

# 중학생의 과학 창의적 문제 해결 능력을 측정하기 위한 도구 개발

박인숙 · 강순희\*  
이화여자대학교

## The Development of Assessment Tools to Measure Scientific Creative Problem Solving ability for Middle School Students

Park, Insuk · Kang, Soonhee\*  
Ewha Womans University

**Abstract:** The purpose of this study was to develop a valid and reliable assessment tool for measuring scientific creative problem solving ability for middle school students. To achieve this aim, an assessment framework, four assessment items, and detailed rubrics for scientific creative problem solving were developed. The assessment framework had three dimensions (i.e. science contents, inquiry process, and thinking skills) and sub-elements for each dimension. The assessment items were tested with 320 middle school students in order to determine reliability, difficulty, and item discrimination. Science teachers and experts in science education checked the validity of the items and the rubrics. The results proved that the assessment tool was reliable enough to evaluate students' scientific creative problem solving skills.

**Key words:** scientific creative problem solving ability, middle school students, assessment tool

### I. 서 론

오늘날 과학 교육은 학생들이 과학적 개념을 이해하고 탐구 능력을 갖추는 것뿐만 아니라 창의적으로 문제를 해결하는 능력을 지니도록 하는 것도 중요한 교육 목표로 삼고 있다. 이에 학생들의 창의적 문제 해결 능력을 높여주는 방법을 찾으려는 연구와 노력이 증가하고 있으며(김영재, 2004b; Treffinger *et al.*, 2006), 우리나라에서도 2007년 개정 과학과 교육과정의 총괄 목표를 ‘...과학적 사고력과 창의적 문제 해결력을 길러 일상생활의 문제를 창의적이고 과학적으로 해결하는 데 필요한 과학적 소양을 기른다.’라고 명시하고 있다(교육인적자원부, 2007). 또한 2009년 개정 과학과 교육과정에서도 교과 성격을 ‘...창의적 문제 해결 능력과 시민 사회에서 합리적인 의사결정을 위한 과학적 사고력을 기르도록 구성한다.’라고 분명히 제시하고 있다(교육과학기술부, 2009).

그러나 현장의 과학 교사들은 과학에서의 창의적

문제 해결 능력의 신장을 위한 교육이 필요하다는 것은 인식하고 있으나 실제 수업 현장에 적용하는 데는 많은 어려움을 느끼고 있으며, 교육 현장에서 창의적 문제 해결 능력 신장을 위한 교육이 효과적으로 이루어지기 위해서는 적절한 교수 전략의 개발과 함께 타당하고 신뢰할 수 있는 평가 방법의 개발이 시급하다고 지적하고 있다(박인숙, 2010; 박인숙, 강순희, 2011). 이는 창의적 문제 해결을 강조하는 개정 교육과정(교육인적자원부, 2007; 교육과학기술부, 2009)의 평가 항목에서 창의성 평가에 주안점을 두도록 강조하면서도 이에 대한 구체적인 평가 방법이나 내용이 제시되어 있지 않기 때문일 것이다.

교사가 수업을 설계할 때 교육 목표를 설정하고 학습 경험을 선정·조직하는 과정과 함께 중요한 부분을 차지하는 것이 평가이다(김경자, 2000). 평가는 설정한 교육 목표와 이를 위해 선정·조직된 학습 경험이 원래 의도했던 결과물을 얼마나 산출해 내고 있는지를 확인하는 과정이며, 그 결과에 따라 교수-학습 방법이 교정되고, 학습 내용이 수정·보완된다(이인

\*교신저자: 강순희(shkang@ewha.ac.kr)

\*\*2011.10.12(접수) 2011.01.25(1심통과) 2012.02.13(2심통과) 2012.02.16(최종통과)

\*\*\*이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(2011-0002416).

제, 김범기, 2004). 따라서 학생들의 창의적 문제 해결 능력이 어떠한지 알아보고, 과학 수업에서 창의적 문제 해결 능력 신장을 위한 교수 전략의 적용을 통해 학생들의 과학 창의적 문제 해결 능력이 얼마나 향상되었는지를 평가하여, 학생들의 창의적 문제 해결 활동이 보다 활발하게 일어날 수 있도록 하기 위해서는 과학 창의적 문제 해결 능력을 평가하고 분석할 수 있는 기준과 도구의 개발이 필요하다. 뿐만 아니라 평가 기준과 도구는 교사가 학생의 학습을 측정할 수 있는 수행의 기준을 제시하기 때문에 학생과 교사가 이 기준을 적용함으로써 수업 활동에서 보다 효과적인 창의적 문제 해결이 나타나도록 할 수 있다.

기존에 개발된 여러 창의성 검사들(예를 들어, Torrance의 창의적 사고 검사(TTCT)(Torrance, 1974; Torrance, 1998)나 Guilford의 SOI(Structure Of Intellect)를 이용한 Meeker의 발산적 사고 검사(DFU, DMU, DSR)(Meeker, 1969; Meeker, 1976) 등)은 영역 포괄적으로 창의성을 측정하고자 하였다. 그러나 최근의 연구들은 일반적인 창의적 사고 능력의 존재와 창의성의 영역 일반적 견해에 관해 회의적인 입장을 취하고 있다(조석희 등, 2003; 한기순, 2000). Gardner(2000)에 따르면 창의성은 특정한 영역에 한정되어 있는 개념으로, 특정 영역에서는 창의적인 사람도 다른 영역에서는 별로 창의적이지 못할 수 있다. Wallach(1985)도 창의성을 특정 영역에서 우수한 능력을 나타내어 그 영역을 확장시킬 수 있는 능력이라고 정의하여, 창의성은 영역 일반적이기 보다는 영역 특수적이라고 주장하였다. 이러한 연구들은 창의성을 영역별로 이해하고 측정할 것을 제안한다(Csikzenmihalyi, 1996; Feldman, 1994; Gardner, 2000; Wallach, 1985).

또한 최근의 창의성 연구에서는 문제 해결 과정에서 창의성이 나타나게 된다는 점을 강조하고 있다(Weisberg, 2009; Woolfolk, 1998). 이에 따라 우리나라에서도 수학에서의 창의적 문제 해결력(김홍원 외, 1997)이나 과학에서의 창의적 문제 해결력(김주훈 외, 1996)을 측정하려고 시도한 연구들이 있었다. 그러나 이러한 검사 도구들은 검사의 문항수가 많고 시간과 경비가 많이 들며, 연구진에 따라 초점을 맞추고 있는 부분이 각기 달라서 창의적 문제 해결 능력을 평가할 때 고려해야 할 관점들을 모두 반영하고 있는 평가 틀을 찾기 힘들다. 따라서 실제 학생들의 창의적

문제 해결 활동에 반영하여 보다 나은 교수-학습을 실행할 수 있고, 학자들의 창의적 문제 해결 능력에 대한 관점들을 종합하여 학생들의 창의적 문제 해결 능력을 평가하는데 사용할 수 있는 타당하고 신뢰할 수 있는 검사 도구를 개발하는 연구가 필요하다.

이와 같은 필요성을 바탕으로 본 연구에서는 과학 창의적 문제 해결 능력의 교수와 평가에 도움을 주기 위하여 창의적 문제 해결 능력의 영역 특수적 관점에서 특히 중학생을 위한 과학 창의적 문제 해결 능력을 평가할 수 있는 평가 기준과 평가 도구를 개발하였다.

## II. 연구 방법 및 절차

### 1. 과학 창의적 문제 해결 능력에 대한 조작적 정의

일반적으로 학생들은 눈앞에 있는 문제를 해결한다는 말 대신에 '푼다'라는 말을 더 많이 사용한다. 다시 말하면, '문제를 푼다'는 말은 주어진 과제를 학생들 나름의 방식으로 '해결'한다는 뜻이다. 이와 같이 눈앞에 직면한 미해결 문제를 푸는 것이 바로 문제 해결이다. 보통 문제 해결이라는 말은 인문 사회학자들이 즐겨 사용하는 말로, 과학자들은 이러한 활동을 문제 해결이라고 부르기 보다는 '탐구'라고 부르기를 더 선호한다. 그러나 최근에는 인문 사회학자들도 사회 문제를 해결하는 과정을 '사회 탐구 과정'이라고 하는 경향이 있고, 과학자들도 과학 문제를 해결해 가는 과정을 '과학 탐구 과정'이라는 말과 함께 '과학 문제 해결 과정'이라는 말로 표현한다. 한 예로 '사회 탐구', '과학 탐구'로 나누어지는 대학수학능력 시험의 영역 명칭을 보아도 이러한 경향을 짐작할 수 있다. 즉, 문제를 해결하는 과정은 문제 해결 과정이라 할 수도 있고, 문제를 탐구해 가는 과정이라 할 수도 있다. 이러한 맥락에서 강순희(2008)는 과학적 사고를 논리적 사고로서의 과학적 사고와 문제 해결로서의 과학적 사고로 분류하고, 문제 해결로서의 과학적 사고력이 바로 과학 탐구 능력이라고 보았다. 그러므로 문제 해결로서의 과학적 사고력의 하위 요소는 관찰, 분류, 측정, 예상, 추리, 문제 인식, 가설 설정, 변인 통제, 자료 변환, 자료 해석, 결론 도출, 일반화 등의 과학 탐구 기능들이다(방담이 외, 2011).

이상에서와 같이 탐구라는 말로 표현할 수 있는 문제 해결의 사전적 의미는 '기존의 습관이나 지식으로

는 해결할 수 없는 장애나 곤란에 당면했을 때 창조적으로 새로운 해결법(가설)을 생각해 내어, 그것을 사고 상의 조작, 실험, 논증 등에 의해서 확인하고, 새로운 문제 장면을 해소하는데 족한 행동의 방법을 결정하는 것(교육사전편집회, 1960)'이다. 즉, 당면한 문제에 대하여 창의적 사고를 활용하여 새로운 해결법을 생각해 내고, 비판적 사고를 활용하여 적절한 행동 방법을 결정하는 것이 문제 해결이다. 그러므로 문제 해결은 창의적 사고를 요구하고 문제 해결 그 자체가 창의적인 과정을 동반한다. 이러한 입장에서 Weisberg(2009)는 문제 해결의 중요한 특징은 '상황이 새로워야 한다는 것'과, 문제를 해결하는 사람이 '문제를 해결하는 일련의 과정을 새로우면서도 상황에 알맞게 고안해야 한다는 점'이라고 지적하였다. 문제를 해결해야 하는 사람은 이전에 그 상황에 한 번도 처해 본 적이 없으므로, 만일 그가 어떤 문제를 해결한다면 그 해답은 새로운 것이 틀림없다. 그러나 갈수록 복잡해지는 시대적 변화에 의해 문제 해결 과정에서 이전 보다 훨씬 더 창의적 사고를 강조할 필요가 있게 되었다. 그래서 최근에는 문제 해결에서 창의성을 '보다 더' 강조하기 위하여 문제 해결이라는 말 앞에 '창의적'이라는 말을 덧붙여 창의적 문제 해결이라고 한다.

따라서 본 연구에서는 문제 해결이라는 개념 안에 창의성이 내포되어 있다고 보고, 이러한 문제 해결의 과정에서 창의성을 '보다 더' 강조하는 의미에서 문제 해결을 창의적 문제 해결이라 하기로 한다. 즉, 창의적 문제 해결이란 문제 해결자가 이전에 접해보지 못한 문제를 새롭게 적절하게 해결하는 것으로 정의한다. 그렇다면 과학에서의 창의적 문제 해결이란 과학에 관련된 문제를 과학적 방법에 따라 새롭게 적절하게 해결하는 것이다. 이 때 과학에 관련된 문제란 과학 탐구의 출발점에서 제기되는 자연 현상에 대한 인과적 의문이며, 과학적 방법이란 과학에서 문제를 해결하는 방법인 과학 탐구 과정이다. 또한 문제를 새롭게 적절하게 해결하기 위해서는 창의적이고 비판적인 사고 능력이 필요하다. 그러므로 과학에서의 창의적 문제 해결이란 자연 현상에 대한 인과적 의문을 창의적 사고와 비판적 사고를 활용하여 과학 탐구 과정에 따라 새롭게 적절하게 해결하는 것으로 정의한다.

본 연구에서의 창의적 사고는 창의성의 여러 측면들 중에서 비교적 측정이 용이한 인지적 측면에 초점

을 둔 개념이다. 창의성이란 일반적으로 새롭고 유용한 산물을 생성해 낼 수 있는 능력을 말한다. 이러한 정의는 창의성에 대한 광의적 정의이다(Feist, 2009; Lubart, 1994; Lubart & Guignard, 2009; Mayer, 1999; Sternberg & Lubart, 1996). 그러나 창의성을 이렇게 광의적으로 정의할 경우 이에 합당한 창의적 사고력을 교육할 수 있는 방법을 찾기가 그리 쉽지 않다. 그래서 창의성의 훈련에 적용될 수 있는 일반적인 방법이 존재한다고 주장하는 연구자들은 창의성을 협의적으로 정의하여 교육에 활용하고 있다. 이 때 창의성에 대한 협의의 정의란 발산적 사고와 같은 것으로, 반응의 수가 많고 다양하고 독창적인 것 등을 말한다(Chi, 1997; Guilford, 1950; Lubart & Guignard, 2009; Runco & Okuda, 1991; Singer, 2009; Torrance, 1962). 이러한 창의성에 대한 협의의 정의나 이에 속하는 하위 요소들을 활용하면 학생들에게 창의성을 훈련시킬 수 있는 구체적인 방법을 모색해 볼 수 있다. 한 예로 Plucker와 Beghetto(2009)는 훈련을 통해 창의성을 신장시키기 위한 구체적인 방안으로 다양한 아이디어를 생산해 내는 능력인 융통성을 길러 주는 교육을 강조하였다. 그 이유는 이러한 융통성은 개인이 후일 각자의 영역에서 창의적인 노력을 하려 할 때 그들 모두에게 유용하게 사용되는 기술이기 때문이다. 이와 같이 지금 학생들에게 필요한 것은 그들이 미래에 창의성을 마음껏 발휘할 수 있도록 준비시켜 줄 수 있는 교육이다. 이러한 관점에서 본 연구에서는 실제 학교 교육 현장에서 창의성을 신장시키기 위해 구체적으로 무엇을 가르쳐야 할지가 명확히 드러나도록 창의성을 협의적으로 정의하고자 한다. 즉, 아이디어를 많이, 다양하게, 그리고 독특하게 생산해 낼 수 있는 발산적 사고를 창의적 사고로 정의한다. 이러한 정의는 복잡한 창의성의 본질을 모두 포함할 수 없다는 단점이 있으나 교육을 통해 무엇을 훈련해야 하는지를 분명하게 나타낸다는 장점이 있다. 또한 초중등 교육의 목적이 미래 사회를 이끌어 나갈 창의적 인재를 양성하는데 있다고 본다면 현재의 창의성 교육은 미래의 창의성을 예언할 수 있는 요인들을 잘 가르쳐야 할 것이고, 창의성의 협의적 정의인 발산적 사고가 미래의 창의적 수행을 예언하는 예언 타당도가 .55에 달한다는 Runco(1999)의 연구를 볼 때, 창의성을 이렇게 협의적으로 정의하는 것이 교육의 측면에서 보다 더 유용

하다 하겠다. 그러므로 본 연구에서는 실제 교육 현장에서 창의적 사고를 신장시키기 위해 구체적으로 무엇을 가르쳐야 할지가 명확히 드러나도록 하기 위하여 창의성에 대한 ‘협리적 정의’인 ‘발산적 사고’ 또는 ‘확산적 사고’로 창의성을 정의한다. 즉, 많은 아이디어를 다양하게, 독창적으로 생산해 낼 수 있는 능력을 창의적 사고력이라 한다.

## 2. 과학 창의적 문제 해결 능력의 평가 틀 개발

과학에서 창의적으로 문제를 해결한다는 것은 자연 현상에서 제기된 인과적 질문인 과학적 문제를 과학적 지식과 과학적 방법을 이용하여 새롭고 적절하게 해결하는 것이다. 그러므로 과학 창의적 문제 해결 능력을 평가하기 위해서는 과학적 지식과 과학적 방법을 얼마나 새롭고 적절하게 활용할 수 있는가를 평가해야 한다. 이러한 맥락에서 박종원과 박종석(2003)은 과학적 창의성을 평가하기 위하여 창의적 사고, 과학 내용, 과학적 탐구 기능의 3차원 틀을 제시하였으며, 우종욱(2003)은 과학 영재의 교육과 평가를 위해 과학 내용, 창의력 요소, 과학 탐구 요소로 구성된 3차원 평가 틀을 제시하였다. 이들은 모두 과학적 탐구 활동이 창의적이기 위해서는 창의적 사고가 과학 내용 및 과학 탐구 능력과 밀접하게 연계되어야 하고, 특정 과학 내용에 대해서 특정 탐구 기능을 사용하면 창의적 사고와 연계될 때, 과학적 창의성이 발현된다고 제안하고 있다. 이러한 연구들을 바탕으로 본 연구에서도 과학 창의적 문제 해결 능력을 평가하기 위하여 그림 1과 같이 과학 창의적 문제 해결 능력의 3차원 평가 틀을 고안하였다.

앞에서 살펴본 박종원과 박종석, 우종욱의 과학 창

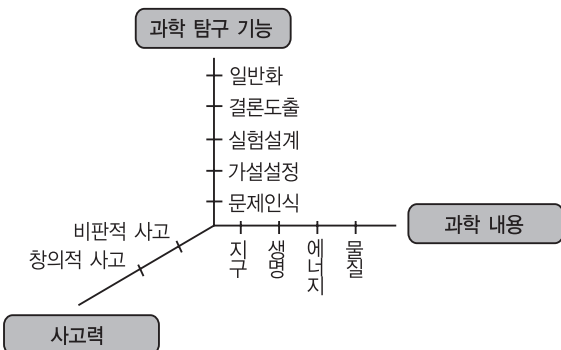


그림 1 과학 창의적 문제 해결 능력의 3차원 평가 틀

의력 평가 틀에서도 알 수 있듯이 과학 교과를 구성하고 있는 명제적 지식(knowing that)인 과학의 ‘내용 지식’과 방법적 지식(knowing how)인 과학의 ‘탐구 기능’은 문제 해결 측면에서 과학적 사고력의 도구가 되는 양대 산맥이라 할 정도로 매우 중요하다. 그러므로 과학 창의적 문제 해결 능력을 평가하기 위한 평가 틀에서 각각 한 축을 이루도록 하였다. 또한 문제를 새롭고 적절하게 해결하기 위해서는 창의적 사고와 비판적 사고가 필요하다. 그리고 이 두 가지 사고 능력은 서로 밀접한 관련이 있다. 이에 대하여 Nickerson (1999)은 다음과 같이 주장하였다:

비판적 사고와 창의적 사고는 동전의 양면과 같다. 훌륭한 사고는 이 두 가지 사고 모두를 필요로 하며, 이 두 가지 사고의 균형이 필요하다. 훌륭한 비판적 사고는 그 성질상 창의적이며, 훌륭한 창의적 사고에는 항상 진행 중인 산출(product, 지식)을 비판적으로 평정하고 향상시키는 것이 포함된다. (p.399)

이와 관련하여 김영채(2004b) 또한 창의적 사고와 비판적 사고의 긴밀한 관계를 설명하면서 창의적 문제 해결을 위해서는 이들 능력이 균형 있게 그리고 종합적으로 개발되어야 한다고 하였다. 따라서 이 두 사고는 과학 창의적 문제 해결 능력을 평가하기 위한 평가 틀에서 과학적인 문제를 창의적으로 해결하는 과정에서 필요한 ‘사고 요소’라는 하나의 요소로 묶을 수 있다.

위의 3차원 평가 틀에 의하면 과학 창의적 문제 해결 능력을 평가하기 위해서는 특정 과학 내용과 과학 탐구 과정을 밀접하게 연계하여 문항을 제작해야 한다. 따라서 본 연구에서는 과학 내용을 소재로 하여 창의적으로 문제를 해결할 수 있는 과학 탐구 과정을 적절하게 제시하여, 창의적 문제 해결 능력에 필요한 사고력 요소인 창의적 사고와 비판적 사고를 측정할 수 있는 형태로 평가 도구를 개발하였다.

## 3. 과학 창의적 문제 해결 능력의 평가 도구 개발

본 연구는 중학생의 과학 창의적 문제 해결 능력을 평가할 수 있는 평가 도구를 개발함에 있어, 과학 내용 영역에서 과제-구체적인 평가 문항을 개발하는데 주안점을 두었다. 이에 평가 문항을 개발하기 위하여

중학생들이 배우고 있는 과학 내용 영역과 단원 목표를 분석하여 본 연구에서 개발한 3차원 평가 틀에 의해 총 8개의 과제를 개발하였다. 2007년 개정 과학과 교육과정에 제시되어 있는 중학교 3개 학년의 과학 학습 내용 중에서 다양한 탐구 문제를 생성해 낼 수 있는 소재를 선택하여 문제 인식 과제 2개를 개발하였고, 다양한 가설 설정이 가능하고 중학생 수준의 실험 설계가 가능한 소재를 선택하여 가설 설정 및 실험 설계 과제 4개를 개발하였다. 또한 중학교 교과서 내용 중에서 다양한 해결책을 제시할 수 있는 소재를 선택하여 해결책 도출 과제 2개를 개발하였다. 문항의 형식은 협의의 창의적 사고인 발산적 사고와 선택을 강조한 비판적 사고인 수렴적 사고를 측정할 수 있도록 아이디어를 최대한 많이, 다양하게, 기발하게 제시한 뒤 자신이 생성해 낸 아이디어 중에서 가장 적절한 것을 선택하도록 구성하였다. 즉, 8개의 과제들은 과학 내용의 문제를 특정 탐구 과정을 활용하여 창의적이고 비판적으로 해결할 수 있도록 개발되었다.

1) 예비 검사를 위한 현장 교사들의 검토

1차로 개발된 8개의 평가 문항은 교육 경력이 5년 이상이고 인천시 서부교육청 영재교육원 강사를 맡고 있으면서 과학 교육 석사인 현장 중학교 교사 3인에게 과제의 적절성을 검토 받았다. 그 결과는 표 1과 같다.

중학생을 위한 과학 창의적 문제 해결 능력 검사지는 중학교의 1차시 수업인 45분 이내에 완료할 수 있도록 개발될 필요가 있기 때문에 1차로 개발된 8개의 과제들 중에서 각 탐구 과정별로 한 과제씩 선택할 것을 전제로, 다양한 응답이 나올 것 같지 않다고 지적된 문항, 너무 어려운 문항, 문항의 적절성 여부에 부적절로 체크한 반응이 2명 이상이 나온 문항은 제거하고 일부 문항은 수정하여 1차 검증에 응해 주었던 현장 과학 교사 3인에게 다시 과제 2(황사), 3(개구리밥), 7(풍선 터트리기), 8(자석의 세기)의 2차 검증을 의뢰하였다. 2차 검증 후 과제 2, 3, 7을 검사지의 최종 문항으로 확정하여 학생들에게 예비 검사로 투입하였다.

표 1  
평가 문항의 과제 적절성에 대한 1차 점검 결과

과제 번호	과제 내용	내용 영역	탐구 과정	문항의 적절성			평가 내용	비고
				적절	보통	부적절		
1	바닷물의 성분	지구와 우주	문제인식		B, C	A	다양한 응답이 나올 것 같지 않음	제거
2	황사	지구와 우주		A, B, C			문제의 제시 순서 교체 필요	수정
3	개구리밥	생명/물질/운동과 에너지		B, C	A		개구리밥에 대한 설명 필요	수정
4	날지 못하는 새, 닭	생명	가설설정 및 실험설계		B	A, C	과학적 개념이 덜 요구됨	제거
5	배추흰나비	생명			A	B, C	문제의 목표가 불분명함	제거
6	롤러코스터	운동과 에너지		A, B		C	중학생들에게 다소 어려움	제거
7	풍선 터트리기	운동과 에너지 / 물질 / 지구	결론도출 및 일반화	A, B, C			문제 상황이 너무 포괄적임	수정
8	자석의 세기	운동과 에너지		B, C		A	문제 상황이 다소 단순함	수정

\* A, B, C는 문항의 적절성 검증자(3명)

2) 예비 검사 도구의 현장 투입 및 최종 검사 도구 구성

최종 검사 도구를 구성하기 위해 인천시 소재 남녀 공학인 K 중학교 2학년 35명에게 적절성 검증을 거쳐 수정·보완된 예비 검사 도구를 투입하였으며, 전체 응답자 중에서 성실하게 응답한 29명의 검사지를 분석하였다. 검사를 수행한 후 설문 조사를 통하여 각 문항 당 주어진 응답 시간의 적절성, 과제의 난이도, 과제에 대한 응답의 충실성, 학생들의 참여 정도에 대한 정보를 얻어 검사 도구를 다시 수정하였다. 현장 검증 결과를 토대로 문항별 반응을 분석한 결과는 표 2와 같다.

먼저 각 문항 당 주어진 응답 시간이 적절했는지 묻는 질문에 부족하다고 대답한 학생은 한 명도 없었다. 그러므로 각 문항 당 10분으로 주어진 응답 시간은 학생들이 자신의 창의성을 마음껏 발휘하기에 충분한 시간인 것으로 생각되었다. 특히 가설을 설정하는 문항에서는 대부분의 학생들이 시간이 남았다고 응답한 것으로 보아 반응 시간을 줄일 필요가 있는 것 같았다. 그 외의 문항들에서도 시간이 남는다는 응답이 적지 않아 응답 시간을 약간 줄여도 될 것으로 판단되었다. 그래서 가설을 설정하는 문항의 검사 수행 시간은 6분으로, 나머지 문항은 8분으로 단축하여 최종 검사 도구의 소요 시간은 30분으로 정하였다. 각 문항의 난이도를 묻는 질문에 대한 응답을 살펴보면 학생들은 가설 설정 과제와 해결책 도출 과제는 쉽게 인식하고 문제 인식 과제와 실험 설계 과제는 어렵게 인식한다는 것을 알 수 있었다. 학생들이 해결책 도출 과제를 쉽게 인식하는 것은 과제로 제시된 돋보기로 햇빛을 모아 풍선을 터트리는 문제 상황이 학생들에게 매우 익숙하기 때문인 것으로 생각된다. 그리고 개구리밥의 성장과 생식의 정도가 지역에 따라 차이가 난다는 같은 문제 상황에서 시작하는 가설 설정 문항과 실험 설계 문항의 난이도에 대하여 각기 다른 반응을 보

이는 것은 이전의 과학 수업을 통하여 실험을 직접 설계해 보는 경험이 부족하기 때문에 학생들이 실험을 설계하는 과제를 어렵게 느끼는 것으로 추리해 볼 수 있다. 또한 각 문제 상황에 대한 학생들의 흥미도를 살펴보면 학생들은 모든 문제 상황에 대하여 흥미를 느끼는 것으로 나타나 흥미도 측면에서 과제의 주제들은 검사 도구로 사용하기에 적절한 것으로 판단되었다. 마지막으로 학생들의 응답 내용과 검사 도중 학생들이 질문한 내용들을 참고하여 예비 검사 도구를 수정·보완하여 최종 검사 도구를 구성하였다. 최종 검사 도구의 일부는 부록 1에 제시하였다.

4. 과학 창의적 문제 해결 능력의 평가 요소 선정

협이의 창의적 사고인 발산적 사고의 평가 요소는 관련 연구들(Guilford, 1950; Runco, 1999; Torrance, 1962)을 바탕으로 유창성(fluency), 융통성(flexibility), 독창성(originality)으로 선정하였다. ‘유창성’은 제시된 문제 상황에서 적절한 아이디어를 많이 생성해 낼 수 있는 능력으로 보다 유창하게 아이디어들을 생산해 낼수록 그 가운데 유용하고 효과적인 아이디어가 포함될 가능성이 커지기 때문에 유창성은 발산적 사고의 중요한 요소가 된다. ‘융통성’은 문제 상황에서 다양한 범주의 아이디어를 생성해 낼 수 있는 능력을 의미한다. ‘독창성’은 기발하고 독특한 아이디어를 생성해 내는 능력을 말하며, 똑같은 과제에서 다른 사람들의 반응에는 없는 아이디어의 수로 측정한다. 본 연구에서는 학생들이 생성해 낸 적절한 아이디어의 수로 유창성을, 생성해 낸 아이디어의 범주의 수로 융통성을 측정하였다. 또한 Runco (1999)의 연구에 따라 학생들이 생성해 낸 적절한 아이디어 목록을 작성하고, 각 아이디어의 빈도수를 전체 학생 수로 나누어서 5%이하에 속하는 아이디어의 수로 독창성을 측정하였다.

표 2 예비 검사 도구에 대한 문항별 반응(전체 29명)

문항 번호	문항 제목	탐구 과정	응답 시간(10분)			난이도			흥미도	
			부족	적절	남음	쉬움	보통	어려움	있음	없음
1	항사	문제 인식	0	20	9	0	15	18	25	4
2-1	개구리밥	가설 설정	0	4	25	15	9	5	25	4
2-2		실험 설계	0	19	10	0	13	16		
3	풍선 터트리기	해결책 도출	0	18	11	29	0	0	29	0

비판적 사고는 ‘더 낫게’, ‘더 합리적으로’, ‘더 생각해 보고’ 판단하기 위한 사고이다(김영채, 2004a). 즉, 생각을 더 잘하기 위해서 생각하는 동안 생각에 관해 생각하는 사고로서, 생각을 분석하고 평가하여 개선시키는 사고이다(Paul & Elder, 2006). 그러므로 비판적 사고의 수준이나 효율성은 보편적인 판단 준거에 따라 평가되어야 한다. 이에 비판적 사고에 대해 연구하는 많은 학자들(김영채, 2004a; 김희정과 박은희, 2004; 한상기, 2007; Ennis, 1962; Lipman, 2005; Nosich, 2009; Paul & Elder, 2006)은 이 판단 준거로 논리성, 명료성, 정확성, 정밀성, 적절성, 심층성, 광범성, 중요성 등을 공통적으로 제시하고 있다. 이러한 연구들을 바탕으로 강순희(2010)는 ‘과학’에서의 비판적 사고 기능을 평가하는 판단 수행 준거의 하위 요소로 7가지를 제시하고 과학과 교육과정에 제시되어 있는 각 탐구 사고력(관찰, 분류, 측정, 예상, 추리, 문제 인식, 가설 설정, 변인 통제, 자료 해석 및 자료 변환, 결론 도출 및 일반화)에 대한 일반적인 평가 기준을 마련하였다. 본 연구에서는 강순희(2010)의 연구를 바탕으로 검증 가능성, 일관성, 정밀성, 정확성, 중요성, 타당성을 선택을 강조한 비판적 사고인 수렴적 사고 기능의 평가 요소로 선정하였다. 강순희의 7가지 하위 범주 중 광범성이 제외된 이유는 앞에서 선정한 발산적 사고 기능의 평가 요소인 융통성과 그 범주가 겹친다고 판단하였기 때문이다. 본 연구에서 선정한 수렴적 사고 기능의 평가 요소와 각각의 정의는 표 3과 같다.

## 5. 문항별 평가 기준의 개발

### 1) 문항별 평가 요소 및 배점

문항별 평가 요소와 배점을 구체적으로 결정하기

**표 3**  
수렴적 사고 기능의 평가 요소와 정의

평가 요소	정의
검증 가능성	생성한 아이디어를 과학적인 방법으로 검증할 수 있는 정도
일관성	아이디어의 내용에 모순이 없으며 진술 과정이 논리적인 정도
정밀성	아이디어를 제시할 때 구체적인 수치를 근거로 하며, 상황에 적합한 수준으로 기록한 정도
정확성	생성한 아이디어가 과학 지식에 근거하여 신뢰할 수 있는 정도
중요성	중요한 변인을 선택하여 핵심적인 내용을 빠짐없이 진술한 정도
타당성	생성한 아이디어가 주어진 문제에 적합한 정도

위하여 인천시 소재 남녀공학 B중학교 2학년 350명을 대상으로 2차 예비 검사를 실시하였다. 이 결과와 1차 예비 검사 도구의 현장 검증을 통해 얻은 학생들의 응답 내용을 토대로 각 문항에 대한 구체적인 평가 기준을 정하였다. 평가 요소는 앞에서 설명하였듯이 크게 발산적 사고 기능과 수렴적 사고 기능으로 구분하고, 각각의 하위 요소를 유창성, 융통성, 독창성과 타당성, 검증 가능성, 정확성, 일관성, 중요성, 정밀성으로 정하여 구체적인 채점 기준을 마련하였다. 그 결과 얻어진 각 문항의 평가 요소와 배점에 대한 개괄적인 틀은 표 4와 같다.

창의적 문제 해결 과정에서 사용되는 발산적 사고 기능과 수렴적 사고 기능의 비중이 동등하다는 전제 하에 두 평가 요소의 총점이 동일하도록(36점) 점수를 부여하고, 문제 해결 과정의 각 단계가 모두 중요하기 때문에 단계별로 제작된 문항들 간의 배점 차이를 최소로 줄일 수 있도록(19점과 15점) 점수를 부여하여 검사지의 총점을 72점으로 정하였다.

### 2) 발산적 사고 기능의 채점 기준

유창성은 주어진 시간 내에 많은 아이디어를 생성해 낼 수 있는 능력으로, 제시된 문제 상황과 관련된 많은 문제를 발견해 내거나 많은 가설을 세우거나 가능한 많은 해결 방안을 찾아내는 능력을 뜻한다. 그래서 대부분의 발산적 사고 기능 검사들은 반응의 옳고 그름에 상관없이 제시된 모든 아이디어의 개수를 유창성 점수로 부여한다. 그러나 본 검사에서는 단순히 제시문을 반복하거나 제시된 현상과 직접적인 관련이 없는 아이디어에까지 유창성 점수를 부여하는 것은 검사의 목적에 합당하지 않은 것으로 판단하여, 제시된 현상과 직접적인 관련이 없는 아이디어나 문제에서 요구하는 응답 형식에 맞지 않는 응답 내용(예를 들어 문제 인식 과정에서 문제가 아닌 가설이나 해결

**표 4**  
문항별 평가 요소 및 배점

평가 요소	문항	문항별 평가 요소				평가 요소별 합계
		1. 문제인식	2-1. 가설설정	2-2. 실험설계	3. 해결책 도출	
발산적 사고 기능	유창성	4	4		4	36
	융통성	4	4		4	
	독창성	4	4		4	
수렴적 사고 기능	타당성	3	3	3	3	12
	검증 가능성	2	2	2	2	8
	정확성	2	2	2	2	8
	일관성			3		3
	중요성			3		3
	정밀성			2		2
문항별 합계		19	19	15	19	72

**표 5**  
발산적 사고 기능의 채점 기준

평가 요소	점수	아이디어의 수				
		4	3	2	1	0
유창성	아이디어의 수	9개 이상	6~8개	3~5개	1~2개	0개
융통성	아이디어의 범주 수	9개 이상	6~8개	3~5개	1~2개	0개
독창성	빈도수가 5%이하에 속하는 아이디어의 수	4개 이상	3개	2개	1개	0개

책을 제시한 경우나 가설 설정 과제에서 가설이 아닌 예측이나 추리를 제시한 경우)은 적절하지 않은 응답으로 간주하여 채점에서 배제하였다. 그래서 본 검사에서 유창성은 '주어진 시간 내에 생성해 낸 적절한 아이디어의 수'로 정의하고, 1, 2차 예비 검사에서 학생들이 생성해 낸 적절한 아이디어의 수에 대한 빈도 분석 결과를 참고하여 표 5와 같이 점수를 부여하였다. 예비 검사에서 학생들이 생성해 낸 적절한 아이디어의 수에 대해 빈도 분석 결과는 그림 2에 퍼센트로 나타내었다.

융통성은 다양한 범주의 아이디어나 반응을 나타내는 능력으로, 제시된 문제 상황과 관련된 다양한 범주의 문제를 발견해 내거나 다양한 가설을 세우거나 다양한 해결 방안을 찾아내는 능력을 의미한다. 이러한 융통성도 유창성과 마찬가지로 학생들의 응답 중 단순히 제시문을 반복하거나, 제시된 현상과 직접적인 관련이 없는 아이디어는 제외하고 융통성을 '생성해 낸 적절한 아이디어에 담겨져 있는 반복되지 않은 범주의 수'로 정의하고, 학생들의 응답 수준을 참고하여 표 5와 같이 점수를 부여하였다. 학생들의 응답 수준

을 알아보기 위해 실시한 빈도 분석 결과는 그림 3에 퍼센트로 나타내었다.

독창성은 주관적 독창성과 객관적 독창성으로 구분되는데, 주관적 독창성이란 창의적인 산출물을 만들

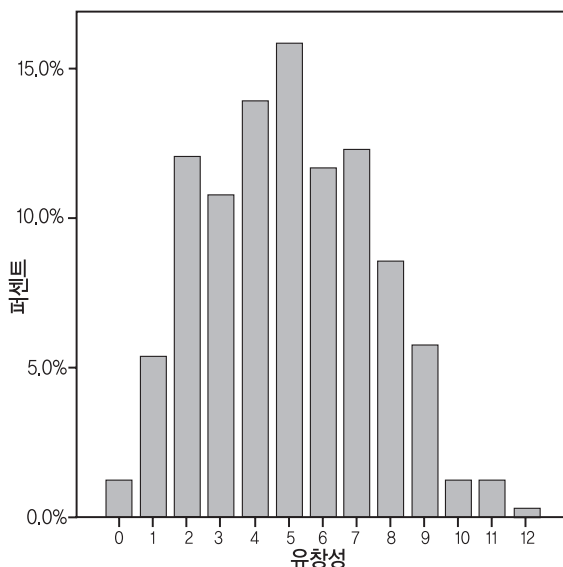


그림 2 아이디어 수의 빈도 분석 결과



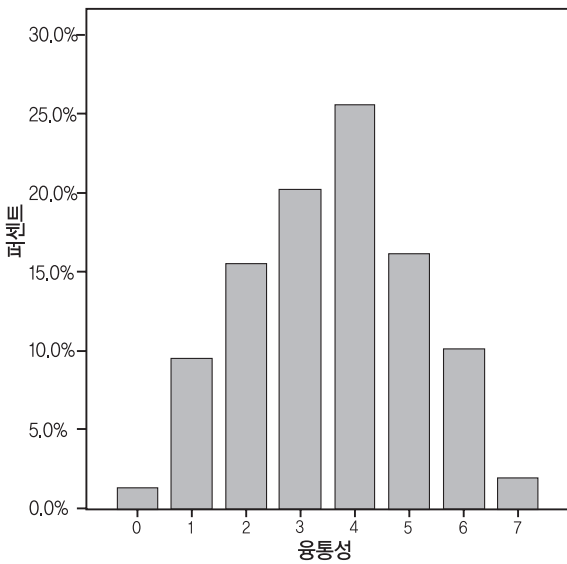


그림 3 아이디어 범주 수의 빈도 분석 결과

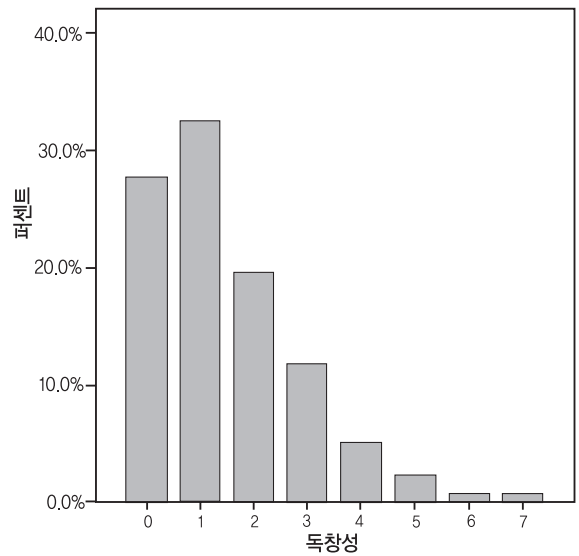


그림 4 독특한 아이디어 수의 빈도 분석 결과

어떤 개인에게 새로운 것을 말하며, 객관적 독창성이란 통계적인 희소성을 갖거나 여러 전문가들이 사회·문화적 맥락을 고려하여 독창적이라고 평가한 것을 말한다(김승훈, 2004). 따라서 독창성을 평가하는 방법은 두 가지로 볼 수 있는데, 본 검사에서는 피검자들 중 몇 명이 동일한 반응을 했는지를 채점하여 소수의 피검자들이 제시한 반응에 점수를 부여하는 통계적 희소성을 기준으로 평가하였다. 소수의 피검자 수준은 Runco(1999)의 연구에 따라 5%로 설정하였다. 그러므로 독창성을 '생성해 낸 적절한 아이디어들 중 다른 학생들의 반응에서 보기 힘든 독특한 아이디어의 수'로 정의하고 학생들이 생성해 낸 적절한 아이디어의 목록을 작성하고, 각 아이디어의 빈도수를 전체 학생 수로 나누어서 5%이하에 속하는 아이디어의 수로 독창성을 채점하였다. 그림 4에 퍼센트로 나타낸 예비 검사에서 학생들이 생성해 낸 독특한 아이디어 수의 빈도 분석 결과를 바탕으로 본 연구에서 개발한 평가 도구의 총점에서 독창성 점수는 표 5와 같이 부여하였다.

### 3) 수렴적 사고 기능의 채점 기준

각 문항에 해당하는 과학적 탐구 과정의 평가 기준에 대한 문헌 조사와 예비 검사 결과로 얻게 된 학생들의 응답 내용을 참고하여 각 문항에 적절한 수렴적 사고 기능의 평가 기준을 개발하였다.

문항 1은 학생들의 문제 인식 능력을 평가하는 문제로 황사에 대한 자료(정의와 성분, 발생 지역과 이동 방향, 우리나라에 영향을 미치는 발생지, 최근 발생 경향)들을 제시하고 이와 관련하여 과학자가 되어 연구해 보고 싶은 문제를 가능한 많이, 다양하게 생성해 낸 뒤, 자신이 생성해 낸 문제들 중에서 가장 중요해서 연구할 가치가 크다고 생각하는 것 한 가지를 선택하는 과제였다. 먼저 문제 인식에 대한 일반적인 평가 기준과 학생들의 응답 내용을 토대로 연구자가 선정한 평가 준거, 그리고 그에 해당되는 수렴적 사고 기능의 하위 요소를 표 6과 같이 정리해 보았다.

각 평가 준거들에 해당하는 수렴적 사고 기능의 하위 요소를 살펴보면, 주어진 상황에서 적절한 문제를 인식하는데 주로 사용되는 수렴적 사고 기능은 타당성과 검증 가능성, 정확성이라는 것을 알 수 있다. 그래서 문항 1(문제 인식 과제)에 적합한 수렴적 사고 기능의 평가 요소는 타당성, 검증 가능성, 정확성으로 선정하였다. 이어서 평가 내용에 따라 각 평가 요소에 대한 구체적인 채점 기준을 표 7과 같이 마련하였다.

채점 기준을 바탕으로 볼 때 많은 평가 항목을 포함하는 타당성은 학생들의 응답 수준을 4단계로 분류하는 것이 적절하다고 판단되어 3점부터 0점까지 부여하였고, 검증 가능성과 정확성은 학생들의 응답 수준을 3단계로 분류하여 채점하는 것이 합당하다고 판단되어 2점부터 0점을 부여하였다. 이를 바탕으로 문항

**표 6**  
문제 인식 과제의 평가 준거와 수렴적 사고 기능의 하위 요소

평가 항목	평가 내용	수렴적 사고 기능의 하위 요소
1	제시된 현상을 바르게 이해한다.	타당성, 정확성
2	제시된 내용과 자료를 정확하게 이해한다.	타당성, 정확성
3	생각해 낸 문제가 탐구할 가치가 있다.	타당성
4	인과적 질문을 제시한다.	타당성
5	과학적인 방법으로 연구 가능하다.	검증 가능성
6	과학적 개념을 사용하여 아이디어를 제시한다.	타당성, 검증 가능성
7	용어를 적절한 곳에 바르게 사용한다.	타당성
8	불분명하거나 애매모호한 단어가 없다.	타당성, 검증 가능성
9	충분히 구체적으로 설명되어 쉽게 이해할 수 있다.	타당성, 검증 가능성
10	아이디어의 내용이 과학적 지식과 문제에 제시된 자료에 근거하여 옳다.	정확성

**표 7**  
문제 인식 과제의 수렴적 사고 기능의 채점 기준

평가 요소	채점 기준
타당성	단순한 관찰 결과나 제시문의 반복, 해결책이나 해결 방법이 아니며, 제시된 문제 상황과 직접적인 관련이 있고, 불분명하거나 애매모호한 단어가 없어서 내용이 명료하고, 정확한 과학적 용어를 바르게 사용하여 의미가 명확한 인과적 질문을 선택한다.
검증 가능성	과학적인 방법(실험이나 조사)으로 연구 가능한 문제를 선택한다.
정확성	아이디어의 내용이 과학적 지식과 문제에 제시된 자료에 근거하여 옳다.

1에 대한 수렴적 사고 기능의 채점 기준과 배점을 확정하였다.

문항 2-1은 학생들의 가설 설정 능력을 평가하는 문제로 두 개의 접시에 물을 담고 같은 수의 개구리밥을 넣은 후 각기 다른 지역에 놓아두고 며칠 후 살펴보았더니 두 지역의 개구리밥 수가 달랐다는 문제 상황을 제시하고 그렇게 된 이유라고 생각하는 가설을 가능한 많이, 다양하게 생성해 내고, 자신이 생성해 낸 가설들 중에서 가장 그럴듯한 가설을 한 가지 선택하는 과제였다. 가설 설정에 대한 일반적인 평가 기준과 학생들의 응답 내용을 토대로 연구자가 선정한 평가 준거, 그리고 각 평가 준거에 해당되는 수렴적 사고 기능의 하위 요소는 표 8과 같았다.

각 평가 준거들에 해당하는 수렴적 사고 기능의 하위 요소를 살펴보면, 주어진 상황에서 적절한 가설을 설정하는데 주로 사용되는 수렴적 사고 기능도 문제 인식에 주로 사용되는 수렴적 사고 기능과 비슷하다는 것과, 다른 하위 요소들 보다 타당성의 활용이 많

이 필요하다는 것을 알 수 있다. 그래서 문항 2-1(가설 설정 과제)에 대한 수렴적 사고 기능의 평가 요소도 타당성, 검증 가능성, 정확성으로 선정하고 타당성에 3점, 검증 가능성과 정확성에 2점씩을 부여하기로 했다. 이를 바탕으로 문항 2-1에 대한 수렴적 사고 기능 채점 기준을 확정하였다.

문항 2-2는 학생들의 실험 설계 능력을 평가하는 문제로, 문항 2-1의 가설 설정 문항에서 자신이 선택한 가설을 증명할 수 있는 한 가지 실험을 구체적으로 계획하는 과제였기 때문에 수렴적 사고 기능만을 평가한다. 물론 실험 설계도 창의적 사고 능력이 필요한 탐구 과정이다. 그러므로 문항의 형식에 따라 실험 설계를 통하여 학생들의 창의적 사고 능력을 평가할 수 있을 것이다. 그러나 본 연구에서는 평가 대상을 중학생으로 제한하였기 때문에 평가 대상의 수준과 평가 소요 시간 등을 고려하여 이미 앞 과제에서 선택한 가설을 검증할 수 있는 한 가지 실험만을 구체적으로 설계하도록 제한하고 있다. 이 때문에 2-2 문항에서는

**표 8**  
가설 설정 과제의 평가 준거와 수렴적 사고 기능의 하위 요소

평가 항목	평가 내용	수렴적 사고 기능의 하위 요소
1	제시된 현상을 바르게 이해한다.	타당성, 정확성
2	과학적 탐구 과정으로 검증 가능하다.	검증 가능성
3	가설의 내용이 과학적 지식에 근거하여 그럴듯하다.	정확성
4	과학적 개념을 사용하여 아이디어를 제시한다.	타당성, 검증 가능성
5	용어를 적절한 곳에 바르게 사용한다.	타당성
6	독립 변인을 종속 변인과 인과적으로 연결 짓고 있다.	타당성
7	불분명하거나 애매모호한 단어가 없다.	타당성, 검증 가능성
8	충분히 구체적으로 설명되어 쉽게 이해할 수 있다.	타당성, 검증 가능성
9	독립 변인의 수준을 구체적으로 제시하고 있다.	검증 가능성

자신이 선택한 가설을 검증할 수 있는 실험을 논리적으로 잘 설계했는지에 초점을 맞추어 수렴적 사고 기능만을 평가하기로 하였다. 실험 설계에 대한 일반적인 평가 기준과 학생들의 응답 내용을 토대로 선정된 평가 준거, 그리고 각 평가 준거에 해당하는 수렴적 사고 기능의 하위 요소를 표 9와 같이 정리하였다.

각 평가 준거들에 해당하는 수렴적 사고 기능의 하

위 요소를 살펴보면, 가설을 검증하기 위해 적절한 실험을 설계하는데 사용되는 수렴적 사고 기능은 문제 인식이나 가설 설정과 공통으로 타당성, 검증 가능성, 정확성이 있고, 그 외에 일관성, 중요성, 정밀성도 활용되는 것으로 나타났다. 그래서 문항 2-2(실험 설계 과제)의 수렴적 사고 기능의 평가 요소는 타당성, 검증 가능성, 정확성, 일관성, 중요성, 정밀성으로 선정

**표 9**  
실험 설계 과제의 평가 준거와 수렴적 사고 기능의 하위 요소

평가 항목	평가 내용	수렴적 사고 기능의 하위 요소
1	선택한 가설과 직접적인 관련이 있다.	타당성
2	실험 가능한 방법이다.	검증 가능성
3	실험 과정이 논리적이다.	일관성
4	한 번에 하나의 변인만 조작한다.	검증 가능성
5	용도에 알맞은 실험 방법과 실험 도구를 선택한다.	정확성
6	과학적 개념을 사용하여 실험 과정을 제시한다.	타당성, 검증 가능성
7	용어를 적절한 곳에 바르게 사용한다.	타당성
8	예상 결과가 과학적 지식에 근거하여 그럴듯하다.	정확성
9	실험 설계에 포함된 그림이나 표가 과학적 지식에 근거하여 그럴듯하다.	정확성
10	불분명하거나 애매모호한 단어가 없다.	타당성, 검증 가능성
11	충분히 구체적으로 설명되어 쉽게 이해할 수 있다.	타당성, 검증 가능성
12	실험 과정을 순서대로 제시하고 있다.	검증 가능성
13	실험군과 대조군을 바르게 설정한다.	타당성, 정확성
14	변인을 수치 등을 사용하여 정량적으로 조작하고 있다.	정밀성
15	선택한 가설에 따라 실험을 설계한다.	일관성
16	가설, 실험 과정, 예상 결과 및 결과 해석의 앞· 뒤 내용에 모순이 없다.	일관성
17	실험에 영향을 미칠 가능성이 높은 중요한 통제 변인을 모두 통제한다.	중요성

하였다. 이어서 평가 내용에 따라 각 평가 요소에 대한 구체적인 채점 기준을 표 10과 같이 마련하였다.

채점 기준을 바탕으로 볼 때 많은 평가 항목을 포함하는 타당성과 일관성은 학생들의 응답 수준을 4단계로 분류하는 것이 적절하다고 판단되어 3점부터 0점까지 부여하였다. 중요성의 경우 평가 내용은 한 가지이지만 학생들의 응답 수준을 4단계로 분류하는 것이 합당하다고 판단되어 3점부터 0점까지 부여하기로 결정하였다. 왜냐하면 실험 설계에서 변인을 통제하는 능력은 매우 중요하며, 학생들의 응답 내용을 살펴본 결과 통제 변인을 통제하지 않는 학생들과 실험에 영향을 미칠 가능성이 높은 중요한 통제 변인(빛, 온도, 공기, 물 등)들 중 조작 가능한 변인을 1개, 2개, 그리고 그 이상 통제하는 학생들로 분류할 수 있었기 때문이다. 그리고 검증 가능성과 정확성, 정밀성은 채점 기준을 바탕으로 볼 때 학생들의 응답 수준을 3단계로 나누는 것이 적절하다고 판단되어 2점부터 0점까지 부여하기로 했다. 이를 바탕으로 결정한 문항 2-2에 대한 수렴적 사고 기능의 채점 기준과 배점을 확정하였다.

문항 3은 학생들의 해결책 도출 능력을 평가하는 문제로 돋보기로 햇빛을 모아 풍선을 빨리 터트리는 시합에서 이기기 위한 방법을 모두, 구체적으로 생각해 내고, 자신이 생각해 낸 여러 가지 방법들 중에서 가장 효과적이고 적절하다고 생각되는 방법을 한 가

지 선택하는 과제였다. 문제의 해결책을 도출하기 위해서는 탐구 사고력 중에서 결론 도출과 일반화의 능력이 필요하다고 생각하여 결론 도출과 일반화에 대한 일반적인 평가 기준과 학생들의 응답 내용을 토대로 연구자가 선정한 평가 준거, 그리고 각 평가 준거에 해당되는 수렴적 사고 기능의 하위 요소를 표 11과 같이 정리하였다.

표 11에서 볼 수 있듯이, 주어진 문제 상황에서 적절한 해결책을 고안하는데 주로 사용되는 수렴적 사고 기능은 앞에서 살펴본 문제 인식이나 가설 설정 과정과 유사하였다. 그래서 문항 3(해결책 도출)의 수렴적 사고 기능 평가 요소도 타당성, 검증 가능성, 정확성으로 선정하고 타당성에 3점, 검증 가능성과 정확성에 2점씩을 부여하기로 하고, 문항 3에 대한 수렴적 사고 기능의 채점 기준을 확정하였다. 각 문항에 대한 구체적인 채점 기준의 일부는 부록 2에 제시하였다.

## 6. 평가 도구의 검증

### 1) 최종 평가 도구와 채점 기준에 대한 타당도 검증

연구자에 의해 개발된 검사 도구는 과학 교육 전문가 2인과 과학 교육 박사인 현장 과학 교사 2인에게 평가 도구의 내용 및 채점 기준에 대한 타당도 검증을 받았다. 평가 도구의 내용뿐만 아니라 채점 기준에 대

**표 10**  
실험 설계 과제의 수렴적 사고 기능의 채점 기준

평가 요소	채점 기준
타당성	실험군과 대조군을 설정하고, 통제 변인을 구체적으로 언급하고, 불분명하거나 애매모호한 단어가 없어서 내용이 명료하고, 정확한 과학적 용어를 바르게 사용하여 의미가 명확하다.
검증 가능성	설계된 방법에 따라 실험이 가능하고, 한 번에 하나의 변인을 조작한다.
정확성	용도에 알맞은 실험 방법과 도구를 선택하였고, 실험군과 대조군의 설정이 가설을 정확히 검증하기에 적절하고, 예상 결과가 과학적 지식에 근거하여 그럴듯하며, 실험 설계에 포함된 그림이나 표가 과학적 지식에 근거하여 옳고, 선택한 가설에 적절하다.
일관성	선택한 가설에 따라 실험을 설계하였고, 가설, 실험 과정, 예상 결과 및 결과 해석의 앞·뒤 내용에 모순이 없으며, 실험의 순서가 논리적이다.
중요성	실험에 영향을 미칠 가능성이 높은 중요한 통제 변인들 중 조작 가능한 변인을 3개 이상(모두) 통제하거나, '다른 모든 조건은 동일하다.'는 전략을 사용한다.
정밀성	조작 변인을 수치 등을 사용하여 정밀하게 조작한다.

표 11  
해결책 도출 과제의 평가 준거와 수렴적 사고 기능의 하위 요소

평가 항목	평가 내용	수렴적 사고 기능의 하위 요소
1	제시된 문제 상황(해결해야 할 문제)을 바르게 이해한다.	타당성, 정확성
2	제시된 내용(문제 해결의 초점)을 정확하게 이해한다.	타당성, 정확성
3	고안해 낸 해결책이 과학적인 탐구 방법으로 실현 가능하다.	검증 가능성
4	고안해 낸 해결책이 과학적 지식에 근거하여 그럴듯하다.	정확성
5	해결책에 사용된 도구가 과학적인 지식에 근거하여 적절하다.	정확성
6	과학적 개념을 사용하여 해결책을 제시한다.	타당성, 검증 가능성
7	용어를 적절한 곳에 바르게 사용한다.	타당성
8	불분명하거나 애매모호한 단어가 없다.	타당성, 검증 가능성
9	충분히 구체적으로 설명되어 쉽게 이해할 수 있다.	타당성, 검증 가능성
10	해결책에 포함된 그림이나 표가 과학적인 지식에 근거하여 옳다.	정확성
11	해결책을 선정한 이유를 충분히 제시하고 있다.	타당성
12	문제 해결 과정을 순서대로 제시하고 있다.	정확성
13	용도에 알맞은 방법과 도구를 선택한다.	정확성

해서도 타당도 검증을 의뢰한 까닭은 본 연구에서 개발한 평가 도구의 형태가 채점자의 주관적 판단에 의해 점수가 부여되는 서술형 평가이기 때문이다. 즉, 채점자는 채점 기준을 통해 점수를 부여하기 때문에 연구자가 개발한 채점 기준이 과학 창의적 문제 해결 능력의 목표와 내용을 잘 반영하는가에 대한 타당도를 검증할 필요가 있었다.

내용의 적절성에 대한 검증 결과를 바탕으로 문제 상황의 구조화 정도와 문제 제시 상황의 일부 표현을 수정하였고, 채점 기준의 적절성에 대한 검증 결과를 바탕으로 정확성과 일관성에 대한 채점 기준을 일부 수정·보완하였다.

## 2) 최종 검사 도구에 대한 신뢰도 검증

서술형 평가 도구에 대한 피검자들의 반응은 채점자의 판단에 의해 점수화되기 때문에 흔히 채점자들이 평가한 피검자의 능력 수준의 유사성을 의미하는 채점자간 신뢰도에 의해 검사 도구에 대한 신뢰도를 분석한다. 따라서 본 연구에서는 최종 검사지의 현장 투입에 참여한 중학교 1, 2, 3학년 317명 중에서 2학년인 39명을 무선 표집하여 이 학생들의 응답을 채점자 3인(연구자, 과학 교육 전문가 1인, 과학 교육 박사 과정을 수료한 현장 중학교 교사 1인)이 각각 채점한 결과로 채점자간 신뢰도를 분석하였다.

## 3) 최종 검사 도구의 현장 투입

최종 검사 도구는 인천시 소재 남녀공학 K 중학교 1, 2, 3학년 학생 320명에게 투입하였으며, 전체 응답자 중에서 4문항에 모두 응답한 317명(남학생 143명, 여학생 174명; 1학년 109명, 2학년 98명, 3학년 110명)을 대상으로 응답 결과를 분석하였다. 이 학생들은 1, 2차 예비 검사에 참여하지 않은 학생들이다. 검사 결과는 SPSS 14.0을 사용하여 통계 처리하였다.

# Ⅲ. 연구 결과 및 논의

## 1. 검사 도구의 타당도 검증

본 연구에서 개발한 최종 검사 도구는 표 12, 13, 14와 같이 내용 및 평가 기준의 적절성에 대한 판정의 합치도가 높게 나타났다. 따라서 본 연구에서 개발한 검사 도구의 내용 및 평가 요소, 채점 기준은 모두 적절하다고 판단된다.

## 2. 검사 도구의 신뢰도 검증

본 연구에서는 검사 도구의 신뢰도를 검증하기 위해 Pearson의 상관계수를 이용하여 채점자간 신뢰도를 구하였다. 총점과 하위 문항 각각에 대한 채점자 3인의 채점자간 신뢰도를 추정한 결과는 표 15와 같았다.

**표 12**  
내용의 적절성에 대한 타당도 검증 결과

항목	내용의 적절성			
	매우 적절	적절	부적절	매우 부적절
문항의 소재 및 내용이 중학생들에게 적절합니까?	ABCD			
각 문항의 표현 방식은 적절합니까?	ABCD			
문항1은 문제 인식 능력을 평가하기에 적절합니까?	B	ACD		
문항2-1은 가설 설정 능력을 평가하기에 적절합니까?	CD	AB		
문항2-2는 실험 설계 능력을 평가하기에 적절합니까?	BCD	A		
문항3은 해결책 도출 능력을 평가하기에 적절합니까?	BC	AD		
각 문항의 형식은 과학 창의적 문제 해결 능력을 평가하기에 적절합니까?	BD	AC		
각 문항은 과학 창의적 문제 해결 능력에 필요한 사고 기능을 평가하기에 적절합니까?	BCD	A		

\* A, B, C, D는 타당도 검증자(4명)

**표 13**  
평가 요소의 적절성에 대한 타당도 검증 결과

하위 요소	평가 기준의 적절성			
	매우 적절	적절	부적절	매우 부적절
유창성	ABCD			
융통성	BCD	A		
독창성	CD	AB		
타당성	BCD	A		
검증 가능성	BCD	A		
정확성	CD	AB		
일관성	CD	AB		
중요성	BD	AC		
정밀성	BD	AC		

\* A, B, C, D는 타당도 검증자(4명)

**표 14**  
채점 기준의 적절성에 대한 타당도 검증 결과

항 목	채점 기준의 적절성			
	매우 적절	적절	부적절	매우 부적절
유창성의 채점 기준은 적절합니까?	ABCD			
융통성의 채점 기준은 적절합니까?	BD	AC		
독창성의 채점 기준은 적절합니까?	BCD	A		
타당성의 채점 기준은 적절합니까?	BCD	A		
검증 가능성의 채점 기준은 적절합니까?	BC	AD		
정확성의 채점 기준은 적절합니까?		ABCD		
일관성의 채점 기준은 적절합니까?	CD	AB		
중요성의 채점 기준은 적절합니까?	BC	AD		
정밀성의 채점 기준은 적절합니까?	BCD	A		

\* A, B, C, D는 타당도 검증자(4명)

검사 총점에 대한 채점자간 상관계수는 .95 이상으로 높게 나타나 본 연구에서 개발한 평가 도구의 신뢰도가 매우 높음을 알 수 있었다. 문항별 채점자간 상관계수는 가설 설정 문항인 문항 2-1의 채점자 2와 3의 상관 계수가 .873인 것을 제외하고 모두 .90이상으로 높게 나타났다. 문항별로 보면 문제 인식 문항(문항 1)과 해결책 도출 문항(문항 3)의 채점 결과 간 상관계수가 대체적으로 높게 나타났다. 사고 기능별로 살펴보면 발산적 사고 기능의 채점 결과는 문항 1의 경우 .98이상의 매우 높은 상관을 보인 것을 포함하여 모두 .80이상의 일관성을 나타내고 있었다. 유창성의 경우 학생들이 생성해 낸 적절한 아이디어의 수에 따라 점수가 결정되기 때문에 아이디어가 문항에 적절한지를 평가하는데 있어서 채점자들 간에 미미한 차이가 있었으나 전반적으로 거의 같은 점수를 부여하는데 큰 문제가 없었던 것으로 판단된다. 또한 융통성의 경우에는 채점 기준에 있는 학생들의 응답 내용의 범주대로 채점하였기 때문에 채점 결과의 일관성이 높았으며, 독창성도 이 응답 내용 중 그 비율이 5% 이하인 응답들을 표시하고 채점하였기 때문에 높은 일관성을 나타낼 수 있었던 것으로 생각된다. 수렴적 사고 기능의 채점 결과는 실험 설계 문항인 문항 2-2의 정밀성에 대한 채점자간 상관계수가 채점자 2와 3은 .508, 채점자 3과 1이 .546인 것을 제외하면 .70이상의 상관을 나타내었다. 이는 실험 설계에서 조작 변

인을 상황에 적합한 수준으로 정밀하게 조작하는가에 대한 기준이 채점자 3의 경우 다른 채점자들과 다소 달랐던 것으로 보인다. 이 결과를 참고로 하여 실험 설계의 정밀성 채점 기준을 수정·보완하여 더욱 명료한 채점 기준을 세울 수 있었다. 그러나 정밀성을 포함한 문항 2-2의 문항 총점에 대한 채점자간 상관계수가 .90이상임으로 채점자간 신뢰도에는 큰 문제가 없는 것으로 판단된다. 즉, 상관계수를 통하여 추정된 채점자간 신뢰도를 보아 모든 문항과 각 사고 기능에 대해 3명의 채점자들이 채점 기준을 매우 비슷하게 적용하여 평가하였음을 알 수 있다. 따라서 본 연구에서 개발한 평가 도구의 평가 기준 및 준거가 양호함을 알 수 있다.

### 3. 검사 도구의 난이도와 변별도

난이도와 변별도는 문항 단위로 분석하며, 주로 기준지향 검사를 제작하기 위한 문항 선정 기준으로 사용된다. 그러나 본 연구처럼 준거지향 검사를 위해서 참고 자료로 활용되거나 변별도가 0보다 작을 때 그 문항을 버리는 준거로 활용되기도 한다(김승훈, 2004). 난이도와 변별도는 고전 검사 이론에 근거하여 분석하였으며, 문항마다 부분 점수가 있을 때 적용할 수 있는 식을 이용하여 구하였다. 문항별 난이도와 변별도는 표 16과 같이 나타났다.

**표 15**  
검사 도구의 채점자간 신뢰도

채점자	총점			문항 1			문항 2-1			문항 2-2			문항 3		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	1.000			1.000			1.000			1.000			1.000		
2	.978**	1.000		.983**	1.000		.975**	1.000		.969**	1.000		.973**	1.000	
3	.972**	.953**	1.000	.986**	.968**	1.000	.927**	.873**	1.000	.922**	.921**	1.000	.979**	.974**	1.000

\*\* p<.01

**표 16**  
문항별 난이도와 변별도

문항	과학 탐구 과정	문항의 주제	난이도	변별도
1	문제 인식	황사	51.5	0.314
2-1	가설 설정	개구리밥	55.7	0.332
2-2	실험 설계		44.8	0.325
3	해결책 도출	풍선 터뜨리기	49.3	0.529
총 점(72)			49.9	0.367

어느 정도의 난이도를 가져야 좋은 문항인가 하는 것은 검사의 목적과 상황에 따라 달라진다. 문항 난이도에 의하여 문항을 평가하는 절대적인 기준은 없으나 일반적으로 25% 미만이면 매우 어려운 문항, 25% 이상~75% 미만이면 적절한 문항, 그리고 75% 이상이면 매우 쉬운 문항이라 평가할 수 있기 때문에 (Cangelosi, 1990) 본 평가 도구의 문항들은 문항 난이도 측면에서 모두 적절하다고 판단된다. 문항 변별도 지수에 의하여 문항을 평가하는 절대적 기준도 정해져 있지는 않으나 일반적으로 .40 이상이면 변별도가 좋은 문항으로 평가하고, .20 미만이면 적어도 수정 또는 제거해야 할 문항이며, 특히 문항 변별도가 음수인 문항은 나쁜 문항으로 검사에서 제외해야 한

다(성태제, 2004). 그러므로 본 연구에서 개발한 평가 문항 중 해결책을 도출하는 3번 문항은 문항 변별도 측면에서 좋은 문항으로 평가할 수 있으며, 나머지 문항들도 문항 변별도 측면에서 모두 적절하다고 판단된다.

#### 4. 과학 창의적 문제 해결 능력 채점 결과

중학생의 과학 창의적 문제 해결 능력을 평가하기 위하여 제시한 세 가지 과제에 대한 학생들의 응답 범주와 내용의 일부는 부록 3에 제시하였다. 학생들의 창의적 문제 해결 능력의 문항별 점수와 하위 요소별 점수의 기술통계 분석 결과는 표 17과 같았다.

**표 17**  
‘과학 창의적 문제 해결 능력 점수’의 기술통계량

문항	하위 요소 (배점)	평균(백분율)	표준편차	최저점	최고점
문항1. 문제 인식 (황사)	유창성(4)	2.30(57.5)	.90	0	4
	융통성(4)	1.85(46.3)	.63	0	3
	독창성(4)	1.41(35.3)	1.24	0	4
	타당성(3)	1.30(43.3)	.84	0	3
	검증 가능성(2)	1.38(69.0)	.72	0	2
	정확성(2)	1.59(79.5)	.72	0	2
	합계(19)	9.81(51.6)	3.26	0	17
문항2-1. 가설 설정 (개구리밥)	유창성(4)	2.12(53.0)	.73	0	4
	융통성(4)	1.97(49.3)	.65	0	4
	독창성(4)	1.19(29.8)	1.16	0	4
	타당성(3)	2.17(72.3)	.84	0	3
	검증 가능성(2)	1.26(63.0)	.77	0	2
	정확성(2)	1.75(87.5)	.57	0	2
	합계(19)	10.47(55.1)	2.96	2	18
문항2-2. 실험 설계 (개구리밥)	타당성(3)	1.44(48.0)	1.99	0	3
	검증 가능성(2)	1.30(65.0)	.76	0	2
	정확성(2)	.65(32.5)	.78	0	2
	일관성(3)	1.77(59.0)	.96	0	3
	중요성(3)	.93(31.0)	1.19	0	3
	정밀성(2)	.56(28.0)	.64	0	2
	합계(15)	6.66(44.4)	4.10	0	15
문항3. 해결책 도출 (풍선 터트리기)	유창성(4)	2.03(50.8)	.77	0	4
	융통성(4)	1.78(44.5)	.61	0	3
	독창성(4)	.63(15.8)	.81	0	3
	타당성(3)	1.21(40.3)	.79	0	3
	검증 가능성(2)	1.42(71.0)	.71	0	2
	정확성(2)	1.43(71.5)	.88	0	2
	합계(19)	8.50(44.7)	3.12	0	17
<b>총점(72)</b>		<b>35.44(49.2)</b>	<b>8.79</b>	<b>8</b>	<b>61</b>



학생들은 가설 설정 문항에서는 높은 점수를 나타낸 반면, 실험 설계와 해결책 도출 문항에서는 상대적으로 낮은 점수를 나타냈다. 또한 실험 설계 문항의 경우에는 다른 문항에 비하여 점수의 편차도 컸다. 실험 설계 문항은 예비 현장 검사 후 실시한 설문 조사에서도 학생들이 상대적으로 어렵게 느끼는 문항이었던 것에 반해, 해결책 도출 문항은 설문 조사에서는 학생들이 쉽게 느끼는 문항이었으나 실제 학생들의 점수는 낮게 나왔다. 학생들의 평가 하위 요소별 점수 분포를 살펴보면 해결책 도출 문항의 독창성 점수가 다른 문항들에 비해 현저히 낮은 것을 발견할 수 있다. 그러므로 매우 익숙한 상황인 돋보기로 풍선 터트리기 과제에서 새롭고 기발한 아이디어를 생각해 내는 것이 오히려 더 힘들었다는 것을 알 수 있다. 실험 설계 문항의 경우 평가 하위 요소 중 정확성과 중요성, 정밀성의 점수가 낮은 것으로 나타났다. 이는 학생들이 실험을 과학적 지식에 근거하여 정확하게 설계하는 능력, 중요한 통제 변인을 찾고 적절하게 통제하는 능력, 실험을 정밀하게 설계하는 능력이 다소 부족함을 의미한다. 이는 현장 교사들이 교실에서 실험 설계 방법을 교수할 때 고려해야 할 점이라고 생각된다.

남학생 143명과 여학생 174명의 과학 창의적 문제 해결 능력의 문항별 점수와 하위 요소별 점수를 비교한 결과는 표 18과 같다.

과학 창의적 문제 해결 능력의 총점은 성별에 따라 거의 차이가 없었으며, 문제 인식 문항과 실험 설계 문항에서는 여학생의 점수가 조금 높았고, 가설 설정 문항과 해결책 도출 문항에서는 남학생의 점수가 조금 높았다. 남학생과 여학생이 과학 창의적 문제 해결

능력에 차이를 나타내는지 알아보기 위하여 t-검증을 실시하였으나, 본 연구에서 개발한 평가 도구로 측정된 과학 창의적 문제 해결 능력의 총점과 각 문항별 점수, 평가 요소별 점수들은 성별에 따라 통계적으로 유의미한 차이가 나타나지 않았다.

1학년 109명과 2학년 98명, 3학년 110명의 과학 창의적 문제 해결 능력의 문항별 점수를 비교한 결과는 표 19와 같다.

과학 창의적 문제 해결 능력의 총점은 1학년, 3학년, 2학년 순으로 높게 나타났으며, 문항별 점수도 모두 1학년, 3학년, 2학년 순으로 높게 나타났다. 전체 학생들의 점수가 높게 나타났던 가설 설정 문항에서는 학년별 점수 차가 크지 않았으나 전체 학생들의 점수가 낮게 나왔던 해결책 도출 문항에서는 학년별 점수 차가 크게 나타났다. 학년별 과학 창의적 문제 해결 능력의 차이가 유의미한지 알아보기 위하여 문항별로 분산 분석(ANOVA)을 실시한 결과는 표 20과 같다.

학년별 과학 창의적 문제 해결 능력은 기술 통계량에서 점수 차가 크지 않았던 가설 설정 능력만 통계적으로 유의미한 차이가 없었으며, 이를 제외한 문제 인식, 실험 설계, 해결책 도출 능력에서 통계적으로 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다. 그래서 다중비교 방법 중 최소유의차(LSD : least significant difference) 방법을 이용하여 사후 분석을 실시하였다. 그 결과는 표 21과 같다.

문제 인식의 경우 1학년과 2학년, 1학년과 3학년의 평균차가 통계적으로 유의미하였으며, 실험 설계의 경우는 1학년과 2학년, 해결책 도출의 경우는 1학년과

**표 18**  
성별 '과학 창의적 문제 해결 능력 점수'의 기술통계량

문항 (배점)	성별	평균(백분율)	표준편차	최저점	최고점
문항1. 문제 인식(19)	남	9.63(50.68)	3.39	0	17
	여	9.96(52.42)	3.16	0	16
문항2-1. 가설 설정(19)	남	10.56(55.58)	2.97	3	17
	여	10.40(54.74)	2.96	2	18
문항2-2. 실험 설계(15)	남	6.55(43.67)	4.15	0	17
	여	6.75(45.00)	4.06	0	15
문항3. 해결책 도출(19)	남	8.69(45.74)	2.97	0	15
	여	8.36(44.00)	3.24	0	16
총점(72)	남	35.42(49.19)	8.56	17	59
	여	35.47(49.26)	9.00	8	61

**표 19**  
 학년별 '과학 창의적 문제 해결 능력 점수'의 기술통계량

문항(배점)	학년	평균(백분율)	표준편차	최저점	최고점
문항1. 문제 인식(19)	1	10.48(55.16)	3.35	0	16
	2	9.44(49.68)	3.39	0	17
	3	9.48(49.89)	2.98	0	17
문항2-1. 가설 설정(19)	1	10.73(56.47)	2.80	2	17
	2	9.95(52.37)	2.98	2	16
	3	10.67(56.16)	3.06	3	18
문항2-2. 실험 설계(15)	1	9.06(60.40)	3.31	0	17
	2	7.72(51.47)	3.26	0	14
	3	8.65(57.67)	2.67	0	14
문항3. 해결책 도출(19)	1	7.51(39.53)	4.17	0	15
	2	5.84(30.74)	3.87	0	15
	3	6.55(34.47)	4.09	0	15
총 점(72)	1	37.78(52.47)	8.97	8	58
	2	32.95(45.76)	8.78	14	61
	3	35.35(49.10)	8.05	18	59

**표 20**  
 학년별 '과학 창의적 문제 해결 능력 점수' 비교

문항(배점)	분산원	제곱합	자유도	평균 제곱	F	p
문제 인식 (19)	집단간	73.855	2	36.927	3.521	.031*
	집단내	3292.789	314	10.487		
	전 체	3366.644	316			
가설 설정 (19)	집단간	38.718	2	19.359	2.228	.109
	집단내	2728.247	314	8.689		
	전 체	2766.965	316			
실험 설계 (15)	집단간	147.315	2	73.658	4.488	.012*
	집단내	5153.890	314	16.414		
	전 체	5301.205	316			
해결책 도출 (19)	집단간	95.139	2	47.570	5.002	.007**
	집단내	2986.104	314	9.510		
	전 체	3081.243	316			
총 점(72)	집단간	1205.651	2	602.825	8.148	.000**
	집단내	23230.633	314	73.983		
	전 체	24436.284	316			

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

2학년, 2학년과 3학년, 전체 과학 창의적 문제 해결 능력은 각 학년 간 모두 평균차가 통계적으로 유의미 하였다. 이렇게 과학 창의적 문제 해결 능력이 학년에 따라 일정한 패턴 없이 차이가 난다는 것은 오히려 학

년과는 특별한 상관관계가 없다는 것을 의미한다고 해석할 수 있다.

하위 평가 요소인 발산적 사고 기능과 수렴적 사고 기능의 학년별 점수를 비교해 본 결과 수렴적 사고 기

표 21  
학년별 '과학 창의적 문제 해결 능력 점수'의 사후 분석 결과

문항	(I)학년	(J)학년	평균차(I-J)	표준오차	p
문제 인식 (19)	1	2	1.038	.451	.022*
	1	3	.995	.438	.024*
	2	3	-.043	.450	.924
실험 설계 (15)	1	2	1.677	.564	.003*
	1	3	.968	.548	.078
	2	3	-.709	.563	.209
해결책 도출 (19)	1	2	1.331	.429	.002*
	1	3	.401	.417	.337
	2	3	-.930	.428	.031*
총 점(72)	1	2	4.831	1.197	.000*
	1	3	2.425	1.162	.038*
	2	3	-2.406	1.195	.045*

\*p<.05

능 중 생성한 아이디어를 과학적인 방법으로 검증할 수 있는 정도인 검증 가능성이 학년이 높아지면서 높은 점수를 나타냈고, 그 이외의 모든 평가 요소의 점수는 과학 창의적 문제 해결 능력의 총점과 동일하게 1학년, 3학년, 2학년 순으로 나타났다. 각 평가 요소의 점수 차이를 보면 수렴적 사고 기능보다는 발산적 사고 기능의 점수 차이가 크게 나타났으며, 발산적 사고 기능 중에서도 제시된 문제 상황에서 적절한 아이디어를 많이 생성해 낼 수 있는 능력인 유창성에서 점수 차이가 가장 크게 나타났다.

발산적 사고 기능과 수렴적 사고 기능의 학년별 차이가 통계적으로 유의미한지 알아보기 위하여 분산분석(ANOVA)을 실시한 결과는 표 22와 같았다. 수렴적 사고 기능의 총점과 검증 가능성, 정확성, 일관성을 제외한 나머지 하위 요소들의 점수는 학년별로 통계적으로 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났으나, 사후 분석을 실시한 결과 이 역시 문항별 점수와 마찬가지로 학년 간에 일정한 규칙성 없이 단순히 차이가 있는 것으로 나타났다.

각 영역에서 가장 낮은 학년인 1학년의 점수가 가장 높고, 특히 발산적 사고 기능의 경우 그 차이가 매우 크다는 것은 일정한 형식의 평가 없이 비교적 자유로운 분위기인 초등학교에서 진급한 지 얼마 안 된 중학교 1학년이 이미 주어진 5지선다 중에서 정해져 있는 답을 찾아야 하는 상황에 익숙해진 2, 3학년보다 오히려 창의적으로 사고할 수 있는 능력이 높음을 보여준

다. 이는 학생들의 창의성 개발에 주춧돌이 되어야 할 학교 교육이 오히려 학생들의 창의성 발달에 장애가 되고 있는 것은 아닌지 반성하게 되는 결과이다.

#### IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 중학생의 과학 창의적 문제 해결 능력을 평가할 수 있는 일반적인 평가 기준과 구체적인 검사 도구를 개발하고자 하였다. 검사 도구의 내용 및 평가 기준에 대한 타당도는 적절한 것으로 검증되었고, 과학 창의적 문제 해결 능력에 작용하는 사고 기능의 하위 요소들 역시 적절하게 선정하였음을 알 수 있었다. 또한 평가 도구의 신뢰도도 대체로 높게 나타나, 본 연구에서 개발한 평가 도구가 중학생들의 과학 창의적 문제 해결 능력을 평가하는데 신뢰할 수 있는 도구임을 알 수 있었다. 고전 검사 이론에 바탕을 둔 문항의 평균 난이도는 49.9이고, 변별도는 0.367로 산출되어 문항 난이도와 변별도 측면에서도 적절한 평가 도구인 것으로 나타났다.

본 연구에서 개발한 과학 창의적 문제 해결 능력 검사 문항의 평균 점수는 35.44점으로 총점 72점에 대해 백분율로 계산했을 때 49.2점인 것으로 나타났다. 평가 문항별로 보면 가설 설정 문항이 백분율 점수 55.1점으로 가장 높았고, 실험 설계 문항이 백분율 점수 44.4점으로 가장 낮았다. 사고 기능의 하위 요소별로 살펴보면 가설 설정 문항의 정확성 점수가 백분율

**표 22**  
학년별 '발산적 사고 기능'과 '수렴적 사고 기능' 점수 비교

평가 요소 (배점)	분산원	제공합	자유도	평균제공	F	p
유창성 (12)	집단간	78.196	2	39.098	3.519	.000**
	집단내	908.088	314	2.892		
	전체	986.284	316			
융통성 (12)	집단간	27.936	2	13.968	9.058	.000**
	집단내	484.184	314	1.542		
	전체	512.120	316			
독창성 (12)	집단간	46.841	2	23.420	5.265	.006**
	집단내	1396.806	314	4.448		
	전체	1443.647	316			
발산적 사고 기능 (36)	집단간	421.691	2	210.846	10.521	.000**
	집단내	6292.978	314	20.041		
	전체	6714.669	316			
타당성 (12)	집단간	33.810	2	16.905	4.584	.011*
	집단내	1157.887	314	3.688		
	전체	1191.697	316			
검증 가능성 (8)	집단간	12.848	2	6.424	2.070	.128
	집단내	974.704	314	3.104		
	전체	987.552	316			
정확성 (8)	집단간	4.502	2	2.253	.787	.456
	집단내	898.359	314	2.861		
	전체	902.864	316			
일관성 (3)	집단간	1.204	2	.602	.646	.525
	집단내	292.442	314	.931		
	전체	293.647	316			
중요성 (3)	집단간	15.130	2	7.565	5.482	.005**
	집단내	433.343	314	1.380		
	전체	448.473	316			
정밀성 (2)	집단간	7.297	2	3.649	9.333	.000**
	집단내	122.753	314	.391		
	전체	130.050	316			
수렴적 사고 기능 (36)	집단간	206.589	2	103.294	2.842	.060
	집단내	11410.869	314	36.340		
	전체	11617.457	316			

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

점수 87.5점으로 가장 높았고, 해결책 도출 문항의 독창성 점수가 백분율 점수로 15.8점으로 현저히 낮았다. 과학 창의적 문제 해결 능력 점수의 학년별, 성별 차이를 분석해 본 결과 과학 창의적 문제 해결 능력은

성별에 따라 차이가 없었으며, 학년별로는 차이가 나타났으나 일정한 패턴을 보이지는 않았다.

본 연구에서 개발한 평가 도구는 과학 탐구 과정에 따라 문항이 구성되었기 때문에 중학생들의 과학 창

의적 문제 해결 능력을 평가하는 도구로 사용될 수 있을 뿐만 아니라, 학생들의 과학 탐구 능력과 관련된 기초 연구 자료로도 이용될 수 있을 것으로 기대된다. 그러나 지필 평가로 개발된 본 평가 도구만으로는 학생들의 종합적인 과학 창의적 문제 해결 능력을 평가하기에는 다소 부족하므로 실험 활동 등을 통한 평가를 함께 실시하는 것이 바람직할 것이다. 또한 본 연구에서 개발한 과학 창의적 문제 해결 능력 검사지의 평가 틀과 평가 기준은 과학에서의 창의적 문제 해결 능력 전반에 대한 고찰을 통하여 고안되었으나, 중학생을 위한 검사로 개발되어 과학 내용의 수준이 중학생에게 적합하도록 선택되었으며, 문항 제시 수준과 평가 소요 시간 등 검사의 모든 측면이 중학생에게 알맞게 구성되었다. 그러므로 본 연구에서 개발한 평가 틀과 평가 기준을 활용하여 다양한 학교 급에 적용할 수 있는 다양한 수준의 검사 도구의 개발이 향후 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

## 국문 요약

본 연구에서는 중학생들의 과학 창의적 문제 해결 능력을 측정하기 위해 타당도와 신뢰도가 높은 검사 도구를 개발하였다. 먼저 과학 창의적 문제 해결 능력에 대한 조작적 정의를 바탕으로 3차원 평가 틀(과학 내용, 과학 탐구 기능, 사고력)을 개발하였으며, 이 평가 틀에 맞추어 평가 문항을 개발하였다. 현장 과학 교사들의 검토를 거쳐 예비 검사에 투입할 3과제로 구성된 4개 문항을 확정하였고, 예비 검사 결과를 바탕으로 각 문항의 구체적인 채점 기준과 배점을 결정하였다. 완성된 최종 검사 도구는 내용 및 평가 기준에 대한 과학 교육 전문가와 현장 교사들의 타당도 검증을 거친 후 중학교 1, 2, 3학년 320명에게 투입되었으며, 채점 결과를 바탕으로 채점자간 신뢰도를 검증 받았다. 채점 결과 문항 난이도와 변별도 역시 적절한 것으로 나타났다. 앞으로 본 연구에서 개발한 평가 틀과 평가 기준을 활용하여 다양한 학교 급에 적용할 수 있는 다양한 수준의 과학 창의적 문제 해결 능력 평가 도구의 개발이 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

## 참고 문헌

강순희 (2008). 창의적 사고 지향 교수 모델 개발

및 적용. 제53차 한국과학교육학회 정기총회 및 동계 학술대회 구두발표.

강순희 (2010). 과학 창의적 문제 해결력 평가 도구와 평가 준거. 이화여자대학교 사범대학 교육과학연구소. 서울: 도서 출판 새로문화.

교육과학기술부 (2009). 과학과 교육과정(교육인적자원부 고시 제 2009-41호) [별책 9] 과학과 교육과정.

교육사전편집회 (1960). 교육대사전. 서울: 신장사.

교육인적자원부 (2007). 과학과 교육과정(교육인적자원부 고시 제 2007-79호) [별책 9] 과학과 교육과정. 서울: 대한교과서주식회사.

김경자 (2000). 학교교육과정론. 서울: 교육과학사.

김승훈 (2004). 중학생의 과학창의력 측정도구의 개발과 창의력 관련 변인과의 관계. 한국교원대학교 박사학위 논문.

김영채 (2004a). 사고력: 이론, 개발과 수업. 서울: 교육과학사.

김영채 (2004b). 창의적 문제 해결: 창의력의 이론, 개발과 수업. 서울: 교육과학사.

김주훈, 이은미, 최고운, 송상현 (1996). 과학영재 판별도구 개발 연구(I)-기초 연구 편-. 한국교육개발원.

김홍원, 김명숙, 방승진, 황동주 (1997). 수학영재 판별도구 개발 연구(II)-검사 제작 편-. 한국교육개발원.

김희정, 박은진 (2004). 비판적 사고를 위한 논리(개정판). 서울: 아가넷.

박인숙 (2010). 메타인지 기능을 강화한 과학 창의적 문제 해결 능력 신장 프로그램 개발과 적용. 이화여자대학교 박사학위 논문.

박인숙, 강순희 (2011). 과학 창의적 문제 해결 능력에 대한 현장 교사들의 인식. 한국과학교육학회지, 31(2), 314-327.

박종원, 박종석 (2003). 과학적 창의성 평가를 위한 3차원 틀. 제43차 한국과학교육학회 정기총회 및 동계학술대회: 과학영재 평가 체제의 구축, 56-69.

방담이, 박지은, 송주연, 강순희 (2011). 창의적 문제 해결력 지향 일반화학실험 교수 전략 개발 및 적용 효과(제 I 보). 대한화학회지, 55(2), 290-303.

성태제 (2004). 문항제작 및 분석의 이론과 실제(개정판). 서울: 학지사.

우종옥 (2003). 과학 영재의 평가틀. 제43차 한국 과학교육학회 정기총회 및 동계학술대회: 과학영재 평가 체제의 구축, 31-55.

이인재, 김범기 (2004). 과학과 교사의 학생 평가 전문성 신장 모형과 기준. 연구보고 RRE 2004-5-5. 한국교육과정평가원.

조석희, 장영숙, 정태희 (2003). 영재판별을 위한 간편 창의적 문제해결력 검사 개발을 위한 기초 연구. 한국교육, 30(1), 259-296.

한기순 (2000). 창의성의 영역 한정성과 영역 보편성에 관한 분석과 탐구. 영재교육연구, 10(2), 47-69.

한상기 (2007). 비판적 사고와 논리. 서울: 서광사.

Cangelosi, J. S. (1990). Designing tests for evaluating student achievement. New York: Longman.

Chi, M. T. H. (1997). Creativity: Shifting across ontological categories flexibly. In T. B. Ward, S. M. Smith & J. Vaid (Eds.), Creative thought: An investigation of conceptual structures and processes (pp. 209-234). Washington, DC: American Psychological Association.

Csikzentmihalyi, M. (1996). Creativity: Flow and the psychology of discovery and invention. New York: HarperPerennial.

Ennis, R. H. (1962). A concept of critical thinking. Harvard Educational Review, 32(1), 81-111.

Feist, G. J. (2009). 인간의 창의적 재능에서 진화되어 온 유동적 특수성. In R. J. Sternberg, E. L. Grigorenko & J. L. Singer (Eds.), 창의성: 그 잠재력의 실현을 위하여 (pp. 97-135). 서울: 학지사. (원저 2004 출판)

Feldman, D. H. (1994). Beyond universals in cognitive development (2nd ed.). New Jersey: Ablex Publishing Corporation.

Gardner, H. (2000). Fostering creativity in the knowledge-based society. 교원교육 85주년 국제학술심포지움. 이화여자대학교 사범대학.

Guilford, J. P. (1950). Creativity. The American Psychologist, 5, 444-454.

Lipman, M. (2005). 고차적 사고력 교육(박진환, 김혜숙 공역). 서울: 인간사랑. (원저 2003년 출판)

Lubart, T. I. (1994). Creativity. In R. J. Sternberg (Ed.), Thinking and problem solving (pp. 289-332). New York: Academic Press.

Lubart, T. I. & Guignard, Jacques-Henri. (2009). 창의성의 일반성과 특수성-다변량적 접근. In Sternberg, R. J., Grigorenko, E. L., & Singer, J. L. (Eds.), 창의성: 그 잠재력의 실현을 위하여 (pp. 77-96). 서울: 학지사. (원저 2004 출판)

Mayer, R. E. (1999). Fifty years of creativity research, In R. J. Sternberg (Ed.), Handbook of creativity (pp. 449-460). New York: Cambridge University Press.

Meeker, M. (1969). The structure of intellect: Its interpretation and uses. Columbus: Merrill.

Meeker, M. (1976). The structure of intellect: Evaluation source book. CA: SOI Institute.

Nickerson, R. S. (1999). Enhancing creativity. In R. J. Sternberg (Ed.), Handbook of creativity (pp. 392-430). Cambridge: Cambridge University Press.

Nosich, G. M. (2009). Learning to think things through: A guide to critical thinking across the curriculum (3rd ed.). New Jersey: Person Prentice Hall.

Paul, R. & Elder, L. (2006). Critical thinking: Learn the tools the best thinkers use, Concise Ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall.

Plucker, J. A. & Beghetto, R. A. (2009). 창의성이 영역 일반적인 이유와 영역 특수적으로 보이는 이유, 그리고 그 구분이 중요하지 않은 이유. In Sternberg, R. J., Grigorenko, E. L., & Singer, J. L. (Eds.), 창의성: 그 잠재력의 실현을 위하여 (pp. 243-264). 서울: 학지사. (원저 2004 출판)

Runco, M. A. (1999). Divergent thinking. In M. A. Runco & S. R. Pritzker (Eds.), Encyclopedia of creativity (pp. 577-682). San Diego, CA: Academic Press.

Runco, M. A. & Okuda, S. M. (1991). The instructional enhancement of the flexibility and originality scores of divergent thinking tests. *Applied Cognitive Psychology*, 5, 435-441.

Singer, J. L. (2009). 결론적 논평-영역 일반인 가 혹은 영역 특수인가. In Sternberg, R. J., Grigorenko, E. L., & Singer, J. L. (Eds.), *창의성: 그 잠재력의 실현을 위하여* (pp. 305-318). 서울: 학지사. (원저 2004 출판)

Sternberg, R. J. & Lubart, T. I. (1996). Investing in creativity. *American Psychologist*, 51(7), 677-688.

Torrance, E. P. (1962). *Guiding creative talent*. Englewood Cliffs, N.J: Prentice-Hall.

Torrance, E. P. (1974). *Torrance tests of creative thinking: Norms-technical manual*, NJ: Personnel Press.

Torrance, E. P. (1998). *Torrance tests of creative thinking: Norms-technical manual-figural(streamlined) forms A & B*, Illinois: Scholastic Testing Service Inc.

Treffinger, D. J., Isaksen, S. G., & Stead-Dorval, K. B. (2006). *Creative problem solving: an introduction* (4th ed.). TX: Prufrock press Inc.

Wallach, M. A. (1985). Creativity testing and giftedness. In F. D. Horowitz & M. O'Brien (Eds.), *The gifted and talented: Developmental perspectives* (pp. 99-123). Washington DC: American Psychological Association.

Weisberg, R. W. (2009). *창의성 문제해결, 과학, 발명, 예술에서의 혁신*(김미선 역.). 서울: 시그마프레스. (원저 2006 출판)

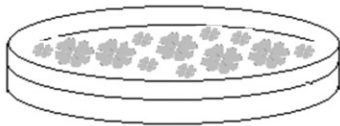
Woolfolk, A. E. (1998). *Educational psychology* (7th ed.). MA: Allyn & Bacon.

## 부 록 1

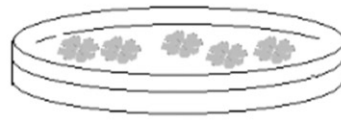
### 중학생을 위한 과학 창의적 문제 해결 능력 검사지의 일부

이 검사지는 여러분의 창의적 문제 해결 능력을 측정하는 도구입니다. 정답이 없는 문제이므로 열심히 생각하여 가능한 다양하고 새로운 방법으로 문제를 해결하면 됩니다. 이 검사는 3가지 주제로 구성되어 있으며 모두 4 문항입니다. 각 문항마다 검사 시간이 정해져 있기 때문에 정해진 시간 안에 문제를 해결해야 합니다. 그러므로 감독 선생님의 지시가 있을 때까지 절대로 다음 문항으로 넘어가지 마세요.

2. 두 개의 접시에 물을 담고 같은 수의 개구리밥을 넣은 후, A와 B지역에 놓아두었다. 며칠 후 살펴보았더니 A지역의 개구리밥의 수가 B지역의 개구리밥 수보다 더 많았다.



A 지역에 놓아 둔 접시



B 지역에 놓아 둔 접시

2-1. 왜 개구리밥의 수가 달라졌을까요? 여러분이 알고 있는 모든 지식과 개념을 활용하여 이 질문에 대한 가설을 가능한 많이, 다양하게 적어보세요. (제한시간 6분)

※ 생각 도우미

☞ 개구리밥이란 연못이나 논에 떠서 사는 여러해살이 식물입니다. 잎은 둥글며 길이가 5~8mm정도이고 표면은 녹색이나 뒷면은 자주색이며 뿌리는 뒷면 중앙에서 5~11개가 나옵니다. 7~8월에 백색의 꽃이 피기도 합니다.

☞ 가설이란 “왜”라는 물음에 대한 답입니다.

예를 들어 “연어는 왜 알을 낳을 때가 되면 자신의 고향으로 돌아올까?”라는 질문에 대하여 여러분은 “고향의 냄새를 기억하나봐”라고 생각할 수 있겠지요. 이러한 생각이 바로 가설입니다. 가설은 아직 옳은지 옳지 않은지 확인되지 않은 것입니다.

질문 : 왜 연어는 산란기가 되면 자기가 태어난 곳으로 돌아올까?

가설 : 왜냐하면 연어는 태어날 때 그 장소의 냄새를 기억해 두었기 때문에 후각을 이용해서 고향으로 돌아올 것이다.

(예) \_\_\_\_\_이기(하기) 때문에 \_\_\_\_\_ 할 것이다.  
 원인 결과

☞ 한 문장에는 한 가지 내용만 쓰고, 가능한 구체적으로 적어보세요.

☞ 답란이 부족하면 검사지의 여백을 이용해도 됩니다.

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
- .....

지시가 있을 때까지 여러분의 창의력을 마음껏 발휘해 보세요.



## 부 록 2

### 중학생을 위한 과학 창의적 문제 해결 능력 검사지의 채점 기준의 일부

**〈수렴적 사고 기능의 채점 기준〉**

1. 문제 인식(황사) 과제의 수렴적 사고 기능의 채점 기준

평가 요소	채점 기준			
	3	2	1	0
타당성	<p>단순한 관찰 결과나 제시문의 반복, 해결책이나 해결 방법이 아니며, 제시된 문제 상황과 직접적인 관련이 있고, 불분명하거나 애매모호한 단어가 없어서 내용이 명료하고, 정확한 과학적 용어를 바르게 사용하여 의미가 명확한 인과적 질문을 선택한다.</p>	<p>단순한 관찰 결과나 제시문의 반복, 해결책이나 해결 방법이 아니며, 제시된 문제 상황과 직접적인 관련이 있는 인과적 질문을 선택하였으나, 일부 단어나 개념이 분명하지 않거나 모호하여 의미가 명확하지 않다.</p>	<p>단순한 관찰 결과나 제시문의 반복, 해결책이나 해결 방법이 아니며, 제시된 문제 상황과 직접적인 관련이 있는 서술적 질문을 선택한다.</p>	<p>단순한 관찰 결과나 제시문의 반복을 선택했거나, 해결책이나 해결 방법을 선택했거나, 문제 상황과 관련된 연구 문제를 선택하지 못한다.</p>
검증 가능성	2	1	0	
	<p>과학적인 방법(실험이나 조사)으로 연구 가능한 문제를 선택한다.</p>	<p>과학적인 방법을 연구 가능하나, 선택한 문제의 내용이 충분히 설명되지 않아 아이디어의 내용을 여러 가지로 해석할 가능성이 있어 제시된 내용만으로 정확히 무엇을 연구해야 할지 모호한 문제를 선택한다.</p>	<p>과학적인 방법(실험이나 조사)으로 연구 불가능하거나 불필요한 문제를 선택한다.</p>	
정확성	2	1	0	
	<p>아이디어의 내용이 과학적 지식과 문제에 제시된 자료에 근거하여 옳다.</p>	<p>아이디어의 내용이 과학적 지식에 근거하여 다소 오류가 있으나 문제에 제시된 자료만으로는 그 아이디어에 오류가 있음을 확인할 수는 없는 문제를 선택한다.</p>	<p>아이디어의 내용이 명백히 잘못된 과학 개념이나 원리를 포함하거나, 제시된 자료를 잘못 해석한 문제를 선택한다.</p>	

### 부 록 3

#### 중학생을 위한 과학 창의적 문제 해결 능력 검사지에 대한 학생들의 응답 유형 일부

중학생의 과학 창의적 문제 해결 능력을 평가하기 위한 검사지에 대한 학생들의 응답 내용 중 적절한 아이디어의 목록을 작성하고, 유형별로 분류하였다. 이 응답 내용들을 기준으로 각 아이디어의 빈도수를 전체 학생 수로 나누어서 5%이하에 속하는 아이디어의 수로 학생들의 독창성 점수를 부여하였다.

1차 예비 검사에 참여한 중학교 2학년 29명과 2차 예비 검사에 참여한 중학교 2학년 350명, 본 검사에 참여한 중학교 1, 2, 3학년 317명의 응답을 합하여 총 696명의 응답 내용을 기초로 독창성 점수를 부여할 응답 내용을 선별하였으며, 독창성 점수를 부여한 응답 내용에는 (\*)를 사용하여 표시하였고, 응답 내용 중 정교성이 떨어져 구체적인 응답 내용으로 기록할 수 없는 내용은 대범주 옆에 응답 횟수로만 기록하였다.

#### 3. '해결책 도출-풍선 터트리기' 문항에 대한 학생들의 응답 유형

학생들의 응답 유형	응답수 (명)
<b>범주 1 : 장소</b>	
1. 햇빛이 잘 드는 곳(양지, 운동장 한 가운데)에서 시합을 한다.	249
2. 햇빛이 강한 곳에서 시합을 한다.	127
3. 태양에서 가까운 높은 곳(옥상)에서 시합을 한다./풍선을 높이 든다.	125
4. 기압이 낮은 곳(높은 곳, 옥상)에서 시합을 한다.	2(*)
5. 뜨거운 땅(아스팔트, 시멘트, 모래사장) 위에서 시합을 한다.	34(*)
6. 바람이 불지 않는 곳에서 시합을 한다.	15(*)
7. 비닐하우스(온도가 높은 곳) 안에서 시합을 한다.	12(*)
8. 표면이 뽀족한 곳에 풍선을 두고 시합한다.	10(*)
9. 건조한 곳에서 시합을 한다.	5(*)
10. 산소가 많은 곳에서 시합을 한다.	1(*)
<b>범주 2 : 시간</b>	
1. 햇빛이 가장 강한 시간(12-2시)에 시합을 한다.	121
2. 햇빛이 강한 날(맑은 날)에 시합을 한다.	25(*)
3. 여름에 시합을 한다.	24(*)
4. 태양의 남중고도가 가장 높은 시간에 시합을 한다.	15(*)
<b>범주 3 : 돋보기</b>	
1. 여러 개의 돋보기를 한꺼번에 풍선에 댄다.	364
2. 큰 돋보기를 사용한다.	300
3. 작은 돋보기를 사용한다.	8(*)
4. 여러 개의 돋보기를 겹쳐서 사용한다.	88
5. 두꺼운 돋보기를 사용한다./많이 볼록한 돋보기를 사용한다.	63
6. 초점이 정확해서 햇빛을 잘 모을 수 있는 돋보기를 사용한다.	18(*)
7. (반사가 잘 되도록) 선택한 돋보기를 사용한다.	3(*)
<b>범주 4 : 굴절</b>	
1. 돋보기의 알을 깨끗하게 닦는다.	3(*)
2. 풍선 바깥 부분에 물방울을 떨어뜨리고 그 물방울에 햇빛을 모은다.	3(*)
3. 돋보기에 물을 묻혀서 렌즈의 굴절률을 조절한다.	1(*)
.....	