

# 과학 영재 학생들의 과학적 문제발견 능력을 측정하기 위한 도구 개발

류시경<sup>1\*</sup> · 박종석

<sup>1</sup>경산과학고등학교 · 경북대학교

## Development of an Instrument to Measure Scientific Problem-Finding Ability for Scientifically-Gifted Student

Ryu, Si-Gyeong<sup>1\*</sup> · Park, Jongseok

<sup>1</sup>Gyeongsan Science High School · Kyungpook National University

**Abstract:** The purpose of this study is to develop a valid and reliable instrument for measuring scientific problem-finding ability for the scientifically-gifted student. On the basis of an operational definition of scientific problem-finding ability, this instrument consists of five sections(appropriateness, flexibility, originality, elaboration, and valuation) which are designed for measuring the ability of the scientifically-gifted. This instrument was checked the validity of content and evaluation criteria by the five experienced specialists in science education, and then was administered to 38 students of science high school. Because the validity of content and evaluation criteria, construct validity, inter-rater reliability, item difficulty, and item discrimination are suitable for the criteria of good test, this developed instrument in this study is considered valid and reliable.

Key words: scientific problem-finding ability, scientifically-gifted, instrument

### I. 서론

학생들의 창의적 문제해결력을 높여주는 방법을 찾는 연구와 노력은 증가하고 있으나(김영채, 1999; Treffinger *et al.*, 2000), 주된 관심은 문제해결에만 있을 뿐 창의적 문제해결 과정에서 결정적인 한 부분인 ‘문제발견(problem-finding)’에 대한 관심은 상대적으로 부족하다(Hoover & Feldhusen, 1990). 문제발견은 관심 영역을 발견하고, 그 영역에서 문제를 인식하고 문제를 정의하는 과정을 모두 일컫는 것으로 문제해결에 앞서 반드시 선행되어야 할 부분이다. 특히 과학 분야에서는 저명한 과학자들이 과학에서의 창의적 업적에 있어서 문제발견이 결정적이라고 말하고 있으며, 연구문제 선택의 민감성이 창의적 과학자와 비창의적 과학자간의 차이를 둔다고 알려져 있다(Mansfield & Busse, 1981). 즉, 문제발견은 창의성의 중요한 능력 중의 하나로 볼 수 있다(하주현, 2003). 따라서 과학에서 창의적 문제해결력을 신장하기 위해서는 문제해결

뿐만 아니라 문제발견에도 강조를 두어야 하며, 학생들의 문제발견 능력은 학교 교육을 통해서도 계발될 수 있어야 한다. 그러나 문제발견과 관련된 국내의 연구는 최근 한기순(2001), 하주현(2003a, 2003b, 2005), 전윤식 등(2003), 윤경미(2004), 박종원(2005), 이해주(2005), 류시경과 박종석(2006, 2007)과 같은 소수의 연구가 시작되고 있는 실정이며, 연구의 필요성을 언급하기 시작한 정도이거나 상당히 제한적으로 문제발견을 다루고 있다. 특히 과학과 관련된 문제발견 능력을 측정하기 위한 방법에 관한 논의 및 연구는 거의 없다.

한편 과학 분야에서의 작업은 단순한 지식의 암기나 주입을 통해 주어진 문제를 해결하는 것보다 문제발견과 관련된 창의적인 작업이 강조된다(Feldhusen, 1986). 따라서 과학 분야에서 창의적 산출이 기대되는 과학 영재들의 경우, 주어진 문제만을 해결하기보다는 가치 있는 문제를 발견하고 선정하는 능력이 매우 중요하다. 또한 문제발견 과정은 고차적인 인지 과정과 창의적인 성향, 내적 동기 등이 복합적으로 관련되는 힘든 과정

\*교신저자: 류시경(chemsci@daum.net)  
\*\*2007.10.11(접수) 2008.01.16(1심통과) 2008.03.05(2심통과) 2008.04.07(최종통과)

인데(Jay, 1996), 이러한 변인들은 영재성의 정의와 모두 관련되는 것으로 영재들이 가지고 있는 특성인 동시에 더욱 육성시켜야 할 특성이다. 따라서 과학 영재들의 문제발견 능력에 대한 심층적인 연구는 그들의 잠재력을 최대화하는데 큰 기여를 할 것으로 기대된다.

문제발견 능력에 대한 측정 방법이 언급된 연구를 살펴보면, 학생들의 실생활과 관련된 문제를 발견하여 자유롭게 쓰게 하는 방법(Okuda *et al.*, 1991), 작업실이나 실험실에서의 실제 활동을 녹화하고 이를 분석하여 측정하는 방법(Csikszentmihaly & Getzels, 1971; Jay, 1996), 어떤 장면을 제시하고 그 장면에서 발생할 문제들을 발견하여 글로 쓰게 하는 방법(Hoover, 1994; Hoover & Feldhusen, 1990) 등이 있다(윤경미, 2004). 또한 과학과 관련된 연구로서, Hoover와 Feldhusen(1990)은 문제발견을 “낮게 구조화된 문제 상황에서 가설을 설정하는 능력”으로 정의하였으며, 조사 자료를 제시한 후 가설을 설정하도록 하여 문제발견 능력을 양적 점수와 질적 점수로 구분하여 평가하였다. 한편 하주현(2003a, 2003b)은 연령과 성에 따른 문제발견 사고의 차이를 알아보기 위해 가정과 학교생활에서의 일상적 문제를 찾도록 하였으나 발견한 문제의 수만으로 평가함으로써 문제의 질은 평가하지 못했다. 또한 일상적 문제를 찾도록 함으로써 과학과 관련된 문제발견 사고는 평가하지 못했다. 윤경미(2004) 역시 중학생을 대상으로 과학영재와 일반학생의 문제발견의 차이와 특성을 분석하였으나 학생들에게 제시한 문제 상황은 엄밀한 의미로 과학 영역과 관련된 문제 상황이라 보기 어렵고, 문제 상황의 구조화된 정도에 대한 고려도 없었다. 한편, 이혜주(2005)는 초등학교 아동들을 대상으로 ‘낮게 구조화된 문제 상황과 중간으로 구조화된 문제 상황에서의 과학적 문제발견 과제’를 제시하여 ‘밀물과 썰물’을 실제적으로 접했을 때 파악할 수 있는 상황에서 연구 문제를 생각해내도록 하는 방식으로 문제발견 능력을 측정하였다.

이상을 종합해보면, 소수의 연구를 제외한 대부분의 문제 상황은 학교나 가정생활 등의 실생활 상황이거나 정물화를 그리거나 콜라주를 만드는 예술적 상황에서 과학과 관련된 문제 상황에서 과학과 관련된 문제를 발견하는 능력을 측정하기 위한 도구나 방법에 대한 연구는 거의 없었다. 또한 측정도구를 개발하기 위한 선행 조건으로서 과학 영역에서의 문제발견 능력에 대한 합의된 정의도 매우 부족한 형편이다. 따라서 본 연구에서는 선행 연구를 통해 과학 영역에서의 문제발견 능력을 조작적으로 정의하고, 이를 바탕으로 과학

영재들의 과학적 문제발견 능력을 측정하기 위한 도구를 개발하고자 하였다.

## II. 연구방법 및 절차

### 1. 과학적 문제발견 능력에 대한 조작적 정의

문제발견은 일반적으로 잘 정의되지 않은 문제를 정의하거나, 잠재적인 문제를 발견하거나, 새로운 문제를 창조하는 것과 관련된 행동, 태도, 사고이다(윤경미, 2004). 즉, 문제발견은 문제해결 이전 과정의 문제의 발견(discovery), 문제의 인식, 문제의 재형성, 문제의 변환과 정교화 등을 모두 포함하는 포괄적인 대표 명사라 할 수 있다. 따라서 여기서 ‘발견’이라는 개념은 우연히 발견한다는 의미보다는 찾고자 하는 의도와 노력이 내포된 개념으로 인식되어야 한다. 이는 문제를 발견한다는 것은 단순히 일상생활에서의 어려움이나 장애물 파악을 의미하는 것이 아니라, 자신이 처한 상황(제공된 문제 상황)에서 탐구를 위한 심도 깊은 질문과 새로운 문제를 형상화하고 구성 및 창조하는 것을 말한다. 다시 말해, 문제발견은 제공된 문제 상황에서 문제를 부여하고 형성하고 창조하기 위한 행동, 태도, 사고 과정으로서(이혜주, 2005) 문제발견은 문제표현(problem expressing), 문제구성(problem construction), 문제제기(problem posing), 문제형성(problem formulation), 문제확인(problem identification), 창의적 문제발견(creative problem discovery), 문제정의(problem definition) 등의 용어를 포함하는 단일차원이 아닌 다양한 행동과 기술, 경향성의 복합체라고 할 수 있다(Dudek & Cote, 1994; Runco, 1994; Runco & Okuda, 1988). 또한 기존의 연구(Hoover & Feldhusen, 1990)에서 문제발견을 문제해결의 초기 단계에 일어나는 것으로 보던 견해에서 벗어나, 학생 스스로 호기심을 갖고 질문을 하며 탐구문제를 찾아내거나 인식하는 것뿐만 아니라 문제를 정교화하고 재구성하는 과정 모두를 문제발견으로 본다(정현철 등, 2004). 따라서 문제발견은 자신이 처한 상황에서 생각해볼 수 있는 모든 가능성에 대한 민감성과 문제를 찾는 과정의 집중력뿐만 아니라, 추구할 가치가 있는 문제를 선택하기 위한 평가적 사고 요소도 포함한다고 볼 수 있다.

한편 문제발견과 관련하여 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 애매모호하거나 문제해결에 필요한 명확한 정보가 충분히 제시되어 있지 않다(Reiter-Palmon *et al.*, 1997). 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(류시경과 박종석, 2006).

따라서 본 연구에서는 과학적 문제발견 능력을 문제를 창출하거나 잠재적인 문제를 발견하는 능력으로 한정하고, ‘낮게 구조화된(ill-structured) 문제 상황에서 호기심과 민감성을 바탕으로 새롭고 가치 있는 과학 탐구 문제를 생성하고, 그 문제를 정교하게 하는 능력’으로 정의하였다.

## 2. 과학적 문제발견 능력의 평가 요소 선정

과학적 문제발견 능력의 정의에 따르면, 낮게 구조화된 문제 상황에서 새롭고 가치 있는 과학 탐구 문제를 생성하고, 그 문제를 정교하게 하기 위해서는 발산적 사고뿐만 아니라 비판적 사고도 반드시 필요하다. 따라서 본 연구에서는 관련 연구 결과(김승훈, 2004; 류시경과 박종석, 2006; 신명경 등, 2004; 윤경미, 2004; 이혜주, 2005; 조석희 등, 2002; 한기순 등, 2002)를 바탕으로 적절성(appropriateness), 융통성(flexibility), 독창성(originality), 정교성(elaboration), 가치 판단(valuation)을 평가 요소로 선정하였다.

‘적절성’은 제시된 문제 상황에서 문제를 새롭게 찾아내거나 그 문제를 정교하게 하는 과정에서 사용된 과학적 지식 및 경험이 문제 상황에 적절하고 합리적인지를 판단할 때 사용되는 사고 기능이다. 또한 ‘융통성’은 문제 상황과 관련이 있는 다양한 범주의 문제를 생성해내는 능력을 말하며, ‘독창성’은 참신하고 독특한 문제를 생성해내는 능력을 말한다. ‘정교성’은 문제를 분명하고 자세하게 표현하는 능력으로서 문제에 포함된 요소들을 잘 배열하거나 그 의미를 분명하게 표현하는 능력을 말한다. ‘가치 판단’은 어떤 대상에 가치를 부여하거나 그것의 가치를 평가하는 과정으로 여기서는 가치기준을 바탕으로 가치 있는 문제를 선택하는 능력을 말한다. ‘가치 판단’은 자신이 생성한 문제에 대해 자신의 가치 관념에 따라 평가를 내리는 것이

기 때문에 평가자가 학생이 선택한 문제의 가치성을 객관적으로 평가하기는 매우 어려울 뿐만 아니라 적절하지 않다. 따라서 학생 스스로가 확실한 가치 기준을 가지고 가치 판단을 하였는가에 대해 평가한다.

## 3. 과학적 문제발견 능력의 평가 방법

‘적절성’은 제시된 문제 상황과 관련이 있는 문제를 발견했는지, 또 그 문제는 올바른 과학 지식을 사용한 문제인지에 기준을 두고 평가하였다. 여기서 적절한 문제는 문제 상황과 관련이 있는 과학 탐구 문제를 말하며, 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. 그러나 학생들이 발견한 문제의 ‘적절성’ 정도를 점수화하기는 매우 어렵기 때문에 이를 점수화하지는 않고, 적절하다고 판단되는 문제만을 대상으로 ‘융통성’, ‘독창성’, ‘정교성’, ‘가치 판단’의 평가 요소를 평가하였다.

‘융통성’은 제시된 문제 상황과 관련이 있는 다양한 범주의 문제를 얼마나 많이 찾아내었는가를 보는 양적 점수라고 할 수 있으며, 문제 범주의 수에 따라 각 1점씩을 부여하였다.

‘독창성’은 학생들이 제시한 문제가 얼마나 새로운가를 보는 척도로서 반응의 빈도수에 의해 평가(김승훈, 2004; 박경희, 2004; 신지은 등, 2002; 윤경미, 2004; 이혜주, 2005; 임현수, 1999; Hu & Adey, 2002)하거나 전문가의 주관적 판단으로 평가(김명숙, 2002; 김종안, 1998; Amabile, 1996; Getzels & Csikzentmihalyi, 1976; Sternberg, 1985)할 수 있다(류시경과 박종석, 2007). 본 연구에서는 빈도수에 의한 평가 방법으로 독창성을 평가하였다. 구체적인 평가 방법은 먼저 학생들이 발견한 적절한 문제들에 대한 목록을 작성하고, 각 문제를 발견한 학생의 수를 전체 학생의 수로 나누어서 %로 나타내었다. 그리고 3% 미만인 경우는 5점을, 3%~10%인 경우는 4점을, 10%~20%인 경우는 3점을, 20%~40%인 경우는 2점을, 40% 이상인 경우는 1점을 부여하였다. 단, 발견한 문제의 수가 독창성 점수에 영향을 주는 것을 최소화하기 위해 학생들이 선택한 세 문제에 대해서만 독창성 점수를 계산하였다. 따라서 독창성 점수의 만점은 15점이 된다. 또한 학생에 따라 언어로 표현하는 능력이 다르므로 학생의 진술 자체보다 문제로 삼고 있는 아이디어를 대상으로 평가하였다.

융통성과 독창성 평가를 위해 사용한 범주표와 융통

성 점수 부여 방법(예시)은 다음 표 1과 같다. 응답자 4는 발견한 문제의 총수가 5개이지만 ‘지진의 영향’과 ‘지각의 변화 조사’는 같은 범주의 문제이므로 1점만 부여해서 융통성 점수는 4점이 된다.

‘정교성’은 얼마나 구체적이며 자세하게 기술되었는가를 보는 척도로서 적절한 문제를 대상으로 분명하고 자세하게 서술한 정도에 따라 1점에서 3점을 부여하였다. ‘문제 내용을 이해는 할 수 있으나 일부 단어나 개념이 정확하지 않거나 모호하여 의미가 명확하지 않는 경우’는 1점을, ‘문제를 비교적 구체적으로 표현하려고

했으나 의미가 약간 부족한 경우’는 2점을, ‘문제를 매우 상세하고 구체적으로 표현하여 의미 전달이 확실한 경우’는 3점을 부여하였다. 단, 발견한 문제의 수가 정교성 점수에 영향을 주는 것을 최소화하기 위해 학생들이 선택한 세 문제에 대해서만 정교성 점수를 계산하였다. 따라서 정교성 점수의 만점은 9점이 된다. 정교성은 독창성과 달리 학생의 진술 자체를 대상으로 평가하였다.

학생들은 다양한 문제를 산출하는 것보다 가치 있는 문제를 선택하는 단계를 더 어려워하고(류시경과 박종

표 1 범주표와 융통성 점수 부여 방법(예시)

범주	응답 유형	응답자(번)							
		1	2	3	4	5	6	7	8
외부 물질 유입	빛(방사선, 자외선)의 침투(우주선)		1	1	1				
	생명체(미생물)의 유입								1
	유리(벽) 파손으로 인한 유입								1
기후 변화	폭풍의 발생								
	온도의 변화					1			
	기압의 변화	1							
지각 변동	지각의 안정성 조사								1
	지진의 영향				1	1			
	지각의 변화 조사					1			
공전과 자전	공전(자전) 주기의 변화로 인한 영향				1			1	
행성간의 관계	행성 사이의 상호작용(영향)					1			
	위성의 영향	1							
문제의 개수		2	1	3	5	0	1	1	2
융통성 점수		2	1	3	4	0	1	1	2

표 2 정교성과 가치 판단 점수 부여 방법(예시)

평가 요소	응답자(번)	응답 내용 및 이유 진술	점수(점)
정교성	27	자전 주기가 1년보다 더 길어서 1년 후가 되니 태양과 가까워져서 너무 뜨거워졌다.	1
	25	행성 내부에서 지구의 지각 변동과 유사한 일이 지속적으로 일어나서 연구소의 환경에 영향을 끼쳤을 것이다.	2
	15	만약 유리를 구성하는 성분인 이산화규소가 다른 물질과 서서히 반응을 일으키게 된다면 더 이상 연구소를 유지할 수 없게 된다. 따라서 이산화규소와 반응하는 물질이 존재하는지를 조사해보자.	3
가치 판단	10	음식물의 보관법에 문제가 없었는지 알아보자. <b>이유</b> -실제로 개인적으로 가장 궁금하기 때문에	1
	17	1년이 지난 시점까지도 우주 방사선과 자외선을 차단할 수 있었는가? <b>이유</b> -대기의 존재 유무를 모르는 미지의 행성에서 사람의 생존을 위협하는 방사선의 존재 여부를 판단하는 게 가장 시급하다고 생각했다.	2
	4	우주선의 피폭 유무 및 정도와 종류를 알아보자. <b>이유</b> -인류가 우주에 나갈 때 가장 위해 되는 요소가 미립자들과 우주선이다. 이 때문에 아폴로 11호의 달 착륙은 거짓이라고 말하는 사람들이 있을 정도이다. 지구의 밴앨런대를 벗어나면 엄청난 우주선에 노출되는데 이것이 누적되어 문제가 발생했을 가능성이 농후하다.	3

석, 2006), 확실한 가치 기준을 제시하기 어렵기 때문에 가치 판단을 위한 심도 있는 사고는 이루어지지 못할 가능성이 크다. 따라서 학생들이 생성한 다양한 문제 중에서 가치 있는 문제를 선택한 이유에 대한 진술을 바탕으로 점수를 부여하였다. 즉, 선택한 이유가 논리성이 있고 분명할 경우에는 3점, 의미는 통하지만 논리성이 조금 부족할 경우에는 2점, 의미만 통하고 논리성이 매우 부족할 경우에는 1점을 부여하였다.

정교성과 가치 판단 평가를 위한 점수 부여 방법의 예는 다음 표 2와 같다.

#### 4. 검사 도구의 개발 및 검증

##### 1) 검사 도구의 개발

문제발견 활동은 학생들의 기존 지식이나 직간접 경험에 크게 의존하기 때문에(류시경과 박종석, 2006) 문제 상황과 관련된 주제가 어느 특정 과목에 편중된다면 학생들의 문제발견 능력은 주로 어느 특정 교과 지식이나 경험에 의해 평가될 가능성이 크다. 본 연구에서는 최미화와 최병순(1999)의 연구 결과를 바탕으로 생태계의 물질 순환과 에너지 전환(계), 힘의 상호작용과 지구 생태계에서 인간의 위치와 역할(상호작용), 물질 및 생태계의 평형과 균형의 파괴(조화와 균형), 물질의 구조와 광합성 작용(구조와 기능), 원소들의 순환 과정(순환) 등의 내용과 관련이 있는 문제 상황을 개발하였다. 즉, 어떤 미지의 행성에 지구 생태계와 유사한 환경으로 건설된 과학 연구소와 관련된 상황을 제시하였다. 그리고 이 문제 상황을 낮게 구조화함으로써 다양한 영역의 탐구 문제를 생성해낼 수 있도록 하였다. 문제 상황과 문항은 부록에 제시하였다.

##### 2) 내용 및 평가 기준에 대한 타당도 검증

연구자에 의해 개발된 검사 도구는 과학교육 전문가 1명과 과학 고등학교에 근무하는 16년 이상(30년, 22년, 20년, 16년 각 1명씩)의 경력을 가진 현직 중등 과학 교사 4명(박사 학위 1명, 박사 수료 1명, 석사 학위 2명)으로 구성된 자문단에게 내용 및 평가 기준에 대한 타당도 검증을 의뢰하였다. 검사 도구의 내용뿐만 아니라 평가 기준에 대해서도 타당도 검증을 의뢰한 이유는 과학적 문제발견 능력이 채점자의 주관적 판단에 의해 부여되는 서술형 평가이기 때문이다. 즉, 채점자는 채점기준을 통해 점수를 부여하기 때문에 연구자가 개발한 채점기준이 과학적 문제발견 능력의 목표와 내용을 잘 반영하는가에 대한 타당도를 검증할 필요가 있었다.

내용의 적절성에 대한 검증 결과를 바탕으로 문제 상황의 구조화 정도와 문제 상황의 일부 표현을 수정하였다. 또한 평가 기준의 적절성에 대한 검증 결과를 바탕으로 적절성, 독창성, 가치 판단에 대한 채점 방법을 일부 수정 보완하였다. 특히 평범한 내용의 문제이지만 빈도가 낮을 경우 독창성에서 높은 점수를 받게 되는데, 그러한 가능성을 줄이기 위해 류시경과 박종석(2007)의 연구 결과와 1차 예비 조사 결과를 통해 작성된 문제의 목록을 활용하였다.

#### 3) 예비 검사 도구의 현장 투입 및 최종 검사 도구 구성

대부분의 학생들은 과학적 문제발견 활동과 관련된 선행 경험이 거의 없다. 또한 문제발견 능력은 고차원적 사고를 요구할 가능성이 크다. 따라서 본 연구에서는 과제 집착력과 인지적 사고 수준 및 과학에 대한 관심도가 높은 과학 영재들을 대상으로 하였다. 본 연구에서는 과학 영재를 지능, 적성, 전반적인 학업 성취도 등을 의미하는 일반 능력과 과학 분야의 학업 성취도, 과학 적성 등을 의미하는 특수 능력 모두에서 평균 이상을 발휘할 뿐만 아니라(박경희, 2004), 과학 학습에 대한 강한 학습 의욕과 탐구 동기를 보이는 심리적 특성을 보유하고 있으며 과학 창의성이 뛰어날 가능성이 있는 사람으로 정의한다. 경북에 위치한 G 과학 고등학교는 1학년 전교생이 60명(남 38명, 여 22명)으로서 이들은 중학교 수학과 과학 과목의 석차 백분율을 합산한 평균이 상위 10%이내에 속하면서 수학과 과학 과목(물리, 화학, 생물, 지구과학)에 대한 심화 지식 및 창의력 시험을 통해 입학한 학생이므로 이들은 본 연구에서 설정한 과학 영재로 판단된다.

타당도 검증을 거쳐 수정 보완된 예비 검사 도구는 2007년 6월 12일에 G 과학 고등학교 1학년 학생 20명에게 투입하였으며, 전체 응답자 중에서 성실하게 응답한 학생 18명(남학생 12명, 여학생 6명)을 대상으로 분석하였다. 또한 검사를 수행한 후 설문 조사와 개별 면담을 통하여 문항의 난이도, 문제 상황의 이해도, 검사에 대한 흥미도와 검사 수행 시간에 대한 정보를 얻어 검사 도구를 수정하였다. 검사 수행 시간은 대부분이 20분 정도 걸렸으나 4명은 30분 가까이 소요되었는데, 이는 1번 문항에서 다양한 문제를 생성해내는 데 너무 많은 시간을 사용했기 때문이다. 또한 학생들이 생성해낸 문제의 융통성과 독창성을 평가하기 위해 문제의 목록을 작성하여 학생들의 반응을 범주화하고 유형별 빈도를 구했다.

4) 최종 검사 도구의 현장 투입

최종 검사 도구는 2007년 6월 28일에 G 과학 고등학교 1학년 학생 38명에게 투입하였으며, 전체 응답자 중에서 32명(남학생 19명, 여학생 13명)을 대상으로 분석하였다. 이 학생들은 예비 검사에 참여하지 않는 학생으로서 검사에 성실하게 응답한 학생들이다. 또한 검사를 수행한 후 설문 조사와 개별 면담을 통하여 문항의 난이도, 문제 상황의 이해도, 검사에 대한 흥미도와 검사 수행 시간에 대한 정보를 얻어 예비 검사 도구의 현장 투입 결과와 비교하여 검사 도구를 보완하였다. 채점자는 3명(연구자, 과학교육 전문가 1명, 과학 고등학교에 근무하고 있는 중등 교육 경력 16년의 과학 교사 1명)이었으며 점수는 채점자 3명의 평균값을 사용하였다. 채점자간 신뢰도(inter-rater reliability)를 확보하기 위해 과학적 문제발견 능력의 정의 및 하위 평가 요소에 대한 연구자의 연구 방향을 충분히 전달한 후 명확한 채점기준을 제시하였으며, pearson의 상관계수를 추정하여 검증하였다. 또한 과학적 문제발견 능력의 하위 요소가 적절하게 선정되었는지를 알아볼 수 있는 구인 타당도와 난이도 및 변별도를 분석하였다. 채점된 자료는 SPSS 12.0을 사용하여 통계 처리하였다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 타당도의 검증

본 연구에서 개발한 최종 검사 도구는 표 3과 표 4와 같이 내용 및 평가 기준의 적절성에 대한 판정의 합치도가 높게 나타났다. 따라서 본 연구에서 개발한 검사 도구의 내용 및 평가 기준은 적절하다고 판단된다.

또한 점수화하지 않은 적절성을 제외한 나머지 4개 요소들의 구인 타당도를 검증하기 위한 pearson 상관관계 분석 결과는 표 5와 같았다.

분석 결과, 융통성과 정교성(.270)을 제외하고는 모두 통계적으로 유의미한 정적 상관이 있는 것으로 나

표 3 내용의 적절성

항목	내용의 적절성		
	적절	보통	부적절
문제 상황이 의도한 대로 낮게 구조화되어 제시되었습니까?	*ABC	D	
문제 상황의 소재 및 내용이 고등학생들에게 적절합니까?	BC	AD	
각 문항의 표현 방식은 적절합니까?	ABD	C	
각 문항은 과학적 문제발견 능력의 하위 요소를 평가하기에 적절합니까?	ABD	C	

\* A, B, C, D는 타당도 검증자(4명)

타났다. 따라서 과학적 문제발견 능력의 하위 요소들은 서로 유기적으로 상호작용하면서 하나의 구인을 형성하고 있음을 알 수 있다. 단, 융통성과 정교성은 서로 다른 사고 요소의 특성이 강하다는 것을 알 수 있다. 즉, 융통성은 다양한 범주의 문제를 얼마나 많이 찾아내는가를 알아보는 것으로 발산적 사고의 측면이 강하기 때문에 정교성과는 다른 특성을 가지고 있다고 볼 수 있다. 따라서 본 검사 도구는 학생들의 과학적 문제발견 능력을 측정하기 위한 하위 요소의 선정이 적절하게 이루어졌음을 알 수 있다.

2. 신뢰도의 검증

본 연구에서는 검사 도구의 신뢰도를 추정하기 위해 채점자간 신뢰도를 구하였다. 채점자간 신뢰도는 pearson의 상관계수를 추정하여 검증하였으며 총점과 하위 요

표 4 평가 기준의 적절성

하위 요소	평가 기준의 적절성		
	적절	보통	부적절
적절성	*AC	BD	
융통성	ABD	C	
독창성	BD	AC	
정교성	ABC	D	
가치 판단	AC	BD	

\* A, B, C, D는 타당도 검증자(4명)

표 5 과학적 문제발견 하위 요소들 간의 상관관계

	융통성	독창성	정교성	가치 판단	합계
융통성	1.000				
독창성	.591**	1.000			
정교성	.270	.726**	1.000		
가치 판단	.406*	.401*	.453**	1.000	
합계	.526**	.777**	.622**	.497**	1.000

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

표 6  
채점자간 신뢰도

	총점			융통성			독창성			정교성			가치 판단		
	가	나	다	가	나	다	가	나	다	가	나	다	가	나	다
가	1.000			1.000			1.000			1.000			1.000		
나	.696**	1.000		.902**	1.000		.512**	1.000		.582**	1.000		.670**	1.000	
다	.780**	.847**	1.000	.913**	.903**	1.000	.689**	.641**	1.000	.551**	.630**	1.000	.776**	.851**	1.000

\*\*p<.01

소 각각에 대하여 표 6과 같이 나타났다.

총점에 대한 채점자간 상관계수는 .696, .780, .847로 높게 나타나 채점자간 신뢰도가 높았으며, 하위 요소 중 융통성의 상관계수 역시 .902, .913, .903으로 매우 높게 나타나 채점자간 신뢰도가 매우 높았다. 그러나 독창성과 정교성은 융통성이나 가치 판단에 비해 상대적으로 낮은 신뢰도를 보였다. 독창성은 문제의 빈도수에 의해 평가하였으므로 채점자간 신뢰도가 높을 것으로 예상했으나, 학생들이 발견한 문제를 범주화하는 과정에서 각 채점자의 주관적 관점이 개입되었기 때문에 해석된다. 또한 정교성은 학생들이 발견한 문제가 얼마나 자세하게 기술되었는가를 보는 것으로 채점자의 주관에 개입될 수밖에 없었던 것으로 해석된다.

### 3. 난이도와 변별도

본 연구에서는 1번 문항이 융통성을, 2번 문항이 독창성과 정교성을, 3번 문항이 가치 판단을 알아보도록 개발되었다. 또한 난이도와 변별도는 주로 규준지향 검사 제작을 위한 문항 선정 기준으로 이용되기는 하나, 이 연구처럼 준거지향 검사를 위해서는 주로 참고 자료로 활용되거나 변별도가 0보다 작을 때 그 문항을 버리는 준거 정도로 활용된다(김승훈, 1991). 난이도 및 변별도는 고전 검사 이론에 의해 분석하였으며, 문항마다 부분 점수가 있을 때 적용할 수 있는 식을 이용하여 구하였다. 문항별 난이도 및 변별도는 표 7과 같이 나타났다.

어느 정도의 난이도를 가져야 좋은 문항인가 하는 것은 검사의 목적과 상황에 따라 달라진다. 문항 난이도에 의하여 문항을 평가하는 절대적 기준은 없으나 일반적으로 .30 이상에서 .80 미만이면 적절한 문항으로 보기 때문에(김승훈, 2004) 본 검사 도구는 난이도 측면에서 적절하다고 판단된다. 또한 문항 변별도 지수에 의하여 문항을 평가하는 절대적 기준은 없으나 일반적으로 문항변별도가 .40 이상이면 좋은 문항으로 평가하고 .20 미만인 문항은 적어도 수정 또는 제거하여야 할 문항이다(김승훈, 2004). 따라서 본 연구에서

표 7  
문항별 난이도 및 변별도

문항	하위 요소	난이도	변별도
1	융통성	0.37	0.30
2-1	독창성	0.59	0.39
2-2	정교성	0.34	0.28
3	가치 판단	0.47	0.63

표 8  
학생들이 느끼는 난이도

문항	문항의 난이도(%)				
	매우 쉬움	쉬움	보통	조금 어려움	매우 어려움
1	0	3(9.4)	6(18.7)	21(65.6)	2(6.3)
2	3(9.4)	14(43.7)	10(31.3)	4(12.5)	1(3.1)
3	1(3.1)	9(28.2)	14(43.7)	7(21.9)	1(3.1)

개발한 검사 도구는 변별도 측면에서 적절하다고 판단된다. 한편 설문 조사를 통해 분석한 학생들이 느끼는 난이도는 표 8과 같이 나타났다.

1번 문항의 난이도는 대부분의 학생들이 조금 어려움(65.6%)에 답을 한 반면, 2번 문항에 대해서는 조금 쉬움(43.7%)에, 3번 문항에 대해서는 보통(43.7%)에 답을 했다. 1번 문항이 어려운 이유에 대해서는 대부분이 ‘이러한 유형의 문제를 다루어 본 경험이 거의 없었기 때문’이거나 ‘제시된 정보가 부족했기 때문’인 것으로 응답했다. 각 문항이 매우 쉽거나 매우 어렵다고 답한 학생은 소수로 나타났으며, 매우 쉽다고 생각한 이유에 대해서는 대부분이 ‘1번 문항에서 찾아낸 문제들 중에서 단순히 직관적으로 문제를 선택만 하면 되기 때문’인 것으로 응답했다. 따라서 문제발견과 관련된 학습 경험만 제공된다면 학생들이 느끼는 난이도 측면에서도 별 문제가 없다고 판단된다.

### 4. 과학적 문제발견 능력 채점 결과

과학적 문제발견 능력의 하위 요소들의 기술통계 분석 결과는 표 9와 같이 나타났으며, 각 학생별 하위 요

표 9  
과학적 문제발견 능력 하위 요소들의 기술통계량

하위 요소	평균	표준편차	최저점	최고점	만점
발견한 문제의 수	5.38	2.30	3	12	·
적절한 문제의 수	3.72	2.14	1	11	·
융통성	3.51	1.54	1	7.67	·
독창성	7.41	1.99	2.67	10.67	15
정교성	4.17	1.40	2	8.33	9
가치 판단	1.27	.96	0	2.67	3
합계	16.35	4.69	8.67	25.67	·

소 점수 및 총점은 부록에 제시하였다.

학생들이 발견한 문제의 수는 평균 5.38개이며 그 중 적절하게 평가된 문제의 수는 평균 3.72개로 나타났다. 적절한 문제들 중 범주의 수(융통성)는 평균 3.51개이며 학생들이 자유롭게 산출한 문제의 수를 분석하였기 때문에 만점은 없으나 최고점은 7.67점으로 나타났다. 독창성은 평균 7.41점(만점 15점), 정교성은 평균 4.17점(만점 9점), 가치 판단은 평균 1.27점(만점 3점)으로서 만점에 대한 평균 점수의 백분위 값은 각각 49.4%, 46.3%, 42.3%로 낮게 나타났다. 이것은 학생 스스로가 독창적이라고 선택한 3개의 문제(독창성, 정교성 평가를 위한 문항) 중에서 적절하지 않은 문제가 다수 발견되었으며 이 문제를 채점에서 제외했기 때문으로 해석된다.

#### IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 과학적 문제발견 능력을 측정하기 위해 타당도와 신뢰도가 높은 검사 도구를 개발하고자 하였다. 검사도구의 내용 및 평가 기준에 대한 타당도는 적절한 것으로 검증되었으며, 과학적 문제발견 능력의 하위 요소 역시 적절하게 선정하였음을 알 수 있었다. 또한 채점자간 신뢰도는 대체로 높게 나타났으나 채점자의 주관적 관점에 영향을 많이 받는 독창성과 정교성은 상대적으로 낮게 나타났다. 고전 검사 이론에 바탕을 둔 문항 난이도 및 변별도와 학생들이 느끼는 주관적 문항 난이도는 모두 적절한 것으로 나타났다. 그러나 독창성과 정교성을 평가받기 위해 학생이 스스로 선택한 문제 중에 적절하지 않은 문제가 다수 포함되어 있음으로 해서 독창성과 정교성 점수에 영향을 준 것으로 나타났기 때문에 이를 보완할 필요가 있었다.

개발된 검사 도구는 고등학생들의 과학적 문제발견 능력을 측정하는 도구로 사용될 수 있을 뿐만 아니라, 낮게 구조화된 문제 상황에서 새로운 문제를 찾아내는

능력과 관련된 기초 연구 자료로도 이용될 수 있다. 그러나 지필 평가로 개발된 본 검사도구만으로는 학생들의 종합적인 문제발견 능력을 평가하기에는 부족하므로 실험 활동 등을 통한 평가를 함께 실시하는 것이 바람직하다. 앞으로 개선해야할 추가 연구 방향을 제안하면 다음과 같다.

첫째, 과학적 문제발견에 대한 다양한 측면의 이론적 연구를 통해 과학적 문제발견 능력에 대한 합의된 정의를 도출해 내어야 한다.

둘째, 낮게 구조화된 문제 상황에서 학생들이 산출한 문제는 매우 다양한 내용과 형태로 표현되므로 평가자의 주관적 관점이 개입될 가능성이 크다. 따라서 평가의 객관성을 확보하기 위해서는 좀 더 많은 학생들을 대상으로 검사를 실시한 후, 보다 다양한 문제의 범주 목록을 작성해서 평가에 참고할 필요가 있다.

셋째, 본 검사 도구는 과학 고등학교 학생들의 반응을 바탕으로 개발되었으므로 일반계 고등학교 학생들에게 적용할 때 어떤 차이가 있는지를 분석해 볼 필요가 있다.

#### 국문 요약

본 연구에서는 과학 영재 학생들의 과학적 문제발견 능력을 측정하기 위해 타당도와 신뢰도가 높은 검사 도구를 개발하였다. 먼저, 과학적 문제발견 능력에 대한 조작적 정의를 바탕으로 5개의 하위 평가 요소(적절성, 융통성, 독창성, 정교성, 가치 판단)를 선정하였으며 평가 기준을 구안하였다. 개발된 검사 도구는 내용 및 평가 기준에 대해 과학교육 전문가의 타당도 검증을 거친 후 과학 고등학교 학생들에게 투입되었으며, 채점 결과를 바탕으로 구인 타당도를 검증받았다. 또한 채점자간 신뢰도는 대체로 높게 나타났으며, 문항 난이도와 변별도 역시 적절한 것으로 나타났다. 앞으로 과학적 문제발견 능력에 대한 합의된 정의를 도출해내어야 하며 평가의 객관성을 확보하기 위한 더 나은 방안을 강구해야 한다.

#### 참고 문헌

김명숙 (2002). 창의성의 영역 특수성. *교육심리연구*, 16(2), 153-172.  
 김성훈 (1991). 문항제작과 문항분석 방법. *교육평가연구회*, 37-65.  
 김승훈 (2004). 중학생의 과학창의력 측정도구의 개발과 창의력 관련 변인과의 관계. *한국교원대학교 박사*



학위 논문.

김영채 (1999). 창의적 문제해결: 창의력의 이론, 개발과 수업. 서울: 교육과학사.

김종안 (1998). 통합적 접근에 기초한 아동의 창의성 측정도구 개발. 성균관대학교 박사학위 논문.

류시경, 박종석 (2006). 낮게 구조화된 과학적 문제 상황에서 고등학생들의 문제발견 활동 분석. 한국과학교육학회지, 26(6), 765-774.

류시경, 박종석 (2007). 고등학생들의 독창적인 문제발견 능력과 학업 성취도, 과학 탐구능력, 창의적 성격과의 관계. 한국과학교육학회지, 27(3), 263-271.

박경희 (2004). 과학창의성 검사도구 개발과 과학영재아의 뇌 기능 분석. 한국교원대학교 박사학위 논문.

박종원 (2005). 학생의 과학적 탐구문제의 제안과정과 특성 분석. 새물리, 50(4), 203-211.

신지은, 한기순, 정현철, 박병진, 최승언 (2002). 과학 영재 학생과 일반 학생은 창의성에서 어떻게 다른가?-서울대학교 과학영재센터 학생들을 중심으로-. 한국과학교육학회지, 22(1), 158-175.

윤경미 (2004). 과학영재와 일반학생의 문제발견의 차이 및 문제발견에 영향을 미치는 제 변인 분석. 부산대학교 박사 논문.

이혜주 (2005). 구조화 정도가 다른 문제 상황에서 문제발견에 대한 제 변인의 상대적 기여도 분석. 초등교육연구, 18(2), 123-148.

임현수 (1999). 창의성 측정의 타당화 연구. 서울대학교 박사학위 논문.

전윤식, 김정섭, 윤경미 (2003). 창의성 교육의 새로운 접근: 문제 찾기. 교육학연구, 41(3), 215-238.

신명경, 박종욱, 정현철, 허남영 (2004). 과학적 연구능력을 통해 본 영재학생에 대한 재고: 실험설계검사를 통하여. 한국지구과학회지, 25(8), 674-683.

조석희, 김홍원, 김세영 (2002). 간편 창의적 문제해결력 검사 개발 연구(II). 한국교육개발원.

최미화, 최병순 (1999). 통합주제를 중심으로 한 중학교 수준의 통합과학 내용구성 방안. 한국과학교육학회지, 19(2), 204-216.

하주현 (2003). 창의적 사고와 문제발견 사고의 연령에 따른 차이. 교육심리연구, 17(1), 315-331.

하주현 (2003). 문제발견, 창의적 사고, 창의적 인성의 관계. 교육심리연구, 17(3), 99-115.

하주현 (2005). 문제발견연구의 탐색. 교육심리연구, 19(4), 917-932.

한기순 (2001). Creativity in young children: implication of problem-finding and real-world divergent thinking test. 한국교육, 28(1), 121-141.

한기순, 신지은, 정현철, 최승언 (2002). 남학생은 여학생보다 창의적인가-영재들의 과학 창의성을 중심으로-. 한국지구과학교육학회지, 23(4), 324-333.

Amabile, T. M. (1996). Creativity in context(2nd ed.): Update to "The Social Psychology of Creativity".

Boulder, CO: Westview Press.

Csikszentmihaly, M. & Getzels, J. W. (1971). Discovery-oriented behavior and originality of creative products: a study with artists. Journal of Personality and Social Psychology, 19(1), 47-52.

Dudek, S. Z. & Côté, R. (1994). Problem Finding Revisited. In M. A. Runco(ed.). Problem Finding, Problem Solving, and Creativity. Ablex Publishing Corporation.

Feldhusen, J. F. (1986). A conception of giftedness. In R. J. Sternberg. Conceptions of giftedness. 112-127. Cambridge: Cambridge University Press.

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. (1990). The scientific hypothesis formulation ability of gifted ninth-grade students. Journal of Educational Psychology, 82(4), 838-848.

Hoover, S. M. (1994). Scientific problem-finding in gifted fifth grade students. Roeper Review, 16, 156-159.

Hu, W. & Adey, P. (2002). A scientific creativity test for secondary school students. International Journal of Science Education, 24(4), 389-403.

Jay, E. S. (1996). The Nature of Problem Finding in Students' Scientific Inquiry. Unpublished Doctoral Dissertation. Harvard University Graduate School of Education.

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.

Mansfield, R. S. & Busse, T. V. (1981). The Psychology of Creativity and Discovery: Scientists and Their Work. Nelson-Hall.

Okuda, S. M., Runco, M. A., & Berger, D. M. (1991). Creativity and the finding and solving of real-world problems. Journal of Psychoeducational Assessment. 9, 45-53.

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, 9-23.

Runco, M. A. (1994). Problem Finding, Problem Solving, and Creativity. Ablex Publishing Corporation.

Runco, M. A., & Okuda, S. M. (1988). Problem discovery, divergent thinking and the creative process. Journal of Youth and Adolescence, 17, 211-220.

Sternberg, R. J. (1985). Implicit Theories of intelligence, creativity, and wisdom. Journal of Personality & Social Psychology, 49(3), 607-627.

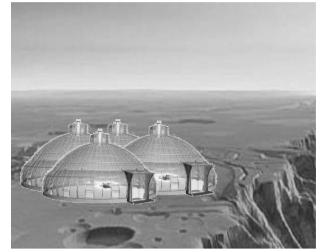
Treffinger, D. J., Isaksen, S. G., & Dorval, K. B. (2000). Creative Problem Solving: An Introduction (3rd Eds.), Texas: Prufrock Press.

## 부록 1

### 과학적 문제발견 능력 검사지

※ 본 검사는 과학과 관련된 어떤 문제 상황에서 새롭고 가치 있는 과학 탐구 문제를 발견해내는 능력을 알아보기 위한 것입니다. 아래의 문제 상황과 문항을 잘 읽어보고 여러분이 생각하고 있는 내용을 성의 있게 써 주기 바랍니다.

[문제 상황] 다음은 어느 미지의 행성에 건설된 과학 연구소에 대한 사진과 설명이다. 이 연구소는 유리로 밀폐되어 있어 외부 환경과 완전히 차단되어 있으며, 이곳에서는 의료진을 포함한 수십 명의 과학자들이 지구의 지원을 받지 않은 채로 지난 1년간 다양한 연구를 수행해왔다. 그러나 최근에 이 연구소에 원인 모를 많은 문제들이 발생하였다. 지구에서는 이 연구소에 어떤 일이 있었는지 알아보기 위해 새로운 과학 연구팀을 구성했으며, 여러분도 이 연구팀에 참여하게 된 과학자라고 가정하자. 이제 여러분은 처음 열리는 비상 회의에 참석하여 과학자의 입장에서 앞으로 탐구해야 할 과학 문제를 제안하려고 한다.



1. 위의 상황과 관련하여 여러분은 앞으로 어떤 과학 문제를 탐구해야 한다고 제안하겠는가? 탐구할 가치가 있다고 생각되는 과학 문제를 다양한 영역에서 가능한 많이 찾아내어(최소한 3개 이상) 쓰시오. 단, 알고 있는 모든 지식과 개념을 사용하되, 새롭고 독창적인 문제를 찾도록 노력하고, 다른 사람들이 잘 이해할 수 있도록 분명하고 자세하게 쓰시오. 또한 한 문장에는 한 가지 내용만 쓰시오.
2. 위에서 기술한 1번 문항의 문제들 중에서 다른 사람들이 미처 생각해내지 못했을 가장 독창적인 문제라고 생각되는 것을 세 개만 선택하여 V 표시하시오.
3. 여러분들이 선택한 2번 문항의 문제들 중에서 탐구할 가치가 가장 크다고 생각되는 문제를 한 개만 선택하여 쓰고, 선택한 이유에 대해서 간단히 쓰시오.

## 부록 2

하위 요소별 점수 및 총점

학생	융통성	독창성	정교성	가치 판단	총점
1	2.33	6.67	3.33	0	12.33
2	2.00	7.00	5.33	0	14.33
3	3.33	7.00	2.67	1.33	14.33
4	7.67	10.33	5.00	2.67	25.67
5	2.00	5.00	3.33	1.00	11.33
6	2.00	6.33	2.00	1.33	11.66
7	2.67	8.00	4.00	1.67	16.34
8	3.00	7.33	4.00	0	14.33
9	2.00	7.00	2.67	0	11.67
10	2.67	4.00	2.33	0.67	9.67
11	4.00	9.00	6.00	2.67	21.67
12	4.00	6.67	4.33	1.33	16.33
13	2.00	4.00	2.67	0	8.67
14	3.67	9.67	4.33	1.33	19.00
15	3.33	10.33	8.33	2.33	24.32
16	4.00	7.67	3.33	0	15.00
17	4.33	10.00	5.33	2.00	21.66
18	2.00	5.67	4.00	1.00	12.67
19	5.00	9.00	6.00	2.33	22.33
20	2.00	8.00	4.33	0	14.33
21	1.00	2.67	2.67	2.67	9.01
22	5.00	6.33	2.67	2.33	16.33
23	4.00	10.00	5.33	1.67	21.00
24	3.00	6.33	5.33	0.67	15.33
25	3.67	7.33	4.67	2.67	18.34
26	2.33	7.67	4.67	1.67	16.34
27	5.33	9.67	4.67	1.33	21.00
28	7.67	8.67	4.00	1.67	22.01
29	3.33	6.67	4.00	1.00	15.00
30	4.67	6.67	2.67	0.67	14.68
31	4.33	10.67	6.33	2.67	24.00
32	4.00	5.67	3.00	0	12.67