

Thinking Science 프로그램의 확률 활동이 중학생의 확률적 사고 형성에 미치는 효과

신경인^{*} · 이상권 · 신애경 · 최병순^{*}

한국교육원대학교 화학교육과

화천고등학교

(2002. 11. 22 접수)

The Effects of the Probability Activities in Thinking Science Program on the Development of the Probabilistic Thinking of Middle School Students

Kyung-In Shin^{*}, Sang-Kwon Lee, Ae-Kyung Shin and Byung-Soon Choi^{*}

Department of Chemistry Education, Korea National University of Education, Chungbuk 363-791, Korea

Hwacheon High School, Kangwon 209-808, Korea

(Received November 22, 2002)

요 약. 이 연구의 목적은 중학생의 인지수준과 확률적 사고수준을 측정하여 그 관계를 분석하고 Thinking Science (TS) 프로그램의 확률 활동을 적용하여 그 효과를 분석하는 것이다. 중학교 1학년 219명을 실험집단과 통제집단으로 나누어, 실험집단에는 TS 프로그램의 확률 활동을, 통제집단에는 전통적인 과학 수업을 적용하였다. 결과에 의하면, 중학생의 인지수준은 대부분 구체적 조작기에 해당하였고, 많은 학생들의 확률적 사고수준은 확률 문제 해결에 양적 전략을 사용하면서 주관적 전략도 함께 사용하는 과도기적인 수준이었다. 또한, 인지수준이 높을수록 확률적 사고 수준도 높았으며, 확률의 구성요소 중에서 표본 공간과 한 사건에 대한 확률이 확률 비교와 조건부 확률보다 먼저 발달하였다. TS 프로그램의 확률 활동은 학생들이 확률 문제 해결에 양적 전략을 사용하도록 하는 데에 효과적이었다. 특히 사전에 확률 문제 해결에 주관적 전략과 양적 전략을 혼용하던 중기 구체적 조작기인 학생들이 사후에 양적 전략을 사용하도록 하고, 한 사건에 대한 확률을 인식하도록 하는 데에 효과가 있었다.

주제어: 확률적 사고, 인지수준, Thinking Science 프로그램

ABSTRACT. The purposes of this study were to investigate the correlation between the cognitive level and the probabilistic thinking level and to analyze the effects of the probability activities in Thinking Science (TS) program on the development of probabilistic thinking. The 219 7th grade students were sampled in the middle school and were divided into an experimental group and a control group. The probability activities in TS program were implemented to the experimental group, while only normal curriculum was conducted in the control group. The results of this study showed that most of 7th grade students were in the concrete operational stage and used both subjective and quantitative strategy simultaneously in probability problem solving. It was also found that the higher the cognitive level of the students, the higher the probabilistic thinking level of them. The sample space and the probability of an event in the constructs of probability were first developed as compared to the probability comparisons and the conditional probability. The probability activities encouraged the students to use quantitative strategy in probability problem solving and to recognize probability of an event. Especially, the effectiveness was relatively higher for the students in the mid concrete operational stage than those in any other stage.

Keywords: Probabilistic Thinking, Cognitive Level, Thinking Science Program

서 론

확률은 개인이나 집단이 처리해야 할 정보의 양이 기하급수적으로 증가하게 된 정보화 시대에서, 당면한 문제 해결을 위해 다량의 정보로부터 유용한 정보를 취사·선택하고 미래의 불확실한 사실에 대해 합리적으로 예측·판단해야 할 때 필수적으로 쓰여지고 있다.

확률의 개념은 형식적 사고를 구성하는 논리로서 과학 탐구 기능을 원활히 수행하기 위해서도 필요한 개념으로, 과학적 지식을 이해하고 과학적 방법을 실행하는 데에도 빼놓을 수 없는 것이다. 그런데 현재 확률은 수학 책략에서 이론 위주뿐만 다루어지고 있으며, 이런 확률 교육만으로는 확률의 개념을 제대로 이해시키기 어려울 뿐 아니라 생활 및 과학에 연계시키는 것이 쉽지 않다. 그러므로 생활 경험과 연계된 활동을 통해서 학생들 스스로가 개념을 획득해 나가도록 하는 교육 프로그램 및 교수 방법이 필요하다.

Piaget의 확률 개념 발달에 의하면, 전 조작기에는 가역성에 대한 개념이 없어서 단순한 직각에 근거한 사고를 하며 시행착오를 거쳐 사실을 직관에 의해 받아들이고 구체적 조작기 아동의 추리 과정은 논리적이며, 직각의 변환에 기울임 줄 얹고 현명한 전략을 사용하지만 그것은 확률에 근거한 것이 아니다. 그러므로 형식적 조작기가 되어야 체계적인 확률을 사용할 수 있다. 확률 개념의 발달 단계를 우연과 필연, 비율 추론, 조합능력, 치환 능력의 발달 어부에 따라 설정하였다. 확률의 개념은 우연과 필연의 구분으로부터 시작되는데 7~8세 이전의 아동은 우연과 필연의 개념을 구분하지 못한다고 한다. 그리고 가능성을 비교하는 단계는 9~12세에 경험적인 방법으로 해결하며, 원소 수가 적은 경우의 확률을 계산할 수 있지만, 비율개념을 이해하지는 못하여 분수로 표현되는 형식화는 일어나지 않는다. 이러한 비율적 사고는 형식적 조작기 이전에 취득되어질 수 없다. 조합 능력과 치환 능력은 구체적 조작기에는 구체적 범주와 관계들을 관련지을 수 있을 뿐이므로 조합적 조작은 형식적 조작기 이후에나 가능하다고 할 수 있다. 따라서, 형식적 조작기 이후에야 확률적 개념의 이해에 필수적인 조건을 모두 갖추게 되는 것이라고 하였다.

이와 같이 Piaget는 아동의 완전한 확률 개념에 대한 학습 능력의 결여에 관심을 가졌던 반면, Fischbein²⁾은 부분적으로 형성된 확률 개념의 존재에 관심을 가졌다. 정확한 확률적 직관이 취학 전 아동들에게는 정의되며,

확률적 사고의 발달 과정은 체계적인 교육에 의해 가속화시킬 수 있다고 주장하였다. Fischbein은 Piaget가 구체적 조작기 이전에는 획득되지 않는다고 주장했던 우연의 개념에 있어서도 외부 영향이 제기되고, 요구되는 계산이 간단하면 취학 전 아동들도 정확하게 이해할 수 있고 때때로 형식적 조작기에 있는 아동보다도 더 정확하게 이해할 수 있다고 하였다. 또한, 기본적인 교육 질차를 통하여 비율이 같지 않은 상황에서 가능성을 비교하는 문제 해결에 대해 전 조작기의 아동들은 성공하지 못하였지만 구체적 조작기의 아동은 비율 비교와 같은 이중 비교를 포함한 확률 문제를 교육을 통하여 해결할 수 있다고 하였다. Fischbein의 이러한 주장은 Piaget의 주장에 상반되기 때문에 매우 중요한 의미를 가진다. 그리고 Fischbein은 형식적 조작기인 11~12세 이후에, 아동들은 구체적인 것이 아니더라도 확률 문제를 가설을 바탕으로 한 논리적 사고에 의하여 해결할 수 있게 된다고 하였다. 그러나 우연, 상대도수와 확률직관은 아동들의 일상 생활과 지적 발달의 함수로서 나이에 따라 발달하나, 학교에서 받은 교육의 영향으로 획일화되는 경우에는 때때로 퇴보하는 경향도 있다고 하였다.

확률 개념 발달 단계는 주로 Piaget의 인지 발달 단계에 따라 설명되고 있다. 영국의 11~16세의 학생 3000명을 대상으로 수행한 연구에서 대부분의 학생들이 16세가 될 때까지 형식적 조작기에 나타나지 못했다는 결과를 얻었다.³⁾ 또한, 확률의 개념적 이해에 필수적인 비율개념이 제대로 인식되지 못하고 있으며, 학생들은 '적어도', '어떤', '불가능' 같은 확률의 평이한 용어조차 이해하고 사용하는데 어려움을 겪을 뿐 아니라 부작위 개념에 특히 취약하였다. Piaget의 인지 발달 단계에 따라 인지수준이 발달하지 않는 결과로부터 인지수준을 높이기 위한 교수방법이나 교육 프로그램을 마련하려는 노력이 적지 않다. 최근에는 PLET(probability experimental tool)을 이용한 학습 프로그램의 개발이 활발하게 진행되고 있다.⁴⁾

Jones 등⁵⁾은 확률에서 학생들의 사고를 체계적으로 설명하고 예상하기 위한 프로그램을 개발하여 이론적 확률과 표본공간, 실험적 사건의 확률, 이론적 사건의 확률, 확률비교, 조건부확률, 독립적인 사건 등의 6가지 구성요소에 대해 객관적인 평가부터 수치 추론까지의 확률적 사고를 4가지 수준으로 나눌 수 있는 평가 틀을 제시하였다. 이러한 평가 기준은 수업의 지도와 평가를 이끌어 주는 데 필요한 학생들의 확률적 사고에 대한 일

관성을 제공했으며 확률 논리 정도를 여러 수준으로 나누어 Frischbein과 같이 형식적 조작기 이전에도 확률 논리가 형성될 수 있음을 나타내고 있다. 그리고 후기 구체적 조작기에 확률 개념이 형성되기 시작한다고 설명하고 있는 CAT(curriculum analysis taxonomy)의 확률적 사고의 발달 분석⁸⁾에서도 확률의 개념은 양적 사고가 뒷받침되어야 한다는 것을 나타내고 있다.

효과적인 교육 프로그램과 교수 방법은 학생들의 인지수준과 그들의 인지수준에 따른 확률적 사고수준을 제대로 인지하고 있을 때 만들어질 수 있다. 그러나 확률은 주로 수학적 개념으로 다루어져 왔기 때문에 확률의 교수 프로그램 및 교수 방법과 확률의 오개념⁹⁾에 관련된 연구 등은 많았지만, 학생들의 확률적 사고에 관한 연구는 많이 이루어지지 않았다.

이 연구에서는 학생들 스스로 수업에 참여하여 활동하면서 상호작용을 하도록 제작된 TS(Thinking Science) 프로그램¹⁰⁾의 확률 활동을 중학생들에게 적용하여 효과를 알아보고, 인지수준과 확률적 사고수준의 관계를 분석하여 Piaget의 인지수준에 따른 확률적 사고의 변화들을 살펴보고자 하였다.

연구 내용 및 방법

연구 대상. TS 프로그램의 확률 활동의 효과를 알아보기 위한 연구를 충청북도 청원군 면 소재 중학교 1학년 6개 학급, 219명을 대상으로 연구를 수행하였다. 실험집단과 통제집단은 각각 3개 학급으로 107명과 112명으로 선정하였다. 두 집단에 사전 인지수준 검사(SRT II)와 사전 확률적 사고 검사를 실시하였고 통제집단에겐 정규 교육과정이 운영되는 동안 실험집단에게는 TS

프로그램의 5개의 확률 활동이 적용되었다. 처치 후에 두 집단에서 사후 확률적 사고 검사를 실시하였다.

TS 프로그램의 확률 활동. TS의 30개 활동 가운데 실험집단 학생에게 처치한 확률 활동에 속하는 5개 활동 내용을 Table 1에 제시하였다. 확률 논리에 해당하는 4개 활동과 확률의 '경우의 수' 개념에 해당하는 조합 논리 1개 활동을 실험집단에게 적용하였다.

이 5개 활동은 실험을 통하여 확률을 계산해보고 생활에서 확률이 어떻게 사용될 수 있을지 생각하는 형태로 진행이 된다. TS 프로그램의 수업 전략과 교수 자료에 의한 학습 지도안과 활동지는 과학교육 전문가 5인과 연구자와의 협의로 타당도를 검증하고 수정, 보완하여 작성하였다.

과학적 사고력 검사(Science Reasoning Tasks).¹¹⁾ 사전에 실시한 인지수준 검사는 SRT II를 사용하였는데 질량과 부피 보존에 관한 14개의 문항으로 구성되어 있으며, 학생들이 절차에 따라 이루어지는 시범 실험을 보고 검사지의 질문에 답하도록 되어있다. SRT II는 학생들의 인지수준을 구분하는 도구로 많이 이용되었으며,¹²⁻¹⁶⁾ 전체 인지발달 단계는 세분화 시키 9단계로 나누고 있지만, SRT 검사는 종류에 따라 측정 범위가 다르게 구성되어 있다. 이 연구에 사용된 SRT II의 인지수준은 전 조작기(1), 전기 구체적(2A), 중기 구체적(2A, 2B), 후기 구체적(2B), 구체와 형식의 과도기(2B 3A), 전기 형식적 조작기(3A)로 구분된다. 전 조작기부터 전기 형식적 조작기까지 각 2~7 점을 부여하여 결과를 분석하였다.

확률적 사고 검사. 학생들의 확률적 사고수준을 측정하는 도구로서 표본공간(SS), 한 사건에 대한 확률(P1), 확률 비교(PC), 조건부 확률(CP)의 4가지 구성요

Table 1. Intervention activities implemented in the experimental group

Activity	Reasoning patterns	Contents
Spinning coins	Probability	· spinning the coin 50 times and getting the proportion of heads fluctuates · calculating the portion of total throws · plotting a graph
Combinations	Combinations	· sorting of colored spinners and different foods · lighting the lamp when with the right combination, push the tester button on switch box · applying to the problem of seed germination
Tea tasting	Probability	· telling whether milk or tea has been poured first · results of five coin spinning
Sampling: fish in a pond	Probability	· how to count fish population in a pond · probabilistic problem solving with sampling extraction
Throwing dice	Probability	· probability when throw a pair of dice

Table 2. The framework of the probabilistic thinking test

Construct	No. of items	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4
Sample space (SS)	3	Uses strategies on the basis of subjective judgements or unsystematic way	Uses strategies on the basis of quantitative as well as subjective judgements	Uses strategies on the basis of quantitative judgements	Assigns a numerical probability measure and adopts generative and systematic strategies
Probability of an event (PE)	3				
Probability comparisons (PC)	4				
Conditional probability (CP)	5				

소를 포함하고 있으며 총 15 개의 분항으로 구성된 검사도구이다(Table 2). 검사 분항은 Jones 등¹⁾의 연구에서 사용된 것을 번역하여 이 연구에 알맞게 수정·보완하였고, 과학교육 전문가 5인에게 타당도를 검증 받은 뒤 사용하였다. 화물적 사고 검사의 신뢰도(Cronbach's α)는 0.85 이었다.

각 구성요소의 분제 해결에 사용된 전략을 Table 2에서와 같이 1수준, 2수준, 3수준, 4수준으로 나누어 살펴 보았고, 분항별로 각 수준마다 1~4점을 부여하여 그 결과를 분석하였다. 그리고 전체 영역과 구성요소별 학생들의 수준을 분석한 경우는 각 평균값을 반올림하여 얻은 결과를 이용하여 분석하였다.

연구 결과 및 논의

실험집단과 통제집단의 사전 인지수준 비교. 화물 프로그램의 치치 전에 실험집단과 통제집단의 인지수준의 동질성 여부를 판단하기 위하여 SRT II로 인지수준을 측정하였으며, 그 결과 아직까지 중학교 1학년들은 구체적 조작기와 과도기에 있음을 확인할 수 있었다. 1~2B까지는 통제집단이, 2B/3A와 3A는 실험집단이 약간 많지만, 두 집단 모두 2A/2B와 2B/3A에 편중되어 있으며 비슷한 인지 수준 분포를 보였다. Piaget의 인지 발달 단계에 따르면 중학생들은 이미 형식적 조작기에 도달해 있어야 하지만, 형식적 조작기에 도달한 학생이 매우 적은 것을 알 수 있다. 두 집단의 인지수준 비교에서, 실험집단의 평균 점수가 통제집단의 평균 점수보다 약간 높은 것으로 나타났지만 평균에 대한 t-검정 결과 두 집단 사이에 유의미한 차이가 없으므로 인지수준이 동일한 집단임을 알 수 있다(Table 3).

사전 화물적 사고수준 비교. CASE¹²⁻¹⁶ 화물 프로그램을 통한 화물적 사고 형성을 알아보기 위한 사전 검사 결과(Fig. 1)에 나타난 것과 같이 화물적 사고수준이 대부분 2, 3수준에 해당하는 것을 알 수 있었다. 2수준

Table 3. The t-test results of mean scores of the cognitive level

Group	n	M*	SD	t
Experimental	107	4.93	1.28	0.968
Control	112	4.77	1.27	

*The score of full mark is 7.

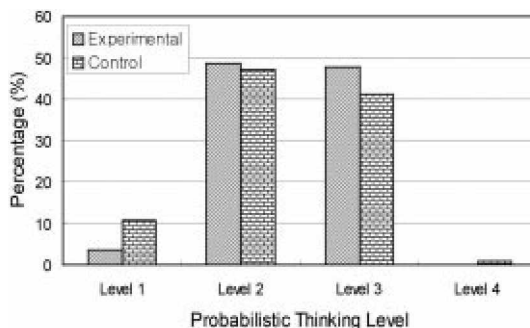


Fig. 1. The distribution of probabilistic thinking level of the students in the pre-test.

은 화물 분제 해결에 주관적 전략을 사용하는 1수준과 양적 전략을 사용하는 3수준의 과도기적인 단계로 주관적 전략과 양적 전략을 혼용하는 단계이다. 실험집단이나 통제집단 모두 50% 이상이 주관적 전략을 사용하는 1, 2수준에 해당하며, 화물적인 수치를 적용하는 4수준에 해당하는 학생은 거의 없으므로 중학교 1학년은 아직까지 화물적 사고가 완전히 형성되지 못했음을 알 수 있었다. 이러한 결과는 CAT의 화물적 사고의 발달 분석에서와 마찬가지로, 양적 사고가 뒷받침되는 2B 이상의 학생들에게서 화물 개념이 형성되고 있음을 나타내고 있다.

또한, 화물의 구성요소 각각에 대해서도 화물적 사고수준을 분석한 결과, '경우의 수 인식'에 대한 SS 구성요소의 화물적 사고수준은 다른 구성요소에 비해 발생적 전략을 사용하여 화물 분제를 해결하는 4수준의 학생들이 많았다. 이것은 SS 구성요소가 조합 논리에 해

당하는 것으로, 논리적 사고력에서 조합 논리가 확률 논리나 비례 논리보다 하위 요소라고 했던 결과¹⁸와 일치한다고 볼 수 있다.

‘사건의 가능성 인식’에 대한 PE 구성요소의 확률적 사고수준에서는, 실험집단과 통제집단 모두 양적 전략을 사용하는 3수준 이상의 학생들이 60%가 넘었고, 주관적 전략을 사용하는 1수준의 학생들은 거의 없었다. 따라서, PE 구성요소의 확률 문제 해결에는 주관적 전략보다는 양적 전략이 더 많이 고려되고 있음을 알 수 있었다.

반면, ‘공정한 상황의 구별’에 대한 PC 구성요소의 확률적 사고수준은 다른 구성요소에 비해 가장 발달되지 않은 영역이라고 볼 수 있다. 실험집단과 통제집단 모두 70% 이상이 주관적 전략을 사용하는 1, 2수준이었고, 확률적 수치를 사용하는 4수준의 학생은 거의 없었다. 중학교 1학년은 아직 PC 구성요소의 확률 문제 해결에서, 연속적이지 않은 사건에 대해 경험에 의한 주관적 전략을 가장 많이 사용하는 것을 알 수 있었다.

독립적인 사건과 종속적 사건의 구별’에 대한 CP 구성요소의 확률적 사고수준에서 다른 구성요소보다 주관적 전략을 사용하는 1수준이 많았으며 양적 전략을 사용하는 3수준도 PC 구성요소보다 많았다. 이러한 결과는 독립적 사건에 대해서 쉽게 이해한 학생이 종속적 사건에 대해서는 앞선 사건에 매여서 주관적 사고를 하기 때문에 나타난다고 할 수 있다.

이러한 결과는 구체적 조작기에 해당하는 대부분의 학생들은 아직도 비복원 추출 조건에서는 확률이 바뀐 것을 완전하게 인식하지 못한다고 설명 할 수 있다.

앞에서 살펴본 확률적 사고수준에 대한 실험집단과 통제집단 간의 평균값을 살펴보면, 실험집단의 평균값이 통제집단의 평균값보다 약간 높은 것으로 나타났다. 그러나 두 집단의 확률적 사고 수준의 평균에 대해 t-검정한 결과 유의미한 차이는 없는 것으로 나타났으

며, 확률의 구성요소별 평균값에 대한 t-검정 결과에서도 유의미한 차이가 없었다(Table 4).

실험집단과 통제집단은 확률적 사고수준 분포도 비슷할 뿐 아니라 확률적 사고수준 비교에서도 유의미한 차이가 없었으므로, 두 집단은 확률적 사고수준이 모두 동일한 집단임을 알 수 있었다.

인지수준별 확률적 사고. 실험집단과 통제집단이 인지수준과 확률적 사고수준이 동일하므로, 두 집단의 검사 결과를 이용하여 중학교 1학년의 인지수준별로 확률적 사고수준의 관계를 알아보았다. 인지수준이 높을수록 확률적 사고수준도 함께 높아 가는 것을 알 수 있었다. 그리고 어느 인지수준에서 확률적 사고수준이 갑자기 형성되는 것은 아니더라도 일정한 수준에서 형성되는 것으로 볼 수 있으며 특히 2A 이하의 수준에서는 아직까지 주관적 사고가 더 많이 나타나고 있다.

확률의 각 구성요소들의 확률적 사고수준도 인지수준이 높아질수록 증가하는 경향을 보였다. 그러나 한 인지수준에서의 구성요소는 발달 정도에 차이가 있었다. 경우의 수와 사건의 가능성을 인식하는 SS와 PE, 두 상황을 비교하고 독립적·종속적 사건을 구별하는 PC와 CP는 각각 짝지어 발달되는 경향을 나타내었다. 따라서, SS와 PE보다 PC와 CP의 수준이 낮으므로 SS와 PE의 확률 개념이 먼저 발달되고 PC와 CP의 확률 개념은 늦게 발달되는 것으로 볼 수 있다.

전체적으로 인지수준과 확률적 사고수준은 상관 계수가 0.505로 유의미한 상관이 있는 것으로 나타났으며, 인지수준과 확률의 구성요소의 수준 사이에도 각각 유의미한 상관이 있는 것으로 나타났다. 사용된 확률 문제 해결 전략을 보면, 전 조작기는 주관적 전략을, 구체적 조작기는 양적 전략을, 형식적 조작기는 확률적 수치를 사용하는 것으로 설명할 수 있다.

확률적 사고의 사후 검사 비교. TS 프로그램의 확률 활동을 적용한 후 확률적 사고수준의 향상 정도를

Table 4. The t-test results of probabilistic thinking level in the pre-test by construct

Construct	Experimental			Control			t
	n	M*	SD	n	M*	SD	
SS	107	2.55	0.82	112	2.49	0.97	0.496
PE	107	2.71	0.65	112	2.69	0.69	0.252
PC	107	2.05	0.59	112	2.00	0.61	0.547
CP	107	2.28	0.80	112	2.21	0.77	0.657
Total	107	2.40	0.52	112	2.35	0.58	0.662

*The score of full mark is 4.

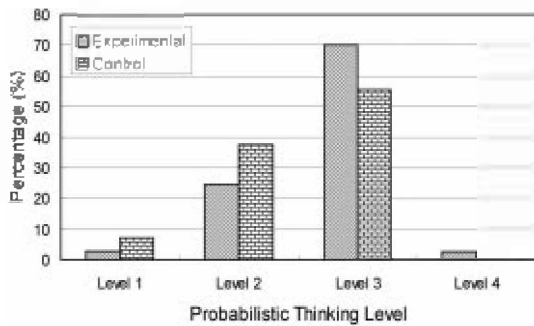


Fig. 2. The distribution of probabilistic thinking level of the students in the post-test.

알아보기 위해 사후검사를 하여 실험집단과 통제집단의 확률적 사고수준을 비교하였다(Fig. 2). 사전 검사에서는 실험집단의 2수준이 48.6%, 통제 집단의 2수준은 47.3%으로 3수준의 학생들보다 많았다. 그러나 사후 검사에서는 실험집단과 통제집단의 3수준 모두 2수준보다 많아졌고, 특히 실험집단의 증가폭이 더 큰 것을 알 수 있었다.

SS 구성요소의 확률적 사고수준을 보면, 사전에는 실험집단의 4수준 보다 통제집단의 4수준이 많았던 반면, 사후에는 실험집단이 더 많아졌다. 그리고 1, 2수준의 경우도 실험집단의 변화 비율(18.7%)이 통제집단의 변화 비율(11.5%)보다 더 크게 나타났다. 즉, SS 구성요소에서는 사전과 마찬가지로 사후에도 다른 구성요소에 비해 4수준의 학생이 가장 많았으며, 두 집단 모두 높은 수준으로 이동한 비율이 가장 크게 나타났다.

한 사건에 대한 확률을 다루는 PE 구성요소에서도 두 집단의 확률적 사고수준이 사전보다 높아진 결과를 얻었다. 실험집단에서는 1, 2수준이 사전보다 사후에 26.2%가 감소했으며, 통제집단에서는 사전보다 사후에 9.0%가 감소하였다. 즉, 실험집단이 통제집단보다 확률 문제에 주관적 전략 대신 양적 전략을 사용하게 된 비

율이 다른 구성요소 보다 크게 나타났다.

사전에서 가장 발달되지 않았던 PC 구성요소의 사후 확률적 사고수준에서는 여전히 50% 이상이 확률 문제 해결에 주관적 전략을 사용하고 있었다. 실험집단은 사전의 1, 2수준이 사후에 15.9%가 감소한 반면, 통제집단은 사전이나 사후에 별 차이가 없었다.

그리고 CP 구성요소의 문제 해결에서 보면, 통제집단은 1수준이 오히려 사전보다 증가한 반면, 실험집단은 사전보다 높아졌으나 그 비율이 다른 구성요소에 비해 낮게 나타났다.

Fig. 2에서와 같이 사전 확률적 사고수준 분포와 다르게 나타난 사후 확률적 사고수준 분포를 이용하여 두 집단의 평균값을 t-검정한 결과, 두 집단 사이에 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다. 그리고 확률의 구성 요소에 따른 평균값의 t-검정 결과에서도 실험집단과 통제집단 사이에 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다 (Table 5).

사전에 같은 인지수준과 같은 확률적 사고수준을 가진 두 집단이 사후의 확률적 사고 검사에서 차이를 보이므로 TS 프로그램의 확률 활동이 학생들의 확률적 사고수준을 높이는 데 효과적임을 확인할 수 있었다. 또한, 확률적 사고의 각 구성요소에서도 모두 유의미한 차이가 있으므로 TS 프로그램의 확률 활동이 '경우의 수 인식'에 대한 SS 구성요소, '사건의 가능성 인식'에 대한 PE 구성요소, '공정한 상황의 구별'에 대한 PC 구성요소 및 '독립적인 사건과 종속적 사건의 구별'에 대한 CP 구성요소 모두에 효과가 있었음을 확인할 수 있었다.

TS 프로그램의 확률 활동에 의한 실험집단의 확률적 사고수준의 변화를 자세히 살펴보기 위해서 실험집단과 통제집단의 사전·사후의 확률적 사고수준 분포를 분석하였다. Table 6에 학생들의 사전 확률적 사고수준이 사후에는 어떻게 변화되었는지를 나타내었다.

실험집단과 통제집단은 사후 확률적 사고수준이 대

Table 5. The t-test results of probabilistic thinking level in the post-test by construct

Construct	Experimental			Control			t
	n	M**	SD	n	M**	SD	
SS	107	3.15	0.75	112	2.92	0.95	1.982*
PE	107	3.05	0.58	112	2.80	0.62	3.074*
PC	107	2.24	0.63	112	2.06	0.63	2.199*
CP	107	2.40	0.79	112	2.10	0.74	2.957*
Total	107	2.71	0.51	112	2.47	0.57	3.309*

*p < 0.05, **The score of full mark is 4.

Table 6. The variation rates of probabilistic thinking level in the pre and post-test

Level of pre-test	Group	Level of post-test				Total
		1	2	3	4	
1	Experimental	50.0	25.0	25.0		100 (4)
	Control	33.4	58.3	8.3		100 (12)
2	Experimental	1.9	38.5	59.6		100 (52)
	Control	7.5	47.2	45.3		100 (53)
3	Experimental		9.8	84.3	5.9	100 (51)
	Control		21.7	78.3		100 (46)
4	Experimental					
	Control			100		100 (1)
Total	Experimental	2.8 (3)	24.3 (26)	70.1 (75)	2.8 (3)	100 (107)
	Control	7.1 (8)	37.5 (42)	55.4 (62)		100 (112)

(): The number of students.

체로 사전보다 높아진 것을 볼 수 있다. 실험집단에서는 사전에 확률 문제 해결에 주관적 전략을 사용하던 1수준과 2수준이 사후에는 양적 전략을 사용하는 3수준으로 이동한 비율이 각각 25.0%, 59.6%이었으며, 통제집단의 1수준과 2수준은 사후에 각각 8.3%, 45.3%가 3수준으로 이동하였다. 그리고 사후의 확률적 사고수준이 사전보다 낮아진 비율은 통제집단이 더 컸으므로 중학생의 확률적 사고수준을 높이고 안정화시키는 데 TS 프로그램의 확률 활동의 효과가 있음을 알 수 있었다.

그리고 확률 논리보다 낮은 위계의 조합 논리와 관련된 SS 구성요소에 대한 사전·사후의 확률적 사고수준 분석 결과, 다른 구성요소보다 4수준으로의 이동을 많이 볼 수 있었다. 실험집단에서는 사전에 SS 구성요소의 문제에 비조직적인 결과를 제시하던 1, 2수준이 사후에 발생적 전략을 사용하는 3, 4수준으로 이동한 비율이 통제집단보다 큰 뿐 아니라, 사후에 확률적 사고수준이 더 낮아진 비율이 통제집단보다 더 작았다. 이것으로 TS 프로그램의 확률 활동이 경우의 수를 인식하는 데에 도움을 주었다고 할 수 있다.

PE 구성요소에서도 사후에 확률적 사고수준이 높아진 비율은 실험집단이 통제집단보다 더 컸으며, 특히 실험집단의 주관적 전략과 양적 전략을 혼용하던 2수준이 주관적 전략을 배제하고 양적 전략을 사용하게 된 비율이 75.0%에 해당하였다. 따라서, TS 프로그램의 확률 활동이 PE 구성요소에 효과적이었으며, 확률 문제에서의 선택을 양적으로 정당화하도록 하는 데에 도움을 줬다고 할 수 있다.

PC 구성요소 분석에서는 사전보다 사후에 확률적 사

고수준이 높아진 비율이 다른 구성요소에 비해 작은 것을 알 수 있다. 또한, 실험집단에서 낮은 수준으로 이동한 비율이 다른 구성요소에 비해 크게 나타났다. 하지만 실험집단은 주관적 전략을 사용하는 1, 2수준에서 양적 전략을 사용하는 3수준으로 이동한 비율이 통제집단보다 컸고, 사전 3수준이 2수준으로 이동한 비율은 통제집단보다 작았다. 그래서 TS 프로그램의 확률 활동이 공정한 상황을 구별하여 두 사건의 확률을 판단하는 데에 효과적이라고 할 수 있다.

CP 구성요소에서는 확률적 사고수준의 발달이 가장 저조한 PC 구성요소보다도 실험집단의 수준 변화가 혼란한 것으로 나타났다. 하지만 사전에 1수준이었던 학생이 주관적 전략을 배제하고 양적 전략을 사용하는 3수준으로 이동한 비율이 실험집단은 31.8%인 반면, 통제집단은 4.0%이었고, 통제집단에서 양적 전략을 사용했던 학생이 주관적 전략을 사용하게 된 비율이 실험집단보다 크게 나타난 것도 관찰할 수 있었다.

그래서 비복원 추출 조건에서 확률 단위가 바뀌는 것을 인식하는 데에도 TS 프로그램의 확률 활동이 효과적이라고 할 수 있었고, 종속적인 사건과 독립적인 사건을 구별하게 하기 위해서 학생들이 직접 경험을 하게 하는 것이 도움이 됨을 알 수 있다.

이상의 결과에서 실험집단과 통제집단 모두가 사후에 대부분 높은 수준으로 이동하였지만 실험집단의 비율이 높았고, 확률의 모든 구성요소에서 사전의 2수준의 확률적 사고수준이 사후에 3수준으로 이동된 비율이 가장 높다는 것을 알 수 있었다. 이것으로 TS 프로그램의 확률 활동이 확률 문제 해결에 주관적 전략과

양적 전략을 혼용하던 학생들을 양적 전략을 사용하는 쪽으로 이동시키는 데에 효과적이라 할 수 있다. 그리고 확률적 사고수준이 사후에 낮아진 경우를 통하여 확률 논리가 완전히 형성되지 않은 학생들이 확률 문제 해결에 사용하는 전략이 더 낮은 수준으로 바뀌어질 수 있음을 알았다. 그런데 그 비율이 통제집단에서 더 크게 나타났기 때문에 실험집단에 적용된 TS 프로그램의 확률 활동이 확률 논리를 형성해 가는 데에 도움이 될 수 있음을 설명한다.

또한, PC나 CP 구성요소에서는 실험집단의 사전 3수준의 학생들조차 낮은 수준으로 이동한 비율이 SS와 PI 구성요소에 비해 높은 것으로 나타났다. 그래서 TS 프로그램의 확률 활동은 PC나 CP 구성요소보다 SS와 PI 구성요소에 효과적이며, 특히 2수준에서 3수준으로의 이동이 가장 뚜렷하게 나타난 PE 구성요소에 효과적이라 할 수 있다.

양적 전략을 사용하던 3수준의 학생들이 수적인 확률개념을 도입하여 확률문제를 해결하는 4수준으로 상승한 경우는 통계적으로 살펴보기에 그 표본 수가 작고, SS영역에서처럼 향상된 정도가 실험집단과 통제집단이 비슷하여 동일한 변화로 볼 수 있었기 때문에 TS의 확률 프로그램에 의한 효과로 볼 수 없다.

이러한 결과를 볼 때, TS 프로그램의 확률 활동은 구체적 조작기의 학생들이 확률 문제를 해결할 때, 양적 전략을 사용하도록 하는 데에 효과적이라 할 수 있었다. 특히, SS와 PI 구성요소에 대해 주관적 전략의 사용을 배제하도록 하는 데에 효과적이었다.

인지수준별 확률적 사고 변화. 인지수준에 따라 TS 프로그램의 확률 활동에 의한 확률적 사고수준의 변화는 어떠한지를 살펴보기 위해서 실험집단과 통제집단의 사후 확률적 사고수준을 인지수준에 따라 분석하였다(Fig. 3). 전 조작기 수준을 제외하고는 모든 인지수준에서 실험집단이 통제집단보다 확률적 사고수준이 높은 것으로 나타났다. 특히 확률적 사고수준의 평균값을 비교해 보면, 2A 2B와 2B에서 좀 더 큰 차이를 볼 수 있었다.

두 집단의 인지수준별 확률적 사고수준의 평균값에 대한 t-검정 결과를 Table 7에 제시하였다. t-검정 결과에서 확률적 사고수준의 평균값이 실험집단과 통제집단 사이에 유의미한 차이를 나타내는 인지수준은 2A/2B였다. 그리고 구성요소별 사후 확률적 사고수준은 PE 구성요소에서 2A/2B, CP 구성요소에서 2B와 3A의 경

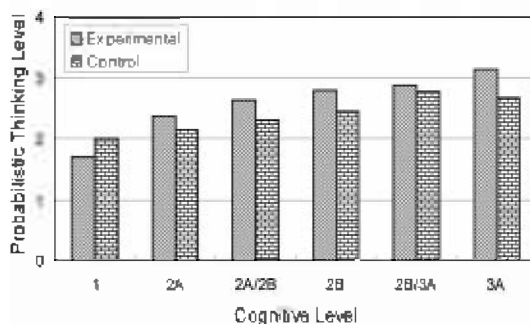


Fig. 3. The distribution of probabilistic thinking level at each cognitive level in the post-test.

우에 유의미한 차이를 나타냈다. 그래서 TS 프로그램의 확률 활동이 인지수준 2A 2B, 2B, 3A의 확률적 사고수준을 높이는 데에 효과가 있다고 할 수 있으나 2B와 3A의 표본수가 작아서 의미를 크게 부여할 수는 없다.

결론 및 제언

이 연구에서는 중학생의 인지수준과 확률적 사고수준을 측정하여 분석하고, CASE의 수업전략에 따라 적용된 TS 프로그램의 확률 활동의 효과를 학생들의 인지수준과 확률의 구성요소별로 분석하였다.

중학교 1학년은 모든 인지수준에 분포되어 있지만 주로 구체적 조작기에 해당하며, 확률의 문제 해결에서는 아직까지 주관적 전략을 배제하지 못하고 양적 전략과 함께 사용하는 학생이 많이 있었다. 또한, 인지수준이 높아질수록 확률적 사고수준도 함께 높아졌다.

이 연구에서 살펴본 4가지 확률의 구성요소는 모두 함께 발달하지 않았다. 확률의 구성요소 중에서 SS(표본 공간)와 PI(한 사건에 대한 확률)가 먼저 발달하고 PC(확률 비교)와 CP(조건부 확률)가 더 늦게 발달하였다.

TS 프로그램의 확률 활동은 확률 문제 해결에 주관적 전략을 쓰거나 주관적 전략과 양적 전략을 혼용하는 수준을 양적 전략을 사용하도록 변화시키는 데에 효과적이었다. 특히 확률의 구성요소 중에서 사건의 가능성 인식에 대한 PI 구성요소의 문제 해결에 양적 전략을 사용하도록 하는 데에 큰 효과가 있었다. 그리고 TS 프로그램의 확률 활동은 확률 문제 해결에 주관적 전략과 양적 전략을 사용하는 학생이 가장 많았던 중기 구체적 조작기(2A/2B)의 학생들에게 효과적이었다.

중학교 1학년에서는 경우의 수를 찾는 것이나 한 사

Table 7. The t-test results of probabilistic thinking level at each cognitive level in the post-test

Cognitive level	Construct	Experimental			Control			t
		n	M**	SD	n	M**	SD	
1	SS	4	1.92	0.74	5	2.33	1.22	-0.595
	PE		2.17	1.17		2.33	1.22	-0.207
	PC		1.38	0.32		1.65	0.49	-0.965
	CP		1.35	0.34		1.72	0.87	-0.796
	total		1.70	0.45		2.01	0.83	-0.664
2A	SS	10	2.63	0.67	12	2.61	0.83	0.068
	PE		3.03	0.37		2.69	0.72	1.351
	PC		1.88	0.52		1.58	0.40	1.487
	CP		1.90	0.69		1.72	0.62	0.652
	total		2.36	0.31		2.15	0.45	1.247
2A, 2B	SS	30	2.94	0.65	35	2.65	0.96	1.477
	PE		3.09	0.47		2.70	0.64	2.839*
	PC		2.07	0.51		1.87	0.54	1.493
	CP		2.36	0.72		2.03	0.78	1.771
	total		2.62	0.40		2.31	0.59	2.479*
2B	SS	14	3.21	0.93	17	2.76	0.98	1.302
	PE		3.00	0.76		2.75	0.53	1.093
	PC		2.32	0.77		2.24	0.76	0.311
	CP		2.60	0.71		2.00	0.79	2.195*
	total		2.78	0.64		2.44	0.59	1.580
2B, 3A	SS	43	3.48	0.55	38	3.34	0.76	0.949
	PE		3.06	0.52		3.00	0.44	0.579
	PC		2.44	0.58		2.30	0.58	1.082
	CP		2.49	0.79		2.39	0.63	0.617
	total		2.87	0.42		2.76	0.39	1.211
3A	SS	6	3.33	0.82	5	3.47	1.19	-0.220
	PE		3.44	0.40		2.87	0.69	1.734
	PC		2.71	0.46		2.40	0.72	0.864
	CP		3.07	0.73		1.96	0.73	2.501*
	total		3.14	0.40		2.67	0.76	1.303

*p < 0.05. **The score of full mark is 4.

건에 대한 확률 계산을 계산하는 것은 쉽게 해결하지만, 두 사건에서의 확률을 비교하고 종속적인 사건에 대한 확률을 계산하는 것은 어려워한다. 그러므로 한 사건에 대한 확률 문제 해결부터 양적 전략을 사용하도록 하고, 확률과 생활이 연계되어 있음을 인식시키며, 학생들의 확률적 사고수준을 높이기 위해서 TS 프로그램의 확률 활동을 직접 경험할 수 있도록 하는 것이 필요하다고 생각된다.

인 용 문 헌

1. Piaget, J.; Inhelder, B. *The origin of the idea of chance in children*. Routledge & Kegan Paul: London, UK, 1975.
2. Fischbein, E. *The intuitive source of probabilistic thinking in children*. D. Reidel Publishing Co.: Boston, U.S.A., 1975.
3. Green, D. *A Survey of Probability Concepts in 3000 Pupils aged 11-16 Years*. In D. Grey, P. Holmes, V. Barnett, & G. Constable Eds., *Teaching statistics* Trust: Sheffield, UK, 1983, pp. 766-783.
4. Green, D. *Teaching Statistics*. 1983, 5(2), 34.
5. Kang, H. K. *A study on teaching and learning concepts of probability using PET(Probability Experimental Tool)*. Ph.D. Dissertation, Korea National University of Education, 1997.
6. Jones, G. A.; Langrall, C. W.; Thornton, C. A.; Mogill, T. A. *Educational Studies in Mathematics* 1997, 32(2).

- 101.
7. Jones, G. A.; Langrall, C. W.; Thornton, C. A.; Mogill, T. A. *Journal for Research in Mathematics Education* **1999**, *30*(5), 487.
 8. Adey, P.; Shayer, M. *Towards a science of science teaching*. Heinemann Educational Books: London, UK, 1981.
 9. Fischbein, E.; Schnarch, D. *Journal for Research in Mathematics Education* **1997**, *28*(1), 96.
 10. Adey, P.; Shayer, M.; Yates, C. *Thinking science*: 2nd ed., Nelson & Sons Ltd: London, UK, 1995.
 11. Wylam, H.; Shayer, M. *CISAS Science Reasoning Tasks*. NEFR Publishing Co., 1980.
 12. Choi, B.-S.; Choi, M.-H.; Nam, J.-H.; Lee, S.-K. *J. Kor. Assoc. Res. Sci. Educ.* **2002**, *22*(3), 422.
 13. Kim, S.-J.; Lee, S.-K.; Park, J.-Y.; Kang, S.-J.; Choi, B.-S. *J. Kor. Assoc. Res. Sci. Educ.* **2002**, *22*(3), 604.
 14. Nam, J.-H.; Yoon, K.-R.; Lee, S.-K.; Hahn, I. *Journal of the Korean Chemical Society* **2002**, *46*(6), 569.
 15. Park, J.-Y.; Kim, J.-Y.; Nam, J.-H.; Lee, S.-K.; Choi, B.-S. *J. Kor. Assoc. Res. Sci. Educ.* **2002**, *22*(4), 696.
 16. Choi, B.-S.; Han, H.; Kang, S.-J.; Lee, S.-K.; Kang, S.-H.; Park, J.-Y.; Nam, J.-H. *J. Kor. Assoc. Res. Sci. Educ.* **2002**, *22*(4), 837.
 17. Jones, G. A.; Langrall, C. W.; Thornton, C. A.; Mogill, T. A. *Understanding Students' Probabilistic Reasoning*. National Council of Teachers of Mathematics Yearbook, 1999, pp. 146-150.
 18. Lim, C. H. *Hierarchical analysis of logical thinking skills and science process skills*. Ph.D. Dissertation, Korea National University of Education, 1993.
-