

7학년 과학 교과 생명 및 물질 영역의 과학 학습 개념의 수준 분석

심규철 · 박종석 · 김현섭 · 김재현 · 박영철 · 류해일
(공주대학교 과학교육연구소)

Analysis of Level of Science Learning Concepts Presented in Life and Matter Fields of the 7th Grade Science Textbooks

Shim, Kew-Cheol · Park, Jong-Seok · Kim, Hyun-Sup ·
Kim, Jae-Hyun · Park, Young-Chul · Ryu, Hai-II
(Institute of Science Education, Kongju National University)

ABSTRACT

This study is to investigate the level of science learning concepts presented in life and matter fields of the 7th science textbooks. 6 units were analysed; 'the structure of living things', 'digestion and circulation' and 'respiration and excretion' of life field, and 'three states of matter', 'molecular motion', 'a change of state and the energy' of matter field. The gross number of concepts was 305 in life field, and 73 in matter field of the 7th science textbooks. Among publishing companies, the number of concepts was a little difference. Much more concepts in life field were presented than those in matter field. Percentages of the number of concrete and formal concepts were 58% and 42% in life, and 14% and 86% in matter field. The ratio of the number of concrete versus formal concepts was different between life and matter field. Thus, it is implied that science learning concepts are presented considering cognitive level of learner, and unit and content are constructed on the basis of properties of science fields in developing science curriculum and textbooks,

Key words: science learning concept, life and matter fields, concrete concept, formal concept, science textbook

I. 서 론

우리 나라 교육과정은 주기적인 개정 과정을 통해

현재 제7차 교육과정이 일부 시행되고 있다. 각 교육과정마다 고유한 특징을 표방하였는데, 특히 7차 교육과정은 수준별 교육과정을 근간으로 하여 학생들의

*2001.10.10(집수) 2002.2.1(1차 수정) 2002.6.7(2차 수정) 2002.7.30(최종 통과)

**이 논문은 1999년도 한국학술진흥재단의 연구비에 의하여 지원되었음(KRF-99-005-D00075).

자율적 학습을 중요시하고 있다(교육부, 1999). 광병선(1985)은 교육과정이란 국가수준의 교육과정을 일컫는 것으로 국가 및 사회가 학생들에게 어떤 목적을 위하여 무엇을 가르칠 것인지에 대한 일련의 의사결정을 해 놓은 문서라 하였다. 이것을 바탕으로 교과서의 제작이 이루어지고 학교 현장에서는 교수-학습 활동이 수행된다.

김중서(1980)에 의하면, 교과서는 교육과정의 정신과 내용을 구체화해 놓은 책으로 교육과정의 목표 및 학생의 발달 수준에 알맞게 풀이하고 편집한 도서라고 하였다. 또한, 김승득(1993)은 교과서는 교육과정의 성질이나 내용에 따라 결정되는 것으로 교육과정에서 요구되는 내용을 학생들이 학습하기에 편리하도록 학습활동의 방향과 학습효과를 고려하여 편집된 도서로서 근본적으로 지도 내용을 중심으로 한 자료적인 성격을 갖고 있으면서 학생들의 자율적인 학습 활동에 필요한 최소한의 지원적 요소들을 포함하고 있다고 말하고 있다. 이렇듯 교과서는 학습 내용을 담고 있으며, 그에 따라 교사가 학습자에게 전달하는 학습 개념과 그 수준이 정해진다고 할 수 있다.

다른 교과와 교과서와 유사하게 과학 교과서의 경우도 교육과정의 개정 공포와 동시에 각 출판사별로 일단의 교과서 집필진을 구성하여 교과서를 제작하고, 이 교과서는 교육부의 검정 과정을 거친다. 이런 과정을 거쳐 현재 7학년에서는 제7차 교육과정에 의하여 개발된 과학교과서를 사용하고 있다.

이렇게 교육과정의 개정 때마다 새롭게 발간되는 과학 교과서는 대개 당시의 교육과정 철학을 구현하기 위해 교육과정의 기본 내용을 충실히 반영하고 있으며, 일부는 기본 내용을 초과하여 다루기도 한다. 이용숙 등(1995)은 교과서 정책 및 내용 구성 방식에 대한 연구를 통해 우리 나라의 교과서가 다른 미국, 일본, 영국, 프랑스, 독일에 비해서 많은 주제를 적은 지면에 표현하고 있으며, 외형 체제도 학습자의 흥미를 끌기에 부족하며, 장식용 삽화가 많음을 지적하였다. 7차 교육과정에 의하여 개발된 교과서는 이러한 부분을 보완하고자 하였으며(김정호 등, 1998), 실제로 출판된 교과서는 칼라 인쇄에 학습자의 흥미를 끌기 위한 시도들이 다양하게 제시되어 있다.

한편 이러한 외형적 체제와 달리 과학교과서의 내용은 학년별 학생의 인지능력에 적합하게 구성될 필요가 있다. 김영수(1995)는 기존의 인지구조와 외부의 새로운 자극에 동화와 조절작용이 일어나 새로운 인지구조가 형성된다고 하였으며 인지구조는 평형화 과정을 통해서 발달되는데 이는 학생이 새로운 경험을 재미있게 동화시키는데 필요한 적절한 수준의 인지구조를 갖추고 있을 때 비로소 지적 성장이 일어난다고 보았다. 그러나, 이전 연구에서 학습자의 인지 수준에 대한 연구와 그에 대한 교과 내용의 구성에 대한 제안이 있었음에도(Johnson & Howe, 1978; Lawson & Renner, 1975; Marek, 1981; Trifone, 1991; Smith & Sims Jr, 1992; 최영준 등, 1985), 실제적으로 학생들의 인지능력에 바탕한 교과 내용의 개념 수준 분석은 이루어지지 못했다. Novak(1998)은 학습의 요소로 교사, 학습자, 지식, 학습 상황, 평가 등 5개를 들고 있다. 이 중에서 교육과정과 교과서 개발 시 특히 고려할 부분은 학습자의 특성과 지식의 수준에 대한 것이라 할 수 있다. Shayer와 Adey(1989)는 학습자의 인지 수준을 고려한 교육과정의 개발과 교수-학습에 대해서 강조하고 있다.

이에 본 논문에서는 7학년 과정에 사용되고 있는 과학 교과서를 출판사별로 수집하여, 교과서에 제시된 과학 개념의 수준을 분석하였다. 분석 결과에 따라 현재 사용되고 있는 7학년 과학교과서가 7차 교육과정에 의거하였는지를 알아보고, 추후의 교육과정 개정 시 과학 교과서 제작의 방안을 연구하였으며, 나아가 이러한 연구를 바탕으로 새로운 교육과정을 정립할 때 바람직한 개정 방향을 제안하고자 하였다.

II. 연구 내용 및 방법

1. 연구 문제

제 7차 교육과정에 의해 개발된 7학년 과학교과서에 제시된 과학 학습 개념 분석에 대한 연구 문제는 다음과 같다.

- 7학년 과학 교과서 생명 및 물질 영역에 제시된 개념 조사 및 수준 분석
- 교과 영역 특성에 따른 교육과정 및 교과서 개발에 관한 시사점 제시

2. 분석 교과서

본 연구에서는 제 7차 교육과정에 의거하여 개발되어 교육부 검정을 통해 현재 일선학교에서 사용하고 있는 7학년 과학 교과서 6종에 제시된 학습 개념을 분석하였다. 분석에 사용된 각 교과서의 출판사, 저자, 출판연도는 Table 1에 제시하였으며, 7학년 과학 교과서의 생명 및 물질 영역의 분석 단원은 Table 2와 같다.

2) 개념의 수준 분석

학습자의 사고 수준은 학습 개념을 이해하는 데 매우 중요한 요소로 작용한다. 마찬가지로 학습 개념의 수준이 어떠한가에 따라 학습자들이 이해할 수 있는 정도가 다를 수 있다. 교사는 학습 개념을 교수하기 위해서는 학습자 사고 수준에 대한 지식을 가지고 있어야 한다. 교과서에 제시된 과학 학습 개념들은 학문적으로 주요한 것들을 학습 주제에 따라서 선별한 것이다. 따라서 본 연구에서는 현재 중학교 1학년에 해당하는 7학년 과학 교과서에 제시된 개념들의 수준이 과연 학습자의 사고 수준에 적절하며 이것은 교과 영역에 따라 어떠한 차이가 있는지를 파악하고자 하였다.

Table 1. Publisher, author and the year of publication of textbook used to analyse science learning concepts

	A	B	C	D	E	F
Publisher	Dongwha-sa	Jihak-sa	Didimdol	Keumseong kyokwaseo	Kyohak-sa	Black box
Author	Park, B.S. et, al.	Lee, K.M. et, al.	Kim, C.J. et, al.	Lee, S.M. et, al.	Chung, W.H. et, al.	Kim, J.R. et, al.
Year of publication	2001	2001	2001	2001	2001	2001

Table 2. Learning unit of life and matter field of the 7th grade science textbook

Field	Learning unit
Life	B1. The structure of living things,
	B2. Digestion and circulation,
	B3. Respiration and excretion
Matter	C1. Three states of matter
	C2. Molecular motion
	C3. A change of state and the energy

3. 연구 방법

1) 연구 절차

제 7차 교육과정의 7학년 과학 교과서 생명 및 물질 영역에 제시된 과학개념 분석에 대한 연구절차는 Fig. 1과 같다.

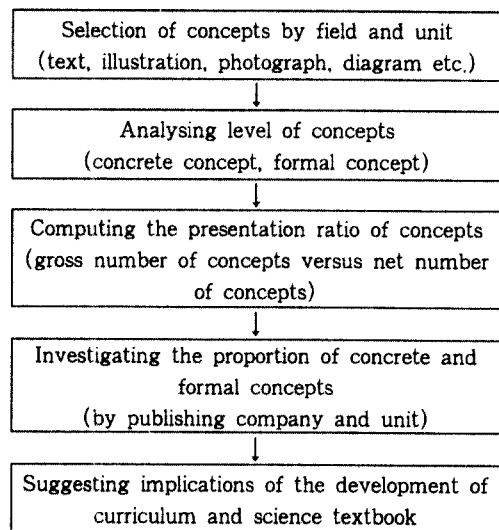


Fig. 1. Procedure of research in science learning concepts

과학학습 개념 분석은 학습 내용을 중심으로 본문의 설명, 표현된 삽화나 사진, 도표 등을 망라하여 개념을 추출하고, 생물학적 또는 화학적인 학문적 배경 하에 Karplus(1980)에 의해 제시된 구체적 개념과 형식적 개념으로 구분하였으나 교과에서 학습자가 학습해야 하는 내용을 중심으로 개념을 추출하여 수준을 분석하였다(Table 3).

3) 용어의 정의

· 구체적 개념(concrete concept)과 형식적 개념(formal concept)

구체적 수준의 개념은 직접적인 경험을 통하거나 구체적 조작 수준의 사고 패턴을 사용하여 이해할 수 있는 것을 말한다. 세포, 한살이, 온도, 침식 등과 같이 친숙한 활동이나 관찰을 통해서 쉽게 이해할 수 있는 개념이다. 형식적 수준의 개념은 경험을 통한 추론이나 형식적 조작 수준의 사고 패턴을 사용하여 이해할 수 있는 것을 말한다. 직접적인 경험을 통해서보다는 추론이나 이론적 해석을 통한 일련의 사고 과정을 통해 이해할 수 있는 밀도, 이상기체, 유전형질, 파동, 기체 법칙 등과 같은 개념이다.

그러나, 어떤 특정한 개념은 다양하게 표현될 수 있기 때문에 구체적 개념 또는 형식적 개념이 될 수 있다. 그 예로 온도를 들 수 있는데, 감각적인 기준을 정해 차고 뜨겁다는 개념으로 정의한다면 구체적 수준의 개념이라 할 수 있으나, 분자 역학적 에너지와 관련시켜 정의할 때에는 분자, 역학적 에너지, 무작위 운동, 수학적 관계 등 관련된 개념을 이해하고 있어

야 하기 때문에 형식적 수준의 개념이라 할 수 있다.

· 순 과학 개념의 수(net number of science concept)와 개념의 표현율

$$\text{개념의 표현율} = \frac{\text{전체 과학개념의 수}}{\text{순 과학개념의 수}}$$

각 출판사의 교과서에서 제시하고 있는 과학 개념의 수를 모두 합하여 전체 과학 개념의 수(gross number of science concept)라 정의하고, 교과서별 제시하고 있는 과학개념이 중복된 것을 제외한 과학 개념을 모두 합하여서는 순 과학개념의 수라 하였다. 이를 바탕으로 전체 과학 개념의 수에 대한 순 과학 개념의 수의 비율인 개념의 표현율을 산출하였다.

개념의 표현율은 교과서에 제시된 과학 개념들의 반복적인 제시가 어느 정도 이루어지는지를 파악하고자 그 중복성을 비율로 나타낸 것이다.

III. 결과 및 논의

제 7차 교육과정에 의해 개발된 6종의 7학년 과학교과서의 과학 개념은 생명 영역 305개, 물질 영역 73개가 제시되었다. 또한, 분석에 사용된 6종의 교과서 모두에서 제시하고 있는 과학 개념은 생명 영역의 경우 133개, 물질 영역에서는 단지 12개의 개념만 제시하였을 뿐이었다. 교과서에 따라 제시된 개념은 생명 영역에서 179~210개이었으며, 물질 영역은 33~39

Table 3. Level of science concept

Level	Explanation
Concrete	· Derived from direct experience through reasoning patterns applied at the concrete thinking level
Formal	· Obtained directly from experience but require the application of reasoning at the formal thinking level. · Be able to develop through inferences from experience and the use of reasoning patterns at formal level(reasoning with theories, other concepts, and mathematical relationships)

개이었다(Fig. 2).

생명 및 물질 영역에서 모든 교과서에서 주요하게 다루고 있는 개념이 교과서에 제시된 전체 개념들과 많은 차이를 나타내는 것이다. 이러한 개념들을 중심으로 교수-학습 활동을 수행한다면 효과적으로 학습 목표에 도달할 수도 있겠으나, 한편으로는 교사들의 부담을 가중시킬 수 있는 측면도 있다. 즉, 이것은 각 학교에서 선택하여 교수하고 있는 교과서 이외에 다른 교과서에서 제시하고 있는 개념을 생명 영역은 95~126개, 물질 영역은 34~40개를 더 교수해야하기 때문이다. 학습개념이 생명 영역은 1.5~1.7배, 물질 영역은 1.9~2.2배정도 늘어나는 것이다.

교과서별로 제시하고 있는 전체 과학 개념에 대한 순 과학 개념 비율 즉, 과학 개념의 표현율을 조사한 결과 생명 영역은 1.32~1.51, 물질 영역은 2.28~3.39로 나타났다(Fig. 3~4). 개념의 수가 적은 물질 영역에서 개념 제시의 중복이 다소 많았다.

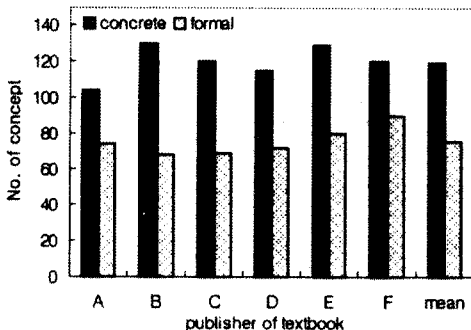
생명영역에서 제시된 학습 개념들 중 구체적 개념이 175개, 형식적 개념이 130개, 물질영역은 구체적 개념이 13개, 형식적 개념이 60개로 나타났다. 생명 영역의 경우는 구체적 개념의 비율이 58%로 형식적 개념에 비해 다소 많았으나, 물질 영역의 경우는 14%만이 구체적 개념이었다. 물질 영역의 경우 A, B, F출판사의 교과서에서는 분자운동 단원과 상태변

화와 에너지 단원에서는 구체적 개념이 하나도 제시되지 않거나 거의 제시하지 않았다. 이는 출판사별로 개념의 수뿐만 아니라 수준에 있어서도 많은 차이가 있다는 것을 보여준다.

이러한 영역간 수준에 따라 제시된 개념의 비율이 차이가 나는 것은 7학년 단원의 특성 또는 교육과정에서의 정한 학습 내용이 영역간 개념 수준을 고려하지 못한 측면도 있으나, 각 영역에 제시된 단원 또는 학문적 특성에 기인된 부분도 있다고 사료된다. 7학년 과학 교과서의 물질 영역의 학문적 특성은 현상보다는 이론, 원리, 법칙 등 사고과정을 통한 학습 활동이 주류를 이루고 있으나, 생명 영역은 물질 영역에 비해서 현상 중심 또는 현상과 개념 중심적인 것이 많은 부분을 차지하고 있기 때문이다. 교육부에서 제안한 교육과정의 주안점을 살펴보면, 7학년에서는 현상과 개념 중심으로 학습 활동을 수행하도록 하고 있는데(교육부, 1999), 이러한 면을 고려한 교과 영역의 비중과 단원 구성이 필요하다고 사료된다.

추상적인 개념이라 할지라도 구체적인 예나 모형을 사용한다면 충분히 이해할 수 있을 것이라는 일부의 주장에 대해 Goodstein & Howe(1978), Cantu & Herron(1978)은 부정적인 견해를 밝히면서 형식적 사고 능력을 요구하는 것이라면 어떠한 표현이 있더라도 구체적 수준의 학습자는 이해하기 어렵다는 것

A)



B)

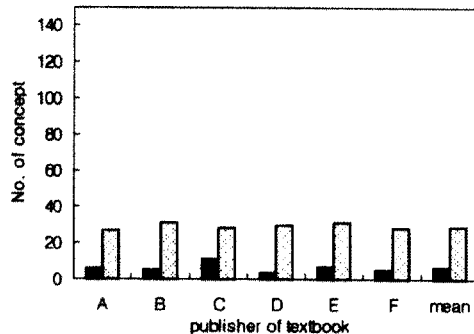


Fig. 2. The number of learning concepts contained in life and matter fields of the 7th grade science textbook by publisher: A) Life field, B) Matter field

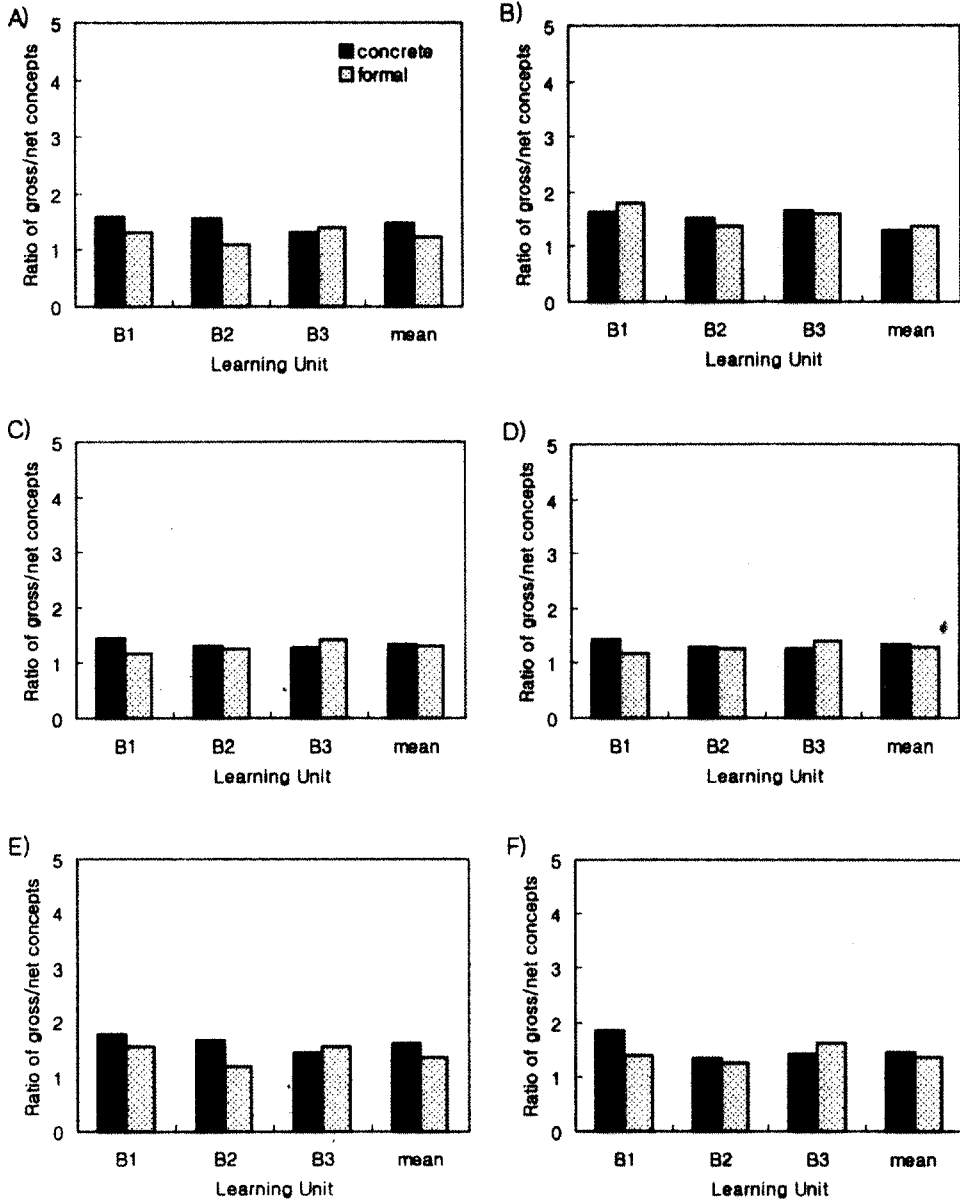


Fig. 3. Presentation ratio of concepts(gross number/net number of concepts) presented in the life field of the 7th grade science textbook by publisher: B1. The structure of living things, B2. Digestion and circulation, B3. Respiration and excretion

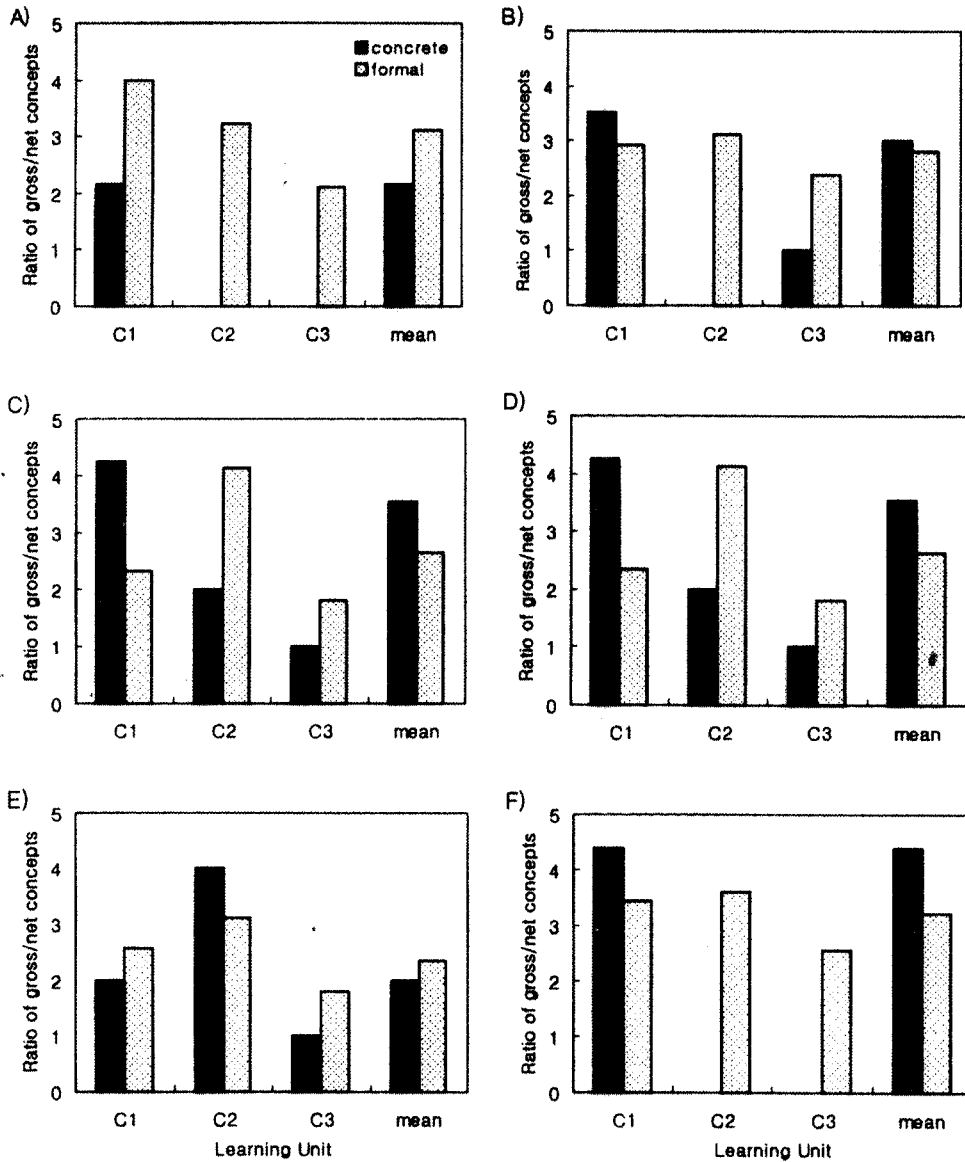


Fig. 4. Presentation ratio of concepts(gross number/net number of concepts) presented in the matter field of the 7th grade science textbook by publisher: C1. Three states of matter, C2. Molecular motion, C3. A change of state and the energy

을 밝히고 있으며, Smith & Sims Jr(1992)는 인지 수준에 따라 학습 개념에 대한 이해도가 다르다는 연구 결과를 제시하고 있다. 권재술 등(1992)의 연구 결과에서는 우리 나라 중학교 학생들의 과학 목표 도달도가 매우 낮다는 것을 밝히고 있다. 이러한 문제점은 교과 운영을 그 원인으로 들 수도 있으나 본 연구 결과에 비추어 볼 때, 교과 내용 수준 및 구성에 기인한다고 사료된다. 그러므로, 학습자의 인지 수준에 따라 개념 이해는 물론 문제 해결 능력에 있어서 차이가 있기 때문에 단순히 인지 수준을 고려한 학습 뿐만 아니라 교수 방법이나 주제에 있어서도 차별화를 해야 하며(Smith & Sims Jr, 1992), 구체적 수준에 있는 학습자에게는 학습의 양을 적정화하여야 한다(Trifone, 1991).

피아제가 제시한 인지 발달 이론의 단계가 비록 연령의 일치성이 떨어지기는 하나 그 단계의 선형성은 매우 타당한 것으로 알려져 있다(White, 1988). 그리고 학습자가 피아제가 제시한 인지 발달 과정이 개인 간 차이가 있지만 일련의 연구 결과를 종합해 보면(최영준 등, 1985; 최병순과 허명, 1987; Lawson & Renner, 1974), 7학년 학생들은 인지 수준이 대부분 구체적 조작 단계 내지는 형식적 조작 단계로의 이행기에 머물러 있음을 알 수 있다. 그 발달 단계를 고려할 때, 7학년 학생들은 대부분이 아직 구체적 단계에 있다. 실제로 학습자의 인지 발달 수준에 대한 연구 결과를 보면, 7학년 학생들 중 70% 내외의 학생들이 구체적 수준에 머물러 있고 형식적 수준에 도달한 학생들은 5% 내외에 지나지 않은 것을 알 수 있다(Table 4). 교육부에서는 7학년 과학과 교육과정의 운영은 현상과 개념 중심으로 교수-학습 활동을 할

것을 제안하고 있다. 이는 7학년의 대다수 학생들이 구체적 조작 수준에 있음을 고려한 것이라 할 수 있다. 그러나, 학습 내용의 구성에 있어서는 이러한 부분을 보완해야 할 것으로 사료된다. 이와는 달리 Driver(1989)는 피아제의 인지 발달 단계에 따른 지식의 구조 형성 과정과는 달리 학습자 개인의 인지 수준과 과학자 집단에 의해 형성된 지식 내에서 사회적 과정(social process)을 통해 지식을 구성한다는 입장을 취하고 있다. Driver의 입장을 취하더라도 학습자의 인지 수준을 고려한 교육 과정 및 학습 내용의 구성은 매우 중요하다고 하겠다.

교육과정 및 교과서 개발 시, 인지 발달 단계를 고려한 학습을 위해서는 주제의 선정, 단원의 구성 및 개념의 제시 등이 이루어져야 한다(White, 1988). 또한, 학년에 따라 단원 구성에 있어서 변화가 있어야 한다. 즉, 대부분이 구체적 수준에 머무르고 있는 학습자들을 고려할 때, 학습 개념의 수준에 따라 물질 영역과 생명 영역의 학습 내용의 구성이나 양의 차별화를 해야 할 필요가 있다.

IV. 결론 및 제언

교육과정이 국가적 수준에서 교육의 지침을 제공한다고 할 때, 그 지침의 구체적 구현은 교과서를 통해서 이루어진다고 할 수 있다. 따라서 교육과정의 개정 때마다 새롭게 출판되는 교과서의 적절성 연구는 교과서 자체뿐만 아니라 교육과정의 미래 방향성을 제시하는 데에도 중요한 것이다.

본 연구에서는 7차 교육과정의 7학년 과학교과서 내용 중 생명과 물질 영역에 제시된 과학 개념을 조

Table 4. Proportion of middle school students by level of cognitive development(unit: %)

grade level	Choi et al.(1985)			Choi and Hur(1987)			Lawson & Renner(1974)		
	7	8	9	7	8	9	7	8	9
Concrete	68	64	37	74	68	56	83	77	82
Transition	29	33	50	24	29	37			
Formal	3	3	13	2	3	7			

사하고 수준을 분석하였다. 6종 과학교과서를 선정하여, 생명 영역의 '생물의 구성', '소화와 순환', '호흡과 배설', 물질 영역의 '물질의 세 가지 상태', '분자의 운동', '상태변화와 에너지' 단원 등 총 6개 단원의 과학 개념을 분석한 결과 전체 개념 수는 생명 영역이 305개, 물질 영역이 73개였다. 교과 영역에 따라 제시된 개념의 수가 큰 차이를 보였으며, 교과 영역별 구체적 개념과 형식적 개념의 비율에 있어서도 영역에 따라 극명한 차이를 나타내었다.

이 같은 7학년 과학교과서의 분석 결과, 우선 학습할 개념을 많이 다루고 있는 과학교과서는 7차 교육과정의 학습량을 줄인다는 취지와 상반되는 것이라고 판단된다. 일선 교사들이 취사선택하여 학습 개념을 교수할 수 있으나, 선택하지 않은 다른 교과서에 제시된 개념들도 다룰 가능성이 매우 높기 때문에, 특히 교과서별로 다루고 있는 과학개념의 차이는 학습자들이 선택한 교과서의 과학개념 양보다 대략 2배 정도 더 학습을 해야 하는 불합리성이 있다. 각 출판사에서는 교과서의 다양성을 활동이나 구성적 측면의 다양성을 통해 학습자들에게 다양한 경험을 제공하는 것이 바람직하리라 사료된다. 반면에 가능한 한 공통되지 않은 과학개념들을 적게 다루고, 교육과정에 제시된 주요 과학개념 위주로 내용을 구성하여 학습자의 부담을 줄여야 한다고 사료된다. 그리고 과학개념의 수준은 생명 영역의 경우 구체적 개념이 많았고, 물질 영역의 경우는 형식적 개념이 많았는데, 이는 생명과 물질 영역의 특성이 반영되었다는 점을 고려해 볼 때, 타당한 일면이 없지 않다고 할 수 있다. 그러나 7학년 학습자의 수준의 고려해 볼 때, 과학개념의 수준도 구체적 개념들이 주 내용을 이루도록 구성해야 한다고 사료된다. 즉, 교육과정 및 교과서 개발 시 학습자의 인지 수준을 고려한 과학학습 개념의 제시 또는 교과 영역의 특성에 따라 단원 구성에 있어서 차별화 해야함을 시사한다고 하겠다.

적 요

본 연구는 제 7차 교육과정에 따른 7학년 과학 교과서 생명 및 물질 영역에 제시된 과학 개념을 구체적

개념 수준과 형식적 개념 수준으로 나누어 비교 분석하였다. 분석 교과서는 검정되어 현재 학교에서 사용되고 있는 6종을 대상으로 하였으며, 생명 영역의 '생물의 구성', '소화와 순환', '호흡과 배설', 물질 영역의 '물질의 세 가지 상태', '분자의 운동', '상태변화와 에너지' 단원 등 총 6개 단원의 과학 개념을 분석하였다. 7학년 과학교과서에 제시된 총 개념의 수는 생명 영역에서 305개, 물질 영역이 73개로 물질 영역보다 생명에서 훨씬 많은 개념이 제시된 것으로 조사되었다. 교과서별로는 제시된 개념의 수가 다소 차이를 보였는데, 생명 영역에서는 179~210개, 물질 영역은 33~39개로 나타났다. 각 영역별로 구체적 개념과 형식적 개념의 비율을 살펴보면, 생명 영역은 각각 58%, 42%, 물질 영역은 각각 14%, 86%로 영역에 따라 극명한 차이를 나타내는 것으로 조사되었다. 이는 교육과정 및 교과서 개발 시 학습자의 인지 수준을 고려한 과학 개념의 제시 또는 교과 영역의 특성에 따라 단원 구성에 있어서 차별화 해야함을 시사한다고 하겠다.

참 고 문 헌

- 곽병선(1985). 한국의 교육과정. 한국교육개발원 연구 보고서.
- 교육부(1999). 중학교 교육과정 해설(Ⅲ)-수학, 과학, 기술, 가정. 대한교과서(주): 서울.
- 권재술, 최병순, 허명(1992). 중학교 과학과 교육과정 및 운영 진단 I-교육과정 목표 및 목표도달도. 한국과학교육학회지, 7(1), 53-68.
- 김송득(1993). 교육관에 비추어 본 현행 교과서 제도의 분석. 서울대학교 석사학위논문.
- 김영수(1995). 생물교육학. 서울대학교 생물교육연구소.
- 김정호 · 윤현진 · 황혜영 · 이선경 · 박소영(1998). 교과서 모형 개발 연구. 한국교육과정평가원 연구 보고서.
- 김중서(1980). 교과서 제도에 관한 외국제도와 우리 제도의 비교 연구. 한국교육개발원 연구보고서.
- 이용숙 · 양미경 · 박순경 · 최성욱 · 김영준 · 이근남

- (1995). 교과서 정책 및 내용 구성 방식 국제 비교 연구. 한국교육개발원 연구보고서.
- 최병순, 허명(1987). 중학생들의 인지수준과 과학교과 내용과의 관계 분석. 한국과학교육학회지, 7(1), 19-31.
- 최영준, 이원식, 최병순(1985). 중·고등학생들의 논리적 사고력 형성에 관한 연구 I. 한국과학교육학회지, 5(1), 1-9.
- Cantu, L. & Herron, J.(1978). Concrete and formal Piagetian stages and science concept attainment. *Journal of Research in Science Teaching*, 15(2), 135-143.
- Driver, R.(1989). Students' conceptions and the learning of science. *International Journal of Science Education*, 11, 481-490.
- Goodstein, M. & Howe, A.(1978). The use of concrete methods in secondary chemistry instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 15(5), 365.
- Johnson, J. & Howe, A.(1978). The use of cognitive conflict to promote conservation acquisition. *Journal of Research in Science Teaching*, 15(4), 239-247.
- Karplus, R.(1980). Teaching for the development of reasoning. In Lawson, A.E.(ed.) 1980. *Science education information report*. ERIC clearinghouse for science, mathematics, and environmental education.
- Lawon, A. & Renner, J.(1974). A quantitative analysis of responses to Piagetian tasks and its implications for curriculum. *Science Education*, 58(4), 545-559.
- Lawson, A. & Renner, J.(1975). relationship of science subject matter and development levels of learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 12(4), 347-358.
- Marek, E.(1981). Correlations among cognitive development, intelligence quotient and achievement of high school biology students. *Journal of Research in Science Teaching*, 18(1), 9-14.
- Novak, J.(1998). *Learning, Creating, and Using Knowledge: Concept Maps as Facilitative Tools in Schools and Corporations*. Lawrence Erlbaum Associates, Inc. Publishers: New Jersey, USA.
- Shayer, M. & Adey, P.(1989). *Towards a science of science teaching*. Heinemann Educational Books Ltd.; Oxford, UK.
- Smith, M. & Sims, Jr, O.(1992). Cognitive development, genetics instruction: A critical review. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(7), 701-713.
- Trifone, J. D.(1991). Addressing the needs of the concrete reasoner. *The American Biology Teacher*, 53(6), 330-333.
- White, R.(1988). *Learning science*. Basil Blackwell Ltd.; Oxford, UK. pp80-83.

부 록

(a) 생물 영역

단원	수준 (개념의 수)	학습 개념
생물의 구성	구체적 (52)	세포*, 식물세포, 동물세포, 표피세포, 상피세포, 세포막, 핵, 액포, 세포벽, 세포질, 엽록체, 식물세포와 동물세포의 차이, 현미경의 배율, 조직, 기관, 개체, 근육세포(4), 근육조직(4), 다세포 생물(4), 단세포 생물(4), 뿌리(줄)조직(3), 상피조직(3), 신경세포(3), 표피조직(3), 혈구세포(3), 난(자)세포(2), 뿌리(줄)세포(2), 생식기관(2), 영양기관(2), 원형질(1), 정자세포(1), 물관세포(1), 간세포(1), 결합조직(1), 공변세포(1), 뇌세포(1), 이자세포(1), 피부세포(1), 신경조직(1), 엽록소(1), 잎살조직(1), 지방조직(1), 핵상조직(1), 해면조직(1), 체관(1), 물관(1), 광합성 조직(1), 보강 조직(1), 소화기관(1), 순환기관(1), 운동기관(1), 세균(1), 바이러스(1)
	형식적 (28)	식물체의 구성단계, 동물체의 구성단계, 기관계(5), 원생 생물(3), 순환기관계(3), 소화기관계(2), 호흡기관계(2), 배설기관계(2), 생식기관계(1), 조직계(1), 표피조직계(1), 기본조직계(1), 관다발조직계(1), 적조현상(1), 단위체(1), 인공수정(1), 인공배양 피부(1), 거부반응(1), 세포의 수명(1), 노화(1), 미생물(1), 병원성 생물(1), 헬리세포(1), 생물체의 특성(1), 세균의 특성(1), 바이러스의 특성(1), 표면적과 물질교환의 관계(1)
소화와 순환	구체적 (72)	영양소, 3대 영양소, 소화기관, 혈액, 혈구, 혈장, 혈소판, 박동, 맥박, 혈관, 판막, 소화액, 침, 침샘, 위액, 장액, 이자액, 수분흡수, 쓸개즙, 혈액의 성분, 용혈, 모세혈관, 입, (이)의 씹는 작용, 식도, 위, 위샘, 조직세포, 소장, 대장, 침샘, 쓸개, 이자, 간, 폐, 적혈구, 백혈구, 심장, 대정맥, 대동맥, 폐동맥, 폐정맥, 우심방, 우심실, 좌심방, 좌심실, 아미라아제(5), 향문(5), 헤모글로빈(5), 림프관(4), 압축관(4), 노폐물(4), 대변(4), 동맥(4), 정맥(4), 펌프(4), 심방(4), 심실(4), 영양 성분(4), 트립신(3), 리파아제(3), 소화관(2), 소화샘(2), 십이지장(3), 이(1), 맹장(1), 부영양소(1), 소장맥(1), 소동맥(1), 소화기 질병(1), 순환기 질병(1)
	형식적 (64)	소화, 소화 효소, 영양소 검출, 요오드 반응, 뷰렛반응, 영양소의 기능, 몸의 구성 성분, 영양소의 흡수, 에너지원, 탄백질의 기능, 탄수화물의 기능, 지방의 기능, 무기 염류의 기능, 비타민의 기능, 입에서의 소화, 위에서의 소화, 소장에서의 소화, 소화 과정, 소화 효소의 작용, 쓸개즙의 기능, 대장의 기능, 혈액의 기능, 혈액의 순환, 백혈구의 기능, 적혈구의 기능, 혈장의 기능, 혈소판의 기능, 혈액의 순환 과정, 체순환, 폐순환, 물질 교환, 판막의 기능, 운동과 맥박수의 관계, 베네딕트 반응(5), 수단 III 반응(5), 결핍증(5), 물의 기능(5), 연동운동(5), 혈압(4), 몸의 기능 조절(4), 혼합 운동(4), (위의) 근육운동(3), 소장의 구조와 양분흡수 관계(3), 효소(3), 심장 박동과 혈액 순환의 관계(3), 인공 심장(3), 심장병(3), 심장의 박동 과정(2), 정맥의 기능(2), 동맥의 기능(2), 모세혈관의 기능(2), 심전도(2), 화학적 소화(1), 기계적 소화(1), 소화 효소의 작용(1), 순환계(1), 빈혈의 생성(1), 영양사(1), 뇌사(1), 고혈압(1), 골수이식(1), 성인병(1), 동맥경화(1), 심근경색(1), 협심증(1)
호흡과 배설	구체적 (51)	호흡기관, 들숨, 날숨, 코, 기관, 기관지, 폐, 폐포, 횡격막, 늑골, 배설기관, 오줌, 땀, 땀샘, 땀구멍, 신장, 방광, 모세혈관, 간, 요소, 섬모, 수뇨관, 조직세포, 호흡기 질환, 말피기소체(5), 보먼주머니(5), 사구체(5), 세뇨관(5), 신동맥(4), 신정맥(4), 신우(4), 노폐물(4), 점액(3), 배출(3), 요도(3), 네프론(2), 코털(2), 피질(2), 동맥(2), 정맥(2), 땀의 성분(2), 해독작용(2), 진피(2), 상피(2), 공기의 성분(1), 수컷(1), 대변(1), 집합관(1), 후두(1), 성대(1), 식도(1)
	형식적 (38)	호흡, 호흡 운동의 원리, 들숨과 날숨의 차이, 오줌 생성 과정, 신장의 기능, 배설, 간의 기능, 땀의 기능, 호흡과 연소의 비교, 호흡에 의한 에너지의 사용, 기체(가스) 교환, 땀샘(피부)의 구조, 외호흡(4), 내호흡(4), 배설 과정(4), 사구체의 기능(4), 섬모가 하는 일(3), 호흡과 노폐물 생성 관계(3), 재흡수(3), 인공 신장(3), 코의 기능(3), 호흡 운동(3), 신장 이식(2), 배출 경로(2), 배출과 배설의 차이(2), 폐기종(2), 신장병(2), 코털이 하는 일(1), 인공 호흡(1), 말피기소체의 기능(1), 물질교환(1), 표면적과 기체교환 관계(1), 항상성(1), 소변 검사(1), 심장질환(1), 동맥경화(1), 폐암(1), 오줌과 땀의 성분 비교(1)

*굵은 글씨는 모든 교과서에서 제시된 개념을 의미하며, 괄호 안의 숫자는 그 개념을 다루고 있는 교과서의 수를 의미한다.

(b) 물질 영역

단원	수준 (개념의 수)	학습 개념
물질의 세 가지 상태	구체적 (9)	고체*, 기체, 상태변화, 액체, 상태에 따른 부피(2), 부피(1), 상태에 따른 모양(1), 상태에 따른 질량 변화(1), 질량(1)
	형식적 (18)	기화, 분자, 승화, 액화, 용해, 응고, 물질의 상태변화에 따른 분자배열(5), 상태변화에 따른 분자간 거리(5), 물질(3), 물체(2), 분자모형(2), 끓음(1), 물질의 성질(1), 분자배열(1), 상태변화와 물질의 성질 변화(1), 증발(1), 응결(1), 상태변화에 따른 부피변화(1)
분자의 운동	구체적 (1)	기압(4)
	형식적 (12)	기체의 부피와 온도 관계, 보일법칙, 분자운동(5), 기체의 압력과 부피 관계(5), 기체의 온도와 분자 운동(5), 압력(5), 증발(5), 확산(5), 사물의 법칙(4), 분자모형(2), 브라운 운동(2), 끓음(1)
상태 변화와 에너지	구체적 (3)	온도(2), 상태변화(1), 진동(1)
	형식적 (30)	상태변화와 열에너지 관계(5), 기화와 열에너지 관계(4), 상태에 따른 분자간 인력(4), 기화열(4), 상태변화에 따른 분자운동(4), 열에너지와 분자운동 관계(4), 용해열(3), 용해와 열에너지(3), 응고와 열에너지(3), 액화와 열에너지 관계(2), 열(2), 열에너지의 이동(2), 끓음(2), 증발(2), 기화(2), 용해(1), 인력(1), 물리적 변화(1), 끓는점(1), 녹는점(1), 분자모형(1), 상태에 따른 온도변화(1), 상태변화에 따른 부피변화(1), 승화열(1), 승화와 열에너지(1), 액화(1), 열에너지(1), 열에너지와 분자배열관계(1), 액화열(1), 응고열(1)

*굵은 글씨는 모든 교과서에서 제시된 개념을 의미하며, 괄호 안의 숫자는 그 개념을 다루고 있는 교과서의 수를 의미한다.