

수학영재의 창의적 산출물 평가 준거 개발 및 적용

이 중 회* · 김 기 연**

영재교육의 세 가지 목표 중 실제 교육현장에서 학생들의 학습을 안내하고 평가함에 있어서 중심이 되는 것은 창의적 생산력의 신장이라 할 수 있다. 모든 교육 활동이 그러하듯이 평가는 교육목표 선정과 그에 따른 교육 활동의 설계에서부터 교수·학습 활동의 전개 및 반성과 수정에 이르기까지 병행되어야 한다. 그러나 수학영재교육 현장에서도 창의적 생산력의 신장이라는 교육목표를 이루기 위한 교육 활동을 위해서는 창의적 산출물에 대한 명확한 개념 탐색과 이를 평가할 수 있는 평가 방법이 마련되어야 한다. 이에 본 연구에서는 수학영재교육에서 적용될 창의적 산출물의 개념이란 어떤 것인지를 탐색하고 이를 평가할 수 있는 방안을 제시하였으며, 평가틀과 준거를 개발하고 적용하였다.

1. 서론

우리나라의 영재교육은 창의적 생산력 개발, 도덕성 함양, 자기 주도적인 학습태도의 개발을 목표로 한다(박성익 외, 2003). 수학 영재의 창의적 생산력은 수학 영재 학생이 인지-수행-메타표현 능력을 효과적으로 조정하여 문제해결 과정을 공통적으로 조직, 운영함으로써 창의적 산출물을 만들어내고 표현하는 능력이다. 교육 목표의 달성여부는 교육 평가의 과정을 통해 판단할 수 있는데 평가를 위해서는 무엇이 평가의 대상이 되는지를 명확히 밝혀야 한다. 이는 수학영재 교육에서도 중요한데, 수학 영재의 평가는 창의적 산출물을 통해서 가능하다.

수학영재교육에 대한 연구를 살펴보면 실질적인 교육현장에서 필요로 하는 산출물 평가에 대한 것이 많지 않다. 영재교육 분야에서 평가에 대한 국내 연구로 수학영재의 창의적 산출물을 어떻게 평가할 것인가에 대한 구체적인 방안을 모색하고 있는 연구(김선희, 2005)가 있으나 대부분 영재의 판별에 관한 것이거나(신희영, 고은성, 이경화, 2007; 윤경

미, 김정섭, 2006; 윤초희, 강승희, 2005; 양수경, 2002; 송상헌, 1998; 김홍원, 김명숙, 송상헌, 1996) 수학적 창의성의 측정과 평가에 관한 것이다(김부운, 김철언, 이지성, 2005; 유운재, 2002; 이정규, 2003, 2004; 이정은, 1999). 해외의 선행 연구 중에서 영재의 산출물이나 창의적 산출물에 대한 평가를 다루고 있는 것(Davis & Rimm, 2004; Renzulli, 2004; Sisk, 1987)을 찾아볼 수는 있지만 이는 일반적인 영재의 산출물을 다루고 있기 때문에 수학이라는 내용 영역상의 특성에 따른 인지 과정이나 창의성의 발현 과정을 염두에 두고, 수학영재라는 특화된 대상의 창의적 산출물을 평가하기 위한 것으로 볼 수 없다.

수학영재의 교육 활동에 따른 과정과 결과물을 평가하기 위해서는 이들의 창의적 산출물이 무엇인가에 대한 이해가 바탕이 되어야 하며 수학영재라는 대상을 고려한 평가 방법과 도구가 필요하다. 이와 같은 필요성에 따라 본 연구에서는 무엇을 수학영재의 창의적 산출물로 볼 것인지를 규명하기 위해 수학영재의 창의적 산출물의 개념을 탐색하고, 산출물 평가에 대한 선행연구 고찰을 바탕으로

* 이화여자대학교 (jonghee@ewha.ac.kr) 교신저자

** 서울북공업고등학교 (freenego@lycos.co.kr)

교육현장에서 실질적으로 수학영재의 창의적 산출물을 평가할 수 있는 평가틀과 준거를 개발하고 실제로 적용하여 볼 것이다.

II. 수학영재의 창의적 산출물과 평가 방법

1. 수학영재의 창의적 산출물

창의적 산출물에 대한 정의는 산출물의 형태를 어떻게 규정짓느냐에 따라 구분된다. 산출물에 대한 정의가 대부분 창의적 문제해결이나 창의성의 발현 과정에서 나타나는 유·무형의 모든 산출물을 받아들이고 있지만, 이것이 어떤 가치 있는 유형의 산출물의 형태를 포함해야 한다는 입장도 타당하다. Maker & Nielson(1996)은 산출물을 학생들의 학습과정에 대한 유형의 증거물이라고 정의하였으며(Karnes & Bean, 2003, 재인용), 김진호(2003)는 예상치 못한 아이디어나 해결 방법, 풀이 과정일 수도 있겠지만, 이것은 반드시 유의미한 산출물의 형태로 표출되어야 한다고 하였다. Young(1985)은 아무리 가치 있고 새롭고 진귀한 아이디어라고 하더라도 그것이 워크숍, 저널 투고, 책 출판 등과 같은 방법을 동원하여 외부로 표현되고 공유되어 타인과의 의사소통을 통해 구체화되고 평가되어야 진정한 의미의 창의적 산출물이라고 주장하였다. 과정으로서의 창의성도 중요하지만, 반드시 결과물로 나와야만 유의미한 산출물이 된다는 것이다. 수업의 내용을 문제와 연결시켜 실제 상황과 같은 문제해결에 관심을 갖게 하거나, 청중을 염두에 두고 문제를 생각하고 해결하며 그 결과를 청중에게 고려했고, 청중으로부터 평가받게 하는 수업을 통해 창의적 산출물을 생산하도록 하는 것은 중요하다(박성익 외, 2003).

창의적 산출물에 대한 논의를 종합해 보면 창의

적 산출물은 창의적 수행 과정과 불가분의 관계가 있다. 창의적 산출물에 대한 논의는 그것이 과정을 강조하는 것이든, 결과물을 강조하는 것이든 어느 한 쪽만을 강조해서는 안 된다는 것을 시사한다. 또한 사회와 문화 속에서 이루어지는 사고와 행동에 속한 것이기 때문에, 타인과 의사소통할 수 있도록 산출물의 내용이나 가치 등에 대해 전달하고 표현할 수 있어야 한다. 수학영재의 창의적 산출물에서도 무형의 산출물이라고 할 수 있는 문제해결¹⁾의 아이디어나 전략은 그 자체로서 지니는 의미도 중요하지만, 그것이 결론 도출이나 정당화의 과정에서 얼마나 기여할 수 있는 것이냐에 따라 달리 평가되며 궁극적으로는 주어진 과제의 해결책, 결론, 결론의 정당화가 포함되어야 완성된 산출물이라고 할 수 있다.

수학영재교육에서 창의적 산출물에는 추상적인 개념을 눈에 보이는 구체적인 대상이나 표상으로 표현해 놓은 것이 포함되어야 한다. 또한 산출물을 만들어 내는 과정에서 문제해결 절차별로 다양한 과정 요소에 의해 산출물의 결과, 형태, 질이 결정되기 때문에 산출물의 평가에 있어서 산출물의 요소에 대한 평가를 포함할 것이다. 산출물의 과정 요소는 문제 인식이나 가설 수립 단계에서 나온 아이디어를 눈에 보이는 자료로 기록해 둔 것, 실험을 위해 제작하거나 고안한 도구, 재료, 보고서나 포트폴리오와 같이 완성된 결과물의 형태로 표현된 것, 타인에게 자신의 산출물을 설명하고 표현하기 위해 제작한 다양한 시청각 자료 등 다양한 기록과 구체물, 시청각 자료들이 포함된다. 또한 수학적 아이디어를 비롯하여 문제해결 과정에서 드러나는 사고의 과정, 가설 수립, 해법에 대한 직관이나 통찰, 수학적 개념, 지식, 기술에 대한 이해나 활용, 자료 탐색과 수집의 방법이나 경로 등의 무형 요소도 산출물 요소에 포함된다. 이러한 무형의 산출물 과정 요소는 학습자의 언어적 표현을 통한 수학적 진술, 문제 해결 과정 중에 나타나는 행동적 특성 등을 교사나

1) 여기서의 문제해결은 수학화의 과정을 포함하는 광의의 문제해결과 당면한 문제에 대한 최적의 전략을 찾고 적용하는 협의의 문제해결을 모두 포함한다.

평가자가 관찰 기록하거나 체크리스트를 작성함으로써 추출할 수 있다. 이에 본 연구에서는 수학영재의 창의적 산출물의 개념을 정의하기에 앞서 위의 <표 II-1>과 같은 산출물의 요소를 예시함으로써 그 개념을 구체화하고자 한다.

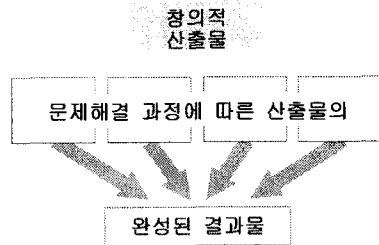
<표 II-1> 수학영재의 창의적 산출물요소의 예

산출물의 구분	과정으로서	결과로서
유형의 것	문제해결을 위한 고인의 흔적/ 실험재료, 해결을 위해 수집한 자료/ 가설, 확인, 해결의 아이디어, 문제 정의 등을 기록한 것/ 포트폴리오 등	보고서/포트폴리오/완성된 증명/ 결과물의 발표 자료 (ppt, 유인물, 보드 등)
무형의 것	문제해결 과정에서의 발문/ 아이디어, 가설, 직관, 통찰/ 자료나 정보 수집의 경로 등	개념/지식/기술 등의 다양한 음성 언어적 표현, 태도, 감정 (정당화/설명/발표/강의/해설/논쟁/확신/자신감/신뢰감 등)

위의 표에서 과정으로서의 산출물 요소와 결과로서의 산출물요소를 점선으로 구분한 것은 창의적 문제해결의 과정에서 나타나는 여러 가지 산출물의 요소가 궁극적으로는 결과로서의 산출물에 영향을 끼치게 됨을 의미한다. 이와 같은 요소를 파악함으로써 학생들의 문제해결 과정과 결과를 관찰, 지도, 평가함에 있어 무엇을 고려해야 할지에 대해 보다 명확한 기준을 세울 수 있게 될 것이다.

창의적 산출물은 학생들이 제출하는 완성된 결과물으로써 학생들이 선택하거나 제시된 주제로부터 문제를 선정하고 이를 해결하여 그 결과를 수학적으로 검증하고 표현해 놓은 것이지만 이것이 창의적 산출물로서 가치가 있는 것인지를 평가하기 위해서는 문제해결 과정에 포함되어야 하는 요소에 대한 평가가 함께 이루어져야 한다. 따라서 창의적 산출물은 외형적으로는 하나의 결과물을 의미하지만 그 안에 내재되어 있는 문제해결 과정을 반영하고 있어야 한다. 이에 창의적 산출물을 결정하는

기준을 요소와 결과물의 두 가지의 측면에서 살펴본 것을 토대로 본 연구에서는 [그림 II-1]과 같이 수학영재교육에서의 창의적 산출물이란 학습자가 창의적 생산력을 발휘하여 만들어내는 것으로서, 문제해결 과정을 기반으로 각 절차별로 유·무형의 다양한 요소로 구성되며 산출 과정 및 최종 결과가 언어적 진술이나 기록을 비롯한 다양한 표현 방법에 의해 결과물의 형태로 완성된 것으로 정의한다.



[그림 II-1] 창의적 산출물의 요소

2. 창의적 산출물의 평가 방법

창의적 산출물은 창의적 생산력을 구체화하는 통로이기 때문에 창의적 생산력은 산출물을 통해 평가될 수 있고 미래 지식 창출의 사회에서 필수 요소가 되는 능력으로 특히 영재교육에서 강조된다. 창의적 생산력이 인지, 수행, 메타-조정 능력의 요소로 구체화되기는 했지만(이중희, 김기연, 2008), 창의적 생산력은 창의적 산출물을 만들어내는 과정과 노력, 의도 등을 포함한 추상적인 정신 능력이기 때문에 창의적 산출물이라는 구체적인 대상을 통한 평가가 필요하다.

가. 산출물에 대한 질적 평가 기준

이정규(2003)에 따르면 양적 측정은 창의적인 문제해결 과정에서 Hanoi답과 같은 알고리즘 수행 과제를 실험 과제로 선정하여 측정하는 방법이며, 예측과 관련된 타당도와 참가자들의 수행에 대한 반응의 통계적 회귀성에 기초하여 유창성, 독창성, 융통성, 정교성과 같은 확산적 사고의 변인을 측정하는 방법이다. 이에 비해 질적 측정이란 검사의

기준(criteria)과 관련 타당도의 문제를 해결하기 위해 사용하는 방법으로, 창의적 사고 과정보다는 창의적 사고 과정에 해당되는 산출물을 해당 영역의 전문가 집단의 주관적인 기준에 의해 측정하는 방법이다.

평가 방법이나 도구에 있어서 ‘객관성’ 또는 ‘객관적’이라는 용어는 매우 중요한 의미를 지닌다. 그러나 ‘객관성’에 밀려 그 이면에 존재하는 학습자의 다양한 능력 특성과 성향이 간과되거나 제대로 평가되지 못할 수 있다는 위험성에 대한 인식도 필요하다. Wallach(1986)는 확산적 사고를 측정하려는 창의성 검사가 창의성 개발 프로그램을 측정하는 기준이 되어 버린 것을 비판하였으며, 대부분의 창의성 검사가 발산적 사고 기술에 대한 검사라는 것도 문제점으로 지적하고 있다(이정규, 2003, 재인용). 창의적 산출물의 평가는 학업 성취도를 평가하기 위해 문항을 개발하는 것과는 달리 학생들이 만들어낸 결과물이나 그것을 만들어내기까지의 과정에 대한 질적인 평가를 할 수 있는 평가 도구가 필요하다. 학습 수준을 판단하기 위한 학업 성취도 평가나 발산적 사고 능력을 측정하기 위한 창의성 검사와 같이 대단위의 표본을 대상으로 공통의 문항을 통한 검사를 실시하고 그 결과를 점수화하여 학생 능력을 예측하는 척도를 제공하는 것이 아니기 때문에 학생들의 산출물은 그 유형이나 주제 및 내용영역에 따라 개별적인 평가 과정이 필요하다. 그리고 김수동 외(2005)는 교사의 평가 전문성 기준을 제시하였는데 학생에 대한 평가를 실시하는 교사가 평가 도구의 활용과 평가 실시뿐만 아니라 평가 결과를 분석해 낼 수 있는 능력을 갖추어야 함을 강조하고 있다. 따라서 평가 자료의 확보를 비롯하여 추출된 산출물에 대한 채점 기준을 수립하고 이를 조정하며 채점을 실시하고 그 결과를 분석해 낼 수 있는 능력을 갖춘 교사, 즉, 평가 전문성을 갖춘 교사가 평가를 실시한다는 전제하에 평가 결과의 분석 방법을 제시할 것이다.

나. 산출물 수준에 대한 평가 준거

학생들의 창의적 산출물을 평가하기 위해서는 산출물의 양뿐만 아니라 산출물의 질이나 창의성의 수준에 대해서도 고려해야 하는데, 이를 위해 먼저 학생들에게 요구하는 창의성의 수준을 어느 정도로 볼 것인가를 결정해야 한다.

Taylor(1961)는 질적인 면을 고려하지 않고 창의성의 표현에만 관심을 두는 수준인 표현된 창의성, 이미 주변에 있는 상황들을 이용하여 목표물을 산출해 내는 창의성 수준인 생산적 창의성, 이미 알고 있는 지식 내용을 새롭게 이용하는 수준인 창작 창의성, 새로운 아이디어나 원리가 개발되는 수준의 창의성, 통상적으로 제시되는 경험 속에 빠져들어 완전히 다른 것을 만들어 내는 수준인 발현 창의성으로 구분하였다(최현용, 한인기, 1999. 재인용). 본 연구에서는 수학생체 학생들의 산출물에서 포착되는 창의성의 수준을 구분할 때 ‘뛰어난 수준’을 잠정적으로 ‘창작 창의성’이나 ‘새로운 아이디어나 원리가 개발되는 수준’에 해당하는 산출물로 가정하지만 ‘발현 창의성’의 수준에 대해서도 가능성을 열어둘 것이다. 이와 같은 창의성의 수준에 대한 논의는 학생의 창의적 산출물의 질을 평가함에 있어서 그 수준을 어떻게 구분하고 평가할 것인가에 대한 기준이 될 수 있다.

Davis & Rimm(2004)은 학생의 산출물을 평가하는 방법을 점수 부여를 통한 상대평가 방식과 절대평가 방식의 두 가지로 제시하고 학생들의 산출물을 평가하는 평가 척도는 4점 척도로 구성하였다. Renzulli(2004)도 산출물의 내용과 표현을 고려하여 여러 가지 항목으로 구성된 평가 준거를 제시하였는데 산출물의 질적 평가에 대한 타당성을 확보하기 위해 Amabile(1983a, 1983b)가 질적 평가에서 제기될 수 있는 신뢰도와 타당도의 문제에 대한 해법으로 제시한 CAT(:Consensual Assessment Technique)기법을 바탕으로 하고 있으며 세분화된 평가항목을 제시하여 구체적인 산출물 평가를 도모하고 있다. 그러나 이 평가 준거는 수학적 산출물을 평가하기에는 일반적인 평가 항목으로만 구성되어 있으며 각 평가항목에서 산출물의 수준을 여러 단

계의 점수로 구분하였다는 점에서 수학영재의 산출물을 평가하기에는 적합하지 않다.

Sisk(1987)도 학생 산출물의 평가 준거들을 제안하였는데 평가 준거에 따라 산출물에 포함된 아이디어에 2점(합당함)에서 3점(양호함), 4점(우수함), 5점(뛰어남)까지의 점수를 부여하도록 설계하였다. 그러나 이 준거들은 학생 산출물을 평가하고자 하는 교사에게 평가 도구를 제작함에 있어서 방향을 제시해 줄 수는 있지만 구체적인 평가 준거로 무엇을 선택하고 어떤 기준으로 평가 점수를 구분할 것인지는 교사의 몫으로 남겨두고 있다. 평가 점수를 4점 척도로 구분함으로써 학생의 산출물을 점수화하여 평가할 수 있지만 학생별로 다른 과제에 대해 다양한 유형의 산출물을 제출하는 경우에는 상대적인 비교가 의미가 없다.

수학적 창의력 검사에서도 학생들의 반응을 수준별로 점수화하여 나타내기도 한다. Balka (1974)는 수학적 창의력 검사지인 CAMT를 개발하면서 학생들에게 제시한 문제에 대해 채점을 위한 기준을 마련하고 유창성, 사고의 유연성과 독창성을 분석하기 위해 각각의 항목에 대한 점수 부여 기준을 함께 제시하였다. 유창성이나 유연성은 학생 답지에 나타나는 반응의 양으로 평가하기 때문에 반응의 수가 점수가 되지만 독창성은 다른 기준을 적용하여 채점하게 되어 있는데 전체 피험자의 반응 빈도를 보는 것이다. 그러나 수학적 창의성의 한 요소로서 독창성의 수준을 판단함에 있어서 Balka의 독창성에 대한 수준 구분은 학생의 반응 빈도에만 의존할 것이 아니라 분류된 카테고리에 진술된 용어나 답안 기술의 일반화 정도, 아이디어나 사고 수준 및 문제해결 과정 수행 수준에 의해 재해석되어 적용되어야 할 것이다. 독창성이라는 것이 남들이 하지 않는 새로운 것을 생각해내고 만들어내는 것이라는 의미를 담고 있기는 하지만 그 수준을 고려한다고 했을 때에는 희귀하기만 한 아이디어보다는 그것이 실제 문제해결에 얼마나 가치 있고 의미 있는 작용을 했는지를 살펴야 하기 때문이다.

III. 수학영재의 창의적 산출물 평가들과 준거 개발

학교수학이 학생들에게 요구하는 지식 구성은 학문으로서의 수학에 영향력을 끼칠만한 지식의 구성이 아니고, 학습자가 발휘하는 창의성이나 독창성이 역사적 '최초의 발견'을 요구하는 것이 아니라 개인적 수준에서의 독창성과 진기성을 요구하는 것이라면, 학생들이 속해 있는 발달 단계에서도 충분히 유의미한 지적 산출물이 만들어 질 수 있고 따라서 산출물에 의한 창의성 평가도 가능해진다.

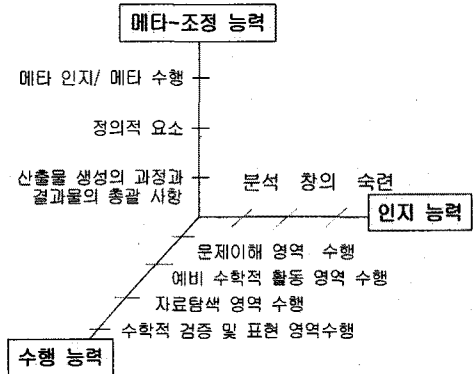
김선희(2005)는 수학영재의 창의적 산출물에 대한 평가 준거의 필요성을 인식하고 실제 평가에 활용할 수 있는 평가 준거를 개발하였다. 발산적 사고와 수렴적 사고를 동시에 요구하는 수학적 사고와 수학 내용과 증명이나 언어화 측면에 대한 지식, 그리고 문제를 포착, 해결하고 표현하는 수학적 탐구 기술의 공통 내용으로 창의적 산출물을 정의하고, 이를 평가하기 위한 준거를 수학적 탐구 기술, 수학적 지식, 수학적 사고, 창의적 산출물, 발표 평가의 다섯 가지 평가 영역으로 구분하여 제시하였다. 수학이라는 영역의 특수성을 포함하며 기존의 영재 산출물 평가지나 준거보다 더 명확하게 진술된 문항을 제시함으로써 교사(평가자)가 학생의 산출물을 평가함에 있어서 보다 명료하고 객관적인 평가 결과를 이끌어 낼 수 있도록 한 것이다. 특히 수학적 사고와 지식, 탐구 기술 이외에 발표평가를 포함시킴으로써 학습자가 이해하고 있거나 내면화한 탐구결과나 새로운 지식에 대한 언어적 표현을 강조했다고 볼 수 있다.

수학영재교육에서의 산출물 평가는 학생 개개인 또는 소그룹으로 부여한 과제에 대해 만들어지는 산출물을 평가한다는 측면에서는 양적 평가보다는 질적 평가가 적합하며, 수학적 문제해결이 수학적 창의성에 있어서 핵심적인 요소가 되기 때문에 수학영재에게 적합한 창의적 문제해결 과정에 대해 고려해야 하고 수학영재의 산출물은 다양한 외적

형태보다는 그 안에서 이루어지는 문제해결을 통한 수학적 개념의 이해와 지식의 구성 및 확장에 초점을 맞춘 평가틀이 마련되어야 할 것이다. 본 연구에서는 수학영재의 창의적 산출물에 대한 평가 도구를 개발함에 있어서 앞서 살펴본 다양한 평가 방법과 평가틀이 제시하는 준거를 참고하되, 평가항목에 있어서는 평가 영역별로 문항을 구성하는 것이 아니라 이종희, 김기연(2008)에서 제시한 수학영재의 창의적 문제해결(Mathematically Gift- ed-Creative Problem Solving ; MG-CPS)의 절차에 따라 영역을 네 개(2)로 구분하고 각 영역에서 추출될 수 있는 산출물에 대해 창의적 생산력의 능력 요소별로 구성할 것이다.

1. 수학영재의 창의적 산출물 평가틀 개발

학생들의 창의적 산출물을 추출하고 평가하기 위해서는 학생들의 사고 측면에 초점을 둔 인지 능력 요소와 실제로 구체화되어 드러나는 실행 능력 요소가 모두 고려되어야 할 것이다. 이를 위해 두 가지 종류의 능력 요소를 판단할 수 있는 평가 준거가 필요하며 그에 대한 근거를 Krutetskii(1976),



[그림 III-1] 수학영재의 창의적 산출물 평가틀

Sak(2005), 그리고 Balka (1974)의 능력 요소 연구에서 찾고자 한다.

수학영재의 창의적 산출물을 평가하기 위한 평가틀은 [그림 III-1]과 같이 세 개의 능력 측면을 포함하기 때문에 3차원의 구조를 가진다. 각 축은 인지 능력, 수행 능력, 메타-조정 능력 및 산출물 전반에 대한 총괄 평가의 요소를 나타내며 각 요소를 반영한 평가 준거를 개발할 것이다.

인지 능력의 축은 분석적 사고, 창의성, 숙련된 기술과 지식의 요소에 대한 평가 준거를 포함하며,

<표 III-1> 수학영재의 창의적 생산력에 요구되는 인지 능력 요소

능력 요소	주요 활동	세부 수행 능력
숙련된 기술과 지식	지식 · 정보의 수집 활용	<ul style="list-style-type: none"> 해결문제에 적합한 지식과 정보의 수집 및 선별 해결문제와 관련된 기지의 정보, 지식의 조직, 구조화 수학적 관계, 특성, 논증, 증명, 해법, 문제해결 원리에 대한 일반화된 기억
창의성	창의적 아이디어 (문제, 해법, 전략, 결과)	<ul style="list-style-type: none"> 해결문제와 유사하거나 정반대되는 문제로부터 아이디어 수집 수학 외적 영역으로부터 해결문제의 실마리를 찾아내는 능력 수학적 추론의 단축과 축약된 구조를 생각할 수 있는 능력 정신과정의 유연성 수학적 추론을 거슬러 올라가는 것을 포함하여 정신과정을 신속하고 자유롭게 재구성하기
분석적 사고	아이디어, 해법, 전략의 정당화	<ul style="list-style-type: none"> 수학적 제재에 대한 형식화된 지각과 문제의 형식적 구조의 파악 양적 공간적 관계에 대한 논리적 사고와 수학 기호를 생각하는 능력 수학적 관계와 연산에 대한 신속하고 광범위한 일반화 명료함, 단순함, 경제적, 해법의 타당성을 추구하기 자신의 해법이나 전략의 타당성, 논리적 근거를 수정 · 보완하는 능력

2) 문제이해 영역, 예비 수학적 활동 영역, 자료탐색 영역, 수학적 검증 및 언어적 표현 영역

수행 능력 측은 창의적 문제해결의 각 영역별 수행에 따라 추출된 산출물 요소를 평가의 준거로 삼을 것이다. 또한 메타-조정 능력의 측에서는 창의적 문제해결 과정을 운영하면서 나타나는 메타 인지, 메타 수행 및 정의적 요소에 대한 평가 준거와 산출물의 생성 및 결과에 대한 총괄적인 평가 준거를 포함한다.

인지적 측면에서 수학영재의 창의적 산출물을 평가함에 있어서 창의적 사고에 대한 요소는 필수 불가결한 것이다. 즉, 분석적 사고나 전문가적 사고 능력은 수학영재의 창의적 산출물을 평가하는 데에 중요한 요소가 된다. 그러나 그 외의 인지 능력 요소도 제외할 수는 없다. 최영기, 도종훈(2001)의 연구에서 밝힌 바와 같이 수학영재에게 있어서 창의성은 중요한 요소이기는 하지만 이것이 수학영재의 모든 특성이나 능력을 대변해 줄 수는 없으며 어떤 측정 검사 도구를 통해 점수화하거나 평정할 수 없다. 이에 Sak(2005)의 수학영재의 능력 요소 연구를 바탕으로 창의적 생산력을 정의하기 위해 선택한 요소인 분석적 사고 능력, 창의성, 숙련된 기술과 지식으로 구분하고 위의 <표 III-1>과 같이 세 가지 능력 요소에 대한 주요 활동과 그에 따른 세부 수행능력이 무엇인지를 규정함으로써 수학영재의 창의적 생산력에 요구되는 인지 능력 요소를 제시하였다.

수행 능력 평가 준거는 Balka의 수학적 창의성 평가의 준거를 바탕으로 MG-CPS(이종희, 김기연, 2008)의 절차를 적절하게 운영하는 과정에서 필요한 능력 요소를 선정하였는데 Balka의 능력 요소 준거가 주로 문제 인식과 해법 찾기에 초점을 두고 있기 때문에 수학적 정당화와 수학적 표현을 위한 능력 요소를 평가 준거로 추가하여 MG-CPS의 절차를 고려하여 수학영재의 문제해결 과정에서 요구되는 수행 능력 요소로 수정하였다.

메타-조정 능력 요소는 문제를 해결하는 힘과 지속성, 동기, 과제 집착력 등의 정의적 요소와 인지

적 사고 능력을 적절하게 적용하고 활용하는 메타 인지적 능력, 자신의 수행 과정을 모니터링하고 평가하는 메타 수행 능력, 전체 문제해결 과정을 조절하고 평가하는 능력 등으로 구성하였으며 각 능력에 대한 평가 준거를 개발하였다.

2. 수학영재의 창의적 산출물 평가 준거 개발

창의적 생산력에 대한 평가들이 마련되었다면 창의적 문제해결 과정에 따라 추출된 창의적 산출물에 대한 구체적인 평가 준거가 필요하다. 본 연구에서는 수학영재의 창의적 산출물 생산을 하나의 문제해결 과정과 결과로 보고 그에 따른 문제해결 모델(MG-CPS)을 구현하여 다양한 유형의 산출물을 선정해 낼 수 있도록 하였으며 이 과정에서 관찰되거나 생산되는 산출물을 평가하기 위한 평가들을 바탕으로 각각의 능력을 섬세하고 구체적으로 평가할 수 있는 평가 준거를 <표 III-2>와 같이 개발하였다. <표 III-2>에서는 수학영재의 창의적 문제해결 과정에 따른 산출물과 그에 대한 평가 준거를 함께 제시하여, 영재학생의 창의적 산출물을 평가하고자 하는 교사가 문제의 성격이나 내용, 특성에 따라 필요한 항목을 선택하여 평가지를 구성할 수 있도록 하였다. <표 III-2>에서 제시한 산출물은 MG-CPS의 수행 능력에 따라 만들어질 수 있는 산출물을 제시한 것이다. 따라서 이러한 산출물의 생성 여부가 해당되는 영역의 수행 능력이 발휘되었는가를 판단하는 준거가 된다. MG-CPS의 수행 능력에 따라 생성된 산출물에 어떤 인지 능력이 발휘된 것인가를 평가하기 위해 세 가지 인지 능력 요소에 대한 평가 준거가 제시되었다. 메타 조정 능력은 각 요소가 전체 문제해결의 과정을 조직하고 운영하는 데에 관여하기 때문에 요소별 평가 준거는 MG-CPS의 영역이나 단계별로 구분되어 제시되지 않는다. 또한 <표 III-2>의 준거를 보면 앞서 제시한 능력 요소

3) 1차로 개발된 평가 준거는 영재교육 교사연수를 받은 후 영재교육을 하고 있거나 교육경력이 8년 이상이며 석사 이상의 학력을 가진 교사들의 검토과정을 거쳐 두 차례 수정 보완한 것이다.

에 관련된 증거 외에 창의적 산출물 전반에 대한 총괄 평가에 해당하는 요소도 평가 준거로 포함하였는데 이는 학생 산출물의 창의성을 인정함에 있어서 진정성을 보장할 수 있는가를 평가하기 위한 것이다.

IV. 창의적 산출물 평가틀과 준거의 활용

본 장에서는 III장에서 개발한 창의적 산출물의 평가 준거를 실제 적용하여 창의적 산출물 준거의 평가 가능성을 확인해본다.

1. 수학영재의 창의적 산출물 평가 사례-인 지적 능력에 대한 평가

이 장에서는 실제 영재교육을 받고 있는 학생들의 창의적 산출물에 대한 평가 사례를 소개한다. 연구의 대상은 서울시 S 교육청 수학 영재교육원에서 1~3년간의 교육과정을 이수한 네 명의 학생들(J, H, S, Y이다. 이들이 선정한

문제는 '다각형의 무게중심 탐구'이며 학교수학에서 배운 삼각형의 무게중심을 시작으로 하여 자신들이 선정한 문제의 해결책을 탐구해 나가는 과정과 결과물을 포트폴리오로 제작하였고, 연구자가 전 과정을 지도하고 관찰하였다. 학생들의 문제해결 수행 및 교사의 지도 과정은 <표 IV-1>과 같다. 학생들에게 제시한 문제해결 수행의 절차는 MG-CPS 모델에 따라 안내되었으며 학생들의 원만한 문제해결 과정 진행을 위하여 문제 인식 단계에 기초 내용에 대한 연구자의 학습 지도가 포함되었다. 학생들은 안내된 MG-CPS 절차에 따라 문제 인식 단계에서 자신들의 탐구 주제로부터 탐구 문제를 정의하였으며 다양한 아이디어 생성을 통해 문제의 해법을 탐색하였다.

실제 평가는 문제해결이 이루어지는 전 과정에 대한 연구자의 관찰 기록 노트 및 학생들이 자신의 탐구 주제에 대해 문제해결 계획을 수립하고 실행하여 도출한 결과를 정리해 놓은 포트폴리오, 보고서, 파워포인트 발표 자료로부터 포착되는 창의적 산출물의 요소를 추출하였다. 연구자의 관찰이 포함됨으로써 학생들이 문제해결 과정에서 주고받는

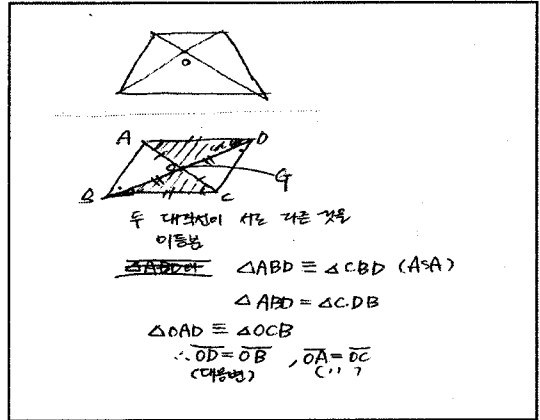
<표 IV-1> 학생들에게 안내된 그룹 문제해결의 수행 절차

MG-CPS 단계	학생 수행	교사 역할(학습·지도 및 안내, 조력자)
문제 인식	선수학습 내용으로부터 탐구 문제 정의하기	교과서 내용 확인 지도 -삼각형의 무게중심, 닳음, 평행선의 성질 등
문제해결의 전략, 아이디어, 해법탐색	기지의 지식과 정보로부터 아이디어 생성	학생들의 학습 과정에 대한 관찰(현장 기록), 지속적인 발문, 학생 질문에 대해 대답을 안내하는 힌트 제공, 수학적 표현기술에 대한 안내, 지속적인 수학적, 정당화 요구
문제해결의 가설수립	개별 가설 수립	
가설 검증/확인 (통찰/직관/실험)	가설에 대한 실험적(결과) 검증, 확인	
새로운 해법을 위한 정보, 자료 수집	가설이 틀렸을 경우, 정당화에 실패했거나 수정, 보완이 필요한 경우 문제해결을 위한 정보, 자료 수집하여 새로운 가설-검증의 절차 또는 정당화로	
결론의 수학적 정당화	옳게 확인된 가설에 대해 결론 도출까지의 과정을 수학적으로 설명하고 표현하기	
언어적 표현 (발표/보고서작성/설명)	보고서 작성, 탐구 과정에 대한 포트폴리오 제작, 발표를 위한 파워포인트, 게시물 제작 및 발표 연습 창의적 산출물 대회에서 발표	발표 내용에 대한 질문, 정의적 측면에 대한 지도 및 안내, 발표 자료(대회 참가용)에 대한 조언

<표 III-2> MG-CPS에서의 창의적 산출물 평가 근거

MG-CPS 단계	평가 영역	산출물 요소	인지 능력			전체 결과물
			숙련된 기술과 지식	창의성	분석적 사고	
문제 인식	문제 이해 영역	<ul style="list-style-type: none"> • 문제 인식을 위한 해결자의 발문 (결과에서) 발견한 문제 	<p>E1. 문제의 의미를 이해하는가? E2. 문제가 요구하는 것(문제의 목표)을 아는가?</p>	<p>Mt1. 문제 해결의 전 과정에 집중(몰입)하는가? Mt2. 타인의 소리에 귀 기울이는가? Mt3. 사고의 후지와 집중을 분산하여 해결 과정에서의 사고의 효율성을 추구하는가? Mt4. 자신의 문제 해결 과정을 지속적으로 모니터링 하고 평가하는가? Mt5. CPS 각 단계의 전환과 진행이 유익하고 효율적으로 이루어지는가? Mt6. 문제 해결 과정에서 인지 능력 요소의 조율과 평가가 이루어지는가?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 산출물의 주제 선정은 학습자의 수준에서 개발된 문제와 재발견된 것이 이루어진 것인가? • 산출물 생성 과정의 표현 - 학습자의 출몰에 신중을 기울여 출몰 과정이 좋게 드러나는가? • 학습자의 산출물에서 해결책을 내놓는 과정과 재발견된 아이디어는 있는가? 	
문제 해결의 아이디어, 해법 탐색	예비 수학 활동 영역	<ul style="list-style-type: none"> • 해결전략이나 해법, 아이디어 • 문제 해결을 위한 수렴한 기법 • 가설검증을 위한 실험 방법이나 아이디어 	<p>C1. 새로운 문제를 발견하거나 제시할 수 있는가? C2. 동질이나 경험으로부터 문제 해결의 전략이나 아이디어를 생각해 내는가? C3. 문제 상황으로부터 해결의 실마리를 발견해 내는가? C4. 문제를 변형해 보는가? (유사/반대/개념이나 내용 수준을 더 높게/낮게) C5. 다양한 해법(가설수립)을 시도하는가? C6. 기존의 가설에서 벗어나 새로운 해법을 생각해 내는 데 있어서 사고의 전환이 유연하게 이루어지는가? C7. 다양한 검증방법을 생각해 내는가? C8. 통찰, 직관, 경험으로부터 가설 검증방법을 생각해 내는가? C9. 문제 해결에 영향을 미칠 수 있는 새로운 기법한 지식, 정보의 유형에 대한 아이디어를 생성하는가? C10. 문제 해결에 필요한 지식, 정보의 탐색 경로와 방법을 찾아내는 데 있어서 효과적이고 새로운 아이디어를 제시하는가?</p>	<p>A1. 문제에 포함된(요구하는) 수학적 구조를 파악하는가? A2. 문제 해결에 필요한 수학적 언어나 기술을 찾아 구상하는가? A3. 가설에 대한 실험적 검증 결과의 가치(진위, 유용성) 판단을 하는가?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 산출물 생성 과정의 표현 - 학습자의 출몰에 신중을 기울여 출몰 과정이 좋게 드러나는가? • 학습자의 산출물에서 해결책을 내놓는 과정과 재발견된 아이디어는 있는가? 	
가설 검증/확인 (통찰/직관/실험)	자료 탐색 영역	<ul style="list-style-type: none"> • 지식과 정보, 자료 수집의 경로, 방법 • 유의미하게 수집(탐색)한 지식과 정보, 자료 	<p>E7. 새로운 해결전략을 위해 필요한 정보를 탐색하고 선택하는가?</p>	<p>M5. CPS 각 단계의 전환과 진행이 유익하고 효율적으로 이루어지는가? M6. 문제 해결 과정에서 인지 능력 요소의 조율과 평가가 이루어지는가?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 산출물 생성 과정의 표현 - 학습자의 출몰에 신중을 기울여 출몰 과정이 좋게 드러나는가? • 학습자의 산출물에서 해결책을 내놓는 과정과 재발견된 아이디어는 있는가? 	
결론의 수학적 정당화	수학적 정당화 및 표현 영역	<ul style="list-style-type: none"> • 정당화에 사용하는 수학적 논리나 근거 • 수학적 해결 방법 기술 • 결과의 언어적 표현 능력 • 결과물 (보고서, 평가 근거, 포트폴리오 등) 유형의 산출물 	<p>C11. 정당화의 방법이 독창적/유의미한가? C12. 결과를 타인에게 설명하거나 발표하는 데에 있어서 기발하고 유의미한 방법을 생각해 내는가? C13. 결과물의 구성, 산출이 독창적이고 새로운 형식을 지니는가?</p>	<p>A6. 결과를 정당화하는 데에 수학적 논리나 근거가 타당한가? A7. 수학적 기법, 연산 등의 용에 있어 적합성, 타당성이 있는가?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 산출물 생성 과정의 표현 - 학습자의 출몰에 신중을 기울여 출몰 과정이 좋게 드러나는가? • 학습자의 산출물에서 해결책을 내놓는 과정과 재발견된 아이디어는 있는가? 	

대화나 연습지에 쓰는 필기, 수식 등도 문제해결 과정의 산출물 추출의 대상이 되었다. 추출한 산출물 요소는 III장에서 제시한 평가 준거에 의해 평가를 실시하고 MG-CPS 수행에 따른 인지적 능력 요소 부분에 대한 평가 결과를 분석할 것이다. 평가 자료로부터 <표 III-2>에서 제시한 준거에 의해 학생 산출물의 구체적인 평가 대상이 추출되었으며 이는 수학영재의 창의적 문제해결 모델의 절차에 맞추어 양적인 측면과 질적인 측면에서 분석되었다. 이 장에서는 MG-CPS의 각 단계별 산출물의 예 중에서 학생들의 문제해결 과정과 창의적 산출물의 특징을 보여주는 대표적인 것들을 소개하였으며 평가 결과는 그 다음에 제시하였다.



[그림 IV-2] 평가 자료의 예(문제해결의 전략, 아이디어, 해법 탐색 단계)
-포트폴리오 : 무게중심 찾기 쉬운 사각형부터 찾기-

가. 문제인식 단계

이 단계에서의 산출물 요소는 평면 도형(삼각형)의 무게중심에 대한 기본 지식을 바탕으로, 문제 이해와 인식을 위해 제시된 학생 발문, 정의된 탐구 문제, 제정의 또는 수정·보완된 탐구 주제와 문제, 도출된 결론으로부터 새롭게 제기된 입체도형의 무게중심에 대한 문제 등이다.

문제 선정⁴⁾에서부터 결과 발표까지 학생 주도로 이루어진 활동이었기 때문에 문제 인식 단계에서도 학생들이 보여주는 산출물의 양이 많았다. 보고서에는 주제 선정의 이유와 정의한 문제를 간단하

게 제시하였으나, 연구자의 관찰에 따르면 학생들의 문제 인식을 위한 해결자 주도의 발문이 상당히 많은 편이었다. 다양한 발문을 토대로 탐구 문제를 어떻게 선정하고, 어떤 순서로 배열할 것인가에 대한 논의도 활발하게 이루어졌으며 [그림 IV-1]과 같이 토론과 탐구 과정을 거치면서 문제 인식이 보다 분명해지고 다듬어졌다. 처음에는 학교수학에서 배운 삼각형의 무게중심을 다각형으로 확장시키는 '다각형의 무게중심 찾기'였으나 수 차례의 실험과 시행착오 과정을 거치면서 '사각형의 무게중심 찾기', '사각형의 무게중심 찾는 방법 증명하기'로 수정되었고 이를 통해 문제 인식과 탐구 방향

4 차시 탐구 내용

- 다각형의 무게중심을 어떻게 정의할 것인가?
:삼각형의 무게중심처럼
중선의 개념이 필요한가?
:중선을 어떻게 볼 것인가?
- 삼각형의 무게중심에서 찾을 수 있는 성질을 다각형으로 확장할 수 있는가?
:중선을 내분하는 점인가?
:무게중심에 의해 넓이를 등분하겠는가?

[그림 IV-1] 평가 자료의 예 (문제 인식 단계) - 교사 기록 파일 : 문제 인식 위한 학생 발문 -

4) 학생들의 문제 선정은 연구가 이루어지기 1년 전 여름캠프에서 다양한 관점에서 사물의 무게중심을 찾고 체험해보는 활동을 거쳐, 학생들이 1학년 때 선정했던 '다리가 하나 뿐인 테이블 만들기' 라는 탐구 주제를 보다 수학적으로 접근해서 해결해 보기 위한 시도로 이루어진 것이다.

설정이 분명하고 명확하게 이루어질 수 있었다.

나. 문제해결의 전략, 아이디어 탐색 단계

탐구 문제를 선정한 후에, 학생들이 가장 집중했던 것은 사각형의 무게중심을 찾는 방법이었다. [그림 IV-2]와 같이 학생들은 우선 교과서에 제시된 삼각형의 무게중심 정의에 따라 사각형의 무게중심을 찾는 방법을 모색하였다. 이 과정에서 학생들은 삼각형과 사각형을 오가며, 무게중심의 의, 성질, 찾는 방법에 대해 고민하였고, 문제를 일시적으로 수정하여 정사각형, 마름모, 평행사변형 등 사각형의 범위를 축소하여 무게중심을 먼저 찾아보려고 하였다.

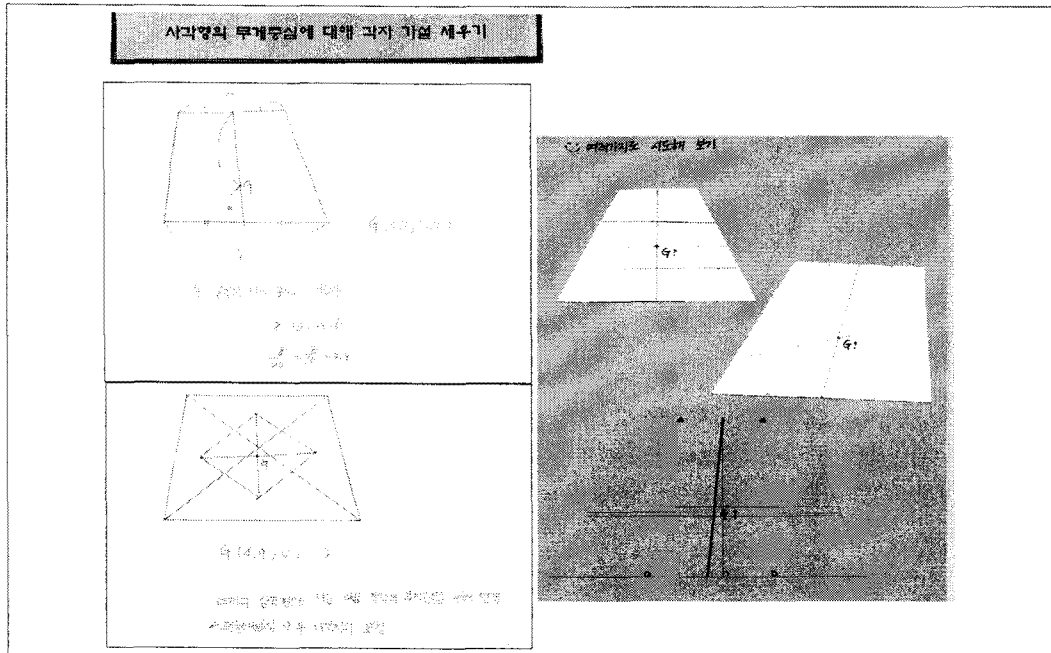
다. 가설 수립 및 검증 단계

이 단계의 산출물 과정 요소는 학생들이 수립한 다양한 가설이다. 가설 수립 단계에서 학생들은 우선 각자 사각형의 무게중심을 어떻게 찾을 것인지에 대해 고민하고 가설을 수립한다. 가설 수립은

‘그렇듯한’ 가설 세우기로 우선 여러 가지 방법을 고안하여 시도해 본 후에 다음 단계의 확인 절차를 거치게 된다.

[그림 IV-3]과 같이 사각형의 성질로부터 다양한 아이디어를 생성하여 무게중심을 찾기 위한 방법을 고안하였다. 본격적인 가설 수립을 위해 학생들은 사다리꼴의 무게중심을 찾는 것을 시작하였다. 삼각형의 무게중심으로부터 정사각형, 마름모, 직사각형, 평행사변형 등 무게의 평형을 이루는 점을 두 대각선의 교점으로 찾을 수 있는 사각형을 거쳐 일반화된 사각형의 무게중심을 찾기 위한 첫 단계로써 사다리꼴의 무게중심을 찾는 방법을 찾아보려고 하였다.

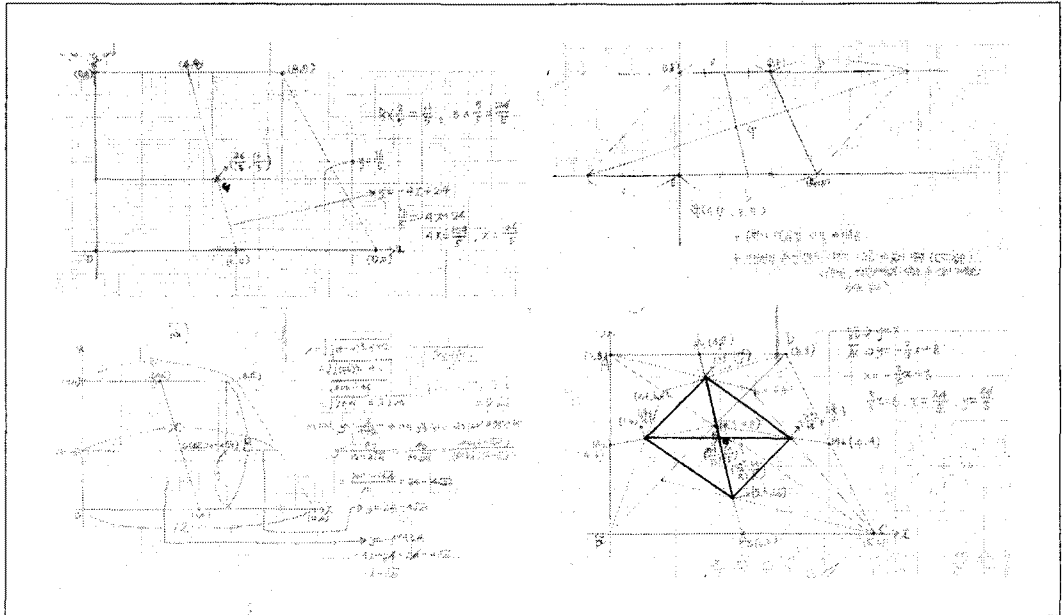
가설 검증 단계에서는 수립한 가설에 대하여 실험적, 경험적으로 그 진위를 판단하기 위한 방법을 시도한다. 일단 물리적인 방법으로 무게중심 여부를 확인하고 그것이 정당화할 가치가 있는지를 판단하기 위해 두 가지의 단계를 거쳤다. 첫째, 합동인 사각형에 대해 개별적으로 세운 가설-무게중심 찾는 방법-이 일치하는 지를 살펴보는 것, 둘째, 각자



[그림 IV-3] 평가 자료의 예(가설수립 단계) -포트폴리오 : 사각형의 무게중심 찾는 방법에 대한 가설 수립-

찾은 방법으로 사각형의 무게중심을 표시하고 평면을 연필끝으로 세워서 평형을 이루는지 살펴보는 것이었다. 그 다음으로는 보다 수학적 접근을 시도하고자 하였다. 아래의 [그림 IV-4]는 학생들이

실험적 방법으로 각자 수립한 가설의 검증 여부를 결정하는 과정을 나타낸 것이다. 학생들은 각자 세운 가설에 따라 찾은 무게중심이 일치하는지를 알아보기 위해 투명한 OHP 필름을 이용하여 합동



[그림 IV-4] 평가 자료의 예(실험적 방법을 통한 가설 검증 단계)
 -포트폴리오 : 좌표 확인으로 각자의 가설대로 찾은 무게중심 일치 여부 알아보기 -

사각형의 무게 중심 찾는 방법에 대한 경우!

(W)

사각형(대의 원리!!)

아르키메데스의 정리에 따라 사각형의 무게중심이 두 삼각형의 무게중심을 연결한 선분 위에 있으므로... 지렛대의 원리로 설명 가능

BARCD를 $\triangle ABC$ 와 $\triangle ACD$ 로 나눈다.
 $\triangle ABC$ 의 무게중심을 G_1 , $\triangle ACD$ 의 무게중심을 G_2 라 할 때, 두 점은 같다.
 지렛대의 원리를 이용해 $\overline{G_1G_2}$ 의 중심 (BARCD의 무게중심은 각 끝이 있는 두 점의 무게의 곱셈을 이루기 위해(무게=길이) 두 삼각형의 면비로 나누는 점을 잡아야 한다.

[그림 IV-5] 평가 자료의 예(결론의 수학적 정당화 단계)
 -무게중심 찾는 방법에 대한 수학적 검증-방법 1: 지렛대 원리 -

인 삼각형을 만들어 가설대로 찾은 무게중심을 표시하고 포개어 보거나 [그림 IV-4]와 같이 합동인 사각형의 꼭짓점에 좌표를 부여하여 각자의 방법대로 무게중심의 좌표를 찾아서 비교해 보는 보다 수리적인 검증 방법을 시도하였다. 합동인 사각형을 잘라 무게중심을 찾고 그것이 겹치는지를 살펴보는 것과 임의의 사각형을 각자의 방식대로 분할하거나 확장하여 무게중심이 될 것처럼 보이는 '그렇듯만' 무게중심의 좌표를 찾고 이 좌표가 모두 일치하는지를 비교해 봄으로써 각자 무게중심을 찾는 방법이 검증할 필요가 있는 것인지를 확인하고자 하는 과정이었다. 자료 검색을 통해 선택한 가설의 검증도 위와 같은 방법으로 시행하였으며, 두 방법에 의해 찾은 사각형의 무게중심의 일치 여부 확인, 무게의 평형 확인 등을 통해 두 방법의 수학적 정당화 단계로 나아간다.

라. 결론의 수학적 정당화 단계

이 단계의 산출물 과정 요소는 학생들이 선택한 가설이 왜 옳은가, 즉, 사각형의 무게중심을 구하는 방법으로 찾은 두 가지의 방법이 옳은 이유를 검증하기 위해 생각해 낸 방법과 이를 수학적으로 정당화 하는 과정이다.

학생들이 최종적으로 검증할 가설은 자료 검색을 통해 두 가지가 선택되었다. 이 두 가지는 각각 '방법 1'과 '방법 2' 혹은 ' W_1 '과 ' W_2 '로 표현되는데, '방법 1'의 경우는 검색한 자료로부터 검증할 방법을 찾은 것이고, '방법 2'는 제시된 방법을 놓고 어떻게 검증할 것인가를 고민하던 중 "두 대각선에 의해 분할된 두 쌍의 삼각형의 무게중심을 이어서 만든 사각형은 주어진 사각형과 닮음일 것 같다"는 직관으로부터 얻은 것이다. 두 사각형이 닮음이라는 것만 증명한다면 '방법 2'에 의해 얻은 무게중심도 '방법 1'을 적용할 수 있을 것이라 생각하고 학생들은 두 사각형의 닮음을 증명하는데 집중하였다. '방법 1'은 본 연구에서 제시한 정당화의 세 가지

사각형의 무게 중심 찾는 방법에 대한 검증 결과 2	
	<p>$\triangle ABCD$의 무게 중심 G : $\triangle ABCD$의 무게 중심 $\triangle A'B'C'D'$의 무게 중심 G' : $\triangle A'B'C'D'$의 무게 중심 G, G', G_1, G_2, G_3의 위치를 살펴 보자 G, G_1, G_2, G_3, G'의 위치를 살펴 보자 (중심) $\triangle A'B'C'D'$의 $\triangle A_1G_1G_2G_3$에서 A_1의 무게 중심 G_1 : $(\frac{1}{3}(A_1 + B_1 + C_1 + D_1))$ (중심) * $(\frac{1}{3}(A_1 + B_1 + C_1 + D_1))$ B_1의 무게 중심 G_2 : $(\frac{1}{3}(A_1 + B_1 + C_1 + D_1))$ * $(\frac{1}{3}(A_1 + B_1 + C_1 + D_1))$ C_1의 무게 중심 G_3 : $(\frac{1}{3}(A_1 + B_1 + C_1 + D_1))$ * $(\frac{1}{3}(A_1 + B_1 + C_1 + D_1))$ * $(\frac{1}{3}(A_1 + B_1 + C_1 + D_1))$ D_1의 무게 중심 G_4 : $(\frac{1}{3}(A_1 + B_1 + C_1 + D_1))$ * $(\frac{1}{3}(A_1 + B_1 + C_1 + D_1))$ * $(\frac{1}{3}(A_1 + B_1 + C_1 + D_1))$ * $(\frac{1}{3}(A_1 + B_1 + C_1 + D_1))$ $\triangle ABCD$의 무게 중심 G : $(\frac{1}{4}(A + B + C + D))$ $G = \frac{1}{4}(A + B + C + D) = \frac{1}{4}(A_1 + B_1 + C_1 + D_1 + A_2 + B_2 + C_2 + D_2 + A_3 + B_3 + C_3 + D_3)$ $G = \frac{1}{4}(G_1 + G_2 + G_3 + G_4)$ G의 위치를 살펴 보자 G는 $\triangle ABCD$의 무게 중심이다. $\triangle ABCD$의 무게 중심 G와 $\triangle A'B'C'D'$의 무게 중심 G'의 위치를 살펴 보자 G와 G'의 위치를 살펴 보자. $\triangle ABCD$와 $\triangle A'B'C'D'$가 닮음일 때 (중심) G와 G'의 위치를 살펴 보자. $\triangle ABCD$와 $\triangle A'B'C'D'$가 닮음일 때 (중심)이다.</p>

[그림 IV-6] 평가 자료의 예(결론의 수학적 정당화 단계)
 -무게중심 찾는 방법에 대한 수학적 검증-방법 2: 닮음(직관) 증명-

유형 중에 이해의 정당화에 해당하며 ‘방법 2’는 기존의 엄밀한 수학적 증명과 자신의 증명이 동치임을 보임으로써 궁극적으로 보이고자 하는 명제가 참임을 보이는 정당화에 해당하는 것으로 볼 수 있다.

학생들이 두 가지의 무게중심 찾는 방법에 대한 정당화는 [그림 IV-5], [그림 IV-6]과 같다.

첫 번째 ‘방법 1’의 정당화는 [그림 IV-5]에서 보이는 바와 같이 학생들이 자료 탐색을 통해 이미 존재하는 해법을 찾고 그 증명이나

정당화를 이해하고 해설하는 이해의 정당화에 해당한다. 학생들은 일단 주어진 문제의 해법이 될 수 있는 방법을 자료 탐색을 통해 찾았기 때문에 ‘어떻게 해결할 것인가’보다는 ‘그 해법이 왜 옳은가, 어떻게 설명할 수 있는가’에 집중하게 된다. 제시된 ‘방법 1’이 왜 옳은지, 어떻게 설명할 것인지는 학생들에게 또 다른 문제로 제기된 것이며, 학생들은 ‘아르키메데스의 지렛대 원리’를 적용하여 왜 ‘방법 1’이 옳은 해법인지를 이해하고 설명하였다.

두 번째 ‘방법 2’의 정당화는 다음의 [그림 IV-6]에서 살펴볼 수 있는데, 이미 존재하는 해결책의 증명이나 정당화 과정에 대한 충분한 이해를 바탕으로 자신의 해법을 결론까지 직접적으로 증명해 가거나 정당화는 못하지만 기존의 해법에까지 이르게 함으로써 기존의 정당화 방법을 징검다리 삼아 결론에 도달하는 방식의 정당화라 할 수 있다.

마. 문제 해결 전반의 과정과 결과물로부터 추출한 산출물

언어적 표현 단계를 포함하여 학생들이 제출한 결과물과 발표 자료, 교사의 관찰 기록 파일을 바탕으로 CPS 단계별로 추출한 창의적 산출물을 모두 정리하면 다음에 제시된 <표 IV-1>과 같다.

2. 수학적 창의적 산출물 평가의 결과 분석 방법

교사가 학생의 산출물 생산의 학습·지도 및 평가를 계획하고 실행한 후에는 평가 결과를 분석하고 그에 따른 평가 진술(description)을 통해 학습자와 교사 및 학부모에게 적절한 피드백을 제공할 수 있어야 한다. 본 연구에서 개발한 평가들은 주관적 측정에 의한 질적 평가 방법을 기본 방침으로 했으므로 평가 진술은 질적 진술을 지향한다.

산출물의 평가를 위해 평가하는 교사는 우선 학생 산출물을 MG-CPS의 과정에 따라 관찰하거나 분석하여 <표 IV-2>와 같이 평가 기준표를 작성한다. 본 연구에서의 산출물 평가는 점수화하거나 서열화하기 위한 평가가 아닌, 학생들의 창의적 문제해결의 특징을 파악하고 분석하여 보다 나은 창의적 산출물을 만들어 낼 수 있는 능력을 신장시키기 위한 도구로 활용하는 평가이므로 산출물의 수준을 여러 단계로 구분하여 점수화하는 대신 일반 학생의 산출물 수준으로 평가되는 것과 수학적 창의적 산출물 수준으로 평가되는 것으로

구분한다. 평가 결과의 분석에서는 유의미한 산출물에 대해 CAMT의 독창성 채점 기준에 나타난 카테고리를 바탕으로 하되, 이를 반응의 빈도가 아니라 반응 내용의 수준으로 해석하여 산출물을 일반 학생의 산출물 수준과 수학적 창의적 산출물 수준으로 구분하여 분석할 수 있다. 일반 학생의 산출물 수준은 수준 1로 표기할 것이고 평가자가 예측 가능한 항목, 내용, 수준을 포함한다. 수학적 창의적 산출물은 독창성이나 정교성, 민감성, 재정의 능력 등의 사고 능력이 돋보이는 수준은 수준 2로 표기하고 평가자가 산출될 것이라고 예측하지 못한 항목, 내용, 수준도 포함한다. 수준 1과 수준 2의 산출물은 각각을 1과 2로 점수를 부여하는데 이는 산출물의 질을 분석하는 자료로 활용하기 위한 것이다. 교사의 평가 전문성에 채점 기준에 대한 수정·보완에 대한 사항이 포함될 것처럼 학생들의 산출물에 대한 평가 기준 항목은 어느 정도 개방성을 지닐 수 있다. 즉, 채점 기준표는 일단 예측 가능한 산출물에 대해서만 제시하고, 예측 못한 산출물이 추출된 경우 제시된 채점 기준표의 수준과 비교하여,

<표 IV-1> 학생 탐구발표 결과물에서 추출한 창의적 산출물 요소

CPS 단계	산출물 과정요소	학생 창의적 산출물 요소
문제 인식	<ul style="list-style-type: none"> 문제 인식을 위한 해결자의 발문 (결과로부터) 수립한 문제 	<ul style="list-style-type: none"> “다각형의 무게중심을 찾기 위해 가장 먼저 할 일은?” “무게중심이 뭐지?” “어떻게 정의하지?” “삼각형의 무게중심과 무엇이 다른가?” “무엇을 문제로 정해야 하는가?” “사각형의 무게중심을 먼저 찾아야 한다” “사각형의 무게중심만 찾고 나면 다각형으로 확장하는 것은 어렵지 않을 것이다” 탐구문제 : 1. 다각형의 무게중심 정의하기 2. 사각형의 무게중심 찾기 3. 사각형의 무게중심 찾는 방법 검증하기 “입체도형의 무게중심은 어떻게 정의할까? 부피의 평형?” <u>탐구 결과로부터 더 연구할 문제로 언급-입체도형의 무게중심 찾는 방법</u>
문제해결의 전략, 아이디어, 해법탐색	<ul style="list-style-type: none"> 해결전략이나 해법/아이디어 	<ul style="list-style-type: none"> 삼각형의 무게중심을 찾는데 사용된 수학적 방법, 용어, 성질 되돌아보기 삼각형의 무게중심 정의 찾아보기 해결해야 되는 문제 다시 확인하기 무게중심을 찾기 쉬운 사각형부터 찾아보기 삼각형의 무게중심 정의를 사각형에 적용해 보기
문제해결의 가설수립	<ul style="list-style-type: none"> 문제해결을 위해 수립한 가설 	<ul style="list-style-type: none"> 삼각형의 무게중심 정의로부터 다각형의 무게중심 정의-<u>무게(넓이)의 평형을 이루는 점</u> 각자 임의의 사각형의 무게중심 찾는 방법 고안해보기-사각형의 무게중심에 대한 가설 수립 사각형의 무게중심 찾는 방법이 옳은 것임을 확인한 후, “왜 옳은 것인가, 어떻게 수학적으로 설명할 것인가에 대한 가설 수립” -<u>지렛대의 원리(자료) / 닭음(직관)</u>
가설 검증/확인 (통찰/직관 /실험)	<ul style="list-style-type: none"> 가설검증을 위한 실험방법이나 아이디어 	<ul style="list-style-type: none"> 똑같은 사각형을 가지고 각자 세운 가설대로 무게중심 찾은 후 겹쳐지는 지 확인해 보기- <u>OHP 필름 활용</u> <u>우드락으로 만든 사각형을 각자 찾은 방법으로 무게중심 표시하여 사프로 새워보기</u> 검증/확인 (판단)결과 -네 명의 가설이 모두 옳지 않음 선별한 자료의 내용이 선택한 다각형의 정의에 따라 사각형의 무게중심을 찾는 것인지 다시 확인하기- <u>자료에서 제시한 두 가지의 방법으로 찾은 무게중심이 일치함</u>
새로운 해법을 위한 정보, 자료 수집	<ul style="list-style-type: none"> 지식과 정보, 자료수집의 경로, 방법 유의미하게 수집(탐색)한 지식과 정보, 자료 	<ul style="list-style-type: none"> 사각형의 무게중심을 찾는 방법에 대한 자료 수집하기 수집한 자료 중 이해할 수 있는 것, 검증할 수 있는 것, 수학적으로 설명해 낼 수 있는 것 선별하기 -<u>두 가지 방법 활용 (점 중심, 판중심)</u> 선별된 자료에서 찾은 방법을 수학적으로 설명하고 검증할 자료 수집하기
결론의 수학적 정당화	<ul style="list-style-type: none"> 정당화에 사용하는 수학적 논리나 근거 	<ul style="list-style-type: none"> <u>지렛대의 원리에 따라 찾은 방법 중 하나가 타당함을 보임.</u> 닭음의 성질에 의해 증명할 수 있으리라는 직관에 따라 사각형의 대각선으로 나눈 네 개의 삼각형의 무게중심을 연결하여 만든 내부 사각형이 원 사각형과 <u>닭음을 증명해 낸</u> <u>영화자막의 아이디어</u>를 빌어 파워포인트를 구성함
언어적 표현 (발표/보고서작성/설명)	<ul style="list-style-type: none"> 수학적 해결 방법, 기술 결과물 (보고서, 발표자료, 포트폴리오 등 유형의 산출물) 	

수준 1에 포함하거나 추가할 것인지, 수준 2로 평가할 것인지를 결정할 수 있다.

유의미한 산출물은 기준표에 제시된 항목과 비교하여 각 평가 항목별로 1, 2의 수준을 구분하기는 하지만 이 점수는 학생 산출물의 성취점수를 내기 위한 것이 아니라 산출물의 양에 대한 산출물의 질과 학생의 인지 측면의 능력 요소의 독창성의 특징을 살펴보기 위한 것이다. 그러나 교사의 평가 목표에 따라 평가 결과는 본 연구에서 제시한 것처럼 각 항목에 해당하는 산출물의 수준을 1, 2로 점수화하지만 이것은 산출물의 상대적인 수준을 알아보거나 점수화 하는 대신 체크리스트 형식으로 학생이 제시한 결과물이나 답안이 평가 항목에 해당하는 지의 여부만 표시하여 산출물의 경향을 파악하는 데에 활용할 수 있다. 즉, 어떤 문제를 해결하

는 과정에 주로 개입하는 인지 능력 요소가 무엇인지를 파악하여 평가 진술에 반영할 수 있다. 본 연구에서 제시하는 평가 결과 분석방법은 산출물의 양과 질을 고려할 것이며 산출물의 수준은 상대평가나 서열화를 염두에 두지 않으므로 점수화하지 않는 것이다. 다만 평가계획에서 교사가 학생 산출물의 내용과 범위, 수준을 예상하는 기준표를 작성하는 것은 산출물이 누구나 만들어 낼 수 있는 것인가, 아니면 수학생의 능력 수준이 충분히 발휘된 것인가를 구분해 줄 필요가 있기 때문이다. 따라서 학생 산출물은 일반 학생의 산출물 수준과 수학생재 학생의 산출물 수준으로 구분한다. 평가 결과는 수행 능력 측면에서 MG-CPS의 영역별 산출물의 양과 질을 분석할 것이며 인지 능력 측면에서 세 가지의 인지 능력 요소별 산출물의 양과 질을 분석

<표 IV-2> 창의적 산출물의 평가 기준표 예시

CPS 단계	학습자의 MG-CPS 에서 관찰된 산출물 요소	해당 평가 항목	평가 수준
문제 인식	• “다각형의 무게중심을 찾기 위해 가장 먼저 할 일은?”	E2	1
	• “무게중심이 뭐지?” “어떻게 정의하지?”	E2	1
	• “삼각형의 무게중심과 무엇이 다른가?”	A1	2
	• “무엇을 문제로 정해야 하는가?”	E2	1
	• “사각형의 무게중심을 먼저 찾아야 한다”	E1	2
	• “사각형의 무게중심만 찾고 나면 다각형으로 확장하는 것은 어렵지 않을 것이다”	A1	2
	• 탐구문제 선정 및 진술: 1. 다각형의 무게중심 정의하기 2. 사각형의 무게중심 찾기 3. 사각형의 무게중심 찾는 방법 검증하기	C1	2
	• “입체도형의 무게중심은 어떻게 정의할까? 부피의 평형?”	C1	1
	• 탐구 결과로부터 더 연구할 문제로 인접-입체도형의 무게중심 찾는 방법	C1	1

<표 IV-3> 영역별 창의적 산출물 비교

평가 항목 영역	수학생재 CPS 단계	산출물 요소 개수	평가 수준 점수 합	산출물 지수
문제 이해 영역	문제 인식 단계	9	13	1.44
예비 수학적 활동 영역	문제해결의 전략, 아이디어, 해법탐색 단계 및 문제해결의 가설수립 단계	8	12	1.50
자료 탐색 영역	가설 검증/확인 (통찰/직관/실험) 단계 및 새로운 해법을 위한 정보, 자료 수집 단계	7	9	1.29
수학적 검증 및 표현 영역	결론의 수학적 정당화 단계 및 언어적 표현 (발표/보고서작성/설명) 단계	3	8	2.67
영역별 산출물 합계(지수 평균)		27	42	(1.56)

5) 학생 산출물 요소에서 나타난 기술 및 밑줄 표시 부분은 사례연구에서 학생들이 직접 (새롭게) 만들어 냈거나 수행한 부분을 표시한 것이다.

한다. 즉, 본 연구에서 제시하는 평가의 실체는 MG-CPS의 수행 과정과 인지능력 요소에 대한 평가로 한정한다.

3. 수학영재의 창의적 산출물 평가의 실제

가. 수행 과정 및 인지능력 요소에 대한 평가 결과

산출물 요소의 MG-CPS 절차별 평가 결과는 다음과 같이 분석한다. 우선 다섯 단계의 평가 항목 영역에서 추출된 산출물 요소의 개수를 비교하여 학생의 문제해결 과정에서 양적으로 창의적 생산력이 부각되는 영역을 살펴본 후 평가 항목의 영역별로 평가 수준 점수 합과 영역별 산출물 점수를 계산하여 학생의 독창적인 능력이 상대적으로 부각된 영역을 살펴볼 것이다. 또한 산출물 평가 준거의 인지 영역별로 그 개수와 산출물 점수를 통해 각 인지 능력이 영역별로 어떻게 발휘되고 있는지 그 경향을 살펴볼 것이다.

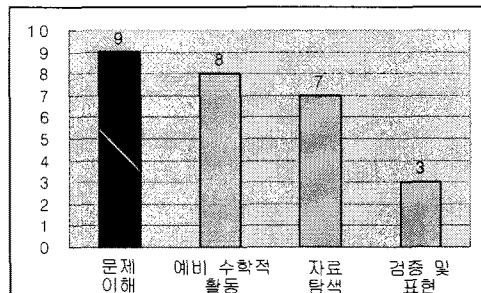
(1) 수행 과정의 평가-평가 영역별 산출물 요소의 개수와 지수

학생들이 제출한 결과물로부터 추출한 산출물 요소의 개수는 문제 이해 영역(문제 인식 단계)에서 가장 많고 다음으로 예비 수학적 활동 영역(문제해결의 아이디어 탐색 및 가설 수립 단계)에서 많이 나타난다. 이는 학생들이 문제해결 과정에서 문제를 인식하고 탐구 문제를 스스로 제시해야 하는 주제 탐구형 문제이기 때문이라고 해석할 수도 있으나 학생들이 문제해결 과정에서 문제 인식과 문제해결의 아이디어 생성에 가장 비중을 두고 있는 경향을 나타내는 것이라고 해석할 수 있다.

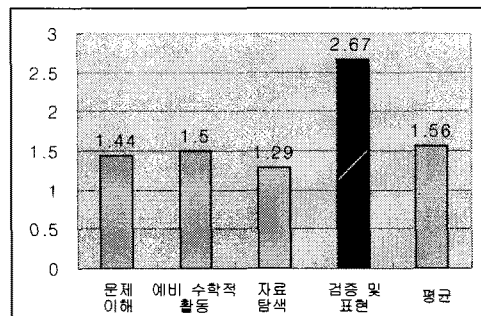
산출물의 영역별 평가 결과는 다음 <표 IV-3>과 같다. 평가 영역별 산출물 지수는 수학적 검증 및 표현 영역(결론의 수학적 정당화 및 언어적 표현 단계)이 가장 높았고, 다음으로 예비 수학적 활동

영역과 문제이해 영역의 지수가 높았다. 각 영역별로 산출물 지수의 차이가 있긴 했지만 모두 1점 이상으로 과제물을 평가하는 교사가 예측한 일반적인 수준보다는 높은 창의적 생산력의 수준을 나타내었다. 산출물 지수⁶⁾가 수학적 검증 및 표현 영역에서 높게 나타난 것은 문제의 특성상 공식적인 산출물 발표 대회를 위한 결과물이라는 점을 원인으로 볼 수도 있으나, 세부 평가 항목의 결과를 함께 살펴보면 학생들이 도출한 결과를 수학적으로 정당화 하는 과정에서도 독창성이 부각되었음을 알 수 있다.

평가 영역별로 나타난 산출물 요소의 개수만으로는 학생들의 창의적 생산력의 경향을 단언하기가 어렵다. [그림 IV-7]은 학생 산출물을 수행 능력의 측면에서 평가하기 위해 MG-CPS의 영역별로 산출물의 개수를 살펴 본 것이고 [그림 IV-8]은 각각의 산출물의 양에 대비한 수준을 살펴 본 것이다.



[그림 IV-7] 영역별 산출물 개수



[그림 IV-8] 영역별 산출물 지수

6) 평가수준 점수 합 : 산출물의 두 수준에 따른 점수 합 영역별 산출물 지수: $\frac{(\text{산출물의 두 수준에 따른 점수 합})}{(\text{산출물 요소의 개수})}$

<표 IV-4> 항목별 창의적 산출물 비교

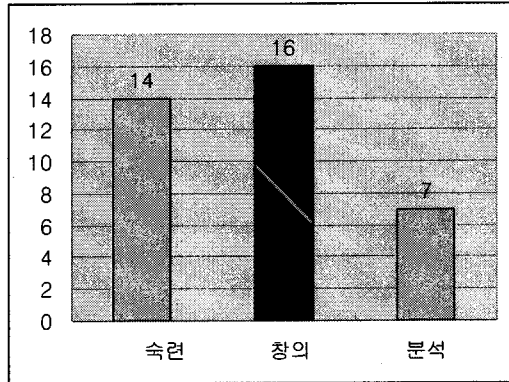
인지측면	산출물 요소 개수	평가 수준 점수 합	산출물 지수
숙련된 기술과 지식	14	16	1.14
창의성	16	25	1.56
분석적 사고	7	11	1.57
합계(지수 평균)	37	52	1.41

각각의 그림에서 제시하는 것과 같이 산출물의 개수는 영역 1과 영역 2에서 많이 나타났지만 산출물의 상대적인 독창성의 정도는 영역 5(정당화 및 언어적 표현단계)가 가장 높게 나타났다. 즉, 산출물의 절대적인 양과 상대적인 독창성 지수의 두 가지 측면에서 평가해 보면, 학생들이 문제해결 과정에서 많은 아이디어가 필요한 전반부에서는 양적으로, 수학적 논리전개와 사고력, 표현력을 요구하는 후반부에서는 질적으로 높은 수준의 창의적 생산력을 발휘하고 있다고 볼 수 있다.

(2) 인지 능력의 평가-평가 항목별 산출물 요소의 개수와 지수

CPS 절차에 따른 문제해결의 영역별로 산출물의 양과 창의성 수준을 살펴보았다면 다음으로는 평가 항목별 산출물 평가 결과를 분석한다.

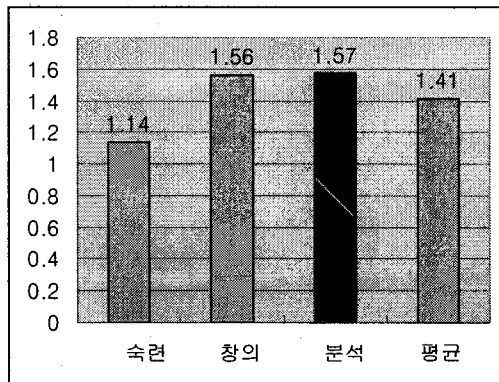
<표 IV-4>의 결과를 그래프로 나타내어 보면 [그림 IV-9], [그림 IV-10]과 같다. 산출물의 평가



[그림 IV-9] 항목별 산출물 개수

항목별 개수와 지수를 비교해 보면 양적인 측면에서는 창의성에 해당하는 평가항목이 가장 많았다. 그러나 산출물 지수를 비교해 보면 분석적 사고에 해당하는 평가 항목의 개수는 창의성 항목의 반에도 미치지 못했지만 산출물 지수에서는 창의성 항목보다 오히려 높은 지수를 나타내었다.

이는 학생들의 산출물이 문제해결의 과정에서 고안해내는 방법이나 전략 등에서 양적으로, 이를 분석하고 정당화하는 수학적 사고와 문제해결 측면에서 질적으로 높은 수준의 창의성을 발휘했다고 해석된다. 또한 모든 항목별로 그 지수가 1 이상으로 일반 학생의 산출물보다 높은 수준의 창의적 산출물을 생산했다고 할 수 있다.



[그림 IV-10] 항목별 산출물 지수

(3) 평가 결과의 진술

평가 결과의 분석만큼 그것을 어떻게 기술하여 어떤 정보를 제공할 것인가도 중요하다. 평가 결과의 분석 정보는 교사가 학생들에게 해결 문제를 부과하거나 새로운 평가 계획을 수립할 때 학생들이 문제를 해결하는 과정에서 어떤 요인에 더 비중을 두는 지를 살펴 문제해결의 특징을 파악하는데도 좋은 정보원이 될 뿐만 아니라 학생들의 산출물 평가의 진술이 더욱 폭넓게 이루어 질 수 있을 것이다.

7) 평가수준 점수 합 : 항목별 산출물의 두 수준에 의한 점수합 항목별 산출물 지수: $\frac{\text{산출물의 두 수준에 의한 점수 합}}{\text{산출물 요소의 개수}}$

산출물의 양적인 측면을 보면 이 문제의 경우 문제이해 영역과 예비 수학적 활동 영역에서 인지 능력이 가장 많이 발휘되었다. 자료 탐색을 제외한 모든 단계에서 활발한 아이디어의 생성과 검증 활동이 이루어졌음을 알 수 있다. 또한 인지 능력별로는 창의성에 관련된 산출물의 양이 가장 많았고 분석적 사고 능력에 관련된 산출물의 양이 가장 적었다.

산출물이 얼마나 다양하게 만들어졌는가도 창의적 생산력의 주요한 논의점이 되지만 어떤 수준의 산출물이 만들어졌는가도 중요한 논의점이 된다. 학생들의 산출물은 세 가지 능력 요소 모두에 관련되어 평가자의 예상 수준보다 높게 평가되었다. 특히 양적인 측면에서 가장 적은 산출물을 만들었던 분석적 사고 능력에 관련한 산출물의 수준이 질적으로는 가장 높은 것으로 평가되었다. 또한 수학적 검증 및 표현 영역의 산출물 지수가 상대적으로 가장 높은 것으로 나타난 것은 학생들이 자신이 찾은 해결책을 수학적으로 검증하고 정당화 하는 것에 매우 집중하여 높은 수준의 사고와 수행을 보여주었음을 알 수 있다. 특히 두 사각형의 닮음에 대한 통찰은 교사나 평가자가 예상하지 못한 새로운 시도로서 가장 뛰어난 창의성이 발휘된 부분으로 평가된다.

V. 결론 및 제언

동일한 주제나 문제에 대한 학생들의 반응이나 결과를 평가하는 일반 학교수학의 평가 장면과 달리 수학적영재교육에서의 평가는 학생들마다 다른 주제와 문제, 연구 방법과 결과물을 평가해야 하기 때문에 평가의 대상과 방향에 따른 개별적 평가와 피드백이 요구된다. 이에 본 연구에서는 수학적영재교육의 현장에서 실제 교육 활동을 담당하는 교사에게 창의적 생산력 신장이라는 교육목표에 따른 교수 및 평가활동에 대한 방향 제시와 실질적인 대안 마련이 필요하다는 문제의식 아래, 수학적영재

의 창의적 산출물 평가에 대한 방안과 방법을 논의하였다. 또 기존의 수학적영재의 산출물과 평가에 대한 연구를 바탕으로 학생들이 어떻게 문제를 인식하고 선정하며 어떤 과정을 통해 문제를 해결하고 공유하는가에 대한 평가가 이루어질 수 있도록 하기 위해 MG-CPS를 바탕으로 한 평가틀과 준거를 개발하였다. 즉, 창의적 산출물의 요소가 무엇인지를 밝힘으로서 무엇을 평가해야 하는가에 대한 해답을, 평가틀과 준거를 제시함으로써 어떻게 평가해야 하는가에 대한 해답을 제시하였으며 평가 결과 분석과 그에 따른 질적 진술을 제시함으로써 평가 결과를 어떻게 해석할 것인가에 대한 해답을 제시한 것이다.

사례연구에서 제시한 바와 같이 이 평가틀과 준거를 활용하면 학생들이 자기 주도적으로 선정한 연구 주제와 방법, 결과를 각각의 특성과 수준에 맞게 평가할 수 있으며 각각의 산출물에서 두드러진 능력이나 잘 드러나지 않는 능력이 무엇인지를 판단하여 차후 교수 학습에 대한 피드백 자료로 활용할 수 있다. 예를 들어 교사가 분석적 사고 능력에 초점을 두어 수업을 계획하고 진행한 뒤, 그에 대한 과제를 제시한 경우 이 연구에서 제시한 평가 준거에 의한 평가를 실시하고 그 결과를 분석해 보면 학생들에게 교사의 수업 목표가 얼마나 잘 반영되었는지, 학생들의 분석적 사고 능력 중에서는 어떤 능력 요소가 두드러지게 발휘되었는지를 준거에 따라 평가할 수 있다. 제시한 평가 준거와 분석 방법에 따르면 학생들이 창의적 문제해결과정 전반에 따른 산출물의 평가 요소를 추출할 수 있기 때문이다. 만약 교사의 의도와 달리 학생의 산출물에서 분석적 사고 능력이 발휘된 요소가 드러나지 않았다면 교사의 수업설계나 학생의 이해 측면에 있어 어떤 부분을 보완하거나 수정해야 하는지를 파악할 수 있으며, 교사의 의도가 잘 반영된 경우에도 학생들이 어떤 측면에서 어떤 능력 특성을 보이는지를 쉽게 파악할 수 있기 때문에 그에 따른 보다 구체적인 피드백을 제공할 수 있다.

교사는 수업과 평가에 따른 전반적인 흐름을 파

약하고 있는 상태에서 수업을 진행함으로써 학생들에 대한 지도도 보다 명확하게 할 수 있다. 또한 학생들이 무엇을 해야 하는지, 어떤 산출물을 만들어 내고 어떻게 평가받는지에 대한 이해와 혼련의 기회를 충분히 제공한다면 이는 지도하는 교사뿐만 아니라 학습을 하는 학생들에게도 분명한 방향을 제시하는 것이 된다. 따라서 창의적 생산력 신장이라는 목표와 더불어 학생들의 자기 주도적 문제해결 능력 신장이라는 목표에도 한 걸음 다가갈 수 있는 계기가 될 것이며 이를 바탕으로 교육 목표의 이해, 수업 계획 수립 및 실행, 그리고 평가와 그에 따른 학습·지도에의 피드백이 일체화되는 영재교육을 모색할 수 있을 것이다.

본 연구와 더불어, 인지적 능력뿐만 아니라 정의적 능력이나 메타-조정능력(이종희, 김기연, 2008)에 대한 평가의 필요성을 인식하고 이에 대한 연구가 이어져야 할 것이다. 수학영재의 문제해결 과정의 특성을 반영한 평가 도구를 개발하여 적용해봄으로써 교육현장에서 교사들에게 구체적이고 실질적인 평가 방향을 제시하였으나 본 연구에서는 그 결과 분석을 인지능력에 한정하였다. 학생들의 창의적 문제해결 능력을 평가하는 또 다른 측면인 메타-조정 능력에 대한 평가도 구체화되어야 할 것이다.

참고문헌

- 김부윤·김철언·이지성(2005). 수학적 창의성의 평가에 대한 고찰(Ⅱ). **수학교육논문집**, 19(1), pp.241-251.
- 김수동·김경희·이의갑·김선희·박은아·신명선·서수현·박가나(2005). **교사의 학생평가 전문성 신장연구(Ⅱ)**. 연구보고RRE 2005-3.
- 김선희(2005). 수학사에 근거한 수학영재의 창의적 산출물 평가 준거 개발. **한국수학사학회지**, 18(2), pp. 75-94.
- 김진호(2003). 학교수준에서의 수학적 창의성에 대한 논의-새로운 수학적 지식의 생성이란 관점에서. **교육과학연구**, 34(2), pp.149-165.
- 김홍원·김명숙·송상현(1996). **수학영재 판별 도구 개발 연구(I)**. 연구보고 CR 96-26. 한국교육개발원.
- 박성익·조석희·김홍원·이지현·윤여홍·진석언·한기순(2003). **영재교육학원론**. 서울: 교육과학사.
- 송상현(1998). **수학영재성 측정과 판별에 관한 연구**. 서울대학교 대학원 박사학위 논문.
- 신희영·고은성·이경화(2007). 수학영재교육에서의 관찰평가와 창의력평가. **학교수학**, 9(2), pp.241-257.
- 양수경(2002). **고등학생을 대상으로 한 분야별 영재 판별도구의 탐색과 그 활용 방안 연구**. 성균관대학교 대학원 석사학위 논문.
- 유운재(2002). 수학적 창의성 검사. **수학교육학술지**, 7, pp.1-22.
- 윤경미·김정섭(2006). 영재판별의 새로운 변인: 문제발견력. **교육심리연구**, 20(3), pp.587-604.
- 윤초희·강승희(2005). 인지적 특성에 의한 영재 유형간 판별분석: 초동 언어영재와 수학영재의 경우. **한국심리학회지: 발달**, 18(3), pp.63-80.
- 이정규(2003). 창의성 연구에 있어서 영역성과 측정에 대한 문제점 분석 연구. **교육심리 연구**, 17(4), pp.315-335.
- _____(2004). 학업성취도에 대한 창의성의 상대적 예측력. **교육학연구**, 42(4), pp.317-342.
- 이정은(1999). **창의성의 정의적 특성 측정을 위한 중학생용 검사 개발**. 이화여자대학교 대학원 석사학위 논문.
- 이종희·김기연(2008). 창의적 생산력의 하위 요소 탐색 및 수학영재의 창의적 문제해결 모델 개발. **학교수학**, 10(4), pp.583-601.
- 최영기·도종훈(2001). 수학영재의 창의적 특성 분석. **수학교육학술지**, 6, pp.135-153.
- 최현용·한인기(1999). 수학영재의 창의력 신장을

- 위한 방향 모색. **청람수학교육**, 제 8 회 수학교육 세미나집, pp.15-44.
- Amabile, T. M.(1983a). *The Social Psychology of Creativity*. New York : Springer-Verlag.
- _____ (1983b). The Social Psychology of Creativity : A Componential Conceptualization. *Journal of Personality and Social Psychology*, 45(2), pp.357-376.
- Balka, D. S. (1974). *The development of an instrument to measure creative ability in mathematics*. Doctorial dissertation, University of Missouri-Columbia.
- Baer, J.(2001). **창의적인 교사, 창의적인 학생**. 우종욱, 전경원 역. 서울 : 창지사. (원저는 1997년 출판)
- Davis, G. A., Rimm, S. B.(2004). *Education of the Gifted and Talented, Fifth edition*. Pearson Education, Inc.
- Karnes, F. A., Bean, S. M.(2003). **영재교육의 방법과 자료 상**. 이화국, 김언주, 문정화 역. 서울 : 대교. (원저는 2001년 출판)
- _____ (2003). **영재교육의 방법과 자료 하**. 이화국, 김언주, 문정화 역. 서울 : 대교. (원저는 2001년 출판)
- Krutetskii, V. A.(1976). *The Psychology of Mathematical Abilities in Schoolchildren*. The University of Chicago Press.
- Renzulli, J. S.(2004). A General Theory for the Development of Creative Productivity Through the Pursuit of Ideal Acts of Learning. In Van Tassel-Baska, J.(ed.). *Curriculum For Gifted And Talented Students*, pp.65-92.
- Sak, U.(2005). *M³: The Three-Mathematical Minds Model for the Identification of Mathematically Gifted Students*. Doctorial dissertation, University of Arizona.
- Sisk, D.(1987). *Creative Teaching of the Gifted*. McGraw-Hill Book Company.
- Young, J. G. (1985). What Is Creativity?. *The Journal of Creative Behavior*, 19(2), pp.77-87.

Development and Application of the Criteria of Evaluating Creative Product in Mathematical Gifted Education

Lee, Chong Hee (Ewha Womans university)

Kim, Ki Yoen (Seoul Buk-Technical high school)

In this study, researchers developed the criteria of evaluating mathematically gifted students' creative products, which contain such evaluation headings as cognitive abilities(creativity, analytic thinking, expert skill and knowledge), performing ability of the Mathematically Gifted-Creative Problem Solving process.

And then a case study is carried out to

apply the criteria to an actual condition of mathematically gifted education. This case study shows that how teachers can apply those of model and criteria in actual condition of the mathematically gifted education. Through the criteria above mentioned, the characteristics of creative productivity can be grasped clearly and evaluated in detail.

*** key words** : mathematically gifted students (수학 영재), creative productivity(창의적 생산력), creative product(창의적 산출물), evaluation(평가)

논문접수 : 2010. 8. 6

논문수정 : 2010. 9. 2

심사완료 : 2010. 9. 11