

# 지구의 중력과 공간개념의 개념형성 단계

이 문 원

(강원대학교 사범대 과학교육과)

## 1. 교수/학습 이론의 배경

과학교육에서 과학의 본질, 교육의 목표, 교육의 대상인 학습자를 어떤 이론과 철학의 배경으로 보느냐에 따라 과학교육 과정의 구성, 교수/학습 지도 방법 및 교육자료 개발 등의 전략이 정해 질 것이다.

근간에 많이 받아들여지고 있는 학습이론은 인지론자인 피아제와 오슈벨의 영향을 받고 있다. 그들은 자연과학 지식이 자연으로부터 단지 발견되는 것이 아니라 인간에 의해서 구성된다고 주장한다. 즉, 학습은 학습자에게 이미 파지된 관련된 개념체계와 학습될 내용과의 상호작용에 의해 동화되고 조절되어 새로운 개념체계로 바뀌는 것으로 본다. 이러한 이론적인 배경으로 자연 현상에 대한 학습자의 선행개념

이 과학교육 연구자들의 많은 관심을 끌고 있다.

학습자들은 같은 자연 현상을 나뉠대로의 개념의 틀로 대변하고 있으며 각 학습자가 갖고 있는 틀은 다양하고, 그 수는 이론적으로 개념의 수만큼 많지만 특정된 몇 개의 범주로 묶을 수 있다고 본다.

학습자의 선행개념은 학교교육 또는 정규 수업을 받기 전에 이미 획득된 것으로 자연에 대한 개인의 경험을 바탕으로 학습자 자신에 의해 만들어진 개념이다.

학습이론에서는 학습자가 이미 갖고 있는 선행개념을 바꾸는 데는 인지적 모순을 야기시키거나 명확한 지식체계의 제시만으로는 충분하지 않고, 이미 파지된 선행개념을 대처할 만한 개념체계가 제시되어야만 가능하다고 본다.

현대 과학의 여러 개념 중, 학습자가 이미 파지한

선행개념이 있기 때문에 좀 더 과학적인 개념으로 좀처럼 바꾸어지기 어려운 개념의 예는 다음과 같다.

- 1) 입자로서의 물질 대 파동의 성질을 보이는 물질
- 2) 뉴턴의 역학 개념 대 아리스토텔레스의 역학
- 3) 에너지와 열 대 칼로리와 열
- 4) 아인슈타인의 공간·시간의 생각 대 뉴턴의 생각
- 5) 통계적인 모델 대 기계론적인 모델
- 6) 구형의 지구 대 평면한 지구
- 7) 태양 중심의 우주론 대 지구 중심의 우주론
- 8) 기계론적 생물학 대 활력론적 생물학

위의 여러 개념 중에서 국민학교, 중학교 과정에서 기본이 되는 개념 중 하나는 지구의 형태, 공간에 대한 것이다.

Nassbaum과 Novak(1976)은 체계적인 질문법이 이용하여 국민학교 2학년 학생들이 지구의 개념을 형성하는 단계를 연구하였다. 그 후 많은 과학교육 연구자들은 이 연구 결과를 토대로 피아제와 오슈벨의 영향을 받은 인지론적 학습이론을 검토하려고 노력하였다.

여기에 지구 개념의 형성 단계를 파악하려는 연구 방법, 그 결과, 해석에 대해서 간략히 소개한다.

## 2. 지구 개념 형성 단계 연구

Nassbaum과 Novak(1976)은 지구의 개념에 대한 학습을 Audio-Tutorial Instruction 방법으로 약 15-25분 진행시킬 수 있도록 조직하였다.

이 수업은 관화 및 설문이 들어있는 인쇄물, 조직적인 질문과 해석이 들어 있는 테이프를 가지고 학생들이 스스로 수업을 하는 방법이다.

이 수업 방법은 모든 학생들이 실질적으로 개별 수업을 받을 수 있도록 하였다.

교사는 수업이 진행되는 동안 가능한 관여하지 않도록 하여 개념 형성 과정에서 교사의 역할이 주는 변수를 제거하려 하였다.

연구대상은 국민학교 2학년을 택하였으며, 사전에 연구대상 집단에 대한 사회환경, IQ 등의 기초검사가 이루어졌다.

지구에 대한 개념은 6개 학습 단위로 조직되었다. 이 학습내용에는 거리, 공간, 힘, 중력과 개념이

어느정도 관련되어 있다. 개념 형성 과정을 연구할 때 어려운 점의 하나는 개념을 단순하게 분리할 수 없으므로 개념을 독립적으로 취급할 수 없는 것이다.

학습 내용을 간단히 기술하면 다음과 같다.

1. 지구는 크고, 에스키모인, 러시아인, 일본인 등은 항상 멀리 살고 있다. 우주선이 달에 갈 수 있고, 지구는 공과 같이 둥글다.

2. 비행기는 하늘 높이 나르고, 로케트는 더 높이 날 수 있다. 그래서 우리는 우주선에서 지구가 둥글다는 것을 볼 수 있다.

3. 지구본 위에 물체를 놓으면, 아이들은 보다 더 많은 물체를 관찰할 수 있다. 지구본 위에서 그들의 눈을 이동하면서 3차원의 세계로 극화한다.

4. 힘은 밀거나 당기는 작용을 한다. 지구는 그 중심쪽으로 물체를 당긴다.

5. 중력은 물체를 아래로 당긴다. 중력은 진자를 지구의 중심쪽으로 당긴다. 장난감 단진자를 지구 위에 놓고 설명한다.

6. 벽돌, 저울과 같은 물체를 가지고 중력의 방향과 힘을 보여준다.

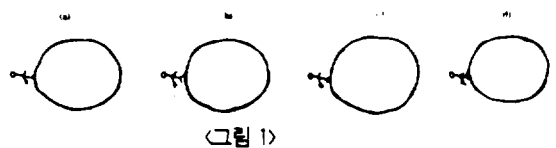
지구의 개념에 대해서 학습된 정도를 알아보기 위해서 다음과 같은 인터뷰 내용으로 형성평가를 한다. 질문은 조용한 방에서 한사람씩 20-40분동안 하며 결과 분석은 녹음된 대화 내용과 학습자가 반응한 그림을 가지고 동시에 한다.

질문: 이것을 실제 지구라고 생각하자. 지구 위에서 있는 작은 소녀가 손에 들고 있던 돌을 놓았을 때 돌이 떨어지는 방향을 선으로 그려 보아라.

이 질문에 대한 응답은 3가지중 하나로 요약된다.

응답 b는 지구 중심의 관념이 지적으로 작용한 것을 나타내며, 이런 반응이 다른 질문에도 반복되면, 이 학습자는 지구에 대한 과학적인 개념을 내면화 할 수 없다고 결론 지을 수 있다.

응답 c가 지속되면 이 학습자는 전체 지구를 공간의 기준으로 하는 틀을 갖고 있어 지구에 대한 과학적 개념의 수준에 도달했다고 해석할 수 있다.



응답 d는 지구 중심의 관념과 과학적인 관념 사이에 갈등을 일으키고 있으며 혼돈상태에 있는 것이다.

c와 같이 응답을 한 학습자는 다음과 같은 인터뷰를 통해 다시 두 부류로 구분한다. 연구자의 과제는 c와 같이 응답을 한 학습자를 분리할 수 있는 발전된 질문을 개발하는 것이다.

**질문 :** 이것은 실제 지구다. 두개의 병은 소녀의 것이다. 그중 하나는 뚜껑이 닫혀 있고 물이 반쯤 차 있다. 다른 하나는 뚜껑이 열려 있고 비어 있다. 열린 병에 크레용으로 같은 양의 물이 있는 것으로 그려라.

이 소녀는 이 두 병을 가지고 반대편에 있는 나라로 여행을 하여 그곳에 병을 놓았다. 그때 병의 물은 어떻게 되었는지 생각해 보아라. 그리고 병에 물이 있는 상태를 그려 보아라.

〈그림 2〉의 b, c는 위의 질문에 대한 반응이다.

b는 지구 중심적인 생각을 하는 것이 분명하다. 반면 c는 지구에 대한 과학적인 개념을 갖고 있다.

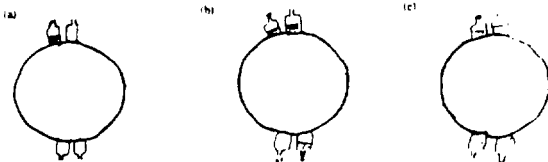
c와 같은 반응을 하였을 때, 지구 중심적인 관념으로 반응을 한 것인지 알아보기 위해 다시 다음과 같은 질문을 한다.

**질문 :** 그림 3의 이와 같은 그림을 보면서 지구위에 여러 사람이 있다고 생각하자. 그들이 손에 들고 있던 돌을 놓았을 때 돌이 떨어지는 방향을 그려보자.

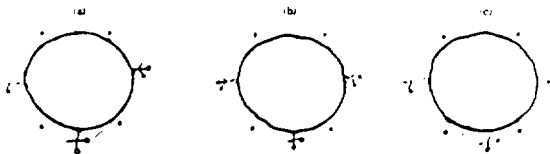
b와 같은 반응은 아직 지구 중심적인 관념을 갖고 있는 상태이며 c와 같은 반응은 과학적인 지구 개념을 갖고 있다고 할 수 있다.

다시 이들에게 다음과 같은 질문을 한다.

**질문 :** 지구에 구멍을 뚫을 수 있는지를 물어 보고 그것이 가능하다고 생각하고, 이 구멍에 돌을 떨어



〈그림 2〉



〈그림 3〉



〈그림 4〉

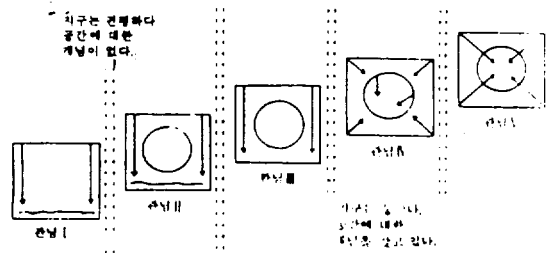
뜨리면 어떤 일이 일어날 것인지를 예상하도록 한다. 이 연구에서 학습자들이 지구에 대해서 다섯가지의 다른 관념 또는 개념을 갖고 있는 것을 발견했다.

**관념 I :** 우리가 살고 있는 지구는 편평하며 공과 같이 둥글지 않다. 이러한 관념을 갖고 있는 아이들은 지구가 공처럼 둥글다는 대답으로 시작한다. 그러나 그들은 잘못된 질문에 우리가 큰 공위의 표에 살고 있다고 믿지 않는 것을 나타낸다. 그리고 지구는 오히려 편평하다고 생각한다. 여러 아이들은 지구가 둥근 모양이라는 것을 여러 정보로 통해 듣는다. 그러나 실제 의미를 이해하지 못하고 그들 나름대로의 생각을 갖으려 한다. 피아제는 이러한 현상을 "Juxtaposition"이란 용어로서 초기 어린이들에게 보이는 것임을 설명한다.

**관념 II :** 우리가 사는 지구는 공처럼 둥글다고 이야기한다. 그리고 지구가 둥근 모양이라는 몇 개의 증거를 낼 수 있다. 그러나 그들은 위, 아래 방향을 한정된 공간에서 정한다. 그래서 남반부에서 있으면 지구에서 떨어질 것이라 믿는다.

**관념 III :** 둥근 형의 지구 주위를 싸고 있는 한정된 공간을 생각한다. 그러나 아직 초보적인 생각으로 위, 아래 방향을 정할때 지구가 그 기준이 되지 않고 공간에서 독립적인 위, 아래를 가정한다. 관념에서는 병의 물이 아래로 떨어지는데 그때 물은 육지나 바다로 떨어진다고 대답한다. 관념에서는 물이 하늘로 또는 공간으로 떨어진다고 응답한다.

**관념 IV :** 이 관념을 갖고 있는 아이는 지구의 개념



〈그림 5〉

에 관련된 모든 요소를 어느 정도 이해하고 있다. 그들은 지구 주위가 공간인 것을 알고 있다. 그리고 위, 아래 방향을 정할때 그 기준으로 지구를 사용한다. 몇몇은 중력에 의해 지구쪽으로 물체가 떨어진다고 까지 설명한다.

**관념 V** : 이 관념을 갖고 있는 아이는 지구가 둥근 행성이고, 공간으로 둘러 싸여 있으며, 물체가 지구 중심으로 떨어진다는 지구의 개념을 갖고 있다.

학습자가 갖는 지구의 개념에 대한 다섯가지 관념을 도식화하면 <그림5>와 같다.

### 3. 지구 개념 형성단계에 대한 연구 결과

2학년의 학습자가 갖는 지구의 과학적 개념이 질적으로 다른 것을 알았다. 이러한 사실은 개념 학습이란 개념의 단순한 도약이라기보다는 일련의 뚜렷한 단계에서 이루어지는 것을 의미한다. 공교롭게도 학습자에게 나타나는 지구에 대한 다섯가지의 관념은 인류가 긴 과학사에서 과학혁명 단계를 거치면서 변화된 지구관의 변천과정과 유사하다. 이와 같이 학습자가 갖는 지구의 개념이 점진적인 분화작용을 보이는 것은 오슈벨의 이론과 일치한다. 또한 분리된 개념에서 통합, 조정과정을 거쳐 보다 큰 개념의 물로 변한다는 것도 오슈벨의 제시와 일치한다.

교사는 교수/학습과정에서 학습자가 그들 자신의 개념을 변화시키고 있음을 알고 수업계획을 세워야 한다. 개념의 분화와 통합적인 재조정은 나이, 경험, 유전적인 능력 등에 따라 다르다. 따라서 비슷한 개념의 변화가 더 나이는 학습자에게 있을지도 모른다.

이러한 지구 개념에 대한 5가지의 관념은 6,7,8학년의 학습자에게도 있다는 연구가 있다.

우주 공간에 대한 개념은 지구과학 개념에서 중요한 개념이 된다. 그러나 지구 또는 우주공간에 대한 올바른 개념 교육이 등한시 되고 있다.

지구의 모양이 둥글다는 증거를 답안지로 제시할 수 있는 학습만으로 학습자에게 우주공간에 대한 개념을 이해시키는 데는 충분치 않다.

학습자가 그들 나름대로 갖고 있는 개념체계에 따라 개념의 변화를 가져 오는 데 도움이 되도록 수업이 조직되어야 할 것이다. 그러기 위해서는 학습자가 어떤 선행개념을 갖고 있는지 파악해야 한다. 이것은

초, 중등 과학교육에서 논의되는 문제점 중의 하나이다.

### 4. 연령별 지구 개념 형성에 대한 연구

Nassbaum과 Novak(1976)은 각 학습자가 갖는 지구에 대한 개념이 질적으로 다른 것을 찾아냈다. 그리고 여러 관념에 의해 지구 중심적인 관점에서 과학적인 개념으로 뚜렷하게 구분되며 점진적으로 변하는 수준을 제시했다. 이것은 피아제(1969)와 오슈벨(1968)이 강조한 것으로 학습활동에서 일반적인 지적 발달을 증명한 연구이다. 이들은 학습이 학습자의 인지구조의 변화, 즉 이미 학습자가 갖고 있는 지식체계의 변화로 보고 있다. 그러나 많은 경우, 교사나 부모들은 학습자들이 갖고 있는 관념과 과학적인 개념 사이의 간격을 모르고 있다. 학습자는 자연을 대면하면서 그의 지식구조를 조절한다. 이 경우 학습자가 갖고 있는 개념의 변화는 선행적으로 갖고 있던 개념의 틀이 허락하는 범위내에서 오직 부분적으로 일어나며 그래서 새로운 과학 개념을 부분적으로 받아들인다.

Nassbaum(1979)은 다음과 같은 의문을 가지고 연령별로 지구개념 형성에 대한 연구를 시도했다.

- (1) 학습자들이 갖고 있는 다섯가지의 지구개념을 유사한 집단에 다른 교수법으로 반복되어도 같은 구조의 관념을 찾을 수 있을까?
- (2) 지구에 대한 개념은 정규수업에서 다른 고학년에서도 같은 관념이 나타날 것인가?
- (3) 다른 연령층에서도 지구 개념 형성에 대한 공통적인 형태가 있는가?

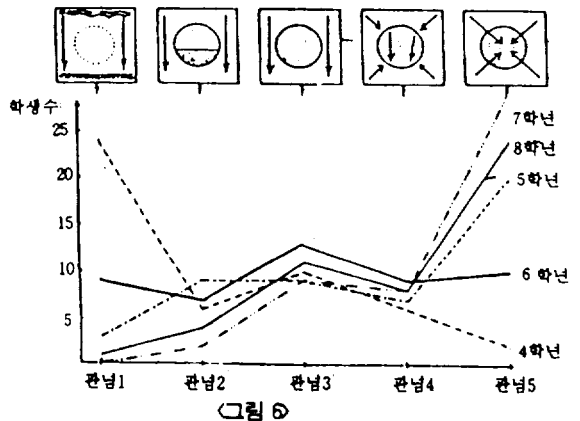


그림 6

4. 이러한 의문의 대답은 지구 개념에 대한 정규수업을 받은 저학년에서 고학년까지의 학습자를 비교 분석해 봄으로써 얻을 수 있다.

연구의 대상은 4학년에서 8학년까지 240명을 택했으며 각 학년 학업성취도가 상, 중, 하인 학생들을 고루 무작위로 선택했다. 인터뷰는 이미 연구된 질문법을 변형하여 그림으로 표현하면서 대답하도록 하며 20-30분간 한다.

각 연령에서 여러 관념이 나타날 빈도는 <그림 6>과 같다.

<그림 6>에서 각 연령층에서 빈도수는 다르더라도 모든 관념을 보이는 것을 알 수 있다. 6학년을 제외하면 5, 7, 8학년이 분명하게 가장 높은 관념을 보이고 4학년은 가장 낮은 관념에 집중되어 있다.

7, 8학년에서 빈도 수가 바뀌나 각 관념의 빈도 변화는 매우 일치 한다. 7, 8학년에서 빈도 순위가 바뀐 것은 사회, 경제수준, IQ 등의 차이에서 온 것으로 해석된다. 5, 6학년의 경우도 뒤바뀌었으나 이 경우는 많이 벌어져 있다. 이 경우도 사회, 경제적 환경의 차로 해석된다.

4, 5학년은 뚜렷하게 차가 난다. 이것은 5학년에서 이 주제가 정규수업에서 취급되었기 때문이다.

위의 결과에서 얻을 수 있는 가설은 다음과 같다.

지구의 개념은 각 학습자에게 연령에 따라서 변하며, 지구 중심적인 관념에서 점진적으로 좀 더 발전된 관념으로 변한다.

실제로 긴 시간의 추적 연구가 아니고, 단지 짧은 기간에 연령별 연구라고 할지라도 각 연령에서 다양한 관념이 나타나며 또 연령변화에 따라 각 관념의 빈도차가 있음을 보여준다.

그러나 모든 학생에게 일반화시킬 수 있는 관념 1에서 5까지 하나의 길만 있다고 결론지을 수는 없다. 연령내에서 모든 관념이 나타나는 것은 전통적인 교육과정이나 교수 전략의 틀에서 실제 나타나는 현상이다.

지구 개념의 발전은 질적으로 다른 개념들 사이에서 일련의 변화 형태를 나타내는 것이다. 개념 변화의 과정은 단지 지식의 축적이라기보다는 개인으로서 혁명적인 변화로 표현되는 편이 좋겠다.