

중등학교 과학실험수업의 탐구수준을 평가하기 위한 도구 개발 및 적용

이근준¹ · 정진우^{2,*}

¹전의중학교, 339-850 충남 연기군 전의면 읍내리 128

²한국교육원대학교 지구과학교육과, 363-791 충청북도 청원군 강내면 다락리 산 7

Development and Application of an Instrument for Assessing Inquiry Level in Secondary School Science Laboratory Classrooms

Keun-June Lee¹ and Jin-Woo Jeong^{2,*}

¹Jeonui middle school, 128 Eupnae-ri, Jeonui-myeon, Yeongi-gun,
Chungcheongman-do 339-850, Korea

²Department of Earth Science Education, Korea National University of Education,
Cheongwon, Chungbuk 363-791, Korea

Abstract: The purpose of this study was to develop and validate an instrument for analysing secondary school science laboratory classrooms. Three classrooms of novice teachers were observed and administered Dana's (2001) situated laboratory activity instrument. Dana's situated laboratory activity instrument consists of eight categories. Each category includes four levels. Three doctoral students and two science education specialists participated in modification of the situated laboratory activity instrument. The instrument was modified three times. Validity of the instrument was achieved through 15 science education graduate students. To achieve reliability, the researcher and two raters observed and analyzed three videotaped classrooms through discussion. The finalized instrument was employed in four novice teachers' classes and results indicated the instrument to be useful in identifying the inquiry level of a secondary laboratory classroom. The inquiry level of four novice teachers was confirmation or structured inquiry.

Keywords: inquiry level, novice teacher, classroom observation.

요약: 이 연구의 목적은 중등학교에서의 실험수업을 평가하기 위한 도구를 개발하고 이를 적용하는 것이다. Dana (2001)가 개발한 상황적 실험활동도구를 수정, 보완하여 '실험수업의 탐구수준을 평가하기 위한 도구'를 만들었다. 타당도를 확보하기 위하여 전문가들과 여러 차례의 협의를 거쳤으며, 15명의 과학교육 전공 대학원생들에게 의뢰하여 타당도를 검증하였다. 신뢰도를 높이기 위하여 연구자와 평가자 2인이 3개의 전사된 수업을 읽고 난 후, 함께 녹화된 실험수업을 보며 수준을 달리 하였을 때 도구의 내용을 수정하는 방법으로 신뢰도를 확보하였다. 이렇게 만들어진 평가도구를 4명의 중학교 초입과학교사의 수업에 적용하였다. 그 결과 개발된 평가도구는 중등학교의 실험수업 탐구수준을 결정하는데 좋은 도구라는 것을 확인하였다. 본 연구에 참여한 중학교 초입과학교사의 탐구수준은 확인수준과 구조화된 탐구수준인 것으로 나타났다.

주요어: 탐구수준, 초입교사, 수업관찰

*Corresponding author: jin-woo@knue.ac.kr

Tel: 82-43-230-3794

Fax: 82-43-232-7176

서 론

미국의 과학교육 개혁서인 '국가과학교육 기준'은 모든 학생들이 과학적 소양을 성취하는 것을 중요한 목표로 삼고 있으며, 이러한 목표에 도달하는 방법으로서 과학적 탐구를 중요하게 여기고 있다(NRC, 1996).

과학적 탐구에서는 학생 개개인의 역할이 중요시되며, 학생들이 정보를 습득하는데 초점을 맞추는 것보다 폭넓은 과학적 개념에 대한 이해와 과학적 지식, 사고 그리고 탐구과정이 더욱 강조된다.

'과학은 지식이다'와 같은 정도로 '과학은 과정이며 활동이다'라는 것은 널리 인식되고 있다. 과학자들은 관심 있는 자연의 대상이나 사건들에 대하여 새로운 설명을 구성하기 위하여 다양한 과학적 과정과 함께 과학적 개념에 관한 지식과 원리, 이론과 법칙을 사용한다(Germann et al., 1996).

그러므로 지식을 생성하는 수단으로써의 과학은 단지 읽고 토론하는 것만으로 깊고 의미있게 학습될 수 없다(Bates, 1978).

국가과학교육 기준에서 제시된 대로, 탐구는 학생들이 기능을 학습하는 '과정으로서의 과학'을 넘어 과학자들이 자연을 연구하는 방법을 이해할 뿐 아니라, 지식과 과학적 사고의 이해를 발달시키는 학생들의 활동으로서 여겨진다. 이러한 맥락에서, 탐구는 과학학습의 중심이다. 학생들이 탐구에 참여할 때, 그들은 대상과 사건들을 기술하고, 질문하며, 설명을 구성하고 검증하며, 생각을 교환하게 된다.

실험활동은 학생의 과학적 사고와 이해를 발달시키는 수단으로서 오랫동안 인식되어 왔다(Shepardson, 1997). 과학교육에서 실험활동이 포함된 이론적 근거는 학생들이 과학자들에 의해서 행해진 것과 같은 경험을 실험활동을 통하여 얻는다는 것이다. 과학수업에서 실험은 학생들이 과학을 함으로 지식 구성의 과정에 참여하여 지식 체계를 재구성하고 발달시키는데 도움을 줄 수 있다. 그러나 교육의 비용상승과 교수의 효율성에 대한 압력으로, 실험활동이 비용과 시간을 정당화하기에 충분히 중요하고 유일한 것인지 어떤지를 묻는 교육자들도 있다.

전통적으로, 중등과학실험활동은 미리 가르쳐진 사실 또는 개념들을 확인하기 위하여 데이터를 모으고, 실험과정을 제공하는 요리책과 같은 경향을 띠고 있다. 그러므로 학생 스스로 실험과정을 계획하거나 결

과를 해석하는데 있어서 소홀히 하는 경향이 있다. 학생들은 좀처럼 옳지 못한 가설을 세우지 않으며, 가설을 평가하기 위하여 모았던 데이터 사용에 대하여 의문을 제기하지 않는다. 학생들의 데이터는 교과서나 교사에 의하여 제공된 것들로서 단지 정확한 답을 얻기 위하여 모아진다(McIntosh, 1995). 학생들이 이러한 확인형태의 실험활동으로는 자연현상에 대한 자신의 사고를 평가하고 탐구하는데 탐구능력을 활용하고 개발하도록 도전받을 수 없다.

확인실험활동은 기본적 과정능력을 개발하기 위한 시도일 수는 있지만, 그러한 활동은 학생들에게 통합적인 과정능력 개발과 문제해결, 의사 결정과 같은 과학적 탐구와 탐구 전략 학습을 위한 기회를 제공해 주지 못한다.

확인과 구조화된 탐구만으로 조직된 과학교육은 사실로서 과학적 지식의 진술을 이끌 뿐이며 규정된 과학적 방법이 수행되었다는 것을 드러낼 뿐이다. 이러한 과정은 독단적 주장으로 과학의 견해를 이끌 수도 있다. 만일 과학학습이 오로지 확인실험활동만으로 이루어져 있다면 학생들은 (1) 문제나 가설을 확인 또는 형성하지 못하고, (2) 조사를 설계할 기회를 갖지 못하며, (3) 가정이나 조사의 한계에 대한 토론에 참여하지 못할 것이다(Pizzini et al., 1991).

이러한 확인과 구조화된 탐구 대신에 실험활동이 탐구에 대하여 더욱 열려야 한다고 제안되어왔다(Colburn, 1997; McComas, 1997).

교사는 강의로 한정되어지는 사전 실험활동을 짧게 하고 용어에 대한 정의는 제공하지 않으며, 학생의 데이터 사용을 강조하는 후실험활동과 오히려 학습을 이끌어 내는 관찰을 더 길게 하는 쪽으로 옮겨갈 때, 학생들은 과학적 개념의 이해를 구성하는데 활발하게 참여하는 기회를 가질 것이다.

탐구의 과거 기술은 주로 실험활동의 부분에서 교사와 학생의 책임에 초점이 맞춰졌으며(Herron, 1971; Pella, 1961; Schwab, 1962), 비록 다른 사람들이 다양한 면에 초점을 맞추기는 했지만, 어떤 사람도 탐구에 관련된 준거의 완전한 범위를 제시하지는 않았다. 덧붙여, 학생의 과학적 소양 성취를 이끌 수 있는 교사와 학생의 행동의 기술은 거의 없었다. 이러한 맥락에서 과학교사의 실험수업을 일관성 있게 볼 수 있는 도구를 만들고, 이를 통하여 과학교사의 수업을 분석해 보는 것은 매우 의미있는 일이라 여겨진다.

Table 1. Pella's classification scheme (1961)

자유 의 정도	I	II	III	IV	V
문제 진술	T	T	T	T	P
가설	T	T	T	P	P
계획 세우기	T	T	P	P	P
실행	P	P	P	P	P
데이터 수집	P	P	P	P	P
결론	T				

본 연구는 실험수업 전체를 관찰하여 평가할 수 있는 도구를 만들어 실제로 교사들이 어떤 수준의 탐구를 하는지를 알아보려는 데 있다. 본 연구를 통해 답하려고 하는 연구 질문은 다음과 같다.

첫째 교사의 실험실 수업을 평가하기 위해 어떤 평가도구를 활용할 수 있는가?

둘째 개발된 평가도구를 적용하였을 때 중학교 초임 과학교사의 탐구는 어떤 수준인가?

탐구수준 평가도구 개발에 대한 선행 연구 고찰

1960년 초에 탐구에 기초한 교수-학습의 범위를 확인하기 위한 시도가 있었다. 1962년 Pella는 학생(P)과 교사(T)에 의하여 추정된 상대적 책임의 양을 기초로 자유의 정도를 5단계로 구분하였다(Table 1). 1 단계에서 5단계로 높아질수록 교사의 역할을 줄어 들고 상대적으로 학생의 역할이 증가하고 있다.

실험에서 안내의 정도를 보여주는 비슷한 체계가 Schwab에 의해 제공되었고 Herron에 의해서 정교화되었다. Schwab(1962)는 교사가 문제를 제공하는 정도, 문제를 소개하는 방법과 수단, 그리고 문제에 대한 답을 제공하는 정도에 기초한 개방의 정도로 수업에서 3가지 탐구의 수준 또는 개방의 수준을 기술하였다.

Schwab의 탐구의 단계를 확장시켜 1971년 Herron은 4가지 수준으로 탐구를 분류하였다(Table 2).

1980년에, Tafoya, Sunal and Knecht는 수 체계를 사용하는 대신에 두개의 극단인 확인과 열린 탐구로 그들의 탐구 분류 체계를 발표했다.

일반적으로, 확인수준 활동에서는 학생들이 교과서에 의해서 설계된 실험활동을 수행하며, 학생들에게 실험 전에 가르쳐진 과학 개념을 확인하도록 안내한다. 데이터 수집, 데이터 분석과 결과정리 등 모든 영역이 교사에 의해서 안내되어진다.

열린 탐구 실험 활동은 학생들에게 그들 자신이 연구문제를 내도록 요구하며, 그들 자신이 연구 설계

Table 2. Herron's classification scheme (1971)

발견의 수준	문제	방법과 수단	답
0 수준	주어짐	주어짐	주어짐
1 수준	주어짐	주어짐	열림
2 수준	주어짐	열림	열림
3 수준	열림	열림	열림

와 데이터 수집 기술을 개발하고 그들 자신이 데이터 분석과 평가과정을 결정하도록 요구한다. 학생들은 수업 토론 동안 연구 질문을 확인하고 세련되게 하며 그들의 연구 질문에 답하기 위하여 데이터를 해석하고 그들의 결과를 설명하기 위하여 과학적 개념을 사용하도록 요구 받는다(Shepardson, 1997).

특별히, Tafoya et al.(1980)은 학생들에 의한 자발적 탐구의 다양한 수준을 반영하는 확인, 구조화된 탐구, 안내된 탐구, 열린탐구 등 4가지 형태의 활동을 기술하였다.

Lawson(1995)은 수업에서 반성과 활동을 위한 질문으로 탐구점수표를 활용하도록 권하고 있다. 과학 교사의 수업을 분석하기 위한 검사도구는 수업, 학생 행동, 교사 행동, 발문의 4가지 영역 총 25문항으로 이루어져 있다(Table 3).

전체적으로 5단계 Likert 식 문항으로 구성되었으며 수업에서는 상세한 설명으로 단계를 구분하고 있고, 학생 행동, 교사행동, 발문에서는 비율로서 각 단계를 구분하고 있다.

Priestley et al.(1997)은 탐구행렬을 발표했다(Table 4). 탐구행렬은 누가 수업의 각 요소에 책임이 있는가에 기초를 둔 실험 경험의 전반적이고 폭넓은 조사를 참작하고 있다. 5×6 행렬을 아래로 이동함에 따라, 교수-학습과정에서 학생들의 책임이 더욱더 많이 제시되고 교사의 책임이 더욱 줄어든다. 교사와 학생에 의해 표출된 행동이 탐구과정을 지지하지 않을 수도 있어 실제적 탐구학습의 옳지 못한 수준을 제공할 수 있다는 것을 저자는 지적하고 있다.

Table 3. Inquiry Score Sheet (Lawson, 1995)

범주	기준
수업	1. 자료와 활동이 학생들에게 흥미를 준다. 2. 자료와 활동이 사고, 질문, 그리고 토론을 불러일으킨다. 3. 수업이 다양한 수준과 다양한 경로를 제공한다. 4. 내용이 학습자의 지적수준에 알맞다. 5. 수업이 과목의 기본적 개념을 포함하고 있다. 6. 읽기능력이 수업 성공을 방해하지 않는다. 7. 시각적 자료를 효과적인 보조 자료로 사용했다.
학생 행동	8. 학생들이 관찰하고 데이터를 수집한다. 9. 학생들이 가설, 모델 또는 예상을 하고 검증한다. 10. 학생들이 데이터를 해석하고, 분석하고 평가한다. 11. 수업 결론이 증거에 바탕을 두고 있다.
교사행동	12. 교사가 동료조사자이다. 13. 데이터가 조직되는 것이 필요할 때 교사가 수업 보조자로서 활동한다. 14. 용어 설명이 직접적 실험 후에 있다. 15. 개념에 대한 의미를 확장시키기 위한 기회가 제공된다. 16. 교사가 수업 중재(간섭)를 침착하게 한다. 17. 교사가 자신감이 있고, 침착하고, 친근감이 있다.
발문 기술	18. 교사 발문의 대부분이 발산적이다. 19. 수렴적 질문이 효과적으로 사용된다. 20. 질문이 직접적이고 간결하다. 21. 질문 후 학생을 지목한다. 22. 교사가 학생 반응을 위하여 충분한 시간을 준다. 23. 교사가 학생의 답과 의견을 수용한다. 24. 교사가 학생의 사고 확장을 위하여 부가적인 생각, 정보, 실마리를 제공함으로써 질문에 답한다. 25. 교사와 학생들이 수업을 즐긴다.

Table 4. The inquiry Matrix (Priestley et al., 1997)

탐구수준	실험 전		실험 중	실험 후		
	수업요소	탐구해야 할 문제와 주제를 제시	과정을 소개 또는 계획	과정 수행 및 탐구	답 또는 결론을 제공	추가적인 토론
0		교사	교사	교사	교사	교사
1		교사	교사	교사	교사	교사와 학생들
2		교사	교사	교사	학생들	학생들
3		교사	교사	학생들	학생들	학생들
4		교사와 학생들	학생들	학생들	학생들	학생들
5		학생들	학생들	학생들	학생들	학생들

Luft(1999)는 탐구수업 수행에 따른 과학교사의 평가를 위하여 ‘확장된 탐구 관찰 항목’을 제시하였다. 협동적 학습, 안내자로서의 교사, 평가, 학생의 전달과 활동, 탐구적 질문, 과학적 조사의 수행과 설계, 데이터를 모으고 분석하기, 확장된 조사의 공유 등 8가지 항목을 5단계 Likert 식 문항으로 구성하였다. 그의 연구 결과에 따르면 프로그램 참여자들의 처음과 마지막 EIOR(Extended inquiry observational rubric)의 득점 비교는 확장된 과학적 탐구 교육의 다양한 분야에서 중요한 변화를 나타내었다. 특별히, 참여자들은 워킹동안

평가, 학생의 전달과 활동, 탐구적 질문, 과학적 조사의 수행과 설계, 확장된 조사의 공유 분야에서 중요하게 변화했고, 협동학습, 교사 안내, 데이터 수집과 분석에서는 별 변화가 없었다.

이상에서 살펴본 바와 같이 과거 분류 체계와 도구는 주로 학생 참여정도와 열린 정도 그리고 조사 목표와 같은 요소들에 기초를 두고 있다. 그러므로, 실험활동 동안 교사와 학생 행동이 실제적으로 일어나는 것을 명확하게 기술함으로써 탐구를 분명하게 조작적으로 정의하는 더욱 포괄적인 도구가 필요하게

되었다.

Dana(2001)는 이러한 것을 바탕으로 하여 '상황적 실험활동도구'를 개발하였다. 이 도구의 특징은 과학 교육자들에게 상황적 실험활동의 탐구수준을 기술하고 분석하며, 정확하고 일관되게 분류하기 위한 도구를 제공하기 위하여 설계되어졌다. 더욱이, SLAI(The Situated Laboratory Activity Instrument)는 상황적 실험활동의 8가지 탐구 영역사이에 강하고 약한 부분을 확인하는데 교사를 도울 수 있다. 그것은 또한 학생들의 좀 더 심화된 개념적 이해의 획득과 더 실제적 과정과 문제 해결 능력에 초점을 맞추도록 고쳐 쓰임으로 상황적 실험 활동을 향상시키기 위한 방법을 제시할 수 있다. SLAI가 비록 상황적 실험 활동의 관찰 동안 사용을 위하여 의도되긴 했지만 그것은 실험 매뉴얼을 평가하기 위하여 사용될 수 있는 잠재성을 지니고 있다.

Tafoya et al.(1980)이 학생들에 의한 자발적 탐구의 다양한 수준을 반영하는 4가지 형태의 활동을 기술하였던 것을 기초로 Dana(2001)는 8가지 항목의 합계를 통하여 탐구수준을 결정하였다.

합계가 높다는 것은 개념을 더 심층적으로 이해하고 있으며, 실제적인 과정과 문제 해결 능력들에 대하여 학생들의 인식에 초점을 맞추어 탐구를 진행하고 있다는 것을 말해준다. 그러므로 12점이라는 것이 24점보다 더 효과적이라는 의미가 아니다. 실험활동 목적에 따라 탐구 수준이 달라지는 것이 적절하다. 본 연구에서는 Dana가 개발한 상황적 실험활동도구의 점수를 그대로 사용하였다.

(1) 확인탐구(0-4)

개념과 원리가 학생들에게 제공되어지며, 학생들은 그것을 확인하기 위하여 몇 가지 활동을 한다. 학생들은 무슨 일이 일어나는지를 알고 있으며, 학생이 따라야 할 과정이 자세하게 기술되어진다.

(2) 구조화된 탐구(5-12)

학생들에게 문제와 과정이 제시되어지나, 결과를 알지는 못한다. 학생들이 관계를 발견하고, 모아진 데이터로부터 일반화할 수 있도록 활동을 구성하고 재료를 선택한다.

(3) 안내된 탐구(13-20)

이 수준의 탐구에서는 단지 조사해야 할 문제만이

학생에게 제공된다. 개념이나 원리들이 발견되어지고 일반화되도록 학생들이 과정과 데이터 수집 방법을 제시한다.

(4) 열린 탐구(21-24)

학생들이 문제와 방법을 제공하고, 데이터를 분석하여 결론에 도달한다.

개방이라는 용어는 학생이 문제, 방법, 수단 그리고 답을 결정하는데 얼마나 참여하는가를 의미한다. 실험활동이 높이 구조화되는 것으로부터(학생들의 활동이 모든 부분에서 교사에 의해서 분명하게 지시되어진다) 낮게 구조화 되는 데 까지 (실험활동에 학생들의 참여가 더 활발하다) 연속적으로 확장되는 것을 개방의 연속성이라 한다.

연구방법 및 절차

탐구수준 평가도구 개발

Dana(2001)의 '상황적 실험활동도구'를 기초로 하여 2003년 5월 중 대상 교사 3인의 실험수업을 관찰하였다.

수업관찰을 통하여 '상황적 실험활동도구'에서 제시한 8가지 항목과 각 항목마다 제시된 수준, 그리고 수준의 부가적 설명을 수정하여 '과학실험수업의 탐구수준을 평가하기 위한 도구'를 개발하였다. 이렇게 개발된 원자료는 타당도를 높이기 위하여 3명의 과학교육박사과정 학생들과 전문가 2인의 3차에 걸친 수정작업을 거쳐 완성하였다. 2차 수정작업 후에는 수업관찰표의 필요성이 제기되어 탐구수준 평가도구를 구체적으로 드러나도록 하는 수업관찰표를 만들어 1차 수정작업을 거쳤다. 3차 수정자료는 15명의 대학원생들에게 탐구수업의 수준을 결정하기 위한 '내용 타당도 의뢰서'라는 제목으로 8개 항목에 대하여 리커트 척도의 형태로 제시하여 타당도를 검증하였다.

신뢰도를 검증하기 위하여 2명의 평가자에게 '실험 수업에서의 탐구수준 평가도구'와 '실험활동의 탐구수준을 평가하기 위한 체크리스트'를 보여주고 자세하게 설명하였다. 이 후 4개 수업의 비디오자료를 연구자와 2명의 평가자가 함께 보며 각 항목에 대한 수준을 평가하여 신뢰도를 확보하였다.

Dana(2001)의 '상황적 실험활동도구'는 모든 평가 항목들이 구체적이고 조작적이지 못하여 실제 수업에 적용하기에 많은 문제점을 지니고 있다. 특히, 교사

Table 5. Introduction of participant teachers

이름	나이	성별	전공과목	대상학년	경력 (2004. 2. 28기준)	대상학교
교사 A	24	여	생물	중2	1년	충남
교사 B	24	여	생물	중1,중2	1년	충남
교사 C	24	여	지구과학	중1	1년	충남
교사 D	27	남	지구과학	중3	0.6년	충남

의 역할, 학생의 역할, 학생들 사이의 협동에서의 수준 판단 기준을 '때때로, 자주, 일관되게'라는 용어를 사용함으로써 분류를 명확하게 하는데 많은 어려움을 갖는다. 이에 반하여, 본 연구에서 개발한 '실험수업에서의 탐구수준 평가도구'는 8가지 항목의 각 수준을 분명하게 정의하고 세분함으로써 관찰자가 편리하게 사용할 수 있고, 객관성을 유지할 수 있다.

연구대상 및 처치 활동

본 연구의 대상은 2003년도 대학을 졸업하고 중학교에 발령을 받은 초임교사 4명을 대상으로 하였다 (Table 5). 2003년도 졸업한 초임교사를 대상으로 한 것은 교사경험이 짧을수록 교사의 수업에 많은 변화가 있을 것이라고 생각하여 앞으로 계속적으로 참여 교사의 과학(실험)수업의 변화를 살펴볼 목적으로 선택하였다. 수업관찰은 2003년 9월부터 2004년 5월까지 24회의 수업을 관찰하였으며 실험수업을 대상으로 하였다. 사전에 교사의 일반적인 면을 알아보기 위하여 교사 면접문항지를 작성하여 조사하였다. 이 문항지에는 예비교사에 대한 질문, 교생실습, 수업에 대하여, 실험에 대하여, 탐구에 대하여, 과학의 본성에 대하여, 평가에 대하여, 기타로 구성되어 있다. 수업은 두 대의 컴퓨터를 이용하여 하나는 교사에게 고정시키고, 다른 하나는 학생들의 활동을 녹화하였으며, 교사에게는 소형녹음기를 사용하여 교사의 교

수내용 전체를 녹음하여 전사하였다. 수업 관찰 전과 후에 교사와 면담을 실시하였으며, 내용은 주로 본시 수업에 관한 내용으로 이루어져 있다. 본시수업에서 사용된 교안, 실험보고서, 유인물은 모두 모아서 분석에 사용하였다. 본 연구에서는 4명의 교사의 1차시 내용을 분석하였다.

연구결과 및 논의

탐구수준 평가도구의 타당도 검증

Dana(2001)의 상황적 실험활동 도구와 초임교사의 수업관찰을 토대로 개념소개, 개념 형성을 위한 문제 개발, 탐구과정 및 데이터 수집, 교사의 역할, 학생들의 역할, 학생들 간의 협동, 실험 후 전달, 평가 등 8개 항목을 0에서 3까지 4단계로 구분하여 '탐구실험의 수준을 결정하기 위한 평가도구'를 제작하였다. 0에서 3으로 갈수록 교사의 역할은 줄고 반면에 학생들의 역할이 더 많이 나타나는 열린 탐구의 형태를 지향하도록 하였다.

1차 협의과정을 토대로 수정된 2차 도구를 같은 방식으로 검토하였다. 2차와 3차 협의 과정을 거쳐 3차 수정본을 제작하였으며, 3차 협의에서는 전문가 2인이 함께 참여하였다. 특히 2차 수정본 검토 후 '실험활동의 탐구수준을 평가하기 위한 체크리스트'를 제작할 필요성이 제기 되었다. 체크리스트는 1차의

Table 6. Content validity on assessment categories

통계량평가항목	N	최소값	최대값	합계	평균	표준오차	표준편차
개념소개	12	3	5	48	4.00	.12	.43
개념형성을 위한 가설설정	12	2	5	47	3.92	.29	1.00
탐구과정 및 데이터 수집	12	3	5	54	4.50	.19	.67
교사의 역할	12	2	5	43	3.58	.23	.79
학생들의 역할	12	3	4	45	3.75	.13	.45
학생들간의 협동	12	2	4	38	3.17	.21	.72
실험 후 전달	12	3	5	46	3.83	.27	.94
평가	12	3	5	51	4.25	.22	.75
전체		합계				372	
		평균				3.88	

수정을 거쳐 완성하였다.

이러한 과정을 거쳐 만들어진 탐구수준 평가도구는 15명의 과학교육 전공 대학원생들에게 ‘탐구실험의 수준을 결정하기 위한 내용타당도 의뢰서’라는 제목으로 타당도 검증을 실시하였다. 배포된 15매의 타당도 검사지 중 12매가 회수되어 타당도 검증에 투입하였다.

타당도 검증의 결과를 항목별로 보면 Table 6과 같다. 개념소개, 탐구과정 및 데이터 수집, 평가에서 타당도가 높은 것으로 나타났으며, 가장 미흡한 것으로 지적된 것은 학생들 간의 협동이었다. 개념형성을 위한 문제 개발, 교사의 역할, 학생들의 역할, 실험 후 전달 항목에서는 비교적 양호한 것으로 판정되었다.

이 도구의 전체적인 타당도는 각 항목 5점 만점에 3.88로 ‘타당도가 높다’로 판정되었다. 이상과 같은 타당도 검증을 실시한 결과 항목별로 타당도가 낮은 부분을 수정하기 위하여 ‘학생들 간의 협동’을 구체적이고 조작적인 용어로 보완하였다.

탐구수준 평가도구의 신뢰도 확보

신뢰도를 확보하기 위하여 연구자와 평가자 2인이 함께 녹화된 4개의 실험수업을 보며 분석하였다. 분석에 앞서 각 교사가 수업시간에 학생들에게 제공했던 실험보고서, 교사와의 면담일지, 교실 수업을 연구자가 관찰하면서 메모했던 내용 등을 미리 주어 평가자에게 수업상황을 인식하도록 하였다. 이후 수업내용 전사본과 실험수업에서의 탐구수준 평가도구, 실험활동의 탐구수준을 평가하기 위한 체크리스트를 주고 비디오를 보면서 평가자 각자가 각 항목에 대한 수준을 결정하도록 하였다. 연구자와 2명의 평가자가 작성한 평가지를 보고 서로 의견이 합치되도록 토론을 통하여 각 항목을 수정하면서 신뢰도를 확보하였다. 이러한 과정을 거쳐 만들어진 탐구수준 평가도구를 부록에 제시하였다.

교사 A, B, C, D의 실험수업 분석

교사 A, B, C, D의 수업을 관찰한 후 개발된 ‘실험수업에서의 탐구수준 평가도구’의 항목을 분석하여 탐구수준을 알아보았다.

개념소개

이 준거의 주요 초점은 실험 활동 전에 개념에 대한 토론을 적게 하는 데 있다.

참여교사들은 대체로 실험에 앞서 실험하는 내용, 용어, 개념에 대하여 언급한 후 실험을 하였다. 이러한 설명은 컴퓨터를 이용하여 학습하고 있으며 학생들과 사실을 확인하는 수준의 상호작용을 통하여 이루어지고 있었다. 이렇게 하는 까닭에 대한 질문에서 교사 A는 실험을 잘하려면 학생들이 미리 이러한 용어에 대하여 알아야 한다고 생각하고 있었다.

연구자: 실험에 앞서서 혀의 구조에 대하여 학습한 까닭이 무엇입니까?

교사 A: 저는 항상 먼저 용어를 소개하고 실험을 하는 편입니다. 용어를 아는 것이 중요하기 때문이며, 그렇게 하는 것이 실험을 잘 할 수 있다고 생각하기 때문이지요.

교사 C의 경우 실험하는 목적이 우유에는 탄수화물, 지방, 단백질이 있다는 사실을 지시약의 색변화를 통하여 아는 것이었다. 실험에 앞서 교사 C는 한 학생을 지적하여 우유에 어떤 영양소가 있는가를 물은 후 실제로 그런지 실험을 통하여 확인하는 실험을 하였다.

개념형성을 위한 문제 개발

이 준거의 주요 초점은 학생이 실험 활동에서 문제 또는 질문을 개발하는데 더 많이 참여하고 책임성을 갖는 쪽으로 옮겨 가는데 있다.

개념형성을 위한 문제를 교사 또는 학생이 제시하기 보다는 학습목표를 모든 학생이 함께 읽어봄으로서 본 실험을 통하여 해결해야 하는 문제가 무엇인지를 학생에게 알게 하는 방식으로 제시되고 있었다.

교사 A: 자 실험목표를 큰 소리로 한 번 읽어보자. 시작

학생들: 단맛, 쓴맛, 신맛, 짠맛을 느끼는 혀의 부위가 어디인지 실험해보고 설명할 수 있다.

교사 B의 경우에는 이번시간에 실험으로 알아보려는 것이 ‘침이 어떤 일을 하는지’에 관한 것이라고 짚막하게 언급하였고, 교사 C의 경우에는 실험보고서의 들어가기에 ‘우유속에 어떤 영양소가 있을까’라고 기록함으로써 제시하였다.

탐구과정 및 데이터 수집

이 준거의 주요 초점은 학생이 실험 활동을 위한 계획을 개발하는데 더 참여하고 책임감을 갖은 방향으로 옮겨가는데 있다.

탐구과정이란 학생들이 제기 했던 문제를 해결하기

위하여 과정을 설계하는 것이며, 데이터 수집은 실험을 통하여 데이터를 수집하고 그것을 그래프, 표, 차트, 그림 등으로 나타내는 것이다.

탐구과정의 소개는 스크린으로 이미 작성된 과정을 보여주거나, 실험보고서에 과정을 자세히 안내하거나, 교사가 시범실험을 통하여 안내하는 방식으로 이루어졌다. 특히 교사 A의 경우에는 과정상에서 오류를 범할 수 있는 부분을 유의점으로 학생들에게 언급함으로써 학생들이 실험에서 실패할 확률을 줄이려 노력하였다.

데이터 수집은 실험보고서의 탐구결과란에 표를 만들어 그 안에 현상을 적어 넣는 형태로 이루어졌다.

교사의 역할

이 준거의 주요 초점은 지식의 전달(교사가 답을 제공한다)을 지식의 구성(질문을 통하여 교사가 학생을 돕는다) 쪽으로 옮기는데 있다.

주 관찰의 항목은 실험기구의 설치와 교사의 발문이다.

실험기구의 설치의 경우 교사가 실험과정을 통하여 설명해 주었지만 학생들이 이해하지 못하는 경우가 많았다. 이 경우 학생들은 모둠에서 토의하기 보다는 교사에게 다시 묻거나, 책 또는 실험보고서를 보고 해결하였다. 교사가 순회하며 학생들의 물음에 직접적인 답을 제공하는 경우가 많았으며, 경우에 따라서는 교사가 직접 설치하는 경우도 관찰되었다.

교사의 발문은 교사의 역할을 판단하는 중요한 준거이다. 발문은 과학적 탐구와 과학 학습의 중요한 구성적 요소이자 과학 학습 지도 방법과 전략의 통합적 요소이기도 하다. 본 연구에서는 교사의 발문 유형을 분석하기 위하여 Blosser(송용의 역, 2002)의 과학의 발문 범주 체계를 개작한 발문 행동 분석표를 사용하였다. 수준을 판단하는 기준은 교사가 학생들의 사고를 자극하는 사고발문을 얼마나 많이 하는가? 학생의 사고를 들어내는 재발문 및 3단계 발문의 횟수와 내용은 어떠한가? 이다. 인지·기억적 발문을 제외한 수렴적 사고발문, 확산적 사고발문, 평가적 사고발문을 사고발문으로 보았다. 전사할 수 없었던 부분을 제외하면 대체로 참여교사들은 1시간에 30~78회의 발문이 있었다. 그중 인지·기억적 발문이 70~93%, 수렴적 사고발문이 7~17%, 확산적 사고발문이 0~15%, 학생의 사고를 들어낼 수 있는 재발문 및 3단계 발문이 0~11%였다.

학생들의 역할

이 준거의 주요 초점은 교사의 간섭을 줄이고, 학생들이 자발적으로 주어진 문제를 해결하는데 더 많은 시간을 할애하여 활발한 활동을 하는 쪽으로 옮기는 데 있다.

주 관찰항목은 문제개발, 탐구과정의 설계, 데이터 수집과 분석, 결과 설명을 위한 과학 개념의 적용이다. 앞에서 문제개발, 탐구과정의 설계, 데이터 수집과 분석에 대하여 언급하였으므로 결과 설명을 위한 과학 개념의 적용에 대하여 살펴보기로 한다.

교사 A의 경우 탐구결과와 과학개념을 연결하기 보다는 탐구결과와는 별도로 교사가 의도했던 과학개념을 설명하는데 주로 시간을 할애하였으며, 교사 B의 경우 실험을 하는데 모든 시간을 사용함으로써 결과를 해석하여 과학개념을 연결할 수 없었다. 교사 C의 경우 우유속에 있는 영양소를 알아내는 실험에서 학생들에게 결과를 확실하게 보이기 위하여 각 시험관에 우유에 있는 영양소를 첨가하여 실험을 하였다. 그 결과 학생들은 우유속에 있는 영양소를 알아내기 보다는 각 영양소를 검출할 때 사용하는 지시약의 색변화를 관찰하는 것에 불과했다. 교사 D의 경우 알아내려는 개념을 명확하게 인식하지 못하고 실험함으로써 교과서에 있는 결과 및 정리 문제를 해결하는데 중점을 두어 결과와 과학개념을 연결시키려는 시도를 하지 못했다.

학생들 간의 협동

이 준거의 주요 초점은 학생들이 모둠 내에서 각각의 과정을 수행하는 동안 효과적으로 협동하고, 협동하는 환경을 조성하는 쪽으로 옮겨가는데 있다.

주 관찰항목은 모둠의 구성, 역할배분, 탐구과정의 공유, 탐구결과와 공유, 소그룹활동이다.

모둠의 구성은 번호순으로 교사가 배정해 주었으며, 역할배분은 D교사의 실험의 경우를 제외하고는 자연스럽게 각 학생들에게 고르게 배분 되었다.

실험과정은 교사의 안내에 따라 진행되었기 때문에 공유할 만한 내용이 없었으며, 이따금 문제가 되는 경우에 모둠원이 토의하기 보다는 교사에게 묻거나 보고서를 보고 알아냈다. 실험결과는 각자 맡은 내용을 서로 돌려가며 보았다.

소그룹활동은 학생들이 다른 모둠원의 이야기를 듣고, 응답하며, 눈을 마주쳐 관심을 표명하고, 질의하고 동의 및 부정하는 것들을 포함하는 활동이다. 학

Table 7. Inquiry level of teacher A in laboratory classroom

항목	개념소개	개념형성을 위한 문제개발	탐구과정 및 데이터 수집	교사의 역할	학생들의 역할	학생들간의 협동	실험후 학습결과발표	평가	소계
수준	2	0	0	0	0	3	0	0	5

Table 8. Inquiry level of teacher B in laboratory classroom

항목	개념소개	개념형성을 위한 문제개발	탐구과정 및 데이터 수집	교사의 역할	학생들의 역할	학생들간의 협동	실험후 학습결과발표	평가	소계
수준	1	0	0	0	0	2	0	0	3

Table 9. Inquiry level of teacher C in laboratory classroom

항목	개념소개	개념형성을 위한 문제개발	탐구과정 및 데이터 수집	교사의 역할	학생들의 역할	학생들간의 협동	실험후 학습결과발표	평가	소계
수준	1	0	0	0	0	1	0	1	3

Table 10. Inquiry level of teacher D in laboratory classroom

항목	개념소개	개념형성을 위한 문제개발	탐구과정 및 데이터 수집	교사의 역할	학생들의 역할	학생들간의 협동	실험후 학습결과발표	평가	소계
수준	0	0	0	1	0	2	1	0	4

생들은 자주 이런 일련의 과정을 반복하는 것으로 나타났다.

실험 후 학습 결과 발표

이 준거의 주요 초점은 실험 활동 후 개념에 대하여 더 많이 토론을 하는 쪽으로 옮겨 가는데 있다. 더욱이, 올바른 답을 하는 학생에서 깊은 개념적 이해를 하는 학생으로, 그리고 개별적으로 실험보고서를 쓰는 학생에서 모둠별 발표의 방향으로 중요성이 변화한다.

학생들에 의해서 실험과정, 관찰 내용, 결과해석이 이루어지기 보다는 교사가 학생을 지적인 후 그 학생에게 묻는 방법으로 결과토의가 진행되어지거나, 시간이 없어 하지 못하는 경우, 스크린에 그림을 보여주고 교사가 학생들과 짧은 상호작용을 통하여 결과의 옳고 그름에 대하여 정리하는 경우 등이 관찰되었으며, 개념을 결과와 연결짓는 물음이나 발표는 없었다.

평가

이 준거의 주요 초점은 평가에서 실험 활동이 더 중요한 가치를 갖는 쪽으로 옮기는데 있다. 평가가 이루어지지 않거나, 실험보고서를 통해서, 문제풀이를 통하여 평가가 이루어지고 있으며, 교사의 질문에 대

한 응답, 실험조작능력 및 실험과정, 발표능력 등 과정평가는 이루어지지 않았다. 이상의 관찰 항목을 토대로 평가한 교사 A, B, C, D의 항목별 탐구수준은 Table 7, 8, 9, 10과 같다.

개념소개의 경우 0~2수준, 교사의 역할 0~1수준, 학생들간의 협동 0~3수준, 실험후 학습결과 발표 0~1수준, 평가 0~1수준을 보였으며, 개념형성을 위한 문제개발, 탐구과정 및 데이터 수집, 학생들의 역할은 0수준을 보였다.

모든 항목에서 수준이 낮았다. 개념의 소개의 경우 교사가 탐구목표를 학생들에게 제시하는 경우가 많았고, 개념을 정확히 인지하는 못하는 경우도 있었다. 문제 개발은 학생들이 문제를 제시하도록 교사가 돕기보다는 교사가 탐구목표를 제시함으로 대신하는 경우가 대부분이었으며, 실험보고서에 미리 제시하는 경우도 있었다. 탐구과정 및 데이터 수집은 이미 실험보고서에 과정 및 수집방법이 제시되어 있었으며, 학생이 지식을 구성하도록 교사가 돕기보다는 교사가 일방적으로 제시하는 경우가 모든 수업에서 관찰되었다. 학생들간의 협동에서는 결과를 모둠원이 함께 나누는 경우가 자주 관찰되었으며, 실험후 학습결과 발표는 교사가 정리하는 과정으로 대신하였다. 평가의 경우 과정평가보다는 결과에 대한 평가가 이루어졌으며, 문제 풀기, 실험보고서 추후 평가의 형태로 이루어

어졌다.

교사 A의 수업을 제외하고는 모두 확인수준이었으며, 교사 A는 구조화된 탐구수준이었다.

김영신(2003)은 Lawson(1996)의 탐구평가표를 사용하여 현장교사의 수업, 학생행동, 교사행동, 발문기술을 분석하였는데 수업과 발문기술은 백분을 점수로 60점을 넘었지만, 교사와 학생의 행동은 50점을 넘지 못하는 것으로 조사하였다. 특히, 학생의 행동은 43점으로 극히 낮은 것으로 나타나, 학생들의 과학수업에 대한 참여도가 매우 낮다고 보고하였다.

이러한 차이를 볼 때 실험주제와 교사의 교과서 재구성이 탐구 수준 평가에 크게 고려되어진다고 말할 수 있다.

Welch et al.(1981)는 탐구학습을 조장하는데 다음과 같은 몇 가지 문제점을 있다고 주장하고 있다.

(1) 과학교사의 준비, (2) 과학교사가 탐구학습을 하는 것이 어렵다는 견해를 가지고 있다. (3) 과학교사가 탐구학습은 단지 평균수준 이상을 능력을 가진 학생에게만 성공적이다 라고 믿는다. (4) 과학교사가 탐구의 의미에 대하여 혼란스러워 한다. (5) 과학교사가 사실을 가르치는데 충실하다. (6) 과학교사는 학생들의 과정의 목적을 과학학습의 다음 단계를 위한 학생들의 학문적 준비로서 본다.

이러한 지적을 고려해 볼 때 탐구학습에 대한 올바른 인식과 진정한 탐구학습으로 이루어진 실험자료의 개발과 실습이 예비교사들의 교생실습을 통하여, 그리고 현직교사의 연수를 통하여 재교육되어야 할 필요성이 있다.

결론 및 제언

이 연구는 실험수업을 일관되게 볼 수 있는 탐구 수준 평가 도구를 개발하여 중학교 초임교사의 수업을 분석하고자 하였다.

탐구수준 평가도구는 개념소개, 개념형성을 위한 문제 개발, 탐구과정 및 데이터 수집, 교사의 역할, 학생들의 역할, 학생들 간의 협동, 실험 후 학습결과 발표, 평가 등 8개 항목으로 이루어져 있으며, 각 항목마다 4수준으로 구성되어 있다. 타당도를 확보하기 위하여 3차례에 걸친 협의를 거쳤으며, 12명의 과학 교육 대학원생들에게 의뢰한 내용타당도는 3.88로 높은 것으로 나타났다. 또한 협의과정을 통하여 실험활동의 탐구수준을 평가하기 위한 체크리스트를 제작하

였다.

신뢰도를 확보하기 위하여 연구자와 평가자 2인이 함께 녹화된 4개의 실험수업을 보며 협의하고 토론을 거쳐 평가도구의 신뢰도를 확보하였다. 이렇게 해서 제작된 탐구수준 평가도구를 통하여 과학교사의 실험수업을 일관성 있게 볼 수 있었다.

개발된 평가도구를 통하여 교사 A, B, C, D의 수업을 관찰한 결과 교사 A의 구조화된 탐구수준을 제외한 모든 교사는 확인수준으로 나타났다. 앞으로의 연구에서는 교사 A, B, C, D의 수업을 일정한 간격을 두고 관찰한 후 어떤 변화를 보이는가를 더욱 심층적으로 분석하는 것이 필요할 것이다.

참고문헌

- 김영신, 2003, 예비 과학 교사가 탐구 점수표에 따라 분석한 현장 과학 수업. 한국과학교육학회지, 23 (5), 561-573.
- 송용의, 2002, 효율적인 교사의 발문기법. 배영사, 서울, 160 p.
- Bate, G.C., 1978, The role of the laboratory in secondary school science programs. In M.Budd Rowe (ed.), *What Research Says to the Science Teacher*, 55-82 p.
- Colburn, A., 1997, How to make lab activities more open ended. *CSTA Journal*, Fall 1997, 4-6.
- Dana, L., 2001, The effects of the level of inquiry of situated secondary science laboratory activities on students' understanding of concepts and the nature of science, ability to use process skills and attitudes toward problem solving. Unpublished doctoral dissertation, University of Massachusetts Lowell, 204 p.
- Germann, P.J., Haskins, S., and Auls, S., 1996, Analysis of nine high school biology laboratory manuals: promoting scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 33 (5), 475-99.
- Herron, 1971, The nature of scientific inquiry. *School Review*, 68 (1), 17-29.
- Lawson, A.E., 1995, *Science teaching and the development of thinking*. Wadsworth Publishing Company, Belmont, 206-208 p.
- Luft, J.A., 1999, Assessing science teachers as they implement inquiry lessons: the extended inquiry observational rubric. *Science educator*, 8 (1), 9-18.
- McComas, W.F., 1997, The nature of the laboratory experience: a guide for describing, classifying and enhancing hands-on activities. *CSTA Journal*, 6-9.
- McIntosh, T.C., 1995, Problem-solving practice. *The Science Teacher*, 62 (6), 48-50.
- National Research Council, 1996, *National Science Educa-*

- tion Standards. Washington, DC: National Academy Press, 1-9 p.
- Pella, M., 1961, The laboratory and science thinking. *The science Teacher*, 28 (5), 29-31.
- Pizzini, E.L., Shepardson, D.P., and Abell, S.K., 1991, The inquiry level of junior high activities: Implications to science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 28 (2), 111-121.
- Priestely, W.J., Priestley, H.D., Schumuckler, J.S., Hiosky, A., Sutman, F., and Wang, M., 1997, Science laboratory instruction: Summary of findings and implications from four companion studies, Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Chicago, IL.
- Schwab, J.J., 1962, The teaching of science as inquiry, In J.J. Schwab & P.F. Brandwein, *The teaching of science*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Shepardson, D.P., 1997, The nature of student thinking in life science laboratories. *School Science and Mathematics*, 97 (1), 37-44.
- Tafoya, E., Sunal, D.W., and Knecht, P., 1980, Assessing inquiry potential: A tool for curriculum decision makers. *School Science and Mathematics*, 89 (1), 43-48.
- Welch, W., Klopfer, L., Aikenhead, G. and Robinson, J., 1981, The role of inquiry in science education: analysis and recommendations. *Science Education*, 65, 33-50.

2004년 3월 23일 원고 접수
 2004년 6월 14일 수정원고 접수
 2004년 9월 18일 원고 채택

부록. 탐구실험의 수준을 결정하기 위한 평가표

범주	0	1	2	3
개념소개	개념이 형성된 후 실험활동이 있다.	실험활동이 사전활동 및 간단한 토론 후 개념을 형성하는 동안 일어나며, 개념을 확인하는데 목적이 있다.	실험활동이 사전활동 및 간단한 토론 후 개념을 형성하는 동안 일어나며, 개념을 탐구하는데 목적이 있다.	실험활동이 개념을 도입하기 이전에 일어난다.
개념형성을 위한 문제 개발	교사가 개념을 소개하는 문제를 학생에게 제시한다.	교사와 학생들이 함께 개념을 소개하는 문제를 개발한다.	학생들이 교사의 도움없이 스스로 개념에 맞는 문제를 개발한다.	학생들이 주제를 선택하고 그에 맞게 문제를 개발한다.
탐구과정 및 데이터수집	교사가 탐구과정과 데이터수집 방법을 제시한다.	교사가 탐구과정을 제시하고 학생들이 데이터 수집 방법을 결정한다.	교사가 유용한 자료를 제공하고 학생들이 탐구과정과 데이터 수집 방법을 결정한다.	학생들이 스스로 자료를 찾고, 탐구과정과 데이터 수집의 방법을 결정한다.
교사의 역할	교사가 학생들의 조작적 활동을 대신해주며, 질문들이 학생들의 사고의 정확함을 묻는 낮은 수준으로 이루어져 있으며, 학생들의 응답은 예, 아니오와 같은 단순한 답이 주를 이루고 있다.	교사의 조작적 활동이 교사와 학생의 필요에 따라 이루어진다. 교사의 질문 중 30%가 학생의 사고를 드러낼 수 있는 질문으로 이루어져 있으며, 학생의 응답에 대한 교사의 재 발문이 있다.	교사의 조작적 활동이 교사의 필요에 따라 이루어진다. 교사의 질문 중 50%가 학생의 사고를 드러낼 수 있는 질문으로 이루어져 있으며, 학생의 응답에 대한 교사의 3단계 재 발문이 있다.	조작적 활동이 교사의 도움 없이 학생들에 의해서 이루어진다. 교사의 발문 중 70% 이상이 학생의 사고를 드러낼 수 있는 발문으로 이루어져 있으며, 학생의 응답에 대한 교사의 재 발문이 3단계 이상이다.
학생들의 역할	학생들의 역할은 드물고 거의 모든 활동이 교사의 지시에 따라 행해진다.	데이터 수집, 결과분석 및 결과 설명에 30%정도 학생들의 역할이 나타난다.	데이터 수집, 결과분석 및 결과 설명에 50%정도 학생들의 역할이 나타난다.	데이터 수집, 결과분석 및 결과 설명에 70%정도 학생들의 역할이 나타난다.
학생들 간의 협동	학생들이 모둠 내에서 정해진 역할을 수행하지만 협동에 참여하지 않고 독립적으로 활동한다.	학생들은 모둠 내에서 정해진 역할을 수행한다. 상호의 존적이고 개인적인 책임을 다하며 학생들 간의 협동이 30% 정도 관찰된다.	학생들은 모둠 내에서 정해진 역할을 수행한다. 상호의 존적이고 개인적인 책임을 다하며 학생들 간의 협동이 50% 정도 관찰된다.	학생들은 모둠 내에서 정해진 역할을 수행한다. 상호의 존적이고 개인적인 책임을 다하며 학생들 간의 협동이 70% 정도 관찰된다.
실험 후 학습결과 발표	교사가 결과를 정리하고 마치거나, 학생들이 과정만을 발표한다.	대부분 학생들이 과정과 활동의 결과를 발표한다.	대부분 학생들이 활동의 결과를 발표하고, 분석 방법을 설명한다.	대부분 학생들이 활동의 과정과 결과를 발표하고, 분석 방법을 설명하며, 논리적으로 그들의 주장을 토론하고, 연구의 제한을 확인하고, 설명과 질문들에 응답한다.
평가	실험에 대한 평가가 이루어지지 않는다.	평가가 한 가지 방식으로 이루어지며, 올바른 답을 얻었는가의 유무가 강조된다.	평가가 두가지 방식으로 이루어지며, 개념에 대한 학생들의 이해를 주로 평가한다.	평가가 세 가지 방식 이상으로 이루어지며, 학생들의 개념에 대한 이해와 그들의 탐구 능력과 발표능력을 평가한다.