

# 초등학생의 과학적 가설생성능력 평가를 위한 서술형 지필과제 및 가설생성능력지수 산출식의 개발

조은별 · 신동훈  
(서울교육대학교)

## Development of a Descriptive Paper Test Item and a Counting Formula for Evaluating Elementary School Students' Scientific Hypothesis Generating Ability

Jo, Eun Byul · Shin, Dong Hoon  
(Seoul National University of Education)

### ABSTRACT

The purpose of this study is to develop a descriptive paper test item which can evaluate elementary school students' HGA (scientific Hypothesis Generating Ability) and to propose a counting formula that can easily assess student's HGA objectively and quantitatively. To make the test item can possibly evaluate all the students from 6th graders to 3rd graders, the 'rabbit's ear' item is developed. Developed test item was distributed to four different elementary schools in Seoul. Total 280 students who were in the 6th grade solved the item. All the students' responses to the item were analyzed. Based on the analyzed data evaluation factors and evaluation criteria are extracted to design a Hypothesis Generating ability Quotient (HGQ). As the result 'Explican's Degree of Likeness' and 'Hypothesis' Degree of Explanation' are chosen as evaluation factors. Also precedent evaluation criteria were renewed. At first, Explican's Degree of Likeness evaluation criterion was turned four levels into three levels and each content of evaluation criterion is also modified. Secondly, new evaluation factor 'Hypothesis' Degree of Explanation' was developed as combined three different evaluation criteria, 'level of explican', 'number of explican' and 'structure of explican'. This evaluation factor was designed to assess how the suggested hypothesis can elaborately explain the cause of one phenomenon. Newly designed evaluation factors and evaluation criteria can assess HGA more in detail and reduce the scoring discordant through the markers. Lastly, Developed counting formula is much more simple than precedent Kwon's equation for evaluating the Hypothesis Explanation Quotient. So it could help easily distinguish one student's scientific hypothesis generating ability.

**Key words** : scientific hypothesis generating ability, evaluation factor, evaluation criteria, hypothesis generating ability quotient, counting formula

### I. 서 론

미국, 영국, 독일, 호주, 뉴질랜드 등 해외 각국에서는 창의적 문제해결력을 21세기 지식정보화사회에서의 국가 및 개인의 경쟁력 확보를 위한 핵심 능력으로 꼽았다(Oh & Ahn, 2012). 이 같은 시대적

변화와 요구에 발맞추어 한국 과학과 교육과정에서는 과학 탐구 능력과 과학적 태도를 함양하여 창의적이고 합리적으로 문제를 해결하는데 필요한 과학적 소양을 기르는 것을 과학과 교육목표로 제시하고 있다(Korean Ministry of Education, Science and Technology, 2011). 이때 문제를 과학적으로 해결할

다는 것은 문제 인식을 시작으로 가설설정, 실험설계 및 수행, 결론도출로 이루어지는 일반적인 과학적 탐구과정을 의미한다(Park & Kang, 2011). 학생이 문제를 해결할 때 가설을 올바르게 설정하지 못하면 정확한 가설 검증이 어려워지며, 이는 결과적으로 문제해결의 실패로 이어진다(Adsit & London, 1997). 따라서 과학적 문제해결력 신장을 위해서는 가설을 올바르게 설정하는 능력을 강화시켜야 한다. 문제 해결을 위해 어떤 현상이 왜 일어났는지를 인과적으로 설명하기 위한 ‘과학적 설명가설’을 제안하거나, 아직 일어나지 않은 현상을 예측하기 위해 ‘과학적 예측가설’을 생성하는 과정(Park, 2000; Shim *et al.*, 2003)은 귀납과 귀추적 사고 모두를 수반한다. 또한 가설생성 기능의 발달이 학생들의 과학적 성취도 향상, 논리적 사고의 발달, 그리고 창의적 사고의 발달과 매우 밀접하게 관련되어 있다는 점(Lawson, 1995)에서 매우 의미 있는 학습 과정이자 과학지식생성 과정 중 가장 창의적이고 핵심적인 과정이라 할 수 있다(Kwon *et al.*, 2003). 이와 같은 가설생성 과정의 교육적·지적 가치를 인식한 과학 교육 연구자들은 과학적 가설 지식의 생성 과정에 대한 바탕이론(Kwon *et al.*, 2000), 가설 생성에서 나타난 과학적 감성의 생성(Kwon *et al.*, 2005), 과학적 가설의 구조와 유형(Jeong, 2007), 과학적 가설의 정의와 특성(Park, 2000) 등 가설생성 과정 및 가설을 주제로 다양한 연구를 진행해왔다. 뿐만 아니라 고등 사고 능력이 발달하기 시작하는 초등학생들의 가설생성능력의 발달을 위하여 과학지식생성 학습프로그램(Kang *et al.*, 2006)을 개발하는 등 초등학생들의 가설생성능력 신장을 위한 연구도 계속되어 왔다.

과학적 가설생성능력의 중요성에 대한 여러 연구 결과에도 불구하고, 학생들의 가설생성능력을 정량적이고 객관적으로 평가할 수 있는 도구나 이를 산출할만한 공식 개발에 관한 연구는 미미하다. 더욱이 평가의 궁극적인 목적이 평가 결과를 학습 지도 계획에 반영하여 보다 개선된 지도 방법을 수립하는데 있다(Korean Ministry of Education, Science and Technology, 2011)는 점에서 가설생성능력을 객관적이고 정량적으로 평가할 수 있는 과제와 이를 산출할 공식의 개발은 필수적이다. 이러한 필요성에 따라 현장에서는 고등학교 과학영재학생들의 가설생성능력을 평가하기 위한 4가지 생물학 가설생

성 교수·학습 과제 및 산출식을 개발하였다(Kwon *et al.*, 2007). 하지만 초등학생들의 경우, 고등학생들과 달리 구체적 조작기부터 과도기, 형식적 조작기에 이르기까지 여러 수준의 인지구조를 갖고 있으며(Kang *et al.*, 2013), 학습자들은 저마다 나름대로의 인지구조의 효율성과 논리적 구성을 통해 과학적 개념을 이해한다(Jung *et al.*, 2003). 따라서 고등학교 과학영재학생들을 대상으로 개발된 가설생성능력 평가 과제와 평가 요소들을 초등학생들의 가설생성능력을 평가하기 위하여 그대로 활용하는 것은 무리가 있다. 또한 이전 연구의 경우, 가설생성능력을 평가하기 위하여 실험이 포함된 수행 기반 과제를 사용하였다. 하지만 실험 과제의 경우, 실험 준비와 정리에 많은 시간이 소요되며, 실험 결과가 명료하지 않을 경우 오히려 학생의 탐구학습을 저해할 수 있다(Hur, 1990). 또 교육현장에서는 과학 이수단위의 부족과 실험 시설 부족으로 과학 실험 및 실습 교육이 효과적으로 실시되지 못하고 있다(Lee *et al.*, 1997). 이러한 상황을 고려한다면 초등학교에서 가설생성능력 평가를 위해 실험을 동반한 수행 기반 평가를 진행하는 것은 불가능하고, 동시에 다수의 학생을 평가하는데 어려움이 있을 것으로 예상된다. 따라서 이 연구의 목적은 초등학생의 가설생성능력 평가를 위한 서술형 지필과제를 개발하는 것과 과제에 대한 학생의 응답을 정량적이고 객관적으로 평가할 수 있도록 가설생성능력 평가 요소와 배점기준을 새롭게 작성하여 가설생성능력지수 산출식을 개발하는데 있다.

## II. 연구 절차 및 방법

### 1. 연구 대상

이 연구를 위하여 서울 소재 4개의 초등학교에 재학 중인 6학년 학생 280명을 연구 대상으로 선정하였다. 예비연구를 위한 1과제 투입 및 기존의 가설설명능력 평가 요소 분석 연구에는 A초등학교 학생 59명, 가설생성능력지수 산출식 개발을 위한 본 연구에는 B초등학교 학생 101명과 C초등학교 49명이 참여하였으며, 최종 검증 연구에는 D초등학교 학생 71명이 참여하였다.

### 2. 연구 절차

초등학생의 가설생성능력을 평가하기 위한 서술

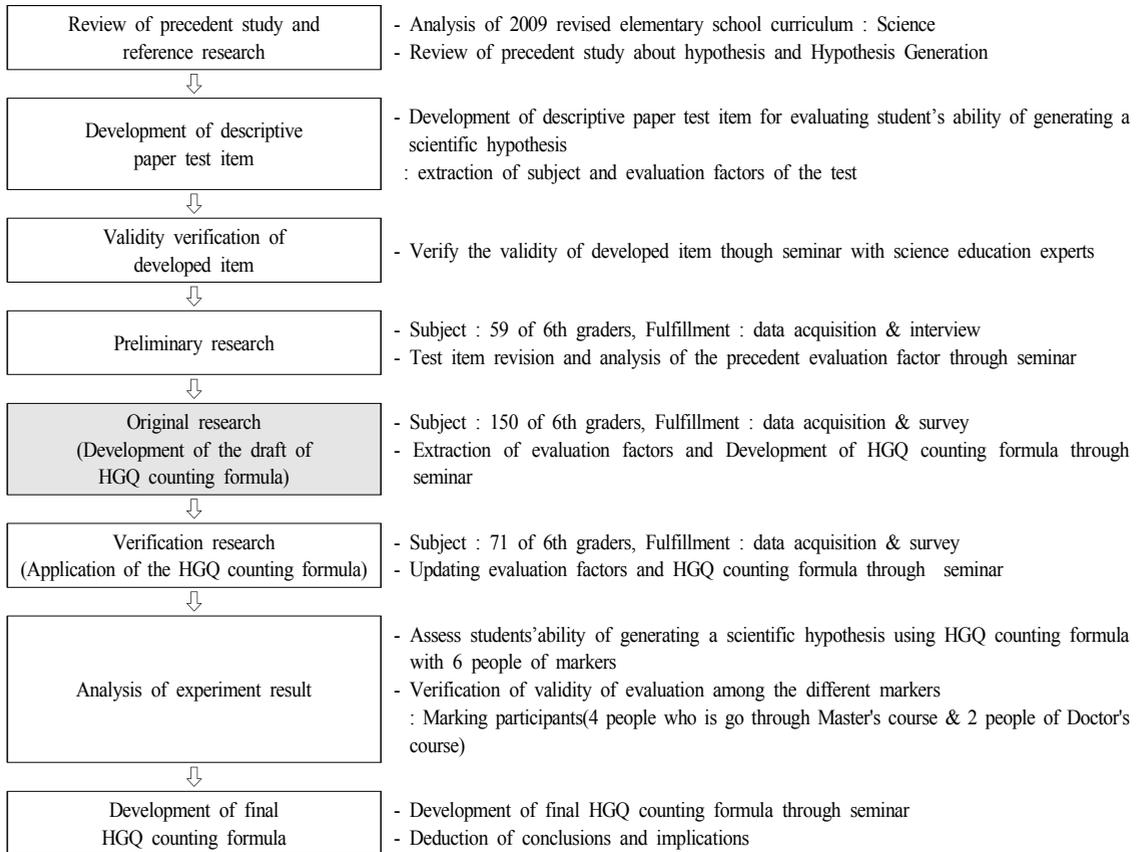


Fig. 1. Research process

형 지필과제를 개발하고, 그 수행 결과를 정량적이고 객관적으로 평가하기 위한 가설생성능력지수 산출식을 개발하기 위한 연구절차는 Fig. 1과 같다.

### 3. 초등학생의 가설생성능력 평가를 위한 서술형 지필과제 개발 방법

#### 1) 평가 과제 주제 추출

초등학생들이 생명 현상에 대한 관심과 호기심이 높다는 연구결과(Shin, 2007)와 일치하게 초등학교 전 학년에서 생물에 관한 자유탐구활동 주제가 가장 많았으며, 선정된 자유탐구 주제들을 분석한 결과, 주변에서 흔히 볼 수 있는 생물에 관한 주제가 많았다(Park *et al.*, 2011). 이러한 연구결과에 따라 자유탐구과정의 일부이자 지식생성능력의 하위 능력인 가설생성능력을 평가하기 위한 서술형 지필과제의 상위주제를 생물로 추출하였다. 초등 과

학 교육과정 내용체계를 분석한 결과, ‘생물’과 관련된 분야는 ‘생명과 지구’였다. ‘생명과 지구’ 분야 하위 학습 내용 중 ‘생물’에 관한 학습 내용을 3~4학년 군에서는 ‘동물의 한 살이’, ‘동물의 생활’, ‘식물의 한 살이’, ‘식물의 생활’ 네 단원에서 다루었으며(Table 1), 5~6학년 군에서는 ‘식물의 구조와 기능’, ‘우리 몸의 구조와 기능’, ‘생물과 환경’, ‘생물과 우리 생활’ 단원에서 다루고 있었다(Korean Ministry of Education, 2011).

일상적 의문에 대한 과학적 가설을 설정할 때 과학 사전지식을 활용하기 위해서는 관련된 과학적 개념을 우선적으로 인지하는 것이 효과적이다(Lee, 2011). 따라서 초등학교 6학년 학생부터 과학과 학습을 시작하는 초등학교 3학년 학생에 이르기까지 모든 학생들의 가설생성능력을 평가하기 위한 과제를 개발하기 위해 초등학교 3~4학년 군에서 다루고 있는 생물 관련 학습 주제 ‘동물’과 ‘식물’ 중 초등학생들이 친밀감과 지적 호기심을 더 크게 느끼

Table 1. Curriculum contents system

Grade group Field	3rd to 4th grade group	
Matter and energy	<ul style="list-style-type: none"> <li>·The weight of objects</li> <li>·Objects and materials</li> <li>·Liquid and gas</li> <li>·The nature of the sound</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·Use of magnets</li> <li>·Separation of mixture</li> <li>·Mirrors and shadow</li> <li>·Change in status of water</li> </ul>
Life and earth	<ul style="list-style-type: none"> <li>·Earth and the moon</li> <li>·Life cycle of the animals</li> <li>·Animals' life</li> <li>·The change of surface of the earth</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·Life cycle of the plants</li> <li>·Volcano and earthquake</li> <li>·Plants' life</li> <li>·stratum and fossil</li> </ul>

는 동물(Jeon *et al.*, 2012)을 가설생성능력 평가 과제의 하위주제로 선정하였다. 3~4학년 군에서는 사막여우의 큰 귀, 낙타의 긴 눈썹과 같은 실제적인 사례를 통해서 적응이라는 과학적 개념을 학습한다. 사막여우가 큰 귀를 통해 열을 밖으로 배출시키는 적응 현상과 유사하면서도 우리 주변에서 쉽게 볼 수 있는 동물인 토끼를 가설설정 과제에 도입하여 ‘토끼 과제’를 개발하였다. 이를 통해 학생이 이미 학습한 과학적 개념을 가설을 설정하는데 활용할 수 있도록 구성하였다.

Table 2. Comparison of evaluation factors & evaluation criteria

Evaluation factors	Evaluation criteria			Score
Type of explican	Phenomenal hypothesis explican			1
	Theoretical hypothesis explican			2
Explican's degree of likeness	Restated the phenomenon			0
	Stated unrelated explican			1
	Stated related explican but the degree of likeness is low			2
	Stated related explican and also the degree of likeness is high			3
Level of explican	Secondary explican			1
	Primary explican			2
↓				
Evaluation factors	Evaluation criteria			Score
	Level of explican	Number of explican	Structure of explican	
Explican's degree of likeness	Restated the phenomenon or could not state any hypothesis			0
	Stated unrelated explican			1
	Stated related explican			2
Hypothesis' degree of explanation	Only contain secondary explican	One	Single structure	1
		More than two	Parallel structure	2
	Only contain primary explican	One	Series structure	3
		More than two	Single structure	4
	Contain secondary and primary explican	One	Series structure	5

## 2) 평가 요소 추출

과학고에 재학 중인 학생들을 대상으로 개발된 가설설명능력 평가 산출식을 분석한 결과, ‘설명자의 유형’, ‘설명자의 차원 수’, ‘설명자의 유사도’, ‘생성한 전체 가설의 수’ 이 네 가지 항목들을 근거로 학생의 가설생성능력을 평가한다(Kwon *et al.*, 2007). 이러한 선행연구를 기초로 초등학생들의 가설생성능력 평가를 위한 서술형 지필과제에 위의 네 가지 평가 요소 모두를 포함하여 개발하였다.

## 3) 평가 과제의 타당도 검증

과학 교육 전문가 1인, 초등 과학교육 전공 박사 과정 3인, 석사 과정 10인과의 세미나 과정을 통해 개발된 가설생성능력 평가를 위한 서술형 지필과제의 내용을 검토하고, 수정·보완하여 평가과제로서의 내용 타당도를 검증하였다.

## 4. 초등학생의 가설생성능력 평가를 위한 지수 산출식의 개발 방법

### 1) 평가 요소 추출 및 평가 요소별 배점 기준의 재선정

개발된 지필과제는 선행연구에서 제안한 가설생성능력 평가 요소 4가지를 모두 포함하여 개발되었으며, 예비 연구에 참여한 초등학교 6학년 59명에게 투입되었다. 예비 연구에 참여한 초등학생들의 과제에 대한 응답 내용을 분석하여 기존의 가설생성능력 평가 요소와 차별성을 갖는 평가 요소를 추출하였으며, 평가 요소별로 배점 기준을 재설정하였다. 이후 진행된 두 차례의 추가적인 과제 투입 및 연구 결과 분석을 바탕으로 배점 기준 초안을 정교화·구체화하여, 최종적으로 초등학생들의 가설생성능력을 평가하는데 적합한 배점 기준을 선정하였다. 재설정된 평가 요소와 요소별 배점기준을 기존의 것과 비교하여 제시하면 Table 2와 같다.

### 2) 가설생성능력 평가를 위한 지수 산출식의 개발

초등학생의 가설생성능력을 정량적으로 나타내는 가설생성능력지수 계산을 위한 산출식은 Fig. 2와 같은 절차를 통해 개발되었다.

### 3) 평가 기준 및 산출식의 타당도 검증

과학 교육 전문가 1인, 초등 과학교육 전공 박사과정 3인, 석사 과정 10인과의 협의회를 통해 초등학생의 가설생성능력을 평가하기 위한 요소, 평가 요소별 배점기준의 내용 및 개발된 가설생성능력 산출식을 검토하고, 수정·보완하여 가설생성능력 평가도구로서의 내용 타당도를 검증하였다.

## 5. 자료 수집 및 분석방법

이 연구에서는 토기가 달리고 난 이후에 평소보다 귀를 더 쫓긋하게 세우는 현상의 원인에 대한 과학적 설명가설을 세워보는 서술형 지필과제를 활용하였다. 토기 귀 과제에 대하여 학생이 실제로 생성한 가설과 그 가설을 제안하게 된 까닭을 기술

한 내용을 수집하였으며, 새롭게 개발한 초등학생을 위한 가설생성능력 평가기준을 활용해 분석하였다.

초등학생의 가설생성능력을 평가할 때에 학생이 생성한 가설뿐 아니라, 그 가설을 제안한 까닭도 함께 평가 대상으로 선정하였는데, 이는 아동들이 말하고자 하는 사건에 대해 자세히 설명하지 않거나 자기가 말한 것에 대해 이유를 대려 하지 않는 것처럼 기술방식에 있어서도 자기중심성을 갖기 때문이다(Yang & Lee, 2011). 따라서 학생들의 자기중심적 내용 기술 및 표현 방식으로 인해 발생할 수 있는 의미 왜곡을 최소화하기 위해 학생이 생성한 가설뿐 아니라, 가설에는 포함되지 않았으나 학생이 그 가설을 설정하기까지의 사고 과정을 간접적으로 관찰할 수 있는 ‘가설을 제안한 까닭’에 기술한 내용 또한 평가 대상으로 포함하였다. 뿐만 아니라 가설을 제안한 까닭’에 기술된 것만으로는 그 의미파악이 어려운 내용에 대해서는 학생과의 개별 인터뷰를 통해 학생의 가설 및 가설 제안 까닭을 파악하였으며, 모든 인터뷰 과정은 녹음하여 전사하였다.

채점자간 타당도 확보를 위하여 초등 과학교육 석사과정 4인, 박사과정 2인이 함께 평가에 참여하였으며, 보다 정밀한 평가를 위하여 교차채점 방식을 활용하였다.

## III. 연구 결과 및 논의

### 1. 초등학생의 가설생성능력 평가를 위한 서술형 지필과제

초등 과학교육과정 및 선행연구 분석을 바탕으로 추출한 ‘동물’이라는 평가 주제를 반영하고, 가설생성능력 평가를 위한 ‘가설 설명자의 유형’, ‘가설 설명자의 유사도’, ‘가설 설명자의 차원’ 세 평

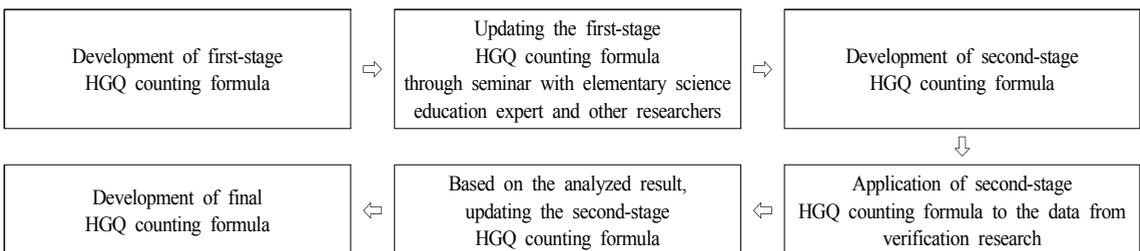


Fig. 2. HGQ counting formula development procedure

가 요소를 포함하면서 초등학교 3~4학년 군에서 학습한 적응이라는 과학적 개념을 도입하여 개발한 ‘토끼 귀’ 과제는 Fig. 3과 같다.

초등학생의 가설생성능력을 평가하기 위한 서술형 지필과제는 초등 과학교육 전문가 1인과 초등 과학교육 석·박사 과정 중인 13인의 교사들과 아래와 같은 협의회를 통하여 과제의 내용 및 형식을 지속적으로 수정·보완하였다.

교사 A: 가설의 정의를 ‘어떤 현상이 일어나게 될 원인을 찾아가기 위해 내리는 잠정적인 결론’이라고 적으셨는데, 용어가 초등학생 수준에 어렵지 않나 생각합니다.

교사 B: 저도 A선생님의 말에 동의합니다. 학생들이 통합탐구과정을 공부할 때 교과서에서는 가설을 ‘궁금한 점에 대하여 자신이 예상한 답’이라고 배웁니다. 교과서에서 배웠던 용어로 제시한다면 가설을 세웠던 사전 경험을 보다 효과적으로

<p><b>문제 4</b> 아래에 민지가 토끼를 관찰하면서 쓴 &lt;관찰일지&gt;의 일부가 있습니다. 민지의 의문을 해결하기 위한 가설을 주어진 공간에 써 보세요.  <b>가설이란, ‘A라는 결과는 B라는 원인 때문일 것이다.’와 같이 궁금한 점에 대하여 자신이 예상한 답을 의미합니다.</b></p>	
<p>관찰일지 2015년 8월 22일 날씨: 맑고 무더움</p>	
	<p style="text-align: center;"><b>관찰한 내용</b></p> <p>토끼의 귀는 토끼의 머리 크기에 비해서 크고 위로 쭉긋 서 있습니다. 그런데 토끼가 달린 후에는 귀를 평상시보다 더욱 쭉긋 세우고 있는 것을 여러 차례 발견하였습니다.</p>
	<p style="text-align: center;"><b>생성한 의문</b></p> <p><b>토끼는 왜 달리고 난 후에 평상시보다 귀를 더 쭉긋하게 세울까?</b></p>
<p>가설 생성 내용</p>	<p>▶ 민지의 의문을 해결하기 위하여 <b>자신이 제안할 수 있는 가설을 모두 적으세요.</b></p> <p>▶ 왜 그러한 가설을 제안하였는지 그 까닭을 <b>자세하고 구체적으로 쓰세요.</b></p> <p>▶ 만약 세 가지 이상의 가설을 제안할 경우, ‘뒷면 →’에 동그라미 표시하고 뒷면에 쓰세요.</p>
<p>가설① :</p> <p>가설①을 제안한 까닭 :</p>	
<p>가설② :</p> <p>가설②을 제안한 까닭 :</p>	
<p>가설③ :</p> <p>가설③을 제안한 까닭 :</p>	

Fig. 3. Developed test item

떠올리지 않을까요?

교사 C: 관찰일지라는 상황을 도입함으로써 관찰한 것에서 의문이 생성되고, 생성된 의문을 해결하기 위해 가설을 세우는 설정이 실제로 과학지식이 생성되는 과정과 유사하다는 점에서 잘 구성된 것 같습니다.

연구자: 가설을 설정하기 위해서는 현상의 원인이 되는 설명자를 탐색할 수 있어야 하기 때문에 학생들이 이미 3~4학년 때 학습한 적응이라는 개념을 도입한 점에 대해서는 어떻게 생각하시나요?

교사 D: 아! 사막여우가 큰 귀를 통해서 체내의 열을 밖으로 방출하는 그 학습 내용과 관련지으신 거군요! 적응이라는 개념을 보유하고 있는 학생이라면 충분히 설명자를 탐색해서 적절한 가설을 세울 수 있을 거 같네요.

교사 B: 과제에 평가 의도가 적절하게 포함되어 있다고 생각합니다. 특히 학생들의 자기중심적 기술방식을 보완하기 위한 장치로 가설을 제안한 까닭을 적게 한 것은 학생의 인지·발달 수준을 고려한 적절한 처치라고 생각합니다.

교사 E: B선생님의 말에 동의합니다. 한 가지 의견을 내자면 과제를 제시할 때 가독성을 높일 수 있는 방법에 대한 고민도 필요할 듯합니다.

교사 A: 지시문을 장문보다는 단문을 활용하여 간결하게 제시한다면 더 좋을 것 같습니다.

연구자: 제안해 주신 내용들과 관련한 선행 논문들을 더 살펴보고 적절하게 반영할 수 있도록 하겠습니다. 의견 내어주셔서 감사합니다.

## 2. 초등학생의 가설생성능력지수 산출식 개발을 위한 평가 요소

### 1) 기존의 가설생성능력 평가 요소 분석

#### (1) 가설설명자의 유형값 분석

초등학생의 가설생성능력 평가를 위한 평가요소 및 배점기준 초안 작성을 위해 투입한 1차 예비 연구에서 가설설명자의 유형 값과 관련한 데이터를 분석하여 Table 3과 같은 결과를 얻을 수 있었다. 연구에 참여한 59명의 학생 중 가설을 생성하지 못하거나 가설이 아닌 의문을 생성한 2명의 학생을 제외한 57명 전원이 현상적 가설설명자를 활용하여 가설을 생성하였다. 뿐만 아니라 이후 본 연구, 검증 연구에 참여한 221명의 학생 중 이론적 가설 설명자를 활용하여 가설을 생성한 학생은 없었다.

Table 3. Analysis of type of explican

Evaluation criteria	Number of responses	Rate of response(%)
Phenomenal hypothesis explican	57	96.61
Theoretical hypothesis explican	0	0.00
Other responses(Questioning : 1, No answer : 1)	2	3.39
Total	59	100.00

초등학생의 경우, 과학의 기본 개념을 학습자의 경험과 친근한 상황 속에서 구체적인 조작 활동을 우선으로 하여 배울 수 있도록 강조하고 있으며(Korean Ministry of Education, Science and Technology, 2011), 과학 개념 지도 시 ‘보일·샤를의 법칙’이나 ‘다윈의 자연선택설’ 등과 같은 과학 이론의 직접적인 언급이나 지도를 지양할 것을 강조하고 있다(Korean Ministry of Education, Science and Technology, 2009). 교수·학습 과정적 측면뿐만 아니라, 학생들이 가설을 설정할 때 직접적인 관찰과 조작이 어려운 이론적 가설설명자보다는 관찰이나 실험을 통해 구체적으로 조작 가능한 현상적 가설설명자에 집중하는 경향(Kim *et al.*, 2011) 등을 Table 3과 같은 결과의 원인으로 추론할 수 있다.

따라서 현 초등과학과 교육과정과 초등학생의 발달수준 및 인지적 특성을 고려하여 초등학생의 가설생성능력을 평가하기 위한 요소로서 가설설명자의 유형 값은 유의하지 않으므로 기존의 평가 요소와는 달리 생략하였다.

#### (2) 가설설명자의 유사도 분석

의문 현상의 원인과 유사성이 높은 설명자를 진술하기 위해서는 토끼가 귀를 쫑긋하게 세우는 현상을 ‘귀의 열 방출 기능’에 대한 과학 개념과 연결을 지을 수 있어야 한다. 하지만 이전 학년에서 사막여우의 큰 귀와 열 방출에 관한 학습이 이루어졌음에도 불구하고, 1명의 학생을 제외한 56명의 학생들은 ‘토끼 귀의 크기’와 ‘귀의 청각적 기능’에 관한 과학 개념을 연관 지어 유사성이 낮은 설명자를 진술하였다. 가설설명자의 유사도 분석 결과는 Table 4와 같이 59명의 학생 중 기타 2명을 제외한 57명의 학생들이 제안한 가설이 가설설명자의 유사도 준거에 따라 유의하게 평정되므로 초등학생의 가설생성능력을 평가하기 위한 평가 요소로서 가설

**Table 4.** Analysis of explican's degree of likeness

Evaluation criteria	Number of responses	Rate of response(%)
Restated the phenomenon	2	3.39
Stated unrelated explican	6	10.17
Stated related explican but the degree of likeness is low	48	81.36
Stated related explican and also the degree of likeness is high	1	1.69
Other responses(Questioning : 1, No answer : 1)	2	3.39
Total	59	100.00

설명자의 유사도는 기존처럼 유지하였다.

(3) 가설설명자의 차원수 분석

제안된 가설들에 포함된 설명자들 중 현상의 원인을 보다 직접적으로 설명하는 설명자가 1차 설명자가 된다. 토끼 과제에서 학생이 ‘사막여우처럼 귀가 크면 열이 빠져 나간다. 뿔면 열이 나니 그 열을 내보내려고 귀를 쫑긋 세우는 것 같다.’라는 가설을 세웠다면 ‘운동 후 열 발생’은 2차 설명자, ‘발생한 열을 배출’은 1차 설명자가 되는 것이다. 1·2차 설명자를 진술하기 위해서는 운동 후 발열, 항상성 조절을 위한 열 배출, 적응, 토끼의 생김새 등 충분한 과학적 선행지식을 보유하고 있어야 하며(Lee, 2011), 이를 고차원적 사고과정을 통해 적절히 조합할 수 있어야 한다. 가설설명자의 차원수 분석 결과는 Table 5와 같이 앞서 가설설명자의 유사도 분석에서 ‘관련이 있고 유사성이 높은 설명자’를 포함한 가설을 세운 1명의 학생과 기타 2명의 학생을 제외한 56명 모두는 1차 설명자를 탐색하지 못하고, 단일한 2차 설명자를 제안하거나, 복수의 2차 설명자를 나열하였다. 학생들이 제안한 가설이 가설설명자의 차원수 준거에 따라 유의하게 평정 되

**Table 5.** Analysis of level of explican

Evaluation criteria	Number of responses	Rate of response(%)
Secondary explican	56	94.92
Primary explican	1	1.69
Other responses(Questioning : 1, No answer : 1)	2	3.39
Total	59	100.00

었으므로 초등학생의 가설생성능력을 평가하기 위한 평가 요소로서 가설설명자의 차원수는 기존과 같이 유지하였다.

2) 초등학생의 가설생성능력지수 산출을 위한 평가 요소 추출

기존의 가설생성능력 평가를 위해 제안된 세 가지 평가 요소(Kwon *et al.*, 2007)가 초등학생들의 가설생성능력을 평가하기에 적합한지 그 평가 요소로서의 타당도를 분석한 결과와 현 초등과학과 교육과정 및 초등학생의 인지·발달 수준을 고려하여 초등학생의 가설생성능력은 Table 6과 같이 가설설명자의 유형값을 제외한 두 가지 요소로 평가한다.

**Table 6.** Comparison of evaluation factors for assessing Hypothesis Generating Ability(HGA)

Precedent HGA evaluation factors	Newly suggested HGA evaluation factors
Type of explican	Explican's degree of likeness
Explican's degree of likeness	Hypothesis's degree of explanation
Level of explican	

3. 초등학생의 가설생성능력지수 산출을 위한 평가 요소별 배점기준

1) 기존의 가설생성능력 평가 요소별 배점기준 분석

(1) 가설설명자의 유사도 배점기준 분석

기존의 가설 설명자의 유사도 배점기준의 경우, Table 7과 같이 4가지 준거에 의해 배점을 달리 하

**Table 7.** Precedent evaluation criteria table of explican's degree of likeness

Evaluation factors	Evaluation criteria	Score
	Restated the phenomenon	0
Explican's degree of likeness	Stated unrelated explican	1
	Stated related explican but the degree of likeness is low	2
	Stated related explican and also the degree of likeness is high	3

고 있다. 학생들의 과제에 대한 응답 중 일부를 기존의 가설설명자의 유사도 배점기준표를 활용하여 평정한 결과를 Table 8에 제시하였다.

- 예시 1. 토끼의 귀가 튀고 나면 평상시보다 더욱 쫓긋 세우고 있기 때문이다. (6-3-61)
- 예시 2. 누구나 땀 때 그 거리를 빠르게 활 지나가기 때문에 뛰어가는 동안 못 들었던 소리를 듣기 위한 것이다. (6-3-54)
- 예시 3. 토끼가 달리고 난 후에는 숨이 차고 힘들니까 귀를 더욱 쫓긋 세우는 것 같다. (6-3-60)
- 예시 4. 토끼가 튀고 나서 힘이 들어서 열을 배출하려고 (6-3-63)
- 예시 5. 뛰면 심장이 빠르게 뛰면서 혈액순환이 빠르게 돌아서 (6-5-6)
- 예시 6. 가설을 제안하지 못함 (6-5-2)
- 예시 7. 정신없이 막 달리면 뒤에서 맹수들이 오는지 모르니까 맹수들이 오는지 들어야 되기 때문 (6-5-14)
- 예시 8. 사막여우처럼 귀를 더 쫓긋 세워 온도를 낮추기 위해서 (6-5-7)
- 예시 9. 토끼는 사람이 가까이 가거나 자신의 천적이 다가오면 주로 도망가면서 달린다. 그러므로 겁에 질려 근육이 수축되어 그런 것 같다. (6-5-8)
- 예시 10. 튀고 나면 숨이 차기 때문에 숨을 크게 들이킬 수밖에 없다. 튀고 나서 커진 귀로 숨을 쉰다고 볼 수 있다. (6-5-13)

기존의 가설설명자의 유사도 배점 기준을 활용할 경우, ‘예시 6’의 학생과 같이 가설을 생성하지 못한 학생의 평정을 위한 준거가 없다. 또한 예시 4의 경우, ‘열 배출’을, 예시 8의 경우 ‘체온 낮추기’를 설명자로 사용하여 현상의 원인을 설명하고 있다. ‘열 배출’과 비교할 때 ‘체온 낮추기’라는 설명자가 현상의 원인인 ‘항상성 유지’, ‘체온조절’을 보다 직접적으로 설명하고 있으므로 유사성이 높은 설명자라 할 수 있다.

기존의 가설설명자의 유사도 배점 기준을 그대

로 활용할 경우, 평가 시 두 가지의 문제점이 발생할 수 있다. 첫째, 앞서 언급했듯 학생이 현상의 원인과 관련이 있으나 그 유사성이 높고 낮음에 대한 평정은 채점자 간 엄격함과 관대함의 차이 등으로 인해 평가자간 채점 불일치가 발생할 수 있다는 한계가 있다(Kim & Yoo, 2012). 둘째, 기존의 가설설명자의 유사도 배점기준을 활용할 경우, 가설설명자의 차원수 점수와 중복 가산되는 문제가 발생한다. 이는 ‘관련이 있고 유사성이 높은 설명자를 진술했다는 것’은 1차 설명자를 제안했다는 의미와 다르지 않기 때문이다.

(2) 가설설명자의 차원수 배점기준 분석

기존의 가설 설명자의 차원수 배점기준의 경우, Table 9와 같이 2가지 준거에 의해 배점을 달리하고 있다. 앞서 가설설명자의 유사도 배점기준 분석을 위해 활용한 학생들의 과제 산출물 예시 1부터 예시 10을 기존의 가설설명자의 차원수 배점기준표를 활용하여 평정하여 그 결과를 Table 10에 제시하였다.

기존의 가설설명자의 차원수 배점 기준을 활용할 경우, 현상의 원인을 직접적으로 설명한 예시 8의 경우와 현상을 재진술한 예시 1, 가설을 생성하지 못한 예시 6을 제외하고는 여타 모든 응답이 2

Table 9. Precedent evaluation criteria table of level of explican

Evaluation factors	Evaluation criteria	Score
Level of explican	Secondary explican	1
	Primary explican	2

Table 10. Evaluation result using precedent evaluation criteria table of level of explican

Evaluation criteria	Score	Corresponding response
Secondary explican	1	Example 2, 3, 4, 5, 7, 9, 10
Primary explican	2	Example 8

Table 8. Evaluation result using precedent evaluation criteria table of explican’s degree of likeness

Evaluation criteria	Score	Corresponding response
Restated the phenomenon	0	Example 1
Stated unrelated explican	1	Example 2, 3, 5, 7, 9, 10
Stated related explican but the degree of likeness is low	2	Example 4
Stated related explican and also the degree of likeness is high	3	Example 8

차 설명자에 해당되므로 7명의 학생이 똑같이 1점을 획득하게 된다.

현상의 원인을 설명하기 위해 학습자가 떠올릴 수 있는 다양한 원인적 설명자들 중에서 현재의 의문 상황을 가장 효과적으로 설명할 수 있다고 판단되는 가설적 설명자를 선택하는 과정이 가설 생성 과정(Kwon *et al.*, 2007)이라고 할 때 예시 2, 3, 4, 5, 7, 9, 10은 같은 배점 기준 내에 속해 있으나 모두 다른 가설들을 세웠으며, 이는 분명 7명의 학생들이 서로 다른 차원의 가설 생성 과정을 거쳤다는 것을 반증한다. 달리 말해 각각의 학생들은 서로 다른 수준의 가설생성능력을 지니고 있다는 것을 의미한다. 하지만 기존의 2가지 준거만으로 가설 설명자의 차원수를 평정하는 배점기준으로는 이러한 학생 간 가설생성능력 수준차를 반영하기 어렵다는 한계가 있다.

**2) 초등학생의 가설생성능력지수 산출을 위한 평가 요소별 배점기준의 선정**

**(1) 초등학생의 가설생성능력 평가를 위한 가설 설명자의 유사도 배점기준**

제안된 가설설명자의 유사도가 높고 낮음의 정도에 대한 평가자간 채점 불일치를 줄이고, 가설 설명자의 유사도 점수가 가설설명자의 차원수 점수와 중복 가산되어지는 평가구조상의 오류를 막고자 Table 11과 같이 가설설명자의 유사도 배점기준을 새롭게 제안하였다. 또 새롭게 제안하는 가설 설명자의 유사도 배점기준표를 활용하여 예시 1부터 예시 10을 평정한 결과는 Table 12에 제시하였다. 이전의 배점기준과는 달리 ‘가설을 제안하지 못함’이란 평정 내용을 0점 기준에 포함시켜 1부터 10까지 모든 예시들에 대한 평가가 가능하며, 가설 설명자의 유사도를 현상의 원인과 관련이 있고 없음으

**Table 11.** Newly revised evaluation criteria table of explican's degree of likeness

Evaluation factors	Evaluation criteria	Score
Explican's degree of likeness	Restated the phenomenon or could not state any hypothesis	0
	Stated unrelated explican	1
	Stated related explican	2

**Table 12.** Evaluation result using newly revised evaluation criteria table of explican's degree of likeness

Evaluation criteria	Score	Corresponding response
Restated the phenomenon or could not state any hypothesis	0	Example 1, 6
Stated unrelated explican	1	Example 2, 3, 5, 7, 9, 10
Stated related explican	2	Example 4, 8

로 평정하도록 하여 채점자간 개별 특성이 평가에 반영되는 것을 방지할 수 있었다.

**(2) 초등학생의 가설생성능력 평가를 위한 가설의 설명도 배점기준**

기존의 2개의 준거만으로 구성된 배점기준만으로는 파악이 어렵던 학생 간 가설생성능력 수준차를 보다 면밀하게 평가하기 위해서는 기존의 배점 기준을 보완할 필요성이 있다.

가설생성능력은 과학적 의문 상황이 주어졌을 때 그 의문 상황을 원인적으로 설명할 수 있는 가설 지식을 생성할 수 있는 능력을 의미한다(Kwon *et al.*, 2004). 따라서 설명도가 높은 가설을 생성할 수록 가설생성능력도 높다고 할 수 있는데, 설명도가 높은 가설의 경우 가설에 포함된 설명자가 많다. 설명자가 많다는 것은 그만큼 현상의 원인에 대해 자세히 기술했다는 것을 반증하는 것이며(Jeong, 2007), 설명도가 높은 가설은 설명자의 수뿐만 아니라, 설명자의 배열 형태나 설명 대상 수에 따라라도 달라진다. 생물학 가설의 경우, 설명자의 수, 설명자의 배열 형태, 설명 대상 수에 따라 분류되어질 수 있는데, 이렇게 분류되어진 가설의 구조는 학생들이 생성한 과학적 가설을 평가하는데 유용한 평가 요소로서 활용되어질 수 있다(Jeong, 2007). 따라서 기존의 가설 설명자의 차원수 배점기준의 한계에 대한 보완책으로 가설의 수와 구조를 도입하여 가설생성능력을 평가하기 위한 새로운 평가 요소를 개발하였다. 가설 설명자의 차원수 평가 요소와는 평가 대상과 범위가 다르므로 이전과는 차별되는 평가 요소 명칭을 선정하였다. 새롭게 개발된 평가 요소의 명칭은 ‘가설에 포함된 설명자의 차원뿐만 아니라, 설명자의 수와 그 배열 형태를 분석하여 현상의 원인을 얼마나 정교하게 설명하고 있는가?’에 관한 평가 속성을 반영하여 ‘가설의 설명도’라고 정하였다. 또한 새롭게 제안한 가설의 설명도 배점기준표

**Table 13.** Newly developed evaluation criteria table of hypothesis' degree of explanation

Evaluation factors	Evaluation criteria			Score
	Level of explican	Number of explican	Structure of explican	
Hypothesis' degree of explanation	Only contain secondary explican	One	Single structure	1
		More than two	Parallel structure	2
			Series structure	3
	Only contain primary explican	One	Single structure	4
		More than two	Single structure	4
			Series structure	5

**Table 14.** Evaluation result using newly developed evaluation criteria table of hypothesis' degree of explanation

Level of explican	Evaluation criteria			Score	Corresponding response
	Number of explican	Structure of explican			
Only contain secondary explican	One	Single structure	1	Example 3	
	More than two	Parallel structure	2	Example 2, 7, 9, 10	
		Series structure	3	Example 5	
Only contain primary explican	One	Single structure	4	Example 8	
Contain secondary and primary explican	More than two	Series structure	5	Example 4	

를 활용하여 예시 1부터 예시 10을 평정한 결과는 Table 14에 제시하였다. 가설설명자의 차원수와 가설의 구조 모듈을 배점기준 내용으로 도입함으로써 학생 개인의 가설생성능력을 이전보다 세분화하여 평가할 수 있게 되었다.

#### 4. 초등학생의 가설생성능력지수(HGQ) 산출식

##### 1) 초등학생의 가설생성능력지수 산출식의 고안

앞서 분석한 바와 같이 초등학생의 가설생성능력은 설명자의 유사도, 가설의 설명도, 제안한 가설의 수의 측면에서 평가될 수 있다. 가설생성능력지수 산출식은 하나의 가설에 포함된 모든 설명자의 유사도를 고려하기 위하여 합집합의 수학적 표현인 덧셈 형식을 취하였으며, 해당 가설의 유사도와 함께 가설의 설명도를 동시에 평가하기 위하여 교집합의 수학적 표현인 곱셈형식을 취했다. 또한 가설의 설명도를 평가할 경우, 한 가설 내의 설명자의 수와 설명자의 배열 구조 모듈을 평가대상으로 하고 있으므로 지수 산출을 위한 배점기준을 세분화하여 계산될 수 있도록 하였다. 이상의 항목들을 근거로 가설생성능력지수 산출을 위한 방법을 식으로 나타내면 Fig. 4와 같다.

$$HGQ = \sum_{n=1}^N [ \sum_{n=1}^n (EDL_n) \times HDE_n ]$$

가설생성능력지수 = 첫 번째 가설 [(첫 번째 설명자의 유사도) + ... + (n번째 설명자의 유사도)] × 첫 번째 가설의 설명도 + ... + N번째 가설

HGQ : Hypothesis generating ability quotient  
 EDL : Explican's degree of likeness  
 HDE : Hypothesis' degree of explanation

**Fig. 4.** Hypothesis generating ability quotient(HGQ) counting formula

##### 2) 초등학생의 가설생성능력지수 산출식의 적용

개발한 가설생성능력지수 산출식을 활용하여 실제 학생들이 과제를 수행하며, 생성한 가설 예시 1부터 예시 10 중 일부를 평정한 결과는 다음과 같다.

예시 7. 정신없이 막 달리면 뒤에서 맹수들이 오는지 모르니까 맹수들이 오는지 들어야 되기 때문 (6-5-14)

예시 8. 사막여우처럼 귀를 더 쫓긋 세워 온도를 낮추기 위해서 (6-5-7)

예시 7 학생의 경우, 달리면 인지력이 떨어지므로 달리고 난 후 멈추었을 때 맹수의 소리를 듣기 위해서 토끼가 달리고 난 후에 더 귀를 쫓긋 세울 것이라는

가설 하나만을 세웠다. 이 가설의 경우, ‘인지력 저하’와 ‘소리 파악’ 2개의 설명자를 사용하였으며, 이 두 가설설명자들은 인과관계에 있지 않으므로 병렬구조에 있다. 또한 ‘인지력 저하’와 ‘소리 파악’ 두 설명자 모두 ‘귀를 통한 열 방출’ 또는 ‘체온조절’과는 직접적으로 관련이 없는 2차 설명자이다. 따라서 예시 7의 가설생성능력지수는  $(1+1) \times 2=4$ 로 표현할 수 있다.

예시 8 학생의 경우, 귀를 더 좋게 세워 온도를 낮추기 위함이라는 가설을 하나만 세웠다. 이 가설의 경우 ‘귀를 통한 열 방출’이라는 하나의 설명자를 사용하였으므로 단일한 구조를 갖는다. 또 현상의 원인을 직접적으로 설명하는 1차 설명자를 사용하고 있으므로 예시 8의 가설생성능력지수는  $3 \times 4=12$ 로 표현할 수 있다.

#### IV. 결론 및 제언

이 연구를 통해 초등학생의 가설생성능력을 평가하여 그 결과를 정량적·객관적인 지수로 표현하고자 하였다. 그 결과, 초등학생의 과학개념 보유 수준 및 기존의 가설생성능력 평가 요소를 고려하여 가설생성능력 평가를 위한 서술형 지필과제를 개발하였다. 또한 과제에 대한 학생 응답 분석을 바탕으로 기존의 지식생성능력 평가를 위한 4가지 요소 ‘가설설명자의 유형’, ‘가설설명자의 유사도’, ‘가설설명자의 차원’, ‘가설의 수’와는 구분되는 새로운 3가지 평가 요소 ‘가설설명자의 유사도’, ‘가설의 설명도’, ‘가설의 수’를 추출하였으며, 여러 차례의 과제 투입 결과를 분석하여 각 평가 요소별 배점기준을 새로이 선정하였다. 최종적으로 평가 요소에 따른 평가 목적과 대상을 고려하여 학생의 가설생성능력이 타당하게 표현되어질 수 있도록 가설생성능력지수 산출을 위한 공식을 개발하였다. 이러한 연구 결과는 초등과학교육에 다음과 같은 시사점을 제공한다.

첫째, 이 연구를 통해 개발된 서술형 지필과제는 평가 진행시 시·공간적인 제약이 적어 실험실 및 실험준비실이 충분히 확보되어 있지 못한 초등과학교과 현장에서 학생들의 가설생성능력을 평가하는데 효과적으로 활용될 수 있을 것이다. 뿐만 아니라 지필과제의 경우, 실험 및 수행기반 과제가 지닌 동시 평가할 수 있는 인원수가 제약적이라는 한계를 극복할 수 있어 교육현장에서 활용도가 높을 것으로 기대된다.

둘째, 가설생성능력 평가 요소별 배점기준의 준거가 이전보다 구체적이고 명료하게 제시되어 평가자간 채점 불일치를 줄일 수 있으며, 가설설명자의 차원수와 가설의 구조 모두를 포괄하는 가설의 설명도 평가 요소가 새롭게 도입됨으로써 학생 개인의 가설생성능력을 이전보다 세분화하여 평가할 수 있게 되었다.

셋째, 가설설명자의 유사도와 가설의 설명도 요소를 근거로 개발된 초등학생의 가설생성능력지수(HGQ) 산출식은 이전에 과학고 재학생을 연구대상으로 하여 개발된 가설설명지수 산출식에 비해 계산식이 간단하여 보다 용이하게 학생의 가설생성능력을 판별할 수 있을 것으로 예상된다.

평가는 교육목표의 설정부터 지도 방법의 계획, 학습자의 성취 도달 수준과악 등 교육활동 전반에 대한 피드백을 제공하는 역할을 수행한다. 따라서 초등학생의 가설생성능력을 효과적으로 신장시키기 위한 교육을 위해서는 학생의 가설생성능력을 정확하게 파악하는 것이 중요하다. 따라서 학생의 가설생성능력에 대한 정확한 정보를 제공할 수 있는 다양한 방식과 주제의 평가 과제 개발을 위한 노력이 필요하다. 더 나아가 과학과 교육을 통해 시대적 변화에 걸맞은 창의적 문제해결력과 과학적 소양을 지닌 학생을 길러내기 위해서는 가설생성능력 뿐만 아니라, 관찰, 분류, 의문생성, 실험설계, 가설평가능력 등 과학지식 생성을 위한 여타 다른 능력들을 평가할 수 있는 과제와 각 능력별 지수 산출을 위한 공식 개발을 위한 연구와 노력도 함께 해나가야 할 것이다.

#### 참고문헌

- Adsit, D. J. & London, M. (1997). Effects of hypothesis generation on hypothesis testing in rule-discovery tasks. *The Journal of General Psychology*, 124(1), 19-34.
- Hur, M. (1990). A strategy for the improvement of inquiry instruction and evaluation in secondary school. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 10(2), 1-9.
- Jeon, M., Kim, H. & Kim, J. (2012). The characteristic of elementary school student's interest in life and the relationship with their experience about nature. *Journal of Korean Biology Education*, 40(1), 1-14.
- Jeong, J. (2007). The structure and type of scientific hypotheses on zoological tasks as generated by prospective

- elementary school teachers. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 26(2), 201-208.
- Jung, J., Sung, S., Wee, S., & Jeong, J. (2003). The effects of utilizing concept map to promote the understanding of the concept of volcano in the elementary science education. *Journal of Korean Earth Science Society*, 24(7), 614-624.
- Kang, C., Kim, H. & Jeong, J. (2013). The understanding of scientific concept based on the 6th graders' levels of logical thinking in elementary school. *Journal of the Korean Society of Earth Science Education*, 6(3), 165-173.
- Kang, E., Shin, D. & Kwon, Y. (2006). Development of elementary students' ability to generating hypothesis knowledge through knowledge generation learning in science. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 25(3), 257-270.
- Kim, H. & Yoo, J. (2012). An analysis on rater error in holistic scoring for performance assessments of middle school students' science investigation activities. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 32(1), 160-181.
- Kim, S., Kim, B., Seo, H., Kim, Y. & Park, J. (2011). Improvement of students' problem finding and hypothesis generating abilities: Gifted science education program utilizing mendel's law. *Journal of Gifted/Talented Education*, 21(4), 1033-1053.
- Korean Ministry of Education, Science and Technology. (2009). Based on 2007 Revised Elementary School Curriculum Teacher's Guide Manual for Teaching Science. Korean Ministry of Education, Science and Technology.
- Korean Ministry of Education, Science and Technology. (2011). 2009 Revised Elementary School Curriculum Explanation IV : Mathematics, Science, Practical Course. Korean Ministry of Education, Science and Technology.
- Kwon, Y., Jeong, J., Kang, M. & Kim, Y. (2003). A grounded theory on the process generating hypothesis knowledge about scientific episodes. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 23(5), 458-469.
- Kwon, Y., Jeong, J., Ko, K. & Park, Y. (2004). The development of an instrument to assess the ability of science-knowledge generation. *Journal of Korean Biology Education*, 32(1), 67-75.
- Kwon, Y., Lee, J. & Jeong, J. (2007). Explanation patterns of biological hypothesis generated by science high school students in starch experiment. *Journal of Secondary Education Research*, 55(1), 275-298.
- Kwon, Y., Shin, D. & Park, J. (2005). The generating processes of scientific emotion in the generation of biological hypotheses. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 25(4), 503-513.
- Kwon, Y., Yang, I. & Chung, W. (2000). An explorative analysis of hypothesis-generation by pre-service science teachers. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 20(1), 29-42.
- Lawson, A. E. (1995). Science teaching and the development of thinking. Belmont, CA: Wadsworth Publishing Company.
- Lee, C. (2011). The effects of the recognition of scientific concepts in question situation on the recognition of a prior knowledge in a hypothesis generation course. Master's thesis, Kyungpook National University.
- Lee, Y., Ki, U., Kim, Y., Chung, W., Yang, S., Kang, Y., Ahn, B., Lim, S., Yoon, I., Kim, J. & Yun, S. (1997). An analysis and survey on the experimental and practical science education of middle school in Korea. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 17(4), 435-450.
- Oh, K. & Ahn, S. (2012). Analysis of the relationship between future core competencies and informative scientific thinking for improving the problem solving ability. *Review of Korean Society for Internet Information*, 13(3), 9-16.
- Park, I. & Kang, S. (2011). Science teachers' perceptions on scientific and creative problem solving. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 31(2), 314-327.
- Park, J. (2000). Analysis of students' processes of generating scientific explanatory hypothesis - Focused on the definition and the characteristics of scientific hypothesis -. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 20(4), 667-679.
- Park, J., Song, Y. & Kim, B. (2011). An analysis of open inquiry activities elementary school students want to conduct. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 31(2), 143-152.
- Shim, H., Jeong, J., Park, K. & Kwon, Y. (2003). Role and process of abduction in elementary school students' generation of hypotheses concerning vapor condensation. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 24(4), 250-257.
- Shin, D. (2007). The relationships between the patterns of elementary school teachers' explanations and the patterns of elementary school students' questions on scientific phenomena. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 26(2), 149-160.
- Yang, K. & Lee, S. (2011). Understanding of egocentrism in writing education. *Journal of Korean Writing Association*, 13(0), 411-439.