

변인통제 문제해결 활동에서 학생들의 인지수준에 따른 상호작용 분석

남정희 · 김성희* · 강순희** · 박종윤** · 최병순***
(부산대학교) · (성서중학교)* · (이화여자대학교)** · (한국교원대학교)***

A Study on Classroom Interactions by Student's Cognitive Level in the Performance of Controlling Variable Tasks

Nam, Jeonghee · Kim, Sunghee* · Kang, Soonhee**
· Park, Jong-Yoon** · Choi, Byungsoon***
(Pusan National University) · (Sungseo Middle School)*
· (Ewha Womans University)** · (Korea National University of Education)***

ABSTRACT

In this study, the verbal interactions occurred during the CASE(Cognitive Acceleration through Science Education) activities in the middle school science class has been analyzed regarding with students cognitive level.

The subjects were 24 students of 6 groups in a middle school in Korea. Verbal interactions within group discussions during CASE activities were audio-taped, transcribed, and analyzed. Also, classroom observation and interview with students were carried out.

The results showed that the student with higher cognitive level tended to be a group leader. They had strong influences on the group discussions in each step of problem solving. Also, the higher cognitive level students were more active in metacognitive discussion and more often used scientific terms. When their group met difficulties in each stage of problem solving, such as perception of problem and designing experiment, the higher cognitive level students suggested some ideas to help their peers and gave them an explanation of how they worked. Low cognitive level students had difficulties in perception and solving the problem as compared with high cognitive students. It was common during activities for the low cognitive level students to fail to identify variables and to distinguish between dependent variables and independent variables. They failed to hold a number of variables at once. However, the metacognitive questions from their peers or teacher were helpful for them to construct the concept of controlling variables. If there is no student who has a high level of thinking in a group, it was necessary to intervene for teacher. A well judged questions from teacher created the cognitive conflict which causes the students to reconstruct their strategy for problem solving and reinforce the control of variables reasoning pattern.

*2001.9.26(접수) 2002.1.9(최종 통과)

**본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(1999-2-501-003-3)지원으로 수행되었음.

From the above results, it is concluded that students' cognitive levels are much related to the verbal interaction patterns. This suggests that teacher should consider individual student's cognitive level in organizing groups and intervene to facilitate the environment for metacognitive interaction.

Key Words: CASE activities, cognitive level, control variables, verbal interactions

I. 서 론

교실 안에서 이루어지는 학습은 교사-학생, 학생-학생 사이의 수많은 상호작용을 포함하며, 이러한 상호작용은 다양한 형태로 일어난다. 전통적인 교실수업에서의 상호작용은 주로 교사가 학생에게 일방적으로 지식을 전달하는 방식으로 이루어진다. 그러나 최근에 와서는 구성주의의 영향으로 수업 중에 일어나는 상호작용에 대한 중요성이 강조되고 있다. 특히, 수업 중의 활동 속에서 일어나는 교사와 학생, 학생과 학생 사이의 상호작용이 과학수업에서 과학적 지식이나 사고능력 등을 향상시키는데 중요한 역할을 한다는 견해들이 주장되어 왔다(Mortimer & Scott, 2000). 개인의 고등정신기능이 사회적 환경으로부터 유도된다는 Vygotsky적 발달과 학습에 대한 관점은 상호작용에 대한 중요성을 더욱 부각시키고 있다. 이러한 관점에서 볼 때, 교실에서 수업 중에 일어나는 상호작용이 학생들의 학습을 매개할 수 있다. 그리고 상호작용은 일반적으로 교사들에 의해 안내되며, 또한 학습자가 동료들과의 상호작용을 통해 사회적으로 합의된 지식을 각 개인이 내면화한다(Driver et al., 1994).

과학교육의 목표는 자연현상과 사물에 대한 호기심을 가지고 과학의 지식체계를 이해하고 탐구방법을 습득하여 생활의 문제를 과학적으로 해결할 수 있고, 과학이 기술의 발달과 사회에 미치는 영향을 바르게 인식하는 올바른 자연관을 가지는데 있다. 이처럼 과학학습에서 과학지식의 습득뿐 아니라 과학적 사고능력의 향상을 도모하는 것이 중요한 목적이 되었다. 이러한 과학적 사고능력은 다양하게 정의되나 그 중에서도 인지능력과 밀접한 연관이 있다고 할 수 있다. 이러한 인지능력은 또한 과학개념의 이해에도

영향을 미치며 학생들의 과학학습의 향상을 위해서는 인지능력의 향상이 필수적이라고 볼 수 있다. 인지능력과 과학개념 이해와의 관계는 Piaget의 인지발달 이론에 바탕을 두고 이루어져왔다(Adey & Shayer, 1994). 이러한 연구들에 의하면 학생들의 인지수준이 과학개념을 이해할 수 있는 수준에 도달해야 한다는 것을 강조한다. 그러나 연구결과에 의하면 과학교육 과정에서 제시되는 학습내용의 이해에 요구되는 인지수준에 실제 학생들의 인지수준이 미치지 못한다고 보고되었다(최병순과 허명, 1987; 강순희 등, 1999; Shayer & Adey, 1981, Adey & Shayer, 1994). 학습내용은 형식적 조작 능력을 요구하는데 반해 학생들 대부분은 구체적 조작수준에 머물고 있다. 이 문제를 해결하기 위하여 두 가지의 대안이 제기되었는데 하나는 학습내용수준을 낮추는 것이고, 다른 하나는 교육적으로 적극적인 방법으로서 학생들의 인지수준을 구체적 조작수준에서 형식적 조작 수준으로 높이는 방법이다. 이제까지의 이러한 연구는 학생들에게 직접적으로 형식적 사고기능을 가르친 후, 이 기능의 특수전이나 일반전이가 가능한가를 보는 연구들과 직접적인 훈련이 아닌 인지갈등을 일으키는 문제상황을 학생들에게 제시하는 간접적이고 우회적인 방법으로 인지발달을 촉진시키려는 연구가 있었다(Khun & Angelev, 1976; Rosenthal, 1979; Feuerstein, 1980; Mehi, 1985; Strang & Shayer, 1993) 이러한 연구의 결과는 인지수준을 높이기 위한 프로그램에서 모든 학생들이 효과를 보는 것은 아니라는 점을 보여주고 있고, 또한 학생들에게 형식적 조작의 특정한 논리를 직접 가르치기보다는 학생들 스스로 고차원적인 사고력을 구성하게 하는 것이 바람직하다고 제안한다(Adey & Shayer, 1994). 이러한 연구들을 배경으로 Adey 등은 과학교

육을 통한 학생들의 인지능력 발달을 가속시키는 프로그램인 CASE(Cognitive Acceleration through Science Education)를 개발하였고, 그 적용을 통하여 인지발달의 가능성이 있음을 시사하는 연구결과를 발표해왔다(Adey, 1988, 1999; Adey & Shayer, 1988, 1990, 1992a, 1992b, 1993, 1994).

CASE는 학습자에게 인지갈등을 일으키는 상황을 제시하고 교사나 유능한 또래와의 상호작용을 통하여 갈등을 해소함으로써 근접발달대(the Zone of Proximal Development, ZPD)안의 중재학습경험(mediated learning experience)을 통한 인지발달의 가속을 도모하려는 프로그램이다. CASE 적용 결과 인지수준 향상 뿐 아니라 과학, 영어, 수학 성취 수준의 향상까지 가져와 원전이 효과와 장기적인 효과가 있음을 시사하였다(Adey & Shayer, 1990, 1992a, 1992b, 1993). 또한 CASE 프로그램을 통해 인지수준 하위수준 집단보다는 상위수준 집단이 인지가속 효과가 좋고, 다른 학생들 보다 큰 이득을 본 학생들이 존재한다는 연구결과가 있다(Adey & Shayer, 1992a, 1992b, 1993). 우리나라에서도 CASE를 적용하여 변인통제 능력의 특수전이가 가능하고, 구체적 조작 단계 중 인지수준이 낮은 학생에게 효과적이었던 연구가 있다(김영식, 1999).

위에서 언급한 바와 같이 학생들의 인지능력 향상을 목적으로 한 일련의 연구들은 전반적으로 학생들의 인지수준의 향상에 있어서 확실한 통계적 증거를 보여주었다. 그러나 이들 결과들이 모든 학생들에게 효과적이지는 않았음을 보고한 것에도 주목할 필요가 있다. 이렇게 학생에 따라 CASE의 인지가속 효과가 달라지는 이유로 학생의 학습양식, 나이, 성별 등 학습자 특성의 영향이 제안되었다(Adey & Shayer, 1992a, 1992b, 1993; Leo & Galloway, 1995). CASE 프로그램은 특히 활동을 하는 동안 상호작용을 많이 할 것을 강조한다. 이러한 상호작용은 학습자 특성에 따라 달라질 수 있으며 또한 학생들의 인지발달에 영향을 미칠 수 있다고 볼 수 있다.

따라서 이 연구에서는 CASE 활동 중 변인통제 문제해결 활동에서의 교사-학생, 학생-학생 상호작용을 학생들의 인지수준에 따라 분석하고, 이를 바탕으로

학습자의 인지수준에 따라서 교수학습과정에서의 상호작용을 바람직한 방향으로 촉진할 수 있는 방법을 모색하여 학습자의 사고능력 발달을 이끌 수 있는 방법을 모색해 보고자 하였다. 이를 알아보기 위한 구체적인 연구내용은 다음과 같다.

- 1) 변인통제 문제해결 활동에서 학생들의 문제인식과 문제해결방법이 인지수준에 따라 차이가 있는가?
- 2) 변인통제 문제해결 과정에서 학생들의 인지수준에 따른 교사-학생, 학생-학생 상호작용은 어떠한가?

II. 연구방법

1. 연구대상 및 절차

서울시 소재 남녀공학 중학교 1학년 학생들을 대상으로 전체 10개 학급 중 7개 학급 255명에게 CASE 활동을 투입하였고, 이 중 변인통제 문제해결 활동인 '활동 3. 공정한 실험'과 '활동 5. 구슬 굴리기'에 대한 학생들의 활동내용을 분석하였다. 활동내용의 분석을 위해 활동 3은 9개조, 활동 5는 14개조의 활동을 녹음하였고, 최종적으로 활동 3에서 3개조, 활동 5에서 3개조를 선정하여 활동내용을 전사하고 분석하였다.

학생들의 인지수준 검사는 SRT II(Science Reasoning Tasks II)를 이용하여 CASE 활동 투입 이전에 학생들의 인지수준을 검사하였다. SRT II는 학생들의 과학적 이해력과 조작적 인지수준과의 관계를 측정하기 위하여 개발된 도구이다. 이 검사지는 교사가 구체적인 자료를 시범 실험으로 보여주면서 학생들이 문항에 답하도록 구성되어 있다. SRT II에 의해 구분할 수 있는 학생들의 인지수준은 Table 1과 같다.

Table 1. Cognitive levels by SRT II

Stage level	Symbol
Early concrete	2A
Mid concrete	2A/2B
Mature concrete	2B
Transition state	2B/3A
Early formal	3A

자료의 수집은 참여관찰과 면담을 통하여 이루어졌다. 연구자 중 한 명이 직접 CASE 활동을 투입하였고 또 다른 연구자가 수업을 관찰하고 기록하였다. 관찰한 수업은 VTR로 녹화하였으며, 이 중 몇 개조를 선정하여 조별 활동을 녹음하였다. 녹음된 내용은 모두 전사하여 6명의 공동연구자들과 같이 분석하였다.

2. 자료분석

자료분석은 녹음한 활동에 대한 수업전사본, 면담전사본, 관찰노트, 학생들의 활동지, 면담에 사용한 질문지 등을 통하여 이루어졌다.

이 연구에서는 중학교 1학년 학생들이 CASE 활동 중 변인통제 문제해결 활동에서 보여주는 교사-학생, 학생-학생 사이의 상호작용을 인지수준에 따라 분석하였다. 이를 위해 변인통제 문제해결 과정, 문제해결 과정에서의 학생들의 인지수준에 따른 역할, 각 단계에서의 상호작용 등으로 구분하여 분석하였다.

III. 연구결과 및 논의

1. 인지수준에 따른 문제 인식 및 문제해결 유형

1) 문제해결 단계

변인통제 문제해결 활동인 ‘활동 3. 공정한 실험’과 ‘활동 5. 구슬 굴리기’의 조별 활동 내용을 분석한 결과 학생들의 문제해결 단계는 (1) 문제인식 (2) 문제의 재공식화 (3) 결론도출의 단계로 구분할 수 있었다. Murphy(1988) 등의 연구에서도 밝혀졌듯이 문제인식 단계에서는 원인변인과 결과변인을 파악하는 단계이고, 문제의 재공식화 단계는 원인변인을 변화시키고 결과변인을 판단하여 통제해야 할 변인을 찾는 단계이다. 이 과정에서 변인통제가 일어나고 실험이 필요한 경우 실험계획을 세우고 실험을 수행하여 정보를 수집한다. 마지막으로 결론도출의 단계는 실험이나 관찰을 통하여 수집한 정보를 정리하여 결론을 얻는 단계이다.

각 단계에서 조별 활동을 이끌어 가는 과정은 일반

적으로 조 구성원 중에서 상대적으로 다른 학생에 비해 인지수준이 높은 학생들이 적극적으로 토론을 이끌어 가는 경향을 보였다. 이 중에서도 특히 인지수준이 형식적 조작기(3A)나 과도기(2B/3A)인 학생이 문제를 인식하고 결론을 도출하는 역할을 맡았는데 학생들의 인지수준에 따라 문제를 인식하는 정도에 있어서 차이가 있었다. 그리고 문제인식 단계에서는 인지수준과 별개로 문제를 세심하게 보는 습관이나 어휘력도 영향을 미치는 것으로 나타났다. 문제의 재공식화 단계에서 실험설계 및 실험을 수행하는 과정에서도 조 안에서 상대적으로 인지수준이 높은 학생들이 활발한 상호작용을 하면서 계획적으로 실험을 설계하고 실험을 이끌어 나가는 역할을 맡았다.

〈사례 1〉

‘활동 3. 공정한 실험’의 활동지 상황이다. 인지수준이 3A인 수진과 디도가 몇 가지 변인을 통제해야 할 것인가 혼란을 겪지만 대화를 나누면서 변인통제가 이루어진 올바른 쌍을 고른다.

디도(3A): 그냥 길이, 굵기, 재료로 해...

(통제할 변인의 순서 정함)

광국(2B/3A): 그래.

디도(3A): 길이가 달라야 돼.. 그런데 그러면.

수진(3A): 야...

디도(3A): 야 지켜봐.

수진(3A): 아니야. 두개를 다르게 하고 한.. 아니.

한 개를 다르게.. 아 뭐냐.

(변인통제가 되다 안되다 하는 상황)

디도(3A): 야 두 개를 다르게 하고.. 아니. 한 개를 다르게 하고 두 개를 같게 해야 해.. 길이를 재려면은.. 똑같은 굵기여야 하고. 다른 길이니까 뭐... 이거 두 개 하자. 이거 두 개 길이.

수진(3A): 이게 두 번째... 근데... 이게 제일 굵고 제일 긴 거거든. 맞질 않아...

디도(3A): 야 그런데 야.. 재질이 똑같아야 돼.

(변인통제가 이루어졌다.)

인지수준이 상대적으로 낮은 학생은 인지수준이 높

은 학생을 추종하는 경향을 보였다. 실험 수행 후 실험에서 얻은 결과를 토대로 조 안에서 상대적으로 인지수준이 높은 학생이 결론 도출을 이끌어 나갔으며 학생의 인지수준에 따라 과학적 용어를 사용하는 능력의 차이가 나타났다.

2) 문제인식과 문제해결 유형

문제해결 능력의 향상은 과학교육의 중요 목표 중 하나이며 이는 CASE에서 추구하는 인지가속과도 밀접하게 관련된다. 문제해결은 문제를 제대로 인식하는 것에서부터 시작되며 CASE 활동에서는 인지수준이 높은 학생(2B/3A 이상)이 문제인식과 문제해결을 용이하게 하는 경향을 보였다.

‘활동 3. 공정한 실험’은 길이, 굵기, 재질이 다른 관을 붙였을 때 나오는 소리의 높이에 영향을 미치는 것이 무엇인지를 알아내는 활동이다. 활동은 길이, 굵기, 재질이 다른 관들을 쌍을 지어서 붙고 음높이에 영향을 주는 요인을 찾는 과학적 상황에서 문제를 해결해야 하는 활동지와 앞서의 활동에 바탕을 두고 제시된 일상적 상황에서 공정한 실험인지를 묻는 활동 카드로 구성되어 있다.

‘활동 5. 구슬 굴리기’는 굴리는 구슬의 색, 무게, 크기, 재질, 굴리는 높이 등이 관너구슬이 굴러가는 거리에 미치는 영향을 알아보는 과학적 상황에서 실제로 실험을 수행하지 않고 실험 기구만을 시범으로 보여주고 사고실험을 통해 문제를 해결해야 하는 활동지로 이루어져 있다.

위의 두 활동에서 학생들은 문제가 제시되는 상황에 따라서 문제를 인식하는데 차이를 보여주었다. 구체적인 실험기구인 관이 주어진 활동 3에서는 인지수준이 높은 학생도 처음에는 실험을 체계적으로 계획하고 실험을 진행하지 않고 제시된 실험기구를 가지고 시행착오를 거쳐 구체적 사고 수준에서 문제를 해결해 나가는 경향을 나타내었다. 또한 학생들이 직접 실험은 하지 않고 시범실험으로만 접하게 되는 활동 5에서는 인지수준이 낮은 학생들 중에 구체적인 실험기구 없이는 문제를 해결할 수 없다고 생각하는 학생들이 있었다. 이것은 학생들이 문제를 인식할 때 문제가 제시되는 상황에 크게 의존함을 의미한다.

<사례 2>

활동 5 ‘구슬 굴리기’에서 학생들은 활동지 문제를 실제로 구슬을 굴려보며 하는 것이라고 생각해서 실험기구가 없으니 문제를 해결할 수 없다고 고민하였다. 이 때 인지수준이 3A인 수진이 이 실험이 머리로 생각하는 사고실험이라는 사실을 지적한다. 수진은 이 활동이 변인통제가 된 실험인가 아닌가를 판단하는 활동이란 것을 알아차리고 있었다.

보영(2B): 뭐야 뭐야 뭐하는거야? 지금. 그럼 관너 구슬은 똑같아야 되지. 높이만 다르게 하고... 우리 이거 어떻게 해? 우리 이게 없잖아(실험기구가 없다)

존석(2B/3A):(1번 문제를 중얼거리며 읽는다)

수진(3A): 그냥 말로만 해..

보영(2B): 영?

수진(3A): 여기 봐. 여기 문제가 아니냐고... 실험한 결과를 쓰는 게 아니라고.

보영(2B): 문제야?

존석(2B/3A): (중얼거리며 문제를 읽는 소리)

수진(3A): 똑같은 구슬이지..

존석(2B/3A): 그냥 말만 쓰면 되겠지?

용옥(2B/3A): 똑같은 구슬이겠지.. 당연히..

인지수준이 높은 학생들은 변인통제를 성공적으로 하여 문제를 잘 인식하고 해결하는 편이었지만 일부 학생들은 무엇이든지 자세하고 꼼꼼하게 따지는 것이 과학적인 것이라고 생각하고 배제해야 할 변인까지 통제하려고 하여 어려움을 겪었다.

인지수준이 낮은 학생들은 문제 인식에서 성공적인 변인통제를 어렵게 만드는 다음과 같은 특징들을 보였다. 첫째, 문제상황을 세심하게 관찰하지 않아 찾아내는 변인의 수가 적고, 둘째, 동시에 고려할 수 있는 변인의 수가 적었으며, 셋째, 고려해야 할 변인과 고려하지 않아도 되는 변인을 잘 구분하지 못하였고, 넷째, 원인변인과 결과변인을 잘 구분하지 못하였다.

위로부터 볼 때, 변인통제 문제해결 활동에서 문제 해결의 성공은 문제의 인식 단계에서 학생들이 성공적으로 문제를 인식하는가에 의존하며, 문제의 인식은 학생들의 인지수준에 따라 그 정도가 달라졌다. 대체

로 인지수준이 높은 학생들은 문제인식을 제대로 하기 때문에 문제해결에 성공하는 편이었으나 인지수준이 낮은 학생들은 문제인식 단계에서 제대로 하지 못하기 때문에 문제해결에 실패하는 경향을 나타내었다.

2. 문제인식 및 문제해결 과정에서의 상호작용

변인통제 문제해결 활동에서 학생들의 문제해결의 정도는 대체적으로 학생들의 인지수준에 따라 달라지는 것으로 나타났다. 그러나 '활동 3'에서는 학생들에게 익숙한 상황이 아닌데다가 구체적인 실험 도구가 주어졌기 때문에 인지 수준이 높은 학생도 초반부에서는 형식적이 아닌 구체적 사고를 하는 경향이 있어 스스로 문제인식을 하지 못하는 경우도 있었다. 또한 인지 수준이 낮아도 비슷한 유형의 문제를 풀어본 경험이 있는 학생의 경우 문제인식이 빨랐다. '활동 5'에서는 초반부에서 충분한 상호작용이 일어나 문제의 유형을 파악한 이후에 학생들이 문제인식을 용이하게 하였다.

문제를 인식하지 못하거나 문제 해결방법을 찾지 못할 경우 인지수준이 높은 동료나 교사가 개입하여 해결하는 경향이 두드러졌다. 인지 수준이 비슷한 학생들도 서로 상호작용을 하는 과정에서 문제를 인식하고 해결하였다. 인지수준이 낮은 학생들은 과학적인 용어를 사용하여 자신의 생각을 표현하는데 어려움을 겪었다. 그러나 동료나 교사에게 자신의 생각을 언어로 표현하며 상호작용을 하는 과정이 문제를 인식하고 인지갈등을 일으키고 문제를 해결하는 데에 큰 도움이 되었다. 학생들은 문제를 바르게 해결하고도 결론을 과학적인 용어를 사용하여 표현하는데 어려움을 겪었고 자신의 의견에 자신이 없어 교사의 권위에 의존하는 경향을 보였다. 자신의 생각에 확신을 갖고 표현하기보다 어떻게 써야 교사가 바라는 답을 쓸 것 인가로 고민을 하는 경향도 있었다.

다음에서는 학생들이 인지수준별로 어떠한 상호작용을 거치면서 문제를 해결하는지 살펴보겠다.

1) 동료와의 상호작용

조 안에서 상대적으로 인지수준이 높은 학생이 토

론을 이끌면서 문제를 인식하고 해결하는 경우가 많았다. 이런 경우 교사의 개입은 학생들의 요청이 있을 때 주로 이루어졌다. 인지수준이 낮은 학생이 토론을 이끌게 된 경우에는 문제를 제대로 인식하지 못하고 혼란을 겪어 교사의 개입이 문제의 해결에 반드시 필요하였다.

인지수준이 높은 학생들끼리 상호작용이 활발하게 일어나는 경우 인지수준이 낮은 학생이 적극적으로 토론에 참여하지 못하는 경향을 보였다. 인지수준이 낮은 학생들끼리 상호작용이 활발하게 일어나는 경우에는 문제 인식과 해결이 용이하게 되지 않았다. 인지수준이 낮은 학생들은 문제를 쉽게 인식하지 못하여 문제의 의도를 파악하지 못하고 혼란을 겪었다.

〈사례 3〉

'활동 3. 공정한 실험'에서 활동지의 문제를 푸는 상황이다. 이 문제들은 각각의 변인들의 영향을 알아보기 위하여 어떤 쌍을 선택하였는지 묻고 그 이유를 쓰라는 문항이었다. 인지수준이 3A로 높은 수진과 디도 사이에 활발한 상호작용이 일어나고 인지수준이 과도기(2B/3A)인 광국은 수진과 디도의 말을 듣고 있다. 하지만 인지수준이 2A로 낮은 재우는 이전의 활동에 거의 참여하지 않아 문제 파악을 못하고 제멋대로 대답하고 있다.

디도(3A): 길이가 소리의 높낮이에 영향을 주는 것을 몇 번째 쌍을 보고 알 수 있나?

광국(2B/3A): 첫 번째. (올바른 답)

재우(2A): 두 번째. (엉뚱한 답)

디도(3A): 두, 세 번째가 아니라 첫 번째, 네 번째가 아닌가?

광국(2B/3A): 왜?

디도(3A): 길이가 다른 것은 첫 번째와 네 번째였잖아..

수진(3A): 그래

재우(2A): 두 번째, 세 번째 쌍일수도 있지.

디도(3A): 두 번째 세 번째 쌍은 재질하고 굵기는 소리에 영향을 주지 않는다는걸 알아보는 실험이었잖아

수진(3A): 세 번째는 재질이고, 두 번째는 굵기라고.
수진(3A): 됐다.. 1번, 4번이지
(2번 문항으로 넘어감)
디도(3A): 굵기는 어떤 영향을 주는가?
수진(3A): 아무 영향도 주지 않는다..
디도(3A): 몇 번째 쌍을 가지고 이를 알 수 있는가..
재우(2A): 두, 세 번째 쌍
디도(3A): 해.. 두 번째 쌍이지..
수진(3A): 후우(한숨). 세 번째 쌍이 그렇게 좋아?
재우(2A): 해해(웃음)
(3번 문항으로 넘어감)
디도(3A): 재료는 어떤 영향을 주는가.. 아무 영향도 주지 않는다..
재우(2A): 이거는 두, 세 번째 쌍이다..
디도(3A): 세 번째 쌍

인지수준이 낮은 학생은 인지수준이 높은 학생과의 상호작용으로 문제를 인식하고 해결하는데 도움을 받았다. 인지수준이 낮은 학생들이 과학적인 용어를 사용하여 결론을 내리지 못하거나 내린 결론에 자신이 없는 경우 인지수준이 가장 높은 학생이 과학적인 용어를 사용하여 명확하게 결론을 내리거나 단정을 지어 토론을 다음 단계로 이끌어 나갔다.

<사례 4>

'활동 5. 구슬 굴리기'에서 활동지 2번의 두 번째 문항을 해결하는 과정이다. 인지수준이 2B인 보영이 문제의 답을 제대로 쓰지 못하자 높이에 따른 차이를 알아보기 위해 높이를 다르게 하고 같은 구슬을 굴려야 한다는 설명을 인지수준이 2B/3A인 용욱이 한다. 보영은 설명을 이해하지만 답을 어떻게 써야할지 망설인다. 이 대화내용 이후 인지수준이 3A인 수진이 다시 이어서 설명하자 보영이 답을 어떻게 써야할지를 알아차린다.

보영(2B): 나 아직 못했어..
용욱(2B/3A): 야 근데 왜 높이에 따른 차이를 알 수 있냐고.
보영(2B): 응?
용욱(2B/3A): 높이에 따른 차이를 알 수 없으니까..

종류가 다르면.. 크기가 다르고 높이도 다르면.. 높이에 따른 차이를 알 수가 없잖아.. 그러니까 안되는 거잖아.. 그러니까 구슬의 크기가 다르면 있잖아..

보영(2B): 응?
용욱(2B/3A): 그거를 높이를 다르게 해가지고 굴리면
보영(2B): 응?
용욱(2B/3A): 안되잖아..
보영(2B): 응?

2) 교사와의 상호작용

인지수준이 높은 학생이 조 안에 없거나 토론에서 주도적인 역할을 하지 못할 경우 문제인식과 해결에 곤란을 겪었다. 이런 상황에 교사가 개입하면 학생들이 교사와의 상호작용으로 도움을 받아 용이하게 문제를 인식하고 해결하였다. 교사의 개입에 적극적으로 반응하는 학생은 주로 인지수준이 2B이상인 학생들이었고 인지수준이 그보다 낮은 학생은 교사와의 상호작용에 적극적이지 않아 교사가 계속 질문을 할 필요가 있었다. 인지수준이 3A 정도로 높은 학생들은 문제 자체의 모호한 점을 지적하는 질문을 주로 하였다. 인지수준이 낮은 학생들은 문제가 요구하는 바를 파악하지 못하여 문제 인식이 안된 상황에서 교사의 개입을 필요로 하였다. 이때 교사는 지속적으로 학생들을 관찰하며 개입하고 학생들의 문제인식을 도와야 하고 조원들끼리의 상호작용에서 인지갈등을 유도하는 메타인지적 질문이 나오지 않기 때문에 교사가 메타인지적 질문을 하거나 유도해야 한다. 다음에서는 학생들의 활동에 교사가 개입하는 상황과 교사의 개입이 일어난 이후의 상황을 학생들의 인지수준별로 고찰하였다.

① 인지수준이 높은 학생의 경우

인지수준이 조 안에서 상대적으로 높은 학생은 문제인식을 확실하게 하기 위하여 문제 자체의 모호한 점을 지적하거나 용어의 의미를 묻는 질문을 주로 하였고 교사의 말을 주의 깊게 듣고 교사의 의도를 빠르게 파악하였다.

② 인지수준이 낮은 학생의 경우

인지수준이 높은 학생이 조 안에 없거나 토론을 주도하지 못하는 경우 교사의 개입이 반드시 필요했다. 인지수준이 낮은 학생은 주의력도 낮아 문제를 제대로 읽지 않아 문제인식을 제대로 하지 못하는 경우가 많았다. 이때 교사가 단순히 문제를 다시 한번 읽어 주는 것만으로도 인지수준이 낮은 학생들의 문제 인식에 도움을 줄 수 있었다. 조 안에서 메타인지적 질문이 나오지 않는 경우 교사가 인지 갈등을 일으키는 메타인지적 질문을 하여 학생들의 문제인식과 해결을 빠르게 할 수 있었다.

인지수준이 낮은 학생들은 활동을 시작하기 전 구체적 준비 단계에서부터 용어의 뜻이나 실험 기구 조작방법을 제대로 파악하지 못하기 때문에 교사가 활동을 시작하기 전에 인지수준이 낮은 학생들을 잘 확인하여 구체적 준비가 부족하여 혼란을 겪지 않도록 도와줄 필요가 있었다.

〈사례 5〉

‘활동 3. 공정한 실험’에서 이 조는 변인통제가 전혀 이루어지지 않아 올바르게 짚은 쌍으로 관의 굵기와 길이가 소리의 높낮이에 영향을 준다는 결론을 얻은 상황이다. 교사가 개입하여 메타인지적 질문을 하며 다른 측면으로 유도하여 인지 갈등을 일으킨다. 학생들이 선택한 첫 번째 쌍은 길이, 굵기, 재질 세 가지 원인 변인이 모두 달라 그것으로부터 아무 것도 알 수 없음을 암시하고 문제의 요지를 다시 알려준다. 이 대화 상황에서 나타난 교사의 개입 이후 학생들은 길이의 역할을 알기 위해서는 재료를 통제하여 길이는 다르고 같은 재료로 이루어진 쌍을 골라야 함을 알게 되지만 굵기는 생각하지 못하였다. 학생들은 세 가지 변인을 동시에 고려하지 못하고 두 변인만을 생각하였다.

정현(2B): 다했는데요.

T: 다했어? 어디 봐... 길이가 소리의 높낮이에 영향을 준다고?... 지아야. 길이가 소리의 높낮이에 영향을 준다고?

지아(2A): 그런거 같은데요.

T: 이거보고 알았어? 첫 번째 썩? 금속 플라스틱.

길다 짧다. 굵다 가늘다. 이게 높았다 이거지?

그러면 짧은 게 높은 소리 나는거야?

지아(2A): 네. 짧은 게 높아요.

T: 그럼 긴게 소리가 낮고?

지아(2A): 네

T: 금속은 어때?... 금속은 어떻게 소리나?

지아(2A): ...

T: 플라스틱이 높아?

지아(2A): 네. (자신이 없다)

하운(2B/3A): 금속이 더 높은 건... (아니라고 말하려는 듯)

T: 그리고 가는 게 높아?

정현(2B): 아 잠깐.. 아 (인지갈등 일으킴)

T: 다시 한번 잘 생각해봐. 이것을 알아내려면 어떻게 해야 하는가 잘 생각해봐. 알았니?. 규리야. 이 실험이 공정한 실험 같니? 첫 번째 것 말 이야. 금속, 플라스틱. 길고 짧은 거, 굵고 가는 거 했는데... 길이가 소리에 어떤 영향을 주는지 알아보는 공정한 실험일까?... 어떻게 해야 공정한 실험이 될까?

하운(2B/3A): 재질은. 똑같이..

T: 뭘 똑같이 한다고?

규리(2A/2B), 하운(2B/3A): 재질.. 을 똑같이..

T: 재질을 똑같이 해야해?..

지아(2A): 이게 같아야..

T: 이렇게 한번 해봐.. 이걸 똑같이 놓고 금속이랑 플라스틱이 바뀌어진다면... 똑같은 결과가 나올까?... 생각해봐 이거... 너희들 첫 번째 쌍 가지고 길이의 영향 안다고 그랬지. 그럼 첫 번째 쌍만 가지고도 길이의 영향을 알 수 있을 거 아냐.

〈사례 6〉

‘활동 3. 공정한 실험’에서 학생들은 이 대화 내용 이전에 일어난 교사 개입으로 변인을 통제해야 한다는 사실을 인식하였으나 완전한 변인통제가 되지 않아 한 변인만을 통제하는 혼란스러운 상황이다. 이때 교사가 개입하여 두 가지 변인을 통제해야 함을 인식시켜 학생들의 변인통제가 이루어진다. 인지수준이 2B인 정현이 교사와 상호작용을 하는 도중에 변인

통제를 하였다.

T: 다시 하기로 했어?.. 그래서 어떤 식으로 실험했지?

규리(2A/2B): 하나만 같게..

T: 하나만 같게 하기로 했어?

정현(2B): 재료만 같게 하고요.. 나머지 조건.. 굵기 이런걸 다르게..

T: 재료만 같게 하고 나머지 길이와 굵기는 다르게 한다고?.. 뭘 알아보고?

규리(2A/2B): 높낮이

T: 무엇의 영향을 알아보려고? 그러니까 소리의 높낮이에 영향을 미치는 뭘 알아보려고?

정현(2B): 아 그럴려면은요.. 길이를 알아볼려면요.. 재료랑 굵기를 똑같이 하고요.. 길이만 다르게 하고요.. 굵기를 알아볼려면은.. 재료와 길이를 똑같이 하고 굵기만 다르게 해요.(변인통제가 이루어짐)

T: 그렇게 하는거야?

정현(2B): 그렇게 해볼려구요..

T: 그렇게 해볼려고? 그럼 어떻게 될거 같아?

정현(2B): 그러면 여기가 만약에 플라스틱이고 이게 길다 한 다음에 이걸 다르게 하면요.. (나)가 더 높으면요.. 굵기가 가늘수록 더 높은 거니까 굵기가 소리에 영향을 주고.

T: 그래? 넌 어떻게 생각해?

규리(2A/2B): 이거는 같게 하고요.. 굵기를 같게 하고요..

T: 애랑 애랑 같은걸 쓴다고? 굵기와 재료를 같은 걸 쓰고 길이만 다르게 한다고?.. 그럼 뭘 알 수가 있다고?

규리(2A/2B): 길이..

T: 길이의 영향을 알 수가 있어?.. 굵기 알아볼려면 어떻게 해야해?

규리(2A/2B): 굵기만 다르게..

조 안에 인지 수준이 높은 학생이 있으면 교사의 말을 쉽게 이해하여 인지수준이 낮은 조원에게 설명하지만 조 구성원들이 전체적으로 인지수준이 낮은 경우에는 교사가 개입하여도 문제가 해결되지 않는

경우가 많아 교사의 좀더 적극적인 개입이 필요함을 알 수 있었다.

IV. 결론 및 제언

문제해결은 과학교육의 중요한 목표 중의 하나이다. 이 연구에서는 과학교육을 통한 인지가속 프로그램(CASE)의 일부인 변인통제 문제해결 활동에서 학생들이 성공적인 문제해결을 위해 어떤 과정을 거치는지를 알아보고, 변인통제 문제해결에 어려움이 있을 때 동료나 교사와 어떻게 상호작용을 함으로써 문제해결에 도달하는지를 학생들의 인지수준에 따라서 알아보았다.

변인통제 문제해결의 과정은 Murphy(1988)등의 연구결과에서와 같이 문제인식, 문제의 재공식화, 결론도출의 3단계로 구분할 수 있었다. 문제해결은 올바른 문제인식에서부터 시작되며 문제를 인식하는 수준은 학생들의 인지수준에 따라 다르게 나타났다. 문제해결 과정에서 인지수준이 3A 이상으로 높은 학생이 문제인식과 해결을 비교적 쉽게 하나, 인지수준과 별개로 문제를 세심하게 보는 습관이나 어휘력도 문제인식에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

또한 인지수준이 높은 학생도 일상적 상황이나 구체적 실험기구가 주어진 상황에서는 처음에 구체적 조작수준의 사고를 먼저 하는 경향이 있었다. 이는 학생들이 문제를 인식할 때 문제가 제시하는 상황에 크게 의존함을 의미한다.

변인을 찾아내고 통제하는 능력은 학생들의 인지수준에 따라 변인을 현저한 차이가 있었다. 인지수준이 높은 학생은 고려해야 하는 변인과 고려하지 않아도 되는 변인을 쉽게 구분하고 성공적으로 변인통제를 하여 문제를 해결하였다. 그러나 인지수준이 낮은 학생은 변인을 잘 찾아내지 못하고 원인변인과 결과변인을 잘 구분하지 못하며 인지수준이 높은 학생에 비해 동시에 고려할 수 있는 변인의 수가 적어 변인통제를 하지 못하였다.

인지수준이 낮은 학생들이 문제를 인식하지 못하거나 문제 해결방법을 찾지 못할 경우 인지수준이 높은 동료나 교사가 개입하여 해결하는 경향이 두드러졌

다. 인지수준이 낮은 학생들은 자신의 견해를 과학적인 용어를 사용하여 표현하는데 어려움을 겪지만 동료나 교사에게 자신의 생각을 언어로 표현하며 상호작용을 하는 것이 문제를 인식하고, 인지갈등을 일으키고, 문제를 해결하는 과정에 큰 도움이 되었다. 또한 인지수준이 낮은 학생은 주의력도 낮아 문제를 제대로 읽지 않아 문제인식을 제대로 하지 못하는 경우가 많았다. 이때 교사가 단순히 문제를 다시 한번 읽어주는 것만으로도 인지수준이 낮은 학생들의 문제 인식에 도움을 줄 수 있었다. 이들은 활동을 시작하기 전 구체적 준비단계에서부터 용어의 뜻이나 실험기구 조작방법을 제대로 파악하지 못하기 때문에 교사가 활동을 시작하기 전에 인지수준이 낮은 학생들을 잘 확인하여 구체적 준비가 부족하여 혼란을 겪지 않도록 도와줄 필요가 있었다.

인지수준이 높은 학생들은 자신과 마찬가지로 인지수준이 높은 동료와의 상호작용을 통하여 문제를 주로 인식하고 해결하였으나 혼자서 문제인식과 문제해결을 하고 조원들에게 자신의 견해를 내세우는 경우도 있었다. 높은 인지수준의 학생들은 교사에게 주로 문제 구성이 명확하지 않은 점을 지적하거나 자신이 내린 결론을 재확인하기 위한 질문을 하는 경향이 있었다.

인지수준이 높은 학생이 조 안에 없거나 토론을 주도하지 못하는 경우 교사가 개입하면 학생들이 교사와의 상호작용으로 도움을 받아 용이하게 문제를 인식하고 해결하게 된다. 또한, 이런 경우 조원들끼리의 상호작용에서 인지갈등을 유도하는 메타인지적 질문이 나오지 않기 때문에 교사가 메타인지적 질문을 하거나 유도하여야 하였다. 조 안에 인지수준이 높은 학생이 있으면 교사의 말을 쉽게 이해하여 다른 인지수준이 낮은 조원에게 설명하지만 조 구성원이 전체적으로 인지수준이 낮은 경우엔 교사의 좀더 적극적인 개입이 필요함을 알 수 있었다.

CASE 활동의 핵심은 학생-학생, 교사-학생 상호작용에 있으며 학생들의 인지가속을 위해서는 상호작용을 통한 인지갈등과 메타인지적 사고과정이 필수적이다. 이것은 또한 모든 문제해결 과정에서 요구되는 것이기도 하다. 따라서 바람직한 상호작용을 이끌어

내기 위해서는 교사가 학습자의 특성을 미리 파악하여 조를 구성하고, 필요에 따라 학생들의 토론에 적극적으로 개입해야 한다. 또한 인지수준이 높은 학생이 낮은 학생을 돕는 형태로 상호작용이 활발하게 일어나기 위한 학습 분위기의 조성이 중요하다.

적 요

이 연구의 목적은 CASE 활동 중 변인통제 문제해결 활동에서 나타나는 학생들의 인지수준에 따른 학생-학생, 교사-학생 사이의 상호작용을 분석하고, 이를 바탕으로 학습자의 인지수준에 따라 교수학습과정에서의 상호작용을 바람직한 방향으로 촉진할 수 있는 방법을 모색하는 데 있다.

변인통제 문제해결 활동에서 상호작용이 어떻게 일어나는가를 분석하기 위하여 학생들의 활동을 관찰, 녹음하였고 이를 전사하여 분석하였으며, 학생들을 대상으로 면담을 실시하였다.

토론의 모든 과정을 주도하는 것은 주로 조 내에서 상대적으로 인지수준이 높은 학생들이었다. 인지수준이 높은 학생이 토론을 주도하지 못하는 조의 경우는 문제인식과 해결이 원활하게 이루어지지 않았다. 또한 학생들은 문제를 인식할 때 문제가 제시되는 상황에 크게 의존하였다. 인지수준이 낮은 학생들은 인지수준이 높은 학생에 비하여 문제를 인식하고 해결하는데 어려움을 겪었다. 인지수준이 낮은 학생들은 특히 문제상황에서 변인을 잘 찾아내지 못하였고, 원인변인과 결과변인을 잘 구분하지 못하였으며, 동시에 고려할 수 있는 변인의 수가 적어 변인통제를 잘 하지 못하였다. 이들은 또한 자신보다 능력이 뛰어난 동료나 교사와의 상호작용을 통하여 문제를 인식하고 해결하였고, 반면에 인지수준이 높은 학생들은 스스로 또는 자신과 마찬가지로 인지수준이 높은 학생과의 상호작용을 통하여 문제를 인식하고 해결하였다. 조 안에 인지수준이 높은 학생이 토론을 주도하고 있을 경우에는 조원들 사이의 상호작용만으로도 문제를 해결할 수 있기 때문에 교사의 도움을 크게 필요로 하지 않았다. 그러나 조 안에 인지수준이 높은 학생이 없거나 토론을 주도하지 못하는 경우에는 교사의

개입이 있어야 올바른 문제인식과 문제해결이 이루어졌다.

위의 결과는 CASE와 같이 학생-학생, 교사-학생 상호작용이 중요한 부분을 차지하는 소규모 집단 토론학습에서, 인지수준이 다양한 모든 학생들이 적극적으로 학습에 참여하도록 하기 위해서는 인지수준이 높은 학생이 조 내에서 토론을 이끌도록 조를 구성하고, 인지수준이 낮은 학생들도 적극적인 사고활동을 할 수 있도록 조 구성원들 사이에서 메타인지적 질문이 오고가는 분위기를 조성하기 위한 교사의 적극적인 개입이 필요함을 시사한다.

참 고 문 헌

- 김영식(1999). 아동의 인지수준에 따른 변인통제 능력의 형성과 특수전이 효과에 관한 연구, 한국교육대학교 석사학위 논문.
- 강순희, 박종윤, 정지영(1999). 학습자의 인지수준과 학습내용의 인지요구도를 고려한 중등화학 학습 전략 개발에 대한 연구. 대한화학회지, 43(5), 578-588.
- 최병순, 허명(1987). 중학생들의 인지수준과 과학교과 내용과의 관계분석, 한국과학교육학회지, 7(1), 19-32.
- Adey, P. S.(1988). Cognitive acceleration: Review and prospects. *International journal of science education*, 10(2), 121-134.
- Adey, P. S. & Shayer, M.(1988). Strategies for meta-learning in physics. *Physics Education*, 23, 97-104.
- Adey, P. S. & Shayer, M.(1990). Accelerating the development of formal thinking in middle and high school students. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(3), 267-285.
- Adey, P. S. & Shayer, M.(1992a). Accelerating the development of formal thinking in middle and high school students II: Project effects on science achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(1), 81-92.
- Adey, P. S. & Shayer, M.(1992b). Accelerating the development of formal thinking in middle and high school students III: Testing the permanency of effect. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(10), 1101-1115.
- Adey, P. S. & Shayer, M.(1993). Accelerating the development of formal thinking in middle and high school students IV: Three years after a two-year intervention. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(4), 351-366.
- Adey, P. S. & Shayer, M.(1994). *Really raising standards: cognitive intervention and academic achievement*. London: Routledge.
- Adey, P. S.(1999). *The science of thinking, and science for thinking: a description of cognitive acceleration through science education(CASE)*. UNESCO International Bureau of Education.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E., & Scott, P.(1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, 23(7), 5-12.
- Feuerstein, R., Rand, Y., Hoffman, M. & Miller, M.(1980). *Instrumental enrichment: An intervention programme for cognitive modifiability*. Baltimore, MD: University Park Press.
- Khun, D. & Angelev, J.(1979). An experimental study of the development of formal operational thought. *Child Development*, 47, 697.
- Leo, E. L. and Galloway, D.(1995). Conceptual links between cognitive acceleration through science education and motivational style: a critique of Shayer and Adey. *International Journal of Science Education*, 18(1), 35-49.

- Mehl, M.(1985). The cognitive difficulties of first year physics students at the University of the Western Cape and various compensatory programmes. Ph. D theses, University of Cape Town.
- Mortimer, E. and Scott, P.(2000). Analysing discourse in the science classroom, In R. J. Millar, J. Leach, and J. Osborne(Eds.). *Improving Science Education*. London: Open University Press. 126-142.
- Murphy, P.(1988). Insights into pupils' responses to practical investigations from the APU. *Physics Education*, 23, 330-336.
- Rosenthal, D. A.(1979). The acquisition of formal operations: The effects of two training procedures. *Journal of Genetic Psychology*, 134, 125.
- Shayer, M. & Adey, P. S.(1981). *Towards a science of science teaching*. London: Heinemann Educational Books.
- Strang, J. & Shayer, M.(1993). Enhancing high school students' achievement in chemistry through a thinking skills approach. *International Journal of Science Education*, 15(3), 319-37.