

## 수학교육의 교수-학습 참평가 모형 및 예시 도구 개발 - 프로젝트법을 중심으로 -

손정화\* · 강옥기\*\*

본 연구의 목적은 실제 상황에서 수업과 통합된 형태로 이루어지는 수학교육의 교수-학습 참평가 모형과 예시 도구를 개발하는 것이다. 이를 위해 문헌연구를 통하여 수학교육에서의 참평가를 정의하고, 참평가 과제 준거와 진정한 수학적 활동이 무엇인지 살펴보았다. 참평가 수업실제 모형으로는 상황인지 수업실제 모형, 수학과 교수-학습 평가 모형, 프로젝트 평가 절차 모형을 살펴보았다. 프로젝트법을 적용한 수학과 참평가 과제 개발은 수학과 프로젝트의 유형인 실생활 문제해결형, 타교과 연계형, 수학적 활용형, 신문활용 교육형, 수학적 모델링형, 주제탐구형을 택하여, 수학과 참평가 과제 준거에 맞는 내용으로 선정하였다. 개발한 과제는 수학교육전문가에게 내용타당도를 의뢰하였고, 평가기준의 적절성을 검증받았다. 개발한 수학교육의 교수-학습 참평가 모형과 예시도구는 고등학교 학생들에게 적용해 봄으로써 학생 반응 결과와 시사점을 도출하였다. 그 결과 개발한 수학교육의 교수-학습 참평가 모형과 예시 도구는 수학교육에서 참평가를 실시하는데 의미있게 사용되어질 수 있는 것으로 여겨진다.

### 1. 서론

다양화 · 전문화 · 특성화 시대라 할 수 있는 21세기 지식 · 정보화 시대를 맞이하여, 실제 상황의 문제들을 수학적으로 사고하여 합리적으로 해결하는 능력이 요구되고 있다. 수학적 힘이나 사고력과 문제해결력을 강조하는 교수-학습 방법의 적용은 결국 어떤 평가방법을 적용하는가에 따라 크게 영향을 받기 때문에 수

학교육에서의 평가도 시대적 변화 요청과 구성주의 학습이론, 상황인지 학습이론의 적용으로 평가에 대한 새로운 관점과 방법을 요구한다.

수학교육에서 평가(assessment)는 ‘학생’의 개념을 가지고 개인 또는 그룹에서 학생의 수학적 능력<sup>2)</sup>, 수행<sup>3)</sup>, 그리고 성취<sup>4)</sup>-그것들의 보편적인 의미에서 받아들여진 세 개 모두의 개념의 판단에 관한 것으로 받아들여지고(Niss, 1993), 평가(assessment)는 어떤 대상에 대한 학생들의 지식, 그것을 사용하는 능력, 그것에 대한 성향 등

\* 성균관대학교 대학원 (atomsjh@hanmir.com)

\*\* 성균관대학교 (okkang@skku.edu)

- 1) 평가(assessment)와 달리 평가(evaluation)는 주의깊은 시험과 판단의 기초위의 어떤 것에 가치를 결정하거나 값을 할당하는 과정(NCTM, 1995)이다. 평가(evaluation)는 평가(assessment) 정보의 한 사용이다. 본 연구에서 평가는 assessment를 의미한다.
- 2) 능력(ability)은 어떤 것을 하는 능력 즉, 수행하는 힘(NCTM, 1995)이다. 능력은 타고난 재능, 태도, 또는 기질뿐만 아니라 교육적 경험을 통해 영향을 받은 수행하는데 개발된 힘을 강조한다.
- 3) 수행(performance)은 과제에 참여하는 동안 지식과 판단을 보여주는 물리적 활동 또는 의미있는 산출물을 행하거나 완성하는 것(NCTM, 1995)이다.
- 4) 성취(achievement)는 교육적 목표의 성공적인 수행 또는 성취(NCTM, 1995)이다.

에 관한 증거를 수집하는 과정이며, 다양한 목적을 위해 수집한 증거에서 추론하는 과정이다(NCTM, 1995; 강옥기, 2007).

참평가(authentic assessment)는 실제 상황에서 실시되는 수행평가로서 평가 상황이 평가의 목적에 따라 인위적으로 고안되지 않는 특징을 지니고 있어서 수행평가 중에서도 수행평가의 본질을 가장 높게 구현하는 것으로 분류하고(백순근, 2002)있다. 또한, Mayer(1992)는 교육현장에서 의미있는 평가 방법이 되기 위해서는 수행평가와 참평가가 구분되어야 한다고 주장하고, 참평가는 모두 수행평가가 될 수 있으나 모든 수행평가가 참평가가 될 수는 없다고 했다(Oosterhof, 2001; Mayer, 1992; 성태제, 2005 재인용). 이렇게 볼 때 평가가 실제 상황에서 고차적인 사고력과 문제해결력을 평가하고 학생들의 학습에 도움이 되기 위해서는 수학교육에서도 참평가를 적용할 필요가 있다.

수학교육에서도 참평가에 대한 연구가 여러 연구자들(Surtamm, 2004; Romberg & Wilson, 1995; Lajoie, 1995; Pandey, 1990)에 의해 행해졌다. 특히 미국은 1990년대에 각 주마다 수행평가를 도입하였는데, 이 수행평가는 지필시험에 대한 대안적 평가 형태의 수행평가로 참평가를 지향하는 평가였다. 이것은 우리나라 수행평가에서 주로 행해지고 있는 서술형 또는 논술형의 평가 방법, 수업태도 및 노트검사 등의 방법이 아니라 문제해결학습이나 포트폴리오 등과 같이 실제로 수행하는 과정을 평가하는 방법으로서의 수행평가였다.

예를 들면, 미국 버몬주의 Vermont Portfolios(1991)는 수학적 문제해결 상황에서 수학적 능력을 평가하는 방법으로서의 평가였고, 코네티컷주의 Connecticut Common Core of Learning Project(Baron, Forgione, Rindone, Kruglenski, & Davey, 1989)는 학습자에게 수학의 진정한 사용을 제공하는 문제해결 상황에서 학습자에 대한 심층적인 평

가를 하였다. 캘리포니아주의 The California Assessment Program(1989)은 개방형 문제로 학생들의 수학적 발달을 보려고 했다. 오스트레일리아에서는 Australian IMPACT Project(Clarke, Stephens, & Waywood, 1992)로 의사소통 기술의 평가가 수업과 통합될 수 있음을 입증했고, 네덜란드에서는 현실주의 수학교육(Van den Heuvel-Panhuizen, 1996)으로 참평가의 다양한 과제를 제시하여 적용하였다.

이렇게 세계 여러 나라에서는 수학교육의 참평가를 위해 다양한 방법을 시도하여 참평가의 실체를 잡고 적용을 위해 노력하고 있으나, 아직까지 우리나라에서는 수행평가와 참평가의 구별이 모호하고 수학교육의 참평가에 대한 연구는 미진한 편이다.

이에 본 연구에서는 문헌연구를 통하여 수학교육에서의 참평가를 정의하고, 참평가 과제의 유형으로 프로젝트법을 택하여 학교현장에서 적용할 수 있는 수학과 교수-학습 참평가 모형 및 예시 도구를 개발하고자 한다. 개발한 모형 및 예시 도구는 수학교육전문가의 검증을 거치고 고등학교 학생들에게 적용하여 봄으로써 그 적절성을 확인하고 시사점을 도출하고자 한다.

## II. 이론적 배경

### 1. 수학교육에서 참평가의 정의

#### 가. 참평가(authentic assessment)의 의미

Wiggins(1989)에 의하여 처음으로 소개된 참평가는 학습자들이 지식과 기술을 학교 밖의 실 세계에서 사용하는 것과 동일한 방식으로 적용하도록 요구하는 평가를 의미한다. Herrington & Herrington(2006)은 참평가가 과제의 실제 가치와 상황에 특별한 강조점을 두는 것임을 주장하고, Moon, Brighton, Callahan, & Robinson(2005)는 참

평가가 학교에서 학습에 통합되고 복잡한 성질을 보존함에 의해 교수와 학습을 개선할 수 있다고 하고, 이런 접근을 위해 특별한 상황과 특별한 목적을 위해 새로운 아이디어의 산출물을 요구하는 진정한 시나리오의 상황이 있어야 한다고 했다.

수행평가가 학습자들에게 평가될 구체적인 행동을 수행하도록 요구하는 경우라면, 참평가는 학습자가 요구된 행동을 완성하거나 드러내는 것이 아니라 실생활의 맥락에서 행동하는 것을 평가하는 것이다. Reeves & Okey(1996)는 수행평가와 참평가 사이의 결정적인 차이점을 과제의 진정성의 정도와 수행이 일어나는 상황임을 지적했다.

참평가의 방법은 다른 수행평가 방법보다 실제성의 요구 정도가 높다는 점에서 차별화되는데, 수행에 대한 실제적 평가를 요구할수록 교수-학습과 평가간의 경계는 희미해지고 점차 통합되어진다(Brookhart, 2003). 즉, 수행평가와 참평가의 차이점은 평가 상황과 과제가 실제에 얼마나 근접한가에 달려 있다.

수학교육에서의 수행평가란 실제 생활과 관련된 과제를 해결하기 위해서 학생들이 자신이 알고 있는 수학적 지식이나 방법을 사용하고

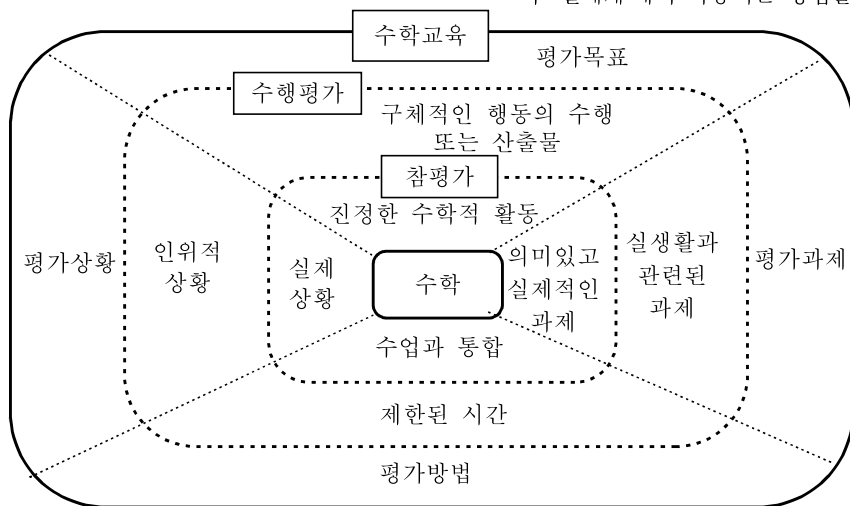
경우에 따라서는 물리적인 활동을 수행하기도 하며, 교사는 그 과제의 산출물 등을 통하여 학생의 수학적 능력을 평가하는 것이다(장경운 외, 1997). 즉, 수행평가는 수학적 문제를 해결하는 과정과 결과, 실생활과 관련된 과제에서 수학적 지식이나 기능을 적용하는 능력 등을 평가하는 것이라고 할 수 있다.

Lesh & Lamon(1992)은 '진정한 수행평가(assessment of authentic performance)'의 수학과 수행과제는 실제적 수학, 현실적 맥락, 실생활에서 일어날 수 있는 문제들, 실세계적인 도구나 자료들과 관련된 진정한 수학적 활동의 성격을 가져야 한다고 했다. 여기서 Lesh & Lamon(1992)이 말한 진정한 수행과제는 참평가 과제로서의 조건을 포함하는 것이다. 즉, 수학교육에서의 참평가는 진정한 수학적 활동을 경험할 수 있는 수행과제로 학생들의 수학학습 능력을 평가하는 것이다.

수학교육에서의 수행평가와 참평가를 비교하면 다음 [그림 II-1]과 같다.

한편, Wiggins(1998)는 참평가의 자격이 되는 6가지 특징을 다음과 같이 제시했다.

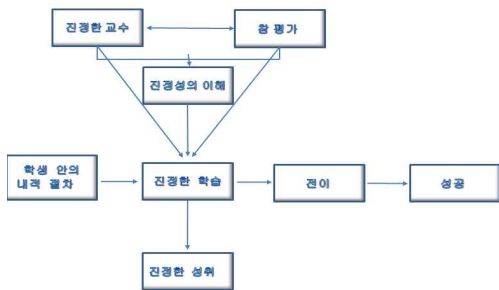
- ① 평가는 실제적이다. 그것은 정보 또는 기능이 '실세계'에서 사용되는 방법을 반영한다.



[그림 II-1] 수학교육에서의 수행평가와 참평가의 비교.

- ② 평가는 판단과 혁신을 요구한다. 그것은 학습자가 정보선택을 만들게 요구하는 하나의 옳은 답 이상을 쉽게 가질 수 있는 구조화되지 않은 문제해결에 근거한다.
- ③ 평가는 학생들이 학과를 하는 것을 요구한다. 학습 아래서 훈련하는 전형적인 절차를 통해서 하는 것이다.
- ④ 평가는 관련된 기능이 가능한 수행되는 맥락과 비슷한 상황에서 행해진다.
- ⑤ 평가는 학생들이 판단을 포함하는 어떤 것을 포함하는, 복잡한 문제와 관련된 기능의 넓은 영역을 증명하기를 요구한다.
- ⑥ 평가는 피드백, 실행, 그리고 제안된 문제를 풀기 위한 두 번째 기회를 허용한다.

Gulikers, Bastiaens, & Kirschner(2004)는 참평가의 타당성에 대한 논의로 다음 세 가지를 제시했다. 첫째, 구성주의와 일치하는 이론의 관점에서(Biggs, 1996) 학생 학습에 긍정적인 영향을 주기 위해 진정한 교수와 일치해야 한다. 둘째, 참평가는 학생들이 중요하고, 의미있고, 가치있는 성취를 통해 적절한 능력을 입증할 것을 요구한다. 셋째, 진정성은 학생들이 학습에 영향을 미치는 참평가에 대한 중요한 이해를 만드는 주관적인(Huang, 2002; Petraglia, 1998; Honebein, Duffy & Fishman, 1993; Gulikers, Bastiaens, & Kirschner, 2004 재인용) 것이다. 이 세 가지 요소는 교육적 실행에서 참평가의 위치를 다음 [그림 II-2]와 같이 일반적인 틀로 나타내어진다.



[그림 II-2] Gulikers, Bastiaens, & Kirschner(2004)의 일반적인 틀.

나. 수학교육에서 참평가의 정의

Surtamm(2004)는 수학교육의 참평가를 수업 활동과 일치하고 수학 개념에 대한 학생들의 이해를 평가하는 새로운 평가기술이라 하고, 가치있고, 중요하고, 의미있는 학습 활동과 닮은 과제에 학생들을 포함시키는 평가라고 한다. 수학교육에서 참평가를 정의하는데 주된 초점은 개인학습자가 수학을 이해하는 것에 대한 강한 전망을 제공하는 것이다(Romberg & Wilson, 1995).

Lajoie(1995)는 수학교육에서 참평가의 정의를 위해 다음과 같이 7개의 원리를 정했다.

- ① 평가는 학습에 영향을 미치는 인지적이고 능동적인 차원에서 개인 학습의 다양한 지표를 제공해야 한다(Collins et al., 1991; Romberg, 1992).
- ② 평가는 적절하고, 의미있고, 실제적이어야 한다.
- ③ 평가 과제에 적당한 방법으로 구성된 점수화와 척도 절차가 수반되어야 한다.
- ④ 평가는 교수를 개선하는지, NCTM Standards와 일치하는지, 그리고 학생들이 무엇을 알고 있는지에 관한 정보를 제공하기 위해 평가해야 한다.
- ⑤ 인증 또는 민족과 문화적 편파, 성 이슈, 그리고 태도편파를 고려해야 한다.
- ⑥ 평가는 수업의 통합된 부분이어야 한다.
- ⑦ 개인과 그룹 사이에서 성장의 정도를 구별하고 그룹 활동 안에서 개인의 발달을 평가하는 방법을 제공하는 평가 방법을 고려해야 한다.

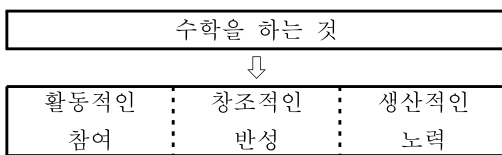
이상에서 수학교육의 참평가는 수업의 통합된 부분으로 실제 상황에서 의미있는 실제적인 수학적 과제로 교수-학습의 결과뿐만 아니라 그 과정도 함께 중시하며, 학생들이 스스로 지식을 구성하거나 행동으로 나타내도록 하는 평가방식이고, 학생 개개인의 변화와 발달 과정을 종합적으로 평가하기 위해 적당한 평가기준을 가지고 지속적으로 이루어지는 평가이다. 따라서

본 연구에서는 수학교육에서의 참평가를 ‘수업의 통합된 부분으로 실제 상황에서 의미있는 실제적인 과제로 학생들의 진정한 수학적 활동 능력을 평가하는 것’이라고 정의한다.

#### 다. 진정한 수학적 활동

진정성은 활동이 믿을 수 있고, 상황과 복잡성의 포괄적인 표현에서 중요한 것이 발견되고, 비정형적이고 의미있는 성인들의 실세계 수행과 같으며 학생들이 참여하는 정도를 의미한다(NCTM, 1995). 그리고 진정한 수학적 활동은 자신에게 의미있고 중요한 활동들을 표현한 모습으로부터 취해진 실제적인 활동의 표본이다(Lesh & Lamon, 1992).

Zarinnia & Romberg(1990)는 [그림 II-3]과 같이 진정한 수학적 활동의 더 실제적인 그림을 묘사하기 위해 활동적인 참여, 창조적인 반성, 그리고 생산적인 노력에 의해 수학을 하는 것을 강조했다. 활동적인 참여, 창조적인 반성, 그리고 생산적인 노력은 학생들이 수학 학습에 적극적으로 참여하여 지식을 구성하고 탐구하는 활동과 통합되고 가치가 있는 산출물을 얻기 위한 노력으로 진정한 수학적 활동을 표현한 것이다.



[그림 II-3] Zarinnia & Romberg(1990)의 ‘수학을 하는 것’

한편, Lajoie(1991)는 NCTM의 이론을 토대로 수학교육에서 참평가의 기준을 세웠는데 기본적인 가정은 첫째, 수학을 아는 것은 수학을 하는 것이고, 둘째, 학교수학 내용을 위한 네 개의 목표 - 문제해결, 의사소통, 추론, 그리고 연결성 - 가 있

어야 한다는 것이다. Romberg & Wilson(1995)은 ‘수학을 아는 것은 수학을 하는 것’에 대해 다음과 같이 말하고 있다.

수학을 하는 것이란 도전적이고 풀 수 있는 경험으로부터 나타나는 지식이 있는 진짜 문제를 해결하는 과정에서 지식을 모으고 발견하는 것을 언급한다. 수학을 아는 것은 추측하고, 의미를 만들고, 수학적 논의를 의사소통하는 것 같은, 수학을 하는 활동에 참여하는 것이다. 사람들은 목적을 가지고 어떤 활동의 과정에서 지식을 모으고, 발견하고, 또는 창조한다. 이런 활동적인 목적은 개념과 절차를 숙련하는 것과는 다르다.

여기서 수학을 한다는 것의 의미는 두 가지로 나눌 수 있다. 순수 수학을 하는 것과 응용된 수학을 하는 것이다. ‘순수’ 수학을 하는 것은 구조적으로 흥미있는 방법에서 그것들을 구성하고 변형함에 의해, 그리고 구조적 성질을 연구함에 의해, 그 자체를 위해 패턴을 조사하는 것을 의미한다. 한편, ‘응용된’ 수학을 하는 것은 필요할 때 모델에 만들어진 정제, 확장, 그리고 적용을 가지고 다른 체계를 묘사하고, 설명하고, 예측하고 조정하기 위해 모델로 패턴을 사용하는 것을 의미한다(Lesh & Lamon, 1992).

이상에서 진정한 수학적 활동은 학생들에게 의미있고 중요한 활동으로 취해진 실제적인 수학을 하는 것이다. 수학을 하는 활동에는 문제해결, 의사소통, 추론, 그리고 연결성의 과정이 포함되어야 하고, 학생들이 수학 학습에 적극적으로 참여하여 지식을 구성하고 탐구하고 가치가 있는 산출물을 얻기 위해 노력하는 과정이 포함된다.

## 2. 참평가 과제의 준거

참평가 과제는 실세계 상황에서 표준적인 지식과 기능을 적용하는 능력을 평가하기 위해 학생

들에게 주어지는 과제이다(Mueller, 2005). 참평가가 학생들의 수학 학습에 진정한 수학적 활동을 이끌기 위해서는 수학을 하는 경험을 제공하는 진정한 과제가 있어야 한다. 과제들은 지식의 응용이 그것이 사용될 수 있는 상황의 밖에서라기보다 오히려, 학습이 발생하는 동안 학습자에게 나타나진다는 의미에서 실제적 또는 진정한 것이어야 한다(Greeno, 1989; Lajoie, 1995, 재인용).

Archbald & Newmann(1988)은 평가 과제를 통하여 진정한 학문적 성취에 도달시키고자 한다면, 참평가 과제에 결정적인 세 가지 표준 - 학문적 탐구(disciplined inquiry), 지식의 통합(integration of knowledge), 그리고 학교를 넘어선 가치(value beyond evaluation) - 을 고려해야 한다고 했다.

첫 번째 표준, 학문적 탐구는 과학자 또는 역사가에 의해 창조된 것과 같은, 새로운 지식의 생산을 언급한다. 그것은 기존의 개념과 절차상의 지식에 의존하고, 문제의 깊은 이해를 개발하고, 다른 것에 의해 산출되었던 지식 이상을 의미한다.

두 번째 표준, 지식의 통합은 지식 조각의 모임이라기보다 진정한 과제가 전체로서 내용을 고려해야만 함을 의미한다. 학생들은 지식의 통합된 형태를 이해하기 위해 도전되어야 하고 지식의 통합을 요구하기 때문에, 단지 지식의 재생산이 아니라 새로운 지식을 생산하는 과정에 포함되어야 한다.

세 번째 표준, 평가를 넘어선 가치는 진정한 과제는 그것들을 평가하는 과제로서 사용하는 것을 넘어서 가치있는 활동을 만드는데 공헌해야 한다는 생각을 나타낸다. 예를 들면 담화, 목적 또는 수행을 낳는 과제이다. 또한 진정한 과제는 협력적인 기회를 제공하는 가치를 가진다.

또한, Newman, Secada, & Wehlage(1995)는 참평가 과제에 결정적인 세 가지 표준을 바탕으로 참평가 과제의 준거를 다음 <표 II-1>과 같

이 정리하고 있다.

<표 II-1> 참평가 과제의 준거(Newmann, Secada, & Wehlage, 1995)

진정한 성취의 표준	참평가 과제의 준거
학문적 탐구	학문적 내용
	핵심적인 학문적 절차
	이해를 정교하게 하기 위해 쓰는 의사소통
지식의 통합 (구성)	정보의 조직(더 높은 차원의 기능) 대안의 고려
평가를 넘어선 가치	교실을 넘어선 실세계로의 연결성 문제 학교를 넘어선 청중을 포함하는 것

그러나 진정한 성취가 이 세 가지 표준 모두를 일관되게 요구하고 있다하더라도, 어떤 성취를 단순히 진정하거나 그렇지 않다고 판단하는 것은 적절하지 않다(이간용, 2001). 왜냐하면 각 표준의 만족정도에 대한 판단은 양극단 보다는 그 연속선상 어디엔가 위치할 것이고, 어떤 성취가 특정 지표에서는 높은 반면 다른 지표에서는 낮을 수 있다. 핵심은 진정한 성취가 가치있는 목적이고, 이를 통해 학습에 대한 동기부여, 참여, 전이효과를 기대하는 것이다.

### 3. 참평가 과제의 유형

참평가를 실시하기 위한 과제의 유형은 다양하다. 정보의 많은 근거에 대한 요구로, 평가 체계가 하나의 형식으로 제한되어서는 안 되기 때문이다(Romberg & Wilson, 1995).

참평가 과제의 유형을 구분하면 크게 구성적 반응, 산출물, 수행으로 나눌 수 있다(Mueller, 2005).

첫째, 구성적 반응은 학생들이 최소한 그들

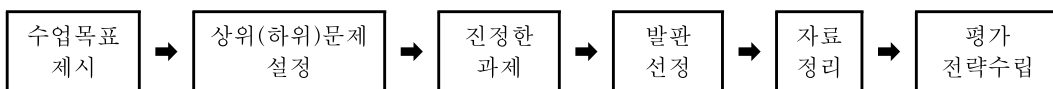
지식의 일부라도 드러내 보이기 위한 것이다. 학생들은 기존의 지식과 새로운 지식으로부터 해법을 구성한다. 구성적 반응의 예를 들면, 짧은 답의 에세이 과제, 질문 만들기, 개념도, 자기평가 등이 있다. 둘째, 학생들은 어떤 실질적인 것, 그들의 개념과 기능을 적용하고 분석하고 종합하고 평가하기 위해 어떤 개념, 기능, 또는 능력을 나타내는 실제적인 산출물을 구성한다. 산출물의 예로는 에세이, 프로젝트, 모형, 실세계 문제해결, 데이터 분석 등이 있다. 셋째, 수행은 그들의 개념과 기능을 적용하고 분석하고 종합하고 평가하기 위해 어떤 개념, 기능, 또는 능력의 이해를 드러내는 수행을 구성한다. 구체적인 예로는 실험, 역할극, 연설, 인터뷰 등이 있다.

이 유형들 중 학생들에게 수학적 아이디어를 산출하고 상황에서 확장된 탐구에 참여할 기회를 제공하기 위한 것으로 프로젝트, 조사, 개방형 문제 등이 사용될 수 있다. 그것들은 교사가 문제를 만들어내는 학생들의 능력을 평가할 수 있고, 새로운 방법으로 그들의 지식을 적용하고, 흥미있는 해결 접근을 생성하고, 주어진 기간 동안 지적 활동을 계속할 기회를 제공하고, 학교 밖의 복잡한 수행의 상태와 밀접하게 관련된 활동에 참여하게 하기 때문이다.

본 연구는 이런 방법들 중에서 수학교육에서 참평가의 의도를 잘 구현할 수 있는 참평가 과제의 유형으로 프로젝트법을 택하였다.

#### 4. 수학교육에서 참평가 수업설계 모형

참평가는 상황인지학습을 전제로 하고 있으므로 (Lajoie, 1995), 상황학습을 고려해야 한다. 상황학



[그림 II-4] 상황인지 수업설계(신현성, 2004).

습을 잘 구현하기 위해서는 다음 네 가지를 고려하여 적절한 교수설계를 해야 한다(Young et. al., 1992).

첫째, 각 학생들이 학습하기 원하는 지식을 얻을 수 있는 상황이나 상황환경을 선택해야 한다. 둘째, 초보 학습자에게 발판을 제공해야 한다. 학습에서는 구체적인 단서를 제공해 줄 수 있는 지식이나 기술을 포함하는 문제해결을 위한 전략구조라 할 수 있으며, 이것은 학습자가 전문가처럼 복잡한 실제 상황에서 학습할 수 있도록 도와준다. 셋째, 개별학습자들 또는 그룹 학습자들이 서로 지속적·협동적으로 상호작용하여 특별한 상황과 일반적 상황에서 활용할 수 있는 교수-학습 자원을 제공해야 한다. 넷째, 상황학습에 적절한 평가의 역할과 특성을 정의해야 한다. 상황학습에서는 평가 문제를 진정한 과제로 대치해야 하며, 평가는 학습, 지각, 문제해결 과정에 초점을 맞춰야 한다. 즉, 문제해결 과정에 초점이 맞춰져야 하고, 평가는 교수설계에 통합되고 지속적인 것이 되어야 한다.

이렇게 상황인지학습에서의 평가는 수업과 통합된 형태로 이루어지고 평가 과제는 진정한 과제임을 고려할 때 상황인지학습에서의 평가는 참평가의 취지와 잘 부합된다. 상황인지 관점의 수업설계는 다음 [그림 II-4]와 같다.

#### 5. 프로젝트법과 채점기준

##### 가. 프로젝트의 의미

프로젝트는 열린 반응을 요구하는 일종의 수행과제로서 학생들은 과제를 수행하기 위하여 어떤 수학적 지식을 사용해야 하는지를 결정해

야 할 뿐만 아니라 때로는 어떻게 접근해 나아가야 할 것인가에 관한 수학적 방법까지도 결정해야 한다(Krulik & Rudnick, 1995; 황혜정 외, 2007).

프로젝트의 특징은 다음과 같다. 첫째, 프로젝트는 어떤 특수한 상황에서 개인이 원하는 바의 깊이 있는 탐구를 할 수 있게 하고, 진행과정을 개별화 또는 차별화하여 개성에 맞게 지도할 수 있다. 둘째, 프로젝트 수행에서는 다양한 자료를 수학적으로 해석하고 설명하는 과정이 포함되어 고등사고력이 신장되고 수학적 접근방법의 중요성을 인식시킬 수 있다. 셋째, 실제상황은 그룹 상황이 주를 이루고(Silver, & Kenney, 1995), 프로젝트는 협동학습의 기회를 제공한다. 넷째, 프로젝트는 학생들의 실제상황과 직접 관련되어 고등사고력을 발휘할 수 있는 문제상황을 주제로 제시함으로써 과정 중심의 수행경험을 하게 된다.

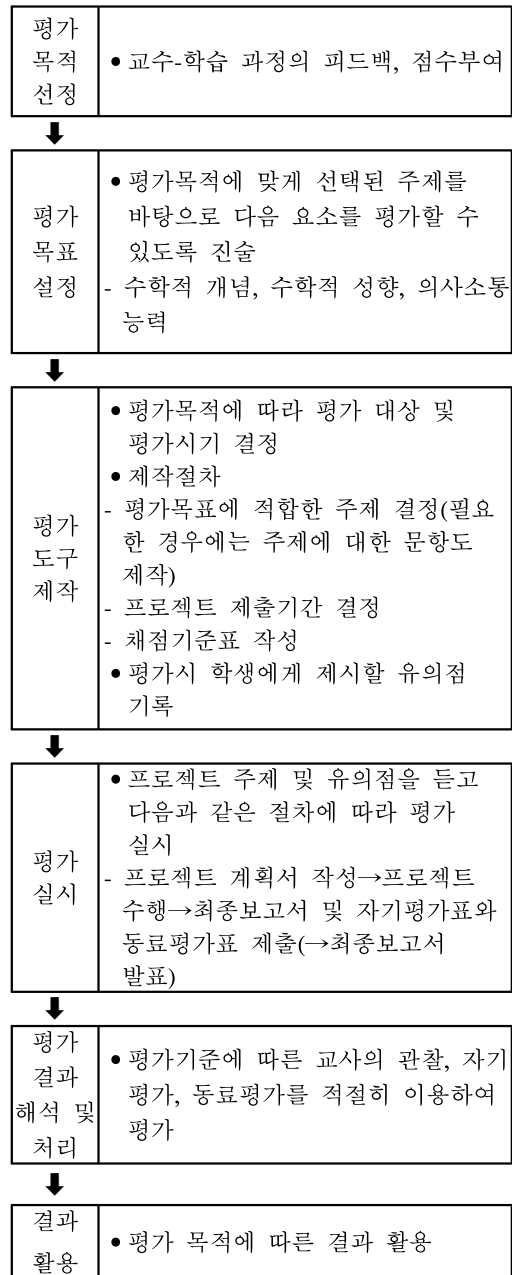
따라서 지식과 기능 중심의 수학교육을 개선하는 평가 수단으로 프로젝트 활동이 유용하게 사용될 수 있으며, 프로젝트법을 잘 사용하면 실제 상황에서 수학이 지닌 유용성을 학생들에게 인식시킬 수 있고 수학적 탐구능력의 향상으로 학습에 도움이 될 수 있으므로 참평가 과제 유형으로서 프로젝트 활동은 수학교육에서 참평가를 실시할 수 있는 평가 방법이다.

한편, 박경미 & 임재훈(1999)은 수학과 프로젝트의 유형을 실생활 문제해결형, 타교과 연계형, 수학적 활용형, 신문활용 교육형, 패러독스형, 찬반토론형, 자료해석형, 수학적 모델링형, 주제탐구형, 게임형으로 분류하고 있다. 이 유형들은 진정한 수학적 활동이 포함될 수 있는 형태로 참평가를 가능하게 한다고 보여 진다.

#### 나. 프로젝트법 평가 절차 모형

최택영 & 최혜정(2001)은 수학과 학생 평가 모

형을 토대로 교사가 연구주제를 선택하여 제시한 경우 학습자의 보다 포괄적인 역량을 평가할 수 있다고 하고, 프로젝트법 평가 절차 모형을 다음 [그림 II-5]와 같이 제시하였다.



[그림 II-5] 프로젝트 평가 절차 모형.



<표 II-2> 수학교육의 프로젝트법 채점기준 영역 비교

School Mathematics Project(1988)	Victoria Curriculum and Assessment Board(1990)	QUASAR(1993)
<p>조사하기</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 확인하기                     <ul style="list-style-type: none"> <li>-질문하기/확장하기</li> <li>-계획하기</li> <li>-시작하기/단순화하기</li> </ul> </li> <li>• 실행하기                     <ul style="list-style-type: none"> <li>-체계적으로 연구하기</li> <li>-분류하기</li> <li>-기호화하기/기록하기</li> <li>-추측하기/일반화하기</li> <li>-확인하기/입증하기</li> </ul> </li> <li>• 검토하기                     <ul style="list-style-type: none"> <li>-요약하기</li> <li>-의사소통하기</li> <li>-확장하기</li> </ul> </li> </ul>	<p>연구를 수행하기</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 중요한 정보를 확인하기</li> <li>• 적당한 정보를 수집하기</li> <li>• 정보 분석하기</li> <li>• 해석하고 결과를 비평적으로 평가하기</li> <li>• 논리적으로 연구하기</li> <li>• 연구를 넓고 깊게 하기</li> </ul>	<p>수학적 지식</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 적절한 개념, 절차, 원리의 지식</li> <li>• 문제요소 사이의 관계 확인하기</li> <li>• 적절한 절차를 확인하고 실행하기</li> <li>• 결과를 증명하기</li> <li>• 수학적 아이디어의 통합</li> </ul>
	<p>수학적 내용</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 문제 상황 또는 이슈의 수학적 공식화와 해석하기</li> <li>• 사용된 수학의 적절성 파악하기</li> <li>• 사용된 수학의 수준 파악하기</li> <li>• 사용된 수학적 언어, 기호, 그리고 약속을 알기</li> <li>• 사용된 수학을 이해하기, 해석하기, 평가하기</li> <li>• 사용된 수학의 정확성 확인하기</li> </ul>	<p>전략적 지식</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 다이어그램과 기호를 포함하는 수학적 모델의 적절한 사용</li> <li>• 적절한 문제해결 전략의 사용</li> <li>• 전략의 체계적 적용</li> </ul>
<p>실행하기</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 확인하기                     <ul style="list-style-type: none"> <li>-분석하기</li> <li>-계획하기</li> </ul> </li> <li>• 실행하기                     <ul style="list-style-type: none"> <li>-모델링하기</li> <li>-실험하기/질문하기</li> <li>-샘플링하기/추출하기</li> <li>-측정하기</li> <li>-데이터 처리하기</li> <li>-표현하기</li> <li>-점검하기/최적화하기</li> </ul> </li> <li>• 검토하기                     <ul style="list-style-type: none"> <li>-해법을 만들기</li> <li>-의사소통하기</li> <li>-해석하기</li> </ul> </li> </ul>	<p>의사소통</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 프로젝트의 목표의 명료성 나타내기</li> <li>• 주제와 프로젝트 주제의 관련성 파악하기</li> <li>• 사용된 수학적 기호의 정의 이해하기</li> <li>• 연구와 결론을 책임지기</li> <li>• 결론을 평가하기</li> <li>• 재료를 조직하기</li> </ul>	<p>의사소통</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 용어에서 수학적 아이디어의 적절한 표현, 수학적 기호, 또는 그림적 표현</li> <li>• 어휘의 합리적인 사용, 개념을 표현하는 수학적 표기와 구조</li> <li>• 해법의 타당화의 질</li> </ul>
<p>발전시키기</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 적용하기</li> </ul>		

이 평가 절차 모형은 평가하고자 하는 목적에 따라 활용될 수 있으므로 프로젝트를 적용한 수학교육의 교수-학습 참평가 모형을 구안하는데 참고하고자 한다.

다. 수학교육의 프로젝트법 채점기준

프로젝트에 대한 평가 방법은 양적인 평가가 되기 어렵다. 그러나 분석적 채점방법과 유사하게 채점영역을 몇 가지 범주로 나누어 채점할 수 있다.

수학교육의 프로젝트법 채점기준의 선행연구로는 SMP(School Mathematics Project, 1988)의 프로젝트 채점기준, 빅토리아주의 프로젝트 채점기준(Victoria Curriculum and Assessment Board, 1990), QUASAR(Quantitative Understanding: Amplifying Student Achievement and Reasoning, 1993)의 프로젝트 채점기준, 위스콘신주의 프로젝트 총괄적 채점기준(Draft mathematics scoring rubric, 1994), 박경미의 수학과 수행평가 프로젝트법 채점기준표(1999) 등이 있다.

위에서 제시한 수학교육의 프로젝트법 채점기준 중 본 연구에 참고한 채점기준은 다음 <표 II-2>와 같다.

참평가는 평가의 한 종류라기보다는 평가의 관점이 일반적 평가와 기준을 달리한다. 채점과 평가결과의 보고가 학생들의 서열을 매기기 위

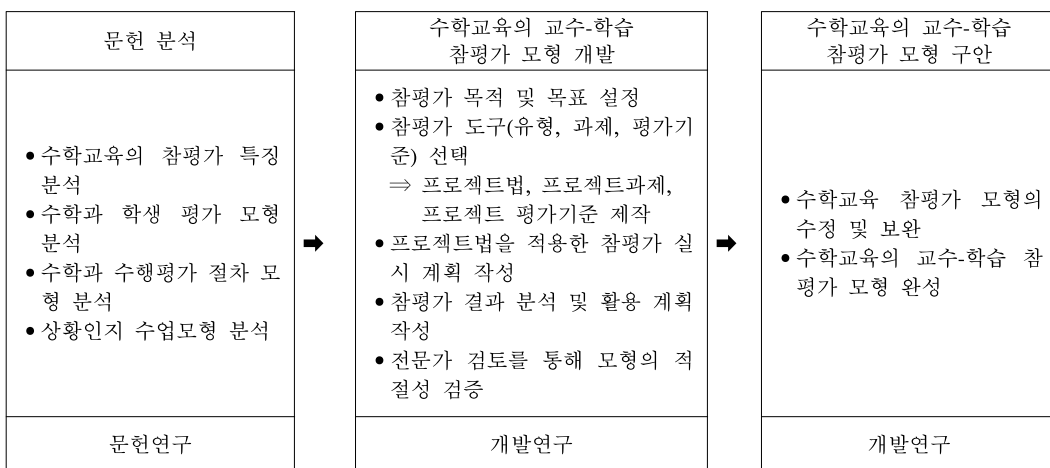
한 것이라기보다 학생 개개인의 학습에 관한 정보를 주기 위한 것이다(Moon, 2005). 또한, 평가기준들은 절대적으로 존재하는 것은 아니며, 교사가 평가하고자 하는 목표와 의도에 맞게 수행과제를 제작하고 그에 따른 평가기준을 정하는 것이 중요하다.

### III. 연구방법

본 연구는 수학교육의 교수-학습 참평가 모형 및 예시 도구 개발이 주요한 내용이므로 연구방법으로는 문헌연구와 전문가 협의를 거친 개발연구이고, 이에 대한 적용 결과를 제시하였다.

#### 1. 수학교육의 교수-학습 참평가 모형 및 예시 도구 개발 과정

가. 수학교육의 교수-학습 참평가 모형 개발  
수학교육의 참평가는 수업과 통합된 형태로 실제 상황에서 학생들이 진정한 수학적 활동을 하는 능력을 평가하기 위한 것이다. 따라서 문헌연구를 통해 상황인지 수업설계 모형, 수학과



[그림 III-1] 수학교육의 교수-학습 참평가 모형 개발 과정.

교수-학습 평가 모형, 프로젝트 평가 절차 모형을 참고하여 프로젝트법을 적용한 수학교육의 교수-학습 참평가 모형을 구안하였다. 따라서 다음 [그림 III-1]과 같은 과정으로 프로젝트를 적용한 수학교육의 교수-학습 참평가 모형을 개발하였다.

나. 프로젝트법을 적용한 수학과 참평가 과제 개발

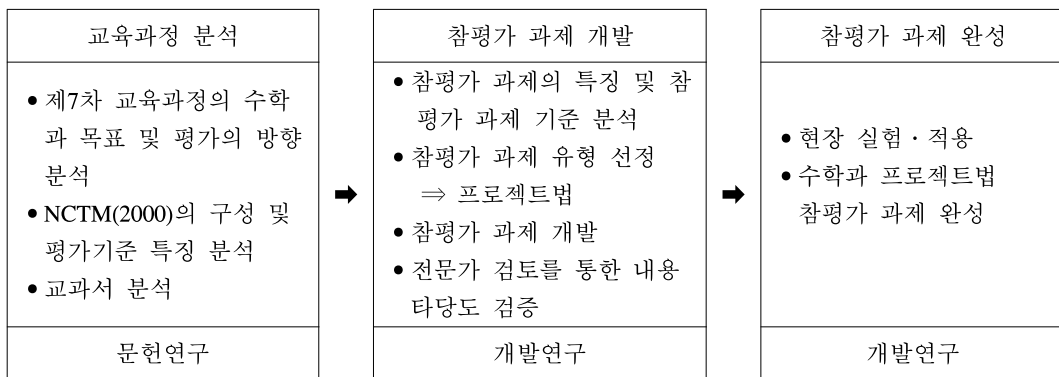
본 연구에서는 NCTM의 구성과 제7차 고등학교 수학과 교육과정 수학 I, 수학II의 교과서를 분석한 내용을 바탕으로, 박경미 & 임재훈(1999)이 제시한 수학과 프로젝트의 유형들

중 수학과 참평가 과제 준거를 충족시킬 수 있는 유형을 고려하여 프로젝트법을 적용한 수학과 참평가 과제를 개발하였다. 개발된 과제들은 수학교육전문가의 검토를 통하여 내용타당도 검증을 받았다.

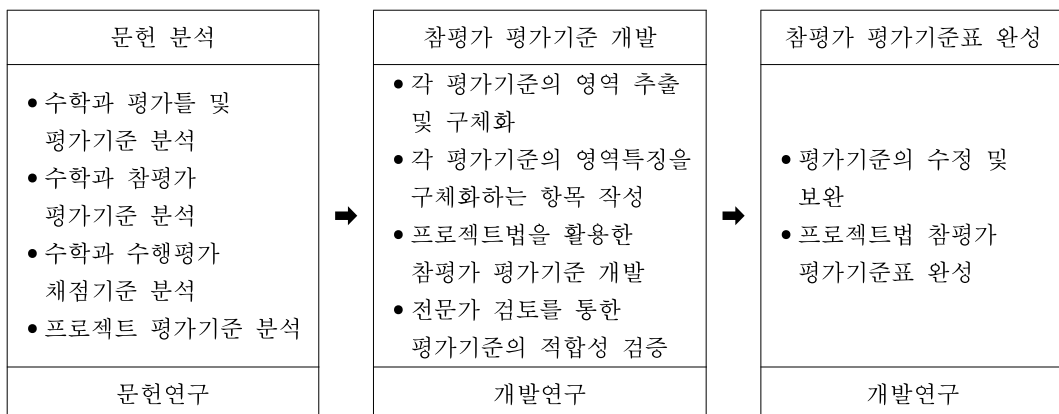
프로젝트법을 활용한 수학과 참평가 과제 개발 과정은 다음 [그림 III-2]와 같다.

다. 프로젝트법을 적용한 수학과 참평가 평가기준 개발

프로젝트를 적용한 수학과 참평가 과제를 개발한 다음, 국내외 문헌연구를 통하여 수학과에 대한 인지적 능력을 검토하고, 평가기준 영역



[그림 III-2] 수학과 참평가 과제 개발 과정.



[그림 III-3] 수학과 프로젝트법 참평가 평가기준표 개발 과정.

을 추출하였다. 그리고 수학과 수행평가 채점 기준과 프로젝트 채점기준을 참고로 수학과 참평가에 적합한 평가기준 영역을 작성하였다. 프로젝트법을 활용한 수학과 참평가 평가기준의 개발 과정은 다음 [그림 III-3]과 같다.

## 2. 프로젝트법을 적용한 수학과 참평가의 적용

본 연구의 적용 기간은 2011년 4월부터 2011년 7월까지 4개월 동안 이루어졌고 경기도 H시에 위치한 N고등학교 자연공학계열 2학년 두 개 학급 학생 61명을 대상으로 하였다. 이 연구 대상의 전국연합학력평가 성적을 정리하면 다음 <표 III-1>과 같다.

<표 III-1> 연구대상의 특징

지역	학년	성별	전국연합학력평가 수리영역가형 (2011년 6월) 평균표준점수
경기도 H시	고등학교 자연공학계열 2학년	A반 (남학생 31명)	103.1
		B반 (여학생 30명)	102.7
학교평균			104.3
전국평균			100.0

전국연합학력평가의 평균표준점수가 전국평균 점수와 비슷한 정도로 개인차가 있긴 하지만 대체적으로 학급 평균은 중간 정도 실력의 학생들이다. 교우 간의 관계도 원만하여 협동학습이 잘 이루어지는 편이지만, 학생들의 학업성취에 대한 욕구는 전체적으로 볼 때 보통 정도이다. 연구대상은 4~5명씩 소집단 협동학습을 하도록 하였고, 참평가 과제에 대한 평가지는 개별로 완성하

도록 하였다. 학생들의 평가는 학습과정 평가와 자기평가 설문지 방식으로 실시되었다

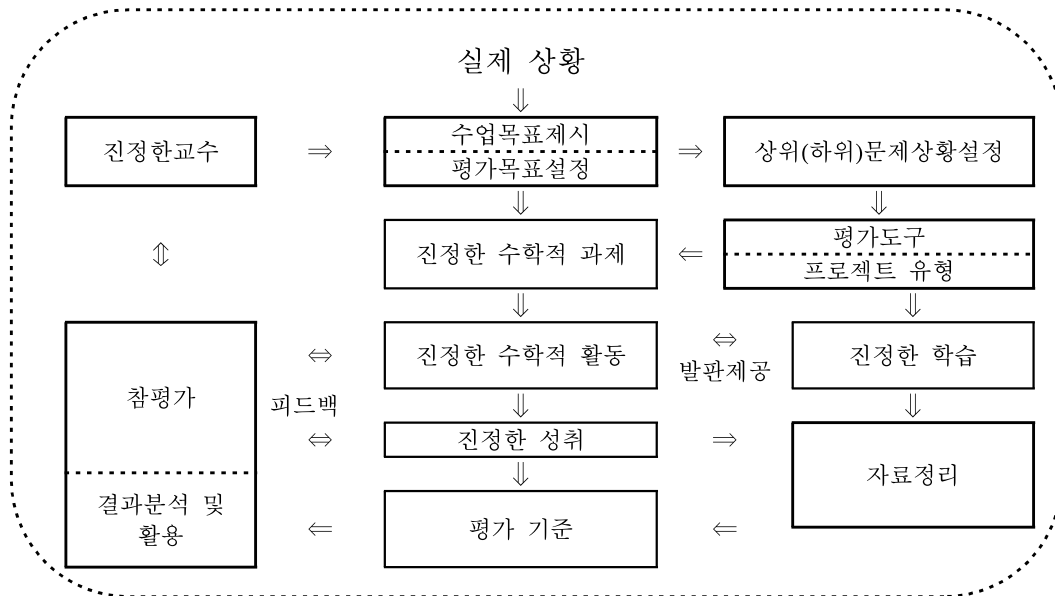
## IV. 연구결과

### 1. 수학교육의 교수-학습 참평가 모형 및 예시 도구 개발

가. 수학교육의 교수-학습 참평가 모형 개발  
수학교육에서의 참평가는 수업과 통합된 형태로 실제 상황에서 의미있는 실제적인 과제로 학생들이 구조화되지 않은 문제를 해결하는 과정을 통해 수학적 능력을 평가하는 것이다. 상황인지 수업설계에서 교사는 학습자의 학습상황을 파악하고 학습자의 개인차와 학습결과물에 대한 지속적인 평가 전략을 수립하고, 지속적이며 연속적인 평가가 이루어질 수 있다.

이에 따라 수학교육의 교수-학습 참평가 모형은 실제 상황에서 수업과 통합된 형태로 이루어지는 상황학습 과정에서 평가할 수 있도록 다음 [그림 IV-1]과 같이 개발하였다.

위의 수학교육의 교수-학습 참평가 모형의 특징은 다음과 같다. 첫째, 이모형은 상황인지 학습을 바탕으로 상황학습에서 참평가를 실시하기 위한 모형으로 개발되었다. 둘째, 교육과정의 수업목표를 제시하는데, 수업목표는 또한 평가목표이기도 하다. 본 연구에서는 참평가의 목표인 학생들의 진정한 수학적 활동 능력을 보는 것이다. 셋째, 학습하기 원하는 지식을 얻을 수 있는 상위(하위)문제상황을 선택하고 상황이나 상황환경을 선택하도록 한다. 넷째, 평가도구 및 참평가 과제 유형을 선정 및 제작하고, 진정한 수학적 과제를 제시한다. 다섯째, 주어진 과제에 대해 진정한 수학적 활동이 이루어지고, 부족한 학습에 대해서는 발판을 제공하



[그림 IV-1] 수학교육의 교수-학습 참평가 모형.

여 학습이 이루어지도록 한다. 여섯째, 학생들의 탐구실행 능력, 수학적 대안의 고려, 수학적 지식, 수학 정보의 조직, 의사소통 능력, 청중대상을 고려하는 것에 초점을 두고, 학습과정에서 얻은 자료를 정리하여 평가기준에 따라 평가가 이루어진다. 일곱째, 평가결과를 분석하고 활용하도록 한다.

개발한 수학교육의 교수-학습 참평가 모형은 고등학교 학생들에게 프로젝트 유형의 과제로 적용해 봄으로써 적합성을 모색하였다.

나. 프로젝트 유형의 수학과 참평가 과제 개발  
본 연구에서는 수학교육의 참평가 과제 준거를 Newmann et al.(1995)의 참평가 과제의 준거에 비추어 NCTM Standards(1995)에서 제시한 가치있는 과제의 조건을 만족시키는 것으로 다음 [그림 IV-2]와 같이 재정의하였다.

- ① 수학 내용: 수학 내용은 수학적 지식, 즉 개념, 절차, 원리에 해당하는 것으로 학생들이 수학적 개념의 의미를 이해하고, 문제요소 사

수학적 탐구	지식의 통합(구성)	평가를 넘어선 가치
수학 내용		
수학적 탐구 과정	수학 정보의 조직	실제 상황의 수학 문제
수학적 의사소통	수학적 대안의 고려	실제의 청중 대상

[그림 IV-2] 수학교육의 참평가 과제 준거.

이의 관계를 확인하고, 적절한 절차를 확인하고 실행하며, 결과를 증명하는 것이다.

- ② 수학적 탐구 과정: 수학적 탐구 과정은 학생들에게 다양한 원칙을 넘어선 수학적 모델, 구조, 그리고 모의실험을 세우는 경험을 제공하여, 수학적 패턴을 세우고 모델을 발견하는 동적인 구성적 과정이다(Lajoie, 1995).
- ③ 수학적 의사소통: 수학적 아이디어에 대한 의사소통은 학생들에게 아이디어에 대한 정보를 종합하도록 한다. 대수적, 그래프적, 기하학적, 또는 기호적 방법뿐만 아니라 읽기, 쓰기, 토론, 듣기를 포함하는 다양한 언어적 의사소통의 방법이 있다.

- ④ 수학 정보의 조직: 각 주제를 독립적으로 다루는 것보다 오히려 수학적 주제의 넓은 범위를 통합하는 연결성이 필요하다. 다양한 수학 개념의 내적 연결성뿐만 아니라, 문제해결에서 통합을 요구하는 상황이 제공된다면 주제들 사이에 외적 연결성을 만드는 것을 도울 수 있고, 학생들은 정보를 조직할 수 있다.
- ⑤ 수학적 대안의 고려: 실제 데이터는 종종 복잡하고, 정리되어 있지 않고, 문화적인 것에 기초하지만 그것들의 사용은 발전을 위해 다양한 전략과 해결할 기회를 제공한다(Zarinnia & Romberg, 1992). 이를 위해서는 배운 수학 지식을 최대한 활용하도록 하고, 과제를 실제 상황과 관련시킴으로써 내용의 유의미성을 증진하여 다양한 방법으로 수학을 학습할 수 있는 기회를 제공해 주어야 한다.
- ⑥ 실제 상황의 수학 문제: 문제 상황에 대한 요구는 본질적으로 수학적 힘의 필요성과 관련되어 있다. 문제 상황은 다양한 접근 방식으로 열린 상황들에 대한 의미 있는 조사를 의미한다. 이런 상황은 학생들에게 자극이 될 수 있고 학년을 초월하여 정보를 배우고 지식이 재창조되는 상황으로 제공될 수 있다.
- ⑦ 실제의 청중 대상: 학교 밖의 청중들에게 수학 지식을 전하고, 수학을 표현하거나 수학적 활동을 요구하는 과제이다. 그러나 현실적으로 실제 청중을 대상으로 하는 수행과제는 실행이 어렵기 때문에 실제적인 청중을 가정하여 과제를 수행할 수는 있다.

이에 따라 고등학교 수학과 교육과정의 학습 목표와 평가의 방향을 확인하고, 수학 I, 수학 II의 내용을 바탕으로 프로젝트 유형의 수학과 참평가 과제를 개발하였다. 프로젝트 유형은 실생활 문제해결형, 타교과 연계형, 수학적 활

용형, 신문활용 교육형, 수학적 모델링형, 주제 탐구형을 수학과 참평가 과제의 유형으로 택하여 사용하였다.<sup>5)</sup>

위의 내용을 근거로 개발된 프로젝트 유형의 수학과 참평가 과제 예시는 다음 <표 IV-1>과 같다.

개발된 과제들은 수학교육전문가 5인<sup>6)</sup>에게 검토를 의뢰하여 내용타당도<sup>7)</sup> 검증을 받았다. 이 과제들은 학생들에게 실제적이고 의미가 있으며 적절한 것으로 받아들여졌다.

#### 다. 프로젝트법을 적용한 수학과 참평가 평가기준<sup>8)</sup> 개발

본 연구에서는 프로젝트법을 적용한 수학과 참평가를 위해 이론적 배경에서 제시한 수학과 프로젝트법 채점기준 영역인 <표 II-2>을 참고하여 프로젝트를 적용한 참평가 평가기준표(학습과정 평가용)를 1차로 개발하였다.

1차로 개발한 프로젝트를 적용한 수학과 참평가 평가기준(학습과정 평가용)은 학생들이 실제 상황에서 프로젝트 활동을 통해 수학적 활동을 하는 능력을 보기 위한 것으로, 평가기준의 영역과 항목은 <표 II-2>에서 공통적인 요소와 핵심적인 요소를 중심으로 추출하였다. <표 II-2>의 항목들 중 조사하기, 실행하기, 연구를 수행하기를 묶어서 ‘탐구를 실행하기’로, 수학적 내용과 수학적 지식을 묶어서 ‘수학적 지식’으로, 그리고 ‘의사소통’의 세 영역으로 구분하였고, 18개의 평가항목을 추출하였다. 그것은 프로젝트 활동이 학습에 영향을 미치는 인지적 차원과 능동적인 차원을 고려하기 위함이었다.

5) 페러독스형, 게임형은 실제적으로 실생활 상황에서 생기는 문제와는 다소 거리가 있고, 찬반토론형, 자료해석형은 신문활용교육형과 서로 겹치는 부분이 있어 제외하였다. 수학적 활용형과 주제탐구형은 실제 순수 수학적 상황의 요소가 짝이나 수학자가 실제 수학을 하는 활동으로 보아 포함하였다.  
 6) 수학교육학 박사 3명과 고등학교 수학담당교사 2명이다.  
 7) 내용타당도는 검사의 문항, 질문, 목적이 측정을 위하여 규정된 내용 영역이나 혹은 전체를 얼마나 잘 대표하느냐의 정도를 나타낸다고 할 수 있다. 그러므로 내용타당도를 검증하는 방법은 전문가의 판단에 의존한다(성태제, 2000).  
 8) 참평가의 취지에 맞게 채점기준이라 하지 않고 평가기준이라는 용어를 사용하였다.

<표 IV-1> 프로젝트 유형의 수학과 참평가 과제 개발 예시

프로젝트의 유형	참평가 과제명	관련단원	학습목표 및 성취목표	비고
실생활 문제해결형	주차시킬 자동차수와 운전자 편의를 최대화 하라	방정식과 부등식, 삼각함수	주차시킬 수 있는 자동차의 수와 운전자의 편의를 최대화 하는 방법을 모색한다.	NCTM (1989) 참조
	경제적인 핸드폰 요금제를 선택하라	방정식과 부등식	요금제가 가장 저렴한 통신 회사를 선택하는 법을 탐구한다.	
타교과 연계형	롤러코스터의 원리와 제작 방법 탐구	함수의 극한, 미분법	롤러코스터에 사용된 수학적·물리학적 원리와 제작 방법을 탐구한다.	
	공정한 세금을 부과하기 위한 국제정의 수학 탐구	함수의 극한	근로 소득세를 나타내는 함수를 $f(x)$ 만 원이라고 할 때, 함수 $f(x)$ 가 연속이 되도록 소득세를 산정하는 방법을 탐구한다.	
수학사 활용형	코니히스베르크의 다리	그래프와 행렬	코니히스베르크 시민들이 도시의 한 지점에서 출발하여 7개의 모든 다리를 한 번씩만 건너서 출발 지점으로 되돌아오는 것이 가능한지 수학적으로 탐구한다.	
	뉴턴의 방법으로 방정식의 실근을 구하기	미분법	뉴턴의 방법을 이용하여 방정식의 실근을 구하는 법을 탐구한다.	
신문활용 교육형	방사능을 잡아라	지수와 로그	방사성 동위원소에서 방출하는 방사능의 양이 절반으로 줄어드는 데 걸리는 시간을 그 원소의 반감기라고 한다. 일본 원전의 방사능이 방출된다고 가정했을 때 반감기를 탐구한다.	○○신문 참조
	연료를 절감하기 위한 경제속도를 구하라	미분법	환경오염을 줄이기 위해 연료를 절감하는 방법 중의 하나인 경제속도를 구하는 법을 탐구한다.	○○일보 참조
수학적 모델링형	대학등록금을 저금하자	수열	실제 상황에서 등록금을 저금하기 위한 최선의 합리적 방법을 선택한다.	
	여행을 계획하기	그래프와 행렬	올 봄에 가족과 함께 제주도로 여행하려고 한다. 우리 집(K도 H시)에서 제주도에 가려면 어떤 경로를 선택해야 가장 경제적으로 갈 수 있는지 탐구한다.	
주제탐구형	프랙탈 탐구	수열, 수열의 극한	프랙탈의 성질을 탐구하여 수학적 원리를 알아본다.	
	연속확장 가능한 함수와 그렇지 않은 함수	함수의 극한	연속확장 가능한 함수와 그렇지 않은 함수에 대하여 탐구한다.	

<표 IV-2> 프로젝트를 적용한 참평가 평가항목 준거표(학습과정 평가용)

영역	평가항목	미흡(1)	보통(2)	우수(3)	탁월(4)
탐구를 실행하기	1. 과제를 확인하고 적당한 정보를 수집하기	어떤 한두 가지 특별한 것을 뽑으려 써 과제를 탐구할 수 있다.	어려운 과제를 접근하기 위해 단순한 출발을 구조화하고, 얻어진 정보를 수순서를 결정할 수 있다.	변수를 선택함에 의해 정보선택 방법을 선택하고, 요하거나 무시되는 것일 수 있는 것을 결정할 수 있다.	정보수집에 추론을 적용하고 복잡한 과제를 단순화하기 위해 효과적인 정보수집 방법을 사용할 수 있다.
	2. 정보를 분석하기	탐구를 위해 한두 가지 질문을 선택할 수 있다.	탐구를 위해 부분적인 질문을 선택할 수 있다.	부분질문의 생성에서 질문에 앞선 분석을 구조화할 수 있다.	질문에 앞선 분석을 구조화하여 명확하게 분석할 수 있다.
수학적 대안의 고려	3. 적절한 절차를 확인하고 체계적으로 연구하기	한 가지 단순한 방법으로 연구를 시도할 수 있다.	위험한 시도와 예외에 대해 단순한 상황에서 모든 가능성을 발견하고 체계를 정할 수 있다.	사례가 사용된 예로부터 모든 실험적인 데이터를 발견하기 위한 체계 개발할 수 있다.	직접적인 일반화 또는 증명을 이끄는 체계를 가지고 활동할 수 있다.
	4. 결과를 해석하고 비평적으로 평가하기	행해진 활동의 제한점을 비평할 수 있다.	원래 문제의 상황에서 행해진 활동이 모든 경우에 유용한지, 발생한 한점을 묘사할 수 있다.	일반화를 확인하기 위해 더 많은 경우를 예측하거나 능하지 않은 상황임을 입증할 수 있다.	결과를 변경하거나 행해진 활동의 제한점을 설명하고, 일반화를 증명할 수 있다.
수학적 지식	5. 문제 상황의 수학적 공식화와 해석하기	한 패턴이 일부 데이터에 유용한지 확인할 수 있다.	한 패턴이 모든 데이터에 유용한지 확인할 수 있다.	패턴의 일반화를 확인하기 위해 더 많은 경우를 예측하거나 능하지 않음을 증명할 수 있다.	패턴의 분석적 설명에 의해 일반화를 증명할 수 있다.
	6. 적절한 개념, 절차, 원리의 지식을 사용하기	데이터를 처리하는데 아주 간단한 계산을 수행할 수 있다.	데이터를 처리하고, 결론을 생산하기 위해 간단한 계산을 수행할 수 있다.	형식과 일치하는 데이터를 처리할 수 있다.	필요하고 적절한 정보 사이에서 분별적인 데이터 처리를 할 수 있다.
수학 정보의 조직	7. 사용된 수학 내용의 적절성을 파악하기	과제에 한두 가지 수학 내용을 사용할 수 있다.	과제에 적절한 수학 내용을 사용할 수 있다.	적절하고 의미있으며 정확한 수학 내용을 사용할 수 있다.	의미있는 정확한 수학내용에서 제한점을 일으키는 요소를 고려할 수 있다.
	8. 사용된 수학의 정확성을 평가하기	원래 조건에 적당한 답을 부분적으로 확인할 수 있다.	원래 조건에 적당한 답을 대부분 확인할 수 있다.	원래 조건에 적당한 답을 확인하고 증명하기 위해 시도할 수 있다.	원래 조건에 적당한 답을 확인하고 증명하여 확대된 답을 얻을 수 있다.
의사소통	9. 아이디어를 수학적으로 표현하기	단순한 스케치, 다이어그램, 계획을 생성할 수 있다.	적당한 스케치, 다이어그램, 계획을 생성할 수 있다.	3차원 상황에서 적당한 2차원 표현을 포함하는 범위, 계획, 적도를 사용할 수 있다.	복잡한 3차원 상황의 새로운 표현을 발명할 수 있다.
	10. 자료를 논리적으로 타당화하기	패턴을 인식하고, 묘사할 수 있다.	패턴을 인식하고, 묘사하고, 확장할 수 있다.	패턴의 관계에 관해 추측하고 증명을 시도할 수 있다.	패턴의 관계를 추측하고 검증하고, 일반적인 규칙을 공식화할 수 있다.
청중 대상 고려	11. 프로젝트 목표와 관련된 내용을 명료하게 나타내기	문제를 구두로 또는 써서 설명할 수 있다.	문제를 구두로 또는 써서 설명할 수 있고, 해법 규칙과 단계적 접근을 경도화할 수 있다.	과제의 진행과 결과의 분명한 일반적인 묘사를 구두로와 쓰여진 형태로 할 수 있다.	가정이 만들어지고 전략이 사용된 것을 포함하는 분명한 언어와 쓰기로 설명을 할 수 있다.
	12. 결론을 평가하기	결과를 요약할 수 있다.	결과를 요약하고 어떤 타당한 관찰 또는 통합된 모습을 구두로 또는 써서 비평할 수 있다.	어떤 타당한 결론을 끌어낼 수 있다.	핵심적인 타당한 결론을 포함하여 정확하게 성취된 결과를 해석하고 설명할 수 있다.
총평	개인별 학습				
	소집단 협동학습				



1차로 개발한 참평가 평가기준표는 수학교육 전문가 5인에게 검토되고, 수정·보완되는 절차를 거쳐 2차로 다시 개발되었다. 1차에서 개발한 평가항목 중 중복되거나 불필요한 항목은 통합하거나 삭제하여 평가항목을 18개에서 12개로 단순화시켰다. 그리고 1차 개발 때 평정단계를 시도를 못함(0), 미흡(1), 보통(2), 우수(3), 탁월(4)의 5단계로 구분하였는데, 평정내용이 모호하여 평가자가 이해하기 쉽도록 평정내용을 구체적으로 제시한 프로젝트를 적용한 참평가 평가항목 준거표를 보완하였다. 이렇게 해서 프로젝트를 적용한 2차 참평가 평가항목 준거표와 2차 참평가 평가기준표가 개발되었다.

2차로 개발한 참평가 평가항목 준거표와 2차

참평가 평가기준표는 다시 수학교육전문가 3인에게 검토되고, 수정·보완되는 절차를 거쳐 3차로 다시 개발되었다. 평가항목이 탐구를 실행하기, 수학적 지식, 의사소통의 3가지로 참평가 과제 준거와 비교했을 때 수학적 탐구에 치중해 있어서 좀 더 포괄적이고 구체적인 참평가 평가기준을 마련하기 위해 평가 영역에 지식의 통합(구성)과 평가를 넘어선 가치를 고려하여 참평가 과제 준거와 부합하도록 평가 항목과 영역을 세분하여 수정하였다. 3차 참평가 평가기준표는 탐구를 실행하기, 수학적 대안의 고려, 수학적 지식, 수학적정보의 조직, 의사소통, 청중 대상 고려의 6개 영역)과 12개 평가항목으로 정해졌다.

이렇게 해서 3차로 개발된 최종 참평가 평가기

<표 IV-3> 최종 프로젝트를 적용한 참평가 평가기준표(학습과정 평가용)

영역	평가 항목	시도를 못함(0)	미흡(1)	보통(2)	우수(3)	탁월(4)
탐구를 실행하기	1.과제를 확인하고 적당한 정보를 수집하기					
	2.정보를 분석하기					
	3.적절한 절차를 확인하고 체계적으로 연구하기					
수학적 대안의 고려	4.결과를 해석하고 비평적으로 평가하기					
	5.문제 상황의 수학적 공식화와 해석하기					
수학적 지식	6.적절한 개념, 절차, 원리의 지식을 사용하기					
	7.사용된 수학 내용의 적절성을 파악하기					
수학 정보의 조직	8.사용된 수학의 정확성을 평가하기					
	9. 아이디어를 수학적으로 표현하기					
의사소통	10.자료를 논리적으로 타당화하기					
	11.프로젝트 목표와 관련된 내용을 명료하게 나타내기					
청중 대상 고려	12.결론을 평가하기					
	총평	개인별 학습				
	소집단					
	협동학습					

준표(학습과정 평가용)는 수학교육전문가에게 적  
합성을 인정받아 최종 프로젝트 참평가 평가기준  
표로 정해졌다. 프로젝트를 적용한 참평가 평가항

목 준거표는 다음 <표 IV-2>와 같고, 최종 참평가  
평가기준표(학습과정 평가용)는 다음 <표 IV-3>과  
같다.

<표 IV-4> 프로젝트 활동 계획 예시

주제	프랙탈 탐구		
	유형	주제탐구형	
프로젝트 개요	관련 교과	수학 I	
	학습목표 및 성취목표	프랙탈의 수학적 성질을 탐구하여 수학적 원리를 알아본다.	
	교육과정 관련	수열, 수열의 극한	
	물리적 상황	교실, 소집단 협동학습, 인터넷, 노트북 등	
	학습활동시간	4차시	
	프로젝트 활동	1차시	<ul style="list-style-type: none"> <li>•본질적 질문: 프랙탈의 수학적 원리는 무엇인가?</li> <li>•프로젝트 질문: 프랙탈의 성질은 무엇인가?</li> <li>•내용 질문: 자기닮음성이란? 자기닮음성을 자연현상에서 찾으려면? 자기닮음 도형을 만들어 보시오.</li> </ul>
2차시		<ul style="list-style-type: none"> <li>•본질적 질문: 프랙탈의 수학적 원리는 무엇인가?</li> <li>•프로젝트 질문: 시어핀스키 삼각형에는 어떤 성질이 있는가?</li> <li>•내용 질문: 시어핀스키 삼각형의 개수와 삼각형의 둘레의 길이, 남아있는 삼각형의 넓이에 대하여 <math>n</math>단계 시행했을 때의 일반항과 <math>n</math>이 커짐에 따라 어떻게 변하는지 구하시오.</li> </ul>	과정 평가
3차시		<ul style="list-style-type: none"> <li>•본질적 질문: 프랙탈의 수학적 원리는 무엇인가?</li> <li>•프로젝트 질문: 코흐 눈송이 곡선에는 어떤 성질이 있는가?</li> <li>•내용 질문: 코흐 눈송이 곡선의 둘레의 길이와 넓이에 대하여 <math>n</math> 단계 시행했을 때의 일반항과 <math>n</math>이 커짐에 따라 어떻게 변하는지 구하시오.</li> </ul>	과정 평가
4차시		<ul style="list-style-type: none"> <li>•본질적 질문: 프랙탈의 수학적 원리는 무엇인가?</li> <li>•프로젝트 질문: 새로운 프랙탈 기하를 만들어 보시오.</li> <li>•내용 질문: 1번에서 예로 든 프랙탈 기하 도형을 가지고 같은 행동을 <math>n</math>번 반복하는 문제를 만들고, 이때 나타나는 규칙의 일반항을 구하고 <math>n</math>이 커짐에 따라 어떻게 변하는지 구하시오.</li> </ul>	과정 평가
프로젝트 활동 평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>•학생학습 활동에 대한 평가기준을 학생들에게 사전에 안내하여 학습활동에 도움이 되도록 함</li> <li>•평가기준표에 체크하고 수업일지를 기록함</li> </ul>		
참고자료	참고도서, 관련 사이트 검색 등		

9) 수학과 참평가 과제 준거 가운데 평가를 넘어선 가치에서 실제 상황의 수학 문제는 수학적 능력을 평가한  
다기 보다 참평가 과제의 준거를 만족시키는 것으로, 평가기준의 영역에서 제외시켰다.

이 평가기준표는 각 학생별로 프로젝트 활동에 대한 관찰과 개인별 학습지를 통하여 체크리스트 형태로 사용할 수 있다. 프로젝트 활동이 끝난 후에는 개인별 학습과 소집단 협동학습에 대하여 각각 총평을 기술하여 학생들에게 제공될 수 있도록 하였다.

## 2. 프로젝트법을 적용한 수학과 참평가의 실제

### 가. 프로젝트법을 적용한 수학과 참평가 적용 사례

개발한 수학교육의 교수-학습 참평가 모형에 따라 프로젝트 학습 활동 중에 평가가 이루어

지도록 평가계획을 포함하는 수업계획을 설계하였다. 주제 선정은 연구자가 학생들에게 수학과 프로젝트의 유형에 대하여 설명한 후, 그중 학생들에게 의미가 있고 중요하다고 생각하는 주제를 소집단 협동학습 활동을 하는 학생들의 상황과 협의를 통해 선정하도록 하였다.

학생들은 수학교과와 관련하여 주제탐구형인 ‘프랙탈 탐구’를 프로젝트 주제로 정하였다. 이에 ‘프랙탈 탐구’에 적합한 프로젝트 교수-학습 활동 계획안을 수립하였다. 다음 <표 IV-4>는 프로젝트 활동 계획의 예시이다.

다음 [그림 IV-3]은 실제 프로젝트 활동 결과의 예시이다.

<p>2.2.04 강습회</p> <p>3. 코흐 눈송이 곡선의 길이의 길이와 넓이에 대하여 n 단계 시 제했을 때의 일반항과 n이 커짐에 따라 어떻게 변하는지 탐구하시오.</p> <p>프랙탈의 역사는 다음의 과정에 의하여 만들 수 있다. [1단계] 삼각형의 각 변의 중점을 연결하여 서로 합당한 네 개의 삼각형을 만들고 그중에서 가운데 삼각형을 제거한다. [2단계] 한 변의 길이가 1인 정삼각형 모양의 세угольнике에 대하여 위와 [1단계]를 한다. [n단계] n-1 단계에서 남아 있는 각 삼각형에 대하여 위와 [1단계]를 한다. (단, n=2, 3, 4, ...)</p> <p>① n 단계에서 남아 있는 삼각형의 개수를 <math>a_n</math> 이라고 할 때, <math>a_n</math> 을 구해 보자. <math>a_n = 3^n</math></p> <p>② n이 커짐에 따라 <math>a_n</math> 의 값은 어떻게 변하는지 말해 보자. 커진다 (3배)</p> <p>③ n 단계에서 남아 있는 삼각형의 면적의 길이를 <math>b_n</math> 이라고 할 때, n이 커짐에 따라 <math>b_n</math> 의 값은 어떻게 변하는지 말해 보자. <math>b_n = 3^n \times (\frac{1}{3})^n = 3^n \times \frac{1}{3^n} = 1</math> <math>\Rightarrow</math> 변하지 않는다.</p> <p>④ n 단계에서 남아 있는 삼각형의 넓이를 <math>c_n</math> 이라고 할 때, n이 커짐에 따라 <math>c_n</math> 의 값은 어떻게 변하는지 말해 보자. <math>c_1 = \frac{\sqrt{3}}{4} \times 1^2 \times 3^1 = \frac{3\sqrt{3}}{4}</math> <math>c_2 = \frac{\sqrt{3}}{4} \times (\frac{1}{3})^2 \times 3^2 = \frac{3\sqrt{3}}{4}</math> <math>c_3 = \frac{\sqrt{3}}{4} \times (\frac{1}{3})^3 \times 3^3 = \frac{3\sqrt{3}}{4}</math> <math>\Rightarrow</math> 변하지 않는다.</p>	<p>3. 코흐 눈송이 곡선의 길이의 길이와 넓이에 대하여 n 단계 시 제했을 때의 일반항과 n이 커짐에 따라 어떻게 변하는지 탐구하시오.</p> <p>프랙탈의 역사는 다음의 과정에 의하여 만들 수 있다. [1단계] 한 변의 길이가 1인 정삼각형 <math>A_1</math> 의 각 변을 삼등분하고, 가운데 선분 위에 그물을 한 변으로 하는 정삼각형을 그리고 가운데 선분을 지워서 도형 <math>A_2</math> 를 만든다. [2단계] 도형 <math>A_2</math> 의 각 변에 대하여 [1단계]의 과정을 반복하여 도형 <math>A_3</math> 을 만든다. 이 과정을 원없이 반복하여 만든 도형을 코흐 눈송이 곡선이다.</p> <p>위의 눈송이 곡선에서 도형 <math>A_n</math> 의 둘레의 길이와 넓이를 구해 보자.</p> <p>① <math>A_1</math> 의 변의 길이 <math>a_n</math> <math>a_1 = 3, a_2 = 12, a_3 = 48</math> <math>a_n = 3 \times 4^{n-1}</math></p> <p>② <math>A_n</math> 의 변의 길이 <math>b_n</math> <math>b_1 = 1, b_2 = \frac{1}{3}, b_3 = \frac{1}{9}</math> <math>b_n = 1 \times (\frac{1}{3})^{n-1} = \frac{1}{3^{n-1}}</math></p> <p>③ <math>P_n = (\frac{1}{3})^{n-1} \times 3 \times 4^{n-1} = (\frac{4}{3})^{n-1} \times 3</math> <math>= (\frac{4}{3})^{n-1} \times 3</math> <math>\lim_{n \rightarrow \infty} (\frac{4}{3})^{n-1} \times 3 = \infty</math></p> <p>④ <math>S_n = S_1 + \frac{S_2 - S_1}{3} \times 3^{n-1}</math> <math>S_n = \frac{\sqrt{3}}{4} + \frac{\sqrt{3}}{4} \times (\frac{1}{3})^{n-1} \times 3^{n-1} = \frac{\sqrt{3}}{4} \times (1 + (\frac{1}{3})^{n-1}) = \frac{\sqrt{3}}{4}</math></p>																																																																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th>영역</th> <th>평가 항목</th> <th>못함 (0)</th> <th>미흡 (1)</th> <th>보통 (2)</th> <th>우수 (3)</th> <th>탁월 (4)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">탐구를 실행하기</td> <td>1. 과제를 확인하고 적당한 정보를 수집하기</td> <td></td> <td>✓</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2. 정보를 분석하기</td> <td></td> <td>✓</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">수학적대안의 고려</td> <td>3. 적절한 절차를 확인하고 체계적으로 연구하기</td> <td></td> <td></td> <td>✓</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4. 결과를 해석하고 비평적으로 평가하기</td> <td></td> <td></td> <td>✓</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	영역	평가 항목	못함 (0)	미흡 (1)	보통 (2)	우수 (3)	탁월 (4)	탐구를 실행하기	1. 과제를 확인하고 적당한 정보를 수집하기		✓				2. 정보를 분석하기		✓				수학적대안의 고려	3. 적절한 절차를 확인하고 체계적으로 연구하기			✓			4. 결과를 해석하고 비평적으로 평가하기			✓			<table border="1"> <thead> <tr> <th>영역</th> <th>평가 항목</th> <th>못함 (0)</th> <th>미흡 (1)</th> <th>보통 (2)</th> <th>우수 (3)</th> <th>탁월 (4)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">수학적 지식</td> <td>5. 문제 상황의 수학적 공식화와 해석하기</td> <td></td> <td>✓</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>6. 적절한 개념, 절차, 원리의 지식을 사용하기</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>✓</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">수학 정보의 조직</td> <td>7. 사용된 수학 내용의 적절성을 파악하기</td> <td></td> <td></td> <td>✓</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>8. 사용된 수학의 정확성을 평가하기</td> <td></td> <td></td> <td>✓</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	영역	평가 항목	못함 (0)	미흡 (1)	보통 (2)	우수 (3)	탁월 (4)	수학적 지식	5. 문제 상황의 수학적 공식화와 해석하기		✓				6. 적절한 개념, 절차, 원리의 지식을 사용하기					✓	수학 정보의 조직	7. 사용된 수학 내용의 적절성을 파악하기			✓			8. 사용된 수학의 정확성을 평가하기			✓		
영역	평가 항목	못함 (0)	미흡 (1)	보통 (2)	우수 (3)	탁월 (4)																																																													
탐구를 실행하기	1. 과제를 확인하고 적당한 정보를 수집하기		✓																																																																
	2. 정보를 분석하기		✓																																																																
수학적대안의 고려	3. 적절한 절차를 확인하고 체계적으로 연구하기			✓																																																															
	4. 결과를 해석하고 비평적으로 평가하기			✓																																																															
영역	평가 항목	못함 (0)	미흡 (1)	보통 (2)	우수 (3)	탁월 (4)																																																													
수학적 지식	5. 문제 상황의 수학적 공식화와 해석하기		✓																																																																
	6. 적절한 개념, 절차, 원리의 지식을 사용하기					✓																																																													
수학 정보의 조직	7. 사용된 수학 내용의 적절성을 파악하기			✓																																																															
	8. 사용된 수학의 정확성을 평가하기			✓																																																															

영역	평가 항목	못함 (0)	미흡 (1)	보통 (2)	우수 (3)	탁월 (4)
의사소통	9. 아이디어를 수학적으로 표현하기			✓		
	10. 자료를 논리적으로 타당화하기				✓	
청중대상고려	11. 프로젝트 목표와 관련된 내용을 명료하게 나타내기				✓	
	12. 결론을 평가하기					✓

[그림 IV-3] 수학과 프로젝트 활동 결과의 예시

또한, 프로젝트가 끝난 후 [그림 IV-4]의 예시와 같이 참평가 평가기준표를 근거로 하여 학생들의 차시별 발달 변화를 볼 수 있고, 프로젝트에 대한 개인별 학습과 소집단 협동학습에 대한 총평을 할 수 있다. 이 평가 내용은 학생들에게 지도되어 학습 개선에 사용될 수 있도록 하였다.

나. 프로젝트 활동 후 학생 반응 및 결과

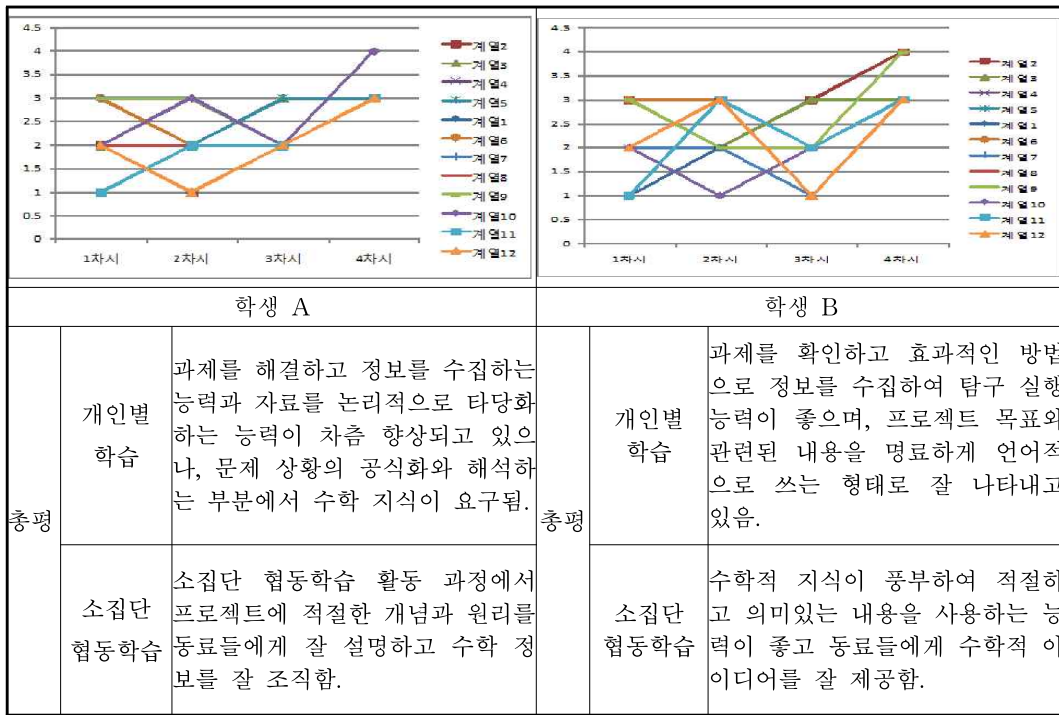
소집단 협동학습 활동으로 프로젝트법을 적용한 참평가 실시에 따른 학생들의 반응 및 결과는 다음과 같다.

첫째, 학생들의 과정평가 결과, 참평가는 수업과 통합된 부분으로 학생들의 학습을 평가할

수 있었으며, 실제 상황에서 학생들이 의미 있고 실제적인 과제를 스스로 구성하는 능력을 볼 수 있었다. 또한 학생들이 무엇을 알고 있는지에 관한 정보를 줄 수 있고, 개인의 발달 변화를 평가할 수 있었다.

둘째, 소집단 협동학습을 통한 프로젝트 활동은 교육과정이나 교과서에 명시되어 있지 않은 내용을 도입할 수 있어서 수학교육의 일반적인 인지적 목표가 이루어지는지 볼 수 있었다. 그러나 개인 학생별 학습 차이에 의한 수준차를 극복하기 위해서는 프로젝트 과제 해결을 위한 단서 및 기본정보 제공을 학생 수준에 맞게 차별화할 필요가 있었다.

셋째, 프로젝트 활동 평가를 위한 참평가 평



[그림 IV-4] 차시별 프로젝트 활동 평가의 발달 변화와 총평 예시.

가기준표는 소집단 협동학습의 프로젝트 활동에 대한 관찰과 개인별 학습지를 통하여 체크리스트 형태로 사용하도록 했는데, 12개의 평가항목에 대해 한차시의 수업동안 소집단 모두를 연속적으로 관찰하여 평가하기에는 제약이 따랐다.

넷째, 프로젝트 과제를 수행하고 난 후 자기평가 설문지를 작성하게 하였다. 프로젝트 과제를 행하는데 있어서 자신의 강점과 약점, 자신이 인식하는 수학학습 능력의 변화, 과제를 수행하면서 어려웠던 점, 느낀점과 새롭게 알게된 점을 서술하여 자기평가를 하도록 하였다. 자기평가 결과는 학생들의 수학의 인지적 능력과 성향, 수학 학습에 대한 반성과 개선의 목적으로 사용하였다.

“처음 프로젝트를 시작할 때는 막막했는데 프로젝트 활동을 하면서 과제를 해결하려고 필요한

자료를 수집하고 분석하는 능력이 향상되었다.”  
 “프랙탈의 원리를 탐구하는데 필요한 수학 내용을 알아보고 스스로 문제 제기를 하면서 수학 능력이 향상되었다.”  
 “프로젝트 활동을 통해 수학과 자연현상과의 연관성을 알게 되었다.”  
 “실생활 상황에서 사용된 원리를 탐구하면서 수학은 문제만 푸는 과목이 아니라는 것을 알게 되었다.”  
 “소집단 협동학습 활동으로 친구들과 토론하면서 프로젝트에 대한 아이디어를 많이 얻었다. 혼자서 하는 것보다 도움이 많이 되었다.”  
 “원리를 탐구하고 실험하는 과정이 힘들었지만, 하고 나서는 뿌듯했다.”

설문분석 결과 처음에는 프로젝트 과제 수행이 어려웠지만 차츰 탐구실행 능력이 향상되었고, 필요한 수학 내용을 찾아서 학습하게 되어 새로운 수학적 지식을 알게 되고, 수학정보의 조직과 수학적 대안을 고려하는 것을 생각하게

되었음을 알 수 있었다. 또한 소집단 협동학습은 프로젝트 과제를 해결하는 과정에서 의사소통 능력 향상에 많은 도움이 되었음을 알 수 있었다.

## V. 결론 및 시사점

수학교육의 참평가는 수업과 통합된 부분으로 실제 상황에서 의미있는 실제적인 과제로 교수-학습의 결과뿐만 아니라 그 과정도 함께 중시하며, 학생들이 스스로 지식을 구성하거나 행동으로 나타내도록 하는 평가방식이다. 따라서 본 연구는 수학교육에서의 참평가를 ‘학생들의 진정한 수학적 활동 능력을 평가하는 것’이라고 정의하고, 학교 수업에서 적용 가능한 참평가를 위해 수학교육의 교수-학습 참평가 모형 및 예시 도구를 개발하는데 목적을 두었다.

이러한 연구 결과에 기초한 결론을 요약하여 정리하면 다음과 같다.

첫째, 본 연구에서 수학교육의 교수-학습 참평가 모형은 실제 상황 학습에서 수업과 통합된 형태로 학습자의 학습을 도와주고, 학습과정을 볼 수 있으며 진정한 수학적 활동과 성취를 볼 수 있도록 [그림 IV-1]과 같이 개발하였다.

둘째, 수학교육의 참평가 과제 준거는 [그림 IV-2]와 같이 수학 내용, 수학적 탐구 과정, 수학적 의사소통, 수학 정보의 조직, 수학적 대안의 고려, 실제 상황의 수학 문제, 실제의 청중 대상을 고려해야 한다.

셋째, 프로젝트 유형의 수학과 참평가 과제는 수학과 프로젝트의 유형인 실생활 문제해결형, 타교과 연계형, 수학적 활용형, 신문활용 교육형, 수학적 모델링형, 주제탐구형으로 개발할 수 있고, 이런 프로젝트 유형들은 참평가 과제 준거를 충족시키는 과제로 활용될 수 있다.

넷째, 학생평가를 위해 개발한 프로젝트법을 활용한 수학과 참평가 평가기준표의 평가영역은 탐구를 실행하기, 수학적 대안의 고려, 수학적 지식, 수학 정보의 조직, 의사소통, 청중 대상 고려의 6개 영역과 12개 평가항목으로 구성되어 학습에 영향을 미치는 인지적이고, 능동적인 차원을 볼 수 있도록 하였고, 관찰을 통한 체크리스트 형태로 사용되어 개인의 학습에 지표표를 제공할 수 있다.

이상에서 프로젝트를 적용한 수학과 참평가 실시 결과의 시사점은 다음과 같다.

첫째, 수업과 통합된 형태로 이루어진 평가 측면에서 참평가는 일회적인 평가와는 달리 학생들이 무엇을 학습하였는가, 어떻게 학습하고 있는가, 어느 정도 향상되었는가, 교수-학습이 적절한가를 알 수 있다. 참평가를 실시하는 교사는 개인 학생들이 과제를 수행하는데 있어 부족한 부분에 대해 적당한 발판을 마련해 주기 위해서 주도면밀한 수업 준비를 해야 한다.

둘째, 참평가 과제 측면에서 참평가는 전통적인 방법의 지필평가와는 달리 학생들에게 의미가 있는 과제를 소집단 협동학습으로 탐구하면서 수학적 지식을 학습할 수 있고, 의사소통 능력을 키울 수 있다. 이를 위해 수학교육의 참평가 과제 준거에 적합한 더 많은 과제 개발이 필요하다. 특히, 프로젝트 활동에 대한 산출물과 같이 학생들에게 가치있는 활동 과제를 수행하는 것은 전이 효과를 기대할 수 있으므로, 타교과 연계형의 과제를 지도하는 교사는 타교과에 대한 전문성도 확보되어야 한다.

셋째, 수학교육의 참평가는 평가기준 측면에서 전통적 평가와는 달리 학생 개인의 학습에 관한 정보를 주기 위한 것이다. 따라서 평가가 이루어진 후에 학생 평가 결과 자료들은 학생들에게 즉각적이고 적절하게 알려주어 학습을 향상시키는데 사용되어야 한다.

## 참고문헌

- 강옥기(2007). **수학과 학습지도와 평가론**. 서울: 경문사.
- 박경미(1999). 수학과 수행평가, 백순근(편), **수행평가의 이론과 실제**. 서울: 원미사.
- 박경미·임재훈(1999). 수학과 수행평가 프로젝트법의 의의와 실제. **학교수학**, 1(2), 723-745.
- 백순근(2002). **수행평가: 이론적측면**. 서울: 교육과학사.
- 성태제(2005). **현대교육평가**. 서울: 학지사.
- 신현성(2004). **수학과 수업모형 및 설계**. 서울: 경문사.
- 이간용(2001). **지리교육의 지능공정한 참평가 모형개발 및 적용**. 서울대학교 대학원 박사 학위논문.
- 장경윤·권오남·최명례(1997). 수학 교수-학습에서 수행평가의 의의와 활용. **수학교육학연구**, 7(2).
- 최택영·최혜정(2001). 수학과 수행평가 절차 모형 연구. **한국학교수학회논문집**, 4(1), 9-27.
- 황혜정 외 5인(2007). **수학교육학신론**. 서울: 문음사.
- Archbald, D., & Newmann, F. (1988). *Beyond standardized testing: Assessing authentic academic achievement in the secondary school*. Reston, VA: National Association of Secondary School Principals.
- Baron, J. B., Forgione, P., Rindone, D., Kruglenski, H., & Davey, B. (1989). Toward a new generation of student outcome measures: Connecticut's Common Core of Learning Assessment. *Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association*, San Francisco.
- Biggs, J. (1996). Enhancing teaching through constructive alignment. *Higher Education*, 32, 347-364.
- Brookhart, S. M. (2003). Developing measurement theory for classroom assessment purposes and uses. *Educational Measurement: Issues and Practice*, 22(4), 1-5.
- California State Department of Education. (1989). *A question of thinking: A first look at students' performance on open-ended questions in mathematics*. Sacramento: Author.
- Clarke, D., Stephens, M., & Waywood, A. (1992). Communication and the learning of mathematics. Romberg, T. A.(Eds.), *Mathematics Assessment and Evaluation*. State University of New York Press, Albany.
- Greeno, J. (1989). A perspective on thinking. *American Psychologist*, 44: 134-141.
- Gulikers, J. T. M., Bastiaens, T. J. & Kirschner, P. A. (2004). A Five-Dimensional Framework for Authentic Assessment. *ETR&D*, 52(3), 67-86. ISSN 1042-1629.
- Herrington, J., & Herrington, A. (2006). *Authentic conditions for authentic assessment: Aligning task and assessment*. HERDSA Research Review.
- Lajoie, S. P. (1991). A Framework for Authentic Assessment in Mathematics. *NCRMSE Research Review* 6-11.
- Lajoie, S. P. (1995). A Framework for Authentic Assessment in Mathematics. : Romberg, T. A.(Eds.), *Reform in School Mathematics and Authentic Assessment*. State University of New York Press.
- Lesh, R. & Lamon, S. J. (1992). *Assessing Authentic Mathematical Performance : Assessment of Authentic Performance in*

- School Mathematics*. American Association for the Advancement of Science.
- Mayer, C. (1992). What's the difference between authentic and performance assessment? *Educational Leadership*, 49(8), 39-40.
- Moon, Brighton, Callahan, & Robinson (2005). Development of Authentic Assessments for the Middle School Classroom. *Prufrock Press*, 16(92), 110-133.
- Mueller, J. (2005). The Authentic Assessment Toolbox: Enhancing student learning through online faculty development. *Published in the Journal of Online Learning and Teaching*.
- National Council of Teachers of Mathematics (1995). *Assessment Standards for School Mathematics*. Reston, Va.: NCTM.
- National Council of Teachers of Mathematics (2000). *Principle and Standards for School Mathematics*. Reston, Va.: NCTM.
- Newmann, F. M., Secada, W. G., & Wehlage, G. G. (1995). *A Guide to Authentic Instruction and Assessment: Vision, Standards and Scoring*. Wisconsin Center of Education Research.
- Niss, M. (1993). Assessment in Mathematics Education and its Effects : An oduction. Niss. M.(Eds.), *Investigations into Assessment in Mathematics Education*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Pandey (1990). *Practical Assessment Research & Evaluation*. A peer-reviewed electronic journal. ISSN 1531-7714.
- Reeves & Okey (1996). Alternative assessment for constructivist learning environments. In Wilson, B. G.(Ed.). *Constructivist learning environments: Case studies in instructional design*, 191-202. Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications.
- Romberg, T. A. (1992). Evaluation: A Coat of Many Colors. Romberg. T. A.(Eds.), *Mathematics Assessment and Evaluation*. State University of New York Press, Albany.
- Romberg, T. A., & Wilson, L. D. (1995). Issues Related to Development of an Authentic Assessment System for School Mathematics: Romberg. T. A.(Eds.), *Reform in School Mathematics and Authentic Assessment*. State University of New York Press.
- Silver, E. A., & Kenney, P. A. (1995). Sources of Assessment Information for Instructional Guidance in Mathematics. Romberg. T. A. (Eds.), *Reform in School Mathematics and Authentic Assessment*. State University of New York Press.
- Surtamm, C. A. (2004). Developing Authentic Assessment: Case Studies of Secondary School Mathematics Teachers' Experiences. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*.
- Van den Heuvel-Panhuizen. M. (1996). *Assessment and Realistic Mathematics Education*. Utrecht: CD-b Press/Freudenthal Institute, Utrecht University.
- Vermont Department of Education. (1991). *Looking beyond the answer: Vermont's mathematics portfolio assessment project*. Montpelier: Author.
- Wiggins, G. (1989). *A True Test: Toward More Authentic and Equitable Assessment*, Phi Delta Kappan, May, 703-713.
- Wiggins, G. P. (1998). *Educative assessment: Designing assessments to inform and improve student performance*. San Francisco:



- Jossey-Bass Publishers.
- Young, D., Team Learning (1992). An Experiment in Instructional Method of Related Achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 8.
- Zarinnia, E. A., & Romberg, T. A. (1990). *A framework for the California Assessment Program to report students' achievement in mathematics*. Madison, WI: National Center for Research in Mathematical Sciences Education.
- Zarinnia, E. A., & Romberg, T. A. (1992). A framework for the California Assessment Program to report students' achievement in mathematics. Romberg, T. A.(Eds.), *Mathematics Assessment and Evaluation*. Imperatives for mathematics educators, 242-284. Albany: SUNY Press.

# A Study on Authentic Assessment Model and Example Tools Development of Mathematics Teaching and Learning

Son, Jung Hwa (Sungkyunkwan University Graduate School)

Kang, Ok Gi (Sungkyunkwan University)

The purpose of this study is to develop authentic assessment model and example tools of mathematics teaching and learning. By reviewing literature researches, we set up the definition of authentic assessment in mathematics education, checked the criterion of authentic assessment tasks and mathematical activities. We searched various assessment models of mathematics teaching and learning, project assessment proceeding model, and criterion of project assessment, and checked various project tasks of the authentic assessment.

And we developed authentic assessment model and example tools of mathematics teaching and learning.

The model is applied project tasks in the form of being integrated with class to high school students, with high school mathematics especially. Furthermore, we carried the test of content validity for a validity of developed tasks for experts in studies of mathematics education.

The result is that authentic assessment model and example tools of mathematics teaching and learning has an significance in mathematics education and can be used to judge whether students are doing 'real' mathematics or not, keeping the applicability in the form of being integrated with class.

\* key words : authentic assessment(참평가), authentic assessment model of mathematics teaching and learning(수학과 교수-학습 참평가 모형), authentic assessment tasks(참평가 과제), project(프로젝트), criterion of project assessment(프로젝트 참평가 평가기준)

논문접수 : 2012. 1. 31

논문수정 : 2012. 2. 17

심사완료 : 2012. 3. 9