

낮게 구조화된 과학적 문제 상황에서 고등학생들의 문제발견 활동 분석

류시경* · 박종석

안동여자고등학교* · 경북대학교

An Analysis of High School Students' Activity on Problem-finding in Ill-structured Scientific Problem Situation

Ryu, Si-Kyung * · Park, Jong-Seok

Andong Girls' High School* · Kyungpook National University

Abstract: The purpose of this study was to suggest an instructional direction for improving scientific problem-finding ability. For this purpose, the present study made an in-depth analysis about activity on problem finding tasks of high school students in an ill-structured scientific problem situation. Subjects were divided into two groups (cooperative and individual) and two kinds of problem finding tasks were administered to two groups. Results indicated that a cooperative activity on problem finding happened to a series of steps exploring problem situation, expressing knowledge and experience, discussing provisional problems, creating various problems and selecting the best problem. Besides, a cooperative activity on problem finding depended heavily on prior knowledge and experience, and in the meantime, various scientific concepts turned out to naturally be expressed. As for the problems found out during a cooperative activity, their scores in creativity factors, including the degree of agreement in original problem selection came out to be on the whole, as excellent. In addition, the types of the problems found out in open problem situation showed that they were more various than those found out in closed problem situation. Subjects perceived that activity on problem finding had positive influence on scientific concept and science process skills. Findings of this study have the following educational implications: First, it is needed to prepare for educational environment that enables students to explore various knowledge and information. Second, the offering of various opportunities is needed to enlarge the scope of scientific knowledge and experience. Third, it is needed to prepare for a study atmosphere that lets students express their knowledge and experiences freely.

Key words: activity on problem-finding, ill-structured scientific problem situation

I. 서론

미래 지식기반 사회에서 가장 중요하게 부각되고 있는 능력은 창의력과 이를 기반으로 한 문제해결력이라고 할 수 있다(허경철 등, 2000). 또한 미래를 예측하고 현재의 상황에서 문제를 인식하여 새롭고 독창적인 산출물을 내는 창의성은 교육에서 핵심적으로 다루어야 할 중요한 부분이다. 이러한 지식기반 사회의 요구에 부응하기 위하여 창의성과 문제해결력을 통합하려는 노력이 증가하고 있다(전윤식 등, 2003).

그런데 창의적 문제해결과 기존의 문제해결 사이의

가장 큰 차이점은 문제발견의 역할에 있다. 문제해결은 주어진 문제를 재정의하거나 재구조화하여 해결하는데 초점을 두는 반면에, 창의적 문제해결은 새로운 문제를 학생이 스스로 찾는 것을 강조한다(Treffinger et al., 2000). 그러나 창의적 문제해결에 관한 이론들은 문제발견을 문제해결의 첫 단계 내지 두 번째 단계로 보았을 뿐이며, 여전히 이들 단계에 대해 깊이 있게 다루지 못한다. 즉, 창의적 문제해결은 문제해결에 비해 새로운 문제를 찾는 것을 강조하지만 문제에 대한 정의와 문제를 어떻게 찾는 것인지에 대한 깊이 있는 논의가 부족한 실정이다(전윤식 등, 2003).

*교신저자: 류시경(chemsci@hanmir.com)

**2006.07.28(접수) 2006.09.17(1심통과) 2006.10.18(2심통과) 2006.10.19(최종통과)

또한 최근에는 문제발견을 문제해결의 시작뿐만 아니라 과정 동안에도 발생하는 상호 작용적이고 반복적인 과정이라고 설명하고 있다(Dudek & Côté, 1994; Getzels & Csikszentmihalyi, 1976; Runco, 1994). 즉, 문제발견은 문제해결 과정의 처음에만 단순히 작용하는 것이 아니라 문제 재형성이나 해결책을 선택하는 것과 같은 평가 시점에도 발생하며, 특정 단계가 아니라 노력을 통해서 새로운 문제와 하위 문제를 계속 찾음으로써 문제해결을 보다 효과적이며 발명적이고 창의적이게 하는 과정이며 태도라고 할 수 있다. 따라서 문제발견은 문제해결의 결과에까지 영향을 주는 창의적인 행위이며, 창의적 사고와 창의적 수행의 주요한 측면이라고 할 수 있다(이혜주, 2005).

한편, 문제발견에서 문제 상황은 매우 중요하다. 사람들은 자신들이 경험하게 되는 다양한 문제 상황 속에서 문제를 지나치거나 발견하게 된다. 문제 상황은 높게 구조화되거나 잘 정의된(highly structured or well-defined), 중간 수준으로 구조화된(moderately-structured), 낮게 구조화되거나 잘 정의되지 않은(ill-structured or ill-defined) 문제 상황으로 구분할 수 있다(Jay & Perkins, 1997). 이 중 ‘낮게 구조화된(ill-structured)’ 문제 상황은 문제 상황 자체가 애매 모호하거나 문제해결에 필요한 명확한 정보가 충분히 제시되어 있지 않다(Reiter-Palmon, Mumford, Boes & Runco, 1997). 즉, 전체적인 목표는 존재하지만, 제공되는 정보가 적거나 거의 없는 상황 또는 매우 기초적이거나 범위가 넓은 경우를 말한다(이혜주, 2005). 따라서 낮게 구조화된 문제 상황은 문제 상황에 대한 민감성, 불일치 사건에 대한 밀접한 관찰, 질문하는 태도, 상상을 이용한 형성과 같은 창의적인 기술과 태도를 이끌어낼 수 있는(Jay & Perkins, 1997) 문제발견을 위한 가장 전형적인 문제 상황이라 할 수 있다.

따라서 창의적 문제해결력을 신장하기 위해서는 문제해결뿐만 아니라 문제발견에도 강조를 두어야 하며, 문제발견 활동이 보다 창의적이 되기 위해서는 낮게 구조화된 문제 상황에 바탕을 두고 이루어져야 한다.

본 연구는 낮게 구조화된(ill-structured) 과학적 문제 상황에서 일반계 고등학생들의 문제발견 활동에 대한 심층적 분석을 기초로 하여 학교 과학 창의성 수업의 맥락에서 문제발견 능력을 신장시키기 위한 수업 방향을 제시하고자 한다.

II. 연구 방법

협동 문제발견 활동 과정의 특성을 분석한 다음,

개별 및 협동 활동을 통해 찾아낸 문제의 특성 및 문제발견 활동에 대한 학생들의 인식을 분석하였다.

1. 연구 대상

문제발견에 영향을 미치는 변인으로 지능, 개념 지식, 과학 탐구 능력, 확산적 사고, 내·외적 동기, 성격 특성, 가정환경 등이 있는데(Jay & Perkins, 1997; Simonton, 1976; Subotnik & Steiner, 1994), 본 연구에서는 먼저, 경북에 소재한 인문계 여자고등학교 2학년 자연 집중과정 학생 73명을 대상으로 창의적 성격 특성, 과학 개념 지식, 과학 탐구 능력을 조사하였다. 이들 세 가지 변인들은 낮게 구조화된 과학적 문제 상황에서 문제발견 능력에 대한 기여도가 상대적으로 높은 것으로 나타난 이혜주(2005)의 연구 결과를 바탕으로 한 것이다.

표 1
참여자의 정의적 및 인지적 특성

활동	이름	창의적 성격*	과학 개념 지식**	과학 탐구 능력***
협동	송이	81	8	34
	성희	75	8	33
	민주	76	6	34
	소영	85	8	33
개별	A	72	7	34
	B	78	8	33
	C	82	7	32
	D	90	6	33

*111점 만점, **10점 만점, ***36점 만점

조사 결과를 바탕으로 각 변인의 상대적인 점수가 높은 학생 8명을 연구 대상으로 선정하였다. 문제를 제안하는 과정은 탐구과정 중에서도 어려운 과정으로(박종원, 2005) 문제를 제안하게 된 과정과 이유에 대한 자신의 사고과정을 연구자와의 면담을 통해 표현하기는 쉽지 않다. 따라서 학생들의 자유로운 토의 활동을 통해 문제를 발견해가는 자연스러운 과정을 분석하기 위해 4명을 한 조로 구성하여 협동 활동을 하도록 하였다. 또한 협동 활동의 결과와 비교하기 위해 4명에게 개별 활동을 하도록 하였다. 연구에 참여한 학생들의 정의적 및 인지적 특성은 표 1과 같다. 여기에 제시된 이름은 모두 가명을 사용하였다.

2. 검사 도구

1) 창의적 성격 특성 검사

본 연구에서는 창의적 성격 특성을 측정하기 위하여 이신동(2002)이 개발한 ‘창의성 성격 특성 검사지’

를 사용하였다. 이 검사지는 11개의 하위 요소로 되어있고 각 요소당 3~4개의 문항으로 총 41문항으로 구성되어있다. 각 문항에 대해 피험자가 동의하는 정도에 따라 ‘정말 그렇다’, ‘조금 그렇다’, ‘대체로 그렇지 않다’, ‘전혀 그렇지 않다’의 네 가지 응답 중 하나를 선택하게 하였다. 각 응답에 대해 3, 2, 1, 0 점의 점수를 부여하였으며 부정의 내용을 담은 문항에 대해서는 역채점을 하였다. 선행 연구에서 Cronbach's alpha를 이용한 내적 신뢰도는 0.81(이신동, 2002)로 보고 되어 있다.

2) 과학 개념 지식 검사

본 연구에서 사용한 문제발견 과제1, 2의 문제 상황과 관련된 기본 과학 개념은 기체의 성질(압력, 용해도, 보일의 법칙, 샤를의 법칙)과 액체의 성질(어는 점과 끓는점, 비열, 증발, 밀도, 표면장력)이다. 따라서 연구자는 문제발견 과제를 해결하기 위한 기본 과학 개념 지식을 측정하기 위해 각 과제별로 5문항의 선다형의 검사 도구를 제작하였다. 각 검사 문항은 대학원 석·박사 과정에 재학 중인 현직 교사 3인에게 내용 타당도를 검증받아서 수정·보완하였다.

3) 과학 탐구 능력 검사

본 연구에서는 과학 탐구 능력을 측정하기 위하여 Burns et al.(1985)이 개발한 TIPSⅡ를 변안한 것을 사용하였다. 이 검사지는 총 36개 문항으로 되어 있으며 가설 설정(Identifying and stating hypothesis), 변인 찾기(Identifying variables), 조작적 정의(Operationally defining), 실험 설계(Designing investigations), 그래프화 및 데이터 해석(Graphing and interpreting data)으로 구성되어 있다(임청환, 1992). 36문항 모두 사지선다형으로 되어 있으며 7-12학년생을 대상으로 소요시간은 고등학생이 25-35분으로 개발되었다. 미국의 7-12학년 459명을 표본으로 한 평균 성취도는 19.14이었고, Cronbach's alpha를 이용한 내적 신뢰도는 0.86이었으며, 평균 난이도 지수와 변별도 지수는 각각 0.53과 0.35이었다. 문항들은 과학의 다양한 분야에서 선택했기 때문에 어떤 특정 과학의 상세한 지식과는 무관하다.

3. 문제발견 과제 개발

‘낮게 구조화된’ 과학적 문제 상황이 제공되는 각 과제는 고등학교 11학년 화학Ⅰ 교육과정의 화학 개념 지식을 바탕으로 하여 네 가지로 개발한 후에 타당성 검증과 예비 조사 및 분석 결과를 바탕으로 최

종 두 가지로 결정하였다. 과제1은 비커에 담긴 세 가지 물질(물, 식용유, 에탄올)을 이용하여 연구할 문제를 생각해내도록 하는 방식으로 구성하였고, 과제2는 바다 속에 잠수해 있는 스쿠버 다이버와 등반을 하는 산악인의 모습을 통해 연구할 문제를 생각해내도록 하는 방식으로 구성하였다. 과제1은 닫힌 상황을 강조한 것이고, 과제2는 열린 상황을 강조한 것이다. 각 과제에 대한 예시는 그림 1과 같다.

<과제1> 세 가지 물질들(물, 식용유, 에탄올)이 비커에 각각 들어 있다.

1. 이 물질들을 이용하여 여러분들이 알아낼 수 있거나 알아내고 싶은 ‘문제’를 모두 쓰시오. 여기서 ‘문제’는 과학과 관련된 어떤 문제라도 좋습니다.
2. 앞에서 진술한 과학적 문제들 중에서 가장 독창적이라고 생각되는 문제를 한 개 고르고, 그 문제가 독창적이라고 생각하는 이유를 쓰시오.

<과제2> 다음 그림은 스쿠버 다이버가 바다 속에 잠수해 있는 모습과 에베레스트 정상 등반에 도전하고 있는 산악인의 모습이다.(질문은 과제1과 유사함)

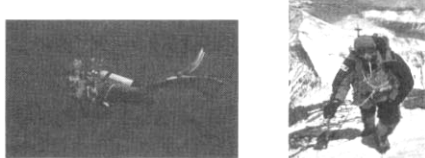


그림 1 과제1, 2(예시)

연구자에 의해 개발된 문제발견 과제는 대학원 석·박사 과정에 재학 중인 현직 교사 3인에게 내용 타당도를 검증 받아서 수정·보완하였다. 또한, 연구 대상 학교의 3학년 학생 72명을 대상으로 예비 조사와 예비 분석을 통하여 문제발견 과제를 수정하였다.

4. 자료 수집 및 분석

협동 활동과 개별 활동의 학생들에게 동일한 과제를 제공하였으며, 과제 해결 시간은 자유롭게 하였다.

1) 문제발견 활동 과정 녹화 및 분석

문제발견 과제를 해결하는 과정에서 나타나는 문제발견 활동의 특성을 분석하기 위해 협동 활동의 토의 내용은 비디오카메라로 녹화되었다. 연구자는 협동 활동에 가능한 개입하지 않도록 하여 학생들이 자연스럽게 활동하는 과정을 확인하고자 하였다. 이렇게 해서 약 60분량의 녹화 자료를 수집하였다. 수집된 녹화 자료는 전사하여 분석하였고, 연구자에 의해 분석

된 결과는 대학원에 재학 중인 현직 교사 5명과의 논의를 통해 수정·보완되었다.

2) 문제발견 과제지 및 설문지 분석

학생들이 수행한 문제발견 과제는 ‘다양한 문제 찾기’와 ‘최선의 문제선택’으로 나누어 분석되었다. ‘다양한 문제 찾기’에서 연구자는 학생들이 산출한 문제들의 적절성 여부를 평가한 다음, 적절한 문제를 대상으로 각 문제와 관련된 과학적 지식과 과목 영역 등의 특성을 분석하였다. 본 연구에서 적절하지 않는 문제로 평가되는 기준은 ‘제시된 문제 상황과 직접적으로 관련이 없는 경우’, ‘명백히 잘못된 과학 개념이나 원리를 사용한 경우’, ‘진술 내용을 이해할 수 없는 경우’이다. 또한 유창성과 융통성은 문제발견 과정 중에서 나타나는 것(이해주, 2005)으로 볼 수 있기 때문에 적절성이 있는 문제를 대상으로 유창성과 융통성의 측면에서 분석을 하였다. 유창성은 산출된 문제의 양을 보는 척도이며 융통성은 문제 속의 아이디어 범주를 보는 척도로서 각 문제당 1점씩을 부여하였다. 또한 각 문제에 대해 독창성, 정교성의 측면에서도 분석을 하였다. 독창성은 학생들이 제시한 문제가 얼마나 새로운가를 보는 척도이며 정교성은 얼마나 구체적이며 자세하게 기술되었는가를 보는 척도이다. 독창성 판단을 위해 먼저, 예비조사를 실시한 3학년 학생 72명과 연구 대상 학생들이 동일한 과제에서 발견한 문제들 중 적절성의 평가를 받은 문제를 대상으로 같은 범주의 문제를 묶어 문제 목록을 작성하였다. 그 다음, 학생들이 제시한 각 문제를 전체 문제 수로 나누어서 %로 나타낸 후, %값이 작은 문제 3개를 대상으로 3% 미만인 경우는 3점을, 3~10% 인 경우는 2점을, 10~20% 인 경우는 1점을, 20% 이상인 경우는 0점을 부여하였다. 또한 정교성 판단을 위해 적절한 문제를 대상으로 분명하고 자세하게 서술한 정도에 따라 1점에서 3점을 부여하였다. ‘문제 내용을 이해할 수 있으나 일부 단어나 개념이 정확하지 않는 경우’는 1점을, ‘문제를 비교적 구체적으로 표현한 경우’는 2점을, ‘문제를 매우 상세하고 구체적으로 표현한 경우’는 3점을 부여하였다. ‘최선의 문제선택’에서는 발견한 문제들 중에서 최종적으로 선택한 문제에 대한 특성을 분석하였다.

연구자에 의해 분석된 결과는 대학원에 재학 중인 현직 교사 5명과의 논의를 통해 수정·보완되었다.

또한 학생들이 각 문제발견 과제를 해결한 직후 문제발견 활동 전반에 대한 설문 조사를 실시하였다. 설문지는 연구 대상 학교의 3학년 학생 72명을 대상으로 문제발견 과제지에 대한 예비 조사를 실시한 후에

학생들의 자유로운 반응을 토대로 개발하였다.

3) 개별 면담 분석

녹화 내용과 문제발견 과제지 및 설문지 분석에 의해 얻게 된 문제발견 활동의 특성과 개별 및 협동 활동에서의 차이점에 대한 이해를 바탕으로 학생들과 반구조화된 면담을 실시하였다. 학생과의 면담은 한 학생당 약 10분에 걸쳐 이루어졌다.

III. 결과 및 논의

먼저 전사본과 면담 결과를 바탕으로 협동 활동 과정에서의 특성을 분석한 다음, 협동 활동과 개별 활동의 문제발견 과제지 및 설문지 반응 결과를 분석하였다.

1. 문제발견 활동 과정의 특성

교사가 개입하지 않은 자유로운 분위기에서 학생 4명으로 구성된 협동 문제발견 활동의 특성은 다음 세 가지로 나타났다.

첫째, 문제발견 과제 해결을 위한 협동 활동의 자연스러운 진행과정은 문제 상황 탐색, 기존 지식 및 경험 표출, 잠정적 문제의 적절성 논의, 다양한 문제 생성, 최선의 문제 선택의 다섯 단계를 거치는 것으로 나타났다.

‘문제 상황 탐색’ 단계는 낮게 구조화된 문제 상황을 이해하기 위한 단계로서 문제 상황과 관련된 학생 개인의 기존 지식이나 경험을 회상함으로써 문제발견을 위해 준비하는 단계라고 할 수 있다. 자세한 정보가 주어지지 않은 과제의 특성상 다른 단계보다 활동 소요 시간이 짧았다.

‘기존 지식 및 경험 표출’ 단계는 학생들이 갖고 있는 기존 지식이나 경험에 의존하여 문제를 찾아내려는 경향을 보이는 단계이다. 즉, 이 단계에서는 학생들이 가지고 있던 과학 개념, 원리, 법칙 등과 직간접 경험이 자연스럽게 나타나게 된다. 과제1과 2를 해결하기 위한 토의 내용의 일부는 각각 다음과 같다.

[성희] 근데 궁금한 게 있는데, 식용유는 끓는점이 더 높지 않나?

[모두] 높지. 근데 왜?

[소영] 맞아. 무극성인데 왜 물보다 더 높아? 튀김할 때도 한 180℃까지도 안 끓고 그냥 있잖아. 식용유는.(과제1)

[숨이] 나는 여기 산소통 안에 산소만 차 있을 줄 알았단 말 이야. 전에 화학 시간에 산소만 있는 게 아니고...(중략)

[성희] 근데 책에서 봤을 때 산소통에 질소는 잘 안 넣고 헬륨을 넣는다고 했거든. 그러니까...

[송이] 그러니까 그 질소가 수압 때문에 혈액에 녹으면 그게 (접수부)가 올라오면서 (혈관)속에 기포가 생기면서... (과제2)

‘잠정적 문제의 적절성 논의’ 단계는 학생들 개개인이 표출한 기존 지식 및 경험들에 대해 자유로운 토의가 이루어지며 그 과정을 통해 발견한 문제에 대한 적절성이 평가되는 단계이다. 앞 단계에서 계속된 과제1의 토의 내용은 다음과 같다.

[성희] 그런데 에탄올이나 물은 극성의 차이에 따라서 다르게 나타나잖아. 끓는점이 높고 낮고...

[송이] 에탄올은 물보다 끓는점이 낮지. 물이 수소결합을 하니까.

[민주] 그런데 에탄올도 수소결합 안하냐?

[소영] OH 들어가면 하잖아.

[성희] 에탄올?

[송이] 에탄올! 해!

(적절성 평가 후 최종 기술한 문제는 "식용유가 수소결합을 하는 물보다 끓는점이 높은 이유는 무엇일까?"이었다.)

‘송이’가 제시한 “식물에 물을 주면 사는데 식용유를 주면 어떻게 될까?”에 대한 적절성 논의 과정은 다음과 같다.

[성희] 당연히 못 살겠지! 물이 필요하잖아.

[송이] 근데 식용유는 무엇으로 이루어져 있어? 수분이 없냐? (중략)

[민주] 아 그거. 있잖아. (식물의) 모세관 현상인가? 만약에 물이 아니고 탄 게 있다면 식물이 자라는 상태를...

[송이] 그러니까 내가 말했잖아.

[민주] 어디까지 올라갈까?

[송이] 아니면 물은 빨리 올라가는데, 식용유라면 얼마나 빨리 올라갈까?

[성희] 그런데 모세관 현상으로 오르면 진짜 가느다란 거야 돼지. 굵으면 안 되지?

‘다양한 문제 생성’ 단계는 앞 단계에서의 토의를 통해 적절성이 있다고 판단되는 문제를 선택하는 단계이다. 충분한 토의가 진행되면서 학생들은 자연스럽게 적절한 문제를 찾아 과제지에 기술하였다. 과제1을 해결하기 위한 토의 내용의 일부는 다음과 같다.

[소영] 그러니까 이거 세 개로 알아낼 수 있지. 이거 두개가 극성이고 이게 무극성이고.

[송이] 이거와 이거는 안 섞이고 이거와 이거는 섞일 수 있고.

[소영] 근데 이게 무극성이고 이게 극성일수 있고... 알아낼 수 있지 않냐? 아닌가?

[송이] 그러니까 이게 극성이다 무극성이다 알아내기 보다는 이 세 개에서 어떤 두 개가 성질이 같고 어떤 것은 성질이 다르고. 이거 두 개가 섞이면 이거 두개는 같은

성질이고, 이거 같이 안 섞이니까 같은 성질이 아니다. (기술한 문제는 "세 물질을 섞어서 어떤 물질이 섞이고 안 섞이는지를 통해 물질의 성질을 알아본다."이었다.)

‘최선의 문제 선택’ 단계는 앞에서 기술한 다양한 문제들 중에서 최종 문제를 찾는 단계이다. 이 단계는 연구자가 개발한 과제의 안내에 의한 단계로서 가장 독창적이라고 생각하는 문제를 최종적으로 선택하는 단계이다. 학생들은 이 단계를 어려워했으며, 독창적인 문제를 선택하는 기준은 자신들의 경험이 중요하게 작용한 것으로 보인다. 과제1과 2를 해결하기 위한 토의 내용의 일부는 각각 다음과 같다.

(앞 과정에서 발견한 7개의 문제를 검토하며)

[성희] 물은 얼음으로 얼려 먹는데 식용유는 안 얼리잖아. 또 에탄올도 얼리냐?

[송이] 일부러 얼리지는 않을걸.

[성희] 그런 거 못 봤으니까. 한번 보고 싶어.

[민주] 나도.

[성희] 물은 얼리는데 식용유도 얼린다? 이게 독창적인 거 같아. 내 생각에는...

(최종적으로 “물, 식용유, 에탄올을 고체로 만들어 보자.”로 선택하였다.)

(앞 과정에서 발견한 6개의 문제를 검토하며)

[성희] 나는 그거. (압력이 낮아지니까) 사람의 부피가 더 커지지 않을까?

[민주] 나는 방귀.

[송이] 나도 방귀.

[성희] 진짜 방귀는 수증기가 있을까? 안에.

[소영] 있어.

(최종적으로 “추운 산 위에서 방귀를 끼면 어떻게 될까?”로 선택하였다.)

둘째, 학생들은 자신이 가지고 있던 기존 지식이나 시간간접 경험에 의존하여 문제를 찾으려는 경향을 보였다.

[성희] (적어놓은 내용을 보면서) 이거는 독창적이다. 그런데 솔직히 다 봤던 문제 아냐?

[소영] 사실 문제집에서 본 거지?(중략)

[소영] 초등학교 때 배운 것 같은 데. 1밀리리터는 1그램인가? 이런 식으로 배웠지 않냐?

[성희] 부피랑 질량이란 다르지 않냐? 부피는 그냥 사이가 벌어져 있을 수도 있고...

협동 활동에 참여했던 성희는 면담을 통해 자신의 의견은 책이나 영화에서 본 기억에서 나온 것이라고 했다.

[성희] 전에 보았던 남극 일기라는 영화에서 비슷한 장면이 나왔던 것 같아요. 또 최근에 읽었던 소설 디셉션 포 인트라라는 책에서도...

표 2
창의성 요소 점수

	과제1					과제2				
	유창성	융통성	독창성	정교성	합계	유창성	융통성	독창성	정교성	합계
개별A	4	4	7	8	23	6	6	9	9	30
개별B	2	2	8	3	15	10	9	15	15	49
개별C	6	5	7	15	33	16	12	14	38	80
개별D	5	5	8	11	29	9	9	12	25	55
협동	7	6	8	18	39	14	12	19	28	73

셋째, 문제발견 활동은 단순히 문제를 발견하는 것에서만 그치는 것이 아니라, 문제를 찾아내는 토의 과정에서 문제 상황과 관련된 다양한 과학적 개념이 자연스럽게 표출되는 것으로 나타났다. 따라서 교사의 적절한 개입과 정보 제공이 수반되면 과학적 개념이나 탐구 과정에 대한 학습에도 긍정적인 영향을 줄 수 있을 것이다.

- [송이] 그런데 이렇게 높은 산은 습하나? 건조하나?
 - [소영] 습해. 아닌가? 건조하지. 그지?
 - [송이] 건조하다.
 - [성희] 왜 건조하지?
 - [소영] 이슬점이 이렇게 내려가니까.
 - [성희] 구름 만들어져서 비 뿌리고...
 - [송이] 그러면 수증기가 없잖아.
 - [성희] 계속 올라가면 그래도 습하지 않을까?
 - [송이] 그런데 응결되고 나면 수증기가 다 빠져나가서 수증기가 하나도 없잖아.
 - [성희] 그런데 그것만 계속 공급 안 될까?
 - [송이] 안 되지. 그냥 그 공기가 계속 올라가는 거니까. 처음에 가지고 있던 수증기량에서 보태지는 게 없잖아.
 - [성희] 근데 또 밑에서 또 올라오면?
 - [송이] 그거는 또 그때 나뭇잎이고... 이런 곳(과제의 문제 상황)은 건조할까?
 - [성희] 위에는 영하인가?
 - [송이] 영하지.
 - [성희] 영하면 물뿌리개로 물을 뿌리면 어떻게 떨어질까? 얼면서 떨어지는가?(계속 토의)
- (위에서 언급된 과학적 개념은 상대 습도 및 절대 습도, 이슬점, 응결, 물의 상태변화 등이다.)

2. 문제발견 과제지 결과

1) 창의성 요소

학생들이 발견한 문제들 중 적절하다고 판단되는 문제를 대상으로 창의성 요소인 유창성, 융통성, 독창성, 정교성을 평가한 결과는 표 2와 그림 2, 그림 3과 같다.

단한 문제 상황이 제공된 과제1의 결과를 보면, 협동 활동을 통해 발견된 문제들의 창의성 요소 점수는 개별 활동을 통해 발견된 문제들의 점수보다 대체로 높은 것으로 나타났다. 특히, 협동 활동의 정교성 점

수가 높게 나타났는데, 이것은 토의를 통해 문제에 대한 정교화 과정을 거쳤기 때문으로 보인다. 열린 문제 상황이 제공된 과제2의 결과를 보면, 개별C가 발견한 문제들의 창의성 요소 점수는 협동 활동보다 더 높은 것으로 나타났다. 특히, 개별C는 정교성 점수가 매우 높은 것으로 나타났으며, 과제1에서도 개별A, 개별B, 개별D보다 더 높게 나타났다. 그러나 협동 활동의 독창성 점수는 개별 활동보다 높게 나타났으며, 정교성 점수도 개별C를 제외하면 개별 활동의 점수보다 높은 것으로 나타났다. 따라서 창의성 요소 점수는 개별 활동에서는 각 개인의 창의적 특성에 따라 다양하게 나

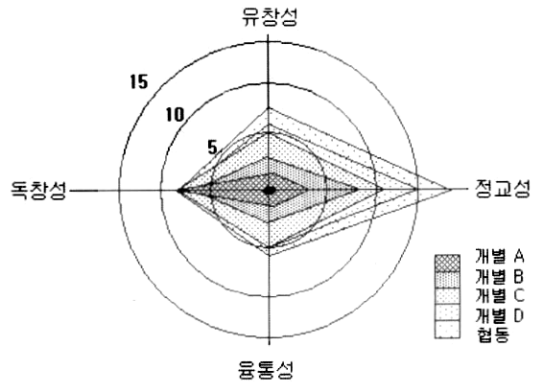


그림 2 창의성 요소 점수(과제1)

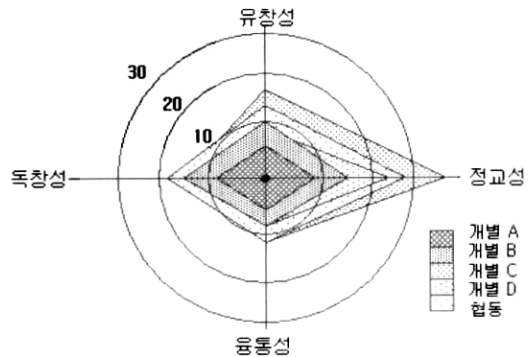


그림 3 창의성 요소 점수(과제2)

타났으나, 협동 활동에서는 문제 상황의 특성에 관계 없이 모든 요소에서 높은 편으로 나타났다.

문제발견은 다양한 문제를 찾아내는 과정뿐만 아니라, 독창적인 문제를 찾아 정의하는 과정을 모두 일컫는 것으로 발산적 사고와 함께 평가적 사고도 포함되는 활동이다. 학생 개인이 가장 독창적이라고 평가한 문제와 연구자가 평가한 문제의 일치 여부를 비교해 보면 표 3과 같다.

표 3
독창적 문제 선택에 대한 일치여부

	과제1		과제2	
	1번	1번	2번	3번
개별A	×	×	○	×
개별B	×	×	×	×
개별C	○	×	○	×
개별D	○	×	○	○
협동	×	○	○	○

○: 일치, ×: 불일치

결과를 보면, 개별A와 개별B는 독창적이라고 생각한 문제와 독창성 점수가 높은 문제가 거의 일치하지 않고 있는 것으로 나타났으나, 개별D와 협동 활동은 한 문제를 제외하고 일치하고 있음을 알 수 있다. 이것은 독창적 문제를 선택하는데 있어 활발한 토의 활동이 중요한 역할을 했기 때문으로 보인다.

2) 문제 관련 과학적 지식 유형

학생들이 발견한 문제들 중 적절하다고 판단되는 문제를 대상으로 분석한 문제와 관련성이 있는 과학적 개념의 유형은 표 4와 같다.

과제1에서 발견된 문제는 모두 14개의 개념과 관

련이 있는 것으로 분석되었으며, 개별 및 협동 활동에서 공통적으로 언급된 개념은 밀도와 끓는점이었다. 과제2에서 발견된 문제는 모두 21개의 개념과 관련이 있는 것으로 분석되었으며, 빈도가 가장 높은 개념은 호흡, 압력, 산소통 성분이었다. 각 과제별 발견 문제에 대한 관련 개념의 수와 내용은 개별 및 협동 활동 집단 간에 뚜렷한 차이는 나타나지 않았다.

학생들이 발견한 문제 중에는 실험 방법이나 과정 등의 탐구 요소를 포함하고 있는 경우도 있었는데, 개별 및 협동 활동의 각 과제별 응답의 예를 보면 다음과 같다.

- [개별C] 유리관을 수직으로 세운다면 어떤 용액에서 가장 높이가 올라갈까?(과제1)
- [협 등] 물, 식용유, 에탄올을 한 방울씩 떨어뜨려서 표면장력을 비교해보자.(과제1)
- [개별D] 바다의 깊이와 잠수를 할 때 발생하는 기포의 크기를 비교할 수 있는 방법과 그 이유는 무엇인가?(과제2)
- [협 등] 물 속에서 말할 때와 산 위에서 말할 때 소리의 전달 정도와 크기는 어떻게 다를까?(과제2)

3) 과목 영역과의 관련성 비교

학생들이 발견한 문제에 대한 과목 영역과의 관련성은 표 5와 같다.

달린 문제 상황이 제공된 과제1을 보면, 협동 활동의 한 문제를 제외하면 개별 및 협동 활동 모두 화학 영역과 관련이 있는 문제만을 발견했다. 열린 문제 상황이 제공된 과제2를 보면, 과제1에 비해서 다양한 영역과 관련이 있는 것으로 나타났으며, 대부분 세 과목과 관련이 있는 문제를 발견한 것으로 나타났다. 이는 맥락은 세상을 고정된 방식으로 보도록 하는 경향성을 유도한다(이경화 등 공역, 2004)는 관점에서 보면, 문제발견 활동을 위한 맥락의 선택이 매우 중요함

표 4
문제 관련 과학적 개념 유형

	과제1		과제2	
	개념 유형	유형 수	개념 유형	유형 수
개별A	밀도, 끓는점, 극성과 무극성, 어는점, 용해, 분별증류	6	호흡, 압력, 밀도, 복사열, 기체의 용해도	5
개별B	밀도, 끓는점, 용해, 비열	4	압력, 산소통 성분, 밀도, 압력과 부피, 빛, 중화 반응, 온도, 방한복, 열량	9
개별C	밀도, 끓는점, 극성과 무극성, 용해, 모세관 현상, 기화열	6	호흡, 압력, 산소통 성분, 밀도, 복사열, 중력, 상태 변화, 산소 이용, 혈액 성분	9
개별D	밀도, 끓는점, 어는점, 표면장력, 분리, 구별	6	호흡, 산소통 성분, 복사열, 압력과 부피, 중력, 기체의 용해도, 광합성, 질소 성질	8
협동	밀도, 끓는점, 극성과 무극성, 어는점, 모세관 현상, 표면장력, 수소결합, 삼투압	8	호흡, 압력, 산소통 성분, 압력과 부피, 상태 변화, 기체의 용해도, 소리, 에너지, 압력 및 온도와 부피	9

을 의미한다.

[소 영] 문제를 푸는 것에 익숙해져 있었는데, 문제를 새롭게 만들어야 하므로 조금 어렵다.

표 5

과목 영역과의 관련성

	과제1		과제2			
	물리	화학 생물 지학	물리	화학	생물 지학	
개별A	4 (100)		3 (50)	1 (17)	2 (33)	
개별B	2 (100)		1 (10)	8 (80)	1 (10)	
개별C	6 (100)		7 (44)	5 (31)	4 (25)	
개별D	5 (100)		4 (45)	2 (22)	3 (33)	
협동	6 (86)	1 (14)	1 (7)	9 (64)	4 (29)	
합계	23 (96)	1 (4)	2 (4)	31 (56)	13 (24)	9 (16)

3. 문제발견 설문 조사 결과

학생들이 문제발견 활동을 한 직후 실시한 설문 조사 결과는 표 6과 같다. 각 숫자는 부정적인 답변에서 긍정적인 답변의 척도를 1점에서 5점으로 했을 때의 값이다.

학생들은 과제의 문제 수준이 어려운 것으로 인식하고 있었으며, 그 이유에 대한 응답 내용은 다음과 같다.

- [개별A] 과학시간에 접해 본 적이 있는 주제이므로 보통이다.
- [개별B] 문제에 대한 답을 찾는 것이 아니고, 문제를 직접 만들어야 하므로 매우 어렵다.
- [송 이] 평소에 당연하게 생각했던 문제들에 의문을 갖기가 힘이 들었기 때문에 조금 어렵다.
- [민 주] 주위에서 쉽게 볼 수 있는 물질에 대한 지식이 부족해서 조금 어렵다.

이러한 결과는 문제발견 활동에 대한 학습 경험의 부족이 주원인으로 보인다.

문제 상황과 관련된 일반 지식 및 과학 지식 그리고 탐구 능력 및 성격의 도움 정도에 대한 응답을 보면, 개별 활동에서는 과학 탐구 능력이 도움이 되는 것으로 인식하고 있었으나, 협동 활동에서는 과학 지식이 도움이 되는 것으로 인식하고 있었다. 또한 문제발견 활동을 할 때 자신의 지식, 탐구 능력, 성격 외에 도움이 되었다고 생각하는 요소에 대한 응답에서 개별A, 개별C, 개별D는 각각 “글쓰기 능력”, “인내력”, “사고력”을 꼽았다. 협동 활동에 참여한 송이, 성희, 민주는 모두 “협동심”을 꼽았다. 이러한 결과는 협동 활동 중에 토의된 내용의 대부분이 과학 관련 개념 지식에 관한 것이었고, 제시된 다양한 의견에 대한 조정의 중요성을 인식하고 있었기 때문으로 보인다.

특히, 어려웠던 문항과 그 이유에 대한 응답에서는 개별 활동과 협동 활동 모두 가장 독창적인 문제를 선택하는 것과 그 이유에 대해서 어려워했다.

- [개별A] 무엇이 독창적인지 판단하기도 어렵고, 이유도 잘 찾지 못하겠다.
- [협 동] 독창적이라고 생각하는 이유를 구체적으로 말하기가 힘들었다.

과제 수행 중 느낀 점에 대한 응답은 다음과 같다.

- [개별A] 새롭고 재미있다. 하나의 과제를 두고 넓게 생각해볼 수 있는 것 같다.
- [개별B] 문제는 푸는 것보다 만드는 것이 더 어렵다.
- [개별C] 과학 공부를 할 때 다양한 생각을 하면서 접근해야겠다.
- [개별D] 실생활 문제를 쉽게 지나치지 말고 과학적 원리를 생각해 보는 것은 사고력 신장이나 탐구능력을 길러줄 수 있다고 생각한다.
- [송 이] 배경 지식이 많아야 궁금한 점을 생각해낼 수 있다는 것을 느꼈다. 그리고 평소에 우리 주변의 물질에 대

표 6

문제발견 활동에 대한 설문 조사 결과

설문 내용	개별 활동				협동 활동			
	A	B	C	D	송이	성희	민주	소영
과제의 문제 수준	3	1	2	2	2	3	2	2
문제 관련 지식의 보유 정도	3	2	3	3	4	4	3	4
일반 지식의 도움 정도	2	3	4	4	4	4	3	3
과학 지식의 도움 정도	3	3	3	3	4	4	4	4
과학 탐구능력의 도움 정도	4	4	4	5	3	3	2	2
성격의 도움 정도	2	3	3	5	3	4	3	3

해 의문을 가진 적이 거의 없었다는 것을 깨닫게 되었다.

[성희] 친구들과 토의하면서 내가 미처 생각하지 못했던 것을 생각하게 되었고 즐거웠다.

[민주] 평소 생각하지 못한 것을 알게 되었다.

[소영] 사진으로 막연하게 제시되어 있어서 어려웠지만, 많은 조건이 있는 것보다 좀 더 사고를 확장해나갈 수 있었던 것 같아 좋았다.

이상의 응답 결과를 보면, 학생들은 낮게 구조화된 문제 상황에서 독창적인 문제를 찾는 활동이 어렵기는 하지만, 과학적 개념이나 사고력 및 탐구 능력을 신장시키는데 긍정적인 영향을 주는 것으로 인식하고 있음을 알 수 있다.

IV. 결론 및 제언

낮게 구조화된 과학적 문제 상황에서 협동 활동을 통한 문제발견 과정은 일련의 단계를 거치는 것으로 나타났다. 즉, 제시된 문제 상황을 이해하기 위한 ‘문제 상황 탐색’, 기존 지식이나 직간접 경험을 자유롭게 표출하려는 ‘기존 지식 및 경험 표출’, 발견한 문제에 대한 적절성이 논의되는 ‘잠정적 문제의 적절성 논의’, 적절성이 있다고 판단되는 문제를 선택하는 ‘다양한 문제 생성’, 다양한 문제들 중에서 가장 독창적인 문제를 선택하는 ‘최선의 문제 선택’의 다섯 단계를 거치는 것으로 나타났다. 또한 학생들의 문제발견 활동은 기존 지식이나 직간접 경험에 크게 의존하며, 문제 상황과 관련된 다양한 과학적 개념이 자연스럽게 표출되는 것으로 나타났다.

발견한 문제에 대한 창의성 요소 점수와 독창적 문제 선택에 대한 일치 정도는 개별 활동에서는 각 개인의 창의적 특성과 능력에 따라 다양하게 나타났으나, 협동 활동은 대체로 높은 편으로 나타났다. 또한 닫힌 문제 상황보다 열린 문제 상황에서 발견된 문제가 더 많은 영역의 과목과 관련이 있을 뿐만 아니라, 문제와 관련된 과학적 개념의 유형도 더 다양하게 나타났다.

낮게 구조화된 문제 상황에서의 문제발견 활동에 대한 설문 조사 결과, 학생들은 문제발견 활동이 과학적 개념이나 사고력 및 탐구 능력을 신장시키는데 긍정적인 영향을 주는 것으로 인식하고 있었다.

위의 결과를 종합해 볼 때, 학교 과학 창의성 수업의 맥락에서 학생들의 문제발견 능력을 신장시키기 위한 수업 방향을 다음과 같이 제시할 수 있다.

첫째, 낮게 구조화된 문제 상황에서 고등학생들의 협동 문제발견 활동은 일련의 단계가 있다. 따라서 교사는 각 단계의 특성에 맞는 적절한 개입을 해야 할

뿐만 아니라, 학생들이 문제발견에 필요한 과학적 지식 및 각종 정보를 스스로 탐색할 수 있는 교육적 환경을 제공해야 한다.

둘째, 문제발견 활동은 기존 지식이나 직간접 경험에 크게 의존하기 때문에 교사는 과학 관련 주제와 관련된 지식의 폭을 넓힐 수 있는 다양한 기회를 제공해야 한다. 또한 Hoover & Feldhusen(1994)이 말했듯이, 발견한 문제가 우수한 문제가 될 수 있도록 반성적인 탐구의 과정을 습득하도록 도와주어야 할 것이다.

셋째, 자유로운 토의를 통해 문제발견 활동이 촉진될 수 있으므로 교사의 일방적 강의식 수업보다는 학생들의 자유로운 발표와 토의가 중심이 되는 수업이 되어야 할 것이다. 또한 문제 상황과 관련되어 표출되는 다양한 범주의 지식과 경험들을 수용할 수 있는 자유로운 수업 분위기를 조성해야 한다.

하지만, 실제 과학 수업에 문제발견 활동을 적용하기 위해서는 보다 구체적인 수업 방법이 필요할 것이다. 따라서 문제발견을 강조한 수업 모형 및 자료 개발과 현장 적용에 대한 후속 연구가 있어야 할 것이다.

국문 요약

이 연구의 목적은 과학적 문제발견 능력을 신장시키기 위한 수업 방향을 제시하는 것이다. 이를 위해서 연구 대상자들은 협동 활동과 개별 활동을 통해 낮게 구조화된 과학적 문제 상황에서의 문제발견 과정을 수행하였으며, 문제발견 활동에 대한 심층적인 분석을 하였다.

분석 결과, 협동 문제발견 활동은 ‘문제 상황 탐색’, ‘기존 지식 및 경험 표출’, ‘잠정적 문제의 적절성 논의’, ‘다양한 문제 생성’, ‘최선의 문제 선택’의 다섯 단계를 거치는 것으로 나타났다. 또한 협동 문제발견 활동은 기존 지식이나 직간접 경험에 크게 의존하며, 문제 상황과 관련된 다양한 과학적 개념이 자연스럽게 표출되는 것으로 나타났다. 협동 활동을 통해 발견된 문제에 대한 창의성 요소 점수와 독창적 문제 선택에 대한 일치 정도는 대체로 높은 편으로 나타났다. 또한 열린 문제 상황에서 발견된 문제의 유형이 닫힌 상황보다 더 다양한 것으로 나타났다. 또한 학생들은 문제발견 활동이 과학적 개념이나 사고력 및 탐구 능력을 신장시키는데 긍정적인 영향을 준 것으로 인식하고 있었다.

따라서 교사는 첫째, 문제발견에 필요한 지식이나 정보를 탐색할 수 있는 교육적 환경을 조성해야 한다. 둘째, 과학 지식과 경험의 폭을 넓힐 수 있는 다양한

기회를 제공해야 한다. 셋째, 학생들의 지식과 경험을 자유롭게 표출할 수 있는 수업 분위기를 조성해야 한다.

참고 문헌

- 박종원 (2005). 학생의 과학적 탐구문제의 제안과정과 특성 분석. *새물리*, 50(4), 203-211.
- 이경화, 최병연, 박숙희 역 (2004). *창의성 계발과 교육*. 서울: 학지사.
- 이신동 (2002). 대학생용 창의적 성격검사의 개발 및 타당화 연구. *교육심리연구*, 16(2), 43-61.
- 이혜주 (2005). 구조화 정도가 다른 문제 상황에서 문제발견에 대한 제 변인의 상대적 기여도 분석. *초등교육연구*, 18(2), 123-148.
- 임정환 (1992). 서열화 이론의 방법과 절차 및 이를 이용한 과학탐구기능 요소의 위계 분석. *한국과학교육학회지*, 12(3), 91-107.
- 전윤식, 김정섭, 윤경미 (2003). 창의성 교육의 새로운 접근: 문제 찾기. *교육학연구*, 41(3), 215-238.
- 허경철, 강창동, 소경희, 강성훈 (2000). 지식기반 사회에서 학교 교육과정 구성을 위한 기초 연구(I). 한국교육과정평가원 연구보고 RRC 2000-10.
- Dudek, S. Z. & Côté, R. (1994). Problem Finding Revisited. In M. A. Runco(Ed.), *Problem Finding, Problem Solving, and Creativity*, (pp. 130-150). New Jersey: Ablex Publishing Corporation.
- Getzels, J. W. & Csikszentmihalyi, M. (1976). The Creative Vision: A longitudinal study of problem finding in art. New York: John Wiley.
- Hoover, S. M., & Feldhusen, J. F. (1994). Scientific Problem Solving and Problem Finding: A Theoretical Model. In M. A. Runco(Ed.), *Problem Finding, Problem Solving, and Creativity*, (pp. 271-290). New Jersey: Ablex Publishing Corporation.
- Jay, E. S. & Perkins, D. N. (1997). Problem Finding: The search for mechanism. In M. A. Runco(Ed.), *The Creativity Research Handbook (Volume I)*, (pp. 257-293). New Jersey: Hampton Press.
- Reiter-Palmon, R., Mumford, M. D., Boes, J. O., & Runco, M. A. (1997). Problem Construction and Creativity: The Role of Ability, Cue Consistency, and Active Processing. *Creativity Research Journal*, 10(1), 9-24.
- Runco, M. A. (1994). *Problem Finding, Problem Solving, and Creativity*. New Jersey: Ablex Publishing Corporation.
- Simonton, D. K. (1976). Biographical Determinants of Achieved Eminence: A Multivariate Approach to the Cox data. *Journal of Personality and Social Psychology*, 33(2), 218-226.
- Subotnik, R. F. & Steiner, C. L. (1994). Problem Identification in Academic Research: A Longitudinal Case Study from Adolescence to Early Adulthood. In M. A. Runco(Ed.), *Problem Finding, Problem Solving, and Creativity*, (pp. 188-200). New Jersey: Ablex Publishing Corporation.
- Treffinger, D. J., Isaksen, S. G., & Dorval, K. B. (2000). *Creative Problem Solving: An Introduction* (3rd Eds.), Texas: Prufrock Press.