아보려고 했는지에 대해서도 반성해보지 않는다(김희경, 2003; Roychoudhury & Roth, 1996; White, 1996). 그 결과 전형적인 틀에 따라서 형식적인 보고서 쓰기가 이루어지고 있을 뿐이며, 학생들이 데이터를 해석하고 자신의 생각을 정리할 수 있는 기회가 부족한 실정이다. 따라서 탐구과정에서부터 학생들이 실험데이터에 관해 추론할 기회를 가질 수 있도록 하고, 논리적 비판적 사고와 초인지적 사고를 하게하며, 의미를 해석하는 기회를 제공하는 것이 필요하다(Keys, 2000; Keys *et al.*, 1999). 이를 위해서는 학생들이 과학자들의 탐구와 같이 실제 문제를 다루거나 개방적인 형태로 탐구를 수행하면서(Keys *et al.*, 1999) 가설설정, 실험수행, 변인통제, 자료해석, 결론 도출 등의 통합적 탐구기능을 경험하게 할 필요가 있지만, 학생들이 과학자들과 같은 탐구를 수행하는 데에는 어려운 점이 있다. 김미경(2008)의 연구에서는 이런 점을 고려하여 개방도 수준을 다양하게 하면서 학생들이 과학적 추론을 학습할 수 있도록 하는 개방적 참담구 활동 프로그램을 개발하였고, 이를 수행한 학생들이 실제로 실험데이터에 대한 추론과 비판적 사고를 경험한다는 것이 확인되었다.

이에 따라 이 연구에서는 학생들에게 개방적 참담구 활동을 수행하게 했을 때, 보고서 쓰기에서 실험의 이론적 배경에 대한 탐색, 이에 기초한 데이터전환 및 해석, 연구 문제와 관련지어 결론내리기 등과 같은 기술들이 이루어지고 있는지 알아보려고 하였다. 개방적 참담구를 수행한 학생들이 작성한 보고서를 전통적인 학교 탐구를 수행한 학생들의 보고서와 비교해 보고, 보고서 기술내용에 대한 분석을 통해 개방적 참담구의 어떤 측면으로 인해 학생들의 보고서 쓰기에서 차이를 나타내게 하는지 알아보았다. 또한 탐구활동에 대한 학급 토론활동이 학생들의 보고서 쓰기에 미치는 효과에 대해서도 알아보았다.

1) 이러한 기술을 아래에서 과학자들의 보고서쓰기 특징이라고 지칭하였다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상 및 연구설계

과학교등학교 1학년 6개 학급의 학생들을 대상으로 2개 학급씩 세 집단(비교집단, 실험집단 1, 실험집단 2)으로 구분하여 연구를 수행하였고, 컴퓨터 접속 실험(MBL)으로 진행되었다(표 1). 비교집단(n=45)에서는 탐구주제와 방법이 주어지는 전통적인 학교 탐구를 수행하였고, 실험집단 1(n=43)은 자신들이 탐구방법을 설계하여 수행하는 개방적 참탐구 활동을 수행하였다. 학생들의 다양한 아이디어를 반영할 수 있고 데이터 수집이 용이하도록 하기 위하여 컴퓨터 접속 실험(MBL) 장치를 이용하였으나(서정희 등, 2007), 실험집단의 학생들이 탐구를 개방적으로 수행하는데 있어서 느낄 수 있는 어려움을 감안하여 주어진 탐구문제에 대해 학생들이 조작변인만 선택하여 실험을 설계하도록 하고, 측정방법은 교사가 제시해주는 형태로 개방도 수준을 조절하였다. 실험집단 2(n=43)의 경우에는 실험집단 1과 마찬가지로의 개방적

참탐구를 수행한 후, 자신들이 설계한 탐구방법 및 탐구결과에 대하여 조별로 발표하고 질의응답 하는 학급토론 시간을 별도로 가졌다. 세 집단 모두 4인 1조로 하여 실험을 수행하였고, 보고서 작성은 개별적으로 하였다. 학생들이 컴퓨터 접속 실험(MBL)에 대한 경험이 없었기 때문에, 컴퓨터 접속 실험(MBL) 장치 사용을 익히는 것을 목적으로 하는 예비실험을 실시하고 보고서를 작성하였으나 분석에서는 제외시켰다.

학생들이 수행한 탐구내용 및 탐구를 통해 학생들이 경험한 인지과정은 다음 표 2와 같다.

세 집단 모두 실험 전에 관련된 이론 수업을 실시한 후 실험을 수행하였으며, 세 집단의 보고서 양식은 기존의 학교 실험 보고서에 비해 덜 구조화된 형태를 사용하였다(부록). 연구수행 전에 실시한 현미경 실험 보고서 검사를 통해 세 집단의 학생들의 보고서 쓰기에 차이가 없음을 확인하였고, 연구기간은 변인통제를 위하여 입학 직후인 3월 중순부터 5월 중순까지였다. 이 연구에서 교사는 학생들의 탐구를 주도적으로 이끌어가기보다는 학생들의 탐구활동이 원활하게 이루어지도록 돕는 보조자로서의 역할을 수행하였고,

표 1  
연구의 설계

	예비실험*	실험 1*	실험 2*
비교집단 (n=45)	MBL 실험장치 사용법 및 전통적 학교탐구 수행	전통적 학교 탐구 수행	전통적 학교 탐구 수행
실험집단 1 (n=43)	MBL 실험장치 사용법 및 개방적 참탐구 수행	개방적 참탐구 수행	개방적 참탐구 수행
실험집단 2 (n=43)	MBL 실험장치 사용법 및 개방적 참탐구 수행	개방적 참탐구 수행 후 학급토론 실시**	개방적 참탐구 수행 후 학급토론 실시**

\* 세 집단 모두 100분 연속수업으로 진행하였으며, 보고서는 수업이 끝난 후 과제로 작성하였다.

\*\* 학급토론은 실험시간과 별도로 50분 동안 진행하였다.

표 2  
실험집단과 비교집단이 수행한 탐구의 특성 비교

실험 내용 및 탐구에 내포된 인지과정		
	비교집단	실험집단
실험 1	감자조각과 과산화수소를 재료로, 온도(& 기질 농도)에 따른 효소의 반응속도를 기압변화로 측정	효소의 반응속도에 영향을 미치는 요인을 알아보기 위하여 감자조각과 과산화수소를 재료로 실험을 설계하고 수행, 기압 변화 측정
실험 2	빛의 세기에 따른 광합성량을 알아보기 위하여 CO <sub>2</sub> 생성속도 측정	광합성에 영향을 미치는 요인을 알아보는 실험을 설계하고 수행. CO <sub>2</sub> 생성속도 측정.
인지 과정	단순 변인통제, 관찰결과의 단순 전환, 오류 찾기	변인선택, 다양한 관찰, 간접변인 고려, 관찰결과의 전환, 오류 찾기, 다양한 연구

연구기간 중에는 보고서쓰기에 대한 지도나 평가에 의한 피드백을 실시하지 않았다.

## 2. 보고서 분석

SAPA II의 과학적 탐구과정 평가틀을 수정하여 보고서 분석틀을 고안하였다. 학생들의 보고서 쓰기에서 과학자들의 보고서쓰기 특징이 나타나는지 알아보고자 하였으므로, 기본적 탐구기능 중에서 '예상' 항목과 통합적 탐구기능 중에서 '데이터 해석'과 '결론 도출' 항목을 분석대상으로 하였다. 비교집단의 학생들이 탐구주제와 방법이 주어지는 탐구를 수행하였기 때문에 '문제인식', '가설설정', '변인통제' 항목은 제외시켰다. 고안된 분석틀은 과학교육전문가 3인으로부터 타당도를 검토 받았으며, 표 3에 제시하였다.

분석은 두 명의 과학교육 전문가에 의해 이루어졌으며, 평가준거에서 제시한 특징이 나타나는지에 대

한 일치도는 94%였다. 세 집단의 학생들이 작성한 보고서에서 과학자들의 보고서쓰기 특징이 나타나는 빈도에 차이가 있는지 알아보기 위하여  $\chi^2$  검증을 실시하였다. 그리고 보고서 기술 내용에서 나타나는 글쓰기 특징을 살펴보기 위하여 세 집단의 실험 2의 보고서 기술내용을 비교 분석하였다. 실험집단 1,2의 보고서에서는 비교집단과 같은 주제(빛의 세기와 광합성 속도)로 탐구를 수행한 32명의 보고서를 분석하였다 (실험집단 1: 12명, 실험집단 2: 20명).

## III. 연구결과 및 논의

### 1. 세 집단의 보고서 쓰기 비교

비교집단, 실험집단 1, 실험집단 2의 학생들이 작성한 보고서에서 과학자들의 보고서쓰기와 같은 특징이 나타나는 빈도는 표 4와 같다.

표 3

보고서 분석틀

분석 항목	평가 준거
실험결과에 대하여 예상하기	이론적 근거를 제시하고 있는가? 변인들 간의 관계에 대한 진술이 이루어지고 있는가?
데이터 해석하기	표·그래프 작성 등 데이터 전환이 이루어졌는가? 데이터 해석이 비판적으로 이루어지고 있는가?
결론 쓰기	실험 결과에 기초하여 객관적인 진술이 이루어지고 있는가?

표 4

세 집단의 보고서에서 과학자들의 보고서쓰기와 같은 특징이 나타나는 빈도

분석 항목	비교집단(n=45)		실험집단 1(n=43)		실험집단 2(n=43)			
	특징 나타남	나타나지 않음	특징 나타남	나타나지 않음	특징 나타남	나타나지 않음		
예상하기	근거 제시	실험1	0	45	4	39	0	43
		실험2	13	32	20	23	24	19
		계	13	77	24	62	24	62
기술의 타당성		실험1	17	28	24	19	30	13
		실험2	19	26	26	17	34	9
		계	36	54	50	36	64	22
데이터 해석하기	데이터 전환	실험1	0	45	7	36	16	27
		실험2	19	26	20	23	25	18
		계	19	71	27	59	41	45
비판적 평가		실험1	11	34	18	25	24	19
		실험2	13	32	23	20	26	17
		계	24	66	41	45	50	36
결론 쓰기	증거를 토대로 주장	실험1	8	37	10	33	12	31
		실험2	3	42	11	32	11	32
		계	11	79	21	65	23	63

모든 항목에서 비교집단보다 실험집단에서 과학자들의 보고서 쓰기 특징 빈도가 높게 나타났고, 실험집단 2의 빈도가 1보다 높게 나타났다. 또한 '결론 쓰기'를 제외하고 세 집단 모두 실험 1보다는 실험 2에서 빈도가 높게 나타나 탐구 수행 자체가 보고서 쓰기에 대해 어느 정도의 학습효과를 가지는 것으로 보인다. 그리고 세 집단 모두 '결론 쓰기'에서 과학자들과 같은 기술이 가장 적게 이루어지는 것으로 나타났다.

'예상하기'의 경우에는 실험 1에서 세 집단 모두 근거를 거의 제시하지 않는 것으로 나타나 실험 2의 보고서 양식에서 안내문(근거를 제시하도록 것)을 추가하였으나, 비교집단에서는 근거를 제시하지 않은 것들이 더 많았고 실험집단에서는 절반 정도가 근거를 제시하고 있었다. 또한 비교집단의 실험 1에서는 데이터 전환이 전혀 이루어지지 않는 것으로 나타났는데 이것은 MBL 실험의 특성과 관련된 것으로 보인다. 즉, MBL 실험에서는 실험데이터가 컴퓨터상에서 그래프로 바로 제시되기 때문에 학생들이 데이터 전환이 필요하다는 생각을 못했기 때문이라고 생각된다. 이에 비해 실험 2에서는 빛의 세기에 따른 광합성량 그래프를 이미 중학교 때 학습한 경험이 있기 때문에, 원데이터를 실험 목적에 맞는 그래프로 다시 전환시키게 된 것으로 생각된다. 따라서 선행지식이 학생들의 보고서 작성 시 데이터 전환에 영향을 미친 것으로 해석된다.

비교집단과 실험집단 간에 통계적으로 유의한 차이가 있는지 알아보기 위하여 실험 1과 2의 빈도에 대해  $\chi^2$  검증을 실시한 결과는 다음과 같다(표 5).

**표 5**  
집단 간 보고서 쓰기 특징의 빈도 비교

분석 항목			비교집단 - 실험집단(전체)			실험집단 1 - 실험집단 2		
			df	$\chi^2$ 값	p	df	$\chi^2$ 값	p
실험1	예상하기	근거 제시	1	2.142	.143	1	4.195	.041*
		기술의 타당성	1	5.503	.019*	1	1.792	.181
	데이터 해석하기	데이터 전환	1	13.156	.000***	1	4.807	.028*
		비판적 평가	1	5.654	.017*	1	1.675	.196
	결론	증거를 토대로 주장	1	.390	.532	1	.244	.621
실험2	예상하기	근거 제시	1	4.554	.003**	1	.745	.388
		기술의 타당성	1	6.761	.009**	1	3.528	.060
	데이터 해석하기	데이터 전환	1	.706	.401	1	1.165	.280
		비판적 평가	1	6.542	.011*	1	.427	.514
	결론	증거를 토대로 주장	1	5.880	.015*	-	-	-

\* $p < .05$ , \*\* $p < .01$ , \*\*\* $p < .001$

먼저 비교집단과 실험집단(전체)의 비교에서, 실험 1에서는 예상을 기술하는데 있어서 타당성( $p < .05$ ), 데이터 전환( $p < .001$ ), 데이터에 대한 비판적 평가( $p < .05$ )에서 유의미한 차이가 있었다. 실험 2에서는 예상하기에서 근거 제시( $p < .01$ )와 기술의 타당성( $p < .01$ ), 데이터에 대한 비판적 평가( $p < .05$ ), 결론 쓰기( $p < .05$ )에서 유의미한 차이가 있었다. 두 실험 모두에서 예상을 기술하는데 있어서 타당성과 데이터에 대한 비판적 평가에서 실험집단의 빈도가 유의미하게 높게 나타났는데, 이는 실험집단의 학생들이 조작변인을 선택하여 실험을 설계하고 수행하였기 때문에 변인에 대한 이해와 실험 목적을 잘 이해할 수 있게 되었음을 의미한다고 할 수 있겠다. 또한 전통적 실험에서 학생들이 실험결과를 의심 없이 받아들이는 것과는 달리 자신들의 데이터에 대해 비판적으로 평가하는 것은, 개방적 탐구 활동에서는 학생들이 처음 예상과 다른 실험결과를 얻는 경험을 하게 된 것과도 관련이 있을 것으로 생각된다(김미경, 2008). 실험 2에서는 근거를 제시하여 예상하기와 결론쓰기에서도 실험집단의 빈도가 유의미하게 높게 나타났다. 이러한 결과는 학생들이 실험을 설계하고 수행하는 과정에서 실험에 대하여 심층적, 반성적인 사고를 하게 되었음을 의미하는 것이라 할 수 있겠다(Chin & Brown, 2002). 한편, 실험 1에서 유의미한 차이를 보였던 데이터 전환의 경우 실험 2에서는 차이가 나타나지 않은 것은 앞서 논의한 바와 같이 실험 2의 내용에 대한 선행학습의 영향 때문이라고 생각된다.

실험집단 1과 2의 비교에서는, 실험 1에서 근거를 제시하여 예상하기( $p < .05$ )와 데이터전환( $p < .05$ )에 있어서 유의미한 차이가 있었으나, 실험 2에서는 모든 항목에서 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났다. 그런데 근거를 제시하여 예상하기 항목은 실험 1에서 두 집단 모두 근거를 제시한 학생이 거의 없었고 실험집단 1의 빈도가 더 높았으나, 실험 2에서는 실험집단 2에서 빈도가 더 높게 나타났다.(표 4) 또한 실험 2의 데이터 전환하기에서 두 집단 간 차이가 없는 것도 비교집단과 실험집단(전체)의 비교에서와 같이 선행학습의 영향 때문이라고 생각된다. 그러나 실험집단 2의 데이터 전환 빈도는 실험 1, 2에서 다른 집단들에 비해 높게 나타났는데, 이는 탐구 후 실시한 토론의 효과일 가능성이 있다. 데이터 전환을 하기 위해서는 학생들이 실험의 목적을 분명하게 이해하는 것이 필요하다. 학생들이 실험을 설계하고 수행한 것에 대해 토론하면서 다시 한 번 실험에 대해 반성적인 사고를 한 것이 실험의 의미를 이해하는데 도움이 되었고, 그 결과 데이터 전환의 필요성을 이해하게 된 것으로 보인다.

한편 학급토론 활동은 학생들에게 데이터 해석에 대한 논의를 할 수 있는 기회를 제공하므로, 데이터에 대한 비판적 해석이나 결론쓰기에도 영향을 미칠 것으로 기대되었으나 두 집단 간의 유의미한 차이는 발견되지 않았다. 비판적 평가 항목에 대한 두 집단의 빈도를 비교해보면 실험 1에서는 실험집단 1, 2 간의 빈도차가 어느 정도 있었으나, 실험 2에서는 빈도의 차이가 크지 않았다. 또한 실험집단 2에서 실험 1과 실험 2의 빈도 차이가 거의 없는데, 이러한 결과는 학생들이 토론을 통해 데이터에 대해 비판적으로 논의한 것을 보고서 작성으로 연결시키는데 한계가 있는 것으로 해석된다.

## 2. 세 집단의 보고서 내용면에서의 차이

보고서의 기술 내용면에서의 차이를 살펴보기 위하여 세 집단의 '빛의 세기와 광합성 속도' 보고서를 비교 분석한 결과는 다음과 같다.

### 1) 예상하기

예상은 어떤 자연현상의 원인으로 작용하는 몇몇

변인을 바탕으로 새로운 사건을 추리하는 것으로(박승재, 조희형, 2000), (가설) 연역적 실험에서는 실험을 수행하기 전에 미리 결과를 예상하고 실험한다. 학교실험에서 많이 이루어지고 있는 확인실험은 연역법에 기초하고 있으므로(조희형, 최경희, 2007), 학생들이 실험결과에 대하여 미리 예상해보게 할 필요가 있다. 실험 결과에 대한 예상은 실험의 배경이 되는 이론에 기초하여 앞으로 발견해야할 사실을 미리 추측하는 것이므로, 예상은 이론에 대한 탐색을 필요로 하고 이를 통해 실험결과를 어떻게 해석해야 되는지 나아가 결론도출의 방향성이 분명해진다(박승재, 조희형, 2000).

학생들이 보고서의 '예상하기'에서 진술한 내용을 살펴보면 추리나 가설에 가까운 것들이 많았으나, 변인이 변하는 양상 또는 규칙성, 변인들 사이의 상관관계나 인과관계에 관한 진술이 이루어진 경우에(조희형, 최경희, 2007), '예상하기'가 타당하게 이루어진 것으로 간주하였다. 비교집단의 '예상하기'에서는 자신들이 중학교 때 배워 익히 알고 있는 지식을 토대로 간단하게 기술하는 경우가 많았으며(71.1%<sup>2)</sup>), 근거를 제시하였지만 내용이 잘못되었거나 피상적으로만 제시하는 형태였으며, 전시간의 이론 수업의 내용을 잘 활용한 경우는 많지 않았다(13.3%). 다음은 비교집단의 '예상하기' 예시이다.

- 빛의 양이 증가할수록 광합성 속도는 증가할 것이다. 광합성의 명반응에는 빛이 필요하기 때문이다. 따라서 광합성 속도도 빛에 의존할 것이다.
- 빛의 세기가 증가하면 광합성에 참여하는 엽록소가 많아질 것이므로 광합성량은 증가할 것이다.
- 빛의 세기가 클수록 광합성량이 클 것이다. 더 센 빛이 더 많은 전자를 활성화시키기 때문이다.
- 빛의 세기가 증가할수록 광합성량은 증가한다. 그런데 호흡량은 일정하므로 (광합성량-호흡량)은 증가한다.
- 빛의 세기가 셀수록 광합성 속도는 빨라질 것이다. 그 이유는 광계에서 빛을 많이 흡수하여 명반응 속도가 빨라지기 때문이다.

반면에, 실험집단 1과 2에서는 조작변인이 종속변

2) 비교집단과 달리 실험집단은 학생들이 변인을 선택하였으므로 세 집단의 보고서 수에 차이가 있는 관계로, 각 집단 별로 '빛의 세기와 광합성 속도' 보고서 중에서 특징이 나타나는 빈도를 %로 제시하였다.

인에 어떻게 영향을 미칠 것인지에 대한 설명이 훨씬 더 정교하게 이루어지고 있는 것들을 볼 수 있었다. 다음은 실험집단의 ‘예상하기’ 예시이다.

- 광합성은 명반응과 암반응으로 나누어지는데, 명반응은 빛에너지를 이용하여 암반응에 필요한 ATP, NADPH를 생성하는 과정이다. 그러므로 더 센 빛을 주면 이 반응이 더 잘 진행될 것이므로 광합성 속도가 더 빨라질 것이다.(실험집단 1)
- ...왜냐하면 명반응을 시행하는 틸라코이드 막은 빛이 강할수록 받는 에너지가 커져 광합성이 활발해지기 때문이다. 그러나 어느 정도를 넘으면 받는 모든 빛에너지를 광합성에 사용할 수 없게 되고(CO<sub>2</sub>의 흡수 부족이나 효소의 반응 속도 등으로 인해), 그 이후 광합성량은 증가하지 않는다. 빛이 너무 약하면 호흡만이 일어나 CO<sub>2</sub> 농도가 오히려 증가할 것이다.(실험집단 1)
- 광합성 과정 중 명반응에서 빛의 에너지로 산화 환원 반응을 일으켜 광합성을 한다. 따라서 빛의 광도가 커질수록 빛으로부터 얻는 에너지가 더 많아지면 광합성이 더 잘 이루어질 것으로 추측된다.(실험집단 2)
- 명반응에서 암반응으로 갈 때 빛에너지로 인한 전자의 들뜸 현상이 일어난다. 이때 빛에너지의 세기에 따라 전자의 들뜸 현상이 빨리 일어나기 때문에 그 만큼 명반응 생성물인 NADPH<sub>2</sub>와 ATP가 빨리 생성된다. 이 NADPH<sub>2</sub>와 ATP가 생기면 암반응을 거칠 수 있는데, 에너지의 세기가 클수록 암반응의 캘빈회로가 빨리 돌아가게 된다.(실험집단 2)

위 예시에서 보이는 것처럼 실험집단에서는 전 시간 수업에서 다룬 광합성 명반응에서 빛의 역할에 대한 지식을 활용하여 실험 결과를 예상한 것이 많았다

(56.3%). 이것은 학생들이 탐구를 설계하여 수행할 때, 탐구 문제와 관련하여 자신들이 알고 있는 지식을 훨씬 더 많이 활용하여 심층적으로 사고하고 있음을 보여주는 것으로(Chin & Brown, 2002), 실험과 관련된 이론에 대한 탐색이 이루어지고 있음을 의미한다. 이론에 대한 탐색은 실험결과에 대한 예상뿐만 아니라 실험설계, 결과를 해석하고 결론을 도출하는 데에도 영향을 미칠 수 있을 것으로 생각된다.

## 2) 데이터 해석하기

데이터 해석은 실험에서 얻어진 데이터에 담겨진 의미를 이해하고 그것을 표현하는 것으로, 관찰과 측정을 통해 수집한 자료를 체계적으로 조직하고, 표·그래프·그림·사진 등을 읽고 분석하여 결론 도출로 이어진다(조희형, 최경희, 2001). 데이터 해석은 수집한 데이터를 실험 목적에 맞게 전환시키는 것에서부터 이루어지므로, 먼저 세 집단의 데이터 전환에 대해 비교한 결과는 다음과 같다(표 6).

비교집단의 보고서에서는 원데이터를 그대로 제시한 경우가 57.8%였고, 데이터 전환을 하였으나 정확한 형태로 이루어진 것은 8.9%에 불과하였다. 반면에 실험집단 1과 2에서는 데이터 전환을 실시한 경우가 더 많았고, 실험목적에 적합한 형태로 그래프를 정확하게 작성한 경우를 많이 볼 수 있었다(실험집단 1: 41.7%, 실험집단 2: 45.0%). 데이터 전환은 실험의 목적을 분명하게 이해하는 데서부터 시작되며, 그래프를 작성하는 데에는 기술이 요구된다(김태선 등, 2005). 따라서 이러한 결과는 개방적 탐구 활동을 수행하는 것이 학생들에게 실험 목적을 잘 이해하게 하고, 데이터 전환의 필요성 및 데이터 제시의 정확성에 대해 생각해볼 기회를 제공하는 것으로 해석할 수 있겠다.

한편 이렇게 처리한 데이터를 해석하여 결론도출로 연결시키기 위해서는 변환된 데이터로부터 두 변인

**표 6** 세 집단의 ‘빛의 세기와 광합성 속도’ 보고서에 제시된 데이터 전환에 대한 비교

		빈도(%)		
		비교집단 (n=45)	실험집단 1 (n=12)	실험집단 2 (n=20)
원데이터로 제시		26(57.8)	6(50.0)	8(40.0)
데이터 전환이 이루어짐	급간 설정이나 그래프 형태 선택이 잘못됨	15(33.3)	1(8.3)	3(15.0)
	그래프를 정확하게 나타냄	4(8.9)	5(41.7)	9(45.0)

간의 관계를 파악해 내어야 하는데, 이를 위해서는 데이터에 대한 비판적이고 논리적 사고로 접근하는 것이 필요하다(박승재, 조희형, 2000). 다음은 비교집단의 데이터 고찰에 대한 예시이다.

- 광포화점이 나타나면 (CO<sub>2</sub> 변화 그래프의) 기울기가 0인 지점이 나와야 하는데, (우리 실험에서는) 그래프의 기울기가 0인 지점이 없었으므로, 광포화점이 나타나지 않았다.
- (사용한) 스탠드의 개수가 많을수록 광합성량이 증가하였다.

위 예시에서 제시된 것처럼 비교집단에서는 데이터에 대한 비판적인 평가보다는 자신들이 예상했던 결과가 나타났는지에 대한 기술이 많았다(71.1%). 이러한 진술은 대부분 확인실험 형태로 이루어지는 학교 실험의 보고서에서 흔히 볼 수 있는 것이다. 이에 비해 실험집단의 데이터해석에서는 자신들이 얻은 데이터에 대해 비판적으로 기술한 것들을 발견할 수 있었다(56.3%).

- 실험 중의 CO<sub>2</sub>농도의 초기값을 모두 같게 설정하지 못하였는데 CO<sub>2</sub>농도가 1000ppm 이상일 경우에는 CO<sub>2</sub>농도가 광합성 속도에 영향을 주지 못하므로 고려하지 않아도 된다.(실험집단 1)
- ...그런데 우리가 실험을 3회만 실시했기 때문에 결과를 단정지어 말하는데 무리가 있다고 생각된다. 실험을 좀 더 많이 했으면 보다 정확한 결과를 얻었을 것이라고 생각한다.(실험집단 1)
- ...15000lux보다 10000lux에서 CO<sub>2</sub> 감소 속도가 가장 크게 나타났다. 내 생각에 초기 CO<sub>2</sub> 농도가 달랐기 때문이라고 생각되어, 초기 CO<sub>2</sub> 농도 비 CO<sub>2</sub>감소 속도 그래프를 그려본 결과 처음 예상했던 그래프가 나오는 것을 알 수 있었다.(실험집단 2)
- 실험에서 같은 잎을 계속 사용한 점, 수조를 이용해도 열전도로 인해 호흡병의 온도가 다를 수 있다는 점 등이 실험에서 문제가 될 수 있을 것 같다.(실험집단 2)

위 예시에서 나타난 것처럼 실험집단 학생들 가운데에는 자신들의 예상과 다른 결과를 얻게 된 경우가

있었고, 그에 따라 학생들이 자신들의 데이터에 대해 비판적으로 분석하게 된 것으로 보인다(김미경, 2008). 그리고 실험의 오차나 한계를 지적하는 것은 실험방법의 신뢰성과 결과해석의 타당성에 대해 학생들이 고려하고 있음을 나타내주는 것으로, 실험집단 2에서 이러한 기술이 좀 더 많이 발견되었다(실험집단 1: 41.7%, 실험집단 2: 55.0%). 이러한 결과는 탐구를 개방적으로 수행하는 것뿐만 아니라 토론을 통해 자신들의 실험 설계 및 수행, 실험에서 얻어진 데이터에 대해 반성적으로 생각해보는 것이 중요함을 보여준다고 할 수 있겠다. 또한 이것은 탐구활동에서 토론활동이 수반될 때 글쓰기가 사회적 과정으로서의 학습을 위한 도구를 제공하게 된다는 선행연구 결과(Warwick *et al.*, 2003)와도 일치한다.

### 3) 결론 쓰기

결론은 수집한 자료를 분석하여 판단을 도출하고 그 판단을 진술하는 것으로, ‘중속변인과 조작변인 사이에 어떤 인과관계(또는 상관관계)가 있는가?’에 관한 답의 형식으로 진술한다. 결론은 결과의 반복적 진술이 아니라 그 결과에 바탕을 두어 논리적으로 추론한 진술로 기술되어야 한다(조희형, 최경희, 2001). 세 집단의 결론쓰기에 대한 전형적인 예시를 아래에 제시하였다.

#### <비교집단>

- 빛의 세기가 증가할수록 광합성의 속도는 증가한다.
- 광포화점이 되기 전까지는 빛의 세기가 증가하면 할수록 광합성량이 많아진다.
- 빛의 세기가 증가할수록 광합성 속도가 빨라지나 광계의 숫자가 제한되어 있으므로 광합성 속도가 계속 같은 양으로 변하지는 않는다.

#### <실험집단>

- 빛의 세기가 커질수록 광합성률이 증가한다. 하지만 무조건 빛의 세기가 클수록 광합성률이 증가하는 것은 아니며, 특정한 광포화점이 존재한다. 또한 아무리 빛의 세기가 커도 일정량의 CO<sub>2</sub>농도가 있어야 광합성률이 이루어진다는 것도 추가적으로 알아내었다.(실험집단 1)
- 광합성 속도는 여러 요인의 영향을 받는다. 빛의 세기도 그 중 하나인데, 빛의 세기가 세어질수록

광합성 속도는 증가하고 일정세기를 초과하면 그 이후로는 광합성량이 일정하다.(실험집단 1)

- 실험을 통해 빛의 세기가 세질수록, 광합성량이 증가한다는 것을 알았다. 하지만 조사에 따르면 광합성 속도는 빛의 세기에 따라 계속 증가하는 것이 아니라 일정세기가 지나면 그 속도가 일정해 지는데, 그 이유는 엽록소의 수가 제한되어 있기 때문이라고 생각한다. 하지만 우리조의 실험에서는 9000lux, 10000lux, 12000lux에서만 실험을 수행했으므로, 그런 결과를 얻지 못했다. 또한 11000lux에서는 실험을 해보지 못해서 정확한 결과를 얻을 수 없었다.(실험집단 2)
- 빛의 세기는 광합성 속도에 영향을 끼치며, 세기가 커지면 광합성 속도도 또한 증가한다. 하지만 실험을 매우 좁은 범위의 빛의 세기에서만 했기 때문에 일반적인 경우에서도 이 결론이 성립할지는 모른다.(실험집단 2)

위 예시에서와 같이 비교집단에서는 결론을 예상해보기에서 기술했던 내용의 반복으로 간단하게 쓰는 경우가 대부분이었다(93.3%). 반면에 개방적 참탐구 활동을 수행한 실험집단 1, 2에서는 실험의 이론적 배경을 토대로 두 변인 간의 관계에 대해 더 구체적으로 기술하는 것들을 볼 수 있었다(31.3%). 또한 제한된 실험결과로부터 결론을 도출하는데 있어서 한계를 잘 지적한 것들도 발견되었는데(11.6%), 이것은 학생들에게 결론이 자신들의 실험 범위 내에서 이루어져야 하는 것으로 인식되고 있음을 암시한다. 이러한 결과는 탐구보고서의 결론 쓰기를 통해 학생들에게 ‘근거를 토대로 주장하기’를 학습할 수 있는 기회를 제공할 수 있음을 의미한다. 그러나 세 집단 모두 결론에서 실험 결과에 대한 논의가 포함되어 있는 경우가 종종 발견되어 결론쓰기 자체에 대한 지도가 필요함을 알 수 있었다.

#### IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 중등학교 탐구보고서 쓰기 활동에서 과학자들의 보고서 쓰기에서와 같은 기술이 이루어질 가능성을 모색해 보았다. 탐구보고서 쓰기를 통해 학생들에게 비판적 사고와 과학적 추론을 경험하도록 하기 위해서는 학생들이 실제문제를 다루거나 개방적

인 형태로 탐구를 수행할 필요가 있다(Key *et al.*, 1999). 이에 따라 학생들이 실험을 설계 수행하는데 있어서 개방도 수준을 다양화하여 과학적 추론을 학습할 수 있도록 개발된 개방적 참탐구 활동을 수행하도록 하고, 이 학생들의 보고서에서 과학자들의 보고서 쓰기 특징이 나타나는지 살펴보았다.

먼저 전통적인 학교 탐구를 수행한 학생들의 보고서와 비교했을 때, 개방적 참탐구 활동을 수행한 집단에서 과학자들의 보고서 쓰기 특징이 나타나는 빈도가 유의미하게 높게 나타난 항목들이 있었다(실험 1: 예상을 기술하는데 있어서 타당성( $p < .05$ ), 데이터 전환( $p < .001$ ), 데이터에 대한 비판적 평가( $p < .05$ ), 실험 2: 예상하기에서 근거 제시( $p < .01$ )와 기술의 타당성( $p < .01$ ), 데이터에 대한 비판적 평가( $p < .05$ ), 결론 쓰기( $p < .05$ )). 또한 보고서의 기술 내용에 대한 비교 분석에서도 개방적 참탐구 활동을 수행한 집단에서 실험결과에 대한 예상이 훨씬 더 정교하게 기술되고, 탐구 목적에 맞는 데이터 전환과 이에 기초한 비판적인 해석이 이루어지는 것을 볼 수 있었다. 이러한 결과는 탐구활동을 개방적으로 수행하는 것이 학생들의 탐구 보고서 쓰기에 있어서 효과적임을 의미한다고 할 수 있다. 탐구를 설계하여 수행하는 것이 학생들에게 알고 있는 지식을 잘 활용하여 심층적으로 사고하게 하고, 변인에 대한 이해와 실험목적에 잘 이해하게 하는 것으로 보인다. 그 결과, 실험결과에 대한 예상을 할 때 변인들 간의 관계에 대한 기술이 타당하게 이루어지게 되고, 정확한 데이터 전환을 하게 되는 것을 알 수 있었다. 또한 학생들이 예상과 다른 실험결과를 얻는 경험을 하게 됨으로써 자신들의 데이터에 대한 비판적 해석을 하게 되는 것으로 보인다.

그리고 개방적 참탐구 수행 후 학급 토론을 실시한 집단과 실시하지 않은 집단의 보고서를 비교한 결과, 토론을 실시한 집단의 기술 내용에서 데이터에 대한 비판적 평가가 좀 더 잘 이루어지고 결론을 도출하는데 있어서 실험의 제한점을 지적하는 것을 볼 수 있었다. 이와 같은 결과는 토론활동이 학생들에게 실험에 대한 이해도를 높이고 반성적인 사고를 하게 하였음을 의미하는 것으로 해석할 수 있으며, 그 결과 학생들이 비판적으로 사고하게 되고 데이터 범위 내에서 결론을 도출해야 함을 이해하게 된 것으로 보인다.

그러나 결론쓰기에서 세 집단 모두 실험결과에 기초하여 객관적으로 기술된 빈도가 아주 낮게 나타났

고, 데이터 분석에 대한 논의와 도출된 결론에 대한 진술이 섞여 있는 것을 종종 볼 수 있었다. 데이터 해석하기에서도 학생들은 데이터를 실험목적에 맞게 전환하거나 그래프 작성을 정확하게 하는 데에 어려움을 느끼는 것으로 확인되었다. 따라서 보고서 쓰기 자체에 대한 교사의 지도가 필요하다고 할 수 있겠다(김태선 등, 2005). 또한 탐구 수행 후 토론활동을 수행하는 것이 학생들에게 실험의 의미를 이해하고 데이터 전환의 필요성을 느끼게 하는데 도움이 되지만, 이러한 점들을 보고서에 반영하는 데에는 한계가 있음이 확인되었으므로, 이 부분에 대해서도 교사의 지도가 적절히 이루어져야 할 필요가 있다. 중등학교의 보고서 쓰기 활동에서 과학자들의 보고서 쓰기에서와 같은 기술이 이루어지도록 하기 위해서는 교육적 측면도 함께 고려되어야 하므로(Keys, 2000), 탐구활동 내용 및 학생들의 인지 발달 단계를 고려한 탐구보고서 틀 개발과 탐구보고서 쓰기 지도전략에 대한 연구가 계속해서 이루어져야 할 것이다.

## 국문 요약

이 연구에서는 개방적 참담구 활동을 수행한 학생들의 탐구보고서에서 과학자들의 보고서 쓰기에서와 같은 특징이 나타나는지 살펴보고, 개방적 참담구 활동 수행 후 실시한 학급 토론활동이 탐구보고서 쓰기에 미치는 효과에 대해서 알아보았다. 서울시 소재 과학고등학교 1학년 학생들을 대상으로 비교집단(전통적 학교탐구 수행,  $n=45$ ), 실험집단 1(개방적 참담구 활동 수행,  $n=43$ ), 실험집단 2(개방적 참담구 활동 수행 후 학급토론 실시,  $n=43$ )로 구분하여, 탐구를 수행하게 한 후 작성한 보고서를 분석하였다. 보고서는 실험 결과에 대한 예상하기(근거제시 및 기술의 타당성), 데이터 해석하기(데이터전환 및 비판적 해석), 결론쓰기(실험결과에 기초한 객관적 진술)를 중심으로 이루어졌다. 그 결과 실험집단에서 과학자들의 보고서 쓰기 특징이 나타나는 빈도가 비교집단보다 높게 나타났다. 특히 '근거를 제시하여 예상하기( $p<.01$ )'와 '데이터에 대한 비판적인 평가( $p<.05$ )'에서 유의미한 차이를 나타내었다. 그러나 결론쓰기에서는 세 집단 모두 실험결과에 기초하여 객관적으로 기술하는 빈도가 아주 낮게 나타났다. 보고서의 기술 내용면에서는, 실험집단에서 실험결과에 대한 예상이 훨씬 더 정교

하게 기술되어 있었고, 데이터 전환의 정확성과 데이터에 대한 비판적 해석을 볼 수 있었다. 그리고 실험집단 2의 학생들의 보고서에서는 데이터에 대한 비판적 해석, 실험의 오차에 대한 기술을 볼 수 있었고, 이는 학급 토론활동이 학생들에게 과학적 사고를 하게 하는데 효과적임을 의미한다.

## 참고 문헌

- 김미경 (2008). 개방적 참담구 활동에서 과학고등학교 학생들의 과학에 대한 인식론적 이해. 서울대학교 박사학위 논문.
- 김태선, 고수형, 김범기 (2005). 고등학생들의 그래프 능력과 과학탐구능력 및 과학 학업 성취도의 관계. 한국과학교육학회지, 25(5), 624-633
- 김희경 (2003). 중학생의 동료 간 논변활동을 강조한 개방적 물리탐구: 조건, 특징, 역할을 중심으로. 서울대학교 박사 학위 논문.
- 박승재, 조희형 (2000). 과학론과 과학교육(제2판). 서울: 교육과학사.
- 서정희, 문경원, 류선화, 김영수 (2007). 중등 과학교사의 컴퓨터 접속 실험에 대한 인식 및 활용 실태 조사 연구. 한국생물교육학회지, 35(2), 253-265.
- 조희형, 최경희 (2001). 과학교육총론. 서울: 교육과학사. 73-82.
- 조희형, 최경희 (2007). 과학교육의 이론과 실제. 서울: 교육과학사. 420-421.
- American Association for the Advancement of Science(AAAS) (1990). Science: A process approach(II). Washington D.C.: AAAS.
- Bazerman, C. (1998). Shaping written knowledge: The genre and activity of the experimental article in science. Madison: University of Wisconsin Press.
- Berkenkotter, C., & Huckin, T. N. (1995). Genre knowledge in disciplinary communication: Cognition/ culture/ power. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Chin, C., Brown, D. E., & Bruce, B. C. (2002). Student-generating questions: A meaningful aspect of learning in science. International Journal of Science Education,

24(5), 521-549.

Hand, B., Wallace, C. W., & Yang, E. Y. (2004). Using a science writing heuristic to enhance learning outcome from laboratory activities in seventh grade science: Quantitative and qualitative aspects. *International Journal of Science Education*, 26(2), 131-149.

Keys, C. W. (1999). Revitalizing instruction in scientific genres: Connecting knowledge production with writing to learn in science. *Science Education*, 83(2), 115-130.

Keys, C. W. (2000). Investigating the thinking processes of eighth grade writers during the composition of a scientific laboratory report. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(7), 676-690.

Keys, C. W., Hand, B., Prain, V., & Collins, S. (1999). Using the science writing heuristic as a tool for learning from laboratory investigations in secondary science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(10), 1065-1084.

National Research Council (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning*. Washington D.C.: National Academy Press.

Neuman, S. B., & Roskos, K. A. (1993). *Language and literacy learning in the early years: An integrated approach*. Orlando, FL: Holts, Rinehart, and Winston.

Prain, V. (2006). Learning from writing in secondary science: Some theoretical and practical implications. *International Journal of Science Education*, 28(2-3), 179-201.

Rivard, L. P. (1994). A review of writing to learn in science: Implications for practices. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(9), 969-983.

Roychoudhury, A., & Roth, W.-M. (1996). Interactions in an open-inquiry physics laboratory. *International Journal of Science Education*, 18(4), 423-445.

Shepardson, D. P., & Britsch, S. J. (2001). The role of children's journals in elementary school science activities. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(1), 43-69.

Wallace, C. S., Hand, B., & Prain, V. (2004). *Writing and learning in the science classroom*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Warwick, P., Stephenson, P., & Webster, J. (2003). Developing pupils' written expression of procedural understanding through the use of writing frames in science: Findings from a case study approach. *International Journal of Science Education*, 25(2), 173-192.

White, R. T. (1996). The link between the laboratory and learning. *International Journal of Science Education*, 18(7), 761-774.

## 부록. 연구에서 사용된 탐구보고서 양식

### < 비교 집단 >

#### 1) 실험 목표

- ① 온도에 따라 효소의 반응속도가 어떻게 달라지는지 설명할 수 있다.
- ② MBL 실험 장치를 활용하여 효소의 반응속도를 측정할 수 있다.

♣ 실험 결과를 예상해보자(반드시 근거를 제시할 것).

### < 실험 집단 >

#### 1) 연구문제 설정

- ① 어떤 요인들이 효소의 작용에 영향을 줄 수 있을까?  
💡 Tip : 효소의 주성분은 단백질이다. 효소의 작용을 효소의 성분과 관련지어 생각해보자.

#### ② 우리 조의 실험 변인 선택

- 종속변인 :
- 조작변인 :
- 통제변인 :

#### ③ 우리조의 연구문제

- ④ 실험 결과를 예상해보자(반드시 근거를 제시할 것).

#### 2) 실험 방법

- ① 코르크 보러를 이용하여 감자를 일정한 굵기로 쪼갠 후 1cm 높이로 자른다.
- ② 50mL 원심분리튜브에 과산화수소 용액 200mL을 넣는다.
- ③ MBL 장치의 인터페이스와 컴퓨터를 연결한 뒤 인터페이스에 압력센서를 연결하고 전원을 켜다.
- ④ Logger pro 아이콘을 클릭하여 프로그램을 실행시킨다.
- ⑤ <입력설정> 탭에서 측정은 1초 간격, 실험시간은 300초를 입력한 후 적용한다.
- ⑥ 과산화수소가 든 원심분리튜브에 감자조각 3개를 넣고 압력센서를 꽂은 뒤 고무마개로 막는다.
- ⑦ <자료수집> 버튼을 눌러 실험을 시작한다.
- ⑧ 6%, 12%로 희석한 과산화수소 용액을 이용하여 3-7의 실험을 반복한다.

#### 2) 실험 설계

- 선택한 변인에 따라 어떻게 실험을 수행할 것인지 방법을 고안하여 쓴다.
- 실험설계 시에는 반드시 변인통제를 고려하도록 한다.
- ※ MBL 측정시 측정은 1초 간격으로 하며, 실험시간은 300초 동안 한다.

< 비교 집단 >

3) 결과 및 고찰

♣ 가능한 한 표나 그래프로 제시할 것

♣ 실험 결과가 자신들의 예상과 일치하는가? 일치하지 않는다면 그 이유는 무엇인가?

< 실험 집단 >

3) 결과 및 고찰

♣ 가능한 한 표나 그래프로 제시할 것

♣ 실험 결과가 자신들의 예상과 일치하는가? 일치하지 않는다면 그 이유는 무엇인가?

4) 결론

• 온도(& 기질농도)와 효소활성과의 관계를 설명해 보자.

4) 결론

• 선택한 요인과 효소활성과의 관계를 설명해 보자.