韓國數學敎育學會誌 시리즈 C
<初等數學敎育>
2011. 8. 제 14권, 제 2호, 187-206

J. Korean Soc. Math. Ed. Ser. C:
Education of Primary School Mathematics
Aug. 2011, Vol. 14, No. 2, 187-206

수학적 문제 해결 연구에 있어서 미래 연구 주제: 델파이 기법

김 진 호 (대구교육대학교)
김 인 경 (청주대학교)

1980년대 이후로 현재까지 수학적 문제해결은 수학교육학의 주요 연구 주제 중의 하나로 자리매김하고 있다. 초창기에는 문제 그 자체에 대한 연구, 학습자들이 문제를 해결하는 방법 및 메타인지에 대한 연구, 교수학습 방법에 대한 연구 등 다양한 방법에서 연구가 진행되었으며, 최근 들어서는 문제해결을 통한 수학교육 및 모델링을 통한 문제해결이 연구자들의 관심을 끌고 있다. 이처럼 문제해결과 관련된 연구주제들은 변하면서도 지속적으로 연구자들의 관심을 끌고 있다. 따라서, 수학적 문제해결 영역에서 미래에 어떤 주제들이 더 연구될 필요가 있는지를 델파이를 기법을 통해서 알아보았다.

Ⅰ. 도 입

인간사회는 수렵사회, 농경사회, 산업사회, 과학사회, 지식기반사회 등으로 끊임없이 변모해 오고 있다. 한편, 앞으로 다가올 인간 사회를 지식융합사회라고 한다. 이처럼 사회 형태가 변하면 변화된 사회에서 삶을 살아야 하는 아동들을 교육하는 목적도 변한다. 과거에는 많은 지식을 소유한 사람이 필요했었던 반면에, 현재 지식기반사회에서 요구되는 인간상은 지식을 창출할 수 있는 창의력을 갖춘 인간이다(교육부, 1997; 교육과학기술부, 2007, 2009; NCTM, 1989, 2000). 즉, 단순히 많은 지식을 알고 자신이 알고 있는 지식을 주어진 상황에 적용할 수 있는 능력을 갖춘 인간이 아니라, 자신이 알고 있는 지식과 자신의 지적능력을 활용해서 주어진 문제를 해결할 수 있는 능력을 갖춘 인간을 육성하는 것이 교육의 목적이 된 것이다. 이 둘은 얼핏 보기에는 동일한 것으로 보는 경향이 있지만, 학습상황에서 이 둘의 견해에 따라 실천되는 교실 풍경은 학습자, 교사, 학습내용 등에서 전적으로 달라진다(김진호, 2010; Gainsburg 2006; Hamilton 2007; Zawojewski et al. 2008; Zawojewski & McCarthy 2007). 즉, 이들의 고민은 이전 사회 형태에서 요구되는 인간상을 육성하는데 적합한 것으로 인정되던 교육방법으로는 변한 사회에서 요구하는 인간을 육성해 낼 수 없다는 데에 있다(구광조, 전평국, 강완, 1996; 김진호, 2010).

이런 맥락 속에서, 최근 들어 연구자들은 학습자들이 수학 수업을 통해서 스스로 지식을 구성할 수 있는 능력을 형성할 수 있도록 돕기 위해서 수학적 문제해결을 통한 수학 학습을 지지하고 있다(Baroody, 1998; Lester, 2003). 이런 지지는 그 동안 Polya의 문제해결 전략, 발견술 등을 수학 수업의 실제에 적용하려는 시도들이 수학적 문제해결 능력 신장에 실패한 것을 통하여 알 수 있기 때문이기도 하다(길양숙, 1991; Schoenfeld, 2007; English, & Sriraman 2010). 이런 연구결과는 우리나라 교육과정 및 초등수학교과서에도 반영될 필요가 있다(보다 자세한 내용은 II장 2절 참고). 이런 관점에서, 세계 여러 나라의 교육당국(류성림 등, 2011) 또는 수학교육단체들(NCTM, 1989, 2000)은 자국의 교육과정에 수학적 문제해결을 주요 학습목표로 설정하고 있다.

한편, 수학적 문제해결에 관심을 가진 것은 오랜 역사를 갖고 있다. 수학적 문제해결을 무엇으로 보느냐에 따라서 일부 연구자(Silver, 1985)는 소크라테스 시대까지 거슬러 올라가는가 하면, 일부 연구자(강옥기, 신성균, 강완, 류희찬, 정은실, 박교식, 우정호, 1985)는 1930년대를 기점으로 삼기도 한다. 이처럼 오랜 역사를 갖고 있는 수학적 문제해결은 그 만큼 다양한 연구가 진행되어 온 연구영역임에 틀림없다. 그런데, 많은 연구자들의 수학적 문제해결 연구 동향을 분석한 결과

* 접수일(2011년 7월 25일), 수정일(2011년 8월 4일), 게재 확정일(2011년 8월 26일)
* ZDM 분류 : D52
* MSC2000 분류 : 97D50
* 주제어 : 문제해결, 연구 주제, 델파이 방법
* 본 논문은 대구교육대학교 2010년 교내연구비의 지원을 받아서 연구된 것임.

로부터 공통적으로 언급되고 있는 흥미로운 사실이 하나 있는데 그것은 바로 수학적 문제해결과 관련된 연구주제들의 흥망성쇠를 볼 수 있다는 점이다(황치홍, 2001; Hino, 2007; Lester, 1994, 2003; Lesh, 2010; Silver, 1994; Schoenfeld, 2007; Stacy, 2007). 수학적 문제해결 그 자체에 대한 연구가 수학 교육의 연구의 중심에 서 있던 시기가 있는가 하면, 어떤 시기는 이 분야에 대한 연구가 시들해진 시기도 있다(Hino, 2007; Lester, 1994; Schoenfeld, 2007). 또한 수학적 문제해결과 관련된 하위 연구 주제들도 같은 경향을 보인다. 예를 들어, 최근에 실생활 문제를 해결할 수 있는 학습자의 능력을 향상시키는 것과 관련된 연구는 감소되고 있는 반면에, 학습자의 수학적 문제 해결을 통한 학습자의 수학 지식의 학습이란 주제는 새롭게 부각되고 있는 연구주제이다(Stacy, 2007: NCTM, 1980a). 한편, ERIC에서 "수학적 문제 해결, 성차"를 검색어로 1980년부터 2011년까지 수학적 문제 해결과 관련된 연구물을 검색하면 단 10편이 검색된다. 이 수치로 볼 때, 수학적 문제해결과 관련된 성차에 대한 연구는 거의 이루어지고 있지 않다고 볼 수 있다. 또 다른 한편으로, 공학의 발달로 인하여 공학을 이용한 수학적 문제 해결은 새로운 연구 주제로 주목을 받고 있다. 이와 같은 경향은 우리나라의 연구물들에서도 찾아 볼 수 있다(권정은, 최재호, 2008; 류희찬, 권성룡, 김남균, 2005; 황치홍, 2001; 황혜정, 2007).

요약하면, 수학적 문제해결은 학교수학에서 기본 목적 중의 하나이며 다양한 연구주제들이 연구 되어 오고 있을 뿐만 아니라 미래에도 지속적으로 연구가 되어야 할 영역이라는데 연구자들은 동의하고 있다. 본 연구의 목적은 그렇다면 미래에 수학적 문제해결에서 분야에서 어떤 주제들에 대한 연구가 이루어져야 할 것인지를 알아보는데 있다. 이를 알아보기 위해 델파이 기법을 이용하였다.

II. 수학적 문제해결 연구 동향

1. 미국의 문제해결 연구 동향

수학교육 분야에서 수학적 문제해결에 대한 관심이 아주 오래전부터 있었던 것은 사실이지만, 이것이 수학교육에서 주요 이슈가 된 것은 NCTM(1980b)이 An agenda for action: Recommendations for school mathematics of the 1980s을 출간한 이후이다. 1960년대와 1970년대의 수학교육을 비판하면서 NCTM이 낸 8가지 권고 중 첫 번째 권고가 "문제해결이 1980년대 학교 수학의 중심이 되어야 한다."였으며, 이를 위해서 다음의 것들이 실천되어야 한다고 하며 실천안을 내놓았다(NCTM, 1980b, pp. 1-5)

① 수학과 교육과정은 문제해결을 중심으로 조직되어야만 한다.

② 충분한 수학적 응용 가능성이 있는 광범위한 전략, 과정, 표현 양식을 포함할 수 있는, 수학에서의 문제해결에 대한 정의와 용어들이 개발되어야 하고 확장되어야 한다.

③ 수학교사는 문제해결이 수업의 중심이 되는 교실 환경을 창출해야만 한다.

④ 문제해결의 교수학습에 필요한 적절한 교육과정 자료가 모든 학년급을 위해서 개발되어야 한다.

⑤ 수학 프로그램들은 학생들이 응용문제의 해결에 참여하도록 하여야 한다.

⑥ 연구자들과 연구지원 기관들은 문제해결의 본질과 문제해결자들을 발달시킬 수 있는 효과적인 방법을 연구하는데 우선권을 주어야 한다.

NCTM(1989)이 Standards를 출판 한 직후인 1990년대 초반까지의 연구물들을 토대로, 이와 같은 실천안들이 성공적으로 실천되었는지 살펴보고, 그 이후의 연구물들에 대해서 살펴보도록 한다.

먼저, 이 권고안이 나오기 이전의 수학적 문제해결에 대한 연구들에 대해 살펴보도록 한다. 수학교육자 및 교육학자들이 수학적 문제해결에 대해 관심을 갖게 된 획기적인 계기가 두 개 있었다. 하나는 관찰가능하지 않은 인간의 사고를 제외한 자극과 반응을 중심으로 인간의 행동을 연구한 Thorndike, Spiner, Gagne 등을 중심으로 한 행동주의자들과 달리, 인간의 사고 및 사고과정에 관심을 갖은 형태주의심리학과 Piaget를 비롯한 구성주의의 출현이고, 또 다른 하나는 문제해결에 성공적인 한 수학자가 문제를 해결하는 중 일어나는 내면의 정신작용을 학습자들도 경험하여 학습자들이 성공적인 문제해결자가 될 수 있음을 안내한 Polya(1945, 1954, 1981)의 일련의 저술들의 출현이다.

인간의 사고과정에 대한 연구가 활발하게 이루어지

기 시작한 것은 인간의 사고를 컴퓨터에 비유한 정보처리 심리학의 출현(Simon & Newell, 1972)과 행동주의 심리학의 후예인 행동주의를 바탕으로 하면서도 인간의 사고 과정에 관심을 갖는 Anderson(1976)과 같은 인지심리학자들의 출현이다. 하지만 이들을 중심으로 한 연구는 1990년대 들어서면서 점차 그 세력을 잃어간다. 그 이유는, 앞에서도 밝혔듯이, 1990년대 들어서면서 우리 사회는 학습자 스스로 지식을 창출할 수 있는 창의력을 갖춘 인간 육성을 그 교육의 사상으로 삼게 되는데, 이 두 이론에서는 인간의 창의성을 설명할 수 없었다. 대신에, 이를 설명할 수 있는 구성주의가 1990년대 이후로 각 연구자들로부터 각광을 받게 된다. 즉, 1990년대 이후로는 구성주의의 견해에서 인간의 사고과정을 탐구하는 경향을 보인다.

한편, 이 당시의 수학적 문제해결을 다룬 연구물들을 요약한 Kilpatrick(1969)은 이 연구물들이 이론적이지 못하고, 체계적이지 못하고, 협력적이지 못하고, 전형적인 교과서 형식의 문장제에만 거의 독점적으로 관심을 갖고 있고, 그리고 문제해결 행동에 대한 양적 연구에만 완전히 매몰되어 있다고 특징지었다. 이 당시의 연구에 사용된 문제들은 정형적인 문제들과 비정형적인 문제들이었는데, 학습자들은 비정형적인 문제를 해결하는데 어려움을 겪는 것으로 나타났기 때문에, 문제해결 발견술과 전략에 대한 개념을 소개한 Polya의 제안은 이 당시에 각광받게 되었다(English & Sriraman, 2010). 수학교육자들은 그가 제안한 것이 학습자들이 익숙하지 않은 문제를 해결할 때 발생하는 막힘 현상을 해결해 줄 수 있을 것으로 기대했다. 따라서, 1970년대와 1980년대의 대부분의 연구들은 문제해결 과정과 전략적 사고에 초점을 두었다. 하지만, 학생들에게 발견술과 전략을 지도하는 것은 학생들의 문제해결력 향상에 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다(Lesh, & Zawojewski, 2007; Lester & Kehle, 2003; Schoenfeld, 1992, 2007; Silver, 1985).

한편, 수학적 문제해결에 대한 연구가 이루어지던 초기 연구의 많은 부분은 “문제” 그 자체에 대한 이해를 위한 연구가 활발하였다(Lester, 1994; Lester & Kehle, 2003). 문제의 정의, 문제의 유형, 좋은 문제의 조건들, 문제의 난이도와 같은 하위 영역들이 연구되었다. 이 중 문제의 난이도에 대한 연구의 집합체는 “task variables in mathematical problem solving”이다 (Goldin & McClintock, 1979/1984). 이들이 확인한 문제 난이도에 영향을 미치는 변인은 내용과 맥락 변인, 구조 변인, 구문론 변인, 발견술 행동 변인의 네가지 변인이다. 초기에는 이들 변인들에 대한 연구가 선형회귀모형으로 후에 정보처리 기법을 이용해 실행되었다. 그 이후에, 이 계통의 연구는 과제 변인과 문제해결자의 특성 사이의 상호작용을 연구하는 것으로 대체되었다(Kilpatrick, 1985). 이는 당연한 연구 주제의 발전이다. 즉, 문제란 문제해결자의 특성을 고려하지 않은 채 다루어질 수 없는 대상이기 때문이다[1](김진숙, 1997; Krulik & Rudnick, 1995). 앞서도 지적하였듯이, 이들이 주로 다루던 문제들은 주로 문장제였다. 수학적 문제해결 연구가 1990년대 중반에 잠시 반성기를 겪다가(Lester, 1994; Hino, 2007), 최근 들어서 수학적 문제해결이 재조명되면서 문제 그 자체에 대한 관심이 일고 있는데, 이들이 관심있는 문제는 개방형 문제, 실생활 문제, 실생활적 문제, 여러 수학 지식을 통합하는 문제 등이다(류성림 등, 2011).

한편, 1980년대 들어서면서, 학습자의 문제해결과정에 대한 연구는 Chi, Feltovich, Glaser(1981)의 연구를 필두로 전문가와 비전문가의 문제해결과정의 차이를 밝히는데 초점을 두게 된다. 이런 접근의 배경에는 전문가들의 문제해결과정을 비전문가 즉 학습자들에게 습득시킬 것을 목적으로 하고 있다[2]. 문제해결에 있어서 전문가와 비전문가에 대한 연구물들의 결과를 요약하면 다음과 같다(Lester & Kehle, 2003). 첫째, 좋은 문제해결자는 나쁜 문제해결자보다 많은 지식을 알고 있다. 즉, 그들이 아는 것, 그들이 어려워하는 것을 안다. 또한, 그들의 지식은 풍부한 스키마와 잘 연결되어 형성되어 있다. 둘째, 좋은 문제해결자는 문제의 구조적 특징에 대해 그들의 주의를 기울이는 경향이 있고, 나쁜 문제해결자는 표면적 특징에 초점을 둔다. Krutetskii(1976), Kilpatrick(1985), Schoenfeld(1985), Silver(1985) 등은 숙련자들이 좀 더 많은 수학을 알고

1) 수학적 문제해결과 관련된 연구 영역 중의 하나로 정서, 태도 등을 들 수 있다. 그러나 이 부분에 대한 논의는 본 논문의 범주를 넘어선다. 이에 대해서는 Cai(2010)을 참고하기 바란다.

2) (수학적) 문제해결과정에 대한 다양한 연구들에 대한 심층적 논의는 Gok(2010), Mayer(1998), Mayer & Wittrock (2006)을 참고하기 바란다.

있기 때문뿐만 아니라 초보자보다 수학의 어려움을 더 잘 알고 있기 때문에 더 잘 수행할 수 있다고 설명한다.

이처럼, 1990년대 초반까지 수학적 문제해결과 관련된 많은 연구들이 있었음에도 불구하고 이 당시의 연구물들을 검토한 연구들에 따르면, 이들의 노력은 실패한 것으로 결론을 내리고 있다(Lester, 1994; Schoenfeld, 1992, 1994). 이와 같은 지적이 지난 20여 년간 있었음에도 불구하고, 연구자들은 2000년대 들어서도 수학적 문제해결에 대한 연구들에 대해서 같은 결론을 얻고 있다(English & Sriraman, 2010; Lester & Kehle, 2003; Schoenfeld, 2007).

많은 연구들이 실패한 것은 Polya의 제안이 잘못된 것이 아니라, 당시의 연구자들의 접근에 문제가 있어 보인다. 첫 번째, 문제해결 중심의 수학 수업에서 중요한 것은 참된 문제(A genuine problem)를 제공했어야 하는데(NCTM, 1989, p.10), 이 당시 미국의 수학교실에서 "문제해결"은 1단계 또는 2단계로 해결되는 문제와 같은 단순한 문장제 수준의 문제들이었다. 이런 경향은 NCTM(1989)이 Standards를 출간한 후에 제작된 미국 및 여러 나라의 수학교과서에서도 볼 수 있었다(교육부, 1989; Baroody, 1993; Schoenfeld, 2007). 두 번째, 교수법적인 측면에서 이 시기의 연구들은 발견술적 기능의 개발을 지나치게 강조하였으며, 이로 인해 학생 자신이 자신의 활동을 조정하는 관리적 기능을 무시한데 그 실패의 원인이 있다(Garofalo & Lester, 1985). 즉 문제해결 전략은 가르친다고 해서 이해될 수 있는 것이 아니라, 문제해결자로서 학습자 스스로 그 전략들을 구성해 냈을 때 이것의 학습효과가 있는 것이다. 또한, 발견술적 기능의 개발을 지나치게 강조한 교수법을 적용하여 수학적 문제해결을 지도함으로써, 학생들의 활동은 발견술과 수학적 전략의 부재를 가져왔고 더 나아가 메타인지의 발달을 촉진시키지 못하였다. 그 결과로 기계적이며 생각 없는 풀이방법들 및 주요어를 찾아 문제를 해결하는 경향을 보였다(Greer, 1997; Schoenfeld, 1992; Yoshida, Verschaffel, & De Corte, 1997). 심지어, 성공적인 수학 학습이 발생한 연구에서 조차 학습 전이는 일어나지 않았다(Silver, 1985). 이렇게 학습된 수학 지식은 학습자들이 일상생활 속에서 사용할 수 없다(Hiebert, Carpenter, Fennema, Fuson, et al. 1996) 즉, 학습자에게 문제해결전략을 지도할 목적으로 이루어진 수업의 결과는 학습 전이를 기대할 수 없다는 것이다(Skemp, 1987). 세 번째, Polya가 제시한 전략과 발견술이 기술적이었지 처방적이지 못하였다는 데서 그 실패의 원인을 찾아볼 수 있을 것이다(Levin, 1976; Schoenfeld, 1992). 네 번째, 문제해결이 많은 교실에서 전통적인 수업 방법으로 교수된 것이 학습자의 문제해결력을 향상시키는데 걸림돌이었다(English & Sriraman, 2010). 문제해결에 대한 예전의 견해나 현재의 견해는 문제해결을 하나의 독립된 주제인 양 다루고 있다는 점이다. NCTM (1980a, 1989)에서 알 수 있듯이, 문제해결은 그 자체로 수학교육이다. 그럼에도 불구하고, 이 당시에 시도한 연구들은 문제해결력이 기본 개념과 절차를 먼저 학습하고 난 후 "문장제"를 해결하면서 연습하면 발달할 수 있는 것으로 가정되었었다. English와 Sriraman (2010)의 초기 수학적 문제해결을 위한 연구물들의 실패의 원인에 대한 지적은 그 핵심을 짚은 것이라 볼 수 있다. 학습자의 수학적 문제해결력 향상에 적합한 참된 문제를 제공하지도 못하였지만, 참된 문제가 제공했다하더라도 부적절한 수업 방법을 사용하면 그 결과는 부정적일 수 밖에 없다. 이는 개혁 기반 교육과정에 따라 개발된 수학교과서를 가지고 전통적인 방식으로 수업을 하면 그 수업효과는 의도했던 결과를 가져올 수 없는 것과 마찬가지이다(Senk & Thompson, 2003). 다섯 번째, 좀 더 근본적인 이유는 관련 정부기관 및 전문 기관들이 그들 자신 이미 문제해결에 대해 분명히 이해하고 있고 현재 드러난 문제들은 어떤 것이 작용하는지를 보여주는 개별 연구들을 통해서 해결되어야 한다고 믿고 있다는데 있을 수 있다(Lesh, 2010).

1990년대 중반으로 접어들면서, 학습자들의 수학적 문제해결력을 향상시키려는 연구자들의 노력이 잠정적인 실패로 확인되고, 수학적 문제해결 연구는 점차 줄어들게 되고(JRME에 게재된 수학적 문제해결 관련 논문편수는 1980년대에는 31편, 1990년대는 22편, 2000년에서 2003년에는 4편이다. 자세한 것은 Lester & Kehle, 2003 참고) 이에 관한 지식의 축적은 뒤처지게 되었다. 그렇다고 해서, 이 기간의 연구들이 아무런 진전을 보이지 않았다는 것은 아니다. NCTM(1980b)이 제안한 권고들이 전면적으로 새로운 조명을 받게 되었으며, 더 나아가 분명하게 Standards에서 수학적 문제

해결은 이것 자체로 독립적으로 다루어져서는 안 되고 다른 standards와 통합적인 관점에서 다루어져야 한다는 점이 부각되었으며, 수업 및 교육과정의 중심이 되어야 함이 확인되었다.

연구자들은 1990년대 중반 수학적 문제해결에 관한 연구가 숨고르기를 하는 원인으로, 수학적 문제해결을 이론화하는 작업이 쉽지 않으며(Schoenfeld, 2007), 수학적 문제해결과정을 밝혀내고 이를 수학교육에 적용하려 하였지만 그것이 자신들이 예상하였던 것 보다 훨씬 더 복잡하다는 것을 알게 되었다(Lester, 1994; Lester & Kehle, 2003) 이를 통해서 여러 연구자들은 수학적 문제해결의 연구가 다음과 같은 방향으로 나아가야 한다고 제언한다. 지금까지의 연구 주제들이 원자화되어 가는 경향이 있었는데, 이제는 주제간 통합이 이루어져야 한다(Hino, 2007), 인지심리학에서 벗어나 구성주의를 바탕으로 한 수학적 문제해결에 대한 연구가 진행되어야 한다(Stacy, 2007), ICT를 활용한 모델링을 통한 수학적 문제해결이 중심이 되어야 한다(English & Sriraman, 2010), 전통적인 실험설계에서 벗어난 디자인 실험(Design Experiments)을 통한 교실수업 연구로의 전환을 시도해야 한다(Cobb, Confrey, diSessa, Lehrer, & Schauble, 2003).

2000년대로 접어들면서, 위와 같은 새로운 요구에 부응해서 수학적 문제해결에 대한 연구는 새로운 국면을 맞게 된다. 연구자들은 규준을 성취할 수 있는 수업을 설계하여 실험을 하기 시작하였다. 이런 실험을 디자인 실험이라고 하는데, 전형적으로 디자인 실험은 직접적으로 문제해결을 지도하는 것이 아니라 개념적 이해, 즉 학습할 수학 지식을 새로운 방법 그리고/또는 교수법으로 수학 지식을 지도할 것을 목적으로 한다. 성공적인 학습 환경이 이루어지기 위해서는 방법론적 그리고 개념적 진전이 있어야 한다. 2000년대 들어서 새롭게 대두된 모토가 문제해결을 통한 수학학습이다(Lester, 2003; Schoen & Charles, 2003). 문제해결을 통한 수학 교수는 이미 1980년대 꾸준하게 가능한 한 가지 접근으로 제기되었지만(Baroody, 1993; Branca, 1980; Schroeder & Lester, 1989), 앞서 논의하였듯이 이 시기는 문제해결전략 및 발견술 지도로서의 목적을 띄고 있었기 때문에, 이 접근은 수학교육과정 발달사적 입장에서 상대적으로 새로운 아이디어였지만(Lester, 1994), 문제해결을 통한 수학 학습이 학습자의 학습을 촉진시킬 수 있을 것이라는 데는 동의를 하고 있었다. 이 새로운 접근과 전형적으로 관련된 많은 아이디어들(아동관의 변화, 교사의 역할의 변화, 학습자가 학습할 수학 내용으로서의 지식관에 대한 변화, 수업을 위한 문제의 개발 및 선택, 모든 학습자가 학습하는 학습공동체 형성, 협력학습, 교육과정 및 수학교과서의 개발, 새로운 교수법 등)이 광범위하게 연구되었고 현재 문제해결 수업을 통한 수학 학습과 관련해서 교사들이 던지는 많은 질문들에 대해서 연구결과물을 토대로 하는 답을 할 수 있다. (이에 대한 자세한 내용은 Cai(2003), Lindquist(1989), Schoenfeld(2006)을 참고하기 바란다.)

수학적 문제해결과 관련된 모든 새로운 견해들에 대해 논의하는 것은 본고의 범위를 벗어나므로, 본고에서는 문제를 중심으로 다른 요소들과 관련지어가면서 논의하도록 한다. 왜냐하면, 학습자에게 제공되는 학습자료 중의 하나인 문제는 그 문제가 학습자에게 요구하는 것이 무엇이냐에 따라 이후 학습 장면에 지대한 영향을 미치기 때문이다. 앞서도 지적하였듯이, 1990년대까지 주로 이루어지던 수학적 문제해결 접근이 실패를 한데는 다른 요인들도 있지만, 우선적으로 학습자에게 주어진 문제들이 단순한 문장제라는 데 있다. 즉, 이런 문제는 주로 교사가 그 풀이과정을 설명하고 학습자는 경청하고 나서, 교사는 학습자들에게 유사문제를 내고 학습자들은 이들을 푼다. 이후 교사와 학습자가 학습자들의 반응을 평가하는 수업을 진행할 수 밖에 없는 것이다. 참문제는 상황을 제시하고, 학습자들이 이 상황으로부터 한 가지 또는 그 이상의 적절한 해를 개발해 낼 수 있는 상황을 의미한다(NCTM, 1989). 이를 하기 위해서는 학습자들은 주어진 상황을 탐구하고, 그 상황이 제공하는 문제에 대한 답을 줄 수 있는 자료를 수집하고, 분석하고, 얻어진 해에 대하여 논의를 하고, 그 해가 주어진 문제 상황에 적합한지 반성해야 한다. 이에 적합한 소재는 바로 실생활에서 얻어지는 소재들이다. NSF(National Science Foundation)의 재정 지원을 받아 개발된 모든 초·중·고 개혁기반(또는 규준기반) 교육과정은 실생활 상황을 그 학습소재로 한다(Senk & Thompson, 2003). 또한, Burns와 동료연구자들도 실생활소재를 중심으로 한 수학 수업 자료를 활용하고 있다(Burns & Wickett, 2001; Wickett, Ohanian, 2002).

학습자는 주어진 문제를 해결함으로써 단순히 자신이 알고 있는 지식을 적용하는 것이 아니라 수학적 지식을 학습할 수 있어야 한다. 이때, 관심을 가져야 할 것은 현재 교실 공간에 있는 모든 학습자들은 저마다 다른 지적 능력을 소유하고 있기 때문에 저마다 다른 이해를 취할 수 있다는 점이다(김진호, 2010; Cai, 2003). 그런 점에서 보면 참문제는 다양한 접근이 가능해야 할 뿐만 아니라 다양한 결과를 가져올 수 있어야 한다. 교사는 이런 학습자의 지적 능력을 인정해야지만 개혁기반 수업에서 성공할 수 있다. 교사가 이에 동의하지 않으면 교사는 학습목표라는 하나의 지식에 초점을 둔 수업을 하게 되고 학습자들의 사고의 다양성은 존중받지 못하게 된다(Kamii, 1994). 한편, 대부분의 교사들은 이런 문제로 진행되는 수업 관행에 익숙하지 않기 때문에 그들은 새로운 수업 관행에 익숙해 질 필요가 있다. 이러한 교사들에게 익숙하지 않은 관행 중에 두 가지를 꼽는다면, 하나는 주어진 수학교과서의 계열에 따라서 수업을 하는 것이 아니라 학습자들의 이해 정도에 따라서 수업자료를 선택해야 하는 것이고, 다른 하나는 수학적 의사소통이 활발한 교실 문화를 형성하는 것이다. 이런 관행에 익숙해 질 수 있는 효과적인 방법은 워크샵이나 각종 연수를 받는 것 보다 수학 학습 상황에서 수학적 아이디어를 분석하고 연결성을 발견하는 기회를 가질 필요가 있다(Ball, 1993; Bransford, Brown, & Cocking, 2000).

수학적 문제해결이란 주제는 끊임없이 새로운 연구주제가 생겨난다는 점에서 수학교육 분야에서 마르지 않는 샘과 같다고 할 수 있다. 현재의 이 연구가 미래의 연구에 긍정적인 영향을 미치기를 기대해 본다.

2. 우리나라에서의 수학적 문제해결 연구 동향

우리나라는 국가수준의 교육과정을 갖고 있는 국가이기 때문에, 우리나라에서의 수학적 문제해결에 대해 언급하면서 수학과교육과정 및 (초등)수학교과서를 언급하지 않을 수 없다. 우리나라 수학과교육과정에서 수학적 문제해결이 주요 목표로 제시되는 것은 제4차 수학과교육과정으로, 시기적으로 보아 미국에서 수학적 문제해결이 강조되던 시기와 거의 같은 시기임을 알 수 있다. 국가수준의 교육과정을 운영하기 때문에, 우리나라는 교육과정 개정과 동시에 2학년에서 6학년 초등수학교과서에 “여러가지문제” 단원을 구성할 수 있었던 반면에, 국가 교육과정이 없는 미국에서는 NSF의 지원을 받아 개발된 개혁 수학교과서들이 제작되면서 비로서 문제해결이 수학교과서에 반영되기 시작하였다. (Schoenfeld, 2007) 1970년대 및 1980년대 초반에 수학적 문제해결과 관련된 연구물이 거의 없었을 뿐만 아니라 전문 연구자 또한 거의 없었다는 점에서 이런 과감한 시도는 획기적이었다고 하지 않을 수 없다. 하지만, 이런 시도는 학습자의 문제해결력을 신장시키기 위한 문제의 게재에 불과하다(백석윤, 1993). 수학적 문제해결을 수학교육과정에 반영하려는 근본적인 철학을 이해하지 못한 채, 당시의 일부 수학교육관련 종사자들은 “기존의 수학교육이 바로 문제해결을 포함하고 있기 때문에 새삼스러울 것이 없다.”는 주장을 내세우며(백석윤, 1993), 수학적 문제해결을 마치 “문제풀기” 또는 “문장제의 풀이”로 오해하고, 이런 경향은 이후에도 지속적으로 유지되어 오고 있다(박교식, 1996; 정인수, 2003).

여러 가지 문제점을 안고 시작한 교육과정상의 수학적 문제해결의 목표를 달성하기 위한 연구진들이 다양한 연구들을 진행하였다(강옥기, 정은실, 박교식, 강문봉, 1989; 강옥기, 신성균, 강완, 류희찬, 정은실, 박교식, 우정호, 1985; 성인서, 1987; 신성균, 강문봉, 황혜정, 1993; 양인환, 1991).

수학적 문제해결의 강조는 제5차 및 제6차 수학과 교육과정에서도 계속되고 있다. 지도내용면에서 문제해결 전략이나 내용, 방법 등을 포함시킴으로써 보다 문제해결 교육에 적극성을 띈다. 교육과정상에서는 수업 방법에 대해서 강조를 하고 있음에도 불구하고, 초등수학교과서는 학습자들에게 문제해결전략을 지도할 목적으로 여러 가지 문제 단원을 활용한다. Kim(2002)이 지적하였듯이, 한 단원에 한 두 전략을 독립적으로 배정하는 방식보다는 다양한 전략을 경험할 수 있도록 배정하는 방식이 채택해야하지 않았나 싶다. 그러나 실제 교실수업에서는 창의적인 사고력과 문제해결력을 기르는 교육이 강조되지 않고 있었다(조경원, 김경자, 노선숙, 2000).

이후, 제7차 수학과 교육과정에서는 문제해결전략 중심의 수학적 문제해결에서 벗어나 문제해결을 통하여 교수·학습할 것을 강조하고 있다. 이는 문제해결이 마치 독립된 내용지식인양 다루어지고 있는 현실에 대

한 반성의 결과이었다. 이런 시도는 수학의 내용을 문제해결방식을 통하여 문제해결의 정신에 입각한 방식으로 교수·학습하고자 하는 것이다(교육부, 1997). 이는 수학적 문제해결에 있어서 그 강조점의 변화라는 점에서 매우 주목받아야 한다. 이런 강조점의 변화는, 앞절에서도 진술하였듯이, 세계적인 변화와 같이 한다는 점에서 의미있는 시도이다. 하지만, 이런 교육과정에서의 강조는 다시 한 번 수학교과서에는 반영되지 못한다. 제7차 수학과 교육과정에 따른 초등수학교과서는 여전히 문제해결전략 중심으로 구성되어 있음을 알 수 있다(박교식, 2001; 방정숙, 김상화, 2006). 이런 점은 다른 영역에서도 나타나고 있는 수학과교육과정과 수학교과서 사이의 괴리의 연장선상에서 이해할 수 있다(김진락, 1992; 소경희, 2000; 이부다, 김진호, 2010). 더 심각한 괴리 문제는 교육과정내에서 발생하는 괴리이다. 제7차 수학과교육과정을 살펴보면, 이처럼 문제해결을 통한 수학 학습을 강조하고 있음에도 불구하고, 즉 문제해결전략 중심의 교육에서 벗어나고자 한다고 진술하고, 교수·학습 방법에 대해 진술하면서 다음과 같이 진술하고 있다(교육과학기술부, 2010).

> 문제해결력을 신장시키기 위하여 문제해결 과정(문제의 이해 → 해결계획 수립 → 계획 실행 → 반성)에서 구체적인 해결 전략(그림 그리기, 예상과 확인, 표 만들기, 규칙성 찾기, 단순화 하기, 식 세우기, 거꾸로 풀기, 논리적 추론, 반례 들기 등)을 적절히 사용하며, 문제해결의 결과뿐만 아니라 해결과정과 그 방법도 중시하도록 한다. (p. 13)

문제해결전략 지도로서의 수학적 문제해결이 아닌 문제해결을 통한 수학 학습으로서의 수학적 문제해결로의 패러다임적 전환에 대한 고민이 더 필요하다고 볼 수 있다. 이러한 문제점은 최소한 2007 개정교육과정에서는 해소되었다고 볼 수 있다(교육과학기술부, 2007).

> 수학적 문제해결력 신장은 ... 개정 교육과정에서도 지속적으로 강조될 필요가 있다. 이를 위하여 개정교육과정에서는 교육목표에서 뿐만 아니라 내용, 교수·학습 방법, 평가에 걸쳐 일관되게 강조하고 있다. (p. 40)

개정교육과정에서 명시적으로 선언한 위와 같은 진술이 반영된 수학교과서의 제작 및 이를 반영한 수업이 진행되고 있는지는 새로운 연구대상이다.

지금까지 우리나라의 수학과 교육과정에서 문제해결을 어떻게 다루고 있는지 살펴 본 결과로부터 내릴 수 있는 결론은 다음과 같다. 우리나라의 수학적 문제해결과 관련된 교육과정의 진술은 세계적인 동향과 그 맥락을 거의 같이 하고 있다고 볼 수 있지만, 이를 실천하기 위한 수업자료인 수학교과서에는 제대로 반영되지 못하고 있지 않나 싶다. 앞으로는 이런 괴리를 줄이려는 노력이 필요하겠다.

이제, 우리나라의 수학교육에서 문제해결에 대한 연구는 어떻게 이루어졌는지 살펴보자. 문제해결에 대한 연구는 주로 1980년대 이후부터 나타나기 시작하였는데 1990년대 초반까지 그 연구의 경향을 살펴보면 다음과 같다(백석윤, 1993). 첫째, 수학교육에 문제해결의 소개를 겸한 기초 이론적 정리, 둘째, 수학적 문제해결력에 대한 분석, 셋째, 문제해결의 지도-학습 방법에 대한 고찰, 넷째, 문제해결 결과의 평가 방법에 대한 고찰, 다섯째, 문제해결 교육을 위한 문제의 탐색 및 개발 등이며, 이 중에 문제해결 학습-지도를 위한 방법의 모색이 주를 이루고 있다. 이러한 주제들을 바탕으로, 국내에서 1980~1995년에 78편, 1996~2000년에 89편의 문제해결력에 관한 연구가 수행 되었다(방승진, 이상원, 황동주, 2002).

2001년부터 2004년까지 우리나라에서 수학교육과 관련한 주된 학회지에 실린 논문 중(박교식, 2005 참조) 문제해결과 관련한 내용을 보다 구체적으로 살펴보면, 웹이나 공학을 활용한 문제해결, 수학적 의사소통과 문제해결과의 관계, 문제중심 수업 또는 이와 관련된 학습자료 개발, 문제해결 과정에서의 메타인지적 활동 또는 직관과 논리의 역할, 문제 만들기 활동과 문제해결력과의 관계, 문제해결 과정에서 학생들이 사용하는 전략 분석 또는 학생들이 경험하는 오류나 사고과정 분석, 수학적 문제해결력과 관련된 정의적 요소 분석, 교사의 문제해결 지도에 관한 접근 방식에 따라 학생에게 미치는 영향 등 다른 관련된 구성 요소와 연계하여 다양한 연구가 진행되어 왔음을 알 수 있다(방정숙, 김상화, 2006).

한편, 황치홍(2001)은 1980년대부터 2000년까지의 국내 문제해결 관련 연구—국내 석박사 학위논문, 학회지 논문 등—에서 주로 다루어지고 있는 주제 및 그 동향에 대해서 분석하였다. 그에 따르면, 문제해결 학

습지도, 문제해결 교수, 문제해결 전략 등에 대한 연구가 주를 이루고 있으면서도 특히 문제해결 학습지도에 집중되어 있는 경향이 있었다. 그러면서도, 컴퓨터와 문제해결이라는 주제가 새로운 주제로 활발하게 연구되고 있었다. 하지만, 문제해결과 평가, 문제해결과 태도 등 일부 주제들에 대한 연구는 미미한 상태라서 이 주제에 대한 연구들이 더 있어야 할 것으로 보여진다.

우리나라의 문제해결에 대한 연구 동향을 살펴보면, 미국의 문제해결 연구 동향과 큰 차이점이 있다. 미국의 연구 동향은 문제해결내의 특정한 주제에서 다른 특정한 주제로 변화되어 왔음을 알 수 있다. 하지만 우리나라는 특정한 주제에 따른 흐름이 있는 것이 아니라 처음부터 폭넓게 문제해결내의 여러 분야가 동시에 연구가 이루어지고 있음을 알 수 있다. 물론, 초기에 문제해결과 문제의 정의, Polya의 이론에 관한 연구 등 문제해결 이론의 기초가 되는 부분이 집중적으로 연구가 이루어졌었다. 하지만, 그 이후에는 다양한 분야의 연구가 동시에 이루어지고 있음을 알 수 있다.

III. 연구 방법

1. 연구 방법

추세 외삽법(Trend Extrapolation), 추세 영향 분석(Trend Impact Analysis), 교차 영향 분석(Cross Impact Analysis), 델파이기법(Delphi Technique) 등 다양한 방법을 사용해서 미래예측을 할 수 있다(Phi Delta Kappa, 1984) 이런 기법들 중 델파이기법은 추정하려는 문제에 관한 정확한 정보가 없을 때는 “두 사람의 의견이 한 사람의 의견보다 정확하다.”는 계량적 객관의 원리와 “다수의 판단이 소수의 판단보다 정확하다.”는 민주적 의사결정의 원리에 논리적 근거를 두고 있다(이종성, 2006). 델파이기법은 예측하려는 문제에 관하여 전문가들의 견해를 유도하고 종합하여 집단적 판단으로 정리하는 일련의 절차라고 할 수 있다.

델파이 과정은 이론적으로는 합의가 이루어질 때까지 계속적으로 반복되어야 하지만(Hsu & Sandford, 2007), 대부분의 경우에 3~4회에 걸친 질문으로 충분하다(이종성, 2006; Ludwig, 1997; Custer, Scarcella & Stewart, 1999). 4회에 걸친 델파이 과정의 절차는 다음과 같다. (보다 자세한 과정은 Hsu & Sandford, 2007; Yousuf, 2007 참조)

제1회: 추정하거나 해결하려는 문제에 해당하는 분야의 전문가 또는 이해집단 구성원을 선정하여(패널이라고 함) 이들로 하여금 상호접촉하지 않고 연구문제에 대한 개방형 질문에 응답하도록 하여 일련의 판단을 수집한다.

제2회: 1회 개방형 설문으로 수집한 비체계적인 개방형 응답들을 편집하여 구조화된 폐쇄형 질문들을 만들어 다시 패널들로 하여금 질문의 각 항목내용의 중요성, 희망, 가능성 등에 대하여 동의하는 강도(보통 likert형 청도)를 평정하도록 한다.

제3회: 2회에서 회수한 패널들의 반응에 대하여 집중 경향과 변산도(중앙값과 사분점간 범위: 사분범위라고도 함 또는 평균과 표준편차)를 산출한다. 3회 설문의 각 패널들에게 각 질문의 집중 경향과 변산도 측정값(통계적 집단 반응)과 패널 본인의 제2회 반응을 피드백하여 질문에 대한 반응을 재고하고 수정할 수 있는 기회를 제공한다. 제3회 질문의 각 설문에 대한 반응란에는 동의의 강도뿐만 아니라 다수의 의견으로부터 벗어난 반응을 할 때에는 다수의 의견과 달리하는 이유를 적을 수 있는 란을 포함한다.

제4회: 제3회에서 회수한 패널들의 반응에 대하여 집중경향과 변산도를 다시 산출하고 다수 의견으로부터 벗어난 소수의견을 수합한 보고서와 함께 질문을 반복한다. 패널들의 의견이 어느 정도 일치할 때까지 몇 차례 질문을 반복한다.

본 연구에서는 시간과 여러 가지 제약에 의해 3회에 걸쳐서 델파이 과정을 시행하였다.

2. 연구 대상

델파이기법에서 연구 대상의 선정은 대단히 중요한 과정이다. 왜냐하면, 이것이 생산된 연구결과에 지대한 영향을 미치기 때문이다. 그럼에도 불구하고, “델파이 기법에 관한 문헌에서, 연구 대상을 선정하는 준거에 대해서는 애매모호한 상태로 남아 있다(Kaplan, 1971). 델파이 연구 대상의 선정은 수행 중인 연구 주제에서 요구하는 전문지식의 정도에 의존한다.

본 연구에서는 제1회 델파이 과정을 위해서 문제해결과 관련한 책을 저술하거나 학술지에 문제해결 관련

논문을 다수 게재하거나 문제해결과 관련한 프로젝트에 참여한 7명의 초등수학교육자를 선정하였다. 그러고 나서, 제2회 델파이 과정에 참여할 전문가는 초등수학교육자(교육대학교수), 초등수학교육 박사학위자, 초등수학교육 박사과정생으로 총 67명을 선정하였다. 이메일을 통한 설문을 실시하기 위하여 이들의 이메일을 각 교육대학교 홈페이지, 대한수학교육학회 및 한국수학교육학회 인명록, 한국교원대학교 동문회 명부를 통해서 이들의 이메일 주소를 확보하였다. 확보한 이메일이 변경되어 설문에 참여하지 못한 연구자를 제외하고 7인의 패널을 포함하여 최종적으로 67명이 참여하게 되었다. 2회 델파이 설문에 실제적으로 참여한 전문가는 총 41명이었고, 이들을 대상으로 제3회 델파이 설문을 실시하였다. 이 중 제3회 델파이 설문에 응답한 전문가는 총 38명이었다.

3. 연구 절차

위에서 설명한 것처럼, 제1회 델파이 과정을 위해서 7인의 패널을 선정한 후, 이들을 대상으로 제1차 델파이 설문을 실시하였다. (<부록 1> 참고) 각 패널은 연구진이 제시한 개방형 질문(앞으로 우리나라에서 문제해결 중 중요하게 다루어져야 하는 주제를 적어주세요.)에 대해서 4~6개의 반응을 하였다.

연구진은 이들의 반응을 정리하고 주제별로 분류하여 세부 문항까지 총 23개의 설문 문항으로 제2회 델파이 과정을 위한 2차 델파이 설문지를 작성하였다. 이 23개의 문항은 문제해결에서 예비교사교육과 교사교육과 관련한 문항 5개(문항 1.(1)에서 문항 3), 문제와 관련한 문항 7개(문항 4에서 문항 10), 학생관련 문항 5개(문항 11에서 문항 15), 문제해결과 관련된 여러 가지 사항에 관련된 문항 6개(문항 16에서 문항 21)로 구성되어있다.(<부록 2> 참고)

<표 1> 각 주제에 관한 문항

문제해결에서의 주제	문항
예비교사교육과 교사교육	1.(1) ~ 3
문제	4 ~ 10
학생	11 ~ 15
문제해결과 관련된 여러 가지 주제	16 ~ 21

초등수학교육자 35명, 초등수학교육 박사학위자 12명, 초등수학교육 박사과정생 20명, 총 67명을 대상으로 제2회 설문을 실시하였다. 실시 방법은 전체 대상자에게 전자메일을 사용하여 설문지를 보내고 답메일을 받았다. 1차로 전체 전자메일을 2월 22일에 보내어 응답하지 않은 사람을 대상으로 개별 메일을 보내거나 직접 설문을 하거나 전화를 통하여 응답하도록 요구하였다. 2차 설문에 응하지 않은 설문자들을 대상으로 설문에 반응해 줄 것을 재차 요청하였다. 그리하여 2월 22일부터 4월 8일까지 제2회 설문의 응답자는 초등수학교육자 20명, 초등수학교육 박사학위자 5명, 초등수학교육 박사과정생 16명으로 총 41명이다. 그래서 2회 설문의 응답률은 61.19%이다. 2회 설문지의 응답에 관하여 사분점간 범위를 구하였다.

그러고 나서, 제3회 설문을 제2회 설문에 응답한 설문자들을 대상으로 실시하였다. 제3회 설문은 각 설문자가 응답한 내용과 전체 응답자가 응답한 결과를 비교하여 다른 경우에 자신의 응답을 수정할 수 있도록 하기 위함이다. 델파이 방법에서 이런 과정은 합의를 위한 과정으로 생략해서는 안 되는 과정이다. 제3회 설문 또한 전자메일을 이용하여 5월 12일부터 28일까지 실시되었다. 제2회 설문과 마찬가지로 응답이 없는 경우는 직접설문, 전화 설문, 전자메일을 이용해 재차 삼차에 걸쳐 설문에 응답해 줄 것을 요청하였다. 연구대상자 중 개인 사항으로 인하여 빠진 3명을 제외하고 38명이 응답하여, 응답률 92.68%이다.

2회 응답반응과 3회 응답반응을 비교분석하여 2회 응답보다 3회 응답에서 의견이 좀 더 수렴되었는지, 어느 문항이 변화가능성이 큰지, 작은지 등을 분석하였으며, 연구대상을 전문연구가인 교수 집단(이하 전문연구 집단)과 초보연구가인 박사 및 박사과정생 집단(이하 초보연구 집단)으로 나누어 비교분석하였다.

4. 자료분석 방법

1) 합의와 수렴에 대한 분석 방법

설문지의 각 항목의 변화가능성과 희망에 관한 설문 참여자의 합의는 표준편차로, 두 집단 간의 합의(희망)는 일원분산분석(F-prob)으로 분석하였다. 델파이 절차를 적용한 목적의 하나는 횟수를 거듭함에 따라 설문 참여자들의 응답이 수렴하도록 유도하기 위한 것이다. 제2회와 제3회의 각 항목에 대한 응답의 표준편

차로 비교하고, 수렴에 대한 분석은 3회 결과를 바탕으로 하였다.

2) 변화가능성과 희망

제1차 델파이 설문으로 얻은 23개 주제에 대하여, 전문가들이 그 주제가 앞으로 연구되어야할 것이라고 객관적으로 의견을 나타낸 것을 변화가능성이라고 보았다. 그리고 전문가들이 개인적으로 주관적으로 그 주제가 앞으로 연구되었으면 좋겠다고 의견을 나타낸 것을 희망이라고 보았다. 이는 모두 5점척도(Likert-type의 응답척도)로 제시하게 하였다.

변화가능성의 정도는 Likert-type의 응답척도를 퍼센트로 전환하기 위하여 다음 선형 공식을 적용하여 퍼센트로 환산하였고, 그 환산값은 <표 2>와 같다.(이종성, 2006)

<표 2> Likert-type척도의 퍼센트 환산값

Likert-type 척도	%
1	96.00
2	73.25
3	50.50
4	27.75
5	5.00

Y=-22.75+118.5 (단, X: Likert-type 척도상의 응답, Y: %)

이와 같이 퍼센트로 환산된 변화가능성 확률은 다시 정상적으로 분석하기 위하여 변화가능성 정도를 <표 3>과 같이 분류하였다(이종성, 2006). 희망가능성도 같은 척도를 사용하였다.

<표 3> 변화가능성 확률에 따른 변화가능성 정도

변화가능성 확률(%)	변화가능성 정도
67이상	높다
51~66	있다
50이하	낮다

IV. 연구 결과

선정된 67명의 설문대상자 중 이들의 여러 가지 사정으로 인하여, 제2회 설문에는 41명, 제3회 설문에는 38명의 전문가들의 의견을 수렴하게 되었다. 이 전문가들의 제2회 응답과 제3회 응답을 비교하고, 어떤 주제를 중요시하는지 살펴보고, 전문가들을 전문연구자 집단과 초보연구자 집단으로 나누어 각 집단의 의견을 비교하였다.

1. 합의와 수렴

델파이기법 중 반복해서 같은 문항으로 여러 번 설문 조사를 하는 이유는 응답자들의 반응들의 합의와 수렴 정도를 알아보기 위해서이다. 본 연구에서, 3회 설문의 합의 정도는 변화가능성에서 전척도대비 11.83%에서 20.30%까지 나타났으며, 희망에 대한 합의는 10.46%에서 19.69%로 나타났다. 이는 각 문항의 표준편차 값의 범위를 나타낸다.

연구 대상은 전문연구자 집단과 초보연구자 집단으로 구성되어있다. 이 두 집단 간의 합의도 이루어졌는지도 살펴보았다. 변화가능성에서는 t-검정을 실시한 결과, 두 집단의 응답 중 유의미한 차를 나타내는 문항은 존재하지 않았다. 희망에서는 t-검정을 실시한 결과 두 집단의 응답 중 유의미한 차를 나타내는 문항은 총 7개가 존재했다. 문항 8, 9는 문제와 관련된 문항이고, 문항 13, 14, 15는 학생과 관련된 문항이며, 문항 17, 18은 문제해결과 관련된 여러 가지 사항에 관한 문항이다.

<표 4> 집단간 유의미한 차를 나타낸 항목

문항	집단	인원	평균	표준편차	t	p
8	교사	18	85.89	14.01	2.567	0.015
	교수	20	70.98	20.75		
9	교사	18	80.83	11.04	2.340	0.025
	교수	20	69.84	16.95		
13	교사	18	75.78	13.26	3.862	0.000
	교수	20	55.05	18.96		
14	교사	18	83.36	14.01	2.189	0.035
	교수	20	72.11	17.27		
15	교사	18	84.63	17.88	2.248	0.031
	교수	20	70.98	19.39		
17	교사	18	88.42	11.04	2.480	0.018
	교수	20	75.53	19.39		
18	교사	18	90.94	9.73	3.044	0.004
	교수	20	75.53	19.39		

$p<0.05$

결론적으로, 변화가능성에 대한 교사와 교수의 응답이 통계적으로 유의미한 차를 나타낸 것이 존재하지 않으므로, 모두의 합의를 이끌었다고 말할 수 있다. 희망에서만 23문항 중 7개의 문항에서 유의미한 차를 나

타내었다. 16개의 문항에서는 전문연구자 집단과 초보 연구자 집단의 합의가 이루어졌다고 말할 수 있다.

전제적으로, 각 문항에 대해 다양하게 반응이 나온 것은 아니다. 3회 설문에서는 50%이하의 %가 한 문항도 없었다는 것은 전문가들이 각 문항이 추후 연구될 필요가 있는 주제들이라고 판단하는 것이라고 할 수 있다. 박사과정의 교사 몇 명과 인터뷰해 본 결과, 그들은 제1회에서 전문가들이 주제를 잘 선정해서인지 모두 변화되어야 하거나 희망한다고 생각한다고 말했다. (<표 8>, <표 10> 참고)이는 제1회에서 전문가 패널이 미래의 연구가 이루어져야할 주제를 잘 선정한 것이라고 볼 수 있을 것이다.

2. 변화가능성과 희망

3회에 걸친 델파이 설문을 통하여 변화가능성과 변화에 대한 응답자의 주관적인 희망을 분리하도록 노력하였다. 이를 검증하기 위하여 제2회와 제3회의 변화가능성, 제2회와 제3회의 희망에 대한 관계를 분석하여 보았다. 이를 위하여 <표 5>를 살펴보면, 제2회 설문 및 제3회 설문의 변화가능성의 평균의 차이가 거의 나지 않는다. 따라서, 제4회 설문을 실시하지 않아도 전문가들 간에 의견의 합의에 이르렀다고 볼 수 있다. 이는 희망에 대한 수치도 마찬가지이다.

<표 5> 각 부분의 평균과 표준편차

	문항	평균	표준편차
2회 변화가능성	23	62.84	5.37
3회 변화가능성	23	62.82	6.03
2회 희망	23	77.57	6.43
3회 희망	23	78.38	6.69
합계	92	70.40	9.73

제2회와 제3회의 변화가능성을 한 집단으로 두고, 제2회와 제3회의 희망을 한 집단으로 구성하여, 전문가 집단이 변화가능성과 희망을 따로 분리하여 생각하여 델파이 설문에 응하였는지를 살펴보았다(<표 6> 참고). 집단간 비교를 위한 F값 46.544에 대한 유의확률은 0.000으로, $p<0.05$가 성립한다. 따라서 변화가능성과 희망이 통계적으로 유의미한 차이가 있다. 이러한 경우 네 개의 영역 사이의 차이가 있는 지 검증을 위해 사후비교(Post Hoc Tests)를 추가로 시행하여야 한다.

<표 6> 각 부분에 따른 분산분석

	제곱합	자유도	평균제곱	F	유의확률
집단-간	5281.251	3	1760.417	46.544	0.000
집단-내	3328.388	88	37.823		
합계	8609.639	91			

$p<0.05$

그리하여, 제2회와 제3회의 변화가능성과 희망이 분리되어 의견이 제시되었다는 것을 세분화하여 살펴보면(<표 7> 참고), 제2회와 제3회 변화가능성의 차이와 제2회와 제3회의 희망에 대한 차이는 유의확률 $p<0.05$에 해당되지 않으므로, 통계적으로 유의미한 차이는 없다. 즉, 제2회의 변화가능성과 제3회의 변화가능성에 대한 의견이 차이가 없다는 것을 말해준다. 또한, 제2회의 희망과 제3회의 희망에 대한 의견에도 차이가 없다는 것을 알 수 있다. 이 결과가 제4회의 델파이 설문을 실시하지 않은 이유이다. 제2회의 변화가능성과 희망, 제3회의 변화가능성과 희망, 제2회의 변화가능성과 제3회의 희망, 제3회의 변화가능성과 제2회의 희망 사이에는 통계적으로 유의미한 차이가 있음을 알 수 있다. 이는 전문가들이 변화가능성과 희망을 분리하여 생각한 결과라고 볼 수 있다.

<표 7> 모든 통계치의 순위 상관계수

	제2회 변화가능성	제3회 변화가능성	제2회 희망	제3회 희망
제2회 변화가능성		1.000	0.000	0.000
제3회 변화가능성			0.000	0.000
제2회 희망				0.978
제3회 희망				

$p<0.05$

이와 같은 결과를 바탕으로, 제3회의 변화가능성과 희망에 대한 응답을 분석하여 살펴보았다.

1) 변화가능성

변화가능성에서 각 문항의 변화가능성의 정도는 아래 <표 8>와 같다. 변화가능성이 낮은 문항은 하나도 없었고, 변화가능성이 높은 문항은 5개 문항이며, 나머지 문항은 모두 변화가능성이 있음을 나타내었다.

<표 8> 각 문항의 변화가능성의 정도

변화가능성 정도	문항
높다	1.(1), 1.(2), 2, 3, 4
있다	1.(3), 5~21
낮다	없음

변화가능성에서 평균가능성이 가장 높은 문항을 순서대로 정리하면 <표 9>과 같다. 문제 3은 문제해결을 통한 수학학습을 실행하기 위해서는 교사는 반드시 학습자의 현재의 이해를 바탕으로 수업을 진행해 가야 한다는 점과 유감스럽게도 현재 이루어지고 있는 수업을 통해서는 이 주제를 성취해 낼 수 없음을 전문가들이 인식하고 있음을 반영한 결과라고 할 수 있다. 문항 1.(1)은 수학을 지도하는데 필요한 지식(MKT: Mathematical knowledge for Teaching)에 대한 연구가 활발한 가운데 이 중 한 분야로 문제해결을 지도하는데 필요한 수학지식(MKPS: Mathematical knowledge for problem solving)에 대한 연구의 필요성을 제기한 것으로 볼 수 있다. 문항 1.(2)와 문항 2는 예비교사 교육에서 여전히 폴리아의 문제해결 4단계 중심의 문제해결 교수법과 교사들 사이에서 문제해결과 문제풀기를 혼돈하고 있음에 대한 전문가들의 인식이 반영된 것이라고 볼 수 있다. 문항 4는 문제에 관한 문항이다. 문제해결을 통한 교육의 시작은 좋은 문제로부터 시작한다는 점에서 전문가들은 이런 인식은 시사하는 바가 크다고 볼 수 있다. 즉, 제7차 교육과정 이후로 여러 차례에 걸쳐 교육과정이 개정되었고 현재도 개정에 대한 논의가 이루어지고 있는 시점에서 여전히 전문가들이 이런 인식은 초등수학교과서에 제시된 문제들이 문제해결을 통한 수학학습에 적합하지 못하다고 판단하고 있음을 시사하는 것이 아닐까 한다. 앞서 진술하였듯이, 문제해결을 통한 수학학습에서는 개방형 문제를 통한 수학학습을 위해서 개방형 문제를 도입할 것을 주장하는데 반해, 현재의 초등수학교과서의 접근은 학습한 내용의 응용 또는 적용을 위해서 개방형 문제를 도입하고 있다. 이를 통하여, 일반적으로 전문가들은 예비초등교사와 초등교사 교육이 앞으로 더 많이 연구될 것이라고 생각하고 있다는 것을 알 수 있다.

<표 9> 높은 변화가능성을 보인 항목

문항	문항 내용	평균가능성(%)
3	예비초등교사/초등교사의 학생들의 문제해결 과정에 대한 이해 증진	73.85
1.(1)	예비초등교사/초등교사의 문제해결이나 문제해결 교육에 대한 PCK	70.26
1.(2)	예비초등교사/초등교사의 문제해결이나 문제해결 교육에 대한 인식	69.66
2	문제해결 교수법(교사교육관련)	69.66
4	좋은 문제 개발	68.46

앞서도 언급하였듯이, 제2회 및 제3회 설문에 참여한 전문가들은 모든 문항에 대해서 변화가능성이 있다고 판단하였다.

2) 희망

희망에서 각 문항의 평균희망지수의 정도는 다음 <표 10>과 같다. 연구를 희망하지 않는 문항은 하나도 없었고, 1개의 문항을 제외한 모든 문항이 모두 높은 희망지수를 나타내었다. 이 한 개의 문항은 '학년 또는 학년군별 문제해결능력의 세분화'에 관한 연구가 이루어져야 한다는 문항 13으로, 64.87%의 희망지수를 나타내었다.

<표 10> 각 문항의 희망의 정도

희망 정도	문항
높다	1.(1)~12, 14~21
있다	13
낮다	없음

희망에서 평균희망지수가 높은 항목을 정리해보면 <표 11>과 같다. 변화가능성과 순위가 다르기는 하지만 변화가능성과 마찬가지로 문항 4를 제외하고, 다른 문항들은 예비초등교사와 초등교사 교육에 관한 것이다. 이로 미루어, 전문가들은 앞으로 변화도 가능하지만 무엇보다 전문가들이 예비초등교사와 초등교사 교육에 관한 연구가 많이 이루어졌으면 하는 희망이 크다는 것을 알 수 있다.

<표 11> 높은 희망을 보인 항목

문항	문항 내용	평균희망 지수(%)
1(1)	예비초등교사/초등교사의 문제해결이나 문제해결 교육에 대한 PCK	89.41
1(2)	예비초등교사/초등교사의 문제해결이나 문제해결 교육에 대한 인식	89.41
2	문제해결 교수법(교사교육관련)	85.82
4	좋은 문제 개발	85.82
1(3)	예비초등교사/초등교사의 문제해결이나 문제해결 교육에 대한 수업분석	84.63
3	예비초등교사/초등교사의 학생들의 문제해결 과정에 대한 이해 증진	84.63

V. 맺음말

본 연구는 수학교육학 분야의 주요 연구 관심사인 문제해결 분야에서의 미래에도 연구되어야 할 연구 영역이 무엇인지를 알아 본 연구로, 이를 알아보기 위해서 전문가들의 견해에 대한 합의를 추정해 볼 수 있는 델파이 기법을 사용하였다. 앞 절에서 논의들이 반드시 미래에 연구가 되어야 한다는 것을 의미하지는 않는다. 다만, 초등수학교육 전문가들은 이런 견해를 가지고 있음을 보이는 것이다.

델파이 제1회에서 전문가들이 제시한 23개 문항에 대해서 제2회와 제3회에 보인 모두 전문가들의 반응이 단 한 문항에 대해서도 “변화가능성이 없다” 그리고 “희망하지 않는다”고 한 반응이 없다는 것은 앞으로 문제해결과 관련해서 연구해야 할 주제들이 많음을 입증하는 것이라고 할 수 있다. 이는 이 문제해결이 수학교육 분야에서 지속적으로 연구되어야 할 분야임을 의미한다고 볼 수 있다. 전문가들이 선정한 문제해결에 관련된 주제의 변화가능성 및 희망에 대해서 높은 가능성을 보인 문항들이 모두 예비초등교사 교육과 초등교사 교육과 관련된 문항이었던 점은 특히 주목할 필요가 있다.

앞서도 진술하였듯이, 델파이방법에서는 제1회 설문에 참여하는 전문가들의 견해가 매우 중요하다. 왜냐하면, 제2회 및 제3회 델파이 설문은 이들이 생성해 낸 설문 문항에 대한 변화가능서과 희망 정도를 점검해 보는 것이기 때문이다. 따라서, 연구진이 선정한 제1회 델파이 설문 전문가가 아닌 다른 전문가를 선정한다면 다른 결과가 나올 수도 있음을 밝혀둔다.

또한, 본 연구는 국내의 초등수학교육자들만을 대상으로 하였기 때문에, 국외의 (초등)수학교육자들을 대상으로 같은 연구를 실시해 볼 필요가 있다. 외국에서는 최근 들어서, 문제해결과 모델링 같은 새로운 연구주제가 활발하게 연구되고 있는 반면에, 국내에서는 이 분야에 대한 연구는 부족한 편이다. 우리나라에서 관심을 갖고 있지 못한 연구주제들에 선호가 있을 수 있다.

본 연구에서 제1회 델파이 설문에서 전문가들에 의해서 생성된 연구주제들이 모든 연구자들에게 의해 재조명될 수 있기를 희망한다. 또한, 이들 연구결과들이 수학교육의 실제 및 실행에 영향을 미치기를 기대한다.

참 고 문 헌

강옥기, 신성균, 강완, 류희찬, 정은실, 박교식, 우정호 (1985), 수학과 문제해결력 신장을 위한 수업 방법 개선 연구. 한국교육개발원 연구보고 RR 85-9.

강옥기, 정은실, 박교식, 강문봉 (1989). 수학적 사고력 신장 프로그램 개발을 위한 방안 탐색: 초등학교 산수과를 중심으로. 한국교육개발원 연구보고 RM 89-11.

교육과학기술부 (2007). 초등학교 교육과정 해설 총론. 서울: 대한교과서 주식회사.

교육과학기술부 (2009). 초등학교 교육과정 해설 총론. 서울: 교육과학기술부.

교육과학기술부 (2010). 수학 4-1: 교사용지도서. 서울: 두산동아(주).

교육부 (1997). 제7차 교육과정 해설 총론. 서울: 대한교과서 주식회사.

교육부 (1989). 수학 4-1. 서울: 교육부.

구광조, 전평국, 강완 (1996). 수학교육 개혁 방안에 관한 연구. 한국교원대학교 교과교육공동연구소, 연구보고 RR 94-1.

권정은, 최재호 (2008). 우리나라 초등수학교육 연구의 동향 분석. 한국초등수학교육학회지, 12(2), 149-163.

길양숙 (1991). 문제 해결 전략 지도에 관한 연구 동향. 교육학연구, 29(4), 94-109.

김진락 (1992). 수학과 교육과정의 개발과 체제에 관한

연구. 한국교원대학교 미간행 박사학위논문.
김진숙 (1997). 초등학교 수학교과서 문장제에 대한 문제해결 관점에서의 연구. 이화여자대학교 미간행 박사학위논문.
김진호 (2010). 모든 학습자가 수학수업에 참여하는 교수·학습 행위. 초등수학교육, 13(1), 13-24.
류성림, 최창우, 남승인, 김상룡, 최재호, 김진호 (2011). 수학 문제해결 교육 어떻게 할 것인가. 서울: 양서원.
류희찬, 권성룡, 김남균 (2005). 현행 수학 교과서와 미국의 개혁 교과서의 비교 분석: 모델링과 테크놀로지를 중심으로. 교과교육 활성화 방안 연구, 4(3), 891-992.
박교식 (1996). 우리나라 초등학교의 수학 교수·학습에서 볼 수 있는 몇 가지 특징. 수학교육학연구, 6(2), 99-113.
박교식 (2001). 제7차 초등학교 수학과 교육과정에서의 문제해결 관련 내용의 분석. 학교수학, 3(1), 1-23.
박교식 (2005). 한국수학교육학: 논문 해제 III. 서울: 경문사.
방승진, 이상원, 황동주 (2002). 초등학교 수학 문제해결 교육에 관한 연구. 수학교육논문집, 14, 1-25.
방정숙, 김상화 (2006). 문제해결과 관련된 제7차 초등학교 수학과 교육과정 및 교과용 도서 분석. 학교수학, 8(3), 341-364.
백석윤 (1993). 수학 문제해결 교육과 연구에 대한 반성적 일고. 대한수학교육학회 논문집, 3(2), 59-68.
성인서 (1987). 교사, 학생이 수학문제 해결에서 사용하는 전략에 관한 연구. 수학교육, 26(1), 11-19.
소경희 (2000). 우리나라 교육과정 개정에 있어서 총론과 각론의 괴리 문제에 대한 고찰. 교육과정연구, 18(1), 201-218.
신성균, 강문봉, 황혜정 (1993). 수학과 문제해결력 신장을 위한 교수-학습 자료 개발 연구. 한국교육개발원 연구보고 RR 93-13.
양인환 (1991). 수학적 문제해결에서의 소집단활동의 인지적 효과 분석. 한국교원대학교 미간행 박사학위논문.
이부다, 김진호 (2010). 구성주의 지식관이란 관점에서 초등학교 수학교과서 분석. 한국학교수학회논문집, 13(3), 415-442.
이종성 (2001). 델파이 방법. 서울: 교육과학사.
정인수 (2003). 수학적 문제해결 지도에서 교사의 역할에 대한 분석. 한국교원대학교 미간행 석사학위논문.
조경원, 김경자, 노선숙 (2000). 창조적 지식기반사회의 교육과정 개발 연구를 위한 초·중등학교 교육과정 실태조사. 교육과학연구, 31(2), 1-530.
황치홍 (2001). 수학교육에서 문제해결의 교육과 연구 경향의 분석. 서울교육대학교 미간행 석사학위논문.
황혜정 (2007). 수학적 모델링의 이해. 학교수학, 9(1), 65-97.
Anderson, J. R. (1976). *Language, memory, and thought.* Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
Ball, D. (1993). With an eye on the mathematical horizon: Dilemmas of teaching elementary school mathematics. *Elementary School Journal,* 93(4), 373-397.
Baroody, A. (1993). *Problem solving, reasoning and communication.* New York, NY: Merrill.
Baroody, A. (1998). *Fostering children's mathematical power.* Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
Branca, N. A. (1980). Problem solving as a goal, process, and basic skill. In S. Krulik, & R. E. Reys (Eds.), *Problem solving in school mathematics* (pp. 3-8). Reston, VA: NCTM Press.
Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (Eds.)(2000). *How people learn: Brain, mind, experience, and school.* Washington, DC: National Academy Press.
Burns, M. & Wickett, M. (2001). *Lessons for extending multiplication to grades 4-5.* Sausalito, CA: Math Solutions Publication.
Cai, J. (2003). What research tells us about teaching mathematics through problem solving. In F. Lester & R. Charles (Eds.), *Teaching mathematics through problem solving* (pp. 241-253). Reston, VA: NCTM Press.
Cai, J. (2010). Commentary on problem solving heuristics, affect, and discrete mathematics: A representational discussion. In B. Sriraman, & L.

English (Eds.), *Theories of mathematics education* (pp. 251-258). New York, NY: Springer.

Chi, T., Feltovich, P., Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science, 5*(2), 121-152.

Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A., Lehrer, R., & Schauble, L. (2003). Design experiments in education research. *Educational Researcher, 32*(1), 9-13.

Custer, R. L., Scarcella, J. A., & Stewart, B. R. (1999). The modified Delphi technique: A rotational modification. *Journal of Vocational and Technical Education, 15*(2), 1-10.

English, L., & Sriraman, B. (2010). Problem solving for the 21st century. In B. Sriraman, & L. English (Eds.), *Theories of mathematics education* (pp. 263-290). New York, NY: Springer.

Gainsburg, J. (2006). The mathematical modeling of structural engineers. *Mathematical Thinking and Learning, 8*(1), 3-36.

Garofalo, J., & Lester, F. (1985). Metacognition, cognitive monitoring, and mathematical performance. *Journal for Research in Mathematics Education, 16*(3), 163-176.

Gok, T. (2010). The general assessment of problem solving processes and metacognition in physics education. *Eurasian Journal of Physics and Chemistry Education*, *2*(2), 110-122.

Goldin, G. A., & McClintock, C. E. (1979/1984). *Task variables in mathematical problem solving.* Philadelphia, PA: Franklin Institute Press.

Greer, B. (1997). Modelling reality in mathematics classrooms: The case of word problems. *Learning and Instruction*, *7*(4), 293-307.

Hamilton, E. (2007). What changes are needed in the kind of problem solving situations where mathematical thinking is needed beyond school? In R. Lesh, E. Hamilton, & J. Kaput (Eds.), *Foundations for the future in mathematics education* (pp. 1-6). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Hiebert, J., Thomas P., Carpenter, E., Fennema, K., Fuson, P., et al. (1996). Problem solving as a basis for reform in curriculum and instruction: the case of mathematics. *Educational Researcher*, *25*(4), 12 - 21.

Hino, K. (2007). Toward the problem-centered classroom: Trends in mathematical problem solving in Japan. *ZDM Mathematics Education, 39*(5-6), 503-514.

Hsu, C., & Sandford, B. (2007). The Delphi technique: Making sense of consensus. *Practical Assessment, Research & Evaluation, 12*(10), 1-7.

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

Kaplan, L. M. (1971). *The use of the Delphi method in organizational communication: A Case study.* Unpublished master's thesis, The Ohio State University, Columbus.

Kilpatrick, J. (1969). Problem solving and creative behavior in mathematics. In J. W. Wilson & L. R. Carey (Eds.), Reviews of recent research in mathematics education. *Studies in Mathematics Series*, Vol. 19 (pp. 153-187). Stanford, CA: School Mathematics Study Group.

Kilpatrick, J. (1985). A retrospective account of the past 25 years of research on teaching mathematical problem solving. In E. A. Silver (Ed.), *Teaching and learning mathematical problem solving: Multiple research perspectives* (1-15). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

Kim, J. (2002). Analysis of strategies for problem solving presented in elementary school mathematics textbooks. *학교수학*, *4*(4), 565-580.

Krulik, S., & Rudnick, J. A. (1995). *The new sourcebook for teaching reasoning and problem solving in elementary school.* Boston: Allyn and Bacon.

Krutetskii, V. A. (1976). *The psychology of mathematical abilities in school children.* Chicago: University of Chicago Press.

Lesh, R. E. (2010). *New directions for research on* *mathematical problem solving*. http://www.merga.net.au/documents/keynote32006.pdf.

Lester, F. K. (1994). Musings about mathematical problem solving research: 1970-1994. *Journal for Research in Mathematics Education, 25*(6), 660-675.

Lester, F. K. (Eds.) (2003). *Teaching mathematics through problem solving*. Reston, VA: NCTM Press.

Lester, F. K., & Kehle, P. E. (2003). From problem solving to modeling: The evolution of thinking about research on complex mathematical activity. In R. A. Lesh & H. M. Doerr (Eds.), *Beyond constructivism: Models and modeling perspectives on mathematics problem solving, learning, and teaching* (pp. 501-518). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Levin, H. (1976). Educational reform: Its learning? In M. Carnoy & H. M. Levin (Eds.), *The limits of educational reform* (pp. 23-51). New York: Longman.

Lindquist, M. M. (1989). It's time to change. In P. R. Trafton, & A. P. Shulte (Eds.), *New directions for elementary school mathematics* (pp. 1-13). Reston, VA: NCTM Press.

Ludwig, B. (1997). Predicting the future: Have you considered using the Delphi methodology? *Journal of Extension, 35*(5), 1-4.

Mayer, R. E. (1998). Cognitive, metacognitive, and motivational aspects of problem solving. *Instructional Science, 26*(1-2), 49-63.

Mayer, R. E., & Wittrock, M. C. (2006). Problem solving. In P. A. Alexander and P. H. Winne (Eds.), *Handbook of educational psychology (2nd Ed.)* (pp. 287-303). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

NCTM (1980a). *Problem solving in school mathematics*. Reston, VA: The Author.

NCTM (1980b). *An agenda for action: Recommendations for school mathematics of the 1980s*. Reston, VA: The Author.

NCTM (1989). *Curriculum and evaluation standards for school mathematics*. Reston, VA: The Author.

NCTM (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, VA: The Author.

Phi Delta Kappa (1984). *Handbook for conducting future studies in education*. Blppmington, IN: The Author.

Polya, G. (1945). *How to solve it*. Princeton, NJ: Princeton University Press.

Polya, G. (1954). *Mathematics and plausible reasoning*. Princeton, NJ: Princeton University Press.

Polya, G. (1981). Mathematical discovery. New York: Wiley.

Schoen, H. L., & Charles, R. I. (Eds.) (2003). *Teaching mathematics through problem solving: 6-12*. Reston, VA: NCTM Press.

Schoenfeld, A. (1985). *Mathematical problem solving*. Orlando, FL: Academic Press.

Schoenfeld, A. (1992). Learning to think mathematically. In D. Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 334 - 370). New York, NY: Macmillan Publishing Co.

Schoenfeld, A. (2007). Problem solving in the United States, 1970-2008: Research and theory, practice and politics. *ZDM Mathematics Education, 39* (5-6), 537-551.

Schoenfeld, A. H. (2006). Mathematics teaching and learning. In: P. A. Alexander, & P. H. Winne (Eds.), *Handbook of educational psychology (2nd edition)* (pp. 479 - 510). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Schroeder T. L., & Lester, F. K. (1989). Developing understanding in mathematics via problem solving. In P. R. Trafton, & A. P. Shulte (Eds.), *New directions for elementary school mathematics* (pp. 31-42). Reston, VA: NCTM Press.

Senk, S., & Thompson, D. (Eds.). (2003). *Standards-oriented school mathematics curricula*. Mahwah, NJ: Erlbaum.

Silver, E. (1985). Research on teaching mathematical problem solving. In E. A. Schoenfeld (Ed.), *Tea-*

ching and learning mathematical problem solving: Multiple research perspectives (pp. 247-295). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Silver, E. (1994). On mathematical problem posing. *For the Learning of Mathematics*, *14*(1), 19-28.

Simon, H. A., & Newell, A. (1972). *Human problem solving.* Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Skemp, R. R. (1987). *The psychology of learning mathematics.* London: Penguin Books.

Stacy, K. (2007). Trends in researching and teaching problem solving in school mathematics in Australia: 1997-2000. In E. Pdhkonen (Ed.), *Problem solving around the world* (pp. 45-53). University of Turku, Finland.

Wickett, M., Ohanina, S., & Burns, M. (2002). *Lessons for introducing division: Grades 3-4.* Sausalito, CA: Math Solutions Publication.

Yoshida, H., Verschaffel, L., & De Corte, E. (1997). Realistic considerations in solving problematic word problems: Do Japanese and Belgian children have the same difficulties? *Learning and Instruction, 7*(4), 329-338.

Yousuf, M. I. (2007). Using expert's opinions through Delphi technique. *Practical Assessment, Research & Evaluation, 12*(4), 1-8.

Zawojewski, J. S., Hjalmarson, M. A., Bowman, K. J., & Lesh, R. (2008). A modeling perspective on learning and teaching in engineering education. In J. S. Zawojewski, H. A. Diefes-Dux, & K. Bowman (Eds.), *Models and modeling in engineering education.* Rotterdam: Sense Publishers.

Zawojewski, J., & McCarthy, L. (2007). Numeracy in practice. *Principal Leadership*, *7*(5), 32 - 38.

Future Research Topics in the Field of Mathematical Problem Solving: Using Delphi Method

Kim, Jin Ho
Department of Mathematics Education, Daegu National University of Education
1797-6, Daemyung 2 Dong, Nam-Gu, Daegu, 705-715, South Korea
E-mail : jk478kim@dnue.ac.kr

Kim, In Kyung
Department of Mathematics Education, College of Education, Cheongju University.
298, Daeseongro, Sangdang-Gu, Chungbuk, 360-764, South Korea
E-mail : inkyungkim@cju.ac.kr

Mathematical problem solving have placed as one of the important research topics which many researcher have been interested in from 1980's until now. A variety of topics have been researched: Characteries of problem; Processes of how learners to solve them and their metaoognition; Teaching and learning practices. Recently, the topics have been shifted to mathematical learning through problem solving and the connection of problem solving and modeling. In the field of mathematical problem solving where researcher have continuously been interested in, future research topics in this domain are investigated using delphi method.

* ZDM Classification : D52
* 2000 Mathematics Subject Classification : 97D50
* Key Words : Problem solving, Research topics, Delphi method

<부록 1> 델파이 제1회 설문지

문제해결에서 중요한 주제: 델파이 제1회 설문

* 앞으로 우리나라에서 문제해결 중 중요하게 다루어져야 하는 주제를 적어주세요.

1.

2.

3.

4.

5.

<부록 2> 델파이 제2회 설문지(델파이 제3회 설문지도 동일)

문제해결에서 중요한 주제 : 델파이 제2회 설문

＊ 다음 각 문항에 대하여 해당 부분에 √ 표시하세요.

		변화가능성 척도					희망 척도				
		본 응답척도에는 변화에 대한 동의 여하에 관계없이 변화가 가능한 정도를 추정 표시하여 주시기 바랍니다.					본 응답 척도에는 변화에 대한 주관적인 희망을 표시하여 주시기 바랍니다.				
주제		거의 확실하다 (96% 이상)	대단히 가능하다 (68~95%)	가능성이 있다 (36~65%)	가능성이 희박하다 (6~35%)	거의 불가능하다 (5% 이하)	꼭 필요하다	바람직하다	보통이다	바람직하지 않다	유해하다
1. 예비초등교사/초등교사의 문제해결이나 문제해결 교육에 대한	(1) PCK										
	(2) 인식										
	(3) 수업분석										
2. 문제해결 교수법(교사교육관련)											
3. 예비초등교사/초등교사의 학생들의 문제해결 과정에 대한 이해 증진											
4. 좋은 문제 개발											
5. 문제에 대한 정의와 문제의 유형화 작업											
6. 교과서에서 문장제를 모든 단원에서 체계적으로 다루는 문제											
7. 실생활 문제에 대하여 수학적 모델링을 활용하여 문제해결력을 높이는 문제											
8. 개방형 문제를 통한 창의성 신장방안에 대한 실제적인 연구											
9. 문제중심 학습 방법에 대한 방안											
10. 문제만들기의 체계적인 지도											
11. 학생들의 문제 해결 유형											
12. 문제를 잘 해결하는 학생의 사고 특성 추출											
13. 학년 또는 학년군별 문제해결능력의 세분화											
14. 문제해결 과정에 나타나는 사고 과정 분석											
15. 우리나라 학생들의 문제해결 능력과 기타 수학적 능력(추론능력, 의사소통능력, 연결능력, 표현능력 등)의 비교 연구											
16. 수학적 문제해결 활동의 메타인지적 측면에 대한 연구											
17. 문제해결 능력을 신장시킬 수 있는 구체적 방안 모색											
18. 수학적 문제해결 능력의 평가 방법											
19. 문제해결 접근 방법을 통한 수학 수업 구성 방안											
20. 학교수학 현장에서 문제해결 교육의 실천 방안											
21. 사회적 과정으로서의 문제해결 연구											