

수학교육에서의 메타인지 고찰

조재영 (홍신농업고등학교)

I. 서 언

수학교육에서 사고, 과정, 사고과정, 문제해결, 문제해결 능력, 수학적 기능 등은 매우 친근감을 느끼게하는 용어들이다. 그러나, 인지하면 그것은 인지심리학에서 만 다루어지는 것으로 흔히 생각하며, 메타인지(metacognition)는 더욱 생소함과 거부감을 느끼게한다.

인지는 그래도 수학교육과 관련지어 많이 연구, 실용되고 있으나 메타인지는 아직 그러하지 못한 듯 하다. 하지만 그것의 (1)발생, 정의, 이론 (2)연구과제 (3) 문제해결과의 관련 (4)육성방안을 고찰하면 다음과 같은 사실이 기대된다.

1. 메타인지의 발생과 올바른 이해
2. 메타인지의 변천과정
3. 수학교육에서의 메타인지의 역할
4. 메타인지 연구의 새로운 방향 설정

II. 메타인지 발생과 정의

1. 메타인지의 발생

인지라는 말은 "사실을 인정하여 알음"이라는 것은 너무도 국어학적이다. 김연주(1987)는 인지, 사고, 문제해결의 개념을 동일시하고 있는데 이렇게 하고보니

인지가 수학에 가까움을 느끼게 된다.

인지를 다루는 인지심리학은 인간 지능의 성질과 사람들이 어떻게 사고하는가를 이해하고자하는 것으로 200여년 동안이나 논해왔다. 그러나 인지가 과학적으로 연구된지는 100여년 정도에 불과하며 메타인지는 1960년대부터 심리학에 주목되기 시작하였다. 메타기억은 정보저장과 수정과정의 개인적인 의식과 그것을 조절하는 능력, 또는 기억에 속하는 무엇인가에 관한 개인적인 지식이나 인지라고도 한다. 메타인지는 이렇게 기억을 통제(control)하는 메타기억(metamemory)을 중심으로 발달되기 시작하였다.

2. 메타인지의 정의

메타인지는 1970년부터 J.H.Flavell을 중심으로 심리학자들 사이에 관심의 대상이 되어 깊이 연구되었지기 시작하였다.

Flavell(1971)은 이 용어를 처음 사용한 과학자로 그의 초점은 기억현상(metamemory라고 함)이었다. 메타인지는 개인 자신의 인지과정 의식, 활동하는 감시와 계속되는 조절과 이들 과정의 관련악편성이라고 하였다(Flavell, 1976). 또, 그는 메타인지적 지식은 인지활동을 하기 위하여 간직하고 있는 개념(서술지식과 절차지식)으로 課題(task), 自己(self), 戰略(strategy), 相互作用(interaction)이라 하였으며, 메타인지적 경험은 메타인지 활동을 계속할 때의 즉시의 반응(아! 나는 이것을 이미 알고 있다)이라고 분류하였다.

Brown은 정적인 지식은 인지에 관하여 말하는 언어적인 것이라고 하였으며, 전략적 지식은 개인이 실제로 인지활동의 과정을 통제하고 수정하는 것으로 計劃(planning), 豫測(predicting), 推測(guessing), 監視(monitring)라 하였다.

위의 두 정의를 종합하여 일반화하려고 S.R.Yussen(1985)은 노력하였다. 그는 “인지발달의 현재 이론에 있어서 메타인지의 역할”에서 메타인지는 인지 그 자체를 반영(reflection)하는 지식과 이해하는 생각이라는 것이다. 즉, 반영의 대상이 되는 상태나 과정에 대한 정신적 활동이며, 이것은 때때로 인지에 관한 사고, 사고

에 관한 사고라고도 한다. 예를들면, 낱말들을 기억하기 위하여 사용할 두 전략을 곱곰히 생각하기(metamemory), 전달된 내용이 이해되도록 생각하기(metacomprehension), 또는 어떤 것을 관찰하는 동안 기본전환을 위한 조건을 생각하는 것(metattention)등을 말한다.

Lester와 Garofalo는 메타인지를 調整的 측면에서 생각하였는데 메타인지적 지식은 사람(人), 課題, 戰略이라 하였으며, 메타인지적 기능은 監視, 自己評價, 制御로 구분하였다.

한편, 일본의 重松敬一(1987)는 Flavell과 Brown, Lester와 Garofalo의 이론에 힘입어 자세하게 항목적 예를들어 정의하였다(내용생략). 즉, 메타인지적 지식을 環境, 課題, 自己, 戰略이라 하였으며, 메타인지적 기능은 監視, 自己評價, 制御라 하였다. 여기서 다시 環境(5가지), 課題(12), 自己(17), 戰略(26), 監視(12), 自己評價(21), 制御(15)를 세분하였다. 그러나, 이것은 정의적 측면에서는 쉽게 이해되지만 실제로 표현 실험 연구의 기술된 내용을 분류하기란 매우 어려움이 있다.

위에서 살펴본바와 같이 차이점은 약간씩 있었으나 그 취급하는 내용에 있어서는 일맥상통하는 점을 발견할 수 있다.

岩畠一男(1990)은 어느 주어진 상황에 대하여, 단순하게 가지고 있는 지식이나 기능, 이미 가지고 있는 지식이나 기능을 되돌아보기, 수정을 가하기, 다른 사건에 대하여 그것을 이용해가는 능력, 이미 있는 지적 수준보다도 높은 것을 추측해가는 심적과정을 메타인지라 하였다.

위에서 살펴본바와 같이 메타인지를 크게 지식과 기능으로 나눌 수 있으며, 그 근본적인 의미는 인지에 바탕을 둔 인지적 사고과정이라고 할 수 있다.

Ⅲ. 메타인지의 이론적 발달

이어서 나는 어떤 특별한 기준보다는 정의와 활용의 두가지 부수령을 생각하

여 다음과 같이 나누어 고찰하고자 한다.

1. 인지와 메타인지의 시기(1970-1985)

1970년대는 Flavell과 Brown의 정의에 입각한 연구가 주류이었으며, 인지와 메타인지의 관련, 그 구조적인 측면 등을 중심과제로 하였으며, 80년대 들어와서는 서서히 그 본질과 실용화의 시도가 나타나기 시작하였다.

또, 이 시기에는 경험적연구(Flavell, 1979; Brown, 1983)가 많이 나타났으며, 특별한 영역(낭독, 이해, 관찰력, 사회상호작용)도 있었다.

많은 인지학자들은 메타인지가 모든 인지활동을 실제로 어떻게 강요하는가를 설명하려 노력하였으며, 이것이 학문적 구심점이 되도록 노력하였다(Barclay, Loper, Hagen, 1982). 그러나, 예와 논증을 하여 명백한 경우를 제시하였으며 정의를 내린 Flavell과 Brown이 선구적 역할을 하였다.

Powell(1983), Borkowski(1984) 등은 메타인지의 본질과 또다른 견해를 가지고 있으나 크게 위의 두 이론으로 흡수되고 있다.

또, Yussen(1982)은 정의에 입각하여 우리가 찾고자 하는 것으로 어린이의 발달 가능성, 적절한 시기, 이해의 양적인 측면과 정적인 측면, 개인적 차이, 지도의 조건, 특별한 성취, 언어 증가에서의 역할, 지도의 방법을 들고 있다.

인지발달의 장면에서 주요 이론적인 것으로 情報處理, 認知構造, 認知行動, 精神測定이 있다. 그 중에서도 정보처리가 중심적 위치에 있다고 볼 수 있다.

S.R. Yussen(1985)은 “인지발달 이론에서 메타인지의 역할”에서 이론가와 내용을 크게 다음과 같이 분석하였다.

정보처리는 Siegler, Klahr, Sternberg 등이 제어, 실행처리의 기술, 자기조절 수법의 기술, 전략훈련과 일반화의 기술 및 이들의 모델을 만들었으며, 인지구조는 Piaget, R. Brown, Feldman 등이 인지적 사실, 전략적 모양에 관한 지식의 구조적 기술, 구조적 변화의 연결 강조, 메타인지와 다른 지식에서 구조적 변화 사이의 관계 모델을 다루었으며, 인지행동은 Bandura, Mischel, Rosenthal이 학습의 교량역할을 하는 상징적 메타인지 상태, 행동변화의 기술과 기교에 있어서의 메타인지역할을

논하고, 끝으로 정신측정은 Cattell-Horn, Guilford, Kaufman이 신뢰성과 가치관 같은 척도의 문제점, 메타인지적 내용과 기본과정을 확인하려고 시도하였다.

특히, 정보처리 입장에서는 학습 부진아에 관심이 많았으며 인지적 전략이 어떻게 습득되고 과제의 영역이 성공적으로 적용되는지 기술하려고 시도하였다. 구조적 연구의 목표는 연속되는 변화에 관한 것이며, 인지행동은 기술적 변화와 행동을 변화시키는 메타인지의 역할에 관심을 가졌다. 또한 정신측정면에서는 광범위한 정인지능의 발달이 초점이었다.

Yussen은 어린이와 어른의 메타인지 발달 모델을 제시하였다. 즉, 연구의 초점은 어린이는 기술의 습득, 기술조직, 기술의 수준이며, 어른은 기술의 적용, 전문적 기술의 형태; 연구의 장소는 어린이는 학교, 어른은 사무실, 가족, 지역사회; 인지적 활동은 어린이는 퍼즐 풀이, 어른은 목적활동 형성에 있다고 하였다.

Baltes(1980)도 어린이와 어른의 차이점을 연구했는데, 어린이는 성숙된 것을 얻으려는 시기이고, 어른은 그것을 사용에 있을 때라고 하였다.

또, Yussen은 연구문제를 퍼즐문제(하노이 탑: 빠르고 일관성 있게 하기), 분명하지 않은 문제(수필쓰기: 약간 애매하며 시간이 필요), 계획세우기문제(입학한 학생의 3년의 학습 발전계획: 목적이 확립될 때까지 시간이 걸림)로 생각하였다.

2. 메타인지와 문제해결의 시기(1985년 이후)

메타인지는 문제해결에서 80년대 중반부터 매우 활발하게 전개되기 시작하였다. Schoenfeld, Lester, Garofalo, Kroll, 岩合一男, 重松敬一 등이 메타인지와 감시의 수학적 성취, 메타인지와 수학적 문제해결, 메타인지와 학교수학, 문제해결과 메타인지, 문제해결에서 영향을 주는 요인 등 그 연구내용도 다양하다.

김언주(1987)는 인지, 사고, 문제해결의 세가지 개념을 같은 정의에 기준하여 상호 교환이 가능한 공통된 용어로 사용하고 있다.

사실 메타인지가 추구하고자 하는 큰 목적의 하나는 문제해결을 잘 할 수 있도록 하기 위한것이라고 할 수 있다. 그리고 문제해결 행동에서 주된 영향은 자

己自信, 興味, 信念, 메타인지인데 최근에 관심이 많은 것중의 하나가 메타인지이다.

E.A.Silver(1985)의 저서에 소개된 메타인지와 관련된 문제해결에 대하여 세 연구자의 견해를 살펴보기로 한다.

먼저, Silver는 인지적 과정의 중요성을 수용한다면 그의 의문점도 뒤따른다고 하였다. 예를들면 인지적 과정의 문제점, 메타인지적 행동의 습득 이용에서 한 요소로써 “의식”의 역할, 그리고 메타인지적 기술과 문제해결 사이의 관계를 주의 깊게 발전시킬 필요가 있다고 하였다. 문제해결 연구영역을 제시하였는데 문제해결 동안 진행하고 있는 활동적 본성의 의식, 전략의 인식과 이용성, 메타인지적 기능에서 다른 과제의 영향, 전략선택과 이용의 구조, 문제해결 활동의 감시, 문제해결 행동을 검토하고 수정하는 과정, 문제해결 수행에서 수학 또는 수학적 과정에 대한 잘못된 생각의 영향을 들고있다.

다음에, Lester는 “메타인지와 수학적 문제해결”에서 메타인지가 수학적 문제해결에서 어떤 역할을 하는가의 합리적인 연구는 메타인지적 구성요소가 통합될 수 있는 문제해결 모델과 일치시키는 것이라고 하였다. 사실 많은 문제해결의 모델이 창안되었지만 대개 문제해결 과정만 묘사되고 있다. 문제해결 연구는 Polya(1957)의 네 단계에 기초를 두고 있지만 메타인지의 연구에는 한계가 있으며, 발전적 과정에서도 공헌은 하고 있으나 메타인지적 과정은 고려하지 않았다고 지적하였다. 또, 그는 수학적 문제해결의 인지-메타인지 모델을 제시하였다. 그의 메타인지 구성요소는 方向, 組織化, 實行, 確認으로 Polya의 問題의 理解, 計劃의 考察, 計劃의 實踐, 檢討와 매우 흡사하다. 수학문제를 해결하는데 사람, 과제, 전략의 세 변인이 어느정도 상호작용하고 있으며, 인지행동에서 직접적인 영향을 가지고 있다고 하였다. 그리고, 메타인지는 문제해결에서 이끄는 힘이 있으며, 성공적인 문제해결을 위하여 활동한다고 하였다.

끝으로, Schoenfeld는 메타인지적 이해의 양상을 다음과 같이 말하고 있다. 즉, 메타인지적 기술과 수학적 인식론은 유능한 수학적 수행의 본질적 구성요소인

데, 대부분의 학생들이 많은 인지기술을 발달시키지 못하고 있다. 왜냐하면, “이해”보다 사실과 절차의 숙달에 거의 독점적으로 수학적 지도의 초점을 가지고 있기 때문이다. 이것이 학생들의 수학적 어려움의 기본적 원인이다.

최근엔 1986년 7월 제 10회 수학교육의 심리에 관한 국제회의(PME)에서 D.E.-Siemon은 10주에 걸친 메타인지의 지도효과에 대한 발표에서 메타인지가 문제해결의 과정에 의해 중요한 기능을 가진것을 밝혔다. 또, E.Long은 메타인지 연구를 소개하면서 문제해결을 위한 메타인지를 육성하는 지도방법을 시사하였다.

重松敬一(1987)은 실천연구에서 메타인지적 “속삭임”이 있어도 그것에 대응하는 認知(知識, 技能 등)가 되지 않으면 문제는 풀리지 않으며, 문제해결을 위해서는 전략에 관계되는 긍정적인 메타인지를 많이 가질 필요가 있고, 유효한 메타인지 표현이 되어있지 않은 아동은 수업중에 메타인지에 관련되는 설명, 발문, 지시, 평가 등을 적극적으로 지도해갈 필요가 있다고 하였다. 연구과제로는 메타인지의 발생은 내용인 교사의 존재와 발생의 해명, 메타인지의 측정, 산수작문의 분석, 태도 의식조사의 측정용구의 개발, 육성가능을 전제로 수업연구의 추구를 들고 있다. 그리고, 학생들이 많은 긍정적 메타인지적 지식을 가지고 있으면 서술 문제를 보다 기술적으로 풀 수 있으며, 그들이 많은 메타인지를 가지고 있더라도 문제를 풀 수 없는 경우는 관련된 인지를 가지고 있지 않거나 적용을 하지 못하기 때문이며, 학생들의 응답과 행동에 의하여 메타인지적 기능은 파악하기가 어려울 수 있다고 하였다.

F.K.Lester, J.Garofalo, D.L.Kroll(1989)은 한 학생에게 20분 동안의 문제해결 결과에서 문제풀이의 어려움이 監視(monitring)의 不足에 있다고 하였다. 문제풀이의 성공은 적당한 지식을 가져야 하지만 여러가지 메타인지적 또는 메타인지적 요소가 문제해결에 매우 큰 영향을 가져온다고 단정하였다. 그리고, 메타인지의 두가지 주장을 하였는데, 효과적인 감시는 감시할 것과 그 시기를 알아야하며 그렇게 하는 방법도 알아야한다. 그리고 메타인지의 효과는 특별한 수학적 개념과 기술을 학습하는 전후관계에서 나타날 때 가장 효과적이라고 하였다. Kroll(1988)

도 앞서 계획을 세우고, 과정을 감시하고, 하고있는 것을 체크하는 등을 생각하도록 학생들을 지도하기가 충분하지 않다고 하였으며, 이와같은 것을 하는 방법이 가르쳐져야 한다고 하였다. 그 지도방법으로 기본적 수학기능이 부족하고 조직적이지 못한 학생은 진행을 조금 느리게하고 특별히 해야하며, 제어 과정과 수학적 개념이해를 발달시키는 메타인지 훈련은 모든 수학적 문제에 대하여 자연적이고 규칙적 지도일때 가장 효과적이라고 생각하였다.

岩合一男(1990)은 메타인지의 육성방안으로 메타인지의 조사방법을 제시하였다. 즉, 문제해결중 또는 문제해결후, 자력으로 자기학습을 할때 과정을 말하도록 하여 녹음을 하거나 교사의 지도하에 유발, 발언, 지도과정 등을 녹음하는 방법, 수업기록은 일상의 수업기록 또는 메타인지를 유발하는 지도의 수업기록에서 지도효과를 찾으려 하였다.

메타인지의 육성의 최종적인 목표는 문제해결에 있다고 본다. 또, 그것을 잘하기 위하여는 지도의 모델이 개발되어야 하는데 대개는 연구과제의 제시로 편중되고 있다.

IV. 결 론

위와같이 몇가지 관점에서 메타인지를 고찰한 결과 다음의 사실을 얻었다.

1. 메타인지하면 심리학적인 용어, 超라는 개념이 우선 느껴졌는데, 이 고찰을 통하여 이것을 잘 이해할 수 있었다. 특히, 메타인지는 생각과 함께 살아가는 모든 것을 의미한다고 하여도 지나치지 않을 것 같다. 왜냐하면, 우리는 항상 사고하면서 생활하기 때문이다.

2. 미국에서는 70년대 중반부터 이의 연구가 매우 활발게 전개되어 80년대에는 메타인지와 문제해결이 관심의 대상이 되었다. 이웃 일본에서도 80년대 들어와서 약간의 번역이 있었으며, 중반부터는 廣島大學의 岩合一男, 나라 교육대학

의 重松敬一 등이 주축이 되어 문제해결에 관심을 가지고 적극적으로 연구하고 있다. 그것과 관련된 연구발표를 계속하고 있다.

3. 가장 핵심적인 요소는 수학교육에서의 메타인지의 역할이었다. 수학교육하면 먼저 문제해결이라고 할 수 있는데, 그것을 잘하기 위하여 메타인지를 활용하려고 여러 방법을 시도하였다. 따라서 이제 인지와 메타인지의 이론에서 점차 실용화의 단계에 접어들고 있다.

4. 앞으로 메타인지의 개념지도, 기능을 육성 발달 시키기 위하여 비디오 촬영에 의한 영상적 기법, 자동 음성녹음의 활용, 컴퓨터의 활용 등에서 보다 효율적인 연구가 될 수 있다고 본다.

5. 끝으로 우리의 메타인지에 관한 인식과 자료의 부족이 아쉽다. 그만큼 이 분야에 관심이 적었다고 볼 수 있다.

V. 참 고 문 헌

1. 김연주, "인지심리학", 정민사, 1987.
2. 이영애역, "인지심리학", 을유문화사, 1988.
3. Douglas B. McLeod, Verna M. Adams, "Affect and Mathematical Problem Solving", New York, 1989.
4. D.L. Forrest-Pressley, G. E. MacKinnon, T. Gary Waller, "Metacognition, Cognition, and Human Performance, ACADEMIC PRESS, INC., 1985.
5. Edward A. Silver, "Teaching and Learning Mathematical Problem Solving", 1985.
6. 岩合一男外, 數學教育におけるメタ認知にかかわる認識過程の總合的研究, 廣島大學, 1990.
7. 重松敬一, 數學教育におけるメタ認知の研究, 數學教育學研究紀要第13號, 1987