

논리적 사고력 수준에 따른 초등학교 6학년 학생의 과학적 개념의 이해 분석

강철웅·김형범·정진우
한국교원대학교

The Understanding of Scientific Concept based on the 6th Graders' levels of Logical Thinking in Elementary School

Kang Cheol-Ung · Kim Hyoung-bum · Jeong Jin-Woo

Korea National University of Education

ABSTRACT

This study was to analyse the understanding of the concepts of science based on the 6th graders' levels of logical thinking in elementary schools. To achieve the goal of this study, logical thinking test was given to 108 6th graders of elementary school and 32 students were interviewed.

The result of this study was as follows. First, 61.1% of students were in concrete operational period in their logical thinking, 27.8% were in their transitional period, and 11.1% were in their formal operational period. By using Flow-Map, 32 students were analyzed and their levels of logical thinking was significantly associated with their understanding of concept. Students' flexibility of cognitive structure was significantly associated with logical thinking and the levels of understanding concepts as well. However, misconception didn't show significant association with levels of logical thinking. Second, the characters of understanding of scientific concept by their levels of logical thinking was that as you get higher levels of logical thinking, their cognitive structure to understand concept was more systemized, in order and more logical. The result of this study suggested the followings in science experiment class. First, 6th graders of elementary schools had various levels of logical thinking and that affected to their understanding of scientific concepts. Therefore, lesson planning and class should be done by reflecting their different levels of logical thinking. Second, since they had different levels of logical thinking, various teaching methods should be utilized to make students understand scientific concepts more systematically.

Key words : Levels of logical thinking, Scientific concepts, Cognitive structure

I. 서 론

과학의 기본 개념을 이해한다는 말은 구성주의적 관점에서는 학습자가 인지구조를 통해 능동적으로 과학적 사실을 새로운 과학적 지식으로 받아들이고 기억한다는 의미이다. 과학 개념은 과학교육의 중요한 기본 요소 중 하나이며, 학습자는 과학자로서 다

양한 과학적 방법과 기존의 과학 지식을 바탕으로 끊임없는 새로운 과학 개념을 형성하고 구조화한다. 이러한 과학 개념은 학습자에게 단순하게 전달해주는 것 이상의 것이 필요하며 과학적 사실은 그 자체만으로는 별로 의미가 없으며, 과학적 사실을 검토하여 유의미한 아이디어와 사고와 추론을 통해 관계 형성해야 한다(김찬중 등, 2002). 따라서 과학

교육이란 과학적인 지식, 탐구 능력, 태도를 최대한 육성하도록 도와주는 활동이고, 이 중에서 과학적인 개념의 올바른 이해는 과학 교육의 중요한 과제 중의 하나이다(정재구 등, 2003). 또한 개인 학습자의 특정 주제에 따른 인지구조는 학습자 자신의 구성 활동에 따라서 형성된다(Anderson & Demetrius, 1993). 그리고 구성주의의 관점에서 보면 기존의 학습자가 갖고 있던 인지구조는 새로운 과학 개념을 형성하는 데에 영향을 줄 수밖에 없을 것이다. 따라서 과학 수업시간에 학습자는 각자 개인의 인지구조 및 기존의 과학적 개념에 따라 새로운 과학적 지식을 알게 되고 또 다른 과학적 개념을 이해하게 된다.

개념은 관찰 사실을 바탕으로 형성이 되며 이론을 다루는 인지적 기본 단위라고 할 수 있다. 즉, 관찰 사실은 실재 또는 실체를 비교적 그대로 반영하는 반면, 개념은 실재 현상에 대한 순전한 인지구조의 표현이다(권재술 등, 2005). 이러한 과학 개념을 중요한 요소로 다루고 있는 과학과 교육과정은 다양한 이론적 근거에 의하여 구성되어졌으며 피아제의 인지발달 이론 역시 과학과 교육과정을 구성하는데 큰 이론적 토대가 되고 있다. 또한 과학 교육과정의 목표에는 과학 지식 이외에도 탐구능력, 창의성, 과학적 태도의 함양 등이 강조되므로 학생들은 학교 안과 밖의 다양한 상황에서 일어나는 일상적인 문제를 다뤄야 하기 때문에(오은숙과 김형범, 2012) 그에 맞는 인지적 수준이 요구된다. 이러한 이유로 과학과 교육과정은 학년별로 인지적 수준(논리적 사고력 수준)에 맞게 초등학교 과학과 지도 내용을 구성하고 있다. 그러나 이러한 인지발달 단계 자체와 순서는 개인마다 나타나는 시기가 다르다는 전제가 있다.

인지발달에 대한 단계는 감각-운동기(the sensorimotor period), 전조작기(the preoperational period), 구체적 조작기(the concrete operations period), 형식적 조작기(the formal operations period)로 이루어진다(Piaget, 1964). 피아제의 인지발달 단계는 그 단계가 위계적이며 그 방향은 상위단계로 변하지 않는다. 인지발달 단계는 계층적인 단계를 거치되 반드시 하위 단계를 거쳐야만 상위 단계로 발달하고, 하위 단계의 인지구조는 상위 단계에 통합된다. 또한 각 단계는 학습자의 상황에 따라 지연되거나 정지할 수는 있으나, 어느 한 단계를 뛰어 넘거나 변화시킬 수 없다. 초등학교 6학년 학생들의 연령은 12세 내

외로 인지발달 단계의 구체적 조작기와 형식적 조작기에 걸쳐 있다. 구체적 조작기(the concrete operations period)에는 가역적 사고와 전체와 부분의 관계성 인식, 물체의 분류, 가감승제와 보존논리를 갖게 된다. 형식적 조작기(the formal operations period)에는 문제의 변화 요인을 분리·조절하고 가설을 세우고 검증할 수 있다. 또한 문제 해결 과정 분석과 비판적 평가를 할 수 있다. 특히 초등학교 6학년의 연령은 구체적 조작기에서 형식적 조작기로 변화하는 시기이며 과학 교과의 내용과 관련하여 양이 많아지고 수준이 심화되어 학생들이 어려움을 많이 느끼는 시기이다. 또한 인지발달 수준의 속도에 있어서 개인차가 있다는 점을 고려할 때 많은 학생들을 대상으로 한 수업에서 같은 내용을 가지고 수업을 진행하더라도 학생 개인에 따라 얻게 되는 지식의 양과 개념의 이해 정도는 다를 수밖에 없다. 따라서 같은 초등학교 6학년 학생이라도 개인에 따라서 구체적 조작기와 형식적 조작기 또는 그 과도기로 인지적 수준이 다를 수 있다. 그렇기 때문에 같은 교실, 같은 교사에 의해 같은 내용을 가지고 수업을 진행하더라도 개인의 차이에 따른 과학적 개념 이해의 정도는 다르게 나타날 것이다.

초등학생들의 개념 형성에 대한 연구는 다양한 영역에 걸쳐 연구되고 있으나 주로 과학적 오개념에 관한 연구가 많이 진행된 반면, 논리적 사고력 수준에 따른 과학적 개념 이해에 관한 연구는 거의 없었다. 또한 진행된 연구를 살펴보면 과학적 개념도를 비롯한 개인의 질적 연구가 많이 이루어진 반면, 과학적 개념 정도를 양적으로 변환하여 논리적 사고력 수준과 과학적 개념 이해의 상관관계 등을 연구한 내용은 찾아보기가 힘들다. 그 이유는 과학적 개념에 대해 보다 정확한 양적 표현의 방법을 찾기가 힘들기 때문일 것이다. 따라서 인터뷰를 통해 개인의 사고 흐름과 인지적 구조 및 연결 관계를 나타낼 수 있으며 이를 수치화하여 표현할 수 있는 연구 방법이 필요하다. 이를 위해 비지시적인 방법(non-directive way)을 통하여 개인의 사고 및 인지구조의 순차적이며 연결 관계를 확인할 수 있는 방법인 Flow-Map 기법(Anderson & Demetrius, 1993)을 본 연구에 활용할 것이다.

이에 본 연구는 초등학교 6학년 학생들을 대상으로 논리적 사고력 수준에 따라 기상 현상에 대한 과학적 개념 이해 정도를 Flow-Map 기법을 통하여 분

석하고 그 상관관계를 조사하여 학습자의 논리적 사고력 수준에 따른 과학적 개념의 이해 정도가 어떻게 차이가 나는지 살펴보고, 그 차이점에 있어서 어떠한 특징을 가지고 있는지를 파악하여 학습자가 과학적 개념을 이해하고 구성하는데 교사의 이해를 높여 과학과 교수·학습지도에 도움이 되고자 한다.

II. 연구 방법 및 절차

1. 연구 대상

초등학교 6학년의 연령은 구체적 조작기에서 형식적 조작기로 변화하는 시기이며 과학 교과와 내용과 관련하여 양이 많아지고 수준이 심화되어 학생들이 어려움을 많이 느끼는 시기이다. 따라서 같은 초등학교 6학년 학생이라도 개인에 따라서 구체적 조작기와 형식적 조작기 또는 그 과도기로 인지적 수준이 다를 수 있으며, 같은 교실과 같은 교사, 동일한 내용을 가지고 수업을 진행하더라도 개인의 차이에 따른 과학적 개념 이해의 정도는 다르게 나타날 수 있다. 그러므로 이 연구에서는 <Table 1>과 같이 전라남도 Y시에 소재한 Y초등학교 6학년 4개 학급 108명을 대상으로 논리적 사고력 검사(GALT)를 실시하였다.

논리적 사고력 검사의 점수 결과에 따라서 4점 이하의 구체적 조작기, 5~7점은 과도기, 8점 이상은 형식적 조작기로 구분하였으며, 논리적 사고력 수준에는 성별 차이가 없다는 결론을 바탕으로 <Table 2>와 같이 논리적 사고력 수준 각 단계별 비율에 따라 과학적 개념 이해 인터뷰를 실시할 학생 32명을 유층 무선 표집하였다.

Table 1. Students for GALT test

Category		Number	Total
Gender	Male	53	108
	Female	55	

Table 2. Participants for this study

Category		Gender		Total
		M	F	
Logical thinking ability	Formal operation stage	2	2	32
	Transition stage	4	5	
	Concrete operational stage	9	10	

2. 자료 수집 및 검사 도구

본 연구에서는 과학적 개념 이해를 알아보기 위하여 2007년 개정 과학과 교육과정의 6학년 ‘날씨의 변화’ 단원을 선정하여 수업하였으며, 연구의 신뢰성을 확보하기 위하여 각 학급 담임의 협조를 구해 한명의 교사가 동일하게 수업을 진행하였다.

1) 논리적 사고력 검사(Group Assessment of Logical Thinking : GALT)

이 검사는 피아제의 인지발달 이론에 근거한 인지발달 단계를 측정하기 위한 도구로 김경미(1999)가 활용한 축소본 GALT이다. 초등학생을 대상으로 검사하는 것을 감안하여 시간과 검사에 대한 부담을 줄일 수 있는 축소본 GALT를 활용하였다. 이 검사는 보존 논리, 비례 논리, 변인 통제 논리, 확률 논리, 상관 논리, 조합 논리로 각각 2문항씩 <Table 3>과 같이 구성되어 있다.

문항 1번부터 10번까지는 답과 그 답을 선택한 이유를 함께 묻는 선다형 문항들로 구성되어 있고, 문항 11번과 12번은 가능한 모든 경우의 수를 기록하도록 되어 있다. 본 검사는 문항 1번부터 10번까지는 질문에 대한 답과 그 이유가 모두 맞는 경우를 정답으로 산정하고, 문항 11번은 패턴이 맞고 1개 빠트린 경우까지, 12번은 패턴이 맞고 2개 빠트린 경우까지 정답으로 산정한다(김경미, 1999). 이 검사 도구를 활용하여 초등학교 6학년 학생의 논리적 사고력 수준을 측정하였다.

2) meta-listening을 활용한 Flow-Map 기법

본 연구에서는 meta-listening을 활용한 Flow-Map 기법을 다음과 같이 활용하여 연구 대상자의 과학적 개념 이해 정도를 정리하였다. 자료 수집의 대상은 논리적 사고력 검사를 실시한 초등학교 학생 108명 중 각 단계별 논리적 사고력 수준에 해당하는 학

Table 3. Group Assessment of Logical Thinking

Subcompositional logic	Numbers
Conservational logic	1, 2
Proportional logic	3, 4
Logic of control variables	5, 6
Logic of Probability	7, 8
Logic of correlation	9, 10
Logic of Combination	11, 12

생 수 비율에 따라 유층무선표집을 통해 표집한 32명의 학생들이다. 인터뷰를 하는 학생들에게는 인터뷰가 본 연구에 활용됨을 밝히며, 인터뷰 녹음에 대한 동의를 얻고 과학수행평가임을 안내하여 적극적인 참여를 꾀하였다. 녹음된 인터뷰 내용은 과학적 개념 부분을 전사(transcription)하여 정리함으로써 인터뷰의 내용을 말한 순서에 따라서 도식화하였다. 도식화 한 자료는 인지구조의 양적 변인(개념 정도, 오개념, 융통성)과 정보 처리 과정의 하위 요소(정의, 비교와 대조, 연역 추론, 설명)로 구분하여 변인 요소별 수치화 하여 양적으로 표현하였으며, 이를 바탕으로 논리적 사고력 수준과 함께 분석하였다. 또한 구조화된 자료를 바탕으로 인터뷰에 언급된 과학적 개념을 범주에 따라 내용과 언급한 순서를 살펴보아서 논리적 사고력 수준별로 과학적 개념 이해의 특징을 비교하였다.

3. 자료 분석

이 연구의 자료 분석은 먼저 논리적 사고력 수준을 분석하고 Flow-Map 기법을 통한 과학적 개념 하위 요소와의 상관관계를 분석하였다. 논리적 사고력 수준을 구체적 조작기 단계, 과도기 단계, 형식적 조작기 단계의 3단계로 구분하여 권도현(2000)의 연구 결과와 비교하였다. 또한 논리적 사고력 수준에 따라 논리적 사고력 검사에 반영된 하위 논리와 상관관계를 분석하였다. Flow-Map 기법을 활용한 과학적 개념 이해는 다양한 인지구조 변인 가운데 연구 결과의 신뢰도를 확보하기가 어려운 요소인 정보 검색 비율, 풍부성, 통합성을 제외한 개념 정도, 오개념, 융통성의 요소를 논리적 사고력 수준에 따라 분석하였다. 또한 정보처리방법의 변인과 논리적 사고력 수준을 정의, 비교와 대조, 연역 추론, 설명의 변인을 가지고 분석을 실시하였다. 또한 연구자는 연구의 신뢰도를 확보하기 위하여 과학교육 전문가 2인과 충분한 논의를 한 후, 세부 변인에 대한 정의를 명확히 하였다. 이런 과정을 통해 자료를 분석하였으며, 분석 과정에서 불분명한 것은 다시 과학교육 전문가 2인과 논의를 한 후, 합의를 통해 분석하여 서로의 일치도를 확인하였다. Kappa 계수(성태제, 2005)에 의한 신뢰도 분석결과는 $K=0.82$ 로 나타났으며, 이는 신뢰도가 높은 것으로 볼 수 있다 (Fleiss, 1981).

연구 대상 학생들의 논리적 사고력 검사 결과와

다양한 하위 요인들 간의 상관관계를 알아보기 위한 분석은 SPSS/PC 통계 프로그램을 활용하였으며, 논리적 사고력 수준에 따른 과학적 개념 이해의 특징은 공통된 내용을 묶은 두 범주와 인터뷰에 언급된 과학적 개념의 흐름을 살펴보고 그 특징을 알아보았다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 초등학교 6학년 학생의 논리적 사고력 수준과 과학적 개념 이해 변인의 상관관계

1) 논리적 사고력 검사 결과

초등학교 6학년 학생들의 논리적 사고력 수준은 다양하게 나타났으며 대부분의 학생들이 구체적 조작기 수준에 있는 것으로 나타났다. 특히 형식적 조작기의 학생들은 권도현과 권성기(2000)의 연구와 비교할 때 소폭 상승한 것으로 나타났다. 또한 초등학교 6학년 학생들의 논리적 사고력 수준은 성별에 따라서 유의미한 결과를 보이지 않았으며, 논리적 사고력 하위 요소들 대부분이 논리적 사고력 수준에 따라서 유의미한 상관관계가 있음을 보이는 결과를 얻을 수 있었다. 보존논리와 비례논리, 변인통제, 확률논리, 조합논리가 논리적 사고력 수준에 따라 유의미한 상관관계를 보였다.

2) 논리적 사고력 수준에 따른 과학적 개념의 인지구조 변인 분석

초등학교 6학년 학생들을 대상으로 meta-listening을 활용한 Flow-Map 기법으로 인터뷰 한 결과를 도식화한 대표적인 내용은 Fig. 1과 같다.

표집된 학생들을 대상으로 인터뷰를 실시하고 인터뷰 내용을 Flow-Map으로 도식화하여 논리적 사고력 수준에 따른 인지구조 변인 요소를 조사한 결과는 <Table 4>와 같다. 형식적 조작기의 학생들은 평균 개념 정도가 10.25개 인 반면 과도기를 포함한 형식적 조작기의 학생들은 개념 정도가 7.54개로 구체적 조작기 학생들의 3.26개 보다 높았다. 오개념은 과도기의 학생들이 0.56개로 가장 많고 구체적 조작기의 학생들이 0.11로 가장 적었다. 이는 논리적 사고력 수준이 다른 변인에 영향을 주고 있다고 볼 수 있다.

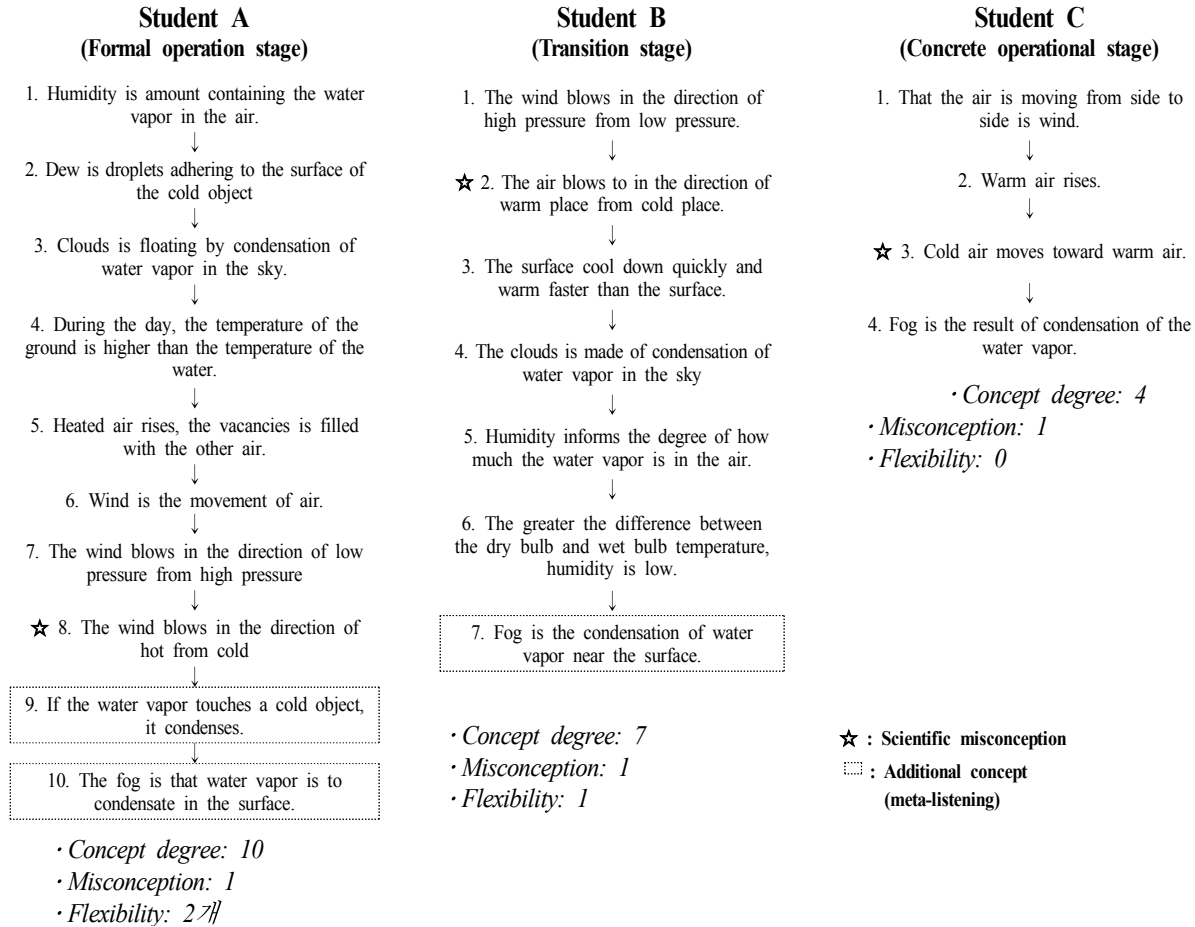


Fig. 1. Flow- Map according to GALT level

Table 4. Variable analysis of cognitive structure according to GALT level

GALT level	Num.(%)	Concept degree (SD)	Misconception (SD)	Flexibility (SD)
Formal operation stage	4(12.5)	10.25 (.50000)	0.25 (.50000)	1.75 (.50000)
Transition stage	9(28.1)	6.33 (1.73205)	0.56 (.72648)	0.44 (.52705)
Concrete operational stage	19(59.4)	3.26 (.99119)	0.11 (.31530)	0.16 (.37463)
Total	32(100.0)	5.00	0.25	0.44

3) 논리적 사고력 수준과 인지구조 변인 요소의 상관관계

연구 대상으로 표집 된 학생들의 논리적 사고력 수준과 인지구조 변인 요소의 상관관계를 분석한 결과는 <Table 5>와 같다. 논리적 사고력 점수가 높을수록 개념 정도가 높으며, 인지구조의 유연성이 많음을 나타내고 있다. 또한 과학적 개념 정도와 유연성 사이의 관련도 역시 상관관계가 매우 높음을 알 수 있다. 이는 대만의 8학년 학생들을 대상으로

연구한 Tsai(2001)의 연구와도 일치한다.

4) 논리적 사고력 수준과 정보 처리 방식의 상관관계

정보처리방법의 변인과 논리적 사고력 수준을 정의, 비교와 대조, 연역 추론, 설명의 변인을 가지고 분석을 실시하였으며, 이에 대한 논리적 사고력 수준과 정보 처리 방식의 상관관계의 결과는 <Table 6>와 같다. 논리적 사고력의 수준과 정의와 설명의

Table 5. The relation between GLAT score and variable of cognitive structure (N=32)

	GLAT	Concept degree	Misconception	Flexibility
GLAT		.908***	.168	.629***
Concept degree			.188	.768***
Misconception				.237
Flexibility				

^p<0.1 *p<0.05 **p<0.01 ***p<0.001

방법, 정의와 비교·대조의 상관관계에서 유의미한 결과가 나왔다(p<0.05). 이는 설명과 비교·대조가 유의미한 상관관계를 보인 Tsai(2001)의 연구와는 다른 경향을 보이고 있다.

2. 초등학교 6학년 학생의 논리적 사고력 수준에 따른 과학적 개념 이해의 특징

인터뷰한 자료를 기상 단원의 과학적 개념 이해를 분석하기 위하여 수증기와 관련된 내용, 공기의 흐름과 관련된 내용으로 구분하고 <Table 7>과 같이 각각 A, B 두 범주로 표기하였고, 과학적 개념 이해 분석 범주에 따라서 내용과 순서의 관점에서 분석하였다.

1) 형식적 조작기의 학생들이 갖고 있는 과학적 개념 이해의 특징

형식적 조작기의 학생들은 과학적 개념 정도(언급된 과학적 개념의 수)가 많을 뿐만 아니라 지도했던 과학적 개념을 내용별로도 빠뜨리지 않고 모두 언급하여 양적으로 뿐만 아니라 과학적 개념의 내용도 풍부함을 확인할 수 있다. 형식적 조작기의 학생들은 <Table 8>과 같이, 같은 범주의 과학적 개념을 이야기 한 다음 다른 범주의 과학적 개념을 이야기를 하는 경향을 보였다. 이는 형식적 조작기의 학생들이 과학적 개념을 이해할 때 같은 내용 범주를

Table 7. Analysis standard of scientific concept comprehension in weather unit

Category	Relevant concept
A	Humidity, Condensation(dew, cloud, fog, rain)
B	Atmospheric pressure, Wind

Table 8. Students' cognitive structure of scientific concept comprehension in formal operation stage

Category	Cognitive structure of scientific concept comprehension										
Student 1	A	A	A	B	B	B	B	B	A	A	
Student 2	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B	
Student 3	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B	A
Student 4	A	A	A	A	B	B	B	B	A	A	

묶어서 이해하는 인지구조를 갖고 있음을 보여준다.

또한 형식적 조작기의 학생들은 같은 범주에서 과학적 개념을 언급할 때도 인과적인 순서에 따라서 언급하는 것은, 큰 틀의 범주 속에서 세부적인 과학적 개념들이 인과적인 순서로 구조화 되어 있음을 보여준다.

2) 과도기의 학생들이 갖고 있는 과학적 개념 이해의 특징

과도기의 학생들은 언급된 과학적 개념의 수와는 별개로 지도한 과학적 개념 내용을 모두 언급하지 못하고 특히 비에 대해서 언급한 학생은 없었으며, 비와 응결 현상을 연결시키지 못하고 있는 인지구조의 특징으로 나타나고 있다. 이러한 결과는 비와 응결 현상을 연결시키고 이해하는 위해서는 특별한 인지발달이 필요하며, 두 단계의 차이가 두드러지게 나타나는 특징으로 두 단계가 갖는 위계적 특징이라고 할 수 있다.

과도기의 학생들은 <Table 9>과 같이 형식적 조작기의 학생들과 비교할 때 언급된 과학적 개념의 수가 적기는 하지만 과학적 개념을 이해할 때 같은 내용 범주를 묶어서 이해하는 인지구조를 갖고 있

Table 6. The relation between GLAT score and information process method (N=32)

	GLAT	Definition	Comparison & Contrast	Deduction inference	Explanation
GLAT		.726**	.424	.525	.497**
Definition			.555*	.189	.566
Comparison & Contrast				-.429	.038
Deduction inference					. a
Explanation					

^p<0.1 *p<0.05 **p<0.01

Table 9. Students' cognitive structure of scientific concept comprehension in transition stage

Category	Cognitive structure of scientific concept comprehension							
Student 5	B	A	A	A	A	B	B	B
Student 6	A	B	B	B	B	A		
Student 7	B	A	A	A	B	B	B	A
Student 8	B	B	B	A	A	A	A	
Student 9	B	B	B	B	A	A	A	B
Student 10	B	B	B	A	A			
Student 11	B	B	A	A	A			
Student 12	A	A	B	B	B			
Student 13	A	A	B	B				

다. 그러나 과도기 학생들은 같은 범주를 연결 지어 이야기하고 있으나 B범주의 내용을 언급한 다음 A 범주의 내용을 이야기하는 경향(학생 8~11)도 나타나는데 그 차이는 형식적 조작기의 학생들이 과도기 학생보다 과학적 개념을 이해할 때 내용에 따라 분류된 인지구조를 갖고 있고 더불어 지도 순서에 따른 체계성을 갖춘 인지구조가 있음을 보여준다.

과도기인 학생 8의 경우에는 B범주가 먼저 설명이 되고 A범주의 내용을 언급하였다. 다음은 과도기의 학생 8이 이야기한 인터뷰 내용으로 같은 범주의 과학적 개념이 언급된 특징을 살펴보았다.

- B1: 바람은 고기압에서 저기압으로 분다.
- B2: 공기는 찬 곳에서 따뜻한 곳으로 분다.
- B3: 지표면은 수면보다 빨리 데워지고 빨리 식는다.
- A4: 구름은 하늘 높이 수증기가 응결 된 것이다.
- A5: 습도는 공기 중에 수증기가 있는 정도를 말한다.
- A6: 건구와 습구 온도차이가 클수록 습도가 낮아진다.
- A7: 안개는 지표면 가까이에 수증기가 응결한 것이다.

형식적 조작기의 학생들이 교육과정에 제시된 순서인 A범주를 설명하고 B범주를 설명한 반면, 과도기인 학생 8의 경우에는 B범주가 먼저 설명이 되고 A범주의 내용을 언급하였다. 또한 바람에 대한 설명 역시 형식적 조작기의 학생들이 지표면이 데워지고 공기가 올라가면 빈자리를 채우기 위해서 공기가 이동한다는 순서로 설명을 한 반면, 과도기의 학생은 형식적 조작기의 학생 설명과는 반대로 바

람이 고기압에서 저기압으로 분다는 설명을 먼저 한 다음 지표면이 수면보다 빨리 데워지고 빨리 식는다는 순서로 설명을 하였다. 이러한 결과는 과도기의 학생들은 형식적 조작기의 학생들보다 과학적 개념을 이해하는데 인지구조가 논리적 인과관계를 갖지 못하고 있다는 특징을 보여주고 있다.

과도기의 학생들은 같은 인지발달 단계임에도 불구하고 형식적 조작기의 학생들에 비해 개인차가 크게 나타나고 있었다. 논리적 수준이 비록 과도기 이라고 하더라도 학생들에 따라서 과학적 개념을 이해하는 인지구조가 범주의 언급 순서 및 언급된 과학적 개념의 수가 다양하게 나타났는데 이는 과도기에 해당하는 학생들의 비율이 다른 단계에 비해서는 적지만, 구체적 조작기에서 형식적 조작기로 넘어가는 단계로 많은 인지적 발달이 이루어지기 때문으로 보인다.

3) 구체적 조작기의 학생들이 갖고 있는 과학적 개념 이해의 특징

구체적 조작기의 학생들은 다른 단계와는 다르게 언급한 과학적 개념의 양이 두드러지게 적고, 대부분의 학생이 비에 관한 과학적 언급을 하지 않는 것으로 나타나 과도기의 학생들이 비에 대해서 올바른 과학적 개념을 언급하지 못한 것과 연결된다. 이 결과는 Piaget(1964)의 인지발달 이론에서처럼 하위 단계의 인지구조가 상위 단계에 통합되며 위계적인 특징을 보인다는 것과 일치한다.

구체적 조작기의 학생들은 과학적 개념들이 영역 별로 범주화 되거나 지도 내용의 순서대로 언급하는 경향을 찾기 어려웠다. 그리고 구체적 조작기의 학생들은 A범주와 관련한 과학적 개념을 B범주의 과학적 개념보다 많이 언급하였는데, 이러한 결과는 이슬이나 구름이 자주 관찰되고 경험할 수 있지만, 바람은 눈에 보이지 않고 기압에 대한 경험을 하기 힘든 기상 현상이기 때문으로 판단된다.

기존의 논리적 사고력 수준의 학생들과 언급한 내용의 범주를 분석한 결과를 비교하려고 하였으나, 언급한 과학적 개념의 수가 적어서 정확히 판단하기가 어려웠다.

그러나 <Table 10>과 같이 대부분의 학생들이 세 개 이상의 과학적 개념을 언급할 때 같은 내용의 범주별로 과학적 개념을 언급하려는 인지구조를 보이고 있어서 형식적 조작기와 과도기의 학생들의 인

Table 10. Students' cognitive structure of scientific concept comprehension in concrete operational stage

Category	Cognitive structure of scientific concept				
Student 14	A	A	B		
Student 15	B	B	A		
Student 16	B	A	A	A	
Student 17	A	A	A	A	B
Student 18	A	A	B	B	
Student 19	B	B	B		
Student 20	A	A			
Student 21	B	B	B	A	
Student 22	A	A	A		
Student 23	A	B	A	A	
Student 24	A	B	A	A	
Student 25	A	A			
Student 26	A	A	A		
Student 27	A	A	B		
Student 28	A	A	A		
Student 29	A	A			
Student 30	A	B	B	B	B
Student 31	A				
Student 32	B	B	A		

지구구조와 비교하여 상위 단계와 인지구조의 경향이 연결되는 특징을 보인다.

V. 결론 및 제언

본 연구에서는 초등학교 6학년을 대상으로 한 논리적 사고력 수준을 분석하고, 논리적 사고력 수준에 따른 과학적 개념 이해를 살펴본 결과는 다음과 같다. 첫째, 과도기를 포함한 형식적 조작기의 학생들은 과학적 개념 정도가 구체적 조작기의 학생들보다 더 많았다. 유연성 역시 논리적 사고력 수준과 유의미한 상관관계를 보이고 있으며 과학적 개념이 많을수록 유연성도 유의미한 상관관계를 보이고 있다. 논리적 사고력 수준에 따라서 정보 처리 방식과의 관계를 분석한 결과 논리적 사고력 수준이 높을수록 정의, 설명의 방법으로 개념을 구조화하고 있으며, 정의와 비교와 대조 방식은 서로 유의미한 상관관계가 있음으로 나타났다. 둘째, 형식적 조작기의 학생들은 교육과정에서 배운 과학적 개념의 대부분을 이해하고 있으며, 인지구조 역시 공통된 범주에 따라 구분하여 각 범주 안에서 논리적이고 인과적인 순서로 이해하고 있다. 과도기의 학생들은 과학적 개념을 공통된 범주로 구분하여 언급하였으나 그 정도가 과도기에 해당하는 학생들 간의 편차

가 심하였다. 그리고 형식적 조작기의 학생들과는 다르게 과학적 개념을 설명한 순서가 비인과적인 순서로 나타나기도 하였다. 이는 구체적 조작기의 학생들에게도 같은 특징이 나타나고 있었다. 그러나 구체적 조작기의 학생들도 공통된 범주의 과학적 개념을 묶어서 언급하는 특징을 보이고 있어 하위 단계에서 상위 단계로 인지구조의 특징이 위계적으로 연결됨을 알 수 있다.

이 연구를 통해 과학 수업시간에 배운 내용을 학생들은 나름대로의 인지구조를 통해 개념을 이해하고 있었으며, 이는 인지구조의 효율성과 논리적 구성에 따라서 과학적 개념을 이해하는데 영향을 준다는 연구결과(정재구 등, 2003)와 같은 맥락으로 볼 수 있다. 과학적 개념을 이해시키는 것 역시 논리적 사고력 수준이 다른 집단 간에 차이를 보이고 있기 때문에 각 수준에 가장 효과적인 과학적 개념 이해 방법을 찾아서 적용할 수 있도록 과학 수업에 적용할 수 있도록 해야 한다.

이 연구 결과는 과학 수업을 진행하는데 다음과 같은 시사점을 줄 수 있다. 첫째, 초등학교 6학년 학생들은 논리적 사고력 수준이 매우 다양하기 때문에 논리적 사고력 수준을 고려하는 수업의 중요성을 인식하고 이에 따른 교수 계획을 수립하여야 한다. 특히 교사는 학생의 인지 수준을 정확히 알아야 그 수업에서 가르치고자 하는 것을 효과적으로 지도할 수 있을 것이며, 이러한 아동의 사고 발달을 고려한 과정이 반영된 수업은 과학적 개념을 이해하는데 효과적일 것으로 보인다. 둘째, 논리적 사고력 수준에 따른 과학적 개념 이해의 인지구조가 다르게 나타남으로써 과학적 개념의 Flow-Map을 수업 자료 및 평가도구로서 활용할 수 있는 가능성을 확인할 수 있었다. 형식적 조작기, 과도기, 구체적 조작기의 학생들 모두 나름대로의 인지구조를 갖고 있으나 그 특징들이 다르게 나타남을 밝힐 수 있었기에 다양한 전략의 개념 이해를 구상하여야 할 필요성이 있다.

감사의 글

본 연구는 한국교원대학교 2013학년도 KNUE 학술연구비 지원을 받아 수행하였습니다. 본 논문을 심사해 주신 심사자분들께 진심으로 감사드립니다.

참 고 문 헌

- Kwon Do-Hyun and Kwon Sung-Gi(2000). Elementary School Students' Conceptions of Buoyance related with Cognitive Levels. *Journal of The Korean Society of Elementary Science Education*, 19(1), 131-143.
- Kwon Jae-Sool, Kim Beom-Ki, Woo Jong-Ok, Chung Wan-Ho, Jeong Jin-Woo, Choi Byung-Soon(2005). *Science education*. Seoul: Kyoyookbook.
- Kim Kyung-Mee(1999). A Descriptive Study on Full and Short Version GALT. Unpublished master's dissertation, Korea National University of Education, Cheongwon, Chungbuk.
- Kim Chan-Jong, Chae Dong-Hyun, Lim Chae-Seong(2002). *Introduction of science pedagogy*. Seoul: Bookshill.
- Jung Jae-Gu, Sung Sang-Hyeon, Wee Soo-Meen, and Jeong Jin-Woo(2003). The Effects of Utilizing Concept Map to Promote the Understanding the Concept of Volcano in the Elementary Science Education. *Journal of Korean Earth Science Society*, 24(7), 614-624.
- Seong Tae-Je(2005). Validity and reliability (pp. 148-163). Seoul: Hakjisa.
- Oh Eun-Suk, Kim Hyoung-Bum(2012). The Analysis of National Assessment of Educational Achievement Items by Focusing on Earth Science Curriculum in Middle School. *Korean Journal of Teacher Education*, 28(1), 207-221.
- Anderson, O.R., & Demetrius, O. J.(1993). A flow-map method of representing cognitive structure based on respondents' narrative using science content. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(8), 953.
- Fleiss, J. L.(1981). *Statistical methods for rates and proportion*. New York: Wiley.
- Piaget, J.(1964). Cognitive development in children development and learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 2(2).
- Tsai, C. C.(2001). Probing students' cognitive structures in science: The use of a flow map method coupled with a meta-listening technique. *Studies in Educational Evaluation*, 27, 257-268.