

초등수학 교육의 열린 교육적 관점¹⁾

이 의 원 (대구교육대학교)

1. 서론

최근 컴퓨터의 대중화와 더불어 다양한 정보 전달매체들이 개발·보급됨으로서 대부분의 직장과 가정생활에서 커다란 변화가 일고 있다. 현대사회의 정보화 추세는 이를테면 지구촌, 정보바다, 정보고속도로, 전자도서, 사이버학습, 정보사냥, 가상현실 등 낯선 용어들을 양산함으로써 전통 학교 교육 체제에 대한 전반적인 변화를 요구하고 있다.

사회의 이러한 변화 요구는 전통 학교 체제에서는 상상하기 어려웠던 원격 교육의 가능성에서 비롯된 것이다. 이를테면 학교 교육의 대부분의 내용을 중앙 컴퓨터에 저장하여 두고, 학생들로 하여금 시간과 장소에 구애됨이 없이 수시로 접속하여 필요한 내용을 학습하게 하고, 또 그 내용을 다운로드 받아 얼마든지 반복학습 가능하게 한다는 것이다. 더욱이 전자도서는 글자는 물론 영상, 음성, 그래픽 등의 멀티미디어 형태로 제공되기 때문에 생동감있는 학습이 가능함으로 전통교육의 접근방법과는 차원을 달리한다. 결국 원격 교육은 학교 교육의 방법뿐만 아니라 목표와 내용, 평가에 이르기까지 거의 모든 측면에서 변화를 요구할 것이 예상된다.

최근 이러한 사회 환경 변화에 따라 전통 학교 체제를 근본적으로 재평가하려는 운동과 더불어 혹자는 학교교육의 부정적인 측면을 지나치게 의식한 나머지 극단적으로는 학교 무용론

까지 주장하기도 한다.

그러나 현대 과학 기술의 폭발적인 발전에 비례하여 새로운 난제들이 끊임없이 양산되고 있는 상황을 고려할 때 학교는 더욱더 막중한 책임을 수행하지 않으면 안된다. 왜냐하면 지식 정보의 폭증은 결과적으로 아동으로 하여금 보다 큰 학습 부담을 요구하기 때문이다. 실제로 현재의 수많은 지식 정보 중에는 참, 거짓 정보가 복잡하게 얽혀 있어서 그들을 변별하는 일은 더욱 어려워진데다가 또 비록 참정보라 할 지라도 문제해결에 꼭 필요한 정보를 정선하는 것은 지난한 일이 되었기 때문이다.

더우기 첨단과학에 의하여 파생된 최근의 수많은 난제들은 극단적으로 과학기술의 양면성을 예고함으로써 오늘날의 인간은 더이상 행복한 미래를 확신할 수 없게까지 되었다. 결국 보다 어려운 미래 상황이 예상되는 데다가 현실적으로 아동이 대처할 수 있는 방안을 교육이 외에서는 찾을 수 없고, 또 그들을 효율적으로 지도할 수 있는 시설과 요원을 확보한 곳으로 학교에 대치될 수 있는 기관은 없다. 바로 이점이 대부분의 나라가 교육 사업에 많은 예산을 투자하는 이유이기도 하다.

그런데 전세계 대부분의 국가들이 매년 보다 많은 교육 예산을 투자하는 데에도 불구하고 비행 청소년의 연령은 더욱 낮아지고 흉포해지는 것은 어떻게 설명할 수 있을까?

현재의 교사들의 교육애가 과거에 비해 낮아지거나 교재의 내용이나 지도 방법이 유치해진 탓인가? 학생들의 지능이나 학습 욕구가 갑자기 떨어지거나 학습 시간이 줄어든 것인가? 또는 부모들이 자녀 교육열이 식어져 교육에 무관심해진 탓인가?

1) 이 논문은 1997학년도 대구교육대학교 학술연구조성비의 지원을 받은 것임.

이러한 의문에 긍정할 사람은 아무도 없다.

결국 이러한 문제는 학생, 교사, 부모, 교재 등의 개별변인에서보다는 오히려 이들 모두를 포함한 총체적인 접근 즉 현대사회의 변화에 학교가 적절하게 대응하지 못하고 있다는 관점에서 접근하여야 한다.

전통적으로 학교는 조상의 문화유산의 계승·발전을 주이념으로 내세움으로서 그 운영체계가 다소 과거지향적이었다. 그러나 최근의 TV, 컴퓨터, 계산기 등 다양한 현대 문화 기기에 둘러싸여 성장해온 아동들은 너무나 현실적, 감각적이어서 전통학교와의 갈등은 다소 불가피한 면도 있다. 그 결과 학교는 지속적으로 학습자의 지적, 정의적 반발에 직면하여 왔으나 그때마다 인간성 도야를 통한 전이효과를 강조, 설득함으로써 그들을 효과적으로 무마할 수 있었다. 이 설득의 과정에서 학교는 '학습과 생활은 때에 따라 분리될 수 있는 것으로 지도하여 왔다.

그러나 최근의 각종정보매체들은 학생들로 하여금 심각한 스트레스를 제공하게 되었다. 왜냐하면 과거의 학생들은 교사의 시범 행동을 기계적으로 모방하면 그런대로 즐거운 생활을 영위할 수 있었으나, 최근의 수많은 정보매체들은 학생들로 하여금 학교를 통하지 않고서도 보다 깊고 다양하고 생생한 정보의 접근을 가능하게 함으로서 생활과 분리된 학습은 실제 상황에 효과적으로 기능할 수 없음을 인식하게 하였다.

결국 학교와 사회에서의 두가지 가치관이 상호 대립됨으로서 학교에 대한 학생들의 신뢰도는 떨어지게 된 것이다. 이 양자의 가치관의 괴리를 조화롭게 수용하지 못한 아동은 대부분 심적 상처를 은밀히 간직한채 무심하게 학교를 졸업하거나 극단적인 경우 학교를 포기하게 된다. 이에 따라 오늘날의 학교는 과거와는 달리 교사의 권위나 훈육을 무조건 수용하고 이해하려는 학생을 발견하기 어렵게 된 것이다.

결국 현대사회의 폭발적인 지식정보는 편리

한 생활을 보장하였으나, 그 이면에는 많은 난제들을 양산한다. 이러한 난제들은 여러가지 복합 변인을 내포하기 때문에 어느 한 분야만으로는 쉽게 접근할 수 없다. 요는 이러한 사실을 대부분의 청소년들이 일상적으로 경험하고 있음에도 불구하고, 학교는 단지 몇 개의 교과에 국한된 내용을 형식적인 방법으로 지도함으로써 학습자의 내면적인 감동을 유발하지 못하고 있는 것이다.

한편 사회적 측면에서 보더라도 비록 수학의 본질적 성격은 변할 수 없더라도 사회가 발전함에 따라 아동이 알아야 할 지식정보와 수학적 소양(mathematical literacy)도 어느 정도 변화가 필요하다. 왜냐하면 현대 기기들이 일상생활을 편리하게 함으로서 인간의 사고방식이나 가치관의 변화는 불가피하기 때문이다. 이를테면 현대 과학 기술의 발전 추세로 보아 미래의 가치관의 전도 현상, 즉 현재 매우 중요하다고 생각되는 지식들이 21세기에는 전혀 무가치한 것으로, 또 필요없는 내용이 매우 중요한 것으로 판명될 가능성은 매우 높아지게 되었다.

최근 이러한 사회 환경 변화에 따라 전통적으로 청소년 교육을 독점하여 온 학교는 사회교육의 역할을 재평가하고 그 역할의 상당부분을 사회교육에 위임하거나 사회교육의 접근방법을 도입하지 않으면 안되게 되었다. 사회의 요구를 적극 수용하기 위하여 학교는 소위 열린교육(open education) 체제로의 전환을 시도하고 있다.

열린교육은 영국, 미국 등 서방 선진국에서 자연스럽게 생긴 것으로 넓은 의미에서 교육의 장이 학교 교육과 더불어 사회교육, 가정교육 등 비정형적인 교육을 포함한 모든 사회 활동과 연계되어야 한다는 관점이다. 이러한 면에서 보면 결국 열린 수학은 개념의 절대성보다는 상대성을, 획일적이 아닌 다양한 접근 방법을 강조하는 과정 중심의 교육이다.

본 연구는 현대사회의 환경적 측면에서 수학 학습 부진의 원인을 진단하고 특히 열린 교육

의 관점에서 초등 수학 교육의 방향과 현행 초등 수학 교과서와 학습 지도안 및 지필평가의 문제점을 분석하고 그 개선 방안을 구안하고자 한다.

2. 수학교육과 열린교육

현대의 구성주의(constructivism) 이론은 학습 주체의 흥미와 자신감에 바탕한 주도적인 학습 활동을 강조한다. 이러한 관점에서 보면 교사의 역할은 아동이 스스로 수학에 접근할 수 있는 환경을 조성하는 것이 된다.

그런데 초등학교에 입학하는 아동의 대부분은 처음에는 수학 학습을 좋아하지만 상급학년으로 올라갈수록 그 수가 줄어들게 된다. 아동은 고학년이 될수록 왜 수학에 흥미와 자신감을 잃게 되는가?

물론 이것은 수학과 아동의 본질적 특성차에서 기인된 것이다. 일반적으로 수학은 자연 세계의 물리적 사상을 이상적으로 추상화한 공리, 정의를 바탕으로 합리적 추론을 통하여 그들 사이의 상호 관련성을 추구하기 때문에 인간 사회의 사상이나 이념이 침투되기 어렵다. 결국 수학의 본질적 특성 이를테면 추상성, 형식성, 계통성, 이상성, 논리성 등은 아동의 감성적, 구체적, 직관적, 현실적인 성향과는 서로 상치되기 쉽다.

그럼에도 불구하고 수학은 학습자로 하여금 합리적이고 논리적인 사고를 보증함으로써 각급 학교에서의 기초 도구 교과로 선택된 것이다. 이러한 측면에서 보면 교수 학습 활동은 수학과 아동의 본질적 특성차를 완화하는 과정이다.

일반적으로 교사의 지도법을 결정하는 것은 그의 아동관과 수학관이다. 즉 그는 기본적으로 “수학을 아동화 할 것인가?” 또는 “아동을 수학화 할 것인가?”의 양자 택일하지 않으면 안된다.

전통 수학은 후자의 성격이 강하였다. 왜냐하면 입시를 지나치게 의식한 학부모들은 평가

를 모든 교육활동의 상위 개념에 두고 결과만을 중시하였고, 또 이에 쉽게 동의한 학교는 교육의 목표와 내용, 방법을 평가에 종속시키게 되었다. 결국 평가가 학교 교육의 목표와 내용, 방법을 주도함으로써 아동은 평가의 대상으로 전락하게 된 것이다.

이러한 교육관으로는 교수 학습 과정에서 아동의 주도적인 활동을 용납되기 어렵고, 학습자의 흥미와 관심, 내적 감동, 행복감은 애초부터 관심사가 될 수 없다. 그 결과 대부분의 아동들 심지어 우수한 아동들까지도 내면적으로는 수학을 신뢰하기 어려울 것이다. 비록 성적이 세계 1위라 할지라도 아동이 수학을 신뢰하지 않고 실제 장면에서 수학적으로 대처하지 않는다면 수학 교육의 진정한 목적을 달성하였다고 볼 수 없다. 결국 수학과 아동의 본질적인 특성차를 극복하기 위해서는 학습자의 주도적인 활동과 내면적인 심적 활동은 경시되어서는 안된다.

일반적으로 아동에 대한 학교 교육의 한계는 사회 교육의 역할 증대를 의미한다. 따라서 학교는 사회교육의 목표와 내용, 방법, 평가 등의 거의 모든 면을 지속적으로 정선하여 교육의 과정에 반영하지 않으면 안된다. 왜냐하면 학생들은 그들의 미래에 대처 능력을 갈망하고 있어서 만약 목표 도달 가능성이나 효율성이 추호라도 의심스러우면 학교를 포기할 것이기 때문이다.

사회 교육은 기본적으로 생활하는 과정에서 발생하는 다종 다양한 문제를 해결하기 위하여 고민하고 인내하며 익히고 반성, 통찰하는 평생 교육 체제를 뜻한다. 이러한 측면에서 보면 청소년기의 학교 생활에서 얻을 수 있는 지식만으로 평생을 살아가기를 기대할 수 없다. 결국 학교는 문화 유산의 계승, 발전이라는 전통교육관에서 벗어나 아동이 자발적으로 즐겁게 일할 수 있는 활동의 장으로의 관점의 전환이 필요하다.

우리나라는 제 5차 교육과정에 이르기까지 수학은 컴퓨터와 계산기의 사용을 의면하여 왔

다. 이것은 물론 시대적 상황 이라면 이들 기기의 기술 수준과 보급면에서 어느 정도 수긍되는 측면도 있으나 본질적으로는 이들 기기가 자칫 학습자의 계산, 기억력의 저하를 우려한 때문이기도 하다. 즉 그 밑바탕에는 “아동은 근본적으로 계산을 싫어한다”는 아동관과 “아동은 반드시 계산기만 사용할 것”이라는 불신감이 내재되어 있다. 그 결과 이들 기기는 교실 밖에서는 빈번하게 사용되었으나 교실 안에는 도입되지 못하였다.

벨트하이머(Wertheimer)에 의하면 유기체의 정신 구조는 생득적으로 환경 적응적인 방향으로 형성된다. 이러한 면에서 보면 아동의 행동 성향은 합목적적이고, 그들의 시행착오 행동은 단지 경험 부족에서 기인한 것일뿐 그 나름대로는 최선의 방향으로 결정된 것이다. 따라서 아동이 계산기를 사용하더라도 그들 기기의 효용성과 가치를 나름대로 판단하고 최선의 방법을 선택할 것이다. 이라면 아동이 계산기를 조작하는 경우에 다음과 같은 상황에 직면한다.

계산기를 사용해야 할 상황인가? 계산기의 고장은 없는가? 전원 상태는 정상적인가? 숫자를 정확히 읽었는가? 적절한 연산을 선택하였는가? 수와 연산을 정확히 입력하였는가?

이러한 능력은 단순한 기억, 계산을 중시하는 전통 수학에서는 얻을 수 없는 것들이다.

실제로 컴퓨터의 기억 계산 기능은 인간을 능가한지 오래다. 그럼에도 불구하고 학교 수학이 사회의 요구와는 달리 단순 기능에만 초점을 둔다면 아동은 학습 과정에서 수학을 감상하거나 즐길 수 없다. 왜냐하면 현대의 대부분의 난제들은 독립된 지식이나 특정한 기능만으로는 해결 불가능하고 따라서 전통 형식의 틀을 벗어난 다양한 창의적 접근 방법이 필요하기 때문이다.

이러한 면에서 문제를 해결하는 과정에서 비록 많은 시행착오에도 불구하고, 아동의 다양한 활동은 권장되어야 한다. 또한 시행착오는 모든 연구자에게는 항상 있는 것으로 학습자로 하여

금 최초의 발견자의 경험을 제공함으로써 학습하는 방법을 학습하게 한다. 결국 열린 교육은 인지적인 측면뿐만 아니라 그 동안 경시되어 왔던 메타 인지적 발달을 중시하는 교육이다.

3. 대상적 지식과 과정적 지식

미래에 대하여 아동은 수학의 어떠한 지식정보를 소망하는가? 이것은 교사로서는 결코 외면할수 없는 문제이다.

태초의 인간은 생존을 위하여 육체 노동을 중시하였으나 농경 생활로 정착하면서부터 노동을 가축에게, 또 산업혁명 이후에는 기계로 이전함으로써 노동의 효율성을 극대화 하였다. 그로부터 인간은 단순 수작업 노동에 가치를 두게 되었다. 그런데 과학기술이 발달함으로써 수작업노동은 대부분 자동화되었고, 그에 따라 인간은 창의적인 정신노동에 보다 큰 가치를 두게 되었다.

창의적인 정신 노동은 대상적 지식(objective knowledge)과 과정적 지식(procedual knowledge)을 대상으로 한다. 최근 컴퓨터가 발전함으로써 인간은 대상적 지식 노동에서는 창의적 정신 노동을 발견할 수 없게 되었다. 대상적 지식 노동의 대부분을 컴퓨터에게 빼앗긴 인간은 컴퓨터로서는 다소 어려운(?) 과정적 지식을 활용하는 정신 노동에 최고의 가치를 두게 되었다.

이러한 측면에서 보면 아동의 본질적인 소망은 창의적 정신 노동에 있고, 따라서 학교는 창의적인 정신 노동을 수행하는 활동의 장이 되어야 한다.

실제로 교사는 수업에 임하기 전에 학생들의 흥미와 경험, 준비도, 발달 수준을 고려하여 교재로부터 개념을 정선하고 교수 학습 과정에서의 가능한 사태에 대비하여 각종 정보 자료를 검색한다. 이것을 바탕으로 교사는 적절한 활동을 통하여 학습자의 흥미와 자신감을 북돋우어 목표 도달을 시도함으로써 마침내 새로운 정보를 창출하는 것이다.

이러한 면에서 보면 교수 학습 활동은 학습과 노동이 결합된 과정적 지식 노동이다. 결국 과정적 지식 노동에서는 노동과 학습의 구별이 애매하고 또 구분 자체 효율적이지 못하다. 왜냐하면 학습 없는 노동은 기계적이고 또 노동 없는 학습은 실제 문제의 효율적인 해결을 보장할 수 없기 때문이다.

한편 열린교육의 관점에서 현대 수학의 발전 방향은 어떠한가?

수학은 전통적으로 토지 측량학(geometry)의 이름으로 순수 수학과 응용 수학의 구분 없이 발전되어 왔으나 산업혁명 이후 물리학과 공학, 통계학 등의 제학문이 체계화됨으로서 점차적으로 구분되게 되었다. 실제로 순수 수학은 수학의 논리적 신비성과 아름다움에 매료되어 연구되어온 반면, 응용 수학은 자연세계의 물리적 사상을 수학적으로 해명하기 위하여 연구되어 왔다.

20세기에 들어와 순수수학은 해석학, 기하학, 대수학, 위상수학으로 분류되어 현재에는 약 50-60여가지로 세분됨으로서 최근에는 전문적인 수학자들도 상호 대화가 불가능할 정도로 발전하게 되었다. 결국 지나치게 세분화된 접근 방법은 균형을 상실하여 한계에 봉착함으로써 이를테면 대수 위상학, 위상 기하학, 미분 기하학 등과 같이 통합된 접근 방법으로 선회하게 되었다. 최근 순수 수학의 이러한 통합적인 접근은 응용 수학뿐만 아니라 뜻하지 않게 다른 응용 과학의 난제를 해결하는데 크게 이바지함으로써 그 분야의 획기적인 발전을 가져오게 되었다.

실제로 60년대 초의 고차원의 포앙카레의 추측을 증명한 스마일(S. Smale)은 수리 경제학에서, 대수적 위상수학의 거두인 아일렌버그(S. Eilenberg)는 오토마타(Automata)에서, 해석학의 대가인 에티야(Atiyah)는 이론물리학에서, 정수론(격자이론)의 대가인 하우트만(Hauptman)은 화학분야의 분자의 결정체 구조에서, 대수적 위상수학의 거두인 뎀포드(D.Mumford)는 컴퓨

터 비전에서 크게 공헌함으로써 오늘날에는 순수 수학과 응용 수학과 구분은 매우 어렵게 되었다. 최근의 첨단 과학 기술에서 수학의 공헌도를 살펴보면 과학은 자신의 발전을 위하여 새로운 수학을 특히 기존의 방법만이 아닌 창의적인 접근 방법을 요구하여 왔다.

이러한 일은 과거에도 있었다. 이를테면 17세기 뉴턴은 운동의 법칙을 연구하기 위하여 미분 적분학을 개발하였고, 아인슈타인의 상대성이론은 당시의 수학자 리이만에 의한 미분기하학(manifold)을 응용하였으며 최근의 유전공학의 과제인 DNA의 구조는 매듭 이론으로는 충분하지 못하여 혼돈(tangle)이론과 비틀림(twist)론을 새로운 개념으로 도입하고 있다. 또 컴퓨터의 발전은 논리학과 더불어 수치 해석학의 연구를 촉진하여 행렬 이론을 50년의 침체기에서 벗어나게 하였고 아울러 이산 수학, 선형 계획법과 계산의 복잡도 이론 및 오토메이트 이론 등의 새로운 학문 분야를 창조하였다. 결국 수학은 과학 기술을 위시한 시대 사회의 새로운 접근 방법적 요구에 의하여 발전하게 된 것이다.

이와같이 순수 수학과 응용 수학의 구분 자체가 비효율적임이 판명됨에 따라 최근의 수학교육학자들은 다음 2 가지의 교육관에 직면한다.

(1) 미래의 불확실한 문제 상황에 효율적으로 대처하기 위해서는 현대 수학에 대한 이해가 필수적이다. 이를 위하여 아동의 지적 저항을 최소화하면서 가능한한 학교 수학의 내용 수준을 높여야 한다는 학문 중심의 입장

(2) 최근의 중등 및 대학 교육의 대중화로 급증하고 있는 수학부진아, 혐오아를 최소화하기 위하여 아동의 발달 수준과 그 필요성에 부합되는 최소의 필수 기본 지식만을 정선하여 지도하여야 한다는 소비자 중심의 관점이다.

1960년대의 미국의 현대화 운동은 학교 수학교육에서 위의 (2)는 도외시키고 (1)만을 강조한 학문형 구조주의 교육 과정이었다. 그 결과 각급 학교에서는 수학 부진아를 양산함으로써

현대화 운동은 실패하게 되었다. 현대화 운동의 반동으로 나타난 70년대의 Back to Basic 운동은 수학 교육의 전통 방법을 탈피하고 적극적으로 학습자의 편에 서서 수학을 보다 쉽고, 재미있게 지도하는 방법을 강조하게 되었다. 그 결과 80년대에 이르러 학교 수학에서 문제 해결의 중요성이 강조되었다.

결국 문제 해결은 학생들의 계속된 의문 즉 “실생활에서 별로 사용되지 않는데도 불구하고 왜 수학을 배워야 하는가?”에 대한 수학자들의 대응책이다. 이러한 측면에서 보면 과학 기술과 마찬가지로 수학은 자신의 발전을 위하여 과학 기술을 비롯한 사회의 요구를 적극 도입하지 않으면 안된다.

4. 열린교육과 초등수학교과서

실제로 대부분의 초등 교사들은 수학을 가장 가르치기 쉬운 교과로 인정하는 반면에 아동은 가장 학습하기 어려운 교과로 믿고 있다. 실제로 수학은 비교적 분명한 내용 체계와 형식적 절차를 강조함으로써 교사로서는 가르치기 쉬운 교과로 생각되지만, 그 평가 문제는 매우 다양하게 제시됨으로서 수동적인 학습에 길들여진 아동으로서서는 어렵게 보일 수 있다.

교사와 아동의 수학관의 차이는 교과서를 보는 관점에서도 나타난다.

일반적으로 교과서는 전국을 대상으로 한 국가수준의 교육 과정으로 규범적인 성격이 강하기 때문에 지역적, 문화적 특수성이나 아동 개인차를 고려하기가 어렵다. 실제로 교과서는 교육 과정과 교수 학습 활동을 연결하는 매개체로서 교육의 내용과 방법을 규정함으로써 학생들로 하여금 교육 과정과 교육 내용을 동일시하게 하였다. 그런데 이러한 교재관은 교과서를 신성시하여 특별한 용기가 없는한 교과서를 이탈하기가 쉽지 않다.

그러나 본질적으로 수학은 교과서의 내용처럼 깔끔하게 분절될 수 있는 성질이 아니다. 즉 교

과서는 다양한 접근 방법 중 하나에 불과하고 집필자에 따라 얼마든지 달리할 수 있는 것이다.

그러면 이러한 교과서는 어떤 이론적 바탕을 보유하고 있는가?

손다이크는 파브로브의 조건 반사설을 바탕으로 학습을 자극(S)--반응(R)의 결합으로 설명한다. 이 이론을 바탕으로 스키너는 아동이 개념에 점진적 접근이 가능하도록 매우 작은 S-R 단위로 세분화한 프로그램 학습을 주창하였다. 현재의 교과서는 바로 프로그램 학습에 기초한 것이다. 그러나 이러한 접근 방식은 의지력, 주의력, 인내심이 어느 정도 성숙된 형식적 조작이 가능한 중학교 이후에는 효과적일 수 있으나 구체적 활동이 중시되는 초등학교 아동에게는 적절하지 못한 경우가 적지 않다.

특히 “...을 ...라 한다”와 같은 나열식의 명명 활동식의 수업이나 “...일때에는 ..., 와 같이 하면 답을 구할 수 있다”의 기계적 훈련 중심의 수업은 학습자의 호기심을 억제하여 적극적인 수학적 활동을 유도할 수 없다. 왜냐하면 명명활동과 절차 위주의 학습은 신속 정확성에 가치를 두어 학습이 캡슐화 된 정형적, 고립적인 지식으로 남기 쉽다.

결국 교과서가 국정인데다가 또 접근방법이 지면 관계상 대부분 한가지 방법만을 서술함으로써 학습자로 하여금 통찰을 어렵게 할 수 있다. 왜냐하면 통찰은 다양한 측면에서 이해되었을 때 가능한 것이며, 어느 한 측면에서의 접근만으로는 쉽게 일반화 될 수 없기 때문이다. 더욱이 한가지 접근방법만을 강조한 교과서는 자칫 학습자로 하여금 다양한 활동을 무가치한 것으로 인식하게 하여 자연스러운 의문을 억제할 수 있다.

또한 교과서의 구성 체계가 개념의 위계와 단계적 절차를 중시하여 매우 독립적인 개념 영역으로 분할되어 이를테면 덧셈 단원에는 뺄셈의 개념이, 수 영역에서는 도형 개념이 배제되기 쉽다. 이에 따라 대부분의 아동이 단원명을 지나치게 의식하여 문제 해결을 위한 다양

한 사고를 외면한 채 극히 제한된 사고로 집중함으로써 적지 않은 시행착오를 유발한다.

물론 우리의 경우 현행 국정 교과서 체제는 광복 직후의 혼란기의 경제적 낭비와 전국적인 표준화를 위한 불가피한 조치였고, 또 전문지식을 쌓을 충분한 여유가 없었던 과거의 초등 교사 양성 체제하에서는 어느 정도 수공되는 측면도 있다. 그러나 현재에는 대부분의 교사들이 4년제 교사 양성 대학을 수료하고, 또 공개 경쟁을 통하여 선발되고 있는 만큼 교과서의 서술 방식도 다소 변화되어야 한다.

이를테면 수업 현장에서 학습자의 창의성이 발휘될 수 있도록 최소한 몇 개의 단위에서는 다양한 접근이 가능하도록 열릴 수 있어야 한다. 만약 지면 관계상 여러 가지 방법을 모두 서술하기 어렵다면 차라리 접근 방법을 교사와 아동에게 일임하는 것이 바람직할 것이다. 왜냐하면 현행과 같이 단 1가지 접근 방법의 해결 절차를 일일이 제시하면 학습자로서는 문제 해결을 위한 다양한 활동은 필요 없게 되고, 최초의 발견자의 경험은 불가능하다.

이를테면 측도 영역의 단위 지도를 예로 들어보자.

제 5차 교육 과정과 마찬가지로 제 6차에서도 측도 영역에서 국제 단위계를 철저히 준수하는 것은 세계화의 측면에서도 당연하지만 그러나 아동의 실제 생활에서의 문제 해결에서는 그것만으로는 충분하지 않다. 왜냐하면 우리의 일상 생활에서는 아직도 전 통단위 이를테면 거리, 길이를 나타내는 '리, 자'와 면적을 나타내는 '정보, 평, 마지기', 부피를 나타내는 '홉, 되, 말, 섬'과 무게의 '근, 관, 파운드, 돈' 외에도 'inch, feet, mile' 등의 용어가 현실적으로 자주 사용되고 있고 없어질 기미가 보이지 않는다. 이러한 관습적인 용어는 규정만으로 해결될 수 없는 문제일 뿐만 아니라 그들의 적절한 도입은 부모와 자녀 사이의 일상적 대화를 가능하게 하고 또 실질적인 문제를 해결하게 함으로써 수학 교육에 긍정적인 효과를 제공할

수 있다.

학습을 보는 관점은 학자에 따라 다양하지만 부루너는 학습을 표현 체계의 구성 과정으로 보고 그 발달 과정을 EIS이론으로 설명한다. 또 이시다(石田)는 이것을 더욱 세분하여 현실적 표현, 도적 표현, 조작적 표현, 언어적 표현, 기호적 표현으로 설명한다.

이러한 학습 관점에서는 아동의 수학적 활동은 기호적 수준만이 아닌 다양한 표현 활동으로 열려질 수 있어야 한다. 이를 위하여 수학 학습 자료는 규격화된 것만이 아닌 이를테면 주변의 구체물, 기구, 신체 등과 학습의 장은 마을, 교정, 운동장 등 모든 장소를 활용할 수 있어야 한다. 이를 위하여 교과서에 다음과 같은 방식을 생각할 수 있다.

예 1) 밤이 12개 있습니다. 접시 3개에 똑같이 나누어 담으려고 합니다. 한 접시에 몇 개씩 담을 수 있습니까?(수학, 2-2, 69쪽)

(1) 문제상황을 신체행동만으로 표현하여 봅시다.(무언극, 청각장애자를 위하여)

(2) 문제를 (반)구체물로 표현하여 봅시다.(조작능력)

(3) 문제상황을 그림으로 표현하여 봅시다.(그리기, 설득력)

(4) 문제장면을 여러 문장으로 말하여 봅시다.(언어 구사력)

(5) 이 문제에서 만약 접시가 2개 뿐 이라면 한 접시에는 몇 개씩 담을 수 있습니까?

(6) 12를 3으로 나누면 얼마일까요? 이것을 여러 가지 기호로 표현하여 봅시다.(-->다양한 기호 창안 허용)

12 나누기 3은 (4)입니다. 이것을 $12 \div 3 = (4)$ 로 씁니다.(기호적 표현)

한편 프로그램 학습을 바탕으로 블룸(Bloom)의 분류학과 더불어 행동 목표 진술이 크게 강조되면서 아동의 지능, 적성, 흥미도, 성취도에 대한 검사가 유행하게 되었다.

교수 학습 지도안은 바로 이러한 측면에서 구성된 것이다.

일반적으로 학습 지도안은 교사가 사전에 평균 수준의 아동을 대상으로 단위 시간의 수업 절차를 도입, 전개, 정리, 평가의 단계로 구분하고, 또 교사와 학생의 활동을 구체적으로 서술함으로써 외부 방청자들의 이해를 구하는 것으로 행정 절차적인 성격이 강하였다. 이러한 학습 지도안은 교수 학습 활동의 기계적인 행동관에 바탕한 것이다. 그 결과 학습 지도안이 중시된 대부분의 공개 수업이 아동의 자유로운 활동은 억제된 채 각본에 따른 형식적인 수업으로 진행되어 적지 않은 교사들의 심적 갈등을 유발하여 왔다.

수업 연구를 위한 공개 수업은 본질적으로 가변적인 상황 전개가 가능하여야 한다. 결국 사전에 짜여진 각본에 따른 활동은 교과서를 목표로 간주하기 쉬워 아동의 다양한 학습 활동을 유도될 수 없다.

이러한 관점에서 NACOME(미국 수학 교육자문 위원회)은 낮은 수준의 좁은 범위에서 기능 목록을 만드는 것을 수학 교육의 주요 목표로 한정하지 말고 거시적 관점에서의 균형 감각을 유지할 것을 권고함으로써 행동 목표에의 과도한 집착을 경계한다. 만약 학습 지도안을 교사 개인의 능력 문제로 일임하거나 또는 그의 뇌에 비치한다면 생동감 있는 학습 활동은 불가능할 것인가?

실제로 학습 지도안은 학생을 대상으로 한 것이지만 학생용은 아니고 방청자 역시 수준 높은 사람들임을 고려할 때 지나치게 형식에 얽매일 필요는 없다. 왜냐하면 형식적 절차를 위한 대부분의 공개 수업이 단위시간 계획을 지나치게 의식, 학습자로 하여금 시청자의 태도를 강요하고 또 위압적인 실내 분위기로 인하여 아동의 자연스러운 의문 표출은 거의 불가능하기 때문이다.

5. 지필평가와 협력학습

전통적으로 학교 수학은 지필에 의한 개별 능력 평가 체계를 견지하여 왔다. 이러한 지필

평가는 학습자 상호간의 경쟁심을 유도하여 어느 정도의 학습 효과를 기대할 수는 있었다. 반면에 아동으로서는 수학의 협력 학습은 불가능하고 불필요한 것으로 간주하게 하여 결과적으로 수학 교육은 교육의 목표 즉 민주 공동체 사회에서의 유능한 시민 양성과는 거리가 있었다.

과연 수학에서는 협력 학습이 불가능한가? 협력 학습이 외면된 수학 교육이 미래에 존재할 수 있을 것인가?

실제로 현대 사회에서의 대부분의 주요 문제들은 어느 한 개인의 능력으로 해결될 수 있을 만큼 단순하지 않아서 해결 과정에서 개별적 행동과 더불어 타인과의 협력을 필요로 한다. 또 역사적으로도 새로운 발명, 발견은 대부분 무명의 수많은 동료들과의 대화와 토론, 의문과 설득의 과정을 통하여 형성된 것이다. 결과적으로 발명은 누적된 지식으로 가능하였고 그 결과 오늘날에도 인간의 지식은 계승, 발전되고 있는 것이다.

한편 아동의 정의 발달은 본질적으로 지필만으로는 적절하게 측정될 수 없다. 이를테면 성인과 마찬가지로 아동의 내적 사고와 외적 행동은 얼마든지 상치될 수 있기 때문이다.

만약 초등 수학의 개념 내용의 수준과 기능을 고려하여 아동의 인지: 기능: 정의문의 발달 비중을 5 : 3 ; 2 로 가정한다면, 현행 지필 평가는 아동의 수학적 능력의 80%만을 측정할 뿐 일상 생활에서 수학을 적용하고 토론, 설득하고 즐기는 등 정의적 능력이 뛰어난 아동은 정당하게 평가되지 않는다. 결국 정의 발달을 합리적으로 평가하고 나아가 열린 교육이 가능하기 위해서는 평가 체계를 변화시키지 않으면 안된다.

그런데 인간이 타인의 능력을 정확하게 측정할 수 있을까? 특히 교사가 많은 학생들을 대상으로 그들의 능력 특히 수학적 능력을 정확하게 평가할 수 있는가?

실제로 아동의 능력은 매우 다양하고 또한 균질적이지도 않다. 이를테면 덧셈을 잘하더라

도 나뉠셈을 못할 수도 있고, 또 넓이를 이해하더라도 실제 생활 장면에서 적용하지 못하는 경우도 있을 것이다. 이와같이 인간의 능력은 문제의 성격과 난이도, 주어진 자료, 문제 상황, 심리상태에 따라 매우 가변적이어서 그의 능력은 단 하나의 수치로 표현하는 것은 적절하지 않다. 이러한 면에서 수학적 능력을 하나의 수치보다는 오히려 다차원상의 좌표 (a, b, c, , ,)로 표현되는 것이 타당하다.

초등 수학에서 생각할 수 있는 아동의 수학적 능력은 기억력(용어, 기호, 정의, 공식, 법칙 등), 직관력(문제 이해력, 표현력, 결과 예측, 어림, 유비 추론 등), 이해력(문장 이해력, 논리적 설명, 독서력 등), 계산력(사칙계산, 수식의 조작), 활용력(자료 활용력, 문제해결, 표현력, 의사소통, 설득력), 분석력(주의력, 집중력, 인내력), 자신감(수학의 신뢰, 긍지, 흥미, 자신감) 등을 생각할 수 있다.

또 현행 평가 체계는 아동은 평가 대상으로서 존재할 뿐 평가의 주체가 될 수 없다.

이러한 면에서 보면 비록 유능한 교사라 할지라도 많은 아동을 대상으로 그들의 수학적 능력을 정확하게 평가하기는 쉽지 않을 것이다. 그 방안으로 아동 자신이 주체가 되어 반성을 통한 자기 평가와 협력 활동을 통한 상호 평가의 방법을 생각할 수 있다.

이때 문제가 될 수 있는 것은 평가의 객관성이다. 그러나 초등의 경우 전 교과 담임제를 원칙으로 하고있고, 또 협력 학습을 통하여 학생의 상호 평가와 자기 평가를 적절히 활용할 수 있다면 평가의 객관성을 어느 정도 방어할 수 있다.

결과적으로 문제 해결을 위한 다양한 활동과정에서 자기의 역할과 공헌도를 반성하고 동료의 역할까지도 평가할 수 있는 기회 제공은 현대 사회의 추세로 보아 매우 바람직하고 또 교육적 효과가 적지 않다. 또한 평가의 객관성을 유지하기 위해서라도 다양한 능력의 소유자들이 보는 관점도 활용되어야 한다.

이상의 연구에서 성적표에 나타나는 수학적 능력을 단 하나의 수치로서가 아닌 다음과 같이 인지면, 기능면, 정의면의 3가지 측면에서 5단계 평가와 평가의 주체로서 아동의 참여 가능성이 생각해 본다.

(1) 수학 개념을 잘 이해하고 흥미를 갖고 있다.(수 우 미 양 가) --교사평가

(2) 일상적인 문제 장면에서 수학을 잘 적용하고 협력한다.(수 우 미 양 가)--학생 상호 및 자기평가

(3) 수학적인 생각을 자주 표현하고 협력한다.(수 우 미 양 가)---교사, 학생 상호 평가

6. 끝으로

실제로 대부분의 교사들은 현대 사회의 변화에 따라 열린 교육의 취지와 그 이상에는 공감하고 있다. 그러나 현실적으로 실천 과정에서 이룰테면 학교의 시설과 장비는 차치하더라도 학습 지도안, 교과서 체계, 지필 평가, 부모의 관심 사항 등의 소프트웨어적인 측면에서의 많은 문제점에 직면한다. 본 연구는 이러한 관점에서 초등 수학 교육의 현실적인 접근을 시도하여 보았다.

교수 활동을 학습자와 수학의 통합 과정으로 본다면, 열린 교육은 아동으로 하여금 개념 접근방법의 다양성을 경험하고 마침내 수학적 접근이 가장 효율적이라는 신념을 중시한다. 이를 위하여 문제 해결을 위한 다양한 활동은 권장되어야 하고, 따라서 시간적, 공간적인 제한은 가능한한 축소되어야 한다.

실제로 사회에서의 평가는 문제 해결을 위한 가능한 활동을 중시하는 수행 평가 체제인 데에 비하여 학교에서의 평가는 아동능력의 일부만을 겨냥한 것으로 입학, 진급, 졸업 등의 행 정처리를 위한 성격이 강하였다. 바로 이 점이 학생들의 가치관을 혼란시키는 주된 요인이다.

결국 평가의 지나친 비중도 문제지만 더욱

중요한 것은 지필 평가만으로 아동의 수학적 능력을 정확하게 측정할 수 없다는 것이다. 왜냐하면 평가가 교육의 목표와 내용, 방법까지 결정함으로써 결과적으로 지필 평가 곤란한 것은 관심사가 될 수 없게 되었다. 그 결과 수학 교육은 정의적 측면은 도외시되고 오로지 지필 평가가 용이한 인지·기능면 만이 중시될 수밖에 없다.

결국 열린 교육은 아동의 서열화를 목적으로 하는 것이 아니기에 과열된 입시 체제가 존속하는 한 진정한 의미에서 열린 교육은 실현되기 어렵다. 이러한 면에서 보면 열린 교육은 입시로부터 가장 먼 거리에 있는(?) 초등 학교에서 특히 수학 교육에서 가장 쉽게 적용될 수 있다. 비록 지필 평가라 하더라도 교과서를 비롯한 각종 자료를 사용할 수 있도록 하는 열린 평가는 불가능한 것인가? 지필 평가의 경우 학습 자료를 사용을 허용하면 아동의 창의성은 말살되는가?

이러한 면에서 보면 학교는 기억만이 아닌 이를테면 정보 자료의 선별과 활용하는 개인의 능력과 더불어 타인과 협의, 토론, 설득하는 등 공동체를 위한 활동을 중요시하지 않으면 안된다. 이를테면 대학에서 시행하는 오픈 테스트는 행동의 자유가 제한된 좁은 의미에서의 열린 평가 즉 교재, 사전, 학습 도구, 학습 자료의 사용이 허용된 것으로 초·중등교육에도 시도해 볼 수 있을 것이다. 왜냐하면 수행 평가는 단편적인 지식을 초월하여 수학적인 활동을 측정하는 것이기 때문이다.

일반적으로 교사는 이미 개념을 통달하고 있어서 여러 방법 중에서 교과서의 접근 방법이 가장 효율적이라는 신념을 갖고 있으나 아동은 개념에 무지한 상태이다. 개념에 무지한 상태인 아동은 문제 해결을 위하여 다양한 접근 방법을 모색하는 과정에서 시행착오를 경험한다. 결국 열린 교육은 많은 시행착오를 경험하는 과정에서 수학적 접근 방법을 발견하고 그 효용성을 체험함으로써 수학을 신뢰하게 하는 것

이다.

결론적으로 대부분의 일상 생활에서의 인간의 문제 해결 과정은 문제의 전반적인 상황을 이해하고 해결 결과에 대한 막연한 추측과 주변 상황에서의 해결의 단서를 추출해 보고, 가능한 해결 방안을 구안하거나 적절한 참고 자료를 찾아보는 등 직관과 유추 등의 다양한 사고 활동이 실제적인 문제 상황에서는 언제나 시행하는 과정임에도 불구하고 단지 수학 교육에서만 가장 경시되어 왔다.

특히 초등 학교에서는 가르쳐야 할 수학의 내용은 교육 과정에 의하여 내용과 수준 및 지도순서가 미리 정하여 진다. 따라서 교과서를 신성시하여 제시된 순서대로 가르치기만 하면 된다는 식의 소극적인 생각을 갖기 쉽다. 이러한 관점에서 현 체제하에서 바람직한 수학 지도는 교육 과정에 입각한 교과서의 내용을 답습하기보다는 아동의 지적 수준을 고려하여 교재를 비판적 시각으로 재구성하여 지도하여야 한다. 아울러 지도 내용에 대한 보다 적극적이고 능동적인 판단과 가능한 사태에 대비한 융통성 있는 지도법의 구사가 절실히 요구되는 것이다.

참 고 문 헌

- 구광조·오병승·류희찬, 수학교육과정과 평가의 새로운 방향, 경문사, 1994.
 은용기·김형석, 열린학교 열린교육, 대한교과서 주식회사, 1992.
 이남봉, 열린교육운영상의 문제점과 극복방안, 열린교육의 내용과 방법, 37-58, 한국열린교육연구회, 1993.
 이남현 역, 개방적 교육(Vito Perrone, open education: Promise and Problems), 교육과학사, 1987.
 김판수, 박성택역(R.R.Skemp), 초등수학교육, 교우사, 1996.
 新算數教育研究會, 算數授業の新展開講座, 平成

2年, 東洋館出版社.

中島健三외, 創造的思考力を育てる算數教育とは, 東洋館出版社, 1992.

市原昇, 大阪書籍の教科書について, 算數教育, 5, 明治圖書, 1996.

片野善一郎, 數學史を活用した教材研究, 明治圖書, 1992.

平林一榮 譯(R.R.Skemp), 新しい學習理論にもどつぐ算數教育, 東洋館出版社, 1992.

Virgil, M. Howes, *Informal Teaching in the Open Classroom*, Mcmillan Publishing Co.Inc.

A. Steen, *Mathematics Today Twelve Informal Essays*, Springer Verlag, N.Y., 1978.

NCTM, *New directions for elementary school mathematics*, yearbook(1989)

P.Cobb, The tension theories of learning and instruction in mathematics education, *Educational psychologist*, 23(2), 87-103, 1988.

James H. A theory of developing competence with written mathematical symbols, *Educational studies in mathematics*, 19(1988), 333-355.

D.A.Carey, Number sentences: linking addition and subtraction word problems and symbols, *J. for research in math education* 22(1991), 266-280.

(Abstract)

A View of Elementary School Mathematics in Open Education

Recently, by the popularization of computers and the development of many kinds of information transmission software, the living pattern in business offices and in

home-life have changed rapidly. Because of the great progression of today's science technology, the influence of social education on the children is larger than that of the traditional school.

By a rapid change in the social atmosphere, there are some people who insist the traditional school education system is of no use any more. There have been many calls for reform of traditional schooling and in particular there has been major rethinking of school mathematics.

The initial demand for change in elementary school mathematics is because of the poor achievement of students. There are even more compelling reasons for change.

For example today's science technology society requires a different mathematical literacy for its citizens than that of the past. The importance of problem-solving based on interest and progress is more important than just paper-pencil computation in elementary schools. And also the increasing information wave of today's society demands that the school accept the long-distance education which could not be imagined in the past.

Taking account of this variety, school education in the future should willingly introduce and apply the open education system to keep pace with today's society. To accept society demands actively, today's schools are going to accept and apply the idea of the open education.

In this viewpoint, the purpose of the paper is to analyze the causes of under-achievement in mathematics learning, the directions of school mathematics education, the system of textbooks and the problems of teaching-learning programs and paper-pencil test.