



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

교육학석사 학위논문

멘토링을 통한  
과학탐구 프로젝트에서 나타난  
고등학생의 상황정의 변화 탐색

Exploring High School Students' Shifts of  
Situation Definitions Appeared on Scientific  
Inquiry Project through Mentoring

2012년 8월

서울대학교 대학원  
과학교육과 생물전공  
이 경 아

멘토링을 통한  
과학탐구 프로젝트에서 나타난  
고등학생의 상황정의 변화 탐색  
Exploring High School Students' Shifts of  
Situation Definitions Appeared on Scientific  
Inquiry Project through Mentoring

지도교수 김 희 백

이 논문을 교육학석사 학위논문으로 제출함  
2012년 6월

서울대학교 대학원  
과학교육과 생물전공  
이 경 아

이경아의 석사 학위논문을 인준함  
2012년 7월

위 원 장 \_\_\_\_\_ (인)

부위원장 \_\_\_\_\_ (인)

위 원 \_\_\_\_\_ (인)

## 국 문 초 록

이 연구는 대학원생과 함께 ‘멘토링을 통한 과학탐구 프로젝트’에 참여한 고등학생들을 대상으로 해서, 초심자인 고등학생들의 연구 수행과 관련된 발달이 “실제적” 수준에서 대학원생의 수준인 “잠재적” 수준으로 변화하는 과정을 탐색하기 위해 수행되었다. 이를 구체적으로 알아보기 위해서 고등학생들의 프로젝트 초기 연구 과제에 대한 상황정의가 대학원생의 상황정의와 어떤 차이가 있었으며, 연구를 수행하는 과정에서 대학원생의 상황정의에 어떻게 근접해 가는지, 그리고 이러한 변화에 영향을 미치는 요인으로는 어떤 것들이 있는지를 심층적으로 분석하고자 하였다. 문화기술지 연구를 활용해서 8개월 동안 수행되었으며, 연구 참여자는 대학원생 1명, 대학생 2명, 고등학생 5명으로 지역 하천의 수질 오염 연구 프로젝트를 수행하였다.

연구 결과 고등학생들의 연구 목적, 연구 방법, 지역의 수질 오염에 대한 프로젝트 초기의 상황정의가 모두 대학원생의 상황정의 방향으로 변화한 것으로 나타났다. 이를 통해 고등학생들의 연구 과제 수행 능력이 프로젝트 초기의 실제적 발달 수준에서 대학원생의 수준인 잠재적 발달 수준에 가깝게 변화한 것을 구체적으로 확인할 수 있었다. 이와 같은 고등학생들의 연구 과제에 대한 상황정의 변화에 영향을 미친 요인으로는 대학원생의 스캐폴딩과 고등학생의 메타인지인 것으로 드러났다. 또한 고등학생들은 프로젝트 참여를 통해서 뚜렷한 네 가지 성과를 거두었다. 과학자가 수행하는 실제 과학탐구에 대한 이해가 높아졌으며, 프로젝트의 주제인 환경 분야 진로에 대한 관심이 커졌고, 지역 하천의 수질 오염에 대한 관심도가 높아졌다. 마지막으로 수질 오염 연구와 관련

된 과학적 지식이 증가한 것으로 나타났다.

본 연구의 결과를 통해서 연구 과제 수행과 관련해서 초심자와 전문가의 발달 수준에 큰 차이가 있다는 사실이 확인되었으며, 이는 초심자가 연구 과제를 처음부터 자율적으로 수행하는 데 어려움을 겪을 가능성이 있음을 의미한다. 한편, 이러한 발달 수준의 차이는 전문가의 스캐폴딩과 초심자의 메타인지를 통해서 좁혀져 간 것으로 나타났으며, 이 결과는 초심자의 연구 과제 수행 능력의 향상을 돕는 요인을 밝혔다는 점에서 그 의의를 찾을 수 있다.

주요어 : 탐구, 상황정의, 상호주관성, 스캐폴딩, 메타인지  
학 번 : 2009-23419

# 목 차

국문초록 .....	i
목차 .....	iii
표 목차 .....	v
그림 목차 .....	v
<b>I. 서 론 .....</b>	<b>1</b>
1. 연구의 필요성 .....	1
2. 연구 목적 및 연구 문제 .....	4
3. 연구의 제한점 .....	4
<b>II. 이론적 배경 .....</b>	<b>5</b>
1. 근접발달영역 .....	5
2. Wertsch의 근접발달영역 구성개념 .....	7
2.1 상황정의 .....	7
2.2 상호주관성 .....	8
2.3 기호매개 .....	9
3. 참여로서의 학습 .....	10
<b>III. 연구 방법 .....</b>	<b>11</b>
1. 연구 참여자 .....	11
2. 연구 상황 .....	13
3. 자료 수집 .....	16
4. 자료 분석 .....	17

IV. 연구 결과 및 논의 .....	18
1. 연구 과제에 대한 상황정의 .....	18
1.1 대학원생의 상황정의 .....	18
1.2 고등학생의 상황정의 변화 .....	19
1.2.1 연구 목적 상황정의 변화 .....	20
1.2.2 연구 방법 상황정의 변화 .....	27
1.2.3 지역의 수질오염 상황정의 변화 .....	32
2. 고등학생의 상황정의 변화 요인 .....	37
2.1 대학원생과 대학생의 스캐폴딩 .....	37
2.1.1 대학원생의 스캐폴딩 .....	34
2.1.2 대학생의 스캐폴딩 .....	45
2.2 고등학생의 메타인지 .....	47
3. 프로젝트 성과 .....	51
V. 결론 및 함의 .....	57
참고문헌 .....	61
Abstract .....	69

## 표 목 차

<표 1> 공동연구팀 구성원들의 소속 및 특성 .....	12
<표 2> 공동연구팀 역할 분담 .....	13
<표 3> 프로젝트 수행 일정표(2011년) .....	15
<표 4> 보고서에 들어가야 할 항목 및 제목, 실험시약 등 기재 방법 .....	40
<표 5> 대학원생의 첨삭 예시 - 지현이의 실험 보고서 .....	55

## 그 립 목 차

<그림 1> 근접발달영역 .....	6
<그림 2> 고등학생의 프로젝트 참여 흐름 및 상황정의 변화 .....	36



# I. 서론

## 1. 연구의 필요성

과학탐구는 과학교육에서 오랫동안 강조되어 왔다. 우리나라의 경우 3차 교육과정에서 탐구 중심 과학교육 이념이 크게 부각되어 관찰, 실험 등 탐구 활동이 강화되었으며(문교부, 1973), 7차 교육과정에서는 과학 개념을 이해시킬 때 탐구를 통해 달성해야 한다고 강조되었다(교육부, 1998). 또한 개정 7차 교육과정에서는 처음으로 자유탐구가 명시되었다(교육인적자원부, 2007). 미국의 경우 학생들이 탐구를 통해서 과학을 학습하면서 과학자의 활동과 사고 과정을 동일하게 경험하며(NRC, 2000), 탐구로서의 과학의 본성을 이해해야 한다(NRC, 1996)고 국가과학교육기준에 제시되었다.

그런데 현재 학교에서 수행되는 과학탐구는 과학자들이 수행하는 실제 과학탐구와는 차이가 있는 것으로 밝혀졌다(Chinn & Malhotra, 2002). 학교 과학탐구의 경우 교사가 연구 질문을 주고, 어떤 도구를 사용하여 어떤 데이터를 얻을 것인지, 데이터를 어떻게 조작할 것인지도 교사가 제공하며, 결과가 다른 이들에 의해 비판받지도 않으며, 정확한 답이 이미 정해져 있는 것으로 보고되었다(AAAS, 1993; 김미경, 2008). 학교의 과학탐구가 지닌 이러한 문제와 아울러 학생들이 과학자들에 의해 수행되는 실제 과학탐구를 좀 더 잘 이해할 필요가 있음이 지적되었다(AAAS, 1993; Dori & Herscovitz, 1999). Hodson(1993)은 이를 위해서 과학이 실행되는 실제적 맥락에서의 ‘과학하기’를 학습하는 것이 필요하며, 이러한 방법 중의 하나가 경험이 많고 숙련된 실행자와 함께 ‘과학을 하는 것’이라 하였다. 이는 학생들이 과학자가 수행하는 연구에 참여하여 실제 과학탐구를 경험하게 되면 과학의 본성에 대한 이해가 높아진다는 점을 반영한 것이다.

그런데 과학자 주도로 설계된 연구 프로젝트에 고등학생들이 참여하는 경우, 프로젝트가 고등학생들의 사전 경험과 현존하는 지식을 고려하지 않은 채 설계되었기 때문에 고등학생들의 연구 전반에 대한 이해에 한계가 있는 것(Ritchie & Rigano, 1996)으로 나타났다. 또한 국내에는 과학자의 연구에 고등학생이 함께 참여하는 프로그램으로 R&E(Research & Education)가 있는데, 이 프로그램에 참여한 학생들을 대상으로 프로그램에 대한 인식을 연구한 결과에 의하면 학생들은 ‘타율적으로 참여하게 된다’는 것을 프로그램의 단점으로 인식하는 것으로 보고되었다(강성주 등, 2009). 이와 같이 과학자가 수행하는 실제 과학탐구에 고등학생이 참여하는 경우, 고등학생은 과학자에 비해서 탐구 주제 관련 지식과 경험이 모두 낮은 수준에 있기 때문에 연구에 대한 자율성을 확보하기 어려운 상황인 것이 한계점으로 드러난 것이다.

그런데 이러한 한계점에도 불구하고 프로젝트 수행 능력에 있어서 전문가와 차이가 났던 초심자가 프로젝트 수행 능력이 점차 향상되면서 독립적인 연구자로 변화되었다는 결과도 보고되었다. 초심자가 프로젝트를 수행하면서 실험 방법에 대해 점차 익숙해졌으며, 실험 이론에 대해서 이해하게 되었기 때문이다(Ritchie & Rigano, 1996). 이처럼 초심자가 전문가와 함께 실제 과학탐구를 수행할 때 초심자의 탐구 수행 능력이 향상될 가능성이 큰 것으로 나타났다. 이에 본 연구에서는 대학원생은 멘토로서 역할을 수행하고 고등학생은 멘티로서 참여하는 ‘멘토링을 통한 과학탐구 프로젝트’를 통해서 초심자인 고등학생의 탐구 수행 능력의 변화를 알아보고자 한다. 멘토링에서 멘토는 실천적 지식을 가진 전문가로 간주되며, 멘티가 처한 상황에서 안내자 역할을 하는 것(Harrison *et al.*, 2005)으로 보고되었는데, 본 연구에서는 대학원생이 멘토로서 고등학생을 안내하는 전문가 역할을 수행하였다.

이에 따라 본 연구에서는 ‘멘토링을 통한 과학탐구 프로젝트’에 대학원생 멘토와 함께 참여한 고등학생의 탐구 수행 능력 변화를 알아보기 위해서 Vygotsky(1978)의 근접발달영역(zone of proximal development)

관점을 도입하였다. 근접발달영역이란 “독자적으로 문제를 해결함으로써 결정되는 실제적 발달 수준과 성인의 지도나 보다 유능한 동료와의 협동하에 문제를 해결함으로써 결정되는 잠재적 발달 수준 사이의 거리”로 정의된다. 이 관점에 따르면 초심자가 연구를 수행할 때, 발달의 “실제적” 수준은 초심자가 독립적으로 연구를 수행할 때 나타나는 것이고, “잠재적” 수준은 전문가의 지도로 수행할 때 성취될 수 있는 것으로 볼 수 있다. 따라서 초심자가 프로젝트를 수행하는 과정에서 근접발달영역이 어떻게 변화하는지 알아보기 위해서는 발달의 실제적 수준과 잠재적 수준을 알아볼 수 있는 보다 구체적인 잣대가 필요한 상황이다. 이에 Wertsch(1984)는 근접발달영역에서 발달의 실제적 수준과 잠재적 수준을 구체적으로 알아볼 수 있는 개념으로 상황정의(situation definition)를 제시했는데 “특정한 상황에서 작업하는 사람에 의해서 정의되는, 특정한 상황이나 맥락이 표현되는 방식”으로 정의된다. 즉, 초심자의 연구 수행 능력과 관련된 발달의 “실제적” 수준과 “잠재적” 수준은 연구 수행 상황에 대한 초심자의 언어를 통한 정의로 구체적으로 알아볼 수 있기 때문에, 상황정의는 근접발달영역 변화를 파악하는 데 유용한 잣대가 될 수 있는 개념으로 보인다.

따라서 본 연구에서는 ‘멘토링을 통한 과학탐구 프로젝트’에 참여한 고등학생들을 대상으로 해서, 초심자인 고등학생들의 연구 수행과 관련된 발달이 “실제적” 수준에서 “잠재적” 수준으로 변화하는 과정을 탐색하고자 한다. 이를 구체적으로 알아보기 위해서 Wertsch(1984)의 상황정의 개념을 토대로 해서 고등학생들의 프로젝트 초기 연구 과제에 대한 상황정의가 대학원생의 상황정의와 어떤 차이가 있었으며, 연구를 수행하는 과정에서 대학원생의 상황정의에 어떻게 근접해 가는지, 그리고 이러한 변화에 영향을 미치는 요인으로는 어떤 것들이 있는지를 심층적으로 분석하고자 하였다.

## 2. 연구 목적 및 연구 문제

본 연구에서는 대학원생과 함께 과학탐구 프로젝트를 수행하는 고등학생의 프로젝트 초기 연구 과제에 대한 상황정의가 대학원생의 상황정의 방향으로 변화하는 과정을 탐색하였다.

이를 통해서 전문가가 수행하는 실제 과학탐구 프로젝트에 참여하는 초심자가 프로젝트 초기 실제적 발달 수준에서 전문가의 잠재적 발달 수준에 가깝게 변화하는 과정을 알아보려고 하였다. 따라서 본 연구는 다음과 같은 연구 문제를 가진다.

첫째, ‘멘토링을 통한 과학탐구 프로젝트’에 참여한 고등학생의 연구 과제에 대한 상황정의는 어떻게 변화하는가?

둘째, 고등학생의 연구 과제에 대한 상황정의 변화에 영향을 미치는 요인은 무엇인가?

## 3. 연구의 제한점

본 연구는 다음과 같은 제한점을 가진다.

첫째, 본 연구는 연구자의 의도대로 선발한 소수의 인원을 대상으로 한 질적 사례 연구이므로 연구 결과를 전체 학생에게 일반화하여 적용시키는 데 제한점을 가질 수 있다.

둘째, 본 연구는 대학원생의 상황정의와 고등학생 5명이 공동으로 나타낸 상황정의를 비교해서 분석했다. 그런데 고등학생들 각각의 연구 과제 관련 사전 경험과 현존하는 지식이 다를 수 있다. 따라서 고등학생 5명의 연구 과제에 대한 개별적인 상황정의는 본 연구에서 드러나지 않는다는 한계가 있을 수 있다.

## Ⅱ. 이론적 배경

### 1. 근접발달영역(ZPD, zone of proximal development)

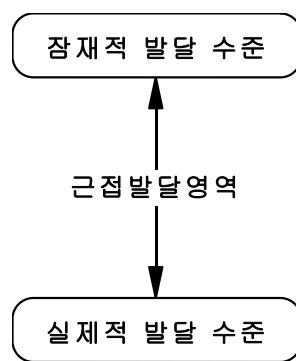
Vygotsky(1978)는 ZPD를 “독자적으로 문제를 해결함으로써 결정되는 실제적 발달 수준(ADL, actual development level)과 성인의 지도나 보다 유능한 동료와의 협동 하에 문제를 해결함으로써 결정되는 잠재적 발달 수준(PDL, potential development level) 사이의 거리”로 정의했다. 즉, ZPD에서 학습자의 발달 수준은 하위 경계인 ADL에서 상위 경계인 PDL까지의 범위 내에서 다양한 수준으로 존재할 수 있는데, Brown 등(1993)에 따르면 상위 경계는 고정되어 변하지 않는 것이 아니라 학습자의 발달 수준이 높아짐에 따라 학습자의 역량도 점차 발달하면서 끊임없이 변화한다. 성인과 아동이 특정한 활동을 함께 수행할 때 이 과정은 세 단계로 일어난다. 처음에는 성인이 활동의 인지적 영역의 대부분을 수행한다. 그 다음 단계에서는 성인과 아동이 활동의 책임을 공유하게 되고, 마지막에는 아동이 독립적으로 활동을 수행할 수 있게 된다(Ash & Levitt, 2003).

전문가와 초심자가 특정 활동을 함께 수행하는 경우 ZPD가 형성될 수 있는데, 초심자는 활동과 관련된 특정한 사물의 의미를 전문가처럼 완전하게 지각하지 못할 수도 있으며, 특정한 상황에 대해서 초심자와 전문가는 아주 다른 해석을 할 수도 있다. Baker 등(1999)은 이와 비슷하게 ZPD 내에서의 발화도 다르게 이해될 수도 있지만 그것이 반드시 문제인 것은 아니라고 지적했다. 여러 다른 관점을 가진 사람들이 상호작용할 때 학습이 일어날 수 있는데, 상호 간의 차이를 해결하기 위해서 자신이 추정한 것을 분명하게 해야만 하고, 논증해야 하고, 관련된 예를 들어야 하기 때문이다.

이러한 ZPD 개념에 근거해서 개인이 보다 유능한 다른 이들과 협동하

는 경우 혼자서 수행하는 것 이상으로 성취할 수 있는 방법에 대한 관심이 높아졌으며, 이후 아동의 사고가 다른 이가 제공한 도움에 의해서 변화하는 방식에 대한 많은 연구들이 이루어졌다(Hedegaard, 1992; Rogoff, 1990; Wertsch & Stone, 1999).

또한 여러 연구자들이 ZPD 구성개념을 확장하고 정교하게 다듬었다. Rogoff와 Wertsch(1984)는 ZPD에는 참여자들의 “공동 의식(joint consciousness)”이나 “상호주관성(intersubjectivity)”이 포함되어 있다고 주장했는데, 이를 통해서 ZPD를 공유된 학습 영역으로 확장시켰다. 잠재적 학습의 깊이는 학습자의 “능력”의 작용일 뿐만 아니라 “공동 의식”이나 “상호주관성”을 발달시킬 학습자와 더 유능한 다른 이 둘 다의 능력과도 밀접하게 관련되어 있기 때문이다. Wertsch(1984)는 ZPD를 체계적으로 이해하기 위해서 세 가지 구성개념을 제시했는데, 상황정의(situation definition), 상호주관성(intersubjectivity), 그리고 기호매개(semiotic mediation)이다. Wertsch에 의하면 성인과 아동이 특정한 활동을 함께 수행할 때 ZPD가 형성되는데, ZPD 내에는 한 개 이상의 상황정의가 존재하기 때문에 상호주관성이 존재하고 성인과 아동은 기호매개를 통해서 상호주관성에 대해서 절충한다.



<그림 1> 근접발달영역

## 2. Wertsch의 근접발달영역 구성개념

### 2.1 상황정의(situation definition)

Wertsch(1984)에 따르면 상황정의란 “특정한 상황에서 작업하는 사람에게 의해서 정의되는, 특정한 상황이나 맥락이 표현되는 방식”이다. 상황정의 개념은 ZPD를 설명할 때 필수적인데, ZPD 내에서 특정한 활동을 함께 수행하는 성인과 아동이 활동과 관련된 목적 및 구체적 사건을 표현하는 방식이 서로 다르기 때문이다.

제시된 모형과 똑같이 블록을 쌓는 과업이 성인과 아동에게 주어졌을 때, 이들이 이 과업의 목적을 달성하기 위해서 블록을 배열하는 방식으로 여러 가지가 가능하다. 블록들이 제시된 모형과 일치하도록 조립해야만 정확하게 완성될 수 있지만, 취학 전 아동은 제시된 모형을 참고하지 않고 블록을 선택하는 경향이 크다. 이와 같이 ‘제시된 모형과 똑같이 블록 쌓기’와 같은 동일한 과업의 목적이 성인과 아동에게 주어졌을 때 완전히 다른 방식으로 정의될 수 있는 것이다. 이에 근거해서 Wertsch(1984)는 특정한 과업이 주어진 상황에서 상황정의의 중요한 측면 중 하나가 “과업의 목적을 표현한다”는 것이라고 주장했다.

Berliner와 Carter(1989)는 숙련된 교사와 예비 교사가 교실에서 일어나는 사건들에 대해서 서로 다른 상황정의를 갖고 있다는 사실을 밝혀냈다. 즉, 숙련된 교사와 예비 교사는 특정한 교실 상황에서 벌어지는 사건들에 대해서 서로 다르게 판단하는 것으로 드러났다. 숙련된 교사는 특정한 교실 상황에서 무엇이 중요한지 예비 교사보다 더 잘 지각하였으며, 교실에서 수행해야 하는 과업의 미세한 특징들도 더 잘 인식하는 것으로 나타났다. 만약 예비 교사의 상황정의를 숙련된 교사의 상황정의와 일치하는 수준에 도달했다면 이들 사이에는 최대한의 상호주관성이 형성된 것이다. 여기에서 상호주관성은 단지 지식을 누적해서 형성되는 것이 아니다. 특정한 상황에 대해서 이전과는 질적으로 다르게 이해해야 형성되는 것이다(Hoel & Gudmundsdottir, 1999).

## 2.2 상호주관성(intersubjectivity)

Wertsch(1984)에 따르면 상호주관성이란 “성인과 아동이 같은 상황정의를 공유하고 자신들이 같은 상황정의를 공유한다는 것을 알 때 둘 사이에 존재하는 것”이다. 제시된 모형과 똑같이 블록을 쌓는 과업이 성인과 아동에게 주어졌을 때, 최소한의 상호주관성이 형성된 경우에는 블록의 위치에 대한 합의만 있을 수 있고, 최대한의 상호주관성이 형성된 경우에는 성인과 아동이 과업에 대한 목적과 구체적 사건을 동일한 방식으로 표현할 때 존재할 수 있는 것이다.

Wertsch(1985)는 상호주관성은 “여러 다른 수준”에서 나타날 수 있다고 제시하였다. 이는 각 학습자는 특정 과업의 수행과 관련된 “실제적” 발달 수준 및 “잠재적” 발달 수준이 다르고 이에 따라서 각 학습자의 발달 경로도 다르기 때문이다. 여기에서 발달의 “실제적” 수준은 학습자가 독립적으로 과업을 수행할 때 나타나는 것이고, “잠재적” 수준은 보다 유능한 다른 이의 지도로 수행할 때 나타날 수 있는 것이다. Wertsch(1985)는 또한 다음과 같은 상호주관성의 네 가지 발달 수준을 제시하였다. 처음에는 학습자 개인의 상황정의, 그 다음에는 다른 참여자와 공유된 상황정의, 그 다음으로는 다른 참여자의 상황정의에 대한 추론, 마지막으로 과업을 본연의 목표에 맞춰서 독립적으로 수행하는 것이다.

Wertsch(1984)에 따르면 아동의 상황정의를 ZPD의 실제적 발달 수준에 해당되더라도 성인의 상황정의를 반드시 잠재적 발달 수준에 해당되는 것은 아니다. 성인과 아동은 제 3의 상황정의를 토대로 특정한 활동을 함께 수행하기 때문인데, 이러한 제 3의 상황정의를 특정 상황에 대한 성인의 표상에만 해당되는 것은 아니다. 이와 같이 발달의 잠재적 수준에서의 성인과 아동의 공동 작업에는 종종 제 3의 상황정의를 포함되는데, 이러한 제 3의 상황정의를 성인과 아동 사이의 의사소통을 가능하게 하는 방식으로, 공동 작업의 목적 및 이와 관련된 구체적 사건들로



표현된다. 일부 경우에서 제 3의 상황정의가 아동 발달의 실제적 수준에 해당되기도 하지만, 항상 이런 경우만 있는 것은 아니다. 많은 경우에서 아동은 특정 상황에 대한 목적 및 관련된 구체적 사건들에 대한 자신의 이해를 변화시켜야 발달의 잠재적 수준에 해당하는 상호주관적 상황정의를 이해할 수 있을 것이다. 이러한 변화에는 아동의 상황정의의 성인의 상황정의 방향으로의 이동이 포함된다. 이와 같이 성인과 아동이 특정한 활동을 함께 수행할 때 상황정의가 다를 수 있는데 협의를 통한 제 3의 상황정의를 통해서 상호주관성이 형성될 수 있다.

한편 Roth(1993)는 학생들이 특정한 활동을 공동으로 수행할 때 의미를 협상하고, 공유하고, 합의에 이르기 위해서는 상호주관성을 형성해야 하므로 상호주관성은 협동 학습 연구에서 중요한 개념이라고 주장하였다.

### 2.3 기호매개(semiotic mediation)

상호주관적 상황정의에 대한 절충이 어떻게 일어나는지 알기 위해서 구체적인 작용 과정을 밝히는 것이 중요한데, 여기에서 등장한 개념이 기호매개이다. Vygotsky의 전반적인 이론에서 기호매개, 특히 언어 기호에 대한 설명이 핵심적인 역할을 하는데, Vygotsky(1986)는 ‘사고란 단지 언어로 표현되는 것이 아니라, 언어를 통해서 존재한다’고 주장하며 언어를 사고와 문제 해결을 위한 중요한 도구로 간주하였다. Wertsch(1984)는 상호주관성은 종종 언어를 통해서 생기는데, 완전히 다른 상황정의가 존재하는 경우에도 의사소통 시 적절한 형태의 기호매개가 이용된다면 상호주관성이 생길 수 있다고 주장하였다.

### 3. ‘참여’로서의 학습

Vygotsky의 이론에 기반한 사회적 구성주의에서는 학습 과정을 학습자가 동료나 교사와의 상호작용을 통해서 지식을 내면화하는 과정으로 보았다(이지영, 2011). Lave와 Wenger(1991)는 이러한 관점에 근거해서 학습을 특정한 상황 하에서의 사회적 공동 참여의 형태로 보았는데, 이러한 참여의 과정은 실행 공동체(community of practice)에 기반을 두고 있다. Wenger 등(2002)은 실행 공동체란, 실행에 기반한 학습을 통해서 특정 주제에 대한 관심 및 관련된 문제들을 공유하고 심화시켜 나가는 사람들의 집단이라고 정의하였다(이민주, 2011). 이러한 ‘참여’로서의 학습의 관점은 Lave와 Wenger의 상황학습(situated learning) 모델(Lave, 1996; Lave & Wenger, 1991; Wenger, 1998)에서 두드러지게 나타났다.

Lave와 Wenger(1991)에 따르면, 실행 공동체에 처음 들어온 초심자는 ‘합법적 주변 참여인(legitimate peripheral participant)’의 특성을 띤다. 여기에서 ‘합법적’이라는 개념은 특정 공동체의 공식적인 구성원이 된다는 뜻으로서 공동체 내 활동에 대한 권한이 부여되었다는 의미이다. 초심자는 공동체 내 구성원들이 주로 사용하는 언어, 규범 등에 대해 낯설고 익숙하지 않다. 또한 실행 공동체 참여 초기 공동체 내에서 발생하는 문제를 파악해서 해결하는 능력이 부족한 것으로 나타났다. 그런데 초심자는 실행 공동체 내에서 참여가 발달할수록 ‘완전한 참여인(full participant)’으로 변화하는 것으로 보고되었다(이민주, 2011). 완전한 참여인은 소속된 공동체 내에서 사용되는 언어, 규범 등에 대해 익숙하고, 문제 상황을 잘 파악하고, 문제를 해결하는 능력도 향상된 것으로 나타났다. 이러한 참여의 관점에 따르면, 전문가와 함께 과학탐구 프로젝트에 참여하는 초심자는 초기에는 연구팀에서 ‘주변적 참여인’으로 출발하였지만, 프로젝트를 수행하는 과정에서 참여가 발달하면서 ‘완전한 참여인’으로 변화하게 된다.

### Ⅲ. 연구 방법

본 연구에서는 한국여성과학기술인지원센터에서 주관한 ‘2011 대학원생 리더십 제고 프로그램’을 대상으로 약 8개월에 걸쳐서 질적 연구의 한 방법인 문화기술지(ethnography) 연구를 실시하였다. 이 프로그램은 2011년 3월에 연구 과제를 수행할 공동연구팀 구성으로 시작되었고, 10월에 최종 발표회를 끝으로 종료되었다. 프로그램의 목적은 ‘공과대학에 재학 중인 대학원생이 대학생, 고등학생과 팀을 이뤄 직접 연구 과제를 수행하도록 지원함으로써 대학(원)생의 연구 역량 및 리더십 강화를 통해 우수한 공학기술인력 양성’이다.

#### 1. 연구 참여자

본 연구의 참여자는 대학원생 1명, 대학생 2명, 고등학생 5명으로 총 8명이다. 대학원생은 공과대학 환경공학과 석사 과정, 대학생 2명은 각각 공과대학 환경공학과 2학년 및 자연과학대학 분자생명과학부 2학년, 고등학생 5명은 경기도 소재 인문계열 고등학교 자연계열 2학년에 재학 중이었다.

본 연구의 연구자인 지도교사가 2011년 3월 주관 기관의 홈페이지에서 모집 공고를 본 뒤 프로젝트 수행에 적합한 대학원생 1명과 대학생 2명을 의도적으로 선정하였는데, 이들은 모두 지도교사가 재직 중인 고등학교를 졸업하였다. 이들의 공통적인 특성은 적극적인 성격, 검증된 리더십, 전공 이외 다양한 활동 경험, 우수한 발표력 등인데, 고등학교 동문 이면서도 동시에 같은 대학에 재학 중이었다. 지도교사는 참여자들이 약 8개월에 걸친 장기 프로젝트를 수행하는 과정에서 보다 용이한 상호작용을 하도록 하기 위해서 같은 대학에 재학 중인 학생들로 의도적으로 선정했다. 대학원생과 대학생은 프로그램의 취지에 대한 지도교사의 설명

을 들은 후 적극적인 참여의 의사를 밝혔다.

2011년 3월 23일 대학원생의 주도로 작성된 연구계획서가 주관 기관에 제출되었으며, 4월 19일 프로그램 참여 연구팀으로 선정되었다. 대학원생과 대학생은 5월 24일 고등학교를 방문하여 연구 과제와 관련된 특강을 실시한 후 연구 과제를 함께 수행할 고등학생 5명을 선발하였다. 대학원생과 대학생이 의도적으로 선발한 고등학생 5명은 다음과 같은 특성이 있는데, 우수한 성적, 성실한 참여, 공과대학 및 자연과학대학 진학 희망 등이다. 이에 따라 2011년 3월 지도교사가 대학원생과 대학생을 선정 한 이후 대략 두 달이 지난 5월 24일에 고등학생들이 선발되어 비로소 공동 연구팀의 구성이 완료되었다. 본 연구의 연구자이자 참여 관찰자인 지도교사는 사범대학에서 생물교육을 전공하였고, 고등학교 생물교사로 6년간 근무하였으며, 대학원에서 과학교육을 전공하고 있다. 공동연구팀 구성원들의 소속 및 특성은 <표 1>에 구체적으로 제시되었다.

**<표 1> 공동연구팀 구성원들의 소속 및 특성**

구성원	소속	특성
대학원생 (1명)	공과대학 환경공학과 석사 과정	· 적극적인 성격 · 검증된 리더십
대학생 (2명)	공과대학 환경공학과 2학년 자연과학대학 분자생명과학부 2학년	· 전공 이외 다양한 활동 경험 · 우수한 발표력
고등학생 (5명)	고등학교 자연계열 2학년	· 우수한 성적 · 성실한 참여 · 공과대학 및 자연과학대학 진학 희망

## 2. 연구 상황

2011년 6월 2일 프로젝트에 참여할 공동연구팀 최종 명단이 주관 기관에 제출되었다. 주관 기관이 규정한 공동연구팀 구성원의 역할은 다음과 같은데, 대학원생은 연구과제 총괄책임을 담당하고, 대학생과 고등학생은 연구과제 수행을 담당하며, 지도교사는 연구 진행을 협조한다. 대학원생, 대학생, 그리고 고등학생이 맡은 구체적인 역할은 <표 2>에 상세하게 제시되었다. 이 프로그램은 ‘멘토링을 통한 과학탐구 프로젝트’의 성격을 띠었는데, 대학원생과 대학생이 공동연구팀의 과학탐구 프로젝트 수행 과정에서 멘토의 역할을 수행하였고, 고등학생들은 멘티로서 참여하였다.

<표 2> 공동연구팀 역할 분담

구성원	역할	세부 역할
대학원생	연구과제 수행 총괄책임	연구계획서 작성 수질오염도 측정 실험 수행 및 지도 실험보고서 첨삭 지도 논문 작성 교재 제작 고등학생 발표 지도
대학생	연구과제 수행	수질오염도 측정 실험 수행 및 지도 실험 보고서 작성 지도 논문작성 교재 제작 고등학생 발표 지도
고등학생	연구과제 수행	수질오염도 측정 실험 수행 실험보고서 작성 발표

공동연구팀의 구성원인 대학원생, 대학생, 고등학생들은 모두 경기도 안산시에 거주하며, 대학원생과 대학생 1명은 같은 대학에서 환경공학을 전공 중이다. 대학원생과 대학생은 공동연구팀의 이러한 특성에 근거해서 지역 기반인 ‘안산시’와 전공 기반인 ‘환경공학’을 연계하고, 고등학생들이 연구에 참여하는 점을 고려해서 연구 과제를 정했다. 안산시를 관통하는 안산천의 수질 오염도를 직접 측정 후, 고등학교 수업 시간에 활용할 수 있는 지역 환경교재를 개발하는 것을 최종 연구 목적으로 설정했다.

공동연구팀의 프로젝트 수행은 여름 방학부터 본격화되었다. 수질 오염도 측정 실험을 고등학생들의 여름 방학 기간인 7월 말에서 8월 말까지 약 한 달 동안 10회 실시한 후 수합한 실험 결과를 바탕으로 논문을 작성했다. 10월 29일 공동연구팀의 연구 결과를 청중 앞에서 발표하는 최종 발표회가 열렸는데, 주관 기관의 규정에 따라서 고등학생들이 맡았다. 고등학생들은 최종 발표회 전 대략 2주 동안 방과 후 시간을 활용해서 교실에서 최종 발표회 발표 연습을 진행했는데, 대학원생과 대학생이 주말에 고등학교를 방문해서 고등학생들의 발표를 점검했다. 고등학생들은 10월 29일 최종 발표회에서 규정 시간 15분 동안 연구 결과를 발표했고, 대략 8개월 동안 수행된 프로젝트는 종료되었다. 공동연구팀은 프로그램에 참여한 52개 팀 중에서 상위 12팀까지 수여되는 우수상을 수상하는 성과를 거두었다. 보다 상세한 프로젝트 수행 일정은 <표 3>에 제시되었다.

<표 3> 프로젝트 수행 일정표(2011년)

시기	일정	내용
3월 7일	주관 기관 홈페이지 공고	프로그램 개요 게시
3월 7일~23일	대학원생(1명)·대학생(2명) 선정	지도교사의 의도적 선정
3월 23일	연구계획서 제출	대학원생에 의해 주도
4월 19일	선정자 공고	전체 52개 팀 선정
5월 9일	대학원생 · 대학생 워크숍	프로그램 일정 소개
5월 24일	대학원생 · 대학생 고교 방문 특강	고등학생(5명) 선발
6월 2일	공동연구팀 최종 명단 제출	팀 구성 완료
7월 24일	공동연구팀 회의	프로젝트 진행 일정 논의
7월 29일	수질오염도 측정 실험1	지도-대학생(민지)
7월 31일	수질오염도 측정 실험2	지도-대학원생
8월 3일	수질오염도 측정 실험3	지도-대학생(민지)
8월 7일	수질오염도 측정 실험4	지도-대학생(유정)
8월 11일	수질오염도 측정 실험5	지도-대학생(민지)
8월 14일	수질오염도 측정 실험6	지도-대학원생
8월 17일	수질오염도 측정 실험7	지도-대학생(유정)
8월 21일	수질오염도 측정 실험8	지도-대학원생
8월 28일	수질오염도 측정 실험9	지도-대학원생
8월 31일	수질오염도 측정 실험10	지도-대학생(유정)
9월 3일	공동연구팀 회의	프로젝트 향후 진행 일정 논의
9월 10일	공동연구팀 회의	보고서 작성 및 발표 계획 논의
10월 9일	공동연구팀 회의	보고서 검토 및 발표에 대한 논의
10월 16일~28일	발표 연습	발표 주체 : 고등학생
10월 29일	최종 발표 및 프로젝트 종료	논문집 발간/입상(우수상 수상)

### 3. 자료 수집

Yin(1994)은 사례 연구에서 사례에 대해서 심층적으로 기술하기 위해서는 문서, 기록물, 면접, 참여관찰 등 자료를 광범위하게 수집해야 한다고 제시했다. 따라서 본 연구에서는 연구 사례에 대한 기술을 풍부하게 하기 위해서 다음과 같은 다양한 자료를 수집하였다.

연구자는 본격적인 수질 오염도 측정 실험이 시작되기 전 공동연구팀 구성원 8명의 1차 심층면담을 실시했으며, 수질 오염도 측정 실험이 진행된 여름방학 중 구성원 8명의 2차 심층면담을 실시했다. 프로젝트 종료 후 해외 체류 중인 대학생 1명을 제외한 7명의 3차 심층면담을 실시했으며, 고등학생 5명 중 4명을 대상으로 4차 심층면담을 실시했다. 모든 심층면담은 녹음되어 전사되었으며, 프로젝트에 참여한 고등학생들의 연구 과제에 대한 상황정의 변화를 밝히는 근거로 이용되었다.

프로젝트는 수질 오염도 측정 실험을 수행한 전반부와 최종 발표회 발표를 준비한 후반부로 나눌 수 있었다. 전반부인 수질 오염도 측정 실험은 총 10회 실시되었는데 연구자는 관찰자로 참여하여 현장 일지를 작성하였으며, 실험 과정을 녹화 및 녹음하여 구성원들 담화 내용을 전사하였다. 후반부인 최종 발표회 발표 준비 과정에서는 대학원생 및 대학생이 함께 참여한 발표 연습 과정을 녹화 및 녹음하여 연구 결과를 뒷받침하는 선택적인 근거 자료로 이용하였다.

대학원생이 주도적으로 작성해서 주관 기관에 제출한 연구계획서는 대학원생의 연구 과제에 대한 상황정의를 판단하는 근거 자료로 이용되었다. 고등학생들이 실험 수행 과정에서 최초로 작성한 실험 보고서와 대학원생의 스캐폴딩을 받은 후 수정해서 작성한 실험 보고서는 고등학생들의 연구 과제 전반에 대한 상황정의의 변화를 드러냈기 때문에 연구 결과에서 중요한 근거 자료로 이용되었다. 공동연구팀이 연구 과제 수행 결과를 체계적으로 기술한 논문과 프로젝트 수행의 성과물인 환경교재도 연구 결과 분석에서 중요한 참고 자료로 이용되었다.



## 4. 자료 분석

참여관찰과 심층면담 자료는 내러티브 탐구 방법(오피셜 등, 2008)에 기반하여 귀납적으로 분석하였다. 자료 분석은 Wertsch(1984)의 상황정의 개념에 근거해서 이루어졌는데, 대학원생과 고등학생의 상황정의는 녹음 자료, 실험 보고서 등 구어(口語) 및 문어(文語)로 표현된 각종 자료에 근거해서 분석되었다. 먼저 대학원생의 연구 계획서에 나타난 연구 과제에 대한 상황정의 관련 텍스트를 추출했고, 이를 전문가의 상황정의로 설정했다. 그 다음 전사 자료 및 실험 보고서에서 발견되는 고등학생들의 연구 과제에 대한 상황정의 관련 텍스트를 추출한 뒤, 프로젝트 수행 과정에서의 상황정의 변화(shift)를 알아보는 근거 자료로 이용하였다. 고등학생의 연구 과제에 대한 상황정의 변화를 보다 구체적으로 파악하기 위해서 연구 과제를 ‘연구 목적’, ‘연구 방법’, ‘지역의 수질 오염’으로 분류해서 파악했다. 또한 기존의 공동연구팀에 나중에 합류한 고등학생들이 보이는 프로젝트 전반기와 후반기의 참여의 정도 변화는 ‘합법적 주변 참여’(Lave & Wenger, 1991)의 관점을 참고하여 분류하였다.

본 연구는 질적 분석 방법을 사용하였기 때문에 자료 분석의 내적 타당도를 확보하기 위해 질적 연구에서 활용되는 네 가지 방법을 활용하였다(Lincoln & Guba, 1985). 첫 번째는 장시간의 참여(prolonged engagement)이다. 물리적 공간에서의 질적 연구는 최소 6개월에서 1년 정도의 기간에 걸쳐 연구가 이루어져야 하는데, 본 연구는 프로젝트 수행 기간 8개월(2011년 3월~2011년 10월)에 걸친 장기 연구 과정을 거쳤다. 두 번째는 지속적인 관찰(persistent observation)이다. 연구자는 프로젝트 활동 기간 동안 이뤄진 공동연구팀의 각종 전체 모임에 모두 참여 관찰하였으며, 실험 수행 과정 및 발표 준비 과정도 관찰을 수행하면서 이를 기록했다. 세 번째는 삼각측정(triangulation)으로, 적어도 두 가지 이상의 자료 출처와 이론적 틀을 사용하도록 하였으며, 마지막으로는 참여자 확인(member check)으로 연구자의 자의적인 해석이 있는지 잘못된 부분이 있는지 연구 참여자들과 직접 검토하는 과정을 거쳤다.

## IV. 연구 결과 및 논의

### 1. 연구 과제에 대한 상황정의

프로젝트 수행을 위해 구성된 공동연구팀의 대학원생, 대학생, 고등학생은 환경 관련 연구 과제에 대한 지식과 경험이 각기 다른 상황이었다. 특히 환경공학을 전공하는 대학원생과 고등학생의 연구 과제 관련 지식과 경험은 큰 차이가 날 수밖에 없었다. 이에 본 절에서는 우선 대학원생의 연구 과제에 대한 상황정의를 알아본 후, 프로젝트가 진행되면서 고등학생의 연구 과제에 대한 상황정의가 대학원생의 상황정의 방향으로 변화하는 과정을 탐색하고자 하였다. 이를 보다 구체적으로 알아보기 위해서 연구 과제에 대한 상황정의를 연구 목적, 연구 방법, 지역의 수질 오염으로 나누어서 분석하였다.

#### 1.1 대학원생의 상황정의

대학원생의 연구 과제에 대한 상황정의는 사전에 작성한 연구 계획서에 근거하여 파악할 수 있었다. 대학원생은 연구 계획서에서 다음과 같이 연구 목적, 연구 방법, 지역의 수질 오염 등 연구 과제 전반에 대해서 상세하게 기술하고 있었으며, 전문가로서 대학원생이 가진 연구 과제에 대한 인식은 심층면담에서도 드러났다. 이러한 연구 계획서에 나타난 대학원생의 연구 과제에 대한 상황정의를 살펴볼 때 대학원생은 연구를 수행하는 목적, 방법, 그리고 지역의 수질 오염에 대해서 모두 이해하는 것으로 보였다.

이번 연구 사업은 학생들이 거주하는 지역의 특성을 반영한 환경교재를 개발하는 데 목적을 두고, 학생들의 현장실습으로 얻어진 결과물을 이용해

교재를 제작한다. 경기도 안산시는 공단밀집 지역으로 대기·수질오염 등에 대한 관심이 높고, 그와 관련된 연구가 활발히 진행되고 있는 지역이다. (중략) 환경오염정도를 측정할 때 전문적인 기기조작 없이도 학생들이 측정 가능한 항목을 고려한다. 이에 적합한 대상이 수질오염도 측정이라 판단, 안산천을 대상으로 한 수질오염도 측정 계획을 설립한다. 안산천을 시화호로 유입되는 하류, 그 외의 중류와 상류로 구분한 후 각각 3개의 지점에 대한 조사를 실시한다. (중략) 현장실습으로 얻어진 결과 값들을 분석하여 수질오염도에 관한 지역 환경교재를 개발한다.

(연구계획서, 2011-03-23)

저희가 안산천 수질 측정을 하는 거잖아요. (중략) 안산에 대한 환경오염 문제를 누구나 느끼지만 그게 어느 정도인지 접해볼 기회가 적은데 저희가 최종적 목표가 그 기회를 만들어준다는 거잖아요. 저희가 측정한 수질 측정 자료로 교재를 만들면 임상실험처럼 학생들 대상으로 하면 적용해보는 게 가장 큰 마지막 단계의 목적이구요.

(대학원생, 2011-05-29, 심층면담)

본 연구에서는 위에 제시된 대학원생의 연구 과제에 대한 상황정의를 연구 과제 수행 능력 향상과 관련해서 고등학생들이 도달할 수 있는 발달의 “잠재적” 수준으로 설정하였다.

## 1.2 고등학생의 상황정의 변화

초심자가 다른 이들, 특히 보다 유능한 이들과 함께 활동에 참여하게 되면 전체 과업과 개념적 담화에 대한 접근이 원활해져서 자신의 활동을 이해할 수 있게 된다(Wells, 1999). 즉, 이로 인해서 초심자는 외부 도움 없이는 성공적으로 완성할 수 없었던 수준 있는 활동에 참여할 수 있게 된다(Enyedy & Goldberg, 2004). 본 연구에서도 초심자인 고등학생들이

대학원생과 함께 프로젝트를 수행하면서 연구 과제 수행 능력이 향상되는 것으로 나타났다. 한편 공동연구팀에 나중에 합류한 고등학생들은 프로젝트 초기 Lave와 Wenger(1991)의 합법적 주변 참여인(Legitimate peripheral participant)의 특성을 보였다. 연구 과제와 관련된 지식과 경험이 모두 대학원생 및 대학생에 비해서 낮은 수준에 있었기 때문에 연구 과제에 대한 전반적인 이해가 미흡했으며, 대학원생이 부여한 역할을 수동적으로 수행하는 데 그쳤다. 그런데 프로젝트 수행이 본격화되면서 고등학생들의 연구 과제에 대한 프로젝트 초기 상황정의가 대학원생의 상황정의 방향으로 변화하는 것으로 나타났다.

### 1.2.1 연구 목적 상황정의 변화

Dewey(1938)는 경험이란 제대로 알기 전에는 ‘느끼는 것’이거나 ‘해봤다는 것’에 불과하다고 주장했는데, 특정한 상황에 대해서 감지하는 것이 그 상황에서 나타나는 여러 관계들에 대해 이해하는 것보다 먼저 이루어진다는 것이다. 고등학생들도 프로젝트 참여 초기에는 연구 과제에 대한 사전 경험과 현존하는 지식이 없었기 때문에, ‘지역의 수질 오염 연구’라는 특정한 상황에 대해서 깊이 있는 이해가 부족한, 단순하게 상황을 ‘수질 오염 조사’ 정도로 감지하는 수준에 머무른 모습을 보였다.

실제로 대학원생은 연구 계획서에서 프로젝트의 연구 목적과 그에 따른 구체적인 연구 방법을 깊이 연계해서 풍부하게 기술했지만, 고등학생들은 프로젝트 초기 연구 목적에 대해서 ‘환경’, ‘안산시 수질오염 조사’로 막연하게 정의하는 등 단순하고 피상적인 개념을 갖고 있는 것으로 드러났다. 따라서 고등학생들의 경우에는 연구 계획이 실제 연구 수행으로 이어지기에는 부족한 상황이었다. 이는 탐구 기반 학습에 참여한 학생들이 과학 탐구 수행 경험이 부족하기 때문에 스스로 탐구를 수행하기에는 어려움이 있다는 Pea(1993)의 연구 결과와도 일치한다. Wertsch(1984)의 ‘상호주관성’ 개념에 근거하면, 프로젝트 초기 초심자인 고등학생의 상황

정의와 전문가인 대학원생의 상황정의는 큰 차이가 난 상태였으므로 고등학생과 대학원생 사이에는 최소한의 상호주관성이 형성된 상태였다.

처음에는 연구가 정확하게 어떤 방식으로 진행될지 모르고 그냥 큰 틀로 환경 쪽이라고만 알고 있었는데... (윤희, 2012-05-06, 심층면담)

그냥 안산시 수질이 나쁘니깐 그런 거 조사해서 그냥 왜 나쁜지 그런 거 아는지 알았는데... 그냥 안산시 수질오염 이런 거 조사한다.  
(지혜, 2012-05-06, 심층면담)

얘기만 들었을 때는요 아예 몰랐고요. 맨 처음에 뭘 한다, 프로젝트가 있다, 그런데 환경에 대한 프로젝트가 있다, 그 정도고. 맨 처음에 모임 가셨잖아요. 그러면서 언니들이 오티(OT)처럼 할 때 설명을 들었잖아요. 아 그럼 안산에 있는 수질오염도 조사하는구나.  
(연우, 2012-05-06, 심층면담)

고등학생들은 실험 수행, 실험 보고서 작성, 논문에 대한 검토, 최종 발표회 발표 준비 등의 과정을 거치면서 연구 목적에 대한 상황정의가 대학원생의 상황정의에 근접해간 것으로 나타났다. 반성적 사고(reflective thinking)는 특정 상황에 대한 의문에서 나타나는데 그 의문을 해결할 수 있는 방법과 그 해결 방법을 뒷받침할 증거를 찾는 행동을 포함하는, 특정한 목표를 향한 일련의 사고이다(Dewey, 1938). 고등학생들이 초기에 보였던 단순한 상황정의는 실험을 수행하면서 변화를 보였는데, 실험을 본격적으로 수행하면서 이러한 반성적 사고를 시작했기 때문인 것으로 보인다. 고등학생들은 연구 목적이나 연구 방법에 대해 이해하지 못한 채로 대학원생과 대학생의 안내를 받으며 실험을 시작했는데, 실험수행을 해가면서 연구 목적에 대해서 의문을 갖기 시작했다. 고등학생들은 이를 해결하기 위해서 적극적으로 동료 고등학생들과 토의하고, 대학

원생에게 질문을 던지는 모습을 보였다. 이처럼 아래에 나타난 것과 같은 메타인지(metacognition)를 통해서 상황정의가 변화한 사실이 드러났다.

그때 희영 언니(대학원생)한테 물어봤는데 언니가 말씀해주셨는데, ‘아 그렇지구나’ 이라고 또 집에 가서 생각해보면 ‘그게 뭐...’ 이런 생각이 들어서, 언니한테 또 물어보려고요. 저희끼리 얘기했어요. 이거 왜 하는 거냐고. 저희끼리 환경 그런 거 하려고 측정하는 거 아니냐고 그러는데, 측정해서 뭐가 달라지냐고. (연우, 2011-08-14, 심층면담)

계속 물만 뜨니까, 뭐 하는 거지? 계속 반복적인 일만 하니깐. 목적을 모르고 똑같은 일만 계속 반복하니깐. (중략) 지금 뭐 하는 건가 의문이 들었어요. (경은, 2012-05-10, 심층면담)

고등학생들은 이 과정에서 수질 오염 연구에서 연구 목적과 깊은 관련이 있는 채수(採水, water sampling) 지점 선정에 대해서 이해한 것으로 드러났다. 안산시를 관통하는 가장 큰 두 하천이면서 거주지가 밀집되어 있는 안산천과 화정천, 그리고 두 하천의 합류 지점의 수질을 측정함으로써 하천의 오염원이 어떤 하천에서 유입되었는지 알아내는 것이 연구의 목적이라고 인식한 것으로 다음의 심층면담에서 드러났다. 실험 수행 전에 실시된 심층면담에서는 연구의 목적을 ‘환경’, ‘수질 오염도 측정’이라고만 진술하는 수준이었던 고등학생들의 상황정의가 ‘세 지점 측정을 통해서 오염원의 유입 지점을 알아낸다’로 뚜렷하게 변화한 것이다.

이 실험을 하는 목적이, 이걸 하면서, 화정천이랑 안산천이 나눠졌다가 거기서 합류되면서 어떤 게 변화가 있고 이런 걸 보는 거잖아요. 그래서 주변 환경이 어떻게 이런 걸 보는 거잖아요. (연우, 2011-08-14, 심층면담)

Wellington과 Osborne(2001)은 탐구 능력 향상을 위한 실험 수업은 글쓰기와 같은 학생들의 사고를 촉진시킬 수 있는 활동이 함께 이루어져야 한다고 주장했다. 이를 통해 학습자는 탐구 활동 중에 관찰하거나 측정된 사실을 기술하고, 이를 바탕으로 구성된 과학적 지식을 주장하는 등 통합적 사고를 할 수 있는 기회를 가질 수 있다(Lemke, 1990). 본 연구에 참여한 고등학생들도 실험 보고서 작성 기회를 가졌고, 이 과정에서 연구 과제에 대한 상황정의 변화를 드러냈다. 실험 수행 과정에서 연구 목적에 대한 메타인지적 사고를 시작했던 고등학생들은 실험 보고서 작성을 통해서 연구 과제 수행의 전체적인 틀과 흐름을 점검할 수 있게 되었고, 그 결과로 이들의 연구 목적에 대한 이해가 보다 정교화된 것으로 드러났다.

안산천과 화정천은 안산에서 큰 영향을 미치는 하천이라고 볼 수 있다. 안산천과 화정천의 오염도를 파악함으로써 주변의 주거환경에 따른 원인인지 아닌지를 알 수 있다. 또한 안산천과 화정천이 합류하는 지점이며 하류층인 시화호에서의 오염도를 측정하여 어떠한 원인이 있는지를 분석할 수 있다. (윤희, 수정 실험 보고서 중 '실험목적')

대학원생이 주도해서 작성한 논문에 대한 검토를 통해서도 고등학생의 연구 목적에 대한 상황정의가 대학원생의 상황정의 방향으로 변화한 것으로 드러났다. 공동연구팀은 최종 발표회 준비를 앞두고 '논문 검토' 시간을 가졌다. 실험 수행을 통해서, 그리고 실험 보고서 작성을 통해서 연구 목적에 대한 상황정의를 정교화한 고등학생들은 '논문 검토' 시간을 거치면서 연구 과제 전반에 대한 전체적인 맥락을 파악할 수 있었다고 밝혔다.

수질측정은 좀 이렇게 부분적인 거잖아요. 전체적인 것이 아니라. 보고서도 그날 그때 실험에 대한 것이었으니깐. 논문은 모든 결과가 나와 있었

고. 한 눈에 보기에도 쉬웠고. 비교해보면서.

(지현, 2012-05-20, 심층면담)

‘논문 검토’ 시간을 기점으로 고등학생들의 연구 과제 전체 맥락 속 연구 목적, 연구 방법, 연구 결과 등의 유기적 관련성에 대한 이해도는 분명 높아진 것이기에 연구 과제에 대한 상황정의가 대학원생의 상황정의에 더욱 근접한 것으로 보였다. 그러나 고등학생들은 아직 논문의 내용을 완전하게 내면화하지는 못한 상태인 것으로 아래 심층면담에서 드러났다.

그때는 언니들이랑 (논문) 점검할 때는, 집에 가서 다시 읽어보니깐 약간 이해하기 어려운 게 몇 개 있더라고요. (윤희, 2012-05-20, 심층면담)

(이해) 못 하는 부분도 있었어요. 논문이 말이 어려운 게 있었잖아요. (연우, 2012-05-06, 심층면담)

자신의 연구를 청중 앞에서 발표하는 것은 실행하는 과학자의 본질적인 활동이다(Bleicher, 1994). 고등학생들은 프로젝트의 마지막 과업인 최종 발표회 발표를 맡았는데, 발표를 준비하는 과정에 이르러서 비로소 연구 목적에 대한 상황정의가 대학원생에 최대한 근접한 것으로 드러났다. 이는 논문의 내용을 자신들이 우선 이해해야 자신들의 언어로 청중을 이해시킬 수 있다고 생각했기 때문이었다.

저희가 그거(논문) 하나하나 다 읽어야 저희가 나가서 발표하는 거니깐 저희가 이해를 해야 사람들을 이해시킬 수 있으니까. 그래서 그러다 보니깐 더 잘 알게 된 것 같아요. (경은, 2012-05-06, 심층면담)



대학원생은 최종 발표회 준비를 전적으로 고등학생들에게 맡겼는데, 다만 1주일에 한번 주말을 이용해서 발표 준비 상황을 점검했다. 고등학생들은 주중 방과 후 시간을 활용해서 교실에서 발표 연습을 꾸준히 진행했다. 따라서 발표 대본에 대한 실제적인 검토는 고등학생들에 의해서 이루어졌다. 고등학생들은 청중 앞에서 연구의 의의, 목적, 방법, 결과를 포함한 연구의 전반적인 내용을 제한된 시간 안에 간결하게 발표해야 하는 최종 발표회를 앞두고 비로소 Lave와 Wenger(1991)의 완전한 참여인(full participant)의 면모를 보였다. 이는 대학 핵물리연구실 프로그램에 참여한 고등학생들이 주변인으로 참여하여 점차 주체적으로 참여하게 되었다는 유효숙(2011)의 연구 결과와도 일치한다. 고등학생들은 발표 준비 과정에서 의문이 나는 부분에 대해서 대학원생에게 꾸준히 질문하고 동료들과의 토의를 거쳐서 더욱 정교하게 가다듬고 강화하는 모습을 보였다.

**발표하고 그럴 때요, ‘결과가 나왔는데 왜 이렇게 됐나’ 그거 알아볼 때, ‘여기는 강이 넓었는데 좁아지고 아니면 좁았는데 넓어지니깐 막 오염이 많이 됐던 게 넓어지니깐 오염이 덜 됐을 것이다’ 이런 거 애들끼리 생각해보고. 잘 안 되면 언니한테 카톡으로 여쭙보고. 저희끼리 해결할 수 없는 거를 언니들이 알려주셨어요. 엄청 길게.**

(지혜, 2012-05-20, 심층면담)

반성적 사고란 ‘자신의 사고를 돌아보는 사고’인데, 학습 상황에서는 ‘자신의 앎에 대해 스스로 돌아보고 점검하는 과정’이라고 볼 수 있다. 특히 학습 상황에서의 반성적 사고는 학습을 통해 얻게 된 것과 얻지 못한 것, 그리고 앞으로 노력이 더 필요한 부분 등이 무엇인지를 점검하는 것 등을 포함한다(Given, 2002). 고등학생들은 청중과의 의사소통을 효과적으로 하기 위해서 발표 대본을 반복적으로 점검했는데, 이 과정을 통해서도 연구 과제 전반에 대해서 반성적 사고를 하게 되어 연구의 전체 맥

락 속에서 연구 목적, 연구 방법, 연구 결과 등의 세부 사항들이 어떻게 유기적으로 연계되는지 상세하게 이해한 것으로 보인다. 고등학생들은 대학원생과 대학생이 작성한 발표 대본 내용 중 청중이 이해하기 어렵다고 판단되는 부분에 대해서는 우선 고등학생들 상호 간의 토의를 거쳤으며, 토의로 해결하기 어려운 부분이나 조언을 구할 부분은 대학원생에게 도움을 받았다.

이거는 좀 이해하기 어렵겠다 싶은 부분은, “언니 이거는 이렇게 고치는 건 어때요?”, 이해하는 그런. (지현, 2012-05-20, 심층면담)

거기서 항목을 정하고 중복되는 내용 있으면 빼고, 너무 길다 싶으면 발표 시간이 제한이 있어서 뺄 건 빼고. 누가 “이 내용 있었으면 좋겠어.” 이러면 다 같이 살을 붙이고, “수정했으면 좋겠어.” 그러면 빼고. (윤희, 2012-05-20, 심층면담)

발표 내용에 관해서... 이 말도 맞지만 이런 식으로 바꿔서 얘기해주면 더 알아듣기 쉽지 않을까? (연우, 2012-05-20, 심층면담)

프로젝트의 지도교사로서 고등학생들의 발표 준비 과정을 참관했던 연구자의 관찰에 의하면, 고등학생들은 발표에 대한 책임감을 무겁게 느끼고 완전한 참여인의 모습으로 적극적으로 준비하는 모습이었다.

발표할 때는 저희가 하는 거잖아요. 저희가 하는 거니깐 이왕 하는 거 제대로 해야겠다는 생각이 들었던 것 같아요. 그래서 좀 의문을 가지고, 제가 주체적인 입장에서 이걸 이런 식으로 바꾸는 게 좋지 않을까 심화된 생각을 했던 것 같아요. (연우, 2012-05-20, 심층면담)

### 1.2.2 연구 방법 상황정의 변화

대학원생이 작성한 연구 계획서에는 연구 목적을 이루기 위한 구체적인 연구 방법이 기술되어 있는 반면, 고등학생의 프로젝트 초기 연구 방법에 대한 상황정의는 ‘수질 오염도 측정’으로 단순하고 피상적인 수준에 머물러 있는 등 연구 방법에 대해서 구체적으로 인식하지 못한 상태였다. 이와 같이 수질 오염도 측정 실험 수행 전 고등학생과 대학원생의 상황정의는 크게 차이가 나는 상태였기 때문에 연구 방법과 관련해서 최소한의 상호주관성이 형성된 상황이었다.

그런데 수질 오염도 측정 실험이 본격적으로 시작되면서 고등학생들의 연구 방법에 대한 상황정의가 변화하기 시작했다. 고등학생들이 연구 방법과 관련해서 첫 번째로 구체적으로 인식하기 시작한 부분은 ‘변인 통제’와 관련된 것이었다. 변인 통제는 문제 상황의 모든 변인을 고려하여, 특정 변인을 조사하는 동안 다른 변인들을 체계적으로 고정하고, 이와 동일하게 나머지 변인들의 영향을 조사해 보는 능력이다. 이러한 변인 통제 능력은 과학 문제 해결 과정에서 요구되는 인지 능력 중 과학을 학습하는 학생들에게 필수적으로 요구되는 능력으로 탐구 능력 뿐 아니라 형식적 사고를 구성하는 기본적인 논리 요소 중의 하나이다(이상권 등, 2011). 그런데 Inhelder와 Piaget(1958)는 이러한 변인 통제 능력은 전통적인 강의식 수업으로 형성되기가 어렵고, 사회적·물리적 환경과의 상호 작용이 요구되며, 학습자의 경험에 따라 달라진다고 주장했다. 이 프로젝트에서는 고등학생들이 수질 오염도 측정 실험을 수행하는 과정에서 변인 통제 능력이 향상된 것으로 나타났다.

실험 수행 전 연구 방법을 단순히 ‘수질 오염도 측정’으로만 알고 있던 고등학생들은 실제로 실험을 수행하면서 날씨의 변화가 수질 오염도에 큰 영향을 줄 수 있다는 사실을 스스로 인식하는 등 메타인지적 사고(metacognitive thinking)를 시작한 것으로 나타났다. 실제로 수질 오염도 측정 실험이 수행된 2011년 7월 말에서 8월 말까지 약 한 달 동안 기

특적인 집중 호우 현상이 빈번하게 나타났다. 고등학생들의 실험 수행 과정을 지켜본 연구자의 관찰에 의하면, 고등학생들은 강수량과 일조량의 변동의 폭이 유난히 컸던 여름 날씨를 직접 겪으면서 수질 오염도와 날씨의 상관관계에 대한 메타인지적 사고를 시작하게 된 것으로 보인다. 고등학생들은 실험 수행 초기 날씨에 대해서 ‘날씨가 실험 결과에 영향을 미칠 것이다’ 정도로 막연하게 예상하는 수준이었으며, ‘날씨’는 정확한 실험 결과를 얻기 위해서 분명 통제해야 할 변인인 것 같은데 실제로는 전혀 통제할 수 없는 변인이라서 실험 결과가 잘 나오지 못할까봐 염려하는 모습을 보였다.

실험 전날 비가 많이 온 상태여서 이 비가 우리의 실험에 얼마나 영향을 끼쳤을지 알 수 없다. 이로 인해 실험의 결과가 평소와 다를 수 있다.

(지현, 2011-07-28, 실험 보고서)

지금 장마 중이라 정확한 수질측정을 불가능할 것이라고 생각한다.

(경은, 2011-08-03, 실험 보고서)

요인이 너무 많아서, 영향을 끼치는 요인이 너무 많아서요, (실험이 잘 될지) 잘 그건 잘 모르겠어요. 저희가 고려하지 못한 게 너무 많잖아요. 이것저것 날씨나 강수량, 아니면 주변 식물, 사람이 어떤 한 날에 무슨 그런 거. 아무튼 주변 환경의 다 요인의 영향을 받으니까.

(지현, 2011-08-14, 심층면담)

어느 날은 맑고, 어느 날은 그렁고, 비 오는 날도 많았거든요. 초반엔 비도 많이 오고, 실험이 예상보다 빨리 끝나는 거예요. 지금 장마철, 앞에는 비 오고, 그리고 지금 짧게 몇 번 하지 않았는데, 될 만한 자료가 있을까요? 앞에 너무 많이, 할 때마다 ‘이번에는 비와서 잘 모르겠다, 다음엔 괜찮겠지.’ 했는데 또 비오고 해서 잘 모르겠어요.

(경은, 2011-08-14, 심층면담)

따라서 고등학생들은 수질 오염 연구에서 ‘날씨’의 영향에 대해서 대학원생에게 스캐폴딩을 요청했으며, 이를 통해서 과학자의 실제 수질 오염 연구에서도 ‘날씨’는 통제할 수 없는 변인이라는 사실을 인식했다. 이에 따라 고등학생들은 실험 수행 초기 날씨가 실험 결과에 미치는 영향에 대해서 막연하게 염려하던 수준에서 벗어나 이번 연구의 한계를 인정하고 그 한계를 최소화하는 범위 내에서 실험 결과의 의미를 찾으려는 발전된 모습을 보였다. 요컨대 실험을 수행하는 과정에서 나타난, 수질 오염 연구에서의 ‘날씨’라는 변인에 대한 고등학생들의 메타인지로 인해서 고등학생의 상황정의가 대학원생의 상황정의 방향으로 가깝게 변화한 것이다.

제가 어제 희영 언니(대학원생)께 여쭙보니깐 비오는 거나 이런 날씨는 연구원님들도 잘 어떻게 못 한다고 그랬어요. 비가 어느 시간 동안 정확하게 그 양만 내리는 것도 아니고 지점에 따라서 만약에 안산천, 화정천, 호원초(합류 지점) 나눠서 하니깐. 안산천, 화정천 쪽은 집중적으로 내릴 수도 있고 호원초는 조금만 내릴 수도 있고. 동시에 나간다고 해도. 그래서 이것을 보완할 수 있는 방법을 찾기 어려울 것 같아요.

(윤희, 2011-08-14, 심층면담)

환경 그게 통제하기가 쉽지 않아서, 통제 변인은 제대로... 같은 지점에서 수취를 하고, 같은 똑같은 실험 절차를 겪기는 했는데, ‘비가 얼마나 오나’랑 온도나 강우량 등에 따라서 달라서 통제 변인이 확실히 저희 실험의 한계였는데.

(지현, 2011-08-14, 심층면담)

고등학생들이 연구 방법과 관련해서 두 번째로 구체적으로 인식하기 시작한 것은 ‘측정의 정확성’이었다. 우리나라 과학과 교육과정에서 ‘측정’은 기초탐구 기능과 관련된 탐구 활동 요소로 간주된다(이상권 등, 2011). 고등학생들은 ‘측정의 정확성’과 관련해서 세 가지 측면에서 구체적으로 인식

한 것으로 드러났다. 첫째, 정확한 용량을 사용해야 실험 결과가 정확하게 나올 수 있다고 인식했다. 실험 방법에 ‘시험관에 하천의 물을 5mL 넣은 후 측정시약을 20방울 넣는다’, ‘계량 스푼으로 한 스푼 넣는다’ 등의 표현들이 반복적으로 등장했다. 이에 대해 고등학생들은 ‘한 방울’이나 ‘한 스푼’ 같은 경우 실험을 수행하는 사람에 따라서 다를 수 있기 때문에 실험 결과에 영향을 미칠 수 있다고 판단했다. 이 실험은 하천의 물에 특정 시약을 넣은 다음, 규정된 시간이 지난 후 화학 반응이 일어난 물의 색깔을 통해서 수질 오염도를 측정하는 것이었다. 이에 고등학생들은 규정 용량에서 벗어난 시약을 넣어준다면 물의 색깔 변화에 영향을 줄 수 있으므로 실험 결과에 영향을 미칠 수 있다고 판단했다. 그러므로 실험 시 반드시 정확한 용량을 넣어줘야 한다고 인식하게 된 것으로 드러났다.

그리고 저거 (수질 오염도 측정) 키트 사용해서 실험을 할 때 수치가 무조건 다 정확하게 딱딱 기계적으로 맞는 게 아니니까. 만약에 주사기를 이용해서 물을 채취할 때도 보는 시각에 따라서 5밀리나 그게 다를 수 있잖아요. 그리고 스푼으로 가루를 뜰 때도 이게 어느 정도에 맞춰야 되는지 그것도 때에 따라서 다를 수도 있고. 그런 것도 좀 미흡한 것 같아요.

(윤희, 2011-08-14, 심층면담)

둘째, 실험 결과 해석과 관련해서 ‘객관적 측정 기준’에 대한 구체적 인식이 고등학생들에게서 나타났다. 수질 오염도는 하천의 세 지점에서 채취한 물에 6종류의 측정 시약을 각각 떨어뜨린 다음 규정 시간이 지난 후 나타난 색깔을 통해서 판정했다. 그런데 색깔이란 관찰자에 따라서 주관적으로 판정될 가능성이 커서 오차가 생길 수 있는 상황이었다. 연구자의 관찰에 의하면, 실험 중에 가장 활발한 토의가 이뤄진 부분이 색깔 판정이었다. 고등학생들이 객관적 색깔 판정 기준의 필요성을 지속적으로 제기하는 모습을 다음의 심층면담과 실험 보고서에서 확인할 수 있었다. 이처럼 실험의 오차나 한계를 지적하는 것은 실험 방법의 신뢰성과 결과 해석의 타당성에 대해 학생들이 고려하고 있음을 나타내는 것이

므로(김미경, 2009), 고등학생들의 연구 방법에 대한 상황정의가 대학원생의 상황정의 방향으로 변화했다고 판단할 수 있다.

또한 수질측정을 할 때, 색상을 비교하여 수치를 나타내게 되는데, 이 때 색깔 구별하는 거요, 너무 주관적이고 정확하지가 않아요.

(지혜, 2011-08-14, 심층면담)

색상이 어느 수치에 더 가까운지는 여러 사람이 함께 결정을 내리기는 하나 이것 역시 주관적인 것이기 때문에 정확한 수치를 나타내는 것은 불가능하다. 이로 인해 실험 결과에 영향을 끼칠 수 있다는 것 역시 우리 실험의 한계점이다.

(지현, 2011-07-28, 실험 보고서)

고등학생들은 객관적 측정 기준과 관련해서 문제 상황을 인식하는 데서 끝난 게 아니라, 더 나아가서 현재의 실험 상황에서 적용할 수 있는 개선된 ‘객관적 측정 기준’을 구체적으로 제시하는 등 더 발달된 메타인지적 사고가 나타난 사실이 다음의 심층면담과 실험 보고서에서 드러났다. 이처럼 고등학생들의 연구 방법에 대한 상황정의가 더 깊고 풍부해진 것으로 볼 때, 대학원생의 상황정의 방향으로 더 가깝게 변화한 것으로 판단할 수 있다.

3개 한꺼번에 비교하는 게 가장 좋은데 3개 한꺼번에 실험할 장비가 준비가 안 돼서 따로 따로 하는데...

(지혜, 2011-08-14, 심층면담)

항목마다 3개잖아요. 만약에 아질산성 질소를 한다 하면 3개 한꺼번에 재서 3개 차이 비교하는 게 더 나을 것 같아요.

(지혜, 2011-08-14, 심층면담)

실험할 때 색깔로 구분했잖아요. 명확하지 않으니까 명확하게 볼 수 있는 그런 방법이랑.

(지혜, 2012-05-06, 심층면담)

이를 개선하기 위해서는 동일한 실험을 세 시험관에서 동시에 실행하여, 세 시험관의 색상 변화를 비교해 수치를 기록해야 한다. 세 시험관에 실험을 각각 하게 되면 세 시험관의 색상을 색상표와 비교해 주관적으로 정하게 되어 정확한 수치를 비교할 수 없다. 동시에 실험을 하게 되면, 정확한 수치는 알 수 없다 해도 어느 하천의 오염도가 더 높은지, 낮은지는 비교가 가능하다. 실험의 목적인 오염도 비교를 위해서는 동일한 실험을 동시에 실행하는 것이 정확한 실험 결과를 얻기 위해 필요하다.

(지현, 2011-07-29, 수정 실험 보고서)

고등학교 교과서에 등장하는 탐구 실험은 규정 시간 내로 수행할 수 있는 단순한 실험 방법을 따르는 경우가 대부분이며, 실험 결과도 대부분 명료하게 나타난다. 따라서 학교에서의 규정된 탐구 실험을 수행하는 과정에서는 실험 방법에 대한 고등학생들의 메타인지가 나타날 가능성은 낮은 것으로 보인다. 그런데 과학자가 수행하는 실제 과학탐구는 복잡한 맥락 내에 놓여있으며 연구 방법도 학교 실험과 달리 단순하지 않다. 또한 Kinhead(2003)에 따르면, 학생이 학교에서 실험을 수행할 때는 성공할 가능성이 크지만, 실제 프로젝트를 수행할 때는 많은 실패가 있을 수 있다. 즉, 고등학생들은 제한된 시간 동안 효율적으로 수행할 수 있도록 설계된 학교 실험 방법을 단순하게 따르는 데 익숙했던 것이다. 그런데 고등학생들은 이러한 실제 과학탐구에 참여하면서 연구 방법에 대한 메타인지가 나타났으며, 메타인지가 변화 요인으로 작용해서 연구 방법에 대한 상황정의가 대학원생의 상황정의 방향으로 변화한 것으로 나타났다.

### 1.2.3 지역의 수질 오염 상황정의 변화

프로젝트 기반 학습은 일상과 관련된 실제적인 문제를 다루는데, 과학 개념이 적용되는 구체적인 맥락을 제공하는 장점이 있는 것으로 보고되



었다(Krajcik *et al.*, 1994). 이 프로젝트는 연구 참여자들이 거주하는 지역의 특수성을 고려한 지역 기반 연구로서 프로젝트 기반 학습의 장점을 갖는다. 연구 계획서를 보면 대학원생은 지역의 수질 오염에 대해서 구체적이고 폭넓게 이해하고 있다는 사실을 발견할 수 있다. 그런데 지역의 수질 오염에 대한 고등학생들의 프로젝트 초기 상황정의는 ‘더럽다’, ‘냄새 난다’, ‘공업도시라서 그렇다’ 등 단순하고 피상적인 수준인 것으로 실험 수행 전 실시된 심층면담에서 드러났다.

그건(수질오염) 별로 관심 없었는데. 저랑 친한 친구가 화정천 바로 앞에 살아요. 그런데 그 친구랑 지나가다가 친구 얘기 들어보면 여름 되면 냄새 진짜 장난이 아니라고. 진짜 지나가기 싫다고. 그런 얘기 듣다 보면 ‘진짜 더럽긴 하구나’ 그냥 그러고 넘어갔지 그것에 대해서 깊게 생각해본 적은 없는 것 같아요. (연우, 2011-07-26, 심층면담)

여기 공단도 많고 그렇잖아요. 안산천이 더럽다고 하나? 버스 기다리다 보면 냄새도 많이 나고 하거든요. (중략) 인식이 ‘아, 더럽다’ 그 정도? (경은, 2011-07-26, 심층면담)

이처럼 고등학생의 프로젝트 참여 전 지역의 수질 오염에 대한 관심도와 이해도는 아주 낮은 수준이었던 것으로 심층면담에서 드러났다. 그러나 프로젝트 참여가 결정된 후에는 연구 수행을 통해서 지역 수질 오염의 현황과 원인에 대해서 잘 알 수 있을 거라는 기대감을 갖고 있는 것으로 다음의 심층면담에서 나타났다. 지역의 수질 오염에 대한 이해도는 여전히 낮은 수준이지만, 공동연구팀의 구성원으로 선발된 후 관심도는 뚜렷하게 증가한 것이다.

그때는 그냥 냄새가 나구나 이랬잖아요. 이게 왜 냄새가 나지 생각을 안 해봤는데, 주제를 듣고 나서 왜 그런 냄새가 나고 수질이 그렇게 더럽고 그런지 알게 되는 거잖아요. 이제 그것도 알 수 있겠다 생각이 들었어요. (연우, 2011-07-26, 심층면담)

도시를 관통하는 하천의 수질 오염은 거주지에서 배출하는 오염 물질이 원인이 되는 경우가 많다. 따라서 도시 하천을 대상으로 한 수질 오염 연구에서 오염 물질 유입 지점을 파악하기 위해서는 하천의 구조를 이해하는 것이 필수적이다. 대학원생은 안산시를 관통하는 가장 큰 두 개의 하천인 안산천과 화정천, 그리고 이 두 하천이 합류하는 하류 지점인 호원초등학교 인근 하천, 이렇게 세 지점을 채수 장소로 선정했다. 고등학생들은 실험 수행을 시작하면서 비로소 지역 수질 오염 연구의 기본 이해 사항인 ‘세 지점 채수 장소 선정 이유’에 대해 알게 된 것으로 나타났다. 고등학생들은 실험 수행 횟수가 증가함에 따라서, 두 하천이 합류되는 지점인 호원초등학교 인근 하천이 과거 수질 오염 문제로 크게 부각되었던 시화호로 유입된다는 사실로까지 지역의 수질 오염에 대한 인식이 확장된 것으로 나타났다.

화정천과 안산천이 이렇게 양쪽에서 흐르다가 호원초 강에서 만나는 거잖아요. 안산의 다른 천도 많이 있지만 가장 주된 천 2개가 안산천이랑 화정천이 가장 크고 긴 제일 밀접해 있는 거고 주변에 주택가도 많고 그런데 주택가가 많은데 거기에 물이 더러우니까 주민들한테 그 피해가 오잖아요. 그런데 두 지점을 측정한 다음에 만나서 시화호와 연결된 하천을 보면서 그 하천에서 두 개가 합쳐지면서 어떤 변화가 있었는지랑 또 시화호가 그 하천에 어떤 영향을 끼치는지 보려고 측정한 거라고. 그게 시화호와 연결된 거도 이제 알았어요. 시화호가 시화에만 있는 것으로 알고. 뉴스보고 ‘아 그런 거구나’ 그랬는데. 가까이에 있는 것인 줄 몰랐어요.

(연우, 2011-08-14, 심층면담)

저희 지역에 흐르는 하천이 어디서 오염이 됐는지. 그리고 그 하천의 근원 같은 거 있잖아요. 하천이 어떻게 해서 이렇게 흐르게 됐는지, 왜 오염이 됐는지, 어디에서부터 됐는지 알 수 있었고. 그만큼 심각하지 않다는 것도, 생각보다 안 심각해서 다행이라고 생각했고. 연구 전보다는 아는 게

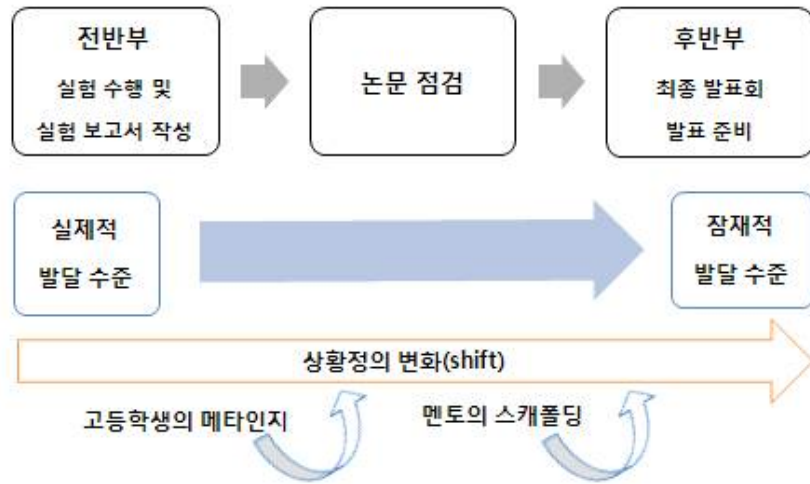
많아졌으니까 지나다가다 한번 보게 되고. 오늘은 냄새가 더 나네. 막 이렇게. 그 전에는 나면 나나 보다. (경은, 2012-05-11, 심층면담)

고등학생들의 지역의 수질 오염에 대한 이해도가 높아진 사실은 실험 보고서를 통해서도 파악할 수 있었다. 고등학생들이 처음 제출한 실험 보고서에는 하천의 오염도가 높다는 실험 결과만이 간략하게 기술되어 있었다. 그런데 아래에 제시된 수정하여 제출한 실험 보고서에서는 채수 지점 세 곳을 연관시켜서 수질 오염의 인과 관계를 구체적으로 기술한 것으로 나타났다. 고등학생들이 ‘실험 보고서 작성’이라는 글쓰기를 통해 지역의 수질 오염에 대해서 반성적 사고를 하게 되어 상황정의가 대학원생의 상황정의 방향으로 변화한 것으로 보인다.

총 8가지 수질 측정 결과를 종합적으로 살펴보면, 안산천과 화정천이 안산 시내를 흐르는 도중 오염원이 유입되고 있다는 것을 알 수 있다. 이 두 하천이 합류지점으로 흐르면서 여러 작은 하천들이 각 하천에 합류하게 되는데 이로 인해서 하천 유량이 늘어나면서 합류지점에서는 오염도가 두 하천보다 감소한다. 또한 오염원이 유입되는 정도는 화정천보다 안산천이 더 심한 정도를 나타내고 있으며 유입되는 오염원으로는, 주로 안산 시내를 흐르고 있으므로 생활하수일 가능성이 높다.

(지현, 2011-07-28, 수정 실험 보고서)

이처럼 고등학생들의 지역의 수질 오염에 대한 상황정의는 처음에는 ‘더럽다’ 정도로 단순했지만, 실험을 수행하는 과정에서 뚜렷하게 변화하였다. 하천의 채수 지점 세 곳의 구조적 특성과 연관시켜서 지역 수질 오염의 인과관계를 파악하였으며, 더 나아가 시화호 오염 문제와 연결시키는 등 대학원생이 연구 계획서에서 기술한 상황정의에 근접한 것으로 드러났다.



<그림 2> 고등학생의 프로젝트 참여 흐름 및 상황정의 변화

## 2. 고등학생의 상황정의 변화 요인

Rogoff(1990)는 “안내된 참여(guided participation)” 개념을 제시했는데, 과학 탐구 수행과 관련된 “안내된 참여” 과정에서 학생은 능동적 탐구자(active inquirer), 교사는 능동적 안내자(active guide)로서의 역할을 수행하는 것으로 보고되었다(Polman & Pea, 2001). 이번 프로젝트에 참여한 고등학생들도 대학원생과 대학생의 안내를 받았기 때문에 “안내된 참여” 형식으로 연구 과제를 수행하였다. 따라서 공동연구팀 내에서 고등학생들은 능동적 탐구자로서, 대학원생과 대학생은 능동적 안내자로서의 역할을 수행한 것으로 볼 수 있다. 프로젝트 수행 과정에서 고등학생의 경우 메타인지가 나타나면서 능동적 탐구자로서의 면모를 보였고, 대학원생과 대학생의 경우 고등학생에게 스캐폴딩을 제공하면서 능동적 안내자로서의 면모를 보인 것으로 나타났다. 이처럼 고등학생의 연구 과제에 대한 상황정의 변화에 영향을 미친 요인은 대학원생과 대학생의 스캐폴딩, 그리고 고등학생의 메타인지로 드러났다. 이는 ‘R&E 프로그램 모형’을 개발한 이선길(2006)의 연구 결과에 부합하는데, 모형의 구성요소에 ‘멘토의 스캐폴딩’과 ‘학생들의 메타인지 활동’을 포함시킨 결과 학생들의 과학 연구 수행 능력이 향상된 것으로 보고되었다. 이에 본 절에서는 고등학생들의 상황정의 변화에 영향을 미친 이 두 가지 요인에 대해서 분석하였다.

### 2.1 대학원생과 대학생의 스캐폴딩

이 프로젝트는 ‘멘토링을 통한 과학탐구 프로젝트’의 성격을 띠었는데, 대학원생과 대학생이 멘토의 역할을 수행하였고, 고등학생들은 멘티로서 참여하였다. 멘토링은 ‘실제 상황에서의 도제적 관점(situated-apprentice perspective)’에 기초한 것으로, 멘토링에서 멘토는 실천적 지식을 가진 전문가로 간주되며 멘티가 처한 상황에서 안내자 역할을 하게 된다

(Harrison *et al.*, 2005). 또한, 멘토란 학습자의 학습을 촉진시키는 역할을 맡은 사람으로서 학습자가 필요할 때 도움을 제공한다(Jeffries, 1990). 본 연구에서도 멘토인 대학원생과 대학생에게 받은 적절한 도움이 고등학생들의 연구 과제에 대한 상황정의 변화에 중요하게 작용하였으며, 궁극적으로는 고등학생들의 프로젝트 수행 능력 향상에도 크게 기여한 것으로 드러났다.

또한 연구 프로젝트에 참여한 학생의 자율적인 수행 능력의 향상에 있어서 조교의 적절한 개입이 중요하다는 사실도 보고되었다(유효숙, 2011). 본 연구에서도 고등학생들의 프로젝트 수행 능력 향상에 대학원생과 대학생의 스캐폴딩이 중요하게 작용한 것으로 드러났는데, 스캐폴딩은 ‘학습자의 성장기회를 최대화시키는 교육적 도구’로 작용하는 것으로 밝혀졌다(Doyle, 1986).

그런데 이 프로젝트에서 대학원생과 대학생 모두 멘토의 역할을 수행했지만, 고등학생들은 대학원생과 대학생에게 각각 다른 유형의 스캐폴딩을 받은 것으로 나타났다. Grindstaff와 Richmond(2008)에 따르면 사회적 지원(social support)은 세 가지 유형으로 나타났는데, 인지적(cognitive) 지원, 감정적(emotional) 지원, 기술적(technical) 지원이다. 본 절에서는 대학원생과 대학생이 고등학생에게 제공한 스캐폴딩의 차이를 위에 제시된 세 가지 유형에 근거해서 분석했는데, 대학원생은 인지적 지원 유형의 스캐폴딩을 주로 제공했으며, 대학원생과 고등학생들의 중간 연결 고리 역할을 담당했던 대학생들은 기술적 지원과 감정적 지원 유형의 스캐폴딩을 주로 제공한 것으로 나타났다.

### 2.1.1 대학원생의 스캐폴딩

Rogoff와 Gardner(1984)의 연구에 따르면, 교육적 스캐폴딩은 초심자와 전문가 사이의 상호작용 속에서 일어나는데, 유사한 맥락으로부터 지식과 기능의 전이를 이루는 데 효과적이다. 본 연구에서도 고등학생들의

연구 과제에 대한 상황정의 변화에 대학원생의 교육적 스캐폴딩이 변화 요인으로 크게 기여한 것으로 나타났다. 이는 멘토링에서 멘토는 ‘변화의 주도자’ 역할을 한다는 Feiman-Nemser(2001)의 주장에 부합하며, 멘토에게 요구되는 중요한 것은 멘티를 한 사람의 전문가로 성장시킬 수 있는 능력이라는 곽영순(2011)의 주장을 지지하는 결과이다.

대학원생이 고등학생에게 제공한 스캐폴딩은 세 가지 과정에서 뚜렷하게 나타났다. 첫 번째로 실험 보고서 작성 지도였다. 과학탐구 보고서는 과학적 탐구에서 얻어진 결과를 다른 과학자들에게 알리고 그 타당성을 검토받기 위한 과학자들의 특별한 의사소통 수단이다(김미경, 2009). 또한 Keys(2000)는 학생들이 보고서 쓰기를 통해 단순히 과학자 사회의 관례를 배우는 것을 넘어, 지식 주장과 증거 도출하기, 데이터와 관찰 방법에 대해 기술하기, 그리고 자신들의 생각에 대한 반성하기를 배워야 한다고 주장하였다. 이처럼 과학탐구 수행에서 ‘보고서 작성’은 필수적 과정인데, 실제 과학탐구를 처음 수행하는 고등학생들의 보고서 작성 능력은 많이 미흡한 상황이었다. 이에 대학원생은 아래의 심층면담에서 밝혔듯이 전체 프로젝트 수행 과정에서 가장 많은 시간을 할애하여 고등학생들의 실험 보고서 작성을 지도하였다.

**앞으로 필요한 게 학생들한테 글 쓰는 걸 좀 가르쳐야 되는데, 보고서를 써오는 것을 보면 제가 항상 다시 수정을 해서 보내주고 두 번째 수정을 또 받거든요.**  
(대학원생, 2011-08-28, 심층면담)

**글 쓰는 게 제가 제일 손 댈 게 많은 부분이에요.**

(대학원생, 2011-08-28, 심층면담)

공동연구팀은 실험 보고서를 주관기관에서 제공한 양식에 따라 고등학생이 작성해서 제출해야 했는데, 양식에는 날짜, 제목, 실험시약 및 기구, 실험방법, 실험결과 및 고찰 항목이 순서대로 포함되어 있었다. 대학원생

은 고등학생들에게 실험 보고서 작성법을 따로 알려주지 않고 우선 주관 기관에서 제공한 양식에 따라 실험 보고서를 스스로 써보게 했다. 대학원생은 고등학생이 작성한 첫 번째 실험 보고서를 받아보았는데, 미흡한 부분이 많이 발견되었다. 이에 대학원생은 고등학생들의 실험 보고서 작성법 개선을 위해서 개별적으로 보충해야 할 부분을 실험 보고서에 표시 하였고, 기본적으로 포함해야 할 작성목록을 정리해서 고등학생들에게 주었으며, 공동연구팀의 전체 회의 시간에서도 실험 보고서 작성법에 대해서 지도했다. 대학원생이 고등학생들에게 제공한 실험 보고서 작성 지침에는 ‘실험 방법’ 및 ‘실험 결과 및 고찰’과 관련된 내용이 상세하게 기술되어 있었는데 <표 4>에서 제시하였으며, 실제 첨삭 예시는 <표 5>에서 제시하였다.

<표 4> 보고서에 들어가야 할 항목 및 제목, 실험시약 등 기재 방법

실험방법	실험을 해보지 않은 사람이 읽었을 때에도 따라할 수 있을 정도로 상세히 적는다.
실험결과 및 고찰	실험결과 및 고찰 부분에서 작성해야 할 목록 1. 실험목적 2. 실험이론 3. 실험결과 정리(도표 및 사진 등) 4. 실험결과 값 분석 5. 결론: 실험결과에 대한 논의, 연구의 한계점 등 6. 참고문헌



<표 5> 대학원생의 첨삭 예시 - 지현이의 실험 보고서

첨삭 주제	첨삭 예시
실험보고서 작성법	<ul style="list-style-type: none"> <li>·채취한 물(어느 지점에서 퍼온 것인지도 작성)</li> <li>·B시험관은 대조실험 시험관이라는 것을 명시해 주세요.</li> <li>·표 아래에 각 물질의 농도를 표시하면 ‘ppm’ 단위가 무엇인지 찾아서 적어주세요.</li> <li>·보고서에는 나, 너, 우리 등의 단어는 사용하지 않는 것이 좋습니다.</li> </ul>
실험내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>·왜 이 세 지점의 수질을 측정하고자 하는지 이유를 써주면 좋습니다. (지점 선정 이유와 의의)</li> <li>·비가 오기 전과 온 후에 어떤 차이가 있을지도 작성해 주시면 더 좋겠습니다.</li> </ul>

대학원생이 첨삭한 고등학생의 실험 보고서를 <표 5>를 통해서 살펴보면, 실험 보고서 작성법에 대한 첨삭뿐만 아니라, 실험의 내용에 대한 첨삭도 포함되어 있었다. 실험 내용에 대한 대학원생의 첨삭 내용을 구체적으로 살펴보면, ‘세 지점 선정의 이유와 의의’과 ‘비 오기 전과 후의 변화’에 대한 추가 작성을 요구하는 등 연구의 목적, 그리고 연구 방법 중 변인의 영향에 대한 고등학생들의 메타인지를 촉진한 것으로 드러났다. 따라서 고등학생들은 처음 작성한 실험 보고서에 대한 첨삭 내용을 보면서 실험 보고서 작성법을 익혔을 뿐만 아니라, 연구 과제 전반에 대한 고찰이 촉진되어 메타인지가 나타나게 되어 상황정의 변화에 기여했을 것으로 보인다.

Rivard(1994)에 의하면, 글쓰기는 학습자의 과학 지식을 구조화하고, 메타인지를 촉진한다(이민주, 2011). 고등학생들은 실험 보고서를 수정해서 다시 쓰는 과정을 거치면서, 연구 과제의 목적, 수행을 위한 구체적인 방법, 그리고 지역 하천의 수질 오염의 현황과 원인들을 유기적으로 연결하면서 연구 과제 전반에 대한 지식을 구조화한 것으로 보인다. 또한 연구 과제에 대한 메타인지도 나타나게 되어 결과적으로 연구 과제에 관한

상황정의가 대학원생의 상황정의 방향으로 변화하는 데 크게 기여한 것으로 보인다. 따라서 고등학생들이 작성한 실험 보고서에 대한 꾸준한 모니터링과 첨삭을 통해서 보고서 작성 능력의 향상을 이끈 대학원생의 스캐폴딩이 고등학생의 상황정의 변화에 크게 기여한 것으로 볼 수 있다.

대학원생이 고등학생들에게 제공한 스캐폴딩은 두 번째로 실험 수행 과정에서 나타났다. 지도교사의 관찰에 의하면, 대학원생은 실험 과정에서 보고서 작성과 관련된 사항이 나타날 때마다 나중에 보고서에 반드시 기록하라고 강조하였다. 구체적인 예를 들면 대학원생이 참여한 6차시 실험에서, 하천에서 채취한 물에 시약을 떨어뜨리고 일정 시간이 경과한 직후의 색깔 판정을 통해서 수질 오염도를 측정할 때, 규정된 시간을 초과한 상황이 발생했다. 대학원생은 규정 시간을 초과했기 때문에 반응이 더 일어나서 색깔이 더 진해졌을 거라 지적하며, 실험 과정에서 발생한 이러한 오차도 실험 보고서에 꼼꼼하게 기록하도록 지도했다. 실험을 수행하는 동안에도 실험의 오차를 줄이고 정확한 데이터를 얻기 위해 끊임 없이 반성하는 것이 중요한데(김미경, 2008), 이는 과학자들이 연구를 진행하면서 방법의 신뢰성에 관심을 가지고 타당한 방법을 찾는 것에 해당한다(Chinn & Malhotra, 2002). 따라서 고등학생들은 이 과정에서 과학자가 수행하는 실제 연구 과정에서 발생하는 오차는 그냥 폐기되는 값이 아닌, 실험 보고서에서 기술해야 하는, 실험 결과를 구성하는 요소가 된다는 사실을 학습한 것으로 보인다. 고등학생들은 오차가 생긴 원인을 실험 보고서에 기술하는 과정을 통해서 실험 과정에 대한 반성적 성찰을 하게 되었고, 이로 인해 연구 방법에 대한 메타인지적 사고를 하게 된 것으로 보인다.

지도교사의 관찰에 의하면, 실험 중 색깔 변화를 판정하는 상황에서도 정확한 판정 기준이 없었기 때문에 색깔 판정을 두고 고등학생들 사이에서 활발한 대화가 오갔다. 우선 대학원생은 현재의 실험 방법으로는 육안으로 색깔을 판단해야 하기 때문에 관찰자에 따라서 다를 수 있다고

실험 방법의 한계를 인정했다. 그런 다음 현재의 실험 상황에서 측정의 정확성을 확보할 수 있는 두 가지 방법을 제시했다.

첫째, 색깔 판단을 육안으로 하기 때문에 관찰자에 따라서 다를 수 있지만, 실험을 수행하는 구성원 한 명만이 판단한 값이 아니라 함께 실험을 수행한 여러 명이 같이 판단한 값이라고 써야 한다고 지도했다. 이를 통해서 고등학생들은 실제 과학탐구에서 실험 결과 해석이 명료하지 않은 경우, 연구팀의 구성원들이 함께 해석에 참여해서 결론을 도출했을 때 실험 결과의 신뢰성이 높아진다는 사실을 학습한 것으로 보인다.

시간이 딱 맞아야 하는데..... 이런 거를 실험보고서에 쓰는 거야. 우리가 항상 10분 정도나 5분 정도에 사진을 찍는데, 지금 사진을 못 찍어서 지체가 되었잖아. 이걸로는 측정할 수가 없는 거지. 그거 찍어놔. 실험 결과 보고서에 잘 된 결과만 쓰는 게 아니라, 뭔가 우리가 잘못을 해서 시약을 한 번 넣어야 하는데 두 번 넣었을 때 시간이 지나니깐 반응이 더 많이 일어났지? 잘못된 결과도 쓰는 거야. 오차나 오류도 쓰는 거야. 색깔이 더 진해졌지?  
(대학원생, 2011-08-14, 실험 6차시)

애들아, 사진, 자기가 찍은 사진, 자기 실험보고서에 붙여야 하니깐, 자기가 한 거 잘 붙여야 해. 만약에 8월 7일이라면 8월 7일에 한 거, 그리고 그때 실험했던 거 다 자기 실험보고서에 붙여야 해.

(대학원생, 2011-08-21, 실험 8차시)

실험할 때, 실험 오차 같은 거 쓸 때, 정 할 게 없으면 이런 거 있지, 5밀리를 정확히 맞춰 넣기 힘들 수 있잖아. 그런 거라도 써.

(대학원생, 2011-08-21, 실험 8차시)

그리고 실험보고서 쓸 때 ‘색깔을 보는 게 주관적이기 때문에 혼자서 결정한 것이 아니라 같이 실험을 한 팀의 옆 친구랑 같이 상의해서 한 거다.’

라고 하는 게 좋은 것 같아. (대학원생, 2011-08-21, 실험 8차시)

둘째, 대학원생은 색깔이 두 지표 색깔의 중간에 해당되는 경우, 중간 색깔로 기계적으로 판단을 내리는 것이 아니라 물 색깔을 고려해서 진한 쪽으로 색깔을 판단해야 한다며 객관적인 판단 기준을 제시했다. 지도교사의 관찰에 의하면, 대학생은 동일한 상황에서 기계적으로 중간 색깔로 판정하자고 고등학생에게 제안하는 등 연구 방법에 대한 인지적 지원에서 한계를 보였다. 그런데 대학원생은 물도 자체적인 색깔이 존재하기 때문에 중간 색깔로 보는 것보다 진한 쪽 색깔로 판정하는 게 정확하며 보다 정확한 측정 기준을 제시하는 모습을 보였다. 이와 같은 대학원생의 인지적 지원을 통해서, 고등학생들은 하천의 수질 오염 연구에서는 하천의 물 자체의 색깔을 고려해서 실험 결과를 해석해야 한다는 사실을 학습한 것으로 보인다.

이게 아마 물 색깔이 좀 있기 때문에 좀 차이가 있을 거야. 그래서 진하기로 보는 게 더 나을 거야. (대학원생, 2011-08-14, 실험 6차시)

연우      진짜 애는 모르겠어요.  
대학원생    진하기로 봐 진하기로. 색깔은 물 색깔이 흰 색깔이 아니니까.  
(2011-08-14, 실험 6차시)

대학원생이 고등학생에게 제공한 세 번째 스캐폴딩은 고등학생들의 최종 발표회 준비 과정에서 나타났다. 지도교사의 관찰에 의하면, 고등학생들은 프로젝트 수행 과정에서 주도적으로 인지적 지원을 제공한 대학원생에게 주로 스캐폴딩을 요청했으며, 대학원생은 휴대폰 문자 메시지를 이용하거나, 직접 통화를 하거나, 주말에 만날 때 참고 자료를 직접 제공하는 등의 다양한 경로로 고등학생들에게 도움을 주었다. 고등학생들은 최종 발표회에서 공동연구팀의 연구를 처음 접하는 청중들 앞에서 규정

시간인 15분 내에 연구의 의의, 목적, 결과, 결론 등을 간결하게 설명해야 했다. 고등학생들은 최종 발표회를 준비하는 과정에서 대학원생이 주도적으로 작성한 논문을 내면화하기 위해서 자발적으로 노력하는 모습을 보였는데, 논문을 검토하는 과정에서 연구 과제 전반에 대한 메타인지적 사고가 나타났으며, 그 결과 이해가 잘 안 되는 부분에 대해서는 대학원생에게 스캐폴딩을 받았다. 따라서 고등학생의 연구 과제 전반에 대한 상황정의가 대학원생의 상황정의에 근접할 수 있었다. 이 과정에서는 고등학생들의 메타인지가 대학원생의 스캐폴딩을 이끌어낸 사실이 다음에 제시된 대학원생의 심층면담에서도 드러났다.

그때 애들이 질문을 많이 했던 게, 카카오톡으로 물어봤다고 했던 게 아마 그 시점에서 연우가 “언니 준비하면서요, 저희들끼리 얘기하다가 이걸 잘 모르겠는데 이게 뭐예요?”라고 물어본 경우가 되게 많았어요. 학생들끼리 발표 준비하다가 자기네들끼리 했는데 뭔가 이해가 안 되는 거예요. “언니 저희끼리 이렇게 했는데 이걸 맞아요? 이걸 아닌가요? 이걸 모르겠어요.” 그때 질문이 많았어요. (대학원생, 2012-05-13, 심층면담)

### 2.1.2 대학생의 스캐폴딩

대학생은 이 프로젝트에 멘토로서 참여했지만, 대학원생에 비해서 연구 과제와 관련된 지식과 경험이 많이 미흡한 상황이었다. 이러한 한계가 존재했기 때문에 인지적 지원은 대학원생이 주로 제공하였다. 반면, 대학생은 프로젝트 수행 과정 전반에 걸쳐서는 감정적 지원을 중점적으로 제공했고, 실험 수행 과정에서는 기술적 지원을 주로 제공한 것으로 나타났다.

또한 대학생들도 수질 오염 연구는 처음 수행하는 상황이었다. 이에 대학원생은 고등학생들과 실험을 본격적으로 수행하기 전에 대학생들과 예비 실험을 실시했다. 이를 통해서 대학생들은 실험 방법에 대해서 잘 익

할 수 있었기 때문에, 이후 수질 오염도 측정 실험을 고등학생들과 원활하게 수행할 수 있었다. 실험 수행 과정에서의 담화에 따르면, 대학생은 고등학생들에게 실험 방법과 관련된 세부 절차를 알려주는 기술적 지원 유형의 스캐폴딩을 주로 제공한 것으로 드러났다. 지도교사의 관찰에 따르면, 대학생들도 수질 오염 연구에 대해서 초심자였기 때문에 고등학생들의 인지적 지원을 요청하는 질문에 대해서 제대로 답변하지 못하는 등 한계를 보였다.

넣으십시오. 그 다음에 시험관 A에만 '2'를 6방울 넣고 마개를 닫으십시오. 하나 둘 셋 넷 다섯 여섯. 마개를 닫고 1분간 세계 흔들어주십시오. 1분 봐줘.  
(대학생 민지, 2011-07-29, 실험 1차시)

5밀리를 먼저 하고 10밀리를 나중에 하자. 무슨 말인지 알겠어? 5밀리부터 대조군. 그 다음에 COD에 5밀리.  
(대학생 유정, 2011-08-07, 실험 4차시)

또한 대학생들은 대학원생과 고등학생의 중간에 놓여 있는 존재로서, 두 계층의 정서적 거리감을 줄이는 역할을 수행하는 등 감정적 지원 유형의 스캐폴딩을 중점적으로 제공한 것으로 나타났다. 중간 매개 역할을 수행한 대학생이 존재했기 때문에 대학원생과 고등학생들 사이의 의사소통이 실제로 더 원활했던 것으로 다음의 심층면담에서 드러났다.

대학생 언니들이랑은 좀 더 재밌는 얘기 많이 하고. (중략) 대학생 언니들은 좀 더 친구 같고. (중략) 대학생은 선생님 안 같다는. 좀 더 어린, 편하다는, 편한 친구?  
(지현, 2012-05-06, 심층면담)

대학생 언니들이 있는 거랑 없는 거랑 차이가 많이 나요. 연결해주는 거. 대학원생 언니랑 대학생 언니랑 조금 더 친하고요. 왜냐하면 나이 대도 비

슷하고 알고 있는 것도 비슷하고 관심사도 비슷하니깐 대학생활 겪었으니  
깐. 대학생 언니랑 저희 고등학생이랑 조금 관심사가 가깝잖아요. 대학원  
생이랑은 조금 나이 차가 있는데. 언니들 셋이 같이 있으면 조금 더 대화  
가 더 잘 이루어졌어요. (지현, 2012-05-06, 심층면담)

## 2.2 고등학생의 메타인지

고등학생은 프로젝트 초기 연구 과제 전반에 대한 상황정의가 대학원생  
의 상황정의와는 큰 차이를 보여서 고등학생과 대학원생 사이에는 최소  
한의 상호주관성이 형성된 상태였다. 그런데 실험을 본격적으로 시작하  
면서 연구 과제에 대한 고등학생의 메타인지가 나타났고, 메타인지가 주  
된 요인으로 작용해서 고등학생의 상황정의가 대학원생의 상황정의 방향  
으로 변화한 것으로 드러났다. 메타인지는 학습 과정에서 학생들이 스스  
로 무엇을 얼마나 알고 있는지 인식함으로써 자신의 수행을 계획, 점검,  
평가, 수정하는 것을 의미한다(Jacobs & Paris, 1987). 이러한 메타인지  
는 학습자가 단지 학습 내용을 습득하는 단계에 머무르게 하지 않고 자  
신의 학습과정을 총체적인 관점에서 효과적으로 관리해 나가도록 돕는  
것으로 보고되었다(Adkins, 1997).

고등학생의 메타인지는 첫 번째로 실험 수행 과정에서 나타났다. 고등  
학생들은 이미 연구 과제가 결정된 상황에서 공동연구팀에 합류했다. 따  
라서 프로젝트 초기 연구 과제에 대한 이해는 아주 낮은 상황이었다. 그  
런데 실험을 본격적으로 수행하면서 연구의 목적에 대해서 ‘왜’라는 의문  
을 제기하기 시작하며 메타인지를 보이기 시작했다. 실험 수행 과정에서  
는 고등학생의 메타인지가 대학원생의 스캐폴딩을 이끌어냈고, 대학원생  
의 스캐폴딩을 통해서 고등학생의 연구 목적에 대한 상황정의가 대학원  
생 방향으로 변화한 것으로 나타났다. 고등학생들이 실험을 한창 수행하  
는 기간 중에 실시된 다음의 심층면담 자료를 보면 고등학생의 연구 목  
적에 대한 메타인지를 확인할 수 있다.

그런데요 이 실험하는 목적을 알긴 알겠는데 확실하게는 잘 모르겠어요. 이 실험을 하는 목적이, 이걸 하면서, 화정천이랑 안산천이 나눠졌다가 거기서 합류되면서 어떤 게 변화가 있고 이런 걸 보는 거잖아요. 그래서 주변 환경이 어떻게 이런 걸 보는 거잖아요. 그런데 그걸 왜 보는지 잘 모르겠어요. (연우, 2011-08-14, 심층면담)

또한 실험 수행 과정에서는 고등학생의 연구 방법과 관련된 메타인지도 나타난 것을 볼 수 있었는데, 변인 통제와 관련된 메타인지가 특히 활발하게 나타난 것을 확인할 수 있었다. 변인 통제에 대한 고등학생의 메타인지로 인해서 대학원생의 스캐폴딩이 제공되었고, 이로 인해서 고등학생들은 학교에서 경험한 실험과는 달리 실제 연구에서는 변인 통제가 완벽하게 이루어지지 못할 수 있다는 점을 학습한 것으로 보인다. 다음의 심층면담에서 수질 오염도에 영향을 미칠 수 있는 변인 ‘날씨’에 대한 고등학생의 메타인지를 확인할 수 있었다.

저희가 실험하면서도 “그런데 이거 이렇게 달라가지고 온도나 이런 거 달라서 이게 결과가 제대로 나오냐?” 그런 것도 생각한 것 같고. (연우, 2012-05-06, 심층면담)

처음에는 그냥 시키는 대로, 맨 처음에 갔을 때는 그냥 그랬는데, 시키는 대로 했는데 좀 지나면서는 저희끼리 좀 얘기도 많이 한 것 같아요. “아니 그런데, 야, 온도랑 바람이랑 이런 거 다 다른데 거기는 지금 비 오고 여기는 안 오는데 이게 이렇게 다르면 돼?” (연우, 2012-05-06, 심층면담)

고등학생의 메타인지는 두 번째로 실험 보고서를 작성하는 과정에서 나타났다. 글쓰기를 통한 학습은 학습자가 통합적인 인지 구조를 사용하여 과학 지식을 이해하고, 실험적 증거를 바탕으로 과학 지식을 합리화하는 과정을 포함하고 있다(Hand *et al.*, 1999). 또한 학습자는 동료들과 함께



정보를 공유하고, 주장에 대한 근거를 제시하며, 그 결과를 글로 표현하는 과정을 통해 과학 지식의 형성 과정을 이해할 수 있는 것으로 보고되었다(Halliday & Martin, 1993; Yore *et al.*, 2004). 고등학생들은 이 과정을 통해서 수행 중인 연구 과제 전반에 대한 반성적 사고를 할 수 있었을 뿐만 아니라, 더 나아가서 학교 밖에서 실제 이뤄지는 탐구 과정에 대해서 고찰할 수 있는 계기가 되었을 것으로 보인다. 고등학생들이 학교에서 수행했던 탐구 실험은 규정 시간인 50분 내로 마칠 수 있도록 간단하게 설계되었으며, 결과도 명료하게 나오는 것이 대부분이었다. 학교 탐구 실험에 익숙했던 고등학생들은 연구 과제의 한계와 개선점에 대해서 실험 보고서에 쓰는 과정을 통해서 실제 탐구실험은 학교 탐구실험과 달리, 의도적으로 조절하기 어려운 여러 복잡한 변인들이 관여하고 있으며, 실험 과정에서 오차도 생길 수 있는 등 여러 면에서 한계가 존재할 수 있다는 사실을 학습했을 것으로 보인다.

비가 오는 상태에서 하천의 물을 채취하고 pH, 온도를 측정하였다. 따라서 비가 실험의 결과에 영향을 끼쳤을 수 있다. 또 각 항목의 오염도를 측정할 때, 색깔을 사람의 눈으로 비교하는 것이기 때문에 정확한 수치를 내리는데 있어서 어려움이 있었다.

(연우, 수정 실험 보고서 중 ‘실험의 한계점’)

한계점은 측정할 때가 장마철이라서 정확한 농도 측정이 불가능하다는 점이었다.

(경은, 수정 실험 보고서 중 ‘실험의 한계점’)

하지만 비가 많이 오는 장마철이기 때문에 평소보다 수질이 깨끗하다. 그러므로 수치가 확실하다고는 할 수 없다. 또 수치를 측정할 때, 색상을 눈으로 비교하여 결정하는 것인데, 이 과정에서 조명에 의해서 결과가 다를 수 있고, 색상을 여러 사람의 의견을 묻고 결정하기는 하지만 주관적이기 때문에 정확한 수치를 나타낼 수는 없다.

(지혜, 수정 실험 보고서 중 ‘실험의 한계점’)

고등학생의 메타인지는 마지막으로 최종 발표회 준비 과정에서 가장 활발하게 나타났다. 최종 발표와 질의응답을 준비하면서 고등학생의 연구 과제 전반에 대한 메타인지가 두드러지게 나타났고, 이에 따라 대학원생의 스캐폴딩을 자발적으로 요청해서 받았으며, 결과적으로 연구 과제에 대한 상황정의가 대학원생의 상황정의에 최대한 근접하게 되었다. 그 결과 연구 과제와 관련해서 고등학생들과 대학원생 사이에 최대한의 상호 주관성이 형성될 수 있었다.

논문 점검하면서 그때 제 스스로 궁금한 거에 대해서 의문이 들었다는 그런 관점에서든 그럴 수 있고. 언니들한테나 애들한테도 제가 물어봤어요, 어려운 이해가 잘 안 되는 것을. 그때 친구들이랑 언니들의 도움이 있어서 그 정도 내용을 잘 이해할 수 있었던 것 같아요.

(윤희, 2012-05-20, 심층면담)

### 3. 프로젝트 성과

학교 밖 과학 활동은 교육 결과에 큰 영향을 미치며(Averch *et al.*, 1972), 또한 장기적으로 과학 학습에 도움이 되는 것(Wellington, 1990)으로 나타났다. 이 연구에서도 고등학생들은 학교 밖 과학 활동에 속하는, 실제 과학탐구에 참여함으로써 네 가지 뚜렷한 교육적 성과를 거두었다. 고등학생들이 거둔 첫 번째 성과는 과학자가 수행하는 실제 과학 탐구에 대한 이해가 높아진 것이다. Bleicher(1996)는 고등학생들의 대학 연구실 참여를 통한 과학 학습의 목표는, 연구실을 외부 방문자로서 바라보는 관점에서 벗어나, 과학이 무엇이고 과학자에 의해서 어떻게 수행되는지에 대해 더 깊이 이해하는 것이라고 주장했다. 과학탐구 프로젝트에 참여한 고등학생들을 대상으로 한 본 연구에서도 주로 실험 결과를 확인하는 등 과정보다는 결과를 중점적으로 보았던 학교 탐구와는 달리, 실제 과학탐구에서는 탐구 과정을 밟아나간다는 사실을 고등학생들이 잘 이해한 것으로 다음의 심층면담에서 나타났다. 이는 학생들의 인지적 발달은 환경과 밀접한 관련이 있다는 박성선(1999)의 연구 결과에 부합하는 것으로, 고등학생들이 실제 과학탐구에 참여함으로써 과학의 탐구 과정 전반에 대한 인지적 발달이 촉진된 것으로 볼 수 있다.

학교에서는 책을 보죠. 교과서를 읽죠. 그런데 이건 직접 나와서 실험하는 거잖아요. 학교에서는 실험 잘 안 하잖아요. 학교는 그냥 결과를 제가 배우고 있는 거고 지금은 과정을 배우는 거잖아요.

(지현, 2011-08-14, 심층면담)

일단 과학적 탐구하는 거 그거 전혀 몰랐는데 그냥 교과서에서만 보던 거잖아요. 그런데 그걸 직접 할 수 있던 걸 배운 거고.

(연우, 2012-05-06, 심층면담)

또한 고등학생들은 학교 실험에서는 실험 결과를 확인한 후 실험 보고서에 기록하고 끝나는 경우가 많았지만, 실제 과학탐구에서는 수집한 실험 결과를 바탕으로 결론을 도출한다는 사실을 프로젝트 수행을 통해서 이해하게 된 것으로 다음의 심층면담에서 드러났다.

(지금 수행하는 탐구는) 저희가 결론을 내는 그런 거 같아요. 그냥 실험하고 ‘결과가 이거다’ 이게 아니라요. 저희가 희영 언니한테 보고서 써서 내는 것도 보면 그림으로 인한 결론을 내잖아요. 그러면 결론을 낼 때 ‘따라서 합류 지점 오염도가 더 높으면 화정천이랑 안산천이 모여서 그 오염도가 더 심해져서 합류 지점 오염도가 더 높은 것 같다’ 이렇게 보고서에 쓰잖아요. 그건 저희가 결론을 낸 거잖아요. 탐구를 하고 나서, 결론을 내는 거잖아요. 그 전에는 그냥 그런 생각을 안 해봤는데. ‘그냥 막연하게 그냥 결론을 내는 거지’ 이렇게 생각했는데. 막상 결론 내려고 보니깐 이게 이 말도 맞는 것 같고 저 말도 맞는 것 같고. 되게 좀 어려웠어요. 결론 내는 게. ‘내가 결론을 내는 게 이게 사실인가?’ 막 이 생각도 들고. ‘이게 맞긴 맞나?’ 이러면서 적었는데. 생각해 보면 그래도 저희가 탐구한 걸로 저희가 이제 결론을 내는 거잖아요. 그러니깐 좀 의미가 있는 것 같아요. 재밌고.

(연우, 2011-08-14, 심층면담)

더 나아가 고등학생들은 실제 과학탐구 프로젝트 참여를 통해서 이해한 본질적인 탐구 과정에 대해서 익숙해진 것으로 나타났다.

연구자 프로젝트 통해서 뭘 얻을 것 같아?

지현 그냥 과학의 탐구하는 과정을 저희랑 같은 나이 때 다른 아이들보다 좀 더 먼저 겪고 익숙해지는 것.

(지현, 2011-08-14, 심층면담)

고등학생들이 거둔 두 번째 성과는 프로젝트 주제인 환경 분야 진로에 대한 관심이 커진 것이다. 고등학생들은 이번 프로젝트 참여를 통해 경험한 실제 과학탐구 수행에 대한 흥미가 커졌으며, 향후 이러한 실제 과학탐구에 또 참여하기를 희망하는 것으로 나타났다. 또한 더 나아가 이번 프로젝트를 수행하면서 환경 분야 연구에 대한 관심도 높아져서 장래 희망을 ‘환경 컨설턴트’로 설정한 학생도 다음 심층면담에서와 같이 등장했다. 이는 연구 참여 프로그램에 참여한 예비 과학교사가 전공에 대한 적성을 확인하고 과학과 관련된 분야에 대한 관심이 높아졌다는 이인선(2009)의 연구 결과에 부합된다.

**저는 하면서 프로젝트로 일하는 게 재밌어서 그런 걸 계속 하고 싶어요. 이거 하면서 생물이랑 그런 거 관심 있고 잘 하는 거 같고. (중략) ‘환경 컨설턴트’ 하고 싶어요.** (지혜, 2012-05-06, 심층면담)

고등학생들이 프로젝트에 참여함으로써 얻은 세 번째 성과는 지역의 수질 오염에 대한 관심도가 높아졌다는 것이다. 이는 실생활과 관련된 사례를 통해서 학생들의 과학적 소양 및 과학에 대한 관심의 향상을 기대할 수 있다는 Heinze 등(1995)의 연구를 지지하는 결과이다. 고등학생들은 프로젝트에 참여하기 전에는 지역의 수질 오염에 대해서 단순히 ‘냄새가 나는 게 거슬리고 불편하다’ 정도의 제한된 관심을 보였다. 그런데 프로젝트가 종료된 후에는 하천 근처를 지나다닐 때 전과는 달리 유심히 관찰한다고 밝혔으며, 하천 정비 공사를 통해서 하천의 수질 오염이 개선될 것을 기대한다고도 심층면담에서 밝혔다. 이와 같이 고등학생들은 프로젝트 수행 전에는 지역의 수질 오염 문제에 대한 관심도가 낮았으나, 수행 후에도 꾸준히 하천을 관찰하고, 수질 오염의 원인을 생 각해보는 등 수질 오염에 대한 관심도가 커진 것으로 드러났다.

냄새 나는 것만 좀 거슬렸는데, 그게 다였는데. 시작하고 나서는 왜 그런  
가도 생각하게 되었고 어떻게 하면 냄새가 안 날까 그런 것도 생각하게  
되었고. 요즘 공사하잖아요. 그래서 보면서 ‘아, 잘 됐다’ 관심을 갖게 되  
었어요. (수질 오염에 대한 관심이) 조사할 때만큼은 없는데 그래도 가면  
서 ‘이게 이래서 이랬지’ 그러면서 되새겨지고 그런 것 같아요. 그리고 저  
동명(아파트) 가는 길에 생활하수 나오는 데 있잖아요, 그것도 보면서 아  
저것 때문이라고 관심을 가지게 되고. (연우, 2012-05-06, 심층면담)

지나가다가 보면, 하천 예전에 보면 그냥 ‘어... 있네.’ 지금 보면 그래도  
조사했던 거고, 좀 더 많이 알고 있으니깐 뭔가 알고 있으니깐, 그 아는  
지식 바탕으로 생각하게 되고. 물이 많으면 ‘왜 물이 저렇게 많나’ 생각해  
보고 그냥 그런 거, 그 정도. (지현, 2012-05-06, 심층면담)

버스 타고 갈 때 맨날 쳐다봐요. 요즘에 공사도 해가지고. 관찰해요. 그  
전엔 아예 안 봤죠. 깨끗해지고 있나? 그냥 딱히 차이를 못 느끼겠어요.  
(지혜, 2012-05-06, 심층면담)

고등학생들이 프로젝트 참여를 통해서 얻은 마지막 성과는 과학적 지식  
이 증가했다는 사실이다. Dewey(1933)에 따르면, 탐구의 성과는 지식인  
데 탐구 과정을 통해서 발달될 가능성이 크다. 또한 탐구는 연속적인 과  
정이며, 탐구의 성과인 지식이 그 다음 단계의 탐구에 대한 토대가 될  
수 있다. 이 연구에서도 ‘지역 하천의 수질 오염’에 대한 고등학생들의  
과학적 지식이 뚜렷하게 증가했음이 다음의 심층 면담에서 나타났다. 따  
라서 고등학생들이 향후 수질 오염 관련 탐구를 수행할 기회가 또 생긴  
다면, 이번 프로젝트 참여를 통해 얻은 지식을 기반으로 해서 더 향상된  
탐구 수행 능력을 보여줄 것으로 보인다.

그 전에는 그런 실험 같은 것을 이렇게 하는지 잘 몰랐는데, 그런 걸 알게 됐으니깐 과학적 지식이 좀 쌓였고. (연우, 2011-08-14, 심층면담)

COD, DO 이런 거 하나도 몰랐는데, 막 그냥 배울 때 그냥 말만 배우고 말고...  $NH_4$ 가 많으면 뭐고 적으면 뭐고 이런 거 하나도 몰랐는데, 실험 하면서 맨 처음에는 '이게 이거였나' 이러면서 헛갈렸는데, 지금은 이거는 이거잖아 이러면서 알게 되었고. (연우, 2011-08-14, 심층면담)

발표 준비를 하다가 저희가 좀 생소한 게 많았어요. 그래서 언니들한테 물어보다 보니깐 과학적인 지식도 자연스럽게 알게 되고. 그게 또 공부하다 보니깐 나오더라고요. 오~ 보람 있군. 생물 공부하다가 모의고사 푸는데 뭔가 하천 수질 같은, 질산, 질산염? 그런 것도. 화학에서도 나오고. (경은, 2012-05-10, 심층면담)

특히 고등학생들은 과학적 지식 중에서 프로젝트의 연구 과제인 수질 오염 연구와 관련된 지식이 뚜렷하게 증가한 것으로 드러났다. 수질 오염의 현황과 원인, 그리고 수질 오염 측정 방법 등에 관한 지식이 증가했으며, 수질 오염과 관련된 실험 결과 해석하는 방법도 알게 되었다고 밝혔다.

전에는 아예 관심이 없어서 이해를 하고 말고 할 것도 없었는데 지금은 아 이래서 이렇지 이러면서 원리를 알고 있는 것 같고. 왜 더럽게 됐고 냄새가 나는지 그런 거에 대해서 지식이 생긴 것 같아요. 그리고 또 여기만 아니더라도 수질 오염이 왜 발생하고 어떻게 측정할 수 있고 그런 거를 좀 알게 된 것 같아요. (연우, 2012-05-06, 심층면담)

그냥 전에는 화정천이 막연하게 그냥 수질이 안 좋구나 이렇게만 알고 있었는데, 어떻게 나쁜지 구체적인 현황 같은 거 (알게 되었어요). (윤희, 2012-05-06, 심층면담)

하천에 대한 정보나, 뭐가 흐르고 어디에 뭐가 합쳐지고, 하천의 수질 오염 조사하는 것도 다 실험하는 거 해서 알게 됐고. 얼마나 어떻게 오염됐는지 수치상으로 알게 되었고. (지현, 2012-05-06, 심층면담)



## V. 결론 및 함의

과학탐구는 과학교육에서 오랫동안 강조되어 왔지만 현재 학교에서 수행되는 과학탐구는 과학자들이 수행하는 실제 과학탐구와는 차이가 있는 것으로 밝혀졌다. 따라서 학생들이 과학자들이 수행하는 실제 과학탐구를 더 잘 이해하기 위해서는 과학이 실행되는 실제적 맥락에서 ‘과학하기’를 학습하는 것이 필요한데, 이를 위한 방법 중 하나가 숙련된 실행자와 함께 ‘과학을 하는 것’이다.

그런데 과학자 주도로 설계된 연구 프로젝트에 고등학생들이 참여하는 경우 고등학생들의 연구 전반에 대한 이해에 한계가 있는 것으로 보고되었으며, 타율적으로 참여하게 된다는 것도 단점으로 지적되었다. 그런데 이러한 한계점에도 불구하고 프로젝트 수행 능력에 있어서 전문가와 차이가 났던 초심자가 프로젝트 수행 능력이 점차 향상되면서 독립적인 연구자로 변화되었다는 연구 결과도 보고되었다. 이처럼 초심자가 전문가와 함께 과학탐구를 수행할 때 초심자의 탐구 수행 능력이 향상될 가능성이 큰 것이다.

이에 본 연구에서는 대학원생이 멘토의 역할을 수행하고 고등학생은 멘티로서 참여하는 ‘멘토링을 통한 과학탐구 프로젝트’를 통해서 초심자인 고등학생의 탐구 수행 능력의 변화를 알아보고자 하였다. 이를 구체적으로 탐색하기 위해서 고등학생들의 연구 과제에 대한 상황정의를 연구 목적, 연구 방법, 지역 하천의 수질 오염으로 나누어서 대학원생의 상황정의 방향으로 변화하는 과정을 알아보았으며, 그 변화에 영향을 미치는 요인을 분석하였다.

첫째, 고등학생의 연구 목적에 대한 초기 상황정의를 ‘환경’, ‘수질오염 조사’ 등으로 단순하고 피상적인 수준에 머물렀기 때문에 대학원생과 최소한의 상호주관성이 형성된 상황이었다. 그런데 수질 오염도 측정 실험이 본격적으로 시작되면서 고등학생의 상황정의를 대학원생의 상황정의 방향으로 이동하기 시작했다. 이후 실험 보고서 작성, 논문 검토, 최종 발표회 준비 과정을 순차적으로 거치면서 고등학생의 상황정의를 대학원

생의 상황정의에 더욱 가깝게 이동하여 최대한의 상호주관성을 형성하였다.

둘째, 고등학생은 연구 방법에 대한 초기 상황정의도 단순하게 ‘수질 오염도 측정’으로 피상적 수준에 머물러 있었기 때문에 단순하게 주어진 역할을 수행하는 데 머물렀다. 그런데 실험을 수행하는 과정에서 ‘변인 통제’와 ‘측정의 정확성’ 등 연구 방법과 관련된 메타인지가 나타나면서 연구 방법에서의 문제점을 지적하고 더 나아가 개선점을 제시하는 수준으로 변화한 사실이 상황정의 변화를 통해서 뚜렷하게 드러났다.

셋째, 고등학생의 지역 하천의 수질 오염에 대한 초기 상황정의는 ‘더럽다’, ‘냄새 난다’에 머물렀다. 그런데 실험을 본격적으로 수행하면서 지역 하천의 세 지점에서 측정한 수질 오염도 비교를 통해서 오염원의 유입 지점을 예측하는 수준으로 변화하여 대학원생의 상황정의에 근접한 사실이 드러났다.

이처럼 고등학생들은 프로젝트 참여 초기에는 연구 과제에 대한 상황정의가 단순하고 피상적인 수준에 머물러 있었기 때문에 대학원생의 도움 없이는 자율적으로 연구 과제를 수행할 능력이 부족해 보였다. 그런데 프로젝트 참여가 본격화되면서 연구 과제 전반에 대한 상황정의가 대학원생의 상황정의 방향으로 변화한 사실이 뚜렷하게 나타났다. 즉, 고등학생들이 연구 과제 수행과 관련해서 실제적 발달 수준에서 대학원생의 수준인 잠재적 발달 수준에 가깝게 변화한 것을 상황정의 변화를 통해서 구체적으로 확인할 수 있었다.

이와 같은 고등학생들의 연구 과제에 대한 상황정의 변화를 이끈 주된 요인으로는 대학원생의 스캐폴딩과 고등학생의 메타인지인 것으로 드러났다. 첫째, 대학원생이 프로젝트 전 과정에서 스캐폴딩을 지속적으로 제공하여 고등학생들의 연구 과제에 대한 상황정의 변화에 크게 기여한 것으로 나타났다. 대학원생은 특히 실험 수행, 실험 보고서 작성, 최종 발표회 준비 등 크게 세 가지 과정에서 스캐폴딩을 중점적으로 제공하였다. 둘째, 고등학생들이 프로젝트에 본격적으로 참여하면서 연구 과제에 대한 메타인지가 나타났고 이를 통해서 상황정의가 변화한 것으로 드러

났다. 고등학생들은 프로젝트 초기에는 대학원생이 부여한 역할을 수동적으로 수행하는 모습이였다. 그런데 본격적으로 실험을 수행하면서 점차 연구 과제 전반에 대한 자신들의 이해를 점검하는 모습으로 변화했다. 이렇듯 메타인지로 인해서 연구 과제에 대해서 지속적으로 반성하면서 동료들과 토의하거나 대학원생에게 자발적으로 스캐폴딩을 요청하였고, 결과적으로 연구 과제에 대한 상황정의가 대학원생의 상황정의 방향으로 변화할 수 있었다.

한편 고등학생들은 프로젝트 참여를 통해서 네 가지 뚜렷한 성과를 거두었다. 첫째, 과학자가 수행하는 실제 과학탐구에 대한 이해가 높아진 것이다. 주로 실험 결과를 확인하고 끝내는 등 과정보다는 결과를 중점적으로 보았던 학교 탐구와는 달리, 실제 과학탐구에서는 탐구 과정을 밟아나간다는 사실을 잘 이해했으며, 더 나아가 본질적인 탐구 과정에 대해서 보다 익숙해진 것으로 드러났다. 둘째, 프로젝트 주제인 환경 분야 진로에 대한 관심이 커진 것이다. 장래 희망을 ‘환경 컨설턴트’로 설정한 학생이 등장하는 등 이번 프로젝트는 고등학생들의 향후 진로 결정에 큰 영향을 미친 것으로 드러났다. 셋째, 지역의 수질 오염에 대한 관심이 높아졌다는 것이다. 프로젝트 참여 전에는 단순히 ‘더럽다’, ‘냄새 나는 게 거슬린다’ 정도의 제한된 관심을 보였지만 프로젝트 종료 후에는 하천을 지속적으로 모니터링하면서 꾸준히 관심을 갖고 있는 것으로 나타났다. 마지막으로, 수질 오염 연구와 관련된 과학적 지식이 증가한 것이다. 고등학생들은 수질 오염 연구와 관련된 지식이 거의 없었지만 프로젝트 참여를 통해서 수질 오염의 현황과 원인, 그리고 수질 오염 측정 방법 등에 관한 지식이 증가한 것으로 나타났다.

이상과 같은 연구 결과는 다음과 같은 의의가 있다. 첫째, 전문가가 주도적으로 설계한 과학탐구 프로젝트에 초심자가 참여하는 경우, 초심자의 연구 과제 전반에 대한 상황정의가 전문가와 큰 차이가 있는 것으로 드러났다. 따라서 초심자가 자율적으로 연구 과제를 수행하는 데 한계가 있다는 사실을 밝혀낸 데 의의가 있다. 둘째, 프로젝트 초기 연구 과제 수행과 관련해서 초심자의 상황정의가 전문가의 상황정의와 큰 차이가

있었지만, 프로젝트를 수행하는 과정에서 그 차이가 점차 좁혀져 가는 것을 확인할 수 있었다. 이는 초심자의 연구 과제 수행 능력이 초기의 실제적 발달 수준에서 전문가의 잠재적 발달 수준에 가깝게 발달한 것으로 볼 수 있다. 따라서 고등학생이 전문가와 함께 과학탐구 프로젝트에 참여할 경우 전문가의 과학탐구 수행 능력에 보다 가까워질 수 있는 것으로 드러났으므로, ‘과학하기’를 학습하는 효율적 방법이 될 가능성이 있다는 점을 밝혀낸 데에도 그 의의가 있다. 마지막으로, 이 연구 결과를 통해서 과학탐구 수행에 있어서 초심자의 발달 수준이 전문가의 발달 수준 방향으로 변화되었음이 나타나긴 했지만, 초심자가 향후 진정으로 탐구를 자율적으로 수행할 능력을 갖추게 되었는지는 밝혀지지 않은 상황이다. 따라서 전문가와 함께 과학탐구를 수행한 경험이 있는 초심자가 그 후 또 다른 과학탐구를 수행하는 경우, 탐구 수행 능력과 관련해서 어떤 발전적 변화가 있는지 후속 연구가 이뤄진다면 이번 연구의 결과에 대한 보다 심층적인 이해가 가능할 것이다.

## 참 고 문 헌

- 강성주, 김현주, 이길재, 권영식, 김명희, 김연숙, 김윤화, 신호심, 임희영, 하지희 (2009). R&E 프로그램에 대한 과학영재고등학생들의 인식 연구. *한국과학교육학회지*, 29(6), 626-638.
- 교육부 (1998). 제7차 과학과 교육과정(제7차 교육과정 교육부 고시 제 1997-15호[별책9]). 서울: 대한교과서주식회사.
- 교육인적자원부 (2007). 과학과 교육과정(교육인적자원부 고시 2007-79호). 교육인적자원부.
- 곽영순 (2011). 초임 과학교사 지원을 위한 멘토링의 효율성 연구. *한국과학교육학회지*, 31(1), 1-13.
- 김미경 (2008). 개방적 참탐구 활동에서 과학고등학교 학생들의 과학에 대한 인식론적 이해. 서울대학교 박사학위논문.
- 김미경 (2009). 학생들의 보고서 쓰기에 대한 개방적 참탐구 활동 수행의 효과. *한국과학교육학회지*, 29(8), 848-860.
- 문교부 (1973). 중학교 교육과정(문교부령 제 325호). 문교부.
- 박성선 (1999). 수학 학습에서의 상황인지와 전이에 대한 연구. *한국수학교육학회지: 초등수학교육*, 3(1), 37-45.
- 오필석, 이선경, 이경호, 김찬중, 김희백 (2008). 예비 과학 교사들의 고등학교 과학반 지도 경험에 관한 내러티브 탐구: 예비 교사들이 형성하는 지식의 종류와 특징. *한국과학교육학회지*, 28(6), 546-564.
- 유효숙 (2011). 과학 아웃리치 프로그램의 교육적 효과 탐색: 고등학생의 대학 실험연구실 프로그램 참여 경험을 중심으로. 이화여자대학교 박사학위논문.
- 이민주 (2011). 과학 잡지 프로젝트의 사례연구를 통한 중학생의 참여 변화 탐색. 서울대학교 석사학위논문.
- 이상권, 백명화, 이종백, 최병순, 박종윤 (2011). '생각하는 과학' 활동을 경험한 중학생들의 변인 통제 전략과 변인의 효과를 추론하는 능력에 대한 분석. *한국과학교육학회지*, 31(4), 587-599.

- 이선길 (2006). 고등학교 과학영재를 위한 사사연구(R&E) 프로젝트 학습 모형의 개발과 적용. 이화여자대학교 박사학위논문.
- 이인선 (2009). 예비 과학교사의 연구 참여 경험이 과학의 본성에 대한 인식 및 진로의 탐색에 미친 영향. 이화여자대학교 박사학위논문.
- 이지영 (2011). 중학생의 프로젝트 기반 소집단 과학 탐구에서 나타난 탐구 문제 구성 과정. 서울대학교 박사학위논문.
- Adkins, J. (1997). *Metacognition: Designing for Transfer*. College of Education. University of Saskatchewan.
- American Association for the Advancement of Science(AAAS) (1993). *Benchmarks for science literacy*. New York: Oxford University Press.
- Ash, D., & Levitt, K. (2003). Working within the zone of proximal development: formative assessment as professional development. *Journal of Science Teacher Education*, 14(1), 1-313.
- Averch, H. A., Carroll, S. J., Donaldson, T. S., Kiesling, H. J., & Pincus, J. (1972). *How Effective is Schooling? A Critical Review and Synthesis of Research Findings*. Santa Monica, California: The Rand Corporation.
- Baker, M., Hansen, T., Joiner, R., & Traum, D. (1999). *Collaborative Learning: Cognitive and Computational Approaches*. Elsevier Science/Pergamon.
- Berliner, D., & Carter, K. (1989) Differences in processing classroom information by expert and novice teachers. In J. Lowyck & C. Clark (Eds.), *Teacher Thinking and Professional Reflection*. Leuven: Leuven University Press.
- Bleicher, R. E. (1994). High school students presenting science: An interactional sociolinguistic analysis. *Journal of Research in*

- Science Teaching*, 31(7), 697-719.
- Bleicher, R. E. (1996). High school students learning science in university research laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(10), 1115-1133.
- Brown, A. L., Ash, D., Rutherford, M., Nakagawa, K., Gordon, A., & Campione, J. C. (1993). Distributed expertise in the classroom. In G. Salomon (Eds.), *Distributed Cognitions*, New York: Cambridge University Press.
- Chinn, C. A., & Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86(2), 175-218.
- Dewey, J. (1933). *How We Think*. Boston, MA: D.C. Heath & Company.
- Dewey, J. (1938). *Experience and Education*. New York: Collier Books.
- Dori, Y. J., & Herscovitz, O. (1999). Question-posing capability as an alternative evaluation method: Analysis of an environmental case study. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(4), 411-430.
- Doyle, W. (1986). Classroom organization and management. In M. C. Wittrock (Ed.), *Handbook of Research on Teaching* (pp. 392-431). New York: Macmillan.
- Enyedy, N., & Goldberg, J. (2004). Inquiry in interaction: How local adaptations of curricula shape classroom communities. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(9), 905-935.
- Feiman-Nemser, S. (2001). From preparation to practice: Designing a continuum to strengthen and sustain teaching. *Teachers College Record*, 103, 1013-1055.
- Given, B. K. (2002). *Teaching to the Brain's Natural Learning*

- Systems*. Washington, DC: Association of Supervision and Curriculum Development.
- Grindstaff, K., & Richmond, G. (2008). Learners' perceptions of the role of peers in a research experience: Implications for the apprenticeship process, scientific inquiry, and collaborative work. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(2), 251-271.
- Hand, B., Prain, V., Lawrence, C., & Yore, L. D. (1999). A writing in science framework designed to enhance science literacy. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(2), 186-210.
- Halliday, M. A. K., & Martin, J. R. (1993). *Writing Science: Literacy and Discursive Power*. Pittsburgh, PA: University of Pittsburgh Press.
- Harrison, J., Lawson, T., & Wortly, A. (2005). Facilitating the professional learning of new teachers through critical reflection on practice during mentoring meetings. *European Journal of Teacher Education*, 28(3), 267-292.
- Hedegaard, M. (1992). The zone of proximal development as basis for instruction. In Vygotsky and education: *Instructional Implications and Applications of Sociocultural Psychology* (pp. 349-371). New York: Cambridge University Press.
- Heinze, K. F., Allen, J. L., & Jacobsen, E. N. (1995). Encouraging tomorrow's chemists: University outreach program bringing hands-on experiments to local students. *Journal of Chemical Education*, 72(2), 167-169.
- Hodson, D. (1993). Re-thinking old ways: Towards a more critical approach to practical work in school science. *Studies in Science Education*, 22, 85-142
- Hoel, T., & Gudmundsdottir, S. (1999). The reflect project in Norway:



- Interactive pedagogy using email. *Journal of Information Technology for Teacher Education*, 8(1), 89-110.
- Inhelder, B., & Piaget, J. (1958). *The Growth of Logical Thinking from Childhood to Adolescence*. New York: Basic Books, INC.
- Jacobs, J. E., & Paris, S. G. (1987). Children's metacognition about reading: Issues in definition, measurement, and instruction. *Educational Psychologist*, 22, 255-278.
- Jeffries, C. (1990). *The A-Z of Open Learning*. Cambridge: National Extension College.
- 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.
- Kinhead, J. (2003). Learning through inquiry: An overview of undergraduate research. *New Directions for Teaching and Learning*, 2003(93), 5-18.
- Krajcik, J. S., Blumenfeld, P., Marx, R. W., & Soloway, E. (1994). A collaborative model for helping teachers learn project-based instruction. *The Elementary School Journal*, 94(5), 483-497.
- Lave, J. (1996). Teaching, as learning, in practice. *Mind, Culture, and Activity*, 3, 149-164.
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation*. New York: Cambridge University Press.
- Lemke, J. L. (1990). *Talking Science: Language, Learning, and Values*, NJ. Ablex.
- Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (1985). *Naturalistic Inquiry*. Newbury Park, CA: SAGE Publications.
- National Research Council(NRC) (1996). *National Science Education*

- Standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- National Research Council(NRC) (2000). *Inquiry and The National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning*. Washington, DC: National Academy Press.
- Pea, R. D. (1993). The collaborative visualization project. *Communications of the ACM*, 36(5), 60-63.
- Polman, J. L., & Pea, R. D. (2001). Transformative communication as a cultural tool for guiding inquiry science. *Science Education*, 85, 223-238.
- Ritchie, S. M., & Rigano, D. L. (1996). Laboratory apprenticeship through a student research project. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(6), 799-815.
- Rivard, L. P. (1994). A review of writing to learn in science: Implications for practice and research. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 994-1020.
- Rogoff, B. R., & Gardner, W. (1984). Adult guidance of cognitive development. In B. R. Rogoff & J. Lave (Eds.), *Everyday Cognition: Its Development in Social Context* (pp. 95-116). Massachusetts: Harvard University Press.
- Rogoff, B. R., & Wertsch, J. V. (1984). Editors' notes. In B. R. Rogoff & J. V. Wertsch (Eds.), *Children's Learning in the "Zone of Proximal Development."* San Francisco: Jossey-Bass Inc.
- Rogoff, B. R. (1990). *Apprenticeship in Thinking: Cognitive Development in Social Context*. New York: Oxford University Press.
- Roth, W. M. (1993). The concept map as a tool for the collaborative construction of knowledge: A microanalysis of high school physics students. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(5), 503-534.

- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Vygotsky, L. S. (1986). *Thought and Language* (A. Kozulin, Ed. & Trans.). Cambridge, Massachusetts: The MIT Press. (Original work published in 1934).
- Wellington, J. (1990). Formal and informal learning in science: The role of the interactive science centers. *Physics Education*, 25(5), 247-252.
- Wellington, J., & Osborne, J. (2001). *Language and Literacy in Science Education*. Open University Press: Buckingham.
- Wells, G. (1999). *Dialogic Inquiry: Towards a Sociocultural Practice and Theory of Education*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Wenger, E. (1998). *Communities of Practice: Learning, Meaning, and Identity*. New York: Cambridge University Press.
- Wenger, E., McDermott, R., & Snyder, W. M. (2002). *Cultivating Communities of Practice: A Guide to Managing Knowledge*. Boston, MA: Harvard University Press.
- Wertsch, J. V. (1984). The zone of proximal development: Some conceptual issues. In B. R. Rogoff & J. V. Wertsch (Eds.), *Children's Learning in the Zone of Proximal Development* (pp.7-18). San Francisco, Washington, London: Jossey-Bass Inc., Publishers.
- Wertsch, J. V. (1985). *Vygotsky and the Social Formation of Mind*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Wertsch, J. V., & Stone, C. A. (1999). The concept of internalization in Vygotsky's account of the genesis of higher mental functions, Lev Vygotsky: Critical assessments: *Vygotsky's*

*Theory* (Vol. I, pp. 363-380). Florence, KY: Taylor & Francis/Routledge.

Yin, R. K. (1994). *Case Study Research: Design and Methods*. London: Sage Publications.

Yore, L. D., Hand, B., & Florence, M. (2004). Scientists' Views of Science, Model of Writing and Science Writing Practices. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(4), 338-369.

## Abstract

# Exploring High School Students' Shifts of Situation Definitions Appeared on Scientific Inquiry Project through Mentoring

Lee, KyungAh

Dept. of Science Education(Biology Major)

The Graduate School

Seoul National University

The purpose of this study was to explore how high school students' situation definitions shift toward those of the graduate as students engaged in the scientific inquiry project through mentoring and to find factors which influenced the shifts.

Qualitative research was completed for 8 months and the participants included the instructor and the research team members including one graduate, two undergraduates, and five high school students. The research team carried out the project on water pollution of local stream. Data from participant observations, laboratory reports, and in-depth interviews were used to explore shifts of students' situation definitions.

This study was concluded that students' situation definitions gradually shifted toward those of the graduate's during the project. Early in the project, there is a large difference in situation definitions between the students and the graduate, so

intersubjectivity was formed to a minimum. But late in the project, while preparing a final presentation, there is a maximum intersubjectivity between them. There were two major factors which influenced the shifts of the students' situation definitions. The graduate's scaffolding and the students' metacognition appeared to be decisive factors that facilitated the shifts of those.

Students achieved four distinctive outcomes by performing projects: First outcome is their developed understanding of scientists' research process; second one is their increased interest in the environmental career; the third one is that they have continuing interest in water pollution of local stream even after the end of the project; and the last one is their increased scientific knowledge.

In this study, it was confirmed that there is a large difference in the developmental level between novices and experts on performing research. So novices are likely to have difficulties in doing that autonomously. But the difference was gradually closed up by the experts' scaffolding and the novices' metacognition. Consequently this study has significance in clarifying that the novices can develop the ability to perform research if these two factors work properly.

keywords : inquiry, situation definition, intersubjectivity,  
scaffolding, metacognition

*Student Number* : 2009-23419