한국초등수학교육학회지 *18*(2) 189-209.
2014. 08. 31
Journal of Elementary Mathematics Education in Korea *18*(2) 189-209.
August 31. 2014.

초등수학에서의 비구조화된 문제해결 모형 설계, 적용 및 그 교육적 의미[1]

김민경[2] · 허지연[3] · 박은정[4]

국제비교연구에서 우리나라 학생들이 단순한 수학적 지식이나 문제풀이에서는 우수한 수학 성취도를 나타내는 반면, 수학에 대한 정의적 측면에서 있어서는 매우 낮은 흥미 및 태도를 나타내고 있다. 또한 인지적 측면에서 고려할 수 있는 추론하기나 해석하기 등의 고차원적 사고 문제에서도 낮은 성취도를 보이고 있다. 이에 다면적 사고와 다양한 문제해결의 경험을 제공할 수 있다고 보여지는 비구조화된 문제해결 모형을 초등학교 수준에 적용가능하게 개발, ABCDE(Analyze-Browse-Create-DecisonMaking-Evaluate) 절차로 제안하였다. 또한 구체적으로 적용가능하도록 초등학교 4,5,6학년을 위한 비구조화된 문제를 개발하여, 4학년(23명), 5학년(33명), 6학년(23명)에게 적용한 후 그들의 수학적 추론 및 창의적 인성을 살펴보았다. 연구 참여자들의 문제 해결 과정을 분석한 결과, 고학년으로 갈수록 수학적 추론 능력 및 창의적 인성이 높게 나타났다.

주제어: 문제해결, 문제해결 모형, 비구조화된 문제, 창의적 인성, 수학적 추론

Ⅰ. 서 론

학생들의 수학적 능력을 다양하게 평가하는 TIMSS(Trends in International Mathematics and Science Study)와 PISA(Programme for International Student Assessment)의 최근 20여 년간의 국제학업성취도평가의 전반적인 결과에 따르면 수학에서 한국 학생들의 평가 결과는 평가국가 중에서 최상위 수준을 나타내고 있다(김경희, 시기자, 김미영 외, 2010; 김수진, 박지현, 김현경 외, 2012). 그러나 TIMSS의 경우, 행동 영역별 하위 요소들 간의 관계 분석 결과(김경희 외, 2010; 김수진 외, 2009; 송미영, 임해미, 최혁준 외, 2013)를 보면, ‘알기’에 비해 ‘적용하기’와 ‘추론하기’의 비율이, PISA 수학적 과정별 하위 요소 결과에서 ‘형식화하기’, ‘이용하기’에 비해 ‘해석하기’의 평균 점수가 상대적으로 낮은 것을 확인할 수 있다. 이는 학생들이 단답형의 문제나 비교적 단순한 문제에 대한 해결 능력은 뛰어나지만 실제적이거나 복잡한 문제는 접해본 경험이 없어 수학적 지식을 문

1) 이 논문은 2010년도 정부재원(교육과학기술부 인문사회연구역량강화사업비)으로 한국연구재단의 지원을 받아 연구되었음(NRF-2010-327-B00570)
2) 이화여자대학교 (교신저자)
3) 이화여자대학교 대학원
4) 이화여자대학교 대학원

제해결에 적용하거나 해석하는데 익숙하지 않기 때문이라 볼 수 있다. 실제 우리나라 수학교과서에 제시된 문제들은 맥락문제의 비율이 낮고, 동일한 발문의 형태로 제시되는 문제들이 많아 학생들의 고등 수학적 사고를 이끌어내기 어려운 면이 있다(김민경, 박은정, 허지연, 2012).

이에 2009 개정교육과정에서는 학생들의 미래 사회의 핵심 역량을 키우기 위해 학생들이 배워야 하는 내용에 '수학적 추론', '수학적 문제해결', '수학적 의사소통'의 수학적 과정을 포함하여 더욱 강조하면서 미래사회의 사회구성원에게 필요한 핵심 역량으로 강조하였다. 이러한 변화는 학생들이 단순한 구조적인 형태의 문제 상황에서 벗어나 실생활과 연결된 다양한 문제 상황들을 접할 수 있도록 환경을 조성할 것을 의미한다고 보여진다.

그런 점에서 문제 유형 중 하나인 비구조화된 문제는 식과 답이 명확한 구조화된 문제와는 달리 문제해결을 위해 적용할 개념이나 원리가 명확하지 않고(Wood, 1983), 해결방법에 대한 평가 기준이 다양하고 해결안이나 정답 또한 여러 개가 될 수 있다(Kitchener, 1983). 김민경 외(2011)의 연구에서는 비구조화된 문제는 실제성, 복잡성, 개방성의 성격을 지니고 있다고 언급하기도 하였다. 실제성은 학교 밖의 현실적인 상황을 다루어 상황에 대한 정보를 많이 다루며, 복잡성은 문제에 제시된 개념이나 내용에 복잡성이 있고, 다양한 관점에서 현실세계를 바라볼 수 있어야 하며, 개방성은 학생이 문제를 반복적으로 판단하여 여러 각도로 판단과 해석이 가능한 것을 의미하기도 하였다. 비구조화된 문제를 접해본 학생들에 대해 김은혜, 박만구(2011)는 다양한 해결 방법을 찾으려 하며, 수학적 개념이나 지식을 활용하여 스스로 정리해 간다고 하였으며, 서진수 외(2012)는 학생들이 문제를 해결하는 과정이 복잡한 흐름으로 나타났으며, 학생들 사이에서 해결책에 대한 합리적인 증거를 수집하고 논의하는 과정이 빈번하게 나타났다고 했다. 또한 홍지연(2013)은 비구조화된 문제를 통해 학생들이 수학적 추상화의 수준과 형태 그리고 추상화 프로세스 단계가 발전했음을 제시하였다.

비구조화된 문제를 교수-학습 상황에서 학생들에게 적용한 몇 사례(김민경, 이지영, 홍지연 외, 2012; 한원, 강유진, 김지나, 2013; Ronald & Herbert, 1999)들이 있지만, 수학 교과에서 학년별로 활용 가능한 비구조화된 문제 개발이 어려워 현장에 적용하기 쉽지 않은 점이 있다. 이에 본 연구에서는 다음과 같은 연구문제를 갖고, 초등학교 현장에서 새로운 문제해결 경험의 단초가 될 수 있는 비구조화된 문제해결 모형 및 문제를 제시하며, 비구조화된 문제해결의 경험을 통해 나타난 학습의 의미를 인지적 측면에서의 수학적 추론, 정의적 측면에서의 창의적 인성을 중심으로 파악하고 문제 개발뿐 아니라, 바람직한 문제해결의 지도방안에 대한 시사점을 제공하였다.

첫째, 초등학교에서 적용 가능한 비구조화된 문제해결 모형은 어떠한가?

둘째, 비구조화된 문제의 교육적 의미(수학적 추론, 창의적 인성을 중심으로)는 어떠한가?

Ⅱ. 초등학교에서 적용 가능한 비구조화된 문제해결 모형

1. 비구조화된 문제 및 문제해결 과정

문제의 유형은 학자마다 약간의 차이를 두고 있으나 Lenchner(1983)는 문제의 구조나

형태에 따라 문제를 크게 ‘연습(exercise)’과 ‘문제(problem)’로 구분하였다. 또한 Jonassen(1997)은 문제를 구조화된(well-structured) 문제와 비구조화된(ill-structured) 문제로 구분하면서 정답과 그 해결안이 비교적 분명하여 명확한 개념과 원리가 요구되는 구조화된 문제와는 다르게, 일상생활 속에서 겪게 되는 복잡한 현상을 포함하고 있는 비구조화된 문제의 교수학적 활용을 제안하기도 하였다.

이러한 비구조화된 문제의 해결과정은 구조화된 문제해결과정과는 구별된다(Lave, 1998; Dunkle, Schraw & Bendixen, 1995). Jonassen(1997)은 비구조화된 문제해결과정 단계를 7단계로 정리하였다. 비구조화된 문제 상황을 보다 명확하게 인지하고, 자신이 이해한 문제를 다른 사람들과 나누면서 다양한 관점이나 견해를 고려한 후, 의견 수렴을 통해서 문제를 해결할 수 있는 방법을 형성한다. 이후, 논의를 통해 산출된 해결과정에 대한 정당성 여부를 판단하고, 문제의 본질 및 해결안의 가치를 점검한 후, 해결안을 확인하고 다시 적용해봄으로 인해 최종 해결안을 정리하게 되는 과정을 거친다. 또한 Hong(1998)은 비구조화된 문제해결과정을 문제를 해결하는 사람이 해석이 이뤄지는 문제 표상단계, 선행지식과 스키마로 인해 해결안을 선정하는 해결책 진술단계, 학습자들이 선택한 해결안을 점검하고 대안적인 해결안으로 고려해 보는 점검 및 평가단계로 설명하였다. Ge와 Land(2003)는 비구조화된 문제를 이해하는 문제 표상단계, 다양한 해결책을 찾고 가장 적합한 것을 선택하는 해결책 찾기 단계, 해결책에 대한 정당화를 하는 정당화 단계, 적절한 전략을 사용했는지를 관찰해 보는 관찰 및 평가 단계의 4단계로 비구조화된 문제해결과정을 제시하였다. 학자들의 비구조화된 문제해결과정에서의 공통적인 요소를 추출하면 문제 이해, 전략 실행, 검토의 3단계로 정리될 수 있다(김민경, 허지연, 조미경, 박윤미, 2012).

2. 비구조화된 문제해결 모형 설계: ABCDE 모형

앞의 선행연구들에서의 문제해결과정의 공통 요소을 토대로 비구조화된 문제해결 모형은 다음과 같은 ABCDE단계로 설계되었다(<표 1> 참조).

모형의 첫 번째 단계인 문제의 명료화 및 표상 형성 단계는 ‘Analyze’로, 비구조화된 문제 상황을 명료하게 구조화하기 위해 토의하는 활동을 하며. 다음 단계인 ‘Browse’에서는 학습자들은 문제의 조건과 제한점을 고려하여 문제해결에 필요한 정보들을 수집하도록 구성하며, 어떠한 수학적 지식을 쓸 것인가에 대하여 함께 고려하는 단계이다. ‘Create’에서는 다양한 해결책 도출에서는 모둠별 토의를 통해 동료의 다양한 견해를 듣고 여러 해결책을 모색해보는 활동으로 다른 사람의 의견을 주의 깊게 들을 수 있는 안내가 필요하다. ‘Decision-Making’에서는 해결책 점검 및 적용에서는 최적의 해결책을 도출하고 적용해봄으로써 모둠에서 도출한 해결안에 대하여 정당화하는 과정으로 잘못된 해결책이 발견되면 다시 ‘Browse’와 ‘Create’의 과정으로 돌아가 문제를 다시 해결하게 된다. 마지막으로 ‘Evaluate’단계에서는 문제 상황의 조건, 해결 과정 및 해결안 전체에 대하여 성찰과 동료 평가가 이루어진다. 또한 서로의 의견을 발표하고 경청하면서 문제해결과정을 반추, 반성해 보면서 여러 모둠의 의견을 듣고 좋은 부분과 보완해야 할 부분을 정리해보는 활동은 비구조화 문제 상황을 다각도로 분석하여 해결하는 기회를 제공해 줄 수 있다.

<표 1> 비구조화된 문제해결 ABCDE 모형의 활동 내용

모형 단계		활동 내용
Analyze	A	· 문제를 분석적으로 검토 · 주어진 조건이 무엇인지 파악 · 해결해야할 내용을 자신만의 용어/그림/표로 간단히 다시 표현하기(문제에 대한 표상의 다양성)
Browse	B	· 필요한 조건이 무엇인지 파악 · 알고 있어야할 수학적 내용이 무엇인지 파악 · 문제해결을 위해 필요한 정보나 자료 수집, 탐색
Create	C	· 여러 조건을 만족시키는 문제해결책들을 생성 · 문제해결책을 다양하게 생성하기
Decision-Making	D	· 가장 적합한 문제해결책을 결정하고 이를 수학적으로 정당화하기
Evaluate	E	· 다른 모둠의 해결책(아이디어)를 평가하고 나의 문제해결과정과 비교해보며 반추하기 · 다른 모둠의 더 좋은 아이디어들을 보고 나의 해결책을 수정/보완하기

비구조화된 문제해결 ABCDE 모형을 학생들에게 비구조화된 문제를 적용해 본 결과(김민경 외, 2012) 모형을 적용하는데 있어 효과적인 방법이 요구되었다. 우선, 비구조화된 문제를 4, 5학년 학생들에게 적용한 결과 비구조화된 문제가 구조화된 문제보다 문제상황을 서술한 내용이 길고, 조건들이 다양하게 제시되어 있어 학생들이 문제를 이해하는 A와 B단계에 어려움을 겪었고, C단계에서 다양한 해결방법을 고안하지 못하고 문제를 해결하지 못하는 경우가 있었다. 이는 문제를 해결하는데 있어 문제상황을 어떻게 이해하고 있는지가 문제를 해결하는데 중요한 단계라는 언급한 선행연구(지재근, 오세열, 2000; Alice & Shirel, 1999)에서도 알 수 있듯이 학생들에게 비구조화된 문제상황을 충분히 이해할 수 있는 시간을 주는 것이 필요하며, 학생들에게 비구조화된 문제를 해결하는데 있어 조건들을 파악하여 해결책을 충분히 끌어낼 수 있어야 한다고 보았다. 따라서 앞서 적용한 사례에서의 결과를 토대로 비구조화된 문제해결 ABCDE 모형을 수정 · 보완하였다.

즉, 비구조화된 문제해결 ABCDE 모형의 적용과정은 [그림 1]처럼 개인활동, 모둠활동, 전체활동 순으로 이뤄진다. 먼저 개인별로 문제 분석, 탐색 가능한 해결책 모색의 활동을 해보게 함으로써 '문제의 이해' 과정을 충분히 경험한다. 다음으로 모둠활동을 통해 완성되지 않은 각자의 결과물을 가지고 모둠별로 토의하면서 다시 문제를 분석, 탐색, 가능한 해결책 모색, 정당화, 해결책에 대한 평가의 과정을 거치게 한다. 마지막으로 전체활동으로 모둠활동의 결과를 논의하고 정당화하고, 해결책에 대한 발표를 통해 서로의 결과를 비교하고 평가하는 과정을 거치며 비구조화된 문제를 해결하게 된다. 이러한 과정은 선형적으로 이루어지는 것이 아니라 순환적, 유기적으로 이뤄진다.

[그림 1] 비구조화 문제해결 ABCDE 모형 적용안

3. 비구조화된 문제 개발

비구조화된 문제는 구조화된 문제와는 달리 문제상황에 현실과 보다 가까운 실제적 상황이 제시되고, 학생들이 다양한 조건들을 여러 방법으로 조직화하여 문제를 해결할 수 있는 많은 정보를 내포하고 있다(Jonassen, 1997). 이에 비구조화된 문제의 개발은 非구조성(김민경, 이지영, 홍지연 외, 2011)을 토대로 하여, 각각의 비구조성 요소는 실세계의 상황을 반영하는 실제적인 상황맥락성, 문제해결에 필요한 개념, 규칙 원리 들이 어떻게 조직되는지 불확실성을 제시하여 사례들 사이의 일관성 없는 관계를 갖게 하는 복잡성, 잠재적인 해결책이나 해결 결과를 많이 가지고 있는 개방성으로 문제마다 각 요소의 고려정도를 표시하여 문제를 개발하였다. 또한 비구조화된 문제의 내용은 2009 개정 교육과정의 4학년부터 6학년까지의 교육내용을 바탕으로 초등학생들이 흥미를 가질 수 있는 소재들을 고려하였으며, 초등학생들이 비구조화된 문제를 접한다는 것을 고려하여 다양한 해결방법 및 결과에 대한 논의가 활발하게 이뤄질 수 있는 방향으로 개발하였다. 각 문제별 구성은 <표 2>와 같다.

<표 2> 4학년 '어린이 북카페가 생겼어요' 문제 개요

비구조화된 문제의 비구조성		
상황맥락성	복잡성	개방성
★★★☆ 상황에 대한 정보가 어느 정도 있고, 개념적 구조가 다른 상황에 적용가능함	★★★☆ 문제에서 제시되는 내용이 복잡성을 지니고 있고, 상황에 걸친 불규칙성이 어느 정도 보임	★★★★ 문제해결 이후판단에 대한 의견을 다양하게 표현할 수 있고, 비교적 열린 결과 도출이 가능함
교육과정과의 연계성		
〈3~4학년군〉 수와 연산	‣ 다섯 자리 이상의 수 ‣ 곱셈 ‣ 자연수의 혼합 계산	

4, 5, 6학년을 대상으로 각각 비구조화된 문제를 학년별로 2문항씩 개발하였으며, 개발된 문항들은 각 학년 학생들을 대상으로 예비검사를 실시함으로써 문제의 수준과 적절성을 검토하고, 전문가 집단의 자문과 검토를 거쳐 최종적으로 수정·보완하였다. 4, 5, 6학년 비구조화된 문제의 개요는 <표 3>과 같다.

<표 3> 비구조화된 문제 개요

학년	제목	비구조화된 문제 상황 개요
4	어린이 북카페가 생겼어요	미경이네 동네에 북카페가 새로 생겼다. 이곳을 이용하기 위해 미경이의 주간 스케줄, 북카페 운영 시간, 세 달간의 이용 계획, 회원 가입비와 비회원의 1회 이용 요금을 제시된 정보를 통해 파악한 후, 세 달간의 이용 계획에 따라 회원으로 가입하는 것이 이익이라고 생각하며 회원의 적절한 이용 금액을 정한다.
	현장학습 장소는 어디?	4학년 5개 반 학생들과 선생님들이 투표를 통해서 현장학습 최종 후보지 2곳을 선정하기로 하였다. 문제 상황에 제시된 최종 후보지의 입장료, 활동비, 버스비에 대한 정보들을 파악하여 비교한 후, 현장학습 비용이 덜 드는 곳으로 현장학습 장소를 최종적으로 선정한다.
5	내가 심사위원이라면?	아이스쇼에 참가할 1팀을 선정하는 서바이벌 대회에서 이번 경연의 1등을 가리고기 위해, 참가한 8개 팀을 총 5명의 심사위원이 채점하였다. 5명 심사위원의 채점 결과를 보고 어떠한 방법으로 1등에 해당하는 한 팀을 선정해야 가장 공정한 결과가 나올지 선정방법을 정하여 설명하고, 이 방법을 통해 어떤 팀이 1등을 하게 되는지 설명한다.
	여행을 떠나요!	유럽에서 배낭여행 중인 은혁이와 준호는 매일 여행경비 내역을 되돌아보며 합리적인 지출을 하였는지 반성하며 최대한 여행경비를 줄이려고 노력한다. 은혁이의 일기 내용을 참고하여 은혁이와 준호가 하루 동안 지출한 여행경비는 우리나라 돈으로 얼마나 들었는지 구하여 문제를 해결한다.
6	현명한 피자 선택	UCC공모전 수상 기념으로 학급파티에서 선생님께서 피자를 사주신다고 한다. 피자가게 3곳의 전단지를 비교하여 각각의 피자의 크기, 가격을 고려하여 가장 싸고 양이 많은 피자를 선택해야 한다. 어떤 피자가게에서 어떤 크기의 피자를 선택하는 것이 좋을지 근거를 들어 설명하여 문제를 해결한다.
	탄소발자국을 줄여요	전시회에서 ‘탄소 발자국’ 체험 부스를 만들어 운영하려 한다. 흔히 사용하는 물건이나 생활습관에 따라 탄소가 얼마나 발생할지 계산할 수 있는 탄소 발자국 계산기를 만들어 참여하는 학생들이 손쉽게 체험해볼 수 있도록 할 생각이다. 탄소 발자국 계산기의 식을 만들어본다. 또한 발생한 탄소를 없애기 위해 몇 그루의 소나무가 필요한지 구하는 식을 함께 찾아봄으로써 문제를 해결한다.

Ⅲ. 비구조화된 문제 적용 및 분석

1. 연구 대상

본 연구는 비구조화된 문제를 적용하기 위한 모형을 개발하고 비구조화된 문제가 학생들의 인지적인 측면과 정의적 측면에 어떠한 영향을 미치는지를 알아보고자 하였다. 본 연구를 위해 서울과 경기도에 위치한 세 초등학교의 4, 5, 6학년을 대상으로 하였다. 4학년은 학생들의 결석으로 인하여 비구조화된 문제를 적용한 대상이 1차는 25명, 2차는 23명이었으며, 5학년은 33명, 6학년은 23명으로 1, 2차 모두 동일하였다(<표 4> 참조). 수업은 본 연구에 참여하고 있는 교사가 담당하는 학급의 학생을 대상으로 진행하여 학생들을 관찰하였다.

<표 4> 비구조화된 문제 적용 대상

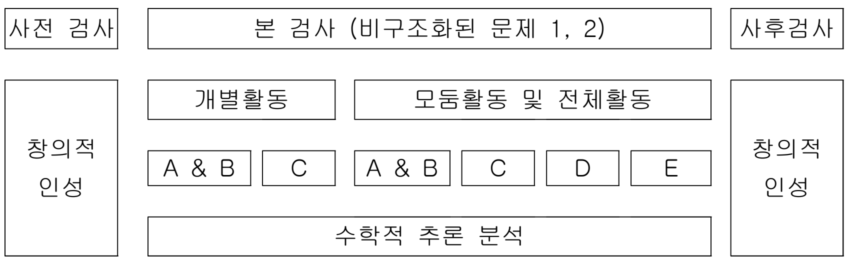
학년	학교	비구조화된 문제 1	비구조화된 문제 2
		참여인원	
4	서울 소재 Y초등학교	25	23*
5	서울 소재 U초등학교	33	33
6	경기도 소재 G초등학교	23	23

* 참여자 결석으로 인한 참석자 인원 감소

2. 연구절차

비구조화된 문제가 학생들의 인지적인 측면에서의 수학적 추론과 정의적 측면에서의 창의적 인성에 어떠한 영향을 주는지 알아보기 위해 다음의 절차로 연구를 진행하였다.

창의적 인성 검사는 하주현(2000)의 창의적 인성 검사지를 활용하여 사전, 사후검사로 실시하였다. 본 검사는 비구조화된 문제해결 모형에 따라 2회로 각 문제당 3-4차시로 진행되었고, 학교 사정에 따라 일주일 정도의 간격을 두고 문제를 차례대로 적용하였다. 비구조화된 문제는 비구조화된 문제해결 ABCDE모형 절차에 따라 개별활동 후 모둠활동 및 전체활동으로 수업이 진행되었다([그림 2] 참조). 연구결과는 비구조화된 문제를 해결하는 학생들의 활동지를 수집하여 분석하였다.



[그림 2] 연구 진행 절차

3. 연구도구

개발된 비구조화된 문제해결 ABCDE 모형에 따라 학생들에게 비구조화된 문제를 적용하였을 때, 학생들에게 어떠한 영향을 주는지 알아보기 위해 인지적 측면은 수학적 추론 부분을, 정의적 측면은 창의적 인성을 중심으로 분석하였다.

가. 수학적 추론

수학적 추론은 기본 개념이나 지식을 기초로 새로운 결론을 이끌거나 기존의 지식을 체계화시키는 수학적 사고로 NCTM(2000) 및 2009 개정 교육과정에서도 수학적 능력을 향상시키는 중요한 요소로 강조하고 있다.

이에 학생들이 비구조화된 문제를 해결하는 과정 속에서 보이는 수학적 추론 능력을 알아보기 위해 선행연구들을 바탕으로 수학적 추론의 구성요소를 추출하여 분석틀을 개발하였다. 수학적 추론의 구성요소는 증명의 구성요소를 기본으로 하였다.

〈표 5〉를 바탕으로 수학적 추론의 구성 요소를 자료의 정확한 해석, 기본적인 원리의 이용, 기호화, 검토의 다양성 및 완전성의 4가지로 추출하였다. 수학적 추론의 네 구성요소는 각각 요소의 수준을 구별하여 0-2점의 상중하로 구분지어 점수를 〈표 6〉과 같이 부여하였다.

<표 5> 학자들의 증명(추론)에 대한 구성요소

Galbraith(1981)	서동엽(1999)	송상헌, 장혜원, 정영옥(2006)
· 검토의 다양성 및 완전성 · 특별한 경우의 선택의 다양성 · 검토의 철저성 인식 및 불충분한 증거에 근거한 추론의 기피 · 외부적인 원리의 확인과 적용 · 추론의 연결 관계 · 고리의 확인 및 수용 일반화와 그 정의역 인식 및 반례에 의한 반박 · 자료의 정확한 해석 명제의 평가 및 함의와 동치의 구분으로서 조건과 결론의 분리 · 추측과 정의된 지식간의 차이의 자각 정의의 의미 이해 증명의 구성 요소 분석과 평가	· 추론규칙 · 기호화 · 정의와 성질의 구분, · 적절한 그림의 이용 · 기본적인 원리의 이용 · 검토의 다양성 및 완전성 · 도형의 해석 및 증명의 이용 · 문장화 · 반례를 이용한 반증의 방법 · 등식의 증명	· 추론 규칙 · 기호화 · 정의와 성질의 구분 · 적절한 그림의 이용 · 기본적인 원리의 이용 · 검토의 다양성 및 완전성 · 도형의 해석 및 증명의 이용 · 가정과 결론의 구분 · 함의와 동치의 구분

추론의 요소 중 자료의 정확한 해석은 문제에 주어진 자료의 내용을 정확하게 이해하고, 이러한 자료를 정확하게 해석한 결과를 바탕으로 추론하는가를 의미한다. 두 번째로 기본적인 원리의 이용은 학생들이 문제해결에 접근하는 과정에서 자신이 알고 있는 사실이나 원리를 이용해서 추론하여 필요한 성질이나 조건을 이끌어 내는가를 의미한다. 기호

화는 문제를 해결하는 가운데 나타난 자신의 추론 과정을 수학적 기호를 사용한 문장으로 정확하게 표현하는가를 의미한다. 마지막으로 검토의 다양성 및 완전성은 학생들이 자신이 해결한 결과에 대해 검토의 필요성을 인식하고 이를 검증하기 위해 특별한 경우를 선택하여 확인해 보거나 논리적으로 엄밀한 과정을 통해 정당화하여 추론의 완전성을 보이는가를 의미한다. 본 연구에서는 수학적 추론의 구성 요소를 바탕으로 학생들이 비구조화된 문제를 해결하는데 나타나는 수학적 추론 능력을 측정하였다.

<표 6> 추론의 요소별 배점기준

추론 요소	분석 내용	평점
자료의 정확한 해석	문제에 주어진 자료의 내용을 정확하게 이해하지 못하고, 주어진 자료와 무관한 사고 과정을 보임.	0
	문제에 주어진 자료의 내용을 부분적으로 추론하는 가운데 적용함.	1
	문제에 주어진 자료의 내용을 정확하게 이해하고, 주어진 자료를 해석한 결과를 바탕으로 추론함.	2
기본적인 원리의 이용	이미 알고 있는 사실이나 원리를 이용하여 필요한 성질이나 조건을 이끌어내지 못함.	0
	이미 알고 있는 사실이나 원리를 이용하여 추론하는 과정을 보이나 부분적으로 잘못된 성질이나 조건을 이끌어냄.	1
	이미 알고 있는 사실이나 원리를 이용하여 필요한 성질이나 조건들을 이끌어냄.	2
기호화	추론 과정을 정확한 기호나 언어를 사용하여 표현하는데 미흡함.	0
	추론 과정을 표현할 수는 있으나 수학적 기호보다는 문장으로 표현함.	1
	수학적 기호를 사용한 문장으로 추론 과정을 정확하게 표현함.	2
검토의 다양성 및 완전성	추론 과정에서 검토의 필요성을 인식하지 못함.	0
	추론 과정에서 검토의 필요성을 인식하나 불충분한 근거에 기초하거나 특별한 경우에 한해서만 선택적으로 검토함.	1
	추론 과정에서 검토의 필요성을 인식하고 엄밀한 논리에 따라 검토하여 추론의 완전성이 나타남.	2

나. 창의적 인성

창의성은 새롭게 가치있는 유용한 것을 만들어내는 능력으로 개인의 정의적 성향 및 인지적 능력, 환경 및 과제의 상호작용을 통해 결정되는 것으로 보면, 창의적 인성은 개인의 정의적 측면을 고려한 것(하주현, 2000)으로, 교육과학기술(2009)에서도 ‘창의·인성교육 기본방안’을 발표하고 학생들로 하여금 학교 안·밖에서의 다양하고 실질적인 창의적 체험활동을 경험하도록 강조하였다.

이에 비구조화된 문제를 해결하는 경험이 학생들의 정의적인 측면 즉 창의적 인성에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위해 창의적 인성 요인을 선행연구들을 통해 추출하였다. 하주현(2000)은 송인섭, 김혜숙(1999), Torrance(1981), Martindale(1989)의 연구를 토대로 호기심, 자기확신, 상상, 인내/집착, 유머, 독립성, 모험심, 개방성의 8개의 요인을 제시하였다.

각 요인별 특징을 바탕으로 본 연구에서는 창의적 인성으로 고려할 하위 요인을 호기

심, 과제집착, 독립성, 위험감수, 사고의 개방성, 심미성 등 총 6요소로 규정하였다(<표 7> 참조). 각각의 하위 요인에 대한 조작적 정의 및 창의적 인성 검사지 문항은 하위요인별 4-5개의 문항으로 총 27개의 문항으로 구성하였고, 각 문항은 5점 척도로 하여 자기평가지로 이뤄졌으며, 비구조화된 문제를 적용하기 전·후 2차례 이뤄졌다(<표 8> 참조).

<표 7> 창의적 인성의 하위 요인에 대한 정의

하위 요인	개념적 정의	조작적 정의
과제집착	어려움이 있더라도 과제를 끝까지 해내려는 성향	· 자신이 성취하고자 하는 일에 전념하고 몰두함 · 어려운 과제라 하더라도 끝까지 포기하지 않음 · 하고자 하는 일에 대해 철저함 · 하고자 하는 일에 오랫동안 집중할 수 있음
호기심	호기심이 많으며, 궁금한 것은 관찰하고 알고자 하는 성향	· 처음 보는 사물이나 현상을 그냥 지나치지 않음 · 수시로 왜?라는 질문을 함 · 남들이 당연하게 여기는 것도 궁금해 함 · 주변에서 일어나는 일이나 물건에 대해 궁금해 함
심미성	예술적 활동을 좋아하고, 감수성이 뛰어남	· 신비스럽고 아름다운 것에 끌림 · 감수성이 풍부함 · 예술적 활동을 좋아함 · 예술적 안목이 있음
사고의 개방성	새로운 경험이나 생각을 기꺼이 수용하려는 성향	· 다양한 경험을 받아들임 · 타인의 입장에서 생각함 · 한계나 제한으로부터 벗어나 생각하거나 행동함 · 자신과 다른 생각이나 태도를 가진 사람과도 어울림
독립성	다른 사람의 생각이나 평가에 의지하지 않고 혼자서 일을 하려는 성향	· 주위의 평가나 인정으로부터 벗어남 · 주도적으로 행동함 · 다른 사람에게 의지하지 않음 · 나 스스로 문제를 해결함
위험감수	실패할 가능성을 무릅쓰고 하고 싶은 일을 하려는 성향	· 두려움에 직면함 · 새로운 상황에 접하기를 좋아함 · 안전하고 익숙한 상황보다는 위험스러운 일을 시도함

<표 8> 창의적 인성의 하위 요인에 따른 검사지 문항

요인	문항	문항수
과제집착	10, 13, 18, 23, 26	5
호기심	1, 4, 8, 16, 20	5
심미성	3, 12, 14, 21, 25	5
사고의 개방성	7, 17, 24, 27	4
독립성	6, 9, 11, 22	4
위험감수	2, 5, 15, 19	4

Ⅳ. 비구조화된 문제 적용에서의 교육적 의미 분석

개발한 6문항의 비구조화된 문제를 비구조화된 문제해결 모형에 따라 학교 현장에 적용한 결과를 수학적 추론, 창의적 인성 측면에서 살펴본 결과는 다음과 같다.

1. 수학적 추론

4, 5, 6학년 학생들이 비구조화된 문제를 해결하면서 나타난 수학적 추론 능력을 각 추론의 구성 요소별로 평점화하여 평균을 나타낸 결과는 <표 9>와 같다. 이는 학생들이 비구조화된 문제를 해결하면서 나타낸 수학적 추론 능력을 결과이다. 각 학년별로 수학적 추론 능력의 평점 결과를 살펴보면 0.9~1.1사이의 점수로 큰 점수 차이를 보이지는 않았으나 문제 1, 2의 수학적 추론 능력의 구성 요소별 점수를 모두 합한 점수의 평균은 학년이 올라갈수록 더 높게 나타났다. 하지만 5학년의 비구조화된 문제 1의 수학적 추론 능력의 점수가 4.4로 가장 높게 나타난 것으로 보아 학생들의 수학적 추론 능력은 학년뿐만 아니라 과제의 특성 또한 영향을 미치는 것으로 보인다. 추론의 구성 요소별 평점 결과를 살펴보면 자료의 정확한 해석이나 기호화 부분보다 검토의 다양성 및 완전성 측면에서의 점수가 더 낮게 나타났다.

학생들이 비구조화된 문제해결에서 나타난 수학적 추론 능력을 구체적인 사례를 통해 살펴보기 위해 학생들의 수학적 추론 능력을 수학적 추론 능력의 구성 요소별 점수의 총합을 기준으로 4가지 범주로 구분하였다. 0점에서 8점까지의 점수를 2점을 기준으로 4개의 범주로 나누어 가장 낮은 점수 범주부터 높은 점수 범주 순으로 I, II, III, IV와 같이 4 범주로 구분하였다. 각 학년별로 각 범주별 인원을 살펴본 결과(<표 10> 참조), 4학년의 경우 I, IV, III, II 순으로 높게 나타났고, 5학년은 II, III, IV, I 순으로 6학년은 C, B, A, D 순으로 높게 나타났다.

<표 9> 수학적 추론 능력 점수 결과

학년	비구조화된 문제 1					비구조화된 문제 2					문제 1, 2 평균
	자료의 정확한 해석	기본적인 원리의 이용	기호화	검토의 다양성 및 완전성	합계	자료의 정확한 해석	기본적인 원리의 이용	기호화	검토의 다양성 및 완전성	합계	
4	1.2	0.8	0.8	0.7	3.5	1.0	0.9	1.0	0.7	3.6	3.55
5	1.3	1.2	1.5	0.4	4.4	1.1	1.0	1.2	0.3	3.6	4.00
6	1.1	1.1	1.4	0.4	4	1.3	1.3	1.3	0.4	4.3	4.15
전체	1.20	1.03	1.23	0.50	3.96	1.13	1.07	1.17	0.47	3.84	3.90

<표 10> 수학적 추론 능력의 범주별 인원

명(%)

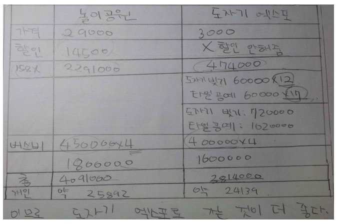
범주구분	점수 범위	4학년			5학년			6학년		
		문제1	문제2	합	문제1	문제2	합	문제1	문제2	합
Ⅳ	6이상~8이하	6(24.0)	7(30.4)	13(54.4)	5(15.2)	8(24.2)	13(39.4)	5(21.8)	8(34.8)	13(56.6)
Ⅲ	4이상~6미만	8(32.0)	4(17.4)	12(49.4)	8(24.2)	13(39.4)	21(63.6)	7(30.4)	5(21.7)	12(52.1)
Ⅱ	2이상~4미만	2(8.0)	4(17.4)	6(25.4)	15(45.4)	9(27.3)	24(72.7)	9(39.1)	7(30.4)	16(69.5)
Ⅰ	0이상~2미만	9(36.0)	8(34.8)	17(70.8)	5(15.2)	3(9.1)	8(24.3)	2(8.7)	3(13.1)	5(21.8)
합계		25(100)	23(100)	48(200)	33(100)	33(100)	66(200)	23(100)	23(100)	46(200)

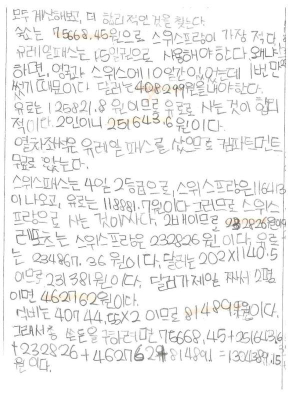
각 범주별로 학생들의 수학적 추론 능력의 구체적인 사례를 살펴보면 먼저 가장 높은 점수에 속하는 Ⅳ 범주의 경우 [그림 3]과 같다. [그림 3]ⓐ의 경우 4학년 과제 2의 해결과정으로 현장학습의 적절한 장소를 선택하기 위한 여러 조건들을 찾은 후, 이를 바탕으로 자신의 문제해결 과정을 정확한 수식으로 표현하며 정확한 정답을 도출해 냈다. [그림 3]ⓑ의 경우 5학년 과제 1의 해결과정으로 하루 동안 지출할 여행 최소 경비를 원화로 구하기 위해 화폐의 환율을 비교하였으며 유레일패스 이용권과 열차 좌석을 선택하는데 최소 경비라는 정보를 고려하여 자신의 문제해결 과정을 정확한 수식으로 표현하였다. [그림 3]ⓒ의 경우 6학년 과제 1의 해결과정으로 합리적인 피자를 선택하기 위해 단위 넓이당 가격을 비교하였으며 할인이라는 정보를 고려하여 자신의 문제해결 과정을 정확한 수식으로 표현하며 정확한 정답을 도출해 냈다. Ⅳ 범주의 경우 대부분의 경우 자신의 추론 과정을 정확한 수식으로 설명하면서 추론 과정에 대해 검토하거나 다양한 정보를 빠뜨리지 않고 적용하며 성공적인 문제해결을 보인 경우가 많았다.

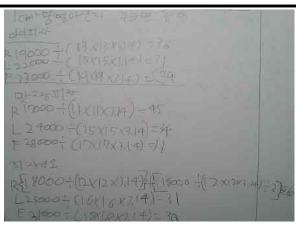
Ⅲ 범주는 수학적 추론 능력의 평균 점수가 1점 이상에서 1.5점 미만을 보이는 학생들로 [그림 4]ⓐ의 경우 4학년 과제 2의 해결과정으로 현장학습 장소를 선정하기 위한 여러 조건들을 고려하여 사칙연산을 사용하여 문제를 해결해 가고 있으나 수학적 기호를 사용하여 자신의 추론 과정을 설명하는데 부족함을 보였다. [그림 4]ⓑ의 경우 5학년 과제 1의 해결과정으로 최소한의 경비를 구하기 위해 가장 합리적인 화폐를 고려하였으나 유레일패스를 선택하는 과정에서 스위스와 영국에 머무는 기간을 고려하지 못하면서 잘못된 결과가 도출해 냈다. [그림 4]ⓒ의 경우 6학년 과제 1의 해결과정으로 합리적인 피자를 선택하기 위해 천 원당 넓이를 비교하였으나 문제에서 주어진 할인이라는 정보를 주어진 문제의 다른 조건들과 함께 고려하는 것이 아니라 별개의 조건으로 여기면서 할인이 된 피자가 합리적이라고 잘못된 선택을 하면서 정답을 도출하는 과정에서의 논리적인 추론 과정의 비약이 잘못된 결과 도출로 연결되었다. Ⅲ 범주의 경우 문제에서 주어진 자료를 정확하게 이해하기는 하였으나 문제를 해결하는 과정이나 표현하는 과정에서 부분적으로 오류를 보이면서 정확한 정답을 이끌어 내지 못하였다. 즉, 자신의 추론 과정에 대한 검토 과정을 거치지 못하면서 기본 원리의 이용이나 기호화에 있어서의 부분적인 오류를 보였다.

Ⅱ 범주는 수학적 추론 능력의 평균 점수가 0.5점 이상에서 1점 미만을 보이는 학생들로 [그림 5]ⓐ는 4학년 과제 2의 해결과정으로 현장학습 장소를 선정하기 위해 모든 조건들을 고려하지 않고 단지 버스비와 할인가격만을 가지고 이용금액을 비교한 후, 그 결과로 현

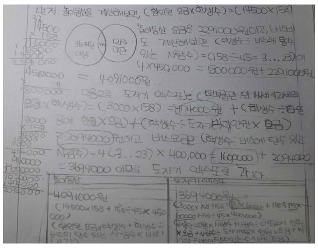
장학습 장소를 선택하면서 오류를 보인 경우이다. [그림 5]ⓑ는 5학년 과제 1의 해결과정으로 최소한의 여행경비를 원화로 알기 위해 화폐 환율을 적용하여야 한다는 기본 원리를 이용하여 자신만의 논리를 표현하고자 하는 노력은 보이나 원리를 적용하는 가운데 오류를 보여 정확한 결과를 도출하지 못하였고 학생 스스로 자신의 문제해결 과정을 검토하지 못하면서 잘못된 결과를 도출하였다. [그림 5]ⓒ는 6학년 과제 1의 해결과정으로 합리적인 피자를 선택하기 위해 단위 넓이 당 가격을 비교하고자 하였으나 이에 대한 문제해결 과정이 정확하게 기록되지 않았으며 원리를 적용하는 가운데 오류를 보여 정확한 결과를 도출하지 못하였다. Ⅱ 범주의 경우 문제의 의도는 어느 정도 파악하였으나 문제에 주어진 정보를 문제를 해결하는데 부분적으로 적용하면서 문제해결에 필요한 핵심적인 원리를 적용하지 못하고, 문제해결에 오류를 보이거나 자신의 추론 과정을 정확하게 표현하지 못함으로써 자신의 추론 과정에 대한 검토로 연결되지 못한 경우를 보였다.

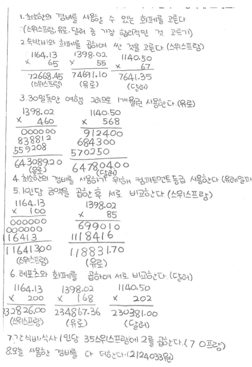

ⓐ 4학년 과제 2

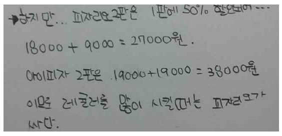

ⓑ 5학년 과제 1


ⓒ 6학년 과제 1

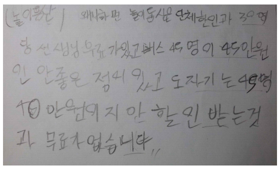
[그림 3] Ⅳ 범주의 문제해결

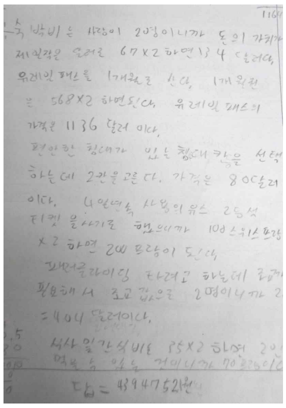

ⓐ 4학년 과제 2

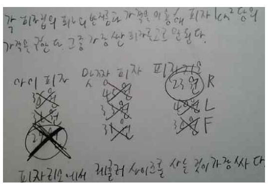

ⓑ 5학년 과제 1


ⓒ 6학년 과제 1

[그림 4] Ⅲ 범주의 문제해결


ⓐ 4학년 과제 2

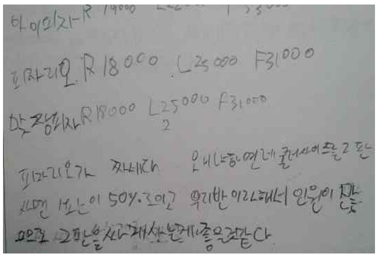

ⓑ 5학년 과제 1


ⓒ 6학년 과제 1

[그림 5] Ⅱ 범주의 문제해결

가장 낮은 Ⅰ 범주의 경우, 5학년의 과제 1의 해결과정을 살펴 보면, 하루 동안 지출할

최소 여행 경비를 구하기 위해 문제에서 주어진 조건을 제대로 활용하지 못하였고, 문제에 나온 몇 명의 숫자를 가지고 단순히 곱하거나 더함으로써 결과를 나타내었으며 어떤 추론 과정을 가졌는지 명확히 표현되지 못하였다. [그림 6]은 6학년 과제 1의 해결과정으로 각 피자 가게별로 제시된 피자의 크기와 피자의 가격 및 할인 조건을 정확하게 이해하지 못하고, 단지 “할인”이라는 정보에만 초점을 두어 할인된 피자를 선택하면서 자료의 정확한 해석도 문제해결에 필요한 원리의 적용도 보이지 못하였다. 즉, I 범주의 경우 과제에 대한 정확한 해석이 이루어지지 못하면서 문제해결에 필요한 기본적인 원리를 이용하지 못하고 오류를 보였으며 자신의 문제해결 과정을 정확하게 서술하지 못하면서 자신의 사고과정을 표현하는데 부족함을 보였다.



ⓐ 6학년 과제 1

[그림 6] D범주의 문제해결

2. 창의적 인성

4, 5, 6학년 학생들이 비구조화된 문제해결과정이 창의성 인성에 미치는 결과를 알아보기 위해 사전·사후검사를 실시한 결과(<표 11> 참조), 각 학년별로 사전·사후검사 결과를 비교해 보면 사전 보다 사후검사의 평균값이 4학년은 약 0.17, 5학년은 0.04, 6학년은 0.12 상승한 것으로 나타났다. 창의적 인성의 하위 요소별 어떤 변화가 있는지 학년별로 살펴본 결과(<표 12> 참조), 5학년 과제집착, 위험감수와 6학년 독립성을 제외한 모든 하위 요소에서 사전 보다 사후검사의 결과가 0.05-0.26정도 높게 나타났다. 4학년의 경우, 심미성, 사고의 개방성 이, 5학년은 사고의 개방성, 심미성, 독립성이, 6학년은 심미성, 과제집착 순으로 평균 점수 차이를 보였다. 창의적 인성 능력의 하위 요소 중 심미성은 4, 6학년에서 가장 큰 결과의 차이를 보였고, 5학년에서도 사고의 개방성과 독립성과 함께 가장 큰 차이를 보임을 알 수 있다.

<표 11> 창의적 인성 검사 결과

학년	사전		사후	
	평균	표준편차	평균	표준편차
4학년	4.19	.41	4.36	.44
5학년	3.83	.56	3.87	.55
6학년	3.66	.59	3.78	.54

<표 12> 창의적 인성 하위요소별 결과

평균(표준편차)

하위요소	4학년		5학년		6학년	
	사전	사후	사전	사후	사전	사후
과제집착	4.13(.51)	4.28(.58)	3.96(.75)	3.81(.82)	3.46(.80)	3.62(.68)
호기심	4.26(.54)	4.40(.59)	3.56(.81)	3.61(.74)	3.74(.77)	3.83(.75)
심미성	3.98(.69)	4.24(.49)	3.79(.84)	3.91(.85)	3.46(.75)	3.72(.62)
사고의 개방성	4.35(.51)	4.56(.46)	3.99(.66)	4.11(.67)	3.92(.71)	3.97(.64)
독립성	4.14(.40)	4.26(.59)	3.72(.85)	3.84(.67)	3.73(.74)	3.69(.87)
위험감수	4.30(.53)	4.46(.52)	4.00(.63)	3.98(.62)	3.73(.74)	3.87(.62)

Ⅴ. 결론 및 제언

본 연구는 초등학교에서 적용 가능한 비구조화된 문제 및 문제해결 모형을 개발하여 비구조화된 문제의 교육적 의미를 알아보고자 하였다. 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

우선, 비구조화된 문제가 현실적인 상황을 담고 있으며, 문제해결을 위한 개념이 명확하지 않고 개방적이고 해결안이나 정답이 여러 개가 될 수 있는 특징을 고려하여 구조화된 문제의 해결과정과는 구별되는 비구조화된 문제해결과정 모형을 구성하였다. 본 연구에서 제시한 비구조화된 문제해결과정 모형은 명료화 및 표상 형성 단계인 ‘Analyze’, 문제해결에 필요한 정보들을 수집하도록 구성하는 ‘Browse’, 다양한 해결책을 모색해 보는 ‘Create’, 해결책을 점검해 보는 ‘Decision-Making’, 문제해결 전 과정에 대해 반성하는 ‘Evaluate’이다. 학교 현장에 모형을 적용한 결과 학생들이 문제를 이해하는데 어려움을 보여 먼저 개별활동으로 A,B,C 단계를 거친 후, 전체활동으로 다시 A,B,C,D,E 단계로 적용할 수 있는 과정으로 비구조화된 문제해결과정 모형을 수정하였다.

본 연구에서는 4, 5, 6학년의 수준을 고려하여 비구조화된 문제의 특징에 맞는 비구조화된 문제를 각각 2문항씩 개발하였다. 각각의 문항을 학생들에게 적용해 봄으로 인해 비구조화된 문제의 교육적 의미를 알아보고자 인지적인 측면의 수학적 추론에서, 정의적 측면의 창의적 인성 면에서 결과를 분석하였다.

첫째, 4, 5, 6학년 학생들의 비구조화된 문제를 해결하면서 나타낸 수학적 추론 능력을 분석한 결과 각 학년별로 비구조화된 문제 전체의 수학적 추론 능력의 평균은 학년이 상위 학년일수록 높은 점수를 보였다. 하지만 특정 문제에 있어서 수학적 추론 능력의 평균이 높게 나타난 경우도 있어 학생들의 수학적 추론 능력에 학년뿐만 아니라 과제의 특성 또한 영향을 미치는 것으로 보인다. 학생들의 수학적 추론 능력을 평균 점수를 기준으로 4가지 범주(Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ, Ⅳ)로 구분한 결과, 문제에 대한 정확한 해석이 이루어지지 못하면서 전반적인 문제해결에 어려움을 보이는 가장 낮은 점수에 해당하는 Ⅰ범주, 문제의 의도는 어느 정도 파악하였으나 문제에 핵심적인 원리의 적용이나 기호화 측면에서의 오류를 보이는 Ⅱ 범주, 자신의 추론 과정에 대한 면밀한 검토 과정을 거치지 못하면서 문제해결에 부분적인 오류를 보이는 Ⅲ 범주, 논리적인 추론 과정을 보이는 가장 높은 점수에 해당하는 Ⅳ 범주로 나타났다. 특히 4학년에서는 Ⅰ 범주, 5, 6학년에서는 Ⅱ 범주가 가장 높은 비율로 나타난 것을 통해 볼 때 비구조화된 문제를 적용함에 있어서 각 학년에 따라 추론의 구성 요소 중 어떤 부분에 초점을 두어 지도해야 하는지 차별화된 교수 학습 방법이

필요할 것으로 보인다.

둘째, 4, 5, 6학년 학생들의 비구조화된 문제해결 경험이 창의적 인성에 어떠한 영향을 미치는지 살펴본 결과, 모든 학년에서 사전 보다 사후의 점수 결과가 높게 나왔다. 특히, 창의적 인성 능력의 하위 요소 중 심미성은 모든 학년에서 평균점수의 차이가 크게 나타났다. 이러한 결과는 비구조화된 문제의 경험 횟수나 기간이 학생들의 정의적인 측면의 변화를 유발시키기에는 다소 부족했음을 의미한다. 하지만 심미성 측면에서의 변화는 비구조화된 문제가 지닌 실생활과 유사한 문제를 학생들이 경험하며 생활애서 밀접하게 연계되어 있는 수학적 아름다운 것에 끌리도록 한 것으로 보인다.

본 연구에서는 이상의 연구 결과를 토대로 비구조화된 문제를 현장에 적용하기 위한 교수 학습 방법 측면에서의 다음의 제언을 하고자 한다.

첫 번째 비구조화된 문제해결과정 모형에 따라 학교 현장에서 비구조화된 문제를 적용하고자 할 때 교사의 적절한 발문이나 피드백뿐만 아니라 학생들의 소집단이나 전체 토의 활동이 강조되어야 한다. 일반적으로 비구조화된 문제는 다양한 해결책 중에서 문제와 그 제한점에 근거하여 가장 적합하다고 생각하는 것을 하나 선택해야 하기 때문에 학생들로 하여금 문제를 조직하고, 문제의 해결책을 찾는 것을 어렵게 만든다(Ge & Land, 2003). 하지만 이러한 비구조화된 문제는 학생들이 흥미를 느끼고, 문제의 복잡성 속에서 맥락을 제공해 주는 가치 있는 수학적 과제로서 학생들 간에 문제해결을 위한 풍부한 상호작용을 유도할 수 있다(Alice & Shirel, 1999). 또한 이러한 과제를 소집단 활동 속에서 경험하는 것은 학생들이 다른 학생들에게 질문하고, 문제해결에 필요한 구체적인 설명을 유도하고, 상호간에 피드백을 줄 수 있다는 점에서 수학적 추론의 기회를 제공하는 자연스러운 배경이 된다. 소집단 토의 활동 뿐 아니라 전체 활동도 학급 전체를 대상으로 자신의 추론 과정을 설명하여 발표 할 기회를 갖고, 자신의 생각과 다른 사람의 생각을 공유함으로써 자신의 해결과정을 정당화해야 하는 자연스러운 상황에 놓이게 해 준다(Carolyn, 2009). 또한 2009 개정교육과정에서 새로운 교수 학습 방법으로 도입한 스토리텔링은 이야기가 수학교육에 적용됨으로 인해 수학의 개념·원리·법칙에 쉽게 접근하도록 안내하고, 수학 내용을 효과적으로 전달·기억하게 하고, 문제해결에 도움을 줄 수 있다(서보억, 2013)는 점에서 비구조화된 문제해결에 활용될 수 있을 것이다. 본 연구 결과에서 학생 개개인뿐 아니라, 소집단 토의 활동에서 활발히 이끌어 냈던 문제해결 구안 도출과정에서 보였던 수학적 추론 능력 또한 소집단 및 전체 토의 활동을 통해 수정되고 발전된다면 보다 높은 수준의 추론 능력을 보여줄 것으로 기대해 볼 수 있다.

두 번째 비구조화된 문제는 일상생활에서 접할 수 있는 문제상황을 제시하고, 여러 가지 해결 방법이 존재하거나 문제해결을 평가하는 다양한 준거를 가지는 특징이 있기 때문에 비구조화된 문제를 해결하기 위해서는 문제에서 요구하는 내용과 문제에 내포되어 있는 여러 조건들을 파악하는 것이 중요하다. Greeno(1978)가 언급하였듯이 문제해결에서 문제를 이해하는 과정이 해결계획을 구상하고 문제를 해결하는데 중요한 과정이기에 올바른 이해가 바탕이 되어야 문제를 해결할 수 있는 행로를 찾을 수 있다. 이는 본 연구에서 결과 수학적 추론 능력을 분석한 결과에서 추론 능력 점수가 높은 학생들은 문제를 정확하게 이해한 학생들이 문제를 성공적으로 해결해 가는 과정에서 알 수 있었다. 더불어 학생들에게 이전에 경험하지 못하였던 비구조화된 문제해결은 결코 한 번에 쉽게 해결되지 과정으로 다가오며 소집단 안에서 머리를 맞대고 해결해 나가는 과정에서 잠재적으로 내재되어 있던 그들의 창의적 인성 또한 긍정적인 영향을 주었다고 보아 학생들에게 주어지는 문제의 틀을 좀 더 다양하면서 그들의 생활 맥락에 맞는 상황으로 구성한다면 그들이 만

나는 순간순간의 상황에서 장기적으로 지적인 성장뿐 아니라 정서적인 성장까지 이끌어 낼 수 있을 것으로 기대해 볼 수 있겠다.

종합적으로, 학생들이 접해 본 경험이 적은 비구조화된 문제를 해결하기 위해서는 문제에서 제공하고 있는 정보 뿐 아니라 전체적인 흐름을 파악하며, 문제에서 주어진 자료의 정확한 해석을 통해 학생들이 논리적으로 문제해결 절차를 계획할 수 있도록 지도하는 방안 뿐 아니라 이에 관한 체계적인 후속연구를 기대해 본다.

참 고 문 헌

교육과학기술부 (2009). **초등학교 교육과정 해설(Ⅳ): 수학, 과학, 실과.** 서울: 대한교과서.

교육과학기술부. (2011). **수학과 교육과정**. 서울: 교육과학기술부.

김경희, 시기자, 김미영, 옥현진, 임해미, 김선희, 정송, 정지영, 박희재 (2010). **OECD 학업성취도 국제비교 연구(PISA 2009) 결과 보고서. 연구보고 RRE 2010-4-2.** 한국교육과정평가원.

김민경, 이지영, 홍지연, 김은경 (2011). 초등학교 수학 교과서에서 나타난 '문제'의 비구조성(Ill-structured)에 관한 연구. **학습자중심교과교육연구, 11**(2), 1-21.

김민경, 박은정, 허지연 (2012). '맥락성' 관점에서 본 수학교과서의 문제 분석. **한국학교수학회논문집, 15**(1), 1-25.

김민경, 이지영, 홍지연, 주현정 (2012). 자료분석에 관한 비구조화된 문제해결모형 적용에서 나타난 초등학교 5학년 학생들의 의사결정에 관한 연구. **수학교육논문집, 26**(2), 221-247.

김민경, 허지연, 조미경, 박윤미 (2012). 초등학교 4학년 학생들의 비구조화된 문제에서 나타난 해결과정 및 추론 분석. **수학교육, 51**(2), 95-114.

김수진, 박지현, 김현경, 진의남, 이명진, 김지영, 안윤경, 서지희 (2009). **수학·과학 성취도 추이변화 국제비교 연구-TIMSS 2007 결과 보고서. 연구보고 RRE 2008-3-3.** 한국교육과정평가원.

김수진, 박지현, 김현경, 진의남, 이명진, 김지영, 안윤경, 서지희 (2012). **수학·과학 성취도 추이변화 국제비교 연구-TIMSS 2011 결과 보고서. 연구보고 RRE 2012-4-3.** 한국교육과정평가원.

김은혜, 박만구 (2011). 수학 영재교육 대상 학생과 일반 학생의 개방형 문제해결 전략 및 행동 특성 분석. **한국초등수학교육학회지, 15**(1), 19-38.

서동엽 (1999). 중학교 학생의 증명 능력 분석. **수학교육학연구, 9**(1), 183-203.

서보억 (2013). 수학교육에서의 스토리텔링(storytelling)에 대한 문헌 분석 연구. **수학교육, 52**(1), 65-82.

서진수, 한신, 김형범, 정진우 (2012). 과학고 학생들의 비구조화된 문제해결 과정 특성 분석. **대한지구과학교육학회지, 5**(1), 8-19.

송미영, 임해미, 최혁준, 박혜영, 손수경 (2013). **OECD 국제 학업성취도 평가 연구: PISA 결과 보고서. 연구보고 RRE 2013-6-1.** 한국교육과정평가원.

송상헌, 장혜원, 정영옥 (2006). 초등학교 6학년 수학영재들의 기하 과제 증명 능력에 관한 사례 분석. **수학교육학연구, 16**(4), 327-344.

송인섭, 김혜숙 (1999). 창의성 개념정립을 위한 탐색적 연구-암시적 창의성 이론을 중심으로-. **교육심리연구, 13**(3), 93-117.

지재근, 오세열 (2000). 문장제에 대한 이해 정도가 문제해결력 신장에 미치는 영향에 대한

연구-중학교 방정식과 부등식 단원을 중심으로. **한국학교수학회논문집,** 3(1), 189-200.

하주현 (2000). 창의적 인성 검사 개발. **교육심리연구, 14**(1), 187-210.

한원, 강유진, 김지나 (2013). 비구조화된 과학적 문제 상황에서 고등학생들의 문제발견 및 문제해결과정. **교사교육연구, 52**(2), 195-214.

홍지연 (2013). **비구조화된 문제의 해결 과정에서 나타난 초등학생의 수학적 추상화 및 비례적 추론 연구**. 이화여자대학교 대학원 박사학위논문.

Alice, F. A., & Shirel, Y. F. (1999). Mathematical reasoning during small group problem solving. In Stiff, L. V., & Curcio, F. R. (Eds.), *Developing mathematical reasoning in Grades K-12* (pp. 115-126). Reston, VA: Author.

Carolyn, A. M. (2009). Children's reasoning: Discovering the idea of mathematical proof. In D. A. Stylianou, M. L. Blanton & D. J. Knuth (Eds.), *Teaching and learning proof across the grades: A K-16 perspectives* (pp. 120-132). Routledge.

Dunkle, M. E., Schraw, G., & Bendixen, L. D. (1995). *Cognitive processes in well-defined and ill-defined problem solving*. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, San Francisco, CA.

Galbraith, P. L. (1981). Aspects of proving: A clinical investigation of process. *Educational Studies in Mathematics, 12*(1), 1-28.

Ge, X., & Land, S. M. (2003). Scaffolding students' problem-solving processes in an ill-structured task using question prompts and peer interactions. *Educational Technology Research and Development, 51*(1), 21-38.

Greeno, J. (1978). Natures of problem-solving abilities. In W. Estes (Ed.), *Handbook of learning and cognitive processes* (pp. 239-270). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Hong, N. S. (1998). *The relationship between well-structured and ill-structured problem solving in multimedia simulation*. Unpublished doctoral dissertation, The Pennsylvania State University.

Jonassen, D. H. (1997). Instructional design models for well-structured and ill-structured problem-solving learning outcomes. *Educational Technology Research and Development, 45*(1), 65-94.

Kitchner, K. S. (1983). Cognition, metacognition, and epistemic cognition: A three-level model of cognitive processing. *Human Development, 26*, 222-232.

Lave, J. (1998). *Cognition in practice*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Lenchner, G. (1983). *Creative problem solving in school mathematics*. Boston, MA: Hougton Mifflin Co.

Martindale, C. (1989). Personality, situation, and creativity. In J. A. Glover, R. R. Ronning,

& C. R. Reyonolds (Eds.), *Handbook of creativity* (pp. 279-301). Cambridge, MA: MIT Press.

National Council of Teachers of Mathemtics. (2000). *Principle and standards for school mathematics*. Reston, VA: Author.

Ronald, F. & Herbert, A. S. (1999). A study of how individuals solve complex and ill-structured problems. *Policy Sciences, 32*, 225-245.

Torrance, E. P. (1981). Non-test of identifying the creative gifted. In J. C. Gowan, J. Khatena & E. P. Torrance (Eds.), *Creativity: Its educational implications* (pp. 165-170). Dubuque, IA: Kendal/Hunt.

Wood, P. K. (1983). Inquiring systems and problem structures: Implications for cognitive development. *Human Development, 26*, 249-265.

<Abstract>

Design, Application and Its Educational Implication of Ill-structured Problem Solving in Elementary Mathematics Education

Kim, Min Kyeong[5]; & Heo, Ji Yeon[6]; & Park, Eun Jeung[7]

This study designed and developed a model of ill-structured problem solving and ill-structured problems for the 4th, 5th, and 6th graders. In addition, two sets of ill-structured problems has been explored to 23 4th graders, 33 5th graders, and 23 6th graders in elementary schools in order to investigate their problem solving, creative personality, and mathematical reasoning. The model of ill-structured problem solving was suggested ABCDE (Analyze-Browse-Create-DecisionMaking-Evaluate) model and analyzed participants' problem solving procedure. As results, participants showed improvement between pretest and posttest in problem solving and the high graders showed the greater creative personality.

Key words: Problem solving, Model of problem solving, Ill-structured problem, Creative personality, Mathematical reasoning

논문접수: 2014. 06. 12
논문심사: 2014. 08. 13
게재확정: 2014. 08. 25

5) mkkim@ewha.ac.kr (corresponding author)
6) walnamh@nate.com
7) gloria4004@naver.com