

대립개념의 증거적 비판논의와 반성적 사고를 중심으로 한 물리 개념변화 모형

김익균, 박승재
(충북대학교), (서울대학교)

(1992. 11. 16 받음)

I. 서 론

학생의 사전개념이 학습에 미치는 영향과 사전개념의 견고성에 대한 관심이 증대됨에 따라 최근에 와서 그 원인과 개념 변화를 위한 조건에 대하여 많은 연구가 있었다(Newell, Simon 1972 : Anderson, 1986 : Hashweh, 1986). 과학의 본성에 대한 과학 철학적 논의를 바탕으로 개념변화 모형을 제시하여 학생 개념이 견고한 원인을 규명해 보려는 노력도 있고 (Strike, Posner, 1983 : Nussbaum, 1983 : Hashweh, 1986) 과학개념 변화과정에 관심을 갖고 개념변화 과정에 필요한 과학적 사고 기술에 관한 연구도 있으며 (Kuhn, et al., 1988), 학생들이 개념을 형성하는데 중요한 역할을 하는 자연현상에 바탕을 두고 한 개인이 하나의 현상을 인식하는 과정을 연구자의 편향된 해석없이 학생의 생각을 있는 그대로 보다 깊게 알아내기 위한 현상학적 접근법도 연구되고 있다 (Ramsden, 1988). 이와 같은 다양한 관점에서의 연구를 통하여 사전개념의 견고한 요인과 조건들이 밝혀지고 있으며 개념변화를 위하여 이론적 논의를 바탕으로 한 개념변화 모형도 제시되고 있다 (Pines,

West, 198 : Hashweh, 1985 : 권재술, 1989).

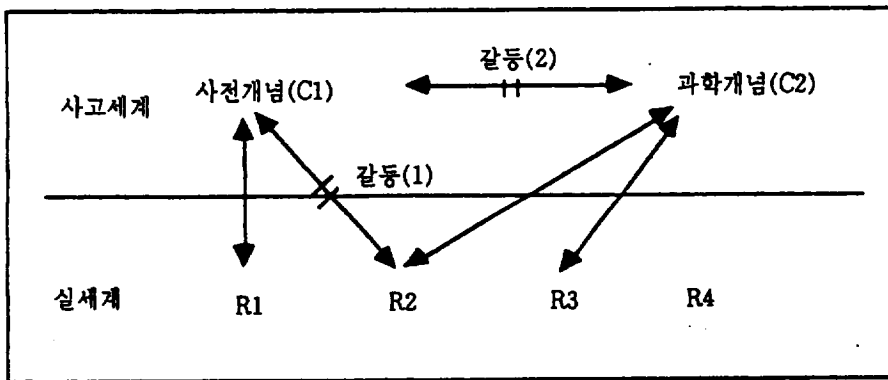
개념변화 이론에서 많은 연구자들이 갈등상황의 중요성을 주장하였나 갈등상황일 것으로 생각되어 제시된 갈등상황이 학습자의 입장에서의 갈등상황이 아닐 수도 있다 (Hashweh, 1985; Kuhn, et al., 1988)는 주장도 있다. 종래의 개념변화는 학습자에게 제시된 상황을 갈등으로 인식하기를 기대하고 그것을 통하여 개념변화를 추구하는데 이 방법은 학습자가 갈등을 느끼지 않을 때 무모하다는 것을 간과하고 있고 개념변화 과정이 불분명하다.

본 연구에서는 개념변화가 학습자의 인지구조와 새로운 개념구조 사이의 갈등 (Stavy, Berkowitz, 1980 : Hashweh, 1986)으로 말미암는다는 것을 수용하고 지금까지 여러 연구자들의 이론적 논의를 바탕으로 학습자의 인지구조와 새로운 개념구조 사이의 갈등이 일어나는 과정이 좀 더 구체적으로 분석되고 개념변화 학습에 적용할 수 있는 개념변화 모형을 제시하고자 한다. 이를 위하여 학생의 개념변화에 대한 기존의 모형을 분석하고 이와 관련된 이론적 논의를 통하여 개발된 개념변화 모형을 제시하며 본 모형과 기존의 개념변화 모형을 비교하겠다.

II. 학생의 개념변화에 대한 기존의 모형

하슈웨(Hashweh, 1986)는 쿤, 라카토스, 풀민 등의 과학철학적 논의를 바탕으로한 포스너 등의 모형이 갖는 단점을 보완하여 개념변화 모형을 제시하였다. 그는 종래의 개념변화를 위한 갈등 상황이 경험과 인지구조 사이의 갈등이었음을 지적하고 인지구조와 인지구조 사이의 비평형을 고려한 스타비와 베르코비츠(Stavy, Berkowitz, 1980)의 주장을 받아들여 인지구조와 새로운 인지구조 사이의 갈등이 중요한 역할을 한다고 주장하였다. 그의 주장은 피아제와는 달리 기존의 인지구조와 새로운 인지 구조가 공존할 수 있음을 가정하고 있다[그림 1]. 하슈웨의 주장에 따르면, 그림에서 사고 세계는 학습자 내부의 사고 세계를 의미하며 실세계는 학습자에게 제시된 자연 현상과 같다. 그리고 C1은 학생의 기존개념, C2는 새로운 과학자 개념이다. 갈등1은 C1으로는 현상 R2가 잘 설명되지 않는 경우이며, 갈등2는 C1이 과학

자 개념 C2를 받아 들이기 어려운 상황을 나타낸다. 전통적인 생각은 R2를 잘 설명할 수 있는 C2를 학생들이 받아들이면 갈등2가 해소된다고 생각하였다. 그러나 이렇게 되었을 때 갈등 2는 해소되지 못한다. 갈등 2는 C1이 R1은 잘 설명해 주지만 R1, R2사이의 차이로 인하여 R2는 잘 설명해 주지 못함을 인식하도록 해주어야 한다. 즉, 두 개의 C1, C2가 R1을 잘 설명하기 때문에 C1은 R1을 설명하지만 C2는 R1은 물론 R2 또는 R3를 설명할 수 있음을 보여주어야 한다. 때로는 C2가 C1의 확장된 개념일 경우가 있다. 액체의 부피에 관한 개념과 뉴턴 역학과 상대론적 역학을 이러한 예로 들 수 있다. 즉, 액체의 부피를 예로 들면, 액체의 부피는 밀면적이 같을 경우 높이에만 관계 된다고 생각할 수 있으나 실체는 밀면적과 높이에 관련된다. 이 경우 C1은 액체의 부피가 높이에 비례한다는 것이고 C2는 높이와 밀면적의 곱에 비례한다는 것이다. 이럴 때 밀면적이 일정한 경우(R1)에 대해서는 C1과 C2가 다같이 설명되지만 밀면적이 달라질 때(R2)는 C1은 설명을 못한다.



[그림 1] 하슈웨의 개념변화 모형

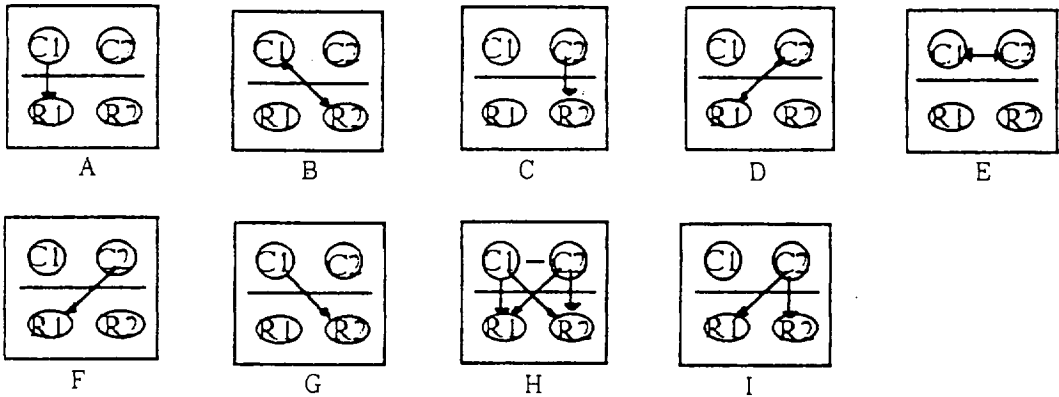
하슈웨의 모형은 종전의 다른 연구자들이 관심을 가졌던 사전개념과 새로운 경험 사이의 갈등뿐 아니라 사전개념과 배워야 할 새로운 개념 사이의 갈등을 지적한 면에서는 발전적이나 두 개념 사이의 갈등이 일어나는 조건을 C1으로는 설명이 되지 않으나 C2로는 잘 설명이 되는 R2, R3, R4 등을 제시하는 것으로 보고 있다. 그리고 C1 개념의 설명 가능한 범위가 C2의 범위보다 항상 작을 것으로 가정하고 있다. 그러나 이것은 항상 그렇게 가정할 수 없다. 실제로 학생들의 사전개념을 조사할 때 R2, R3, R4

에 대해서도 학생들은 자기 나름대로 설명을 하지만 자신의 설명이 갖는 모순을 느끼지 못하는 경우가 있을 수 있었다. 따라서 R2, R3, R4의 제시로 언제나 C1과 C2 사이의 갈등을 기대하기는 어렵다.

권재술(1989)은 하슈웨의 모형을 좀더 세분하고 문제해결 과정을 고려하여 상세화된 새로운 갈등 유형과 C1과 C2의 관계에 따라 예상되는 개념변화 과정을 제시하였다. 그는 C1과 C2의 관계를 확장형, 상호 전환형, 혁명형으로 나누었다. 또한 C1과 R2, C2와 R1, C1과 C2사이의 갈등을 포함하는 9가지 인

지적 과정 요소를 제시하고[그림 2] C1과 C2의 관계가 확장형 일때 예상되는 개념변화 과정을 A, B, C, G, I로, 상호전환형일 때 A, B, C, D, E, F, G, H로, 혁명형의 경우 A, B, C, D, E, F, G, I로 제시하였다. 예를 들면, 혁명형의 경우 개념변화 과정은 먼저 학생의 개념으로 잘 설명이 되는 R1을 제시하고 다음으로 잘 설명이 되지않는 R2를 제시하여 갈등

1을 야기시킨다. 그 다음 새로운 개념 C2로는 자신의 개념으로 잘 설명되었던 R1이 잘 설명되지 않음을 보여주어 자신의 개념 C1과 새로운 개념 C2와의 갈등 2를 야기시킨다. 그 다음 새로운 개념 C2가 R1을 설명할 수 있음을 보인후 C1의 한계를 보여주어 C2 개념을 수용하게 한다.



- 인지구조와 인지 구조 사이의 비평형이 해소된 상태
- ↔ 인지 구조와 인지 구조 사이, 인지 구조와 환경사이의 비평형 상태
- 인지 구조로 자연현상을 무리없이 설명할 수 있는 상태

[그림 2] 권재술 개념변화모형의 인지적 과정요소

권재술(1989)의 모형은 하슈웨의 모형에서는 볼 수 없는 C2와 R1 사이의 갈등을 지적하고 이 갈등은 확장형에서는 중요하지 않으나 상호 전환형과 혁명형일 때 중요하다고 하였다. 이 갈등은 비록 과학자 또는 교사에게는 갈등을 느끼지 않을지라도 학생들에게는 새로이 학습한 개념이 갈등을 느낄 수 있음을 지적한 것이다. 또한 개념변화 과정이 C1과 C2의 관계에 따라 다를 것으로 생각하여 각 유형에 따라 변화 과정을 예시함으로써 수업 과정 모형을 제시하였다.

하슈웨의 모형은 종래의 개념과 환경과의 갈등뿐 아니라 학생의 기존 개념과 학습할 새로운 개념 사이의 갈등을 지적한 점이 중요한 점이며, 권재술의 모형은 학생의 기존 개념과 새로이 학습할 개념 사이의 관계를 세분하고 이 세분화된 개념들간의 관계 특징에 따라 개념변화 학습도 달라져야함을 지적한 점과 새로운 개념이 교사의 기대와는 달리 학생에게는 환경을 설명하는데 편안하지 않을 수 있음을 지적한 점이 하슈웨 모형과의 차이점이다.

III. 학생의 사전개념에 대한 이론적 논의

1) 학생의 사전개념에 대한 과학철학적 논의

학생의 사전개념과 과학철학의 여러 가지 다른 관점들을 연결시키려고 드라이버(Driver)와 이슬리(Easley)가 시도한 아래, 많은 연구자들이 사전개념의 변화 모형을 포퍼(Popper), 톨민(Toulmin), 쿤(Kuhn), 라카토스(Larkatos) 등의 과학 철학자의 견해에서 찾으려는 시도가 있어 왔다(Driver, Easley, 1978; Posner, et al., 1982; Hashweh, 1986; 조희형, 1984).

누스바움(Nussbaum, 1983)은 학생의 인지발달과 과학적 사고의 역사적 변화 사이에 어떤 유사성이 있으며 이같은 과학사적 고찰에는 크게 경험주의와 구성주의 등 두 가지 철학적 배경이 있음을 지적하고 학생들의 개념을 변화시키고 개념변화에 대한 설명 모형을 구성하기 위해서 과학사와 과학철학의 연

구가 필요함을 주장하였다.

학생의 개념변화와 과학철학과의 관계를 수용한다면, 학생의 개념변화를 과학자가 대립되는 새로운 개념을 수용하는 일에 비유할 수 있으며 학생의 개념이 변화되기 어렵다는 것을 과학철학으로부터도 유추할 수 있다. 또한 학생의 물리개념 변화에 대해서도 과학사를 통하여 본 바와 같이 급진적이라는 관점과 점진적이라는 관점이 있을 수 있음도 유추할 수 있다. 개념의 변화가 급진적이냐 점진적이냐는 대상개념의 특징과 누가 개념을 변화시키는가에 따라 다를 것이다. 대상개념의 특징에 대하여 예를 들면, 생물학에서의 분류와 관련된 개념의 변화는 혁명적이라기 보다는 점진적일 것이다. 반면 힘과 운동과의 관계개념은 점진적으로 몇개의 단계를 거쳐 새로운 개념으로 변화하기 보다는 새로운 개념에 대하여 충분한 이해가 이루어지면 중간단계 없이 새로운 개념으로 변화할 가능성이 위의 예 보다는 상대적으로 높을 것이다. 개념변화를 일으키는 학습자에 따라서도 개념변화가 급진적이거나 점진적일 수 있을 것으로 생각된다. 즉, 대립되는 개념과 자신의 개념에 대하여 상당한 이해를 하고 있는 학생이라면 개념변화는 급진적일 것이고 상대적으로 낮은 이해를 하고 있는 학습자는 점진적으로 변화하는 것으로 나타날 것이다.

과학이 진보하는데 보편적 기준이 존재하는가 아니면 과학자 개인과 과학자 사회의 특징에 따라 그 기준이 달라질 수 있는가에 대한 합리주의와 상대주의의 과학철학적 논쟁을 학생의 개념변화와 관련시켜 볼 수 있다. 학습자가 자신의 개념을 고수하고 변화에 저항적인 중요한 이유 중 하나인 학습자의 경험이 개별적인 것이라는 측면과 학습자가 때로는 교사의 권위와 공부 잘하는 동료 등의 사회적 영향에 의해서 생각을 바꿀 수 있음을 배제할 수 없다는 점에서 보면 쿤(T.Kuhn)의 상대주의적 관점과 부합되는 면이 있다. 반면, 새로운 개념체계가 갖는 합리적 특징 즉, 새로운 개념체계와 자신의 개념체계가 갖는 합리적 특징 즉, 새로운 개념체계가 자신의 개념체계보다 더 논리적이고 실세계를 좀더 일반화하여 설명할 수 있음에 의하여 학습자가 새로운 개념을 수용할 수도 있다. 이같은 측면에서는 라카토스의 합리주의적 관점과 부합되는 면이 있다. 본 연구에서는 학습자의 개념변화가 합리성을 갖는 보편적 원리에 의할 것인가 아니면 개인과 그를 둘러싼 주위

환경의 특징에 따라 달라지는 상대적 원리에 의할 것인가에 대한 문제는 중요한 문제로 보지 않았다. 왜냐하면 실제로 학습과정에서 일어나는 일은 복잡하여 위의 두가지 관점 중 어느 하나만을 취사 선택할 문제는 아니기 때문이다.

개념변화를 위한 학습에서 보다 더 중요한 문제는 학습자의 개념변화를 위한 조건으로서 새로운 개념들을 대립개념으로 인식하고 자신의 개념과 대립개념들의 특징과 한계를 비교하게 하는 것으로 생각된다. 대립개념을 비교한다는 것은 쿤(T.Kuhn)의 입장에서는 두 패러다임의 전체를 비교하는 것이며 라카토스의 입장에서는 경쟁관계의 연구 프로그램들의 보호대의 특징들을 비교하는 것과 같다고 생각된다. 자신의 개념과 대립개념들을 비교할 때 어떠한 기준에 의하여 비교될 것인가는 학습자에 따라 다른 상대적 특징의 기준도 있을 것이며, 또한 모든 학생에게 공통으로 적용될 수 있는 합리적이고 일반적인 원리도 있을 것으로 생각한다.

본 연구에서는 학습자 자신의 개념 이외의 개념들은 대립개념(개념)들이며, 학습자는 자신의 개념을 새로운 대립개념으로 변화시켜야 하고 그 과정은 연구 개념과 대상자들의 특징에 따라 점진적이거나 혁명적일 것이다. 또한 학생의 개념을 변화시키기 위해서는 대립관계에 있는 각각의 개념들의 전체를 비교하는 것이 중요한 요인일 것으로 이해된다.

2) 학생의 물리개념 변화에서의 과학적 사고 기능

쿤 등에 의하면, 지금까지의 인지발달에 대한 연구 중 이론의 수정 과정에 대한 연구가 부족하였음을 지적하고 이 분야에서 두가지 극단적 관점에서의 연구가 수행되어 왔다는 견해가 있다(D. Kuhn, 등, 1988). 즉, 피아제의 연구는 특정 영역 지식에 무관한 일반적 인지능력의 발달에 관심을 가지고 있으며, 특히 특정 인지능력이 언제 나타나는가에 관심이 있었던 반면, 또 다른 극단은 특정 영역 지식의 발달에 초점을 둔 연구로서 특정 영역의 지식의 변화에 따라 인지 기능의 발달이 이루어지기 때문에 특정 영역에서 얻어진 인지기능은 한 영역에 국한되며 영역간의 일반성이 없다는 관점이다. 쿤 등(1989)은 위의 두 가지 극단을 배제하고 상당한 내용 영역에 걸쳐 적용되는 일반적 사고기능이 있다고 생각하였다. 즉, 지나치게 일반화된 인지기능과 지나치게 과제 특정적 지식에 국한되지 않는 일반적 사

고기능이 존재한다는 주장이다.

이들은 세 가지 가정을 전제로 하고 있다. 첫째, 기존의 지식은 미숙한 이론을 이루며, 경험과 정보를 통해 계속 수정된다. 둘째, 미숙한 이론의 수정은 이론과 증거의 합일과정이며 그 과정은 최소한의 일반성이 있다. 셋째, 이론과 증거의 합일과정 자체가 발달할 것이다. 이러한 가정에 의하면, 미숙한 이론을 갖는 학생의 이론수정 과정과 과학자의 이론수정 과정이 다르다. 학생들의 이론수정 과정에서는 자신의 미숙한 이론을 통하여 세상을 이해하고 경험을 조직할 뿐 자신의 이론 자체에 대한 반성적 사고를 하지 않거나 못한다. 즉, 자신의 정신활동을 인식하지 못하여 스스로의 정신활동을 통제하지 못하기 때문에 이론과 증거 자체의 구분도 모호하여 제시된 자료 또는 경험이 증거라기 보다는 이론에 의해 설명되는 하나의 예시로 간주한다. 설사 심한 불일치에 의하여 이론이 수정된다 하더라도 불일치와 수정 자체에 대한 초인지적 인식이 없다. 따라서 과학적 사고의 발달에 중요한 것은 이론과 증거를 분별하는 것이고 이론과 증거의 합일과정이 의식적 통제하에 수행되는 것이다. 이들은 과학개념과 관련이 적은 변인과 결과를 이용하여 국민학교 학생에서 성인에 이르기까지 다양한 대상을 상대로 피검사자의 이론과 일치하는 증거와 상반되는 증거를 제시하고 이 증거로부터 이론을 생성하는 능력과 이론으로부터 증거를 생성하는 능력을 검사하였다. 그 결과 대상자들이 자신의 이론에 일치하는 증거들에 관심을 집중하고 불일치되는 증거들은 무시하는 경향이 있음을 보였고 또한 아동으로부터 성인에 이르기까지 이론과 증거의 합일기능에 차이가 있음을 보였다. 특히 자신의 이론이 견고할 때 더욱 더 이론에 일치하는 증거들에 관심을 집중하고 불일치되는 증거들은 무시하는 경향이 있음을 보였다.

이들의 연구가 물리개념 변화에 주는 시사점은 견고한 개념을 갖는 학생들에게 개념변화를 위한 자료 또는 증거제시, 실험수행등의 노력이 개념변화에 미치는 영향에는 한계가 있을 수 있다는 것이다. 즉, 많은 연구가 학생들에게 자신의 개념에 갈등이 되는 상황을 제시하도록 하고 있으나 학생들이 자신의 개념과 불일치되는 상황 제시를 무시할 가능성이 있으며 이 가능성은 오랜 경험을 통하여 형성된 사전개념과 같이 자신의 믿음이 강할수록 더 큰 것으로 보인다. 또한 학생들의 이론수정 과정에서 자신의 이

론(개념) 자체에 대한 생각과 자신의 사고과정에 대하여 생각하지 못하기 때문에 스스로의 정신활동을 통제하지 못하여 개념변화가 어려운 것으로 가정할 수 있다. 따라서 개념변화에서 새로운 개념에 대한 이해 뿐만 아니라 자신의 개념이 어떤 특징을 가지며 어떻게 변화하는지에 대한 반성적 사고도 중요한 요인이라고 할 수 있다. 그리고 제시되는 증거(설명)가 이론이 아니며 어떤 특정 개념을 바탕으로 나타난 표상들임을 알게 하여 이 증거들로부터 이 증거들의 바탕이 되는 개념을 알아내게 하는 것이 중요하다.

3) 심리학적 논의

학생들의 사전개념이 왜 그토록 견고한가에 대하여 많은 연구자들의 심리학적 관점과 관련지을 수 있다. 네웰과 사이먼(Newell, Simon, 1972)은 사전개념이 과정적 지식의 형태를 갖기 때문에 어떤 특정 조건만 만족하면 사전개념이 무의식적이고 자동적으로 사용되는 특징이 있음을 주장하였다. 그는 생산체계(production system)라는 개념을 도입하여 “만약에……이면, ……이다”와 같은 도식이 있어 앞의 부분인 어떤 조건에 해당되면 뒷부분은 그 결과 자동적으로 나타난다고 하였다.

앤더슨(Anderson, 1986)은 인과적 경험꼴(experiential gestalt of caution : EGC)이 어릴 때부터 발달 형성되어 있다고 하였다. 그에 의하면 이 EGC는 한 개인이 어떤 대상에 원인이 작용하면, 어떤 결과를 낳는다고 생각하게 한다. 이미 형성된 EGC 때문에 획득된 개념이 쉽게 바뀌지 않는다. 예를 들면, 뉴턴 제1법칙이 학생들에게 어려운 이유는 지금까지 학생들에게 매우 성공적이었던 아동의 EGC가 원인이 없음에도 불구하고 물체가 일정한 속도로 운동한다는 운동법칙과 완전히 위배되기 때문이다.

세바스티아(Sebastia)와 다른 연구자들은 인간이 어떤 상황을 해석하는 데 제한된 수의 해석만을 하는 것은 인지발달의 제한에 의한 것이며, 이 인지발달은 특정영역에서 받아들여질 수 있는 지식의 유형을 제한하는 복잡한 구속세트에 의해서 부분적으로 이루어지는데 이러한 구속세트를 인지 구속(cognitive constraints)이라 하고 이것에 의하여 어떤 생각은 쉽게 받아들여지고 어떤 생각은 강하게 거부되기도 한다고 하였다. 이들의 주장은 스트라이크와 포스너의 개념생태계의 특징과 유사한 점이 있다.

인간의 일반적 성향 중의 하나는 자신의 이론적

신념에 잘 맞는 사례 또는 증거는 받아들이기 쉽고 위배될 때는 이를 무시하거나 또는 두 가지가 동시에 제시될 때는 자신의 신념과 맞는 것만을 선택하는 경향성이 있다. 이러한 방략들의 예들 중에는 확증 편향방략(confirmation bias), 편향된 동향(biased-assimilation), 예외적 특별(ad hoc) 설명등이 있음을 요약하였다(Hasweh, 1986). 변칙사례를 이론에 갈등이 되는 증거로 생각하기 보다는 특별한 경우 또는 예외적 현상으로 이해하여 자신의 이론을 유지하는 경우도 있다(Hasweh, 1986 : Kuhn, et al., 1988).

또 다른 원인으로 관찰의 영향을 들 수 있다. 맥클로스키(McClosky, 1983)는 자연현상을 관찰하고 그 현상을 이론에 근거하지 않고 직접 해석하기 때문에 보았으며, 정성적으로 관찰한 결과를 과다하게 일반화하기도 한다는 것이다. 이러한 예로 실제의 운동은 등가속도 운동을 하는 낙체의 운동을 등속운동으로 관찰하는 경우를 들 수 있다. 그밖에도 자신의 사전개념에 대하여 모순을 느끼지 않거나 편안함을 느끼기 때문에 설명하기도 한다. 즉, 자신의 이론으로 제한된 영역의 자연현상을 이해하는데 아무런 모순도 없으며 오히려 다른 이론보다 더 걸맞기 까지 하기 때문이다(Viennot, 1979 : Gowin, 1983).

이상의 논의에서도 학습자가 자신의 개념을 바꿔야 할 필요성을 느끼기 어려우며 자신의 개념을 바꾸는데 어려움을 주는 옳지 못한 학습 습관 또는 성향이 있음을 볼 수 있다. 이같은 결과는 갈등상황을 제시해야 한다는 많은 연구자들의 주장 이상의 것이 요구된다고 할 수 있다. 따라서 학습에서 갈등상황의 제공과 함께 갈등상황을 무시하지 않도록 지도하여 학습자의 부적절한 학습습관을 의도적으로 버리도록 처치를 해야하며 처치는 학생들의 초인지 기능의 습득과 관련이 있다고 생각된다.

4) 물리현상에 따른 학생의 개념특징

물리현상의 특징에 따라 학습자가 자연현상을 이해하는 특징도 달라진다는 연구결과가 있다. 클레멘트(Clement, 1982)는 학생들이 물체의 운동방향으로 힘이 작용하지 않을 때, 특히 운동방향과 반대방향의 힘이 작용할 때 물체의 운동을 설명하기 위하여 임피투스형의 힘을 적용시킴을 지필검사를 통하여 발견하였다. 비에노(Viennot, 1979)는 지필검사와 몇 가지 다른 연구를 통하여 학생들이 질문에 따라 각기 다른 관점을 적용시키는 것을 발견하였다. 즉, 운동 방정식으로부터 힘을 계산하거나 “질량이 같은

두 물체에 같은 힘이 작용하면, 두 물체의 운동이 항상 같은가?”와 같은 질문에서는 학생들이 힘과 가속도를 잘 관련시키고 비록 작용하는 힘이 같다고 하더라도 초속도가 다름에 따라 물체의 운동이 달라진다고 옳은 응답을 하였다. 그리고 운동방향과 힘의 방향이 같을 때 보다 더 옳은 물리개념을 보였다. 그러나 두번째 경우로 관찰을 통해서이건 그림을 통해서이건 물체의 운동을 쉽게 볼 수 있거나 상상할 수 있는 경우 학생들은 임피투스적 개념을 나타내어 힘의 공급으로 물체의 운동을 설명하려는 경향이 있음을 발견하였다. 특히 클레멘트의 경우와 같이 운동방향과 반대방향의 힘이 작용하거나 정지해 있음에도 힘이 작용할 때 학생들이 새로운 힘의 공급으로 물리현상을 설명하는 경향이 있음을 발견하였다. 비에노는 첫째 경우를 ‘정적(static)’ 또는 ‘국부적(local)’으로, 두번째 경우를 ‘전반적(global)’으로 특징을 나누었다. 즉, 초기조건으로부터 운동을 직접 인식할 수 없을 때 학생들은 물체에 작용하는 힘(force acting on object)이라는 국한된 사고를 하게 되는 반면, 직접 인식할 수 있는 경우 운동과 힘에 관한 전반적 특징에 관심을 갖게 되어 힘의 공급(supply of force)을 고려하게 된다고 하였다.

물리현상의 특징에 따라 학생들의 개념변화가 달라진다는 또 다른 연구는 대학생들을 대상으로 한 스벤손과 호그포스의 연구를 들 수 있다(Svenson, Hogfors, 1988). 이들의 연구에 의하면 학생들이 특정현상과 문제가 변화함에 따라 제시된 현상의 특징에 대하여 사고하게 되고 개념과 원리들을 적용할 때 커다란 변이가 일어남을 주장하였다. 예를들면, 학생들에게 달리던 기차에서 화물열차가 연결이 끊어져 완전한 수평궤도를 따라 직선으로 굴러간 경우와 아이스 썩이 스틱에 맞아 미끄러운 얼음 위를 직선으로 미끄러져 가는 경우에 대하여 화물열차와 썩이에 어떤 일이 일어나는지 질문하여 수업 전과 수업 후를 비교하였다. 그 결과 수업 전에 23명 중 15명이 처음에 뉴턴적 개념을 보였고 수업 후 22명이 뉴턴적 개념을 보여 거의 모든 학생이 뉴턴적 개념을 보였다. 그러나 자동차가 일정한 속력으로 직선도로를 달리고 있는 상황과 자전거가 일정한 속력으로 직선도로를 달리고 있는 상황에서 “자동차(자전거)에 어떤 힘이 있는가?”라고 질문하여 역시 수업 전·후의 응답을 비교한 결과 수업 전에 22명 중 15명이 뉴턴적 개념을 보였고 수업 후에는 16명이 뉴턴적 개념

을 보여 수업 전·후에 거의 개념변화가 일어나지 않았다. 이들은 이같이 물리적으로 유사한 상황에 대하여 각기 다르게 응답하고 개념변화에도 다르게 반응한 이유를 화물열차와 아이스 썩의 속도가 감속하는 경우 학생들에게 어떤 개념을 사용할 것인지 결정하도록 하여 에너지와 내재된 힘을 기술하도록 한 반면, 자동차와 자전거가 일정한 속도로 운동하는 경우 학생들은 특별히 물체에 작용하는 힘을 서술하도록 하여 그 결과 외력을 서술하도록 한 것으로 해석하였다. 자동차와 자전거의 경우 학생들은 효과를 일정속도 보다는 정지에 반대되는 운동으로 제한하였지만 썩과 화물열차의 경우에는 속도가 줄어드는 효과를 쉽게 볼 수 있었던 점이 다르다. 스펜슨과 호그프스는 이러한 현상을 원인-효과 서술의 효과한계(delimitation of effect)로 보았다. 요한손(Johanson, 1981)은 학생들이 자동차의 경우보다 자전거의 경우에 보다 아리스토텔레스적 사고를 나타내었음을 보이고 그 원인으로 학생들이 자전거를 일정한 속력으로 운동하기 위하여 육체적 힘을 가했던 경험 때문으로 보았다.

이상에서 본 바와 같이 물리학자의 관점에서는 동일한 문제상황을 학생들은 일반화하지 못하고 현상적 특징과 제시하는 방법, 질문방법등에 따라 생각의 적용이 달라지며 이것은 학습자의 심리적 특징, 경험등과 밀접하게 관련된 것으로 보인다. 따라서 학습경험을 제공할 때 이미 언급한 현상에 대한 학생들의 이해를 고려하여 다양한 현상을 제시해야 한다. 이같은 노력은 학생들로 하여금 각기 다른 현상으로 보이는 것들도 물리학적 관점에서는 이들을 일반화하여 설명할 수 있음을 알게 하는데 중요하다.

IV. 대립개념의 증거적 비판논의와 반성적 사고를 중심으로 한 개념변화 모형

본 연구에서는 지금까지의 논의를 바탕으로 대립개념의 증거적 비판논의와 반성적 사고를 중심으로 하는 한가지 물리 개념변화 모형을 고안 하였다. 여기에서 대립개념이 뜻하는 것은 학생들의 개념과 과학자적 개념은 서로 경쟁관계에 있으며, 새로이 받아들일 개념은 학생의 입장에서는 받아들이기 어려운 개념이기 때문에 학생들의 개념이 과학자의 개념

으로 변화되는 일은 매우 어려운 혁명적 변화와 같음을 의미한다. 그런데 이러한 어려움에 직면한 학생들은 새로운 개념체계를 무시해 버리거나 때로는 자신의 개념체계와 아무런 관련을 짓지 않고 수용하여 자신의 개념체계와 공존시키는 경향이 있다. 사전개념의 변화를 위하여 학생들의 개념체계와 갈등되는 상황을 제시하여야 한다는 주장은 사전개념이 많은 경험을 통하여 형성되었으며, 자연현상을 이해하는데 불편하다기 보다는 편안함을 느낀다는 연구 결과를 고려해 볼 때 하나의 필요조건이 될 수 있다. 그러나 이러한 경험의 제공도 학생들이 이미 앞에서 언급한 거의 무의식적이고 습관적으로 사용하는 확증편향적 사고, 편향된 동화방략, 임시방편적 설명, 변칙 사례를 특별한 경우 또는 예외적 현상으로 이해하는 등의 방략들을 버리지 못하면 거의 무의미할 것이다. 왜냐하면 제공된 개념을 학생들이 어떻게 받아들이는가는 학습자 자신에 의존할 것이기 때문이다. 즉 제시된 경험과 과제에 관한 상황을 어떻게 학습자가 인식 하는가에 의존한다. 학습자의 문제 상황의 인식과 연관하여 학습자는 개념변화라는 명확한 목표를 인식하는 것이 중요하다. 학생들이 제시된 경험을 잘 이해하여 자신의 개념을 변화시킬 수도 있으나 어떤 경우는 자신의 사전개념과 전혀 관련짓지 않은 상태로 학습자내에 공존하고 있어 학습한 새로운 개념은 학교에서의 시험이나 교사의 질문에 대한 정답을 말하는 데 적용하고 상황이 달라지면 자신의 사전개념을 적용하여 설명할 수도 있다. 때로는 자신의 사전개념을 중심으로 새로운 학습경험을 동화시켜 버릴 수도 있다. 이러한 예로 물체는 자유낙하할 때 가속된다는 새로운 학습경험을, 속도는 물체의 무게에 비례한다는 자신의 개념에 동화시켜 학습 후에 “물체는 낙하할수록 중력이 증가하고 속도가 빨라져 가속도가 생긴다”로 바뀐 것을 들 수 있다(Champagne, 등, 1980). 이와 같은 결과는 교사가 의도하는 학습 경험제공과 함께 학습자가 개념변화라는 자신의 목표를 분명히 알고 목표달성에 필요한 조건이나 과정을 검토하는 초인지 기능이 매우 중요함을 암시해 준다. 또한 학생이 제시된 과제의 특성과 해결과정을 의식적으로 통제하는 과정에서 과제를 수행하는 기본 기능이 필요하다고 생각된다. 특히 지금까지 제시된 개념변화 모형에서의 가정은 자신의 개념과 새로운 개념을 알고 있거나 적어도 의도적으로 비교하려는 성향이 있다는 전

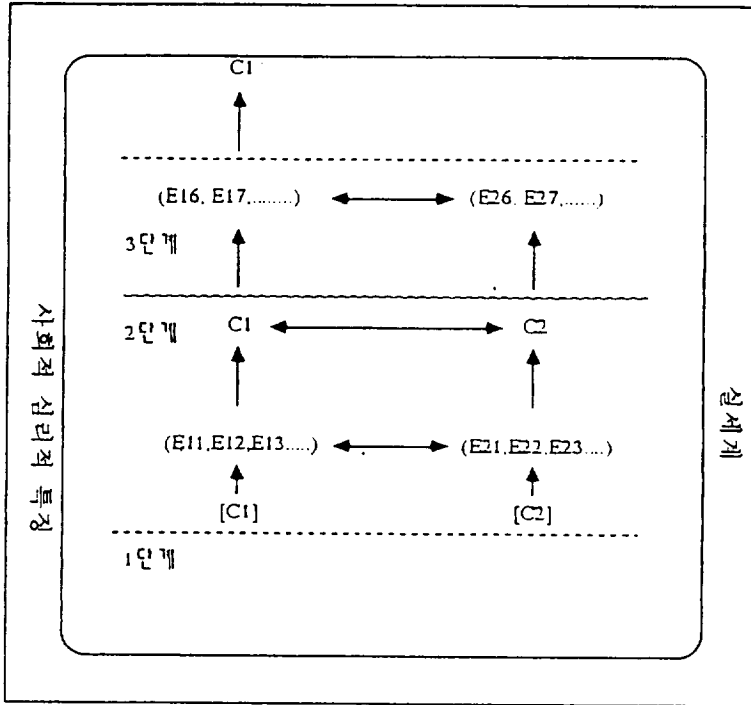
제가 있는 것으로 보인다. 과학자들은 대립되는 가설(이론)들을 자신의 가설과 비교할 수 있으나 학생들은 이러한 능력이 부족하며 그렇게 할 필요성도 느끼지 않는다. 더욱이 자신의 이론이 어떠한 지는 더욱 알기 어렵다. 따라서 학생들의 개념을 바꾸기 위해서는 새로운 개념을 이해하는 것이 중요하며 자신의 개념에 대하여 반성적으로 사고하는 것은 더욱 중요하다. 이를 위해서 학습자의 초인지기능의 향상과 과학적 사고기능의 향상이 중요하게 생각된다.

따라서 학생들은 자신의 개념체계와 새로운 개념체계와의 관계를 일반적으로 무시하거나 무비판적으로 수용하지 않도록 하는 것이 개념변화 학습에서 필요하다. 이같은 관점에서 본 연구에서는 자신의 개념체계와 새로운 개념체계와의 관계를 무시 또는 일방적 수용관계가 아닌 대립되는 관계로 인식하게 한다는 의미에서 '대립개념'이라는 용어를 사용하였다. 즉, 본 연구에서는 학습자 자신의 개념 이외의 개념들은 대립가설(개념)들이며, 학습자는 자신의 개념을 새로운 대립개념으로 변화시켜야 하고 그 과정은 연구 또는 학습하고 있는 개념과 대상자들의 특징에 따라 점진적이거나 매우 급격할(혁명적) 것이다. 또한 학생의 개념을 변화시키기 위해서는 자신의 개념을 포함하여 각각의 대립관계의 개념들의 전체를 비교하는 것이 중요한 요인일 것이다. 여기에선 전체를 비교한다는 것의 의미는 다음과 같다. 학습자가 제시된 자연현상을 설명한다는 것은 학습자의 개념을 바탕으로 하여 자연 현상을 인식한 결과를 나타낸 것이다. 마찬가지로 뉴턴개념으로도 동일한 현상을 설명할 수 있을 것이다. 이때 동일한 자연현상에 대한 설명이 서로 다른 것은 각기 다른 개념을 바탕으로 하였기 때문이다. 한편 동일한 개념을 바탕으로 한 설명들은 일련의 일관성과 특징을 가질 것이다. 학습자의 개념을 바꾸기 위해서는 우선 학습자 자신의 개념이 갖는 일관성과 특징을 알아야 하고 동시에 대립되는 개념들에 대해서도 알아야 한다. 따라서 개념변화를 위해서는 자신의 개념과 대립되는 개념들의 전체를 비교하는 것이 중요하다.

어떤 물리개념은 하나의 정의로 나타내거나 구체적인 현상에 적용하여 나타낼 수 있다. 예를 들면 어떤

물체의 힘과 가속도 관계를 나타내주는 뉴턴 제2법칙을 "물체에 힘이 작용할 때 그 물체의 가속도의 크기는 작용한 힘에 비례하고 질량에 반비례한다"라고 나타낼 수 있다. 이를 나타내는 또다른 방법은 운동하는 물체의 힘과 가속도와의 관계를 구체적으로 설명하는 것이다. 물리학자들은 이 두가지 표현이 같은 것으로 이해할 수 있지만 학생들은 물리학자들과는 달리 전자보다는 후자의 경우를 더 어려워하며 그 이유 중 하나는 학생들이 증거와 이론을 구분하지 못하기 때문이라는 견해에 대하여 이미 논의한 바 있다. 수업에서 제시되는 갈등 상황은 대립되는 개념에 기초한 증거들이지만 학생들의 입장에서는 그 증거가 이론인지 증거인지 구분이 불분명할 수 있기 때문에 제시되는 증거가 어떤 이론에 준거한 증거들임을 알게 하고 그 증거들로 부터 이론들을 추론해 내도록 하여야 완전하게 자신의 이론과 대립되는 이론의 비교 분석이 이루어진다. 따라서 학생들이 대립관계의 개념들을 서로 비교 분석하기 위해서는 동일한 현상에 대하여 각기 다른 개념체계로 설명한 구체적 설명(증거)들을 편향되지 않은 관점에서 비교 분석하여야 한다. 이러한 의미에서 '증거적 비판 논의'라는 표현을 사용하였다.

반성적 사고는 학습자가 자신이 어떻게 생각하고 있기에 주어진 현상을 그와 같이 설명하였는지를 알아내도록 한다는 측면에서 증거적 비판 논의와 유사한 의미를 갖는다. 그러나 학습자가 자연현상을 자신의 개념으로 바라보고 해석하며 장차 버리거나 변화시켜야 할 개념이기 때문에 자신의 개념에 대한 사고는 중요하며 더우기 이 과정에서 학생들은 자기 자신의 생각에 대하여 알고 조절할 수 있는 초인지능력이 요구된다(Flavell, 1976; Brown, 1980). 학습에서 초인지의 역할은 학습자가 목표를 인식하며 학습에 필요한 지식을 알아내고 자신의 학습방법을 고안하며 자신의 학습방법을 스스로 조절하는 것이다. 즉, 본 연구에서 반성적 사고가 의미하는 것은 학습자가 자신의 개념체계를 알아내는 것은 물론이고 이 과정에서 자신의 사고에 대하여 생각하고 자신의 생각을 조절하는 초인지 기능을 포함한 것이다. 지금까지의 논의를 바탕으로 한 개념변화 모형을 제시하면 그림 3과 같다.



[그림 3] 본 연구에서의 개념변화 모형

↔ : 비교 분석, ↑ : 생성,

C1 : 학생 자신의 개념(가설), C2 : 대립 개념(가설)

E11, E12…… 학생의 가설에 기초한 현상(실세계)에 대한 설명(증거)

E21, E22…… 대립가설에 기초한 현상(실세계)에 대한 설명(증거)

그림에서 중심부는 개념 형성 과정의 중심과정으로 대립개념의 증거적 비판논의와 반성적 사고과정이다. 이 과정들을 포함하고 있는 쿼가 등근 사각형은 학습자의 사고세계를 의미한다.

대립가설의 증거적 비판논의와 반성적 사고과정은 좌우에 표시된 학습자의 심리적 특징과 주위의 환경 즉, 사회적 특징에 의하여 영향을 받고 이해 또는 설명 대상인 실세계(자연현상)의 영향을 받는다. 본 모형에서 의미하는 심리적 사회적 특징은 사전개념이 견고한 요인에서 논의한 바와 같이 개념변화 과정에 영향을 미치는 학습자의 심리적 특징(확증편향적 사고, 편향된 동화, 변칙사례를 특별한 경우 또는 예외적 현상으로 이해하는 등)과, 그들을 둘러싼 학습상황을 의미한다. 특히 심리적 특징은 학습자가 자신의 개념, 목표와 과정 등을 알 수 있고 없음과 관련된 것이다. 실세계가 의미하는 것은 개념 형성의 대상인 자연현상 또는 실세계의 특징을 말하는 것으로

이들의 특징에 따라 개인이 나타내는 개념의 특징과 각 개념변화 과정에 영향을 준다.

개념변화 과정 중 C1은 학습자의 개념이며 C2는 배워야 할 개념 또는 타인의 개념들로 뉴턴역학 개념이나 다른 학생들이 갖는 임피투스적 또는 아리스토텔레스적 역학 개념일 수도 있는 대립 가설들이다. 쿼의 모형에서는 서로 경쟁관계에 있는 패러다임이라고 할 수 있다. C2는 한개일 수도 있으나 경우에 따라 몇 개의 개념들일 수도 있다. E_{ij}에서 E는 설명 또는 증거를 의미하고 i는 개념 유형을 j는 자연현상의 유형을 나타낸다. 따라서 E12는 C1개념으로 2라는 자연현상을 설명한 것이 되거나 E12가 C1개념을 바탕으로 2라는 자연현상을 설명하였음을 보여주는 증거가 된다. 본 모형에서 i와 j가 1개 이상 다수인 이유는 i가 여러개이므로 해서 대립 개념들을 비교하게 되고 자신의 개념을 포함한 타인의 이론을 설명하고 이해하려 하는 동시에 다양한 설명이

존재함을 인정하는 등의 초인지적 측면을 고려한 것이다. j 를 다양하게 제시한 것은 물리학자들이 보기에는 동일한 물리상황으로 이해되는 현상들에 대하여 학생들은 각각의 현상에 따라 각기 다르게 인식하기 때문에 많은 현상 중 범주화가 가능한 현상들을 고려하여 실세계에 대한 이해를 증가시켜 자연현상을 좀 더 일반화하여 바라볼 수 있도록 하기 위한 것이다. 본 모형에서 개념변화 과정중 중요한 기능은 생성기능과 비교 분석 기능이다. 생성 기능은 어떤 개념을 바탕으로 자연현상을 설명하거나 그 역으로 설명들을 분석하여 설명들의 밑바탕에 깔려있는 개념을 찾아내는 기능을 포함한다. 쿤이 사용한 용어를 따르면 전자의 경우를 증거 생성이라 할 수 있고, 후자를 이론 생성이라 할 수 있다. 비교 분석 기능은 대립되는 개념 또는 설명들을 이해하기 위하여 서로 비교 분석하는 기능으로 비유, 추론, 상상 등을 포함하고 있는 것으로 볼 수 있다.

대립가설의 증거적 비판논의와 반성적 사고과정은 세 단계로 구성되어 있다. 1단계는 개인의 오랫동안 실세계와 심리적 특징과의 상호작용을 통한 경험에 의하여 이미 사전 개념이 형성된 단계를 말한다. 각 개인에 대한 1단계 형성 과정을 알아내기는 매우 어렵다고 생각된다. 왜냐하면 이미 형성된 각 개인의 개념은 매우 다양하고 복잡한 경험과 관련된 것이기 때문이다. 그러나 사전개념이 견고한 요인에서 논의한 바와 같이 사전개념의 형성 과정에 영향을 줄 수 있을 것으로 예측되는 요인에 대한 일반적 논의가 가능하다. 1단계는 교육을 통하여 개념변화를 시도할 때 시발점이 되는 단계이다. 이 단계에서 이미 C1과 C2가 형성 또는 제시되는 단계이지만 아직 학습자가 C1과 C2가 무엇인지를 알지 못한 상태이다. 따라서 수업전의 C1과 C2는 괄호를 하여 수업후에 알게된 개념과 구분하였다.

2단계는 개념으로부터 문제 상황에 따라 설명을 하는 단계와 이 설명들을 비교하는 단계 그리고 이 설명들의 비교 분석을 바탕으로 대립 개념들을 비교 분석하는 세부 과정을 포함하고 있다. 2단계의 첫 세부단계인 개념으로부터 설명을 예시하는 과정은 학습자 개념으로 보면 주어진 상황의 질문에 응답하는 과정이고 대립 개념들에서는 교사 또는 다른 사람의 예시를 제시하는 과정으로 볼 수 있다. 두번째 세부 단계에서는 학습자가 자신의 개념을 반성적으로 사고하고 대립 개념의 특징을 자신의 개념과 비교하기

위하여 E11과 E12 등을 비교 분석하고 종합하여 자신의 개념을 이해하고 E21과 E22 등으로부터 대립 개념을 이해한다. 결국 두번째 세부 단계는 E11과 E21 그리고 E12와 E22를 비교 분석하여 개념 C1과 C2를 알아내는 과정이다. 즉, 제시된 자료로부터 각각의 이론을 생성하는 단계이다. 마지막 세부 단계에서는 생성된 자신의 개념(이론)과 대립 개념(이론)의 특징을 비교 분석하는 과정이다. 그러나 2단계 중에서 두번째와 세번째 과정은 항상 정해진 순서일 필요는 없으며 때로는 동시에 이루어질 수도 있다.

개념변화 과정의 마지막 단계인 3단계에서는 생성된 이론을 바탕으로 새로운 자연 현상을 설명하는 단계로써 이론으로부터 증거를 생성하는 단계로 볼 수 있으며 이 과정에서는 학습자가 자신의 사전개념과 대립 개념들의 특징과 차이점을 이해한 상태에서 각각의 개념에 기초한 증거를 생성하게 될 것이 요구되며, 생성된 증거들을 서로 비교 분석함으로써 개념 C1과 C2를 비교 분석하게 되어 최종적으로 새로운 개념 C1'으로 변화되는 과정을 말한다. 3단계에서 학습자는 포스너 등이 주장하는 개념변화 조건 중 새로운 개념의 유용성을 느낄 수 있을 것이다. 그리고 사전개념이 과정적 지식의 형태를 특징으로 한다는 측면을 고려하면 변화된 새로운 개념을 반복하여 새로운 상황에 적용시켜 개념변화의 안정성을 높이는 데 유용한 단계라 할 수 있다.

본 모형의 개념변화 과정을 통하여 C1이 C1'과 같아지면 개념 변화가 일어나지 않은 것이고, C1'이 C2로 바뀌면 개념 변화가 일어난 것이며 본 모형에서 강조한 비교 분석 과정을 통하여 있음에도 불구하고 C1'이 C1, C2가 각기 존재한다면 C2는 학습되었어도 C1과 C2가 서로 연결되지 못하여 독립적으로 존재하는 것으로 볼 수 있다.

◎ 기존의 개념변화 모형과의 비교

본 연구에서의 개념변화 모형이 갖는 특징을 알아보기 위하여 몇가지 관점에서 기존의 개념변화 모형과 비교하였다. 본 모형과 하슈웨 및 권재술의 모형을 비교하여 보면, 첫째, 개념변화 방법에서의 차이를 들 수 있다. 본 모형에서는 사전개념과 새로운 개념 사이의 갈등을 고려한 점에서 하슈웨와 권재술의 모형과 유사하지만 그들은 개념간의 갈등 해소를 지적하고 갈등의 예시를 통하여 유도하였다. 이들은 학생들의 개념으로는 설명되지 않는 예시 R2, R3를 제공하여 개념변화를 시도하였다. 하슈웨(Hashweh,

1985)는 학생의 사전개념에 갈등이 되는 예시를 여러가지로 제공하여 개념간의 갈등을 야기시키려 하였다. 권재술은 이와 함께 학생의 사전개념으로는 쉽게 설명이 되지만 새로 학습한 개념으로는 잘 설명이 되지 않는 갈등을 중요하게 부각시켰다. 본 연구에서는 갈등의 제시만으로 개념변화를 기대하거나 정해진 과정을 중시하여 개념변화를 시도하지 않고 학생들 자신의 사전개념과 대립개념들에 대한 이해와 비교를 통하여 두 개념간의 갈등을 유도하였다. 즉, 학생들로 하여금 다양한 물리 상황의 증거적 예시를 의식적으로 비교 분석하게 하여 이 증거들의 이차적 특징이라고 할 수 있는 대립 개념들에 대한 이해 뿐 아니라 자신의 개념에 대해서도 반성적 사고를 하도록 하였다. 그러나 학습자들이 어떤 정해진 과정을 거쳐 개념변화를 할 것으로 기대할 수 없다. 왜냐하면 그 과정은 매우 복잡한 과정일 수 있으며 또한 개별적인 것으로 생각되기 때문이다. 또한 이 과정은 학습자의 사고세계 내에서 일어난다. 이같은 의미에서 기존의 모형에서 실세계와 사고세계를 수평선으로 나누고 있으나 본 연구에서는 사각형 내에 일어나는 것으로 나타내었다.

둘째, 개념 변화 과정상 차이를 보면 권재술의 연구에서는 사전개념과 학습할 개념 사이의 관계 유형을 나누고 문제해결 과정을 도입하여 각각의 유형에 따라 예상되는 개념 변화 과정을 세분화하여 예시하였다. 하슈웨는 학생의 사전개념과 자연세계 사이 그리고 개념과 개념 사이의 갈등을 제시할 것을 언급할 뿐 구체적 과정은 제시하지 않았다. 본 연구에서는 각기 다른 대립 개념들에 기초한 다양한 자연현상에 대한 설명으로 부터 각각의 개념을 추론하는 대립가설의 증거적 비판논의와 반성적 사고과정 및 그 개념으로부터 새로운 상황의 문제를 설명하는 증거 생성과정으로 구성되어 있다.

셋째, 연구에서 고려하고 있는 개념의 종류이다. 하슈웨와 권재술의 모형에서 고려하고 있는 개념은 학생의 사전개념과 학습할 개념 즉, 힘과 가속도 개념을 예로 든다면 뉴턴역학 개념이다. 그러나 본 연구에서는 새로운 대립개념은 하나 이상이어야 하며 이 대립개념 속에는 학습할 물리개념과 물리적으로 옳지 못한 개념들을 함께 포함한다. 따라서 학생들은 뉴턴 역학개념 뿐 아니라 다른 학생들이 가질 수 있는 대표적 사전개념도 경험하게 되면 이 개념들은 대립개념으로 인식하게 된다. 그리고 몇 가지 대립

개념들과 자신의 개념과의 비교를 통하여 받아들일 개념을 학습자가 결정 한다는 점이 다르다.

V. 결 론

기존의 개념변화 모형에서는 학습자의 사전개념을 변화시키기 위하여 학습자로 하여금 학습자의 개념이 자연현상을 설명하는데 한계가 있음을 느끼도록 하는 갈등 상황의 예시를 중요하게 생각하고 있다. 또한 개념변화는 결국 개념과 개념간의 갈등으로 보고 있다. 본 연구에서는 이와같은 기존의 관점에서 개념변화가 개념과 개념간의 갈등이라는 것을 수용하지만 학습자가 갈등으로 느낄 것으로 생각되는 갈등상황의 제시를 학습자가 무시하거나 갈등을 전혀 느끼지 않을 가능성이 있다는 점과 개념변화를 위해서는 학습자가 자신의 개념과 대립개념들을 확인하는 일이 우선되어야 한다는 것과 학습자의 사고세계에서 일어날 것으로 기대되는 개념변화 과정을 고려하였다. 학습자가 자신의 개념에 갈등을 느끼기 위해서는 갈등으로 느낄 것으로 기대되는 자연현상을 보여주고 갈등이 일어날 것을 기대하기 보다는 동일한 자연현상에 대하여 다양한 설명이 있을 수 있다는 것을 확인시키는 것이 보다 더 분명한 방법으로 생각된다. 또한 학습자들이 어떤 자연현상에 대하여 자기 나름대로는 설명하지만 자신이 어떤 사전개념을 바탕으로 그같은 설명을 하였는지를 알지 못하는 것으로 보인다. 따라서 개념변화를 위해서는 이같은 자신을 포함한 대립 개념들을 확인하는 일이 선행되어야 하고 이를 확인하는 방안으로 개념을 바탕으로 다양한 자연 현상들에 대하여 설명된 설명방식들을 비교하므로써 가능하다고 생각된다.

본 연구에서 제시된 물리개념변화 모형은 개념변화와 관련된 연구결과들을 바탕으로 위에 열거한 몇 가지 가정을 전제로한 모형이며 본 모형에서의 개념변화 과정과 물리개념 변화학습에서의 개념변화가 별개의 것이 아닐 것이므로 이 모형을 자연스럽게 개념변화 학습에 적용할 수 있도록 고안한 것이다. 그러나 본 모형은 개념변화 과정에 관하여 아직도 부족한 연구 결과를 바탕으로 고안된 것이므로 보다 더 심층적인 계속 연구를 통하여 개념변화 과정을 확인하고 수정하여 보다 분명한 학생의 물리개념변화 과정을 나타낼 수 있는 개념변화 모형을 고안하게 되기를 기대한다.

참고 문헌

- 권재술(1989) 과학개념의 한 인지적 모형, 물리교육, 한국물리학회, 제7권, 1호, pp 1-9.
- 조희형(1984) 선입관의 철학적 배경 및 오인과 과학 학습의 관계, 한국과학교육학회지, 제4권, 제1호, pp.34-43.
- Anderson, B.(1986) The experiential gestalt of caution : a common core to pupils preconceptions in science. *European Journal of Science Education*, Vol. 8, No. 2, pp. 155-171.
- Brown, A. L.(1980). Metacognitive development and reading. in. R. J, Spiro, B. C. Bruce and W. F. Brewer(eds.), *Theoretical issues in reading comprehension : Prepectives from cognitive psychology, linguistics, artificial intelligence and education*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Champagne, A. B., Klopfer, L. E. and Anderson, J. H. (1980). Factors influencing the learning of classical mechanics. *American Journal of physics*, Vol. 48(12), December, pp. 1074-1079.
- Clement, J.(1982). Student's preconceptions in introductory mechanics. *American Journal of Physics*. Vol. 50(1), pp. 66-71.
- Driver, R. and Easley, J.(1978). Pupils and paradigms : A review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, Vol. 5, pp. 61-84.
- Flavell, J. H.(1976). Metacognitive aspects of problem solving. in Resnick, L. B(ed.) *The Nature of intelligence*. Hillsdale, Vol. 13, pp. 199-217.
- Gowin, B. D. (1983). Misconceptions, metaphors and conceptual change:once more with feeling. in Helm, H. and Novak, J.(eds.) *Proceedings of the misconceptions in science and mathematics*, Cornell University, Ithaca, pp. 39-41.
- Hashweh, M. Z.(1986). Toward an Wxplanation of Conceptual change. *European Journal of Science Education*, Vol. 8, No. 3, pp. 229-249.
- Johnson, P. E., Curran, T. E., Cox and David, L. A. (1971). Model for knowledge of concept in science, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 8, No.1, pp.91-95.
- Kuhn, D., Amsel, E. and O'Loughlin, M. (1988). *The Development of Scientific Thinking Skills*. Academic Press, Inc.
- McCloskey. M.(1983). Intuitive physics. *Scientific American*, Vol. 248, pp. 122-238.
- Newell, A. and simon, H. (1972). *Human problem solving*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, HJ.
- Pines, A. E. and West, L. H. T.(1983). A framework for conceptual change with special reference to misconceptions. in Helm, and Novak, J.(eds.) *Proceedings of the misconceptions in science and mathematics*, Cornell University, Ithaca, pp. 47-52.
- Ramsden, P.(1988). *Improving learning new perspective*. Melbourne, Australia, The Monash Univ. Printery.
- Stavy, R. and Berkowitz, B.(1980). Cognitive conflict as a basis for teaching quantitive aspects of the concept of tempersture. *Science Education*, Vol. 64 (5), pp. 679-692.
- Strike, K. A. and Posner, G. J.(1982). Conceptual change and science teaching. *European Journal of Science Education*, Vol. 4(3), pp. 231-240.
- Svensson, L. and Hogfors, C.(1988) Conceptions as the content of teaching:Improving education in mechanics. In Ramsdon, P.(ed.) *Improving learning new perspective*. Melbourne, Australia, The Monash Univ. Printery.
- Viennot, L. (1979). Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Deucation*, Vol. 1, No. 2, pp. 205-221.

(ABSTRACT)

The conceptual change model for physics concepts based on the critical discussion about rival concepts and the reflective thinking

Ikgyun, Kim

(Department of Science Education, Chung – Buk National University)

Sung – Jae Pak

(Department of Physics Education, Seoul National University)

According to many previous researches on the students' physics conceptions, in spite of school science learning the students' preconceptions were either not changed or reinforced. Although many researchers argued that the presentation of conflict situations which can not be explained by the students' preconceptions is prerequisite to their conceptual changes, some other researchers argued that such a presentation could be useless. In this study, a model of students' conceptual change in physics, which encourages students to recognize actively the conflicting situations and to control the process of their conceptual changes, was developed. In this model, the critical discussion on rival concepts and the reflective thinking were regarded as two important factors for students' conceptual changes.