韓國數學敎育學會誌 시리즈 E
<數學敎育 論文集>
제 18집 제3호. 2004. 9. 45-56

J. Korea Soc. Math. Ed. Ser. E:
Communications of Mathematical Education
Vol. 18 No 3, Sep. 2004. 45-56

수학적 창의성에 대한 일 논의

- 창의적인 사람, 창의적인 산물, 창의적인 과정이란 관점으로부터 -

김 진 호 (이화여자대학교 교육과학연구소)[1)]

본고는 수학적 창의성과 관련한 논문으로 이를 창의적인 사람, 창의적인 산출물, 창의적인 과정이란 일반 창의성 연구자들이 연구하고 있는 분야로부터 유추적으로 논의를 시도하였다. 이런 접근으로부터, 얻을 수 있는 몇 가지 가정들은 다음과 같은 것이 있다. 첫 번째, 일반 보통아들을 대상으로 하는 공교육에서도 창의성 교육을 할 수 있으며, 이는 수학교과에도 적합한 진술이다. 두 번째, 현상학적 입장으로부터 학교에서 교수·학습되고 있는 학교수학이 학생들 입장에서 보면 학습해야 할 필요가 있는 적절하고 새로운 지식이란 점을 공고히 해 주었다. 또한, 여기서 강조한 것은 새롭고 적절한 지식이 완성된 지식뿐만 아니라 발생상태 그대로의 지식 즉, 과정으로서의 지식도 포함하고 있음을 제안하였다. 세 번째, 수학자가 수학을 탐구하는 과정을 창의성 연구자들이 보듯이 인지과정으로 보는 대신에 한 수학적 아이디어를 이로부터 하나의 완성된 수학적 지식을 완성하기까지의 수학적 사고과정으로 보는 것이 수학교육적 의미에서 교수·학습에 의미가 있음을 살펴보았다.

I. 서 문

최근 들어서, 수학교육학 분야에서 활발한 논의와 연구가 이루어지고 있는 분야는 수학영재교육분야이다. 이런 연구 경향을 반영하듯이, 한국수학교육학회에서는 매년 정기적으로 수학영재교육세미나를 개최하고 있으며 올해로 9회를 맞이하고 있다. 또한, 국가에서는 영재교육 진흥법 시행령(2002년 3월 1일; 대통령령 제17578호)을 공포하고 각종 영재교육을 위한 지원을 하고 있으며, 영재교육 분야에 대한 연구는 더욱 더 탄력을 받고 있다. 이 분야와 관련해서, 영재 판별 도구의 개발, 영재아를 위한 프로그램의 개발, 교육 후 평가방법 등 많은 이슈들이 있지만, 이런 이슈들에 대한 논의에서 항상 등장하는 개념 중의 하나가 수학적 창의성이다. 수학적 창의성에 대한 논의가 지속적으로 연구자들의 관심을 끌게 된 계기는 열린교육이나 수행평가를 학교현장에 전파하던 시기라고 할 수 있으며, 제7차 수학과 교육과정 문서가 발표되면서 초·중·고등학교에서 수학을 창의적으로 학습할 것을 명시적으로 표현하면서 교수방법적 측면으로 그 강조점이 이동했다. 하지만, 제7차 교육과정 문서 어디에서도 수학을 창의적으로 학습한다는 것이 무엇을 의미하는 것인지, 또는 일반 공교육의 대상자인 보통아들을 대상으로 창의적인 수학 학습이 가능하다고 보는 것인지 등에 대한 진술을 하지 않음으로써 교육과정 문헌을 접하는 독자들에게 몇 가지 의문점들을 갖게 한다. 본고의 목적은 이런 의문점

1) 본 연구는 한국학술진흥재단의 지원을 받았음. (KRF2003-005-B00028)

들에 대한 일 논의를 하는데 있다. 이를 위해서, 창의성 연구자들이 논의하는 이슈를 논의하고, 이로부터 유추적으로 수학적 창의성과 관련된 몇 가지 이슈를 논의한다. 여기서 논의된 논쟁으로부터 수학적 창의성이란 무엇인지에 대한 또 다른 측면에서의 접근들도 후속적으로 제시되기를 바라며, 수학을 창의적으로 학습할 수 있는 프로그램 및 교수법 등과 관련된 논의가 활성화되기를 바란다.

II. (일반) 창의성

'창의성이란 무엇인가?'에 대한 정의는 수없이 많지만, 창의성이란 주제 그 자체의 복잡성 때문에 통일된 정의나 이론은 없다(Davis, 1999; Huey, 2000). 창의성이란 주제 그 자체의 복잡성으로 인하여, 많은 연구자들이 창의성을 다양한 측면에서 바라보게 되었다. 하지만, 창의성을 다룬 대부분의 연구는 창의적인 사람, 창의적인 산출물, 창의적인 과정, 창의적인 환경이란 4개의 분야로 대별하여 구분할 수 있다(Isaksen, Dorval, & Treffinger, 2000; Tardif & Sternberg, 1998). 이 네 주제는 상호 관련 있는 것이며, 상호작용하여 관계를 맺었을 때 창의성에 대한 의미 부여를 더 잘 할 수 있다.

1. 창의적인 사람

창의적인 사람으로 창의성에 대한 정의를 내리는 것은 창의적인 사람들의 특성을 강조한다. 이런 식의 정의는 일반적으로 창의적인 사람이 한 영역을 변화시키거나 새로운 영역을 형성시킬 때 표출된 지적, 정서적, 행위적 특징들의 패턴을 참고대상으로 한다. 이런 특성은 위험을 무릅쓰고 시도하는 진취적 정신, 호기심, 개방성, 자립심등을 나타내고 있다(Csikszentmihalyi, 1996; Gardner, 1993; Isaksen, Dorval, & Treffinger, 2000). 하지만, 이런 특징들이 창의적인 사람들만이 지니는 보편적 특징이 아니라, 창의적인 사람이 지니는 개인적인 성향에 더 가깝다. 예를 들어, 깊은 사색을 할 때 어떤 이는 조용히 앉아서 하는가 하면, 어떤 이는 분주하게 서성거리며 하기도 한다(Csikszentmihalyi, 1996). 이와 관련된 연구는 창의성에 대한 연구가 시작되던 초기에 활발히 진행되었지만, 보편적 특징을 찾기 어렵다는 이유로 지금은 활발하지 못하다. 하지만, 창의적인 사람들의 특성을 연구한 결과물로부터 다음과 같은 진술을 하는 것은 가능하다.

> 창의적인 사람들의 특성은 유창성, 융통성, 독창성, 정교성, 개방성, 열정, 위험을 무릅쓰고 시도하려는 성격, 호기심, 복잡성, 상상, 독립성, 홍겨워 함 등이다. 하지만, 이런 특성은, 어느 정도는, 모든 인간이 지니고 있다.

위의 문장은 중요한 시사점을 지니고 있는데 이에 대하여는 수학적 창의성을 논의하면서 다시 언급한다.

2. 창의적인 산물

창의적인 산물로 창의성을 정의내리는 연구자들은 새롭고(originality) 적절한(appropriateness) 어떤 것을 산출해 내는 능력을 강조한다(Davis, 1999; Huey, 2000; Starko, 2001; Sternberg, 1999). 창의적 산물은 예상치 못한 아이디어나 해결방법(풀이과정)일 수도 있겠지만, 이것은 반드시 유의미한 산출물의 형태로 표출되어야 한다(김진호, 2003; Aljughaiman, 2002). 이 진술은 중요한 시사점을 담고 있는데, 창의성을 논의할 때는 창의적인 과정뿐만 아니라 창의적인 산출물이 존재해야 한다는 것이다. 그 과정이 아무리 창의적이라고 하더라도 산물이 창의적이지 못하면 창의성의 발현을 논하는 것은 그 의미가 퇴색할 수 있기 때문이다. 예를 들어, 개방형 문제를 통한 수학적 창의성을 논의하면서, 다음과 같은 문제를 제시하고 있다(김용성, 2004, p. 103).

사막 가운데에 있는 오아시스에서 일하고 있는 사람들에게 마을 소식을 전해주려고 합니다. 아래와 같은 조건에 따라 두 사람이 함께 출발해서 소식을 전하고 돌아올 때 까지 두 사람 모두 굶지 않고 돌아와야 합니다. 그렇게 하려면 두 사람 중 한 사람은 중간에 마을로 돌아오고, 짊어지고 간 음식 중 일부는 땅에 묻어두면 됩니다. 그리고 나머지 한 사람만 소식을 전해주면 됩니다.

마을을 떠난 지 몇 일만에 두 사람 중 한 사람은 마을로 돌아가야 하는지 구하고, 나머지 한 사람은 어떤 방법으로 소식을 전하고 와야 하는지 설명해 보시오.

조 건

- 마을에서 사막 가운데에 있는 오아시스까지는 9일이 걸린다.
- 음식의 무게 때문에 한 사람이 12일분의 음식만을 짊어질 수 있다.
- 충분한 영양분을 섭취하기 위해서는 한 사람 당 하루에 1일분의 음식을 꼭 먹어야 한다.
- 음식은 필요하면 가는 길에 묻어 두었다가 돌아오는 길에 찾아서 먹을 수 있다.
- 동물 등과 같은 수단은 이용할 수 없다.

이 답을 구하는 과정은 독창성, 다양성 등과 같은 과정적인 요인으로 설명을 할 수 있을지 몰라도, 이 개방형 문제에서 얻어진 최종 산물 즉 산출물인 '3'에 대해서, 이 3을 창의적인 산물로 분류하는 데는 무리가 따르며, 단지 개방형 문제의 단순히 답이라고 보는 것이 적절할 듯하다. 또한, 이 문항의 경우 답이 한 가지인 것도 개방형 문항이 아니라는 지적을 피할 수 없을 것으로 본다 (송상헌, 1997; Lowen, 1996). 이런 사례들로부터 수학교육적 의미에서 새로운 것을 무엇으로 보아야 하는 것은 대단히 중요한 논쟁거리이다.

개방형 문제를 통한 창의성의 향상을 꾀하는 논의들이 많은데, 이런 점에서 보면, 위에 제시된 것과 같은 일부 개방형 문제들은 (수학적) 창의성을 향상시키기에 부적절한 과제라고 생각된다. 하지

만, Brawn과 Walter(1993)가 제시하고 있는 개방형 문제들은 개방형 문항의 해결 결과로 문제해결자가 수학적 정리, 개념 등을 학습하는 결과를 초래함으로 수학적 창의성을 향상시키는데 부합되는 과제로 볼 수 있다. 따라서 개방형 문제를 통한 수학적 창의성을 논의할 때, 선정된 과제가 새로운 수학적 지식(개념, 원리, 절차, 정리 등)의 학습이라는 결과를 초래할 수 있는 과제가 되도록 선정 과정에서 세심한 주의를 기울일 필요가 있다고 본다. 아니면, 수학적 창의성과는 무관하게, 개방형 문제들이 독창성, 유창성, 다양성, 정교성 등 창의적인 과정을 나타내는 지표에 대한 연구로 그 의미를 축소하여 제한적으로 사용하는 것도 바람직하다고 본다.

창의적인 산출물과 관련한 또 다른 이슈는 산출된 산출물이 창의적인 것인지 아닌지를 판정하는 문제이다. 이에 대하여, Gardner(1993)와 Csikszentmihalyi(1996)는 모든 영역에 고루 걸칠 수 있는 창의적 산물을 논의하기 보다는 한 영역 내에서의 창의적인 산물을 논의하는 것이 중요하다고 강조한다. 한 영역 내에서의 창의적인 산물이 독창적이고 적절한지는 그 집단에 속하는 전문가들에 의해 판정된다. 이는 다른 일반 분야(Kamii, 1994)뿐만 아니라 수학 분야(Tall, 1991)에서도 마찬가지이다.

수학적 창의성을 논의하면서 이 새로운 것을 무엇으로 보는가하는 것에 대한 논의 없이 단지 과정이 창의적인 요소가 담겨져 있는지를 분석하는 연구들이 상당히 많다. 예를 들어, 박성선(2002)은 "..., 창의성은 어떤 상황이나 문제에 접하여 새로운 방안을 내세우거나, 새롭게 생각해 내는 것을 말한다고 하겠다."고 진술하고 있다. 수학적 창의성을 연구하면서 산출물에 대한 논의 없이 과정에만 치우쳐 이루어지는 연구들은 유추적으로 해석하면 학습자에게 새로운 지식의 학습이 일어나야 한다는 부분에 대한 심각한 고려가 부족한 것이 아닌가 생각한다. 예를 들어, 겨울철에 자동차에 히팅 기능으로 인하여 차 안이 매우 건조해 지기 때문에, 사람들에게 안 좋은 공기에 있게 한다. 따라서, '자동차에 가습기능을 첨가하면 좋겠다.'는 아이디어를 낸 사람은 지금까지 자동차 기능에 없던 새로운 생각을 해 낸 것이지만, 이 아이디어가 실천으로 옮겨지기 전까지는 아이디어 자체로 남아 있지 이와 같은 기능을 하는 실체가 있는 것은 아니다. 아이디어나 과정만으로 창의적이라고 말하기엔 부족하다.

수학적 창의성을 연구하기 위해서는 이는 분명히 재고되어야 할 부분이다. 수학적 창의성에 대한 논의에서 이에 대하여 논의하기로 한다.

3. 창의적인 과정

창의적인 과정으로 창의성을 정의내리는 것은 창의적인 산물을 낸 기제나 연산이 얼마나 창의적이었는가를 묘사한다. 창의성에 대한 인지 과정을 기술하고자 하는 초창기의 노력들 중에서 Wallas(1926)와 Poincare(1918)의 것이 대표적이다. 이들이 설명한 인지 과정은 4 단계로 이루어져 있으며 매우 유사하다. 첫 번째 단계는 준비기(preparation)로, 창의적인 사람이 새로운 통찰을 구하기 위해서는 이 분야에 대한 해박한 지식이 있어야 한다. 최근의 연구들은 보면, 창의성을 발현한 사람들이 보이는 특징이 바로 이것이다(이면우, 2003). 두 번째 단계는 부화기(incubation)로, 창의적인

사람이 한 문제에 대하여 골똘히 몰입하는 기간을 가진 후, 이 문제로부터 벗어나서 자유로운 시간을 보낸다. Torrance와 Safter(1990)은 부화기의 목적은 새롭게 생성된 투박하고 조악한 아이디어들을 충분히 정련하여 다듬는데 있다고 보았다. 세 번째 단계인 계시기(Illumination)는 새로운 아이이어를 생성해 내는 시기이다. 부화기의 결과로 마음은 새로운 방법으로 아이디어들을 생각하게 되고, 관련 없던 정보나 아이디어를 대상으로 새로운 조합을 이끌어낸다. 네 번째 단계인 검증기(Verification)는 앞서 단계들에서 나타난 새로운 해결과정들을 재검토하는 것이다. 한편, Torrance와 Goff(1989)는 창의적인 과정을 제시된 정보로부터 문제를 인식하고, 아이디어나 가설을 설정하고, 설정된 가설을 검증하고 수정하고, 그 결과를 의사소통하는 절차로 규정하고 있다.

이와 같은 과정이 창의적인 과정이라고 하는 것을 부정하는 것은 아니다. 실제로, 수학적 지식을 생성하는 과정에 또한 이런 과정이 표출되는 것도 사실이다(Hardmard, 1954). 이런 과정은 아마도 사회적으로 크게 기여도가 있는 산출물을 산출하는 과정에 대한 설명으로서는 적당하겠지만, 거의 매 차시마다 새로운 수학적 지식을 새롭게 학습(생성, 이해)이 발생해야 하는 학교에서 활용하기엔 부적절하다고 본다. 다른 측면에서 수학적 지식을 생성하는 과정을 설명할 수 있는 통로도 있을 수 있다(김진호, 투고중). 이 새로운 접근이 오히려 수학교육적 측면에서 시사하는 바가 있다. 이에 대하여는 다음 절에서 논의하기로 한다.

4. 창의적인 환경

창의적인 환경이란 창의적인 심성을 형성하도록 하는 문화와 사회의 역할을 강조한다. 이 영역에 관심 있는 연구자들은 창의적인 행동을 촉발하거나 저해하는 요인들을 연구한다(Mackinnon, 1978). 창의적인 재능은 발달하는데, 이 발달은 사회·문화적 여건이 이 재능을 지원하는 방법에 크게 의존한다(Freeman, 1994). 또한, 창의성을 논의하는데 있어서 사람과 이 사람의 작업(또는 작품)을 이 사람이 속한 환경과 격리해서 연구할 수 없다(Csikszentmihalyi, 1988). 그 이유는 창의적인 산물이란 개인적 행동 그 자체만의 결과라고 볼 수 없기 때문이다(이에 대해서는 창의성에 대한 Csikszentmihalyi의 체계이론을 참고하기 바란다(노혜숙(역) (2003)).

지금까지 창의성 연구에서 큰 주제가 되고 있는 4개 분야에 대하여 간략히 살펴보았다. 그 중엔 이미 수학적 창의성과 가볍게 관련을 지어 짧게 논의를 시도하기도 하였다. 이 4개 분야 중 3개 분야(창의적인 사람, 창의적인 산출물, 창의적인 과정)에 대한 논의를 유추적으로 수학적 창의성과 관련하여 하도록 하겠다. 네 번째 분야인 창의적인 환경은 따로 한 주제로 떨어서 논의하는 것이 바람직하다. 그 이유는 이 분야와 관련하여서 논의하여 할 내용으로, 수학교사의 역할의 변화(Higginson & Flewelling, 1997), 수학교실 문화, 탐구 과제의 특성, 등 다루어야 할 주제들이(김수환, 박영희, 이경화, 한 대희, 2004) 이 한편의 논문에 다 담아내기에 넘친다.

III. 수학적 창의성

1. 창의적인 사람이란 관점에서 수학적 창의성

제7차 수학과 교육과정에서 학생들은 수학을 창의적으로 학습할 것을 요구하고 있다. 그런데, 이 진술에 대한 매우 흥미 있는 문제제기를 하지 않을 수 없다. 학업 성적이 우수한 집단을 대상으로 하는 일부 특수학교에 재학 중인 학생들이 아니라, 이 진술은 일반 보통 학교(초·중·고등학교)에 재학 중인 학생들을 대상으로 하는 공교육에서 수학을 창의적으로 학습할 수 있도록 하겠다는 의미를 깔고 있다. 수학을 창의적으로 학습할 수 있는 교육과정 및 교과서와 관련된 논의 이전에, 일반 보통 학생들을 대상으로 수학을 창의적으로 학습하는 것이 가능한가하는 의문을 갖는 것은 자연스럽다고 하지 않을 수 없다. 가능하다면, 전통적인 수학 교수법 및 교과서 등 제반 관련 된 이슈들은 어떤 변화를 불러와야 하는가? 아니면, 현재와 같은 방식으로 수학교육이 진행되면서도 창의적으로 수학학습을 하는 것이 가능한 것인지 등에 대한 논의가 후속으로 있어야 할 것으로 본다.

하지만, 제7차 수학과 교육과정 및 제7차 교육과정 어디에도 이에 대한 명확한 논거를 제시하고 있는 구절을 찾아보기 어렵다. 단지 앞으로 다가올 사회인 지식·정보화 사회에서 필요로 하는 인간상이 이런 능력을 지닌 인간이기에 이 사회의 구성원이 될 이들을 교육시키기에 꼭 필요한 요소로 창의성을 보고 있는 듯하다. 하지만, 보통 학생들을 대상으로 창의적인 교과별 수업이 가능하다는 설득력 있는 진술이 없는 상태로 이처럼 명목상의 이유만으로 교육현장에서 창의적인 수업이 실천되기를 바라는 것은 합당하지 못하다고 본다. 이는 제5차 국민학교 교육과정에서도 '지식과 기술을 익혀 문제를 슬기롭고 합리적으로 해결하는 창조적인 사람'이라고 진술하고 있는데, 학교 교사들에게 수학교과에서 창의적인 활동이 이루어지는가 하는 질문에 대한 답변이 늘 부정적이게 하는 한 요인이라고 볼 수 있다(이용숙, 2001).

본 연구에서는 I-1절에서 여러 연구자들의 연구 결과를 바탕으로 다음과 같이 진술하였다.

> 창의적인 사람들의 특성은 유창성, 융통성, 독창성, 정교성, 개방성, 열정, 위험을 무릅쓰고 시도하려는 성격, 호기심, 복잡성, 상상, 독립성, 홍겨워 함 등이다. 하지만, 이런 특성은, 어느 정도는, 모든 인간이 지니고 있다.

즉, 창의적인 사람들이 보이는 특성은 창의적인 사람들만이 지니는 특성은 아니며, 일반 보통 사람들도 [어느 정도]는 지니고 있는 특성이라고 보아야 한다. 이 진술은 모든 인간이 창의적인 산물을 산출해 낼 수 있는 잠재적인 능력을 소유하고 있다는 것을 의미한다. 물론, 이들이 산출해 낸 산출물이 인류의 문명발달에 얼마나 기여할 수 있는가와 같은 산출물의 가치에 대한 논의는 또 다른 문제이다. 우리의 논의에서 중요한 것은 이들도 새로운 산출물을 산출 할 수 있는 능력을 어느 정도는 소유하고 있다는 점이다.

이 진술을 수용한다면, 학생들은 스스로 학교에서 지도되고 있는 수학적 지식들도 산출할 수 있다고 가정할 수 있다. 이 가정에 대한 답은 Piaget(1965/1976)로부터 얻을 수 있다. Piaget는 인간이 지식을 알아가는 과정에 대하여 관심을 갖고 기존의 인식론에서 접근하던 방식과는 달리 이에 대한 자신만의 이론을 구성하였다. 이 이론을 발생론적 인식론이라고 하는데, 그 요지는 다음과 같다.

> 새로운 유기체 즉 새새명이 새로운 지식을 생성해 가는 과정은 인류가 학문을 발달시켜 온 과정과 매우 유사하며, 따라서 두 집단이 새로운 지식을 정교하게 해 가는 과정을 연구할 필요가 있다.

Kamii(1985, 1989, 1994, 2000, 2003)는 발생론적 인식론의 입장에서 수학학습을 장기연구한 결과 Piaget의 이런 견해를 지지하는 연구 결과물을 내놓고 있다. 특히, 그녀의 연구에서 교사의 도움 없이 학생들이 스스로 창안해 낸 계산과정들은 인류 역사에서 나타나는 계산 절차들을 거의 다 재창안해 낼 수 있음을 증명하고 있다. 또한, 김진호(1995)도 정보처리이론의 입장에서 학생들이 자신의 기존 지식을 바탕으로 새로운 지식을 생성할 수 있는가 하는 질문에 대한 긍정적인 연구 결과를 내놓고 있다. 이와 같은 논의로부터, 학생들이 학교에서 수학적 지식을 창의적으로 학습하는 것은 가능하다는 결론을 조심스럽게 내릴 수 있으며, 이런 학습이 일어날 수 있도록 학습 환경 및 교사의 역할 등 변화를 추구해야 할 부분에 대한 논의가 활발해야 할 것이다.

2. 산출물로서의 창의성이란 관점에서 본 수학적 창의성(수학자 수준에서)

창의성 전문가들이 창의성이란 용어에 대한 다양한 정의를 내리고 내려진, 정의들 간의 합의에 이르지 못하고 있지만(Aljughaiman, 2002), 대체로 합의하는 것이 있다면, 새롭고 적절한 것을 산출해 내는 것이다(조연순, 2001). 이런 합의를 수용한다면, 그러면 유추적으로 수학적 창의성이란 무엇인가라는 질문에 대한 답으로 새롭고 적절한 수학적 지식을 산출해 내는 것이라고 진술할 수 있을 것이다(김진호, 2003). 새롭고 적절한 수학적 지식이 무엇인지에 대한 논의는 새롭고 적절한 수학적 지식을 산출해 내는 활동을 자신들의 주 임무로 삼는 수학자들의 생성해 내는 산출물에 대한 논의로부터 시작하는 것이 바람직해 보인다. 한편, 수학자들이 새로운 수학적 지식을 생성해 낸 지식은 어떤 일련의 과정을 거치게 된다. 따라서 산출물의 논의는 과정과 별개로 논의하는 것은 가능하지 않을 수 있지만, 편의상 나누어 논의를 하기로 한다.

수학자들의 입장에서 새로운 것이란 수학 세계에서 존재하지 않던 지식을 하나 또는 그 이상을 생성해 내는 것이다. 물론, 이 새로운 것을 논의할 때는 누군가가 아이디어만 제시해 놓고 증명을 하지 못한 가설들을 증명하여, 이 가설을 가설이 아닌 하나의 확정된 지식으로 공고히 해 주는 것도 포함될 것이다. 예를 들어, 페르마의 마지막 정리를 보자. 페르마의 마지막 정리를 생각해 낸 페르마의 정신적 활동은 새로운 수학적 산출물을 생성해 놓았지만, 그 탐구과정은, 이유야 어떻든지 간에, 남아 있지 않으므로 수학적 창의성이라 보기엔 부족하다고 아니할 수 없다. 웨일즈가 이것을 증명하

기 이전까지의 많은 수학자들의 노력은 탐구과정으로서의 활동이라고 볼 수 있지만, 적절하고 유용한 산출물을 내 놓지 못하였다는 점에서 수학적 창의성이라고 하기에는 부족하다. 그렇다고 해서, 페르마가 생성해낸 페르마의 마지막 정리 그 자체가 의미 없는 수학적 산출물이냐 하면 그렇지 않을뿐더러, 웨일즈 이전의 수학자들의 탐구활동이 의미 없는 활동이었냐 하면 또한 그렇지 않다. 단지 불완전하다는 것이다. 웨일즈 이전의 수학자들이 한 탐구활동은 웨일즈가 이것을 증명하는데 아주 귀중한 자원이 되었음에 틀림없다. 이 두 측면이 조화되었을 때 수학적 창의성이 발현 된 것이라고 보는 것이 타당한 듯하다. 따라서, 수학적 창의성을 논의하면서, 앞서 예를 들었듯이, 새로운 산출물의 유무에 대한 고려 없이 창의적인 과정이 수반되었는지에 초점을 둔 연구는 지양되어야 한다고 본다.

수학자들의 활동은 탐구하는 과정으로서의 활동과 이 활동으로부터 얻어진 결과물을 논리적·연역적·공리적 방법 등을 동원하여 완성된 지식으로 변환하는 활동으로 나누어 볼 수 있다. 이 둘의 활동은 아주 다른 얼굴을 하고 있다(Polya, 1956). 이 둘의 조화는 학교교육에서 대단히 중요하다. 즉, 수학적 창의성이란 새롭고 적절한 새로운 수학을 산출하는 것을 다시 말하면, 수학적 탐구 과정을 거쳐서 새롭고 적절한 수학적 지식을 산출하는 것으로 수정할 수 있을 것이다. 이 정의로부터 산출물 없이 탐구과정만 있는 활동은 수학적 창의성이라고 할 수 없으며 또한, 탐구과정만 있고 산출물이 없는 수학적 활동 또한 수학적 창의성이라고 할 수 없다는 진술을 이끌어 낼 수 있다.

3. 산출물로서의 창의성이란 관점에서 본 수학적 창의성(학교 학습자 수준에서)

학교수학에서 취급하고 있는 모든 지식은 다른 수학자들이 이미 발견해 낸 지식이거나 아니면 우리 일반 조상들에 의하여 대중적으로 사용되던 그 어떤 지식이다. 다시 말해서, 학교수학에 학생들이 발견해 내야 하는 어떤 그런 지식이 있는가하는 질문을 제기하게 된다. 어떤 점에서 보면, 학습자가 이런 학교수학을 발견해 낸다는 것은 이치에 맞지 않는 진술인 듯싶어 보인다. 즉, 학교수준에서의 수학적 창의성을 논의하면서 논쟁의 중심에 서 있는 것은 '적절하고 새로운 수학적 지식'을 무엇으로 보아야 하는가 하는 점이다.

이에 대한 대답으로, 지식을 객관적이고 고정된 것으로 간주하는 본체론적 입장을 취하면 제기된 의문에 대한 긍정적인 대답을 얻기 어렵다. 이 입장에서는 오랜 세월 동안 사람들의 마음을 사로잡아 왔으며, 이런 믿음은 수학적 지식의 본질은 지식의 주체를 떠나서 어딘가에 객관적으로 존재한다고 생각하게 만들었기 때문이다(배종수, 강완, 1993). 그러나, 조금 더 생각해 보면 꼭 그런 것 만은 아니다. 학교수학에서 취급하고 있는 지식의 속성을 살펴 볼 때 이런 의문은 해결된다. 지식의 객관적 실체를 부정하는 현상학적 관점에서는 지식을 발견한다는 표현을 제한적으로 사용하는데, 학생들의 능동적인 학습을 지식의 '재발견(rediscovery)' 또는 '재발명(reinvention)'이라고 설명하고 있다(배종수, 강완, 1993).

즉, 학생들이 학습하고 있는 지식은 학생들의 입장에서 보면, 새로운 지식이며 학습해야 할 적절한 지식인 것이다. 이미 지적 능력이 뛰어난 누군가이든지 아니면 일반 대중들이 창안해 낸 지식이든지 이 지식을 새롭게 학습해야 하는 학습자에게는 분명 새로운 지식인 것이다. 그렇다면, 학교에서 학생들이 취급하고 있는 학교수학도 창의적으로 학습하는 것이 가능한가 하는 질문을 갖게 된다. 학교수학은 일반적으로 체계적, 연역적 과학으로서의 수학이라고 여겨진다. 즉, 다시 말해서, 수학자들의 탐구 과정의 결과물로 구성되어 있다고 보는 견해가 지배적이다. Freudenthal(1973)은 학교수학은 탐구 과정이 없다는 의미에서 학교수학을 화석화된 지식이라고 비난하고 있다. 재발명, 재발견, 재생성의 대상은 최종산물로서의 체계적, 연역적 과학으로서의 수학이 아니라 발생상태 그대로의 수학을 대상으로 사용하기에 적합해 보인다. 따라서, 학교수학에서 다루어야 할 최종 산물로서의 수학은 과정과 결과 두 측면 모두를 의미한다고 볼 수 있다.

4. 과정으로서의 창의성이란 관점에서 본 수학적 창의성

앞 절에서 논의하였듯이, 창의적인 산물이란 관점에서 수학적 창의성을 논의하면서, 수학 분야에서 창의적인 산출물은 수학자들이 생성해 내는 새로운 수학적 지식으로 새로운 산출물로 보아야 하지 않을까하는 견해를 피력해 보았다. 이런 견해가 수용할 만하다면, 과정으로서의 창의성이란 관점에서 수학적 창의성을 논의하고자 할 때, 그러면, 수학자들이 생경한 수학적 아이디어를 얻어서 이 아이디어로부터 하나의 완성된 지식을 구하기까지의 과정을 고려해 보는 것이 타당할 듯하다. 사실 이 과정을 탐구할 수 있는 교육과정을 마련하고자 하였던 것이 발견학습을 주창한 Bruner의 생각이다. 즉, 그는 최전선에 있는 전문 학자가 전문 지식을 탐구하듯이 학교에 있는 어린이도 같은 탐구 과정을 경험할 수 있도록 교육과정을 구성해야 한다고 보았다.

이처럼 수학자가 수학적 지식을 탐구할 때 탐구하던 과정을 학습자에게도 경험할 수 있도록 하자는 생각은 교수학적 변환론에도 반영되어 있다(강완, 1997; 강완, 백석윤, 1998). 교수학적 변환은 이미 형성된 지식의 사회적 배경과 학생의 개인적 배경 사이의 간격을 이어주기 위하여 지식을 변형시키는 노력이다. 수학의 학문적 지식이 교실에서 가르칠 지식으로 변환되는데 있어서 변환의 주체인 교육과정 개발자, 교과서의 저자, 교사 등이며, 이들이 교수학적 변환을 하는데 있어서 가상적인 학생, 교사, 교실 등을 가정하여 수학자가 처음에 지식을 탐구할 때 한 개인화/배경화의 인식과정을 학생들도 경험할 수 있도록 가개인화/가배경화의 과정을 마련해 주는 것을 의미한다.

한편, 김진호(투고중)는 수학자가 수학적 아이디어를 얻어서 새로운 수학적 지식을 완성하기까지의 과정을 세부적으로 3단계로 나누어 설명하고 있다. 첫 번째 단계는 지식의 초기 형성 단계로 수학적 대상을 인식하는 단계이다. 두 번째 단계는 수학적 지식의 발전 적용의 단계로 전 단계에서 형성된 개념을 언어적으로 표현하고 구조를 규명하는 단계이다. 세 번째 단계는 수학적 지식의 보존 정리 단계로 기능화와 기억 응용과 특수화의 과정으로 나누어진다.

이 세 모형에서 공통적으로 강조하고 있는 것은 그 과정이다. 이 과정은 둔탁하고 조악한 것이지, 완성된 수학지식에서 볼 수 있듯이 세련되고, 체계화 되어 있고, 논리적으로 진술되어 있지 못하다. 이 과정을 경험하는 것 없이 수학지식을 학생들에게 학습할 것을 강요하는 것은 어쩌면 학생들에게 이해를 하지 말고 수학을 학습하라고 하는 것과 진배없는 일일는지 모른다. 학교수학의 교수·학습에서도 이 과정을 탐구하는 경험의 장이 마련되어야 할 것으로 본다.

IV. 맺는 말

본 고에서 수학적 창의성을 일반 창의성 연구자들이 연구하고 있는 분야 중에서 3개 분야로부터 유추적으로 접근을 시도해 보았다. 이런 접근으로부터, 얻을 수 있는 몇 가지 가정들은 다음과 같은 것이 있다. 첫 번째, 일반 보통아들을 대상으로 하는 공교육에서도 창의성 교육을 할 수 있으며, 이는 수학교과에도 적합한 진술이다. 두 번째, 현상학적 입장으로부터 학교에서 교수·학습되고 있는 학교수학이 학생들 입장에서 보면 학습해야 할 필요가 있는 적절하고 새로운 지식이란 점을 공고히 해주었다. 또한, 여기서 강조한 것은 새롭고 적절한 지식이 완성된 지식 뿐만 아니라 발생상태 그대로의 지식 즉, 과정으로서의 지식도 포함하고 있음을 제안하였다. 세 번째, 수학자가 수학을 탐구하는 과정을 창의성 연구자들이 보듯이 인지과정(통찰의 과정)으로 보는 대신에 한 수학적 아이디어를 이로부터 하나의 완성된 수학적 지식을 완성하기 까지의 다양한 수학적 사고를 적용하는 과정으로 보는 것이 수학교육적 의미에서 교수·학습에 의미가 있음을 살펴보았다.

지식기반사회를 대비한 교육을 해야 하는 현 시점은 수학을 창의적으로 학습할 수 있는 교수·학습 환경을 조성하는 것이 필요한 시기이다. 하지만, 수학을 창의적으로 학습하는 것이 무엇을 의미하는지에 대한 논의가 부족한 가운데 이 주제와 관련된 많은 연구들이 이루어지고 있다고 본다. 물론, 본고에서 시도한 접근은 완전하지도 유일하지도 않다. 본고에서 펼친 논의에 대한 반박의 글이 있기를 기대함과 동시에 또 다른 측면에서 수학적 창의성, 수학을 창의적으로 학습하는 것에 대한 논의들이 제기되기를 기대하며 글을 마친다.

참 고 문 헌

강완 (1997). 교수학적 변환론. 한국교육개발원, 수학교과학 연구, RR-97-16-3, (pp.64-72). 서울: 한국교육개발원.

강완, 백석윤. (1998). 초등수학교육의 이해. 서울: 동명사.

김용성 (2004). 개방형 과제를 이용한 평가의 실제. 第28회 초등수학과 교육 세미나: 교수·학습 개선을 위한 평가의 실제, (pp.79-108). 서울: 한국초등수학교육연구회.

김진호 (투고중). 수학적 사고력을 강조한 수학 학습 모형에 대한 일논의.

김진호 (2003). 학교수준에서의 수학적 창의성에 대한 논의 - 새로운 수학적 지식의 생성이란 관점에서. 교육과학연구, **34(2)**, pp.149-165.

김진호 (1995). 초등학교 2학년 아동의 곱셈구구에 의해 생성된 지식 수준 분석. 한국교원대학교 석사학위논문.

노혜숙 (2003). 창의성의 즐거움. 서울: 북노드.

박성선 (2002). 수학적 창의성 신장을 위한 탐구학습에 관한 소고. 초등수학교육, **6(2)**, pp.65-74.

배종수, 강완 (1993). 발견학습의 지도에 관한 연구. 과학과 수학교육 논문집 **19**, pp.193-214. 서울교육대학교 과학교육연구소.

송상헌 (1997). 전통적인 문제와 창의적인 문제에 대한 한 가지 비교 연구 - 답이 1개인 문제와 답이 여러 개인 문제. 대한수학교육학회 논문집 **7(1)**, pp.397-414.

이면우 (2003). 천재수학자들의 영광과 좌절. 서울: 사람과 책.

이용숙 (2001). 초등학교 교과서 개선 방안 연구-수학교과서를 중심으로. 교육과정연구, **19(2)**, pp.119-146.

조연순 (2001). 창의적·비판적 사고력과 교과지식의 융합을 위한 교수-학습 모형으로서의 문제해결학습(PBL) 고찰. 초등교육연구, **14(3)**, pp.295-316.

Aljughaiman, A. M. (2002). *Teachers' perceptions of creativity and creative students*. Unpublished doctoral dissertation at the University of Idaho.

Brawn, S. I., & Walter, M. I. (1993). *Problem posing: Reflecting and application*. Hillside N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.

Bruner, J. (1966). *Studies in cognitive growth*. New York: John Wiley & Sons.

Bruner, J. (1968). The act of discovery. In W. D. Romey (Ed.), *Inquiry techniques for teaching science*, (pp.159-171). Englewood, Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.

Csikszentmihalyi, M. (1996). *Creativity: Frow and the psychology of discovery and invention*. New York, NY: Harper Perennial.

Csikszentmihalyi, M. (1988). *Optimal experience: Psychological studies of flow consciousness*. New York, NY: Cambridge University Press.

Davis, G. (1999). *Creativity is forever* (4th Ed.). Dubuque, IA: Kendall/Hunt Publishing Company.

Freeman, S. (1984, April, 1). *The words and music of Stephen Sondheim*. The New York Times.

Freudenthal, H. (1973). *Mathematics as an educational task*. Dordrecht: Reidel.

Gardner, H. (1993). *Frames of mind: The theory of multiple intelligences*. New York: Basic Books.

Hardmard, J. (1954). *The psychology of invention in the mathematical field*. New York: Dover Publications.

Higginson, W. & Flewelling, G. (Eds.) (1997). *Tomorrow's mathematics classrooms: A vision of mathematics education for Canada Kingston: MSTE Group.* Queen's University.

Huey, N. (2000). *Teaching creativity.* Unpublished master thesis at The University of Texas, Austin.

Isaksen, S.; Dorval, K. & Treffinger, D. (2000). *Creative approaches to problem solving.* Dubuque, IA: Kendall/Hunt Publishing Company.

Kamii, C. (1985). *Young children reinvent arithmetic: 1st Grade.* New York: Teachers College Press.

Kamii, C. (1989). *Young children continue to reinvent arithmetic: 2nd Grade.* New York: Teachers College Press.

Kamii, C. (1994). *Young children continue to reinvent arithmetic: 3rd Grade.* New York: Teachers College Press.

Kamii, C. (2000). *Young children reinvent arithmetic: 1st Grade* (2nd Ed.). New York: Teachers College Press.

Kamii, C. (2003). *Young children continue to reinvent arithmetic: 2nd Grade* (2nd Ed.). New York: Teachers College Press.

Lowen, A. C. (1995). Creative problem solving. *Teaching Children Mathematics,* **2(2)**, pp.96-99.

Mackinnon, D. (1978). *In search of human effectiveness: Identifying and developing creativity.* Buffalo, NY: Bearly Limited.

Piaget, J. (1965/1976). *The moral judgement of the child.* New York: Free Press.

Poincare, H. (1918). *Science and hypothesis.* London: Scott.

Polya, G. (1956). *How to solve it.* Princeton: Princeton University Press.

Starko, A. J. (2001). *Creativity in the classroom* (2nd Ed.). Hillside, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.

Sternberg, R. (1999). *Successful intelligence: How practical and creative intelligence determine success in life.* New York: Simon & Schuster.

Tall, D. (1991). Advanced mathematical thinking. Boston: Kluwer Academic Publisher.

Tardif, T. & Sternberg, R. (1998). What do we know about creativity. In R. J. Sternberg (Ed.), *The nature of creativity,* (pp.425-440). New York, NY: Cambridge University Press.

Torrance, E. P. & Goff, K. (1988). A quite revolution. *The Journal of Creative Behavior,* **23(2)**, pp.136-145.

Torrance, E. P. & Safter, H. T. (1990). *The incubation model of teaching: Getting beyond the AHA!.* Buffalo, NY: Bearly Limited.

Wallas, G. (1926). *The art of thought.* New York: Harcourt Brace Jovanovich, Inc.