韓國數學敎育學會誌 시리즈 C
<初等數學敎育>
2002. 9. 제 6권, 제 2호, 65-74.

J. Korea Soc. Math. Ed. Ser. C:
Education of Primary School Mathematics
Sep. 2002, Vol. 6, No. 2, 65-74.

수학적 창의성 신장을 위한 탐구학습에 관한 소고

박 성 선 (이화여자대학교 교육과학연구소)

Ⅰ. 서론

현대 사회가 과학 기술의 발달로 인하여 급속도로 변화되는 상황에서는 화석화된 지식을 수동적인 수용자의 입장에 있는 학생에게 전달하는 역할로서의 교육은 더 이상 그 의미를 갖지 못하게 되었다. 따라서 새로운 교육적 패러다임을 필요로 하게 되었는데, 그것이 바로 열린 교육이라고 할 수 있다.

새로운 교육 패러다임으로서 열린교육은 불과 몇 년 사이에 급속히 확산되어 전국에 있는 대부분의 초등학교에서 어떠한 형태이든지 열린 교육을 실시하고 있다. 열린 교육은 종래의 규격화된 일제식 수업과 경직된 교육운영의 틀을 깨고, 다양한 수업 방법들을 도입하고 개발하고자 하는 것이다. 열린 교육에 대한 정의는 여러 가지가 있겠으나, 간략히 말하자면, 학생들을 존중함으로써 그들의 개별성을 교육적 실제에 반영하고, 지속적으로 변화하는 사회에 적응하게 하고자 하는 것이라고 할 수 있다.

특히, 변화하는 환경에 효과적으로 적응하게 하기 위한 교육은 1980년 이후 학교 수학에서는 계속해서 강조되어온 문제해결에서도 나타나고 있다. 문제해결을 강조하는 것은 학생들이 새로운 상황이나 문제에 접하여 그것에 효과적으로 대처하는 능력을 기르고자 하는 것이다. 대부분의 사람들은 창의성이란 주어진 문제나 과제를 잘 해결하는 것을 의미하는 것으로 받아들이고 들이고 있지만, 새로운 문제를 획기적인 방법으로 해결하거나 기발한 방식으로 해결하는 것도 창의성이라고 할 수 있다(방승진, 2001). 또한, 학생들이 접하게 되는 수학적 문제상황은 정형화된 사고방식으로는 해결할 수 없기 때문에, 정형화된 틀을 벗어나 새로운 방식으로 수학적 아이디어를 생각하는 능력이 필요하다. 결국, 문제해결을 강조하는 것은 현재 당면한 문제를 해결뿐만 아니라, 그것을 바탕으로 무엇인가 새로운 것을 창출해내는 창의적인 아이디어를 촉진하는 것도 포함되어 있다(NCTM, 1989). 새로운 문제상황을 적절히 대처하고 그것을 기반으로 새로운 것을 창출해내기 위해서는 창의적 사고 과정이 필요하다.

이에 따라 외국의 연구자들은 창의성 교육의 중요성을 인식하고 창의성에 대하여 연구하였고 창의성을 교육하고자 하는 프로그램도 만들었으며, 우리나라에서도 창의성 신장의 중요성을 인식하여 제 7차 교육과정에서 "21세기의 지식 기반 사회에서의 학교 교육의 조건은 단순 기능의 암기보다는 자기 주도적으로 가치를 창조할 수 있는 자율적이고 창의적인 인간의 육성에 있다(교육부, 1997, p.2)라고 밝히고 있다. 그러나, 우리나라의 교육 현장에서는 실제로 창의성에 대한 교육이 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 그 이유는 무엇보다도 창의성 교육에 대한 심각한 논의와 다양한 연구가 없었으며, 창의성이 과연 길러질 수 있을 것인가 하는 의문이 게재되어 있다고 하겠다.

창의성은 다른 인지적 능력과 분리해서는 생각할 수 없는 것이며, 매우 복잡하고 다양한 능력들과 관련되어 있다. 따라서, 창의성을 신장시키기 위해서는 일회적이고 단편적인 학습 방법으로는 불가능하다. 또한, 창의성은 문제해결력이나 탐구력과 밀접한 관련이 있으므로 탐구 학습이나 문제해결 학습 또는 발견 학습 등의 다양한 유형의 학습이 창의력을 신장시키는데 도움이 될 것으로 생각된다. 특히, Schrenker(1976)에 따르면, 탐구 학습은 과학의 이해를 증진시키며, 창의적 사고를 기르며, 정보를 수집하고 분석하는 능력을 기르는데 효과적이라고 한다.

많은 학생들이 수학의 세계는 이미 창조되어 완성된 것으로 믿고 있기 때문에, 자신들의 생각이 들어갈

* ZDM분류: D42
* MSC2000분류: 97D40

자리는 없으며, 새로운 아이디어가 창출해낼 가능성도 없다고 생각한다. 즉, 자신들의 창의적 활동이 수학에서 아무런 의미를 갖지 못한다고 생각하는 것이 현실이다. 그러한, 수학에서 창의적 측면은 천재나 수학자들만의 전유물이 되어서는 안 된다. 수학에서 창의성을 강조하는 이유는 수학교육에서 학생들의 참여를 확대하고 발견과 창조의 기쁨을 맛보게 하는 것이다.

따라서, 본 고에서는 창의성의 전반적인 특징과 전반적인 신장 방법을 고찰하고, 특별한 방법으로서 탐구 학습을 고찰하고, 그 예를 제시하고자 한다.

Ⅱ. 수학적 창의성 신장 방안

어떤 시대 건 우리 인간은 끊임없는 도전과 문제에 직면하게 되며, 그것을 해결함으로써 삶의 환경을 개선하고 삼라만상을 이해하는 기회가 되기도 한다. 우리는 현재의 지식과 기능을 사용해서는 해결할 수 없는 새로운 상황에 직면하기 때문에 매일 새로운 방식으로 행동해야 한다. 즉, 창의성을 필요로 하는 것이다. 본 절에서는 창의성의 정의와 특징, 창의성 신장 방안에 대하여 논의하고자 한다.

1. 창의성의 정의 및 특징

창의성을 한마디로 정의하기는 어렵다. Rogers (1959)는 "창의적 과정은 새로운 결과를 산출하는 행위에서 나타나는 것으로, 한 개인으로부터 나오기도 하고 주변의 사건이나 사람 또는 환경으로부터 나오기도 한다(p. 71)"고 하였다. Torrance(1965)는 창의적 사고를 "문제점이나 장애 및 정보 부족을 인식하고, 그러한 어려움에 대하여 추측을 하거나 가설을 설정하고, 설정한 가설을 검토, 수정하여, 마침내 결론을 이끌어내는 과정(p. 8)"으로 설명하였다. Hass(1970)는 교실에서의 창의성을 한 사람에게 있어서 기존에 갖고 있던 아이디어를 떠올리게 하거나 새로운 아이디어를 창출해내게 하는 것이라고 정의하였다. 또한, Krulick & Rudnick(1993)은 창의성을 독특하고 반성적인 사고를 하여 새로운 결과물을 산출하는 능력으로 정의했으며 아이디어를 종합하고, 새로운 아이디어를 생각해내며, 그 효율성을 판단하는 능력을 포함한다고 하였다. 이러한 점에서 볼 때, 창의성은 어떤 상황이나 문제에 접하여 새로운 방안을 내세우거나, 새롭게 생각해 내는 것을 말한다고 하겠다.

창의적 사고는 쉽게 분리되거나 확인될 수 있는 단편적인 능력이 아니며, 여러 다양한 요소들이 포함되어 있다. 일반적으로 창의적 사고 기능의 특징은 다음과 같다(McCain & Callahan, 1977).

① 민감성(sensitivity). 창의적인 학생은 주어진 정보의 결함을 감지하고 발견할 수 있으며 추가적인 정보가 필요한 부분을 알 수 있다. 주변의 환경에 민감한 관심을 보이고 이를 통해 새로운 탐색 영역을 넓히는 특성을 갖는다.

② 유창성(fluency). 창의적인 학생은 관련된 주제에 대한 상당히 많은 지식을 갖고 있다. 즉, 많은 지식을 바탕으로 특정한 문제 상황에서 가능한 한 많은 양의 아이디어를 산출할 수 있다.

③ 융통성(flexibility). 창의적인 학생은 문제에 대하여 다양한 반응을 보일 수 있다. 한 가지 아이디어에 얽매이지 않고 다양한 해결책을 찾는 것을 수 있는 것을 의미한다.

④ 독창성(originality). 창의적인 학생은 일반적이지 않거나 독특하고, 심지어 이상하기까지한 아이디어나 반응을 나타낸다. 즉, 기존의 것에서 탈피하여 참신하고 독특한 아이디어를 산출할 수 있다.

⑤ 정교성(elaboration). 창의적인 학생은 다듬어지지 않은 기존의 아이디어를 보다 치밀한 것으로 발전시킬 수 있다. 이미 산출된 많은 아이디어를 자료로 해서 독창적인 아이디어를 뽑아내고 이 아이디어를 최종적인 산출의 형태에 비추어 평가하고 정교하게 다듬을 수 있다.

⑥ 재정의(redefinition). 창의적인 학생은 주어진 정보나 상황을 일상적이지 않은 방식으로 생각할 수 있으며 의도되거나 이미 정해진 것과는 다르게 정의할 수 있다.

Treffinger et al.(1990)은 생산적 사고에 대한 전반적인 이론적 모델을 제시하였다(그림 1). 이 모델에서는 생산적 사고나 문제해결 과정에 관련이 있는 인지적 과정으로써 창의성을 설명하려고 하고 있다. 이 모델에서는 생산적 사고의 기초단계에서는 지식 기반, 동기와 성향, 조절 및 초인지적 체계를 포함하고 있다.

문제 해결
의사 결정

↑

창의적 사고
비판적 사고

↑

지식	동기 및 성향	자기 조절 및 초인지적 능력
내용에 대한 지식 전략 및 인지적 기능	성격 성향 태도 자기신뢰 자기존중 인내심과 열정 과제에 대한 책임 장애물로부터 자유로움 주변 환경	목표 설정 가능한 전략 선택 및 적용 전략에 대한 피이드백 조정 및 "자기 평가"

<그림 1> 생산적 사고의 조직 및 구조

중간단계인 도구 기능(tool skills)에는 특히 창의적 사고 능력과 비판적 사고 기능이 포함되어 있다. 결국, 위의 모델에서 살펴볼 수 있듯이 매우 복잡한 기능임에는 틀림없다. 즉, 창의성은 개인이 문제를 해결하고 의사결정을 하는데 중요한 역할을 하며, 그 기초로서 풍부한 지식, 동기 및 성향, 자기조절능력 등을 포함하는 것이라고 할 수 있다.

우리는 흔히 수학 교과적인 측면에서 창의성을 다룰 때, '수학적 창의성'이란 용어를 사용한다. 물론, 그러한 용어를 사용한다고 해서 어떤 분명하고 명쾌한 정의가 있다는 것을 가정하고 사용하는 것은 아니다. 또, 수학적 창의성에 대한 유일하고 분명한 정의를 찾아내기는 쉬운 일이 아닐 것이다.

Tammadge에 따르면 학교 수학에서의 창의성은 여러 가지 기능과 그것이 적용되는 영역 사이의 새로운 관련성을 볼 수 있는 능력, 이전에는 관련되지 않았던 아이디어들을 연관지을 수 있는 능력 등을 포함한다(Haylock, 1987 재인용). 이는 기존의 수학적 지식, 기능을 어떤 내용 영역에 고정시키는 것이 아니라 주어진 상황을 효과적으로 처리하거나 창조적인 산출물을 얻기 위해 적극적으로 활용하는 것을 경험하는 것이 중요함을 강조하는 것이라 할 수 있다.

어쨌든 유현주(2000)가 정의한 바와 같이, 수학적 창의성은 주어진 상황에서 수학적으로 가치있는 결과를 모색하되 독창적인 다양한 해석을 하기 위해 그 과정에서 주어진 대상과 이미 알고 있던 수학적 지식, 기능과의 관련성을 파악하여 문제를 해결하고 구조적으로 사고하는 능력이라고 할 수 있다.

2. 수학적 창의성의 신장 방안

사람들을 보다 창의적이게 가르칠 수 있을까? 만약에 그렇다면 최상의 방법은 무엇인가? 창의성을 교육하기 위한 교육과정에는 어떤 것이 포함되며 어떤 교수법으로 가르치는 것이 효과적인가? 이러한 질문에 답하기 전에 먼저 생각해야 할 것은 과연 창의성을 신장시킬 수 있는가하는 문제가 고려되어야 할 것이다.

Houtz와 Feldhusen(1976)은 초등학교 4학년 아동들

에게 이 기능들을 가르치기 위한 훈련 프로그램을 개발하였으며, 6주 동안 운영한 결과 창의성에서 유의미한 효과가 있었음을 확인하였다. Urban(1990)도 창의성에 대한 연구들을 검토한 뒤 창의성 신장에 도움이 되는 모델을 제시하였다. 이 모델에는 인지적 요소와 비인지적 요소 6가지로 이루어져 있다: ① 일반적 지식, ② 관련된 영역에 대한 지식, ③ 발산적 사고 능력, ④ 과제에 대한 집중력, ⑤ 동기, ⑥ 모호함에 대한 관대함. Torrance(1987)는 창의성 훈련 프로그램에 대해 평생을 연구한 학자로서 많은 자료와 프로그램을 연구한 결과, Torrance는 창의성은 가르칠 수 있다고 결론을 내렸으며, 더욱이 성공적인 프로그램이 되기 위해서는 인지적 기능뿐만 아니라 문제나 과제에 대하여 적극적으로 해결하려는 의지와 같은 정의적 측면 모두를 강조해야 한다고 지적하였다.

창의성 교육은 단순한 정답맞추기보다는 많은 인지적 활동이 요구되는 교수방법이 적용되어야 할 것이다. 이러한 교수법에는 발견 학습, 탐구 학습, 문제해결 학습 등이 포함될 것이다. 특히, 앞에서 Treffinger et al.(1990)이 제시한 창의성 모델에서 따르면 창의성은 문제해결과 밀접한 관련이 있는 것으로 나타났다. 이러한 점에서 창의성은 문제해결 상황 속에서 교육되어야 할 것이다. Treffinger(1980)와 Isaksen & Treffinger (1985)는 창의성 학습과 문제해결이 교육에서 중요하게 다루어져 할 이유를 다음과 같이 제시하고 있다.

① 창의성과 문제해결은 실제적인 많은 문제들을 독립적이고 효율적으로 취급하는 것을 돕는다.

② 창의적인 학습과 문제해결은 지금 현재 예상할 수 없는 미래의 문제나 도전에 대처할 수 있도록 돕는다. 정답이라고 할 수 있는 모든 것을 암기하는 것은 효과적인 학습이 될 수 없다.

③ 창의성과 문제해결의 영향력은 삶에 매우 강한 영향력을 준다. 대부분의 많은 사람들은 어떤 방법으로든 문제를 해결하고 학습한 경험에 관해서 기억하고 있으며, 또한 그런 경험들은 개인적 삶 또는 직업에 많은 영향력을 줄 수 있게 된다.

④ 창의적인 학습과 문제 해결에 참여하는 것은 창의적이고 비판적인 측면에서 균형을 이루는 것을 돕는다. 창의적인 학습과 문제 해결을 학습함으로써 사고에서 보다 효과적이고 아이디어를 생성하고 평가하는 기능에 보다 숙달될 수 있다.

⑤ 비록 창의적인 학습과 문제해결이 항상 쉬운 것은 아니라 할지라도, 많은 사람들은 이러한 활동에 적극적으로 참여함으로써 만족감과 즐거움 또는 보상을 받을 수 있다.

교사는 학생들의 사고 기능을 향상시키기 위해서 정규 수학 시간에 창의적 사고와 비판적 사고를 기를 수 있는 기회를 마련해주어야 한다. 창의적 사고와 비판적 사고를 향상시키 위한 한 가지 방법으로 Polya (1973)의 문제해결 단계 중 마지막 단계인 검토(looking back) 단계를 활용할 수 있다. 즉, 검토 단계에서는 문제의 결과를 단순히 다시 확인하는 수준에 머무르지 말고, 정답을 내는 것에서 더 나아가 학생들이 창의적 사고를 확장할 수 있는 발판이 되어야 한다. 이를 위해서는 Krulik & Rudnick(1999)은 사고의 확장 방법을 다음과 같이 제시하였다.

① 다른 방법은 없는가? (What's another way?)

학생들이 문제를 해결하고 난 후에, 교사는 학생들에게 "이 문제를 해결하는 다른 방법은 없는가?, 다른 해결책을 찾아보자"라는 질문을 해야만 한다. 이 질문은 학생들이 문제의 조건을 바꾸지 않은 채 새로운 방법을 찾아보게 하는 것으로서 창의적 사고를 개발하는데 훌륭한 방법이 될 수 있을 것이다.

② ...이라면? (What if ...?)

위의 '다른 방법은 없는가?'에서는 문제의 조건이 바뀌지 않은 상태에서의 활동이지만, '...이라면?'에서는 문제의 조건이 바뀌게 된다. 이렇게 조건을 바꿈으로 해서 학생들은 문제를 재검토하게 되고, 정답과 해결 과정에 어떤 영향을 미치는지를 알게 된다. 변형된 것을 분석함으로써 학생들의 창의성은 강화될 수 있다. 이러한 문제의 조건 변형은 학생들이 스스로 할 수도 있고 교사가 할 수도 있으나, 학생들 스스로 변형하는 것이 창의성 신장에 더 도움이 될 것이다.

③ 무엇이 잘못인가? (What's wrong?)

학생들에게 문제와 그것에 대한 해결방법이 제시되지만, 거기에는 어떤 오류가 들어있다. 학생들의 해야 할 일은 그 오류를 찾아내어 수정하고, 그 과정을 설명하는 것이다.

④ 어떻게 할 것인가? (What would you do?)

이 방법은 창의적 사고 기능을 자극하기 위한 것이다. 학생들은 어떤 문제를 수학적으로 해결하고 난 후

에 의사결정을 해야 한다. 이 의사결정은 개인적 아이디어, 경험이나 관심 등에 기초하게 된다. 그러나, 학생들은 자신의 의사결정에 어떤 수학이 영향을 미쳤는지를 설명해야 한다. 이러한 설명을 통하여 학생들은 의사소통 기능을 향상시킬 수도 있다.

어떤 형태의 교수방법이든 간에 교실에서 일어나는 창의성 교육에는 교사의 영향이 매우 크게 작용한다. McCain & Callahan(1977)은 창의성 신장에 노력하는 교사의 특징은 다음과 같이 제시하였다.

① 창의성 신장에 노력하는 교사는 주어진 상황이나 문제에는 유일한 정답만이 존재하는 가정에 빠지지 말아야 한다. 어떤 절차를 통하여 얻어지건 타당한 수학적 반응은 정확한 것으로 받아들여져야 한다.

② 특정한 반응에 대한 판단을 교사가 하지말고 학생들에게 맡기어야 한다. 그렇지 않다면, 학생들은 자신들의 답변에 대한 타당성 판단의 근거를 교사에게 찾게 될 것이기 때문이다. 학생들은 스스로 질문에 대한 타당성을 생각해야할 필요가 있다.

③ 창의적인 교실의 교사는 융통성이 있어야 한다. 교사는 상황에 따라서 미리 생각한 수업 계획도 바꿀 수 있어야 한다.

이 이외에 한 가지 더 첨가하자면, ④ 교사는 학습자들이 다양하게 사고하는 기회를 만들 수 있는 적절한 발문을 해야 한다. 한 가지 답만을 요구하는 수렴적인 발문보다는 생각하고 토론할 수 있는 개방적인 발문을 해야 한다.

Ⅲ. 창의성과 탐구 학습

창의력이 새로운 지식을 창출하고 문제해결을 위한 능력이라면 반드시 기초적인 탐구능력이 바탕이 되어야 하며, 탐구 방법을 기를 수 있는 탐구 학습을 통하여 창의력 향상을 기대할 수 있을 것이다. 여러 연구에서 보더라도 탐구 학습을 통하여 창의성을 향상시킬 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 창의성 교육을 위한 한 방법으로서 탐구 학습을 고찰하고, 그 예를 제시하고자 한다.

1. 탐구 학습

탐구는 매우 오래된 기법이다. 고대 서구 문화에서 소크라테스, 아리스토텔레스, 플라톤은 탐구 과정을 모두 완수했던 사람들이다. 이러한 생각이야말로 현재의 인류의 사고 방식을 지배해온 것이라고 볼 수도 있다. 탐구의 과정을 통하여 인간은 새로운 지식을 발견해내고 새로이 접하게 되는 문제들을 해결할 수 있었다.

탐구 학습에 대한 연구로 유명한 Suchman(1962)에 따르면, 탐구 학습의 목표는 다음과 같다:

아동들이 자료를 탐색하고 자료를 처리하는 인지적 기능을 개발하고, 자율적이고 생산적으로 탐구할 수 있는 논리적 개념과 인과관계를 개발하는 것이며; 구체적인 사례들을 분석하고 변인들 간의 관계를 발견하여 개념을 형성할 수 있는 새로운 접근방법을 알게 하는 것이며; 자료를 자율적으로 탐색하고 자료를 처리하는 데 있어서 발견의 기쁨을 경험하게 하는 것이다(p. 28).

즉, 탐구 학습이란 학생들로 하여금 새로운 현상을 조사하고 설명하기 위한 탐구적 과정을 가르치는 것이라고 할 수 있다. 따라서, Suchman의 탐구 학습 모델은 학자들이 지식을 구성하고 원리를 창안해내는 것과 같은 종류의 과정을 경험하게 하는 것이다. Schrenker (1976)에 따르면, 탐구 학습은 과학의 이해를 증진시키며, **창의적 사고를 기르며**, 정보를 수집하고 분석하는 능력 기르는데 효과적이라고 한다. Ivany(1969)와 Collins(1969)는 발견 학습에서 학생들이 접하는 상황이 새롭고 갈등을 많으며, 탐구할 자료가 풍부할수록 효과가 커진다고 보고하였다. 결국, 창의성을 촉진하기 위한 여러 가지 교수방법 중에서 탐구 학습은 효과적이라고 할 수 있다.

발견 학습은 종종 탐구 학습과 같은 것으로 생각되기도 한다. 실제로 탐구 학습과 발견 학습간에는 많은 유사점이 있으나, 차이가 있다. 발견 학습과 탐구 학습은 설명식 학습이나 소집단 학습 또는 개별 학습보다는 더 특별한 학습 전략이라고 할 수 있다. 발견 학습은 일반적으로 설명식이나 소집단 학습으로 진행될 수 있으며, 탐구 학습도 설명식, 소집단, 개별학습으로 진행될 수 있다. 발견 학습이 사용되면, 교사는 발견해야 할 수학적 대상의 형태를 정확하게 알고 있어야 하며

학생들로 하여금 그 대상을 발견할 수 있도록 안내해야 한다. 그것이 바로 안내된 발견 학습(guided discovery)이다. 탐구 학습에서도 마찬가지로 교사는 학생들이 수학적 대상을 발견하길 원하지만, 탐구 학습에서는 발견 과정 자체가 무엇보다도 중요한 관심사이다. 즉, 탐구 학습은 특정한 정답을 발견하는 것에 목적이 있다기 보다는 새로운 사고 방식을 발견하는 것이다. 따라서, 탐구 학습은 발견 학습과 비교하여 결과보다는 과정을 더 중요하게 생각하는 것으로 볼 수 있다.

2. 탐구 학습에서의 교실 문화

탐구 학습을 위해서는 기존과 다른 학습 문화를 필요로 한다. 교사와 학생들은 동등한 입장에서 논의에 참여해야 하며, 개방적인 분위기가 유지되어야 한다. 더욱이, 교사는 학생들이 가능하면 많은 탐구를 할 수 있도록 끊임없이 격려해야 한다. 다음은 탐구적 학습 환경을 위한 조건들이다(예성옥, 2000).

① 학습자들이 자신의 독특한 아이디어나 생각들을 자유롭게 표현하고 상호 존중하며 지지하고 강화하는 긍정적인 분위기가 필요하다.

② 학습자들이 많이 활동하고 반응하는 학습과정으로 유도한다.

③ 교사는 다양한 자료를 제공하여 학습자들이 선택하여 활동할 수 있도록 한다.

④ 따뜻하고 우호적인 분위기 속에서 안정감을 얻고 격려 받을 수 있도록 한다.

⑤ 학습자들이 적극 참여하고 선택할 기회를 많이 주며 스스로 학습의 주인 역할을 하도록 한다.

탐구 학습은 독립적인 학습자를 육성하자는 목표에서 출발하기 때문에, 탐구 학습에 참여하는 학습자에게는 적극적이고 능동적인 참여가 요구된다. 학생들은 교사가 제시하거나 발생한 새로운 상황에 대하여 흥미와 열정을 가져야 한다. 그럼으로써 학생들은 왜 그런 일이 일어났는지 의문을 갖게 되고 자료를 논리적으로 수집하여 분석하고 일반화된 결론을 도출하게 된다. 이것이 바로 탐구 학습의 일반적인 과정이라고 할 수 있다.

Suchman(1962)에 따르면, 탐구 학습에 임하는 학생들에게 '모든 지식은 잠정적이다'라는 태도를 갖게 하는 것이 중요하다. 학자들은 이론을 개발하고 지식을 구성하지만, 몇 십 년이 지나면 새로운 지식과 이론으로 대체될 수도 있는 것이다. 학생들은 또한 내가 탐구한 것은 다른 친구들에 의하여 수정되고 보완될 수 있다는 관대함도 가져야 한다.

탐구 과정에는 학생, 교사, 자료, 내용, 환경들 간의 고도의 상호작용을 필요로 한다. 탐구 학습에서 가장 중요한 것은 학생과 교사 모두 끊임없이 질문하고, 생각하고, 의심하고, 탐색하는 것이다. 물론, 탐구 학습에서는 교사의 간섭을 최소로 하는 것이 중요하지만, 적어도 교사는 교실에서 학생들이 탐구의 과정을 겪게 할 수 있는 장을 마련해 주어야 한다는 점이다.

특히, 탐구에 적절한 과제나 상황을 제시하는 것뿐만 아니라, 발문이 매우 중요한 역할을 한다. 발문은 잘 정의된 문제를 해결하기 위한 계속적인 탐구로 이끌 수 있기 때문이다. 한 가지 답만을 요구하는 발문보다는 다양한 답변이 나올 수 있는 개방적 발문이 효과적이라고 할 수 있다.

3. 탐구 학습의 과정

안내된 발견 학습에서는 발견의 진행과정에서 교사가 중요한 역할을 하기 때문에 학생들은 교사에 많은 의존을 하게 된다. 그러나, 탐구 학습에서는 학생들이 스스로 가설을 수립하고 검증하기 때문에, 교사는 학생들의 가설이나 사용되는 정보에 대하여 어떤 편견이나 판단도 하지 않는다. 결국, 탐구 학습에서 학습 상황의 책임과 통제는 학생들에게 달려 있는 것이며, 교사는 학생들이 특별히 요구하는 정보를 제공하는 기능만을 하게 된다.

탐구 학습의 과정은 일반적으로 사람들이 자신의 주변환경을 탐구하는 방식으로 진행된다. 교실 상황에서 탐구 학습의 과정은 다음의 네 가지 단계로 진행된다(Bell, 1983).

<1단계> 교사가 학생들에게 상황이나, 질문, 퍼즐 또는 역설을 제시한다. 교사가 과학적 탐구를 하게끔 유도하는 탐구 주제나 상황이나 문제를 제시하는 것이다. 가령, "전세계의 인구는 얼마나 될까?" 또는 "분수의 나눗셈을 어떻게 할까?"와 같은 문제는 사실이거나

기능이기 때문에 탐구 방법을 사용하는 학습이 될 수 없을 것이다. 다음과 같은 문제를 탐구 학습에서 고려될만한 적절한 것들이다.

(1) 직선 위에 있는 두 점 $(x\ y)$ 사이의 거리를 구하는 공식은 $d_1=\sqrt{(x-y)^2}$이고, 평면위에 있는 두 점 $(x_1,\ y_1)$과 $(x_2,\ y_2)$ 사이의 거리를 구하는 공식은 $d_p=\sqrt{(x_1-x_2)^2+(y_1-y_2)}$이다. 그러면, 3차원 공간에서 두 점 사이의 거리를 구하는 공식은 무엇인가?

(2) 한강에는 1년동안 얼마만큼의 물이 흐르는가?

<2단계> 개별적이건 소집단이건 아니면 학급 전체이건 학생들은 교사가 제시한 상황을 탐구하고, 질문이나 퍼즐, 역설을 해결하는데 유용한 절차를 결정하고 정보를 수집한다. 이 단계에서 학생들은 해를 찾기 위한 절차를 결정하고 필요한 정보를 수집한다. 교사는 학생들이 요구하는 정보를 요구할 때만 제시한다. 예를 들어, 한강 문제를 해결하는 학생들이 지도나 지질학적 연감 등을 요구할 때는 그것을 제공해 줄 수 있다. 탐구 학습에서 교사는 자청해서 정보를 제시할 필요는 없으며 단지 학생들이 요구할 때 제공한다.

<3단계> 학생들은 2단계에서 수집한 정보에 따라서 지식을 재조직한다. 이 단계는 지식의 재조직으로서 주로 내면적 과정이다. 그러나, 학생들은 그들이 발견한 것이나 결론을 발표해보게 할 수도 있다.

<4단계> 학생들은 그들의 탐구 방법을 전체적으로 분석하여 다른 탐구 상황에 적용될 수 있는 일반화된 방법을 찾는다. 이 단계는 탐구학습에서 유일하게 교사가 주도하는 단계이다. 문제가 해결되고 난 뒤에, 교사는 문제 해결에서 사용된 일반적 절차나 과정을 전체적으로 논의하게 해야 한다. 즉, 학생들은 탐구 과정 자체를 생각해보아야 한다. 이 단계는 또 다른 수학 문제나 학교 밖의 상황서 적용할 수 있는 일반화된 문제 해결 전략을 형성하는데 도움이 될 수 있다.

다음은 Stevenson(1992)이 제시한 수학적 탐구가 이루어지는 과정을 예로 든 것이다. 그는 탐구의 과정을 귀납적 단계, 연역적 단계, 창의적 단계로 나누었다. 이것은 Bell(1983)이 제시한 과정과 유사한 과정임을 알 수 있다. Bell이 제시한 과정에서 2단계와 3단계에서 자료를 수집하고 산출하여 어떤 패턴을 찾아내어 특정한 답을 구하는 것은 Stevenson이 제시한 귀납적 단계에 해당하고, 4단계는 일반화된 방법이나 규칙을 찾는 점에서 연역적 단계에 해당한다. 마지막 단계인 창의적 단계는 제시된 문제 상황을 다른 측면에서 보게 하는 것으로 수학적 창의성의 발현에 있어서 결정적인 역할을 하는 단계라고 할 수 있다. 이 단계에서 학생들은 주어진 문제를 해결하고 난 뒤, 문제의 조건을 변형하여 문제를 변형하거나 전혀 새로운 문제를 창안하기도 한다. 이러한 창안의 과정에서 수학적 창의성을 발현될 수 있으며, 신장될 수 있는 것이다.

<탐구의 예>

◆ 탐구 과제

두 정수를 택하여 그것을 더하고 곱한 다음 합한다. 50이하의 수 중에서 이러한 방법으로 얻을 수 없는 가장 큰 수는 무엇인가?

◆ 귀납적 단계

1단계. 자료의 수집 및 산출 : 먼저, 두 정수에서 음수와 0을 택하게 되면 최대가 되지 않으므로 제외한다. 양의 정수 중에서 몇 가지 예를 생각해 본다. 3과5를 택하면, 3+5=8, 3×5=15, 8+15=23, 1과 2를 택하면, 1+2=3, 1×2=2, 3+2=5, 7과 4를 택하면 7+4=11, 7×4=28, 11+28=39가 된다.

2단계. 자료의 조직 : 일반적으로 가장 작은 수부터 시작하여 표로 나열하는 것이 효과적이다.

택한 수	합	곱	합계
1,1	2	1	3
1,2	3	2	5
1,3	4	3	7
1,4	5	4	9
1,5	6	5	11
·			
·			

택한 수	합	곱	합계
2,1	3	2	5
2,2	4	4	8
2,3	5	6	11
2,4	6	8	14
2,5	7	10	17
·			
·			
3,1	4	3	7
3,2	5	6	11
3,3	6	9	15
3,4	7	12	19
3,5	8	15	23
·			
·			

3단계. 패턴 찾기 : 택한 수 중 한 수가 1이면, 합계는 3, 5, 7...로 1을 제외한 홀수이다. 이 합계는 $1+2k$, $k=1, 2, 3, \cdots$으로 나타낼 수 있다. 두 수에서 한 수가 2이면, 합계는 5, 8, 11, 14, ..., 즉, $2+3k$, $k=1, 2, 3, \cdots$이다. 두 수에서 한 수가 3이면, 마찬가지로, $3+4k$, $k=1, 2, 3, \cdots$이다. 4일 경우에는 $4+5k$, $k=1, 2, 3, \cdots$일 것이다.

4단계. 추가적인 자료 산출 : 두 수에서 한 수가 4인 경우에도 실제로 그 합에 $4+5k$, $k=1, 2, 3, \cdots$인지를 확인하기 위하여 추가로 자료를 산출한다.

택한 수	합	곱	합계
4,1	5	4	9
4,2	6	8	14
4,3	7	12	19
4,4	8	16	24
4,5	9	20	29
·			
·			

확인한 결과 4일 경우에는 정말로 $4+5k$, $k=1, 2, 3, \cdots$이다.

5단계. 패턴에 맞는 공식 정하기 : 여기서 적용할 수 있는 공식은 다음과 같다. 즉, m이 두 수중 한 수라면, 합계는 $m+(m+1)k$, $k=1,2,3,\ldots$이다.

6단계. 문제에 정답 얻기 : 답을 얻기 위하여 49까지의 수를 써 놓고 합계로 나타낸 수를 ×표 한다. 이렇게 하면 46이 가장 큰 수라는 것을 알 수 있다. 여기까지 하면 문제에 대한 정답을 얻을 수는 있지만, 더 발전적으로 나아가야 한다.

◆ **연역적 단계**

앞에서 원하는 답을 얻었다고는 하지만, 그 패턴이 어떻게 작용했는지는 의문에 남는다. 목록에서 보면 ×표가 되지 않은 수들은 어떤 특징이 있다. 어떤 두 수를 합하고, 곱한 다음 더하면 합성수보다 1이 적다. 그 이유는 무엇인가? 이 문제는 수학적으로 표현하면 다음과 같다.

"$m+(m+1)k$로 표현되는 수는 $ab-1$(a와 b는 1보다 큰 자연수) 나타낼 수 있는가?"

이것을 수학적으로 증명하면,

$$m+(m+1)k+1 = (m+1)+(m+1)k$$
$$= (m+1)(k+1) = ab$$

따라서, $m+(m+1)k = ab-1$

◆ **창의적 단계**

이 문제를 풀면서 다른 의문들이 생겨날 수 있다. 이러한 의문은 학생들 스스로 제기할 수도 있고 교사가 아이디어를 제공할 수도 있을 것이다.

<질문> 원래의 문제에서 더하는 대신에 빼면 어떻게 되겠는가?

<질문> 두 양의 정수를 선택하여 큰 수에서 작은 수를 뺀음 두 수를 곱한다. 50이하의 수 중에서 이러한 방법으로 얻을 수 없는 가장 큰 수는 무엇인가?

<질문> 두 양의 정수를 선택하여 더하고, 곱한다. 그 결과를 보고 큰 수에서 작은 수를 뺀다. 50이하의 수 중에서 이러한 방법으로 얻을 수 없는 가장 큰 수는 무엇인가?

Ⅳ. 결론

많은 학생들이 수학의 세계는 이미 창조되어 완성된 것으로 믿고 있기 때문에, 자신들의 생각이 들어갈 자리는 없으며, 새로운 아이디어가 창출해낼 가능성도 없다고 생각한다. 즉, 자신들의 창의적 활동이 수학에서 아무런 의미를 갖지 못한다고 생각하는 것이 현실이다. 그러나, 수학에서 창의적 측면은 천재나 수학자들만의 전유물이 되어서는 안 된다. 수학에서 창의성을 강조하는 이유는 수학교육에서 학생들의 참여를 확대하고 발견과 창조의 기쁨을 맛보게 하는 것이다. 즉, 수학적 창의성을 신장시키기 위한 교수-학습 상의 논의를 하기 위해서는 수학을 고정 불변의 결과적 산물이라는 관점에서 벗어나 계속 진보・발전해가는 학문이라고 보는 관점의 변화가 요구되며, 이러한 관점의 변화를 바탕으로 학교 수학은 수학자가 수학적 사실을 발견하는 과정과 유사하게 학습자에게도 그렇게 수학을 만들어가는 경험을 제공하여야 한다.

수학적 탐구 학습은 학생들로 하여금 흥미로운 문제를 적극적으로 탐구함으로써 수학자들이 하는 수학적 활동에 참여하게 하는 것이 주목적이다. 이 과정에서 학생들은 수학적 내용을 학습할 수 있고 탐구에 필요한 창의성을 개발할 수도 있다. 여기서 탐구 활동이 창의성을 개발시킬 수 있다는 점은, 학생들이 어떤 완성된 형태로서 수학을 암기하고 수학문제를 해결하는 것이 아니라, 수학 과제를 탐구하는 과정에서 창의적인 아이디어가 산출될 수 있다는 것이다.

본 글에서는 최근 수학교육에서 강조되는 창의성을 고찰하고 그 신장 방법으로서 탐구 학습을 제시하였다. 수학적 창의성의 발현을 위해서, 학생들은 적극적으로 수학적 아이디어를 탐구하고 수학 문제에 대하여 용기있게 시도할 수 있는 교실문화가 정착되어야 한다. 더불어, 수학 수업에 참여하는 교사와 학생들은 그들 스스로 수학자들이 수학을 탐구하듯이 수학을 하여야 (doing mathematics) 하며, 그러한 과정 속에서 수학적 창의성은 신장될 수 있을 것이다. 이와 더불어, 본 글에서 제시한 탐구학습이 실제로 창의성 신장에 도움이 되는지를 알아보기 위한 실험적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

참 고 문 헌

교육부 (1997). 중학교 교육과정 해설(수학). 서울: 대학교과서 주식회사.

방승진 (2001). 창의력 개발교육. 수학교육 워크샵. 3, 9-21.

예성옥 (2000). 창의력이 반짝여요!. 서울: 동서문화사.

유현주(2000). 수학교육과 창의성에 대한 소고. 대한수학교육학회 추계학술대회.

Bell, F. H. (1983). *Teaching and learning mathematics in secondary school*. Dubuque, IA: Wm. C. Brown Company Publishers.

Collins, K. (1969). The importance of strong confrontation in an inquiry model of teaching. *School Science and Math*, 69(7), 615-617.

Hass, G. (1970). *Reading in secondary teaching*. Boston: Allyn & Bacon.

Haylock, D. W. (1987). A framework for assessing mathematical creativity in schoolchildren. *Educational Studies in Mathematics*, 18, 59-74.

Houtz, J. C., & Feldhusen, J. F. (1976). The modification of fourth grader's problem solving abilities. *J. Psychol*, 93(2), 229-37.

Isaksen, S. G., & Treffinger, D. J. (1985). *Creative problem solving: The basic course*. Buffalo, NY: Bearly.

Ivany, G. (1969). The assessment of verbal inquiry in elementary school science. *Science Education*, 53(4), 287-293.

Krulick, S., & Rudnick, J. A. (1999). Innovative tasks to improve critical and creative thinking skills. In L. V. Stiff & F. R. Curcio(Eds.), *Developing mathematical reasoning in grade K-12*(pp. 138-145). NCTM Yearbook.

McCain, T. C., & Callahan, J. F. (1977). Creativity and the elementary school teacher. In J. F. Callahan & L. H. Clark(Ed.), *Teaching in the elementary school*(pp. 283-304). New York: Macmillan Publishing Co., Inc.

NCTM (1989). *Curriculum and evaluation standards* *for school mathematics*. Reston, VA: The National Council of Teachers of Mathematics, Inc.

Polya, G. (1957). *How to solve it*. Princeton, NJ: Princeton University Press.

Rogers, C. (1959). Toward a theory of creativity. In H. H. Anderson(Ed.), *Creativity and its cultivation*. New York: Harper and Row.

Schrenker, C. (1976). *The effects of an inquiry development program on elementary school children's science learning*. Doctoral dissertation. New York University.

Stevenson, F. W. (1992). *Exploratory problems in mathematics*. Reston, VA: The National Council of Teachers of Mathematics, Inc.

Suchman, J. R. (1962). *The elementary school training program in scientific inquiry*. University of Illinois.

Torrance, E. P. (1965). Rewarding creative behavior. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Torrance, E. P. (1987). Teaching for creativity. In S. G. Isaksen(Ed.), *Frontiers of creativity research*. Buffalo, NY: Bearly.

Treffinger, D. J. (1980). *Encouraging creative learning for the gifted and talented*. Ventrua, CA: LTI Publications.

Treffinger, D. J., Feldhusen, J. F., & Isaksen, S. G. (1990). Organization and structure of productive thinking. *Creat. Learn. Today*, 4(2), 6-8.

Urban, K. K. (1990). Recent trends in creativity research and theory in Western Europe. *J. High Ability*, 1, 93-113.

Inquiry-Oriented Instruction to Foster Mathematical Creativity

Park, Sungsun
Educational Research Institute, Ewha Womans University, Korea
e-mail: starsun@ewha.ac.kr

In this paper, inquiry-oriented mathematics instruction was suggested as a teaching method to foster mathematical creativity. And it is argued that inquiry learning assist students to explore the mathematical problem actively and thus participate in mathematical activities like mathematicians. Through inquiry activities, the students learn mathematical ideas and develop new and creative mathematical ideas. Although creativity is often viewed as being associated with exceptional ability, for mathematics teacher who want to develop students' mathematical creativity, it is productive to view mathematical creativity as a mathematical ability that can be fostered in general school education. And also, both teacher and student have to think that they can develop mathematical ideas by themselves. That is very important to foster mathematical creativity in the mathematics class.

* ZDM classificaion: D42
* MSC2000 classificaion: 97D40