



TIMSS 2011의 선다형 공개 문항을 통한 초등학생의 과학 내용영역과 인지영역의 관계 분석

전성수¹, 박종호^{2*}¹회원초등학교, ²진주교육대학교

The Analysis of Relationship between Science Contents and Cognitive Domain of Students in Elementary Schools Through Multiple Choice items of TIMSS 2011

Seongsoo Jeon¹, Jong-Ho Park^{2*}¹Hoewon Elementary School, ²Chinju National University of Education

ARTICLE INFO

Article history:

Received 28 May 2015
 Received in revised form
 13 June 2015
 Accepted 18 June 2015

Keywords:

TIMSS 2011,
 science content domain,
 science cognitive domain

ABSTRACT

This research is for acquiring implications to science education based on learner's characteristics by analyzing the relationship between contents on science learning and cognitive domain of students in elementary schools through TIMSS 2011-based academic achievement test. Forty one multiple choice items from by TIMSS 2011 were used on 317 primary school students, fourth to sixth grade, and according to grade and achievement level of research targets, test results were analyzed. With these data, the relationship between contents on science learning and the score by cognitive domains, and through correlation by items, we drew static and negative correlations, and then compared the value.

The result are as follows: First, other fields except for 'physical science' and 'inference' revealed meaningful differences by learners' grade, and the interrelationship between all contents domains and cognitive fields also appeared statically different. Second, both achievement level of contents and cognition of learners presented significant differences, but the correlation between scientific contents and cognitive field of learners showed different aspects. Third, in static and negative correlation by items, the complexity and their aspects could be classified by targets' academic achievement levels.

1. 서론

과학 교육은 과학의 기본 개념을 이해하고 과학 탐구 능력과 과학적 태도를 함양하여 창의적이고 합리적으로 문제를 해결하는 데 필요한 과학적 소양을 기르는 데 그 목적이 있다(Ministry of Education, Science and Technology, 2011). 이러한 과학 교육의 목적을 달성하기 위해 과학의 기본 개념을 이해하고 과학적 탐구 능력을 기르며, 과학적 태도를 균형 있게 평가하도록 안내하고 있으며(Ministry of Education, Science and Technology, 2011), 보다 효과적인 교수 학습 활동을 수행하기 위해 과학 교육의 일반 목표를 영역이나 범주로 구분하고자 하는 노력을 이어왔다. 과학 교육의 특징적 구분은 크게 내용 영역과 인지 영역, 과학적 탐구 능력으로 나눌 수 있는데(Mullis *et al.*, 2009), 내용 영역은 국가나 학년별 차이는 있으나 과학의 학문적 특성을 고려하여 물리, 화학, 생명과학, 지구과학 등과 같이 구분하고 있으며, 인지 영역의 경우 과학 개념의 정보 처리 과정의 위계적 단계로서 보통 알기(Knowing), 적용하기(Applying), 추론하기(Reasoning)와 같이 세 단계로 구분한다(Tyler, 1969). 이러한 과학 교육의 영역과 내용별 범주는 TIMSS(Trends in International Mathematics and Science Study)의 평가틀에서 제시되고 있다.

TIMSS는 PISA(Program for International Student Assessment)와

같이 과학 성취도를 국제적으로 평가하고 분석하는 연구로서, 국제 교육성취도 평가 협회(IEA; International Association for Evaluation of Educational Achievement)의 주관으로 1995년부터 4년 주기로 초등학교 4학년과 중학교 2학년 학생을 대상으로 실시하여 그 변화 추이를 분석하는 연구이다. 서로 다른 교육체제와 교육 정책을 수행하고 있는 세계 각국의 과학·수학 성취 결과와 성취도의 변화 추이를 비교 하며, 성취도의 변화에 영향을 미치는 관련 변인들과의 관계를 포괄적으로 파악함으로써, 각국의 교육 정책 수립과 교육의 질 개선에 도움이 되는 정보를 제공하는 것을 목적으로 한다.

이 TIMSS의 국제비교연구는 학생을 대상으로 하는 과학 성취도에 대한 가장 큰 규모의 평가이며, 과학 교육에 대한 세계 각국의 여러 교육학자들의 논의가 반영된 평가이다. 따라서 TIMSS에서 제시한 국제 비교의 연구 결과는 전 세계의 과학교육의 추이와 자국의 학생들의 과학 성취도 능력 및 특성 연구에 큰 시사점을 제공해 줄 수 있다.

학습자의 교육활동에 있어 학업성취도는 성공과 실패의 최우선적 경험으로 여겨지고 있다(Kim *et al.*, 2002). 교수학습 활동의 목표가 달성되었는지 여부를 평가하는 학업성취수준에 어떠한 변인이 작용하였는지를 탐색하는 과정은 교육 연구의 중요한 주제로서 다루어지고 있다. 이처럼 과학 교육 목표 달성 여부에 대한 검증에 학습자의 학업 성취도가 주요한 결과로서 작용하는 것은 더 이상 논의 대상이 되지

* 교신저자 : 박종호 (parkkdp@cue.ac.kr)
<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2015.35.3.0487>

않을 정도로 명백하다. 과학 학습에서 학습 성취 수준에 따른 학습자의 특성을 분석한 연구를 살펴보면, 과학 탐구능력, 논리적 사고력, 과학적 의사소통능력이 과학 학습 성취수준과 높은 상관관계를 가지고 있으며(Lee, 1991; Soh & Woo, 1994; Lee & Kim, 1996; Chung & Lee, 2000; Kim & Lee, 2001; Jeon & Park, 2014), 학업성취도의 수준에 따른 집단별 의지조정전략과 자기조절학습 전략에서도 차이를 나타내고 있다(Jeong *et al.*, 2010; Yang & Lee, 2012), 학업적 자기 효능감, (Connell, 1990), 과학에 대한 동기(Caraway *et al.*, 2003), 과학에 대한 태도와 흥미(An & Jeong, 1996; Lee & Kim, 2004), 과학학습에서의 학습 성향(Jeong & Lee, 2000), 심리적 학습환경(Lee & Kim, 1999), 학업적 관여 행동 수준(Connell *et al.*, 1995; DeBruyn, 2005)과도 학업 성취도에 따른 집단별 특성이 구분되며, 또 이들의 변인이 학습자의 학업성취도와 높은 상관관계를 지니고 있는 것으로 나타났다. 그리고 현재까지 수행된 TIMSS 평가에 대한 결과 분석은 한국교육과정평가원에서 매년 연구보고서로 출판되고 있다(Park *et al.*, 2003; Park *et al.*, 2004b; Kim *et al.*, 2012). TIMSS 1995 결과를 바탕으로 교사변인과 학교 변인을 분석하여 교육과정에 대한 시사점을 도출한 연구(Kim & Noh, 2001), TIMSS 1999에 대한 평가결과 연구(Park *et al.*, 2004a; Han, 2005), TIMSS 2003의 결과를 바탕으로 학생들의 과학 성취도를 분석한 연구(Shin *et al.*, 2006; Jeong *et al.*, 2006; Hong *et al.*, 2006; Kim *et al.*, 2007; Kwak & Jeong, 2007), TIMSS 2007을 통한 교육 환경의 변화 추이에 대한 국제 비교 분석 및 수학·과학 성취도 추이변화 국제비교(Kim *et al.*, 2008; Kim *et al.*, 2012), TIMSS 2011 평가 연구(Cho *et al.*, 2011; Kim & Kim, 2013) 등 많은 연구가 TIMSS의 결과를 바탕으로 진행되어 왔다. 하지만 학업성취도 평가에 관한 여러 연구들이 학업성취도 평가에 영향을 줄 수 있는 외적 변인을 분석하거나, 해당 연도의 학업성취도 평가 결과를 중심으로 분석이 주를 이루기 때문에 학습자에 속달된 지속적인 교과 성취기준을 파악하는 데는 제한점이 있을 수 있다. 그리고 이와 같은 연구들은 학업성취수준에 영향을 주는 교육정책과 같은 외적 변인과 학습자의 내적 변인에 초점을 두고 있으므로, 인지영역을 중심으로 TIMSS의 결과를 분석한 연구는 거의 없는 실정이다. 그리고 각각의 영역과 문항에 대한 국제 순위 비교와 성취수준에 대한 정답률의 단순 비교가 주류를 이루고 있다. 이러한 측면에 비견하더라도, TIMSS는 선행된 많은 교육연구 결과의 결집과 국제 수준의 과학 성취 평가에 대한 양적 자료를 제공해줄 수 있는 장점을 가지고 있다. 따라서 TIMSS 결과는 국가별 성취도 순위 비교외에도 학습자의 과학 성취도 평가 결과에 대한 다차원적이며 세부적인 분석이 가능할 것이며 이 결과는 과학교육에 의미있는 시사점을 제공할 수 있을 것이다.

Piaget(1954)에 의하면 학생들의 사고나 행동 양식은 인지구조의 특성에 의해 결정되며, 각 발달 단계에서 인지구조는 서로 다르게 나타난다. 따라서 교수자가 개념을 잘 알고 있다고 하더라도 학습자의 인지구조를 파악하지 못하면 그 개념을 효과적으로 표현하지 못한다. 따라서 본 연구에서는 TIMSS 2011의 선택형 문항을 통해 수집한 자료를 바탕으로 수리 통계적 결과 추이를 제시하는 것을 넘어서, 영역과 문항별 반구조적인 상관관계도를 정적상관관계와 부적상관관계로 구분하여 제시하였다. 이러한 결과는 초등학생들의 학년과 학업성취수준에 따른 과학학습의 내용과 인지영역의 측면에서의 서로 상이한 관계특성을 제시하며, 학습자의 특성을 고려한 과학 학습 내용의 관계성을

Table 1. Research target

Grade	4th	5th	6th	Total
Number(%)	107(33.8)	109(34.4)	101(31.9)	317(100.0)
%	33.8	34.4	31.9	100.0

Table 2. Distribution of research target by achievement levels

Achievement	High			Middle			Low			Total
Grade	4	5	6	4	5	6	4	5	6	317
Number	20	35	30	50	53	44	37	21	27	100.0
%	85			147			85			
%	27			46			27			

파악하여 과학교육에 시사점을 제공할 수 있을 것으로 사료된다.

II. 연구 방법

1. 연구대상

이 연구는 경남 C시의 H초등학교 4~6학년 학생 317명을 대상으로 실시하였으며, TIMSS 2011 공개 문항을 통해 과학학습의 내용과 인지영역의 각각의 수준 및 영역간의 상관관계를 분석하였다. 연구대상의 학년별 인원과 비율을 Table 1에 나타내었다.

연구대상의 전체점수를 기준으로 상위 27%와 하위 27%의 연구대상 그룹을 각각 학업성취수준 '상'과 '하'로 규정하고 나머지 46%를 학업성취수준 '중'으로 구분하여(Ebel, 1965), 집단별 전체점수 및 영역과 문항별 결과를 분석하였다. Table 2는 학업성취수준에 따른 학년별 분포를 나타낸 것이다.

2. 조사 및 검사도구

본 연구는 초등학생들의 특성을 학년과 학업성취수준을 기준으로 구분하여 학습자의 과학 평가 결과를 내용영역과 인지영역으로 구분하여 분석하고 각각 영역간의 상관관계를 비교하는 데 그 목적이 있다. 따라서 본 연구에서는 초등학교 4학년 대상의 TIMSS 2011 과학 공개 문항을 토대로 과학학습의 구성 영역을 내용영역과 인지영역으로 구분 지었으며, 연구대상의 학년과 학업성취수준에 따른 점수와 영역간의 반구조적 형태의 상관관계를 분석하였다.

가. 평가틀

TIMSS 2011의 평가틀은 앞선 4주기에 시행된 TIMSS 2007의 평가틀을 유지하면서 부분적으로 수정·보완하는 절차를 걸쳐 개발되었다. 이는 4년 주기로 시행되는 TIMSS 평가의 일관성과 지속성을 유지하면서 성취도의 추이를 파악하기 위한 것이다. 그리고 매 주기마다 IEA에서 평가틀을 보완하고 평가 참여국들이 검토하여 각국의 의견을 개진할 수 있도록 기회를 제공함과 동시에 국제 사회의 수학·과학 교육 변화에 부응할 수 있도록 하였다.(Mullis *et al.*, 2009; Cho *et al.*, 2011). 따라서 이 연구에서는 TIMSS 2011의 평가틀을 활용하여 연구대상의 학년과 학업성취수준에 따른 내용과 인지영역별 수준과 관계를 분석하였다.

TIMSS 2011은 크게 두 가지 기준으로 영역이 구분된다. 초등과학

Table 3. Assessment frameworks of TIMSS 2011 science assessment

Domain		Sub-domain
Contents	Life Science	Attributes of organisms and vital activity, life history, reproduction and heredity, interaction with environment, ecosystem, health
	Physical Science	Classification and attributes of substances, the source and effects of energy, force and movement
	Earth Science	Structure of the Earth and its physical features, source of the Earth, change of the Earth, circulation and history, the Earth in the solar system
Cognition	Knowing	Retrieving/recognizing, defining, describing, explaining with examples, explaining how to use scientific tools
	Applying	Comparing/contrasting/classifying, using models, connecting, interpreting information, solving, explaining
	Reasoning	Analyzing problems, combining/synthesizing, setting hypothesis/expecting, designing, concluding, generalizing, evaluating, justifying

Table 4. Contents and field construction by items of inspecting tools

Item No.	Item	Domain	
		Contents	Cognition
3	Animal groups of reptile	Life	Applying
5	Location of ice fragment in water	Physical	Applying
6	Heat which changes status of water	Physical	Applying
7	The best soil for growing plants	Earth	Knowing
8	One function of fruits	Life	Applying
9	Temperature of ice, vapor, and water	Physical	Knowing
11	Qualities of two substances	Physical	Reasoning
12	What you can get by energy of water falling down waterfalls	Earth	Knowing
13	Animals with similar appearance before and after growth	Life	Knowing
14	Explaining condensation	Physical	Knowing
17	The thing keeps sea elephants warm	Life	Applying
19	The reason hedgehog rolls like a ball	Life	Applying
20	Soil change by natural reasons	Earth	Knowing
21	Why animals in deserts active at night	Life	Applying
23	Luminous substances	Physical	Knowing
25	How long do plants live?	Earth	Knowing
26	Boiled eggs in cold water	Physical	Applying
27	Snow in other outer environment	Life	Reasoning
29	Location of lines which appear shadow	Physical	Applying
32	What decides where to flow rivers	Earth	Knowing
36	Correct relationship between predator-prey (food chain)	Life	Knowing
37	Children on seesaws	Physical	Reasoning
38	Scale and four rectangles	Physical	Reasoning
39	Why night and day turns?	Earth	Applying
40	The best food which includes calcium	Life	Knowing
41	Force that makes objects drop	Physical	Knowing

평가의 경우, 평가 대상국들의 과학교육과정을 근간으로 생명과학, 물상과학, 지구과학으로 나뉘는 내용영역과 과학 학습 내용을 인식하는 인지요소인 알기, 적용하기, 추론하기의 인지영역으로 구분되어 있다. 각각의 영역의 구성과 하위영역은 Table 3에 나타내었다.

나. 검사도구

이 연구의 검사도구는 가장 최근에 시행된 TIMSS 2011의 평가

Table 5. Proportion of items by Inspecting tools' contents domain

Contents	Sub-domain	Number (%)	Analyzed items (%)
Life Science	Attributes of organisms and vital activity, life history, reproduction and heredity, interaction with environment, ecosystem, health	16 (39.0)	9 (34.6)
	Classification and attributes of substances, the source and effects of energy, force and movement	18 (43.9)	11 (42.3)
Earth Science	Structure of the Earth and its physical features, source of the Earth, change of the Earth, circulation and history, the Earth in the solar system	7 (17.1)	6 (23.1)
	Total	41 (100)	26 (100)

Table 6. Constructing 'Life Science' contents items of inspecting tools

Domain	Life Science contents					Cognition			
	Type	A	B	C	D	E	Knowing	Applying	Reasoning
Number	2	1	4	1	1	2	6	1	
Total		9					9		

A: Characteristics and life processes of living things, B: Life cycles, reproduction, and heredity, C: Interaction with the environment, D: Ecosystems, E: Human health

문항 중 초등학교 4학년 대상의 과학 선다형 문항을 추출하여 재구성 하였다. TIMSS 2011의 초등 4학년 과학 평가의 경우에는 전체 169문항 중에서 72개의 문항이 공개되었으며, 이 연구는 그 중 선다형에 해당하는 41개의 문항을 통해 학습자의 특성에 따른 영역별 점수와 반구조적 관계를 분석하였다. 41개 문항의 선정 이유는 공개 문항 중 선다형 문항만을 추출하여 연구대상의 문항별 응답에 대한 영역별 수준과 상관관계가 평정자에의해 달라지지 않도록 검사도구의 객관성과 신뢰성을 확보하고자 하는데 있다.

연구대상 317명을 대상으로 검사를 실시한 결과, 정답률이 30% 미만인 극히 어려운 문항은 없었으나, 41개의 문항 중 15개 문항이 정답률 80% 보다 높은 문항이었다. 문항 정답률에 대한 적절한 수준에 대한 학자들의 일치된 바는 없지만, 연구대상의 과학에 대한 내용영역과 인지영역에 대한 상관관계 분석을 위해 문항 정답률이 30~80%의 범위를 넘어서서 매우 쉽거나 어려운 문항은 분석과정에서 배제하였다. 따라서 이 연구의 목적을 위해 분석된 문항은 총 41개의 문항 중 정답률이 30~80%에 속한 26개의 문항을 사용하였다(Table 4).

TIMSS 2011의 내용영역에 따른 초등학교 4학년의 과학문항 분포는 생명과학, 물상과학, 지구과학이 각각 45%, 35%, 20%였으며 이 중 공개된 선다형 과학 문항 분포는 각각 39.0%, 43.9%, 17.1%으로 나타났다. 그리고 본 연구를 위해 재선정된 정답률이 30~80%인 문항은 Table 5와 같이 생명과학이 34.6%, 물상과학과 지구과학이 각각 42.3%, 23.1%로 TIMSS 2011의 공개된 문항비율과 큰 차이는 보이지 않았다.

TIMSS 2011에 제시된 생명과학 내용영역의 문항은 총 74개이며 이중 공개된 문항은 30개였다. 이 연구에서는 공개된 문항 중 4지 선택의 선다형 문항 16개 중에서 정답률이 30~80%인 9개의 문항을 추출하여 검사도구에 포함시켰다. Table 6에서처럼 생명과학 영역의 구성은 생물체의 특성과 생명활동, 생활사 및 생식과 유전, 환경과의 상호작용, 생태계, 건강으로 나뉘어져 있으며 그 중 환경과의 상호작용이

Table 7. Constructing 'Physical Science' contents items of inspecting tools

Domain	Physical Science contents			Cognition		
Type	A	B	C	Knowing	Applying	Reasoning
Number	5	3	3	4	4	3
Total	11			11		

A: Classification and properties of matter, B: Sources and effects of energy, C: Force and motion

Table 8. Constructing 'Earth Science' contents items of inspecting tools

Domain	Earth Science contents			Cognition		
Type	A	B	C	Knowing	Applying	Reasoning
Number	2	2	2	5	1	0
Total	6			6		

A: Earth's structure, physical characteristics, and resources, B: Earth's processes, cycles, and history C: Earth in the solar system

Table 9. Proportion of items by inspecting tools' cognitive domain

Cognition	Sub-domain	Number (%)	Analyzed items (%)
Knowing	Retrieving/recognizing, defining, describing, explaining with examples, explaining how to use scientific tools	19 (46.3)	11 (42.3)
	Comparing/contrasting/classifying, using	16 (39.0)	11 (42.3)
Applying	models, connecting, interpreting information, solving, explaining	6 (14.6)	4 (15.4)
	Analyzing problems, combining/synthesizing, setting hypothesis/expecting, designing, concluding, generalizing, evaluating, justifying	41 (100)	26 (100)

가장 높은 비율을 차지하고 있었다. 그리고 인지영역의 기준에 따라서는 알기 2문항, 적용하기 6문항, 추론하기 1문항으로 분포되었다.

물상과학의 경우는 TIMSS 2011에서 총 61문항이 제시되었다. 공개된 28문항 중 18개의 선다형 문항 중에서 정답률이 30~80%인 문항을 추출하여 내용영역과 인지영역을 구분짓는 결과는 Table 7과 같다. 물상과학 문항은 물질의 분류와 특성, 에너지의 근원과 영향, 힘과 운동으로 3가지의 하위영역 유형으로 구분할 수 있다. 그리고 물상과학 문항을 인지영역의 기준으로 분류하여 보면 알기 4문항, 적용하기 4문항, 추론하기 3문항으로 구성되어 있다.

TIMSS 2011의 문항 중 지구과학 내용 영역의 문항은 74개의 생명과학과 61개의 문항이 수록된 물상과학보다 적은 수인 34개의 문항으로 구성되었다. 지구과학관련 34개의 문항 중에서 공개된 문항은 14개였으며 그 중 4지 선택형태의 선다형 문항은 8개였다. 지구과학 영역의 문항 중 폭포에서 떨어지는 물의 위치에너지를 전기에너지로 전환시키는 내용은 한국의 과학 교육과정의 경우 에너지의 전환을 다루는 물상과학의 내용영역과 더 가깝다. 하지만 TIMSS 2011의 기준을 적용하여 지구의 구조와 물리적 특성이라는 측면에서 이 문항을 지구과학 내용영역에 포함시켜 분석하였다. 정답률이 30~80%인 6개의 지구과학 영역 문항은 Table 8과 같이 알기 5개, 적용하기 1개로 구성되었으며 추론하기와 관련된 공개된 지구과학 내용영역 문항은 없었다.

초등학교 4학년 대상의 TIMSS 2011 과학문항의 경우, 인지영역 비율은 알기, 적용하기, 추론하기가 각각 40%, 40%, 20%로 구성되어

Table 10. Grade average scores on this Study's analyzed items

Grade	4th	5th	6th	Total
Average	73.89	81.28	78.81	77.93
Standard Deviation	23.264	21.020	22.407	22.398
F	3.263			
Meaningful Value	0.040			
Scheffé's test	4th < 5th			

Table 11. Grade average scores by contents domain

Category	4th	5th	6th	Total	F	
Life Science	Average	25.89	29.68	29.06	28.20	5.255*
	Standard Deviation	10.043	8.800	8.594	9.299	
Physical Science	Average	36.17	34.22	34.36	34.92	1.041
	Standard Deviation	11.360	10.345	11.306	11.005	
Earth Science	Average	11.64	17.39	15.40	14.81	15.835**
	Standard Deviation	7.163	7.025	8.622	7.963	

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

있다. 이 연구에서 분석대상 26개 문항의 인지영역별 비율은 Table 9에 나타나 있으며, TIMSS 2011에 비해 알기와 적용하기의 비율은 높아지고, 추론하기의 비율이 낮아졌지만 큰 차이는 보이지 않는다.

III. 연구결과 및 논의

1. 학년에 따른 영역별 점수 및 상관관계 비교

가. 연구대상의 학년에 따른 영역별 평균 점수

Table 10은 TIMSS 2011에서 공개된 선다형 문항 26개의 분석 대상 문항에 대한 초등학교 4~6학년 학생의 학년별 검사도구 전체 평균 점수를 나타낸 것이다. 연구대상의 평균 점수는 문항당 배점을 5점으로 계산하여 전체 130점 만점을 기준으로 77.93점이다. 이는 전체 문항에 대한 연구대상의 정답률이 59.95%에 해당하는 것으로 TIMSS 2011의 대한민국 초등학교 4학년 학생의 선다형 문항의 정답률이 72.90% 정답률보다는 낮은 수준으로 나타났다. 학년별 연구 대상의 점수를 비교해보면 4학년과 5학년 학생의 점수가 통계적으로 유의미한 차이를 보이고 있다.

Table 11의 결과에서처럼 연구대상의 학년에 따른 내용영역별 평균 점수에서 생명과학과 지구과학 내용영역의 경우에는 학년에 따른 차이를 나타내고 있지만, 4학년의 점수가 가장 높은 물상과학은 학년에 따른 통계적인 차이는 나타나지 않았다. 물상과학 영역에는 물의 상태 변화와 물리적 성질을 통한 물체와 물질의 분류, 무게와 중력에 대한 내용이 2009 개정교육과정에 따라 4학년 과학 교과서에 수록되어 있으므로, 물상과학에 해당하는 내용을 가장 최근에 학습한 4학년의 정답률이 다른 학년에 비해 높은 것으로 추리할 수 있다. 그리고 생명과학의 경우에는 환경과의 상호작용과 생태계영역은 연구대상이 모두 학습 전단계에 속한 결과로 해석되며, 지구과학의 경우에는 최근에 학습한 5학년과 달리 4학년과 6학년의 경우 교육과정의 개정시기와

Table 12. Grade average scores by cognitive domain

Category	4th	5th	6th	Total	F	
Knowing	Average	35.09	39.50	38.86	37.81	3.795*
	Standard Deviation	13.211	11.425	13.227	12.741	
Applying	Average	26.03	29.45	27.97	27.82	3.713*
	Standard Deviation	9.658	9.112	8.949	9.328	
Reasoning	Average	12.57	12.34	11.98	12.30	0.307
	Standard Deviation	5.380	5.382	5.616	5.445	

* $p<0.05$, ** $p<0.01$

Table 13. Correlation by contents domains based on grades

Category	Life-Physical	Physical-Earth	Earth-Life
4th	0.557**	0.440**	0.426**
5th	0.455**	0.504**	0.421**
6th	0.495**	0.398**	0.353**
Total	0.481**	0.396**	0.424**

* $p<0.05$, ** $p<0.01$

Table 14. Correlation by cognitive domains based on grades

Category	Knowing-Applying	Applying-Reasoning	Knowing-Reasoning
4th	0.546**	0.371**	0.468**
5th	0.455**	0.423**	0.513**
6th	0.500**	0.429**	0.364**
Total	0.513**	0.398**	0.434**

맞물리 학습되지 않은 지층과 화석, 지표의 변화 내용의 문항에서 낮은 정답률을 보인 것에 기인한다.

Table 12의 결과에서 연구대상의 학년에 따른 인지영역별 평균 점수는 알기와 적용하기가 학년에 따라 통계적으로 유의미한 결과를 나타내었다. 알기와 적용하기에서 가장 높은 점수를 획득한 5학년은 6개의 문항 중 5개의 문항이 알기영역에 속해있는 지구과학영역 점수가 다른 학년에 비해 높은 것에 기인한 것으로 보인다. 이는 5학년의 경우 그 전 학년에서 학습한 ‘지층과 화석’, ‘지표의 변화’와 5학년 교육과정의 ‘태양계’를 가장 최근에 배워 학습 내용을 회상하고 인식하는데 다른 학년에 비해 가장 유리했을 것으로 판단된다. 적용하기의 경우에도 통계적으로 큰 차이를 보인 문항의 정답률이 다른 학년에 비해 5학년이 가장 높은 것에 기인한 것으로 보인다. 이는 열매의 기능을 묻는 문항의 경우 5학년 1학기의 ‘식물의 구조와 기능’단원을 학습하였으며, 먹이사슬을 보고 포식자와 먹이의 관계를 바르게 적용할 수 있는 능력을 묻는 문항의 경우 4학년보다 5학년 학생이 높은 점수를 획득한 결과에 따른 것으로 보인다.

나. 연구대상의 학년에 따른 내용 및 인지영역별 상관관계 분석

Table 13과 Table 14는 초등학교 4-6학년 학생의 학년에 따른 내용영역과 인지영역별 상관관계를 나타낸 것이다. 연구대상의 학년에 따라 각 영역별 상관관계는 통계적으로 유의미한 상관을 갖고 있었다. 연구대상의 학년에 따른 내용영역별 상관계수는 생명과학-물상과학이 가장 높았으며($r=0.481$), 그 뒤를 지구과학-생명과학($r=0.424$), 물상과학-지구과학($r=0.396$) 순으로 나타났다. 4학년의 경우 생명과학-물상과학($r=0.557$)이, 5학년의 경우 물상과학-지구과학($r=0.504$), 6학년은

Table 15. Grade average scores by learner's achievement

Achievement	High	Middle	Low	Total
Average	104.59	79.18	49.12	77.93
Standard Deviation	9.424	8.067	11.105	22.398
F	753.929			
Meaningful Value	0.000			

Table 16. Grade average scores of contents domain by learner's achievement

Category	High	Middle	Low	Total	F	
Life Science	Average	49.35	39.18	23.88	37.81	190.014**
	Standard Deviation	9.691	7.120	9.709	12.741	
Physical Science	Average	36.00	27.89	19.53	27.82	113.375**
	Standard Deviation	6.673	6.823	8.041	9.328	
Earth Science	Average	15.59	12.86	8.06	12.30	56.943**
	Standard Deviation	4.392	4.861	4.635	5.445	

* $p<0.05$, ** $p<0.01$

Table 17. Grade average scores of cognitive domain by learner's achievement

Category	High	Middle	Low	Total	F	
Knowing	Average	35.76	28.74	19.71	28.20	106.433**
	Standard Deviation	6.292	6.994	8.322	9.299	
Applying	Average	44.24	36.16	23.47	34.92	150.676**
	Standard Deviation	7.962	7.699	8.129	11.005	
Reasoning	Average	20.94	15.03	8.29	14.81	3405.730**
	Standard Deviation	8.291	5.808	5.486	7.963	

* $p<0.05$, ** $p<0.01$

생명과학-물상과학($r=0.495$)의 상관관계가 가장 높았다.

연구대상의 학년에 따른 인지영역별 상관관계에서는 알기-적용하기($r=0.513$)가 가장 높은 상관관계를 나타냈으며 적용하기-추론하기($r=0.398$)가 가장 낮은 상관을 보였다. 4학년과 6학년의 경우에는 알기-적용하기가, 5학년은 알기-추론하기가 가장 높은 상관관계를 보였다.

2. 성취수준에 따른 영역별 점수 및 상관관계 비교

가. 연구대상의 성취수준에 따른 내용 및 인지영역별 평균 점수

연구대상의 성취수준별 전체 평균 점수는 Table 15에서처럼 학업성취수준이 높은 학생은 104.59점, 중간인 학생은 79.18점, 학업성취수준이 낮은 학생은 49.12점으로 성취수준에 따라 통계적으로 유의미한 차이를 보이고 있다.

Table 16의 결과에서 연구대상의 내용영역별 평균점수도 성취수준에 따라 큰 차이를 보이고 있다. 26개의 분석 대상 문항 중에서 사후검증을 통해 성취수준의 세 집단이 모두 통계적 유의한 차이를 보인 문항은 총 8개의 문항이었다. 내용영역 기준으로 구분하면 생명과학 2문항, 물상과학 3문항, 지구과학 3문항이었다. 6개의 문항으로 구성된 지구과학 영역에서 세 개의 문항이 학업성취수준에 따른 통계적인 차이를 나타냈다.

Table 18. Correlation of contents domain by learner's achievement

Category	Life-Physical	Physical-Earth	Earth-Life
High	0.350**	0.133	0.169
Middle	-0.179*	-0.177*	-0.012
Low	0.200	0.041	0.152
Total	0.481**	0.424**	0.396**

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

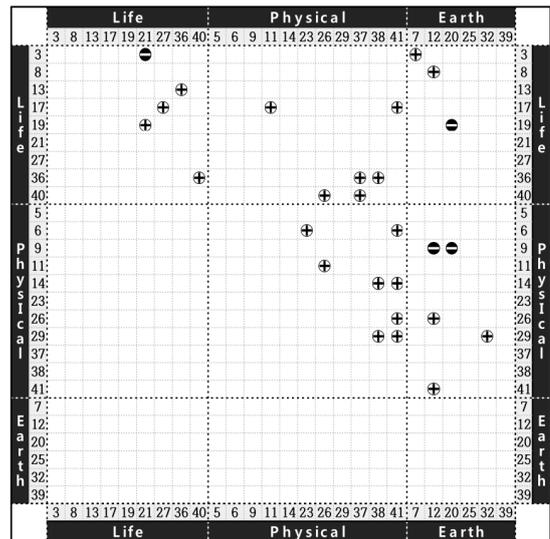
인지영역에 대한 성취수준별 점수 결과에서도 Table 17의 결과에서 나타나듯이 모든 인지영역에서 성취수준에 따라 통계적으로 유의미한 차이를 보이고 있다. 알기 5문항, 적용하기 1문항, 추론하기 2문항이 사후검증을 통해 세 성취수준별 집단의 통계적 차이를 보인 문항으로 나타났다. 이는 성취수준에 따라 물상과학 내용영역에서는 추론하기를 묻는 인지학습, 지구과학 내용영역에서는 알기를 묻는 인지학습이 학업성취수준에 따라 큰 차이를 나타내는 것으로 이해할 수 있다.

나. 연구대상의 성취수준에 따른 내용 및 인지영역별 상관관계 분석

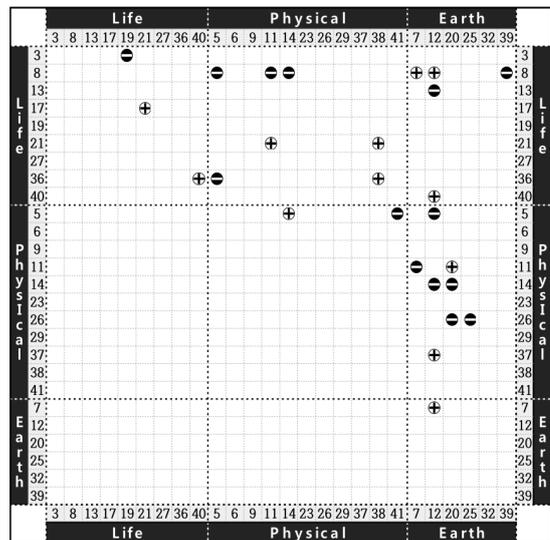
1) 성취수준에 따른 내용영역별 상관관계

Table 18의 결과에서 나타나듯이, 연구대상의 성취수준에 따른 내용영역별 상관관계에서 전체 학생들의 각 내용영역별 상관관계는 가장 낮은 지구과학-생명과학($r=0.396$)에서 가장 높은 생명과학-물상과학($r=0.481$)까지 모두 유의미한 상관관계를 가지고 있는 것으로 나타났다. 하지만 성취수준에 따라 각 내용영역간의 상관관계의 모습은 다르게 나타난다. 성취수준이 '상'인 학생의 경우 생명과학-물상과학($r=0.350$)이 유의미한 정적 상관을 나타내었으나, 성취수준이 '중'인 학생의 경우에는 모든 내용영역간의 상관관계가 부적상관으로 나타났다. 특히, 물상과학-지구과학($r=-0.179$), 물상과학-지구과학($r=-0.177$)로 통계적으로 유의미한 부적관계를 드러내는 것으로, 물상과학과 관계된 생명과학, 지구과학 내용영역 간의 학습에 대한 교육적 논의가 필요할 것으로 사료된다.

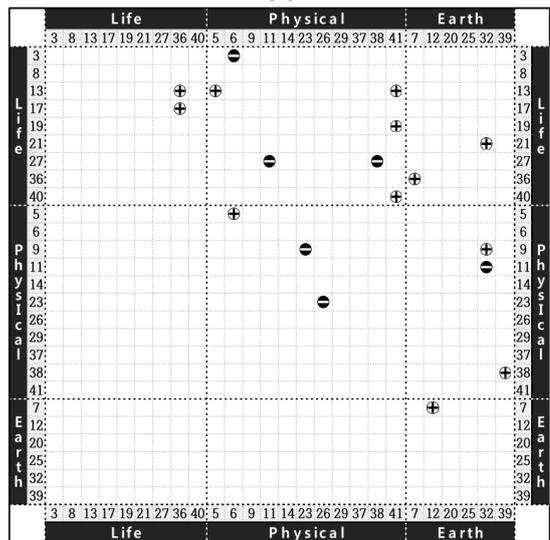
학업성취수준별 내용영역에 따른 문항간의 반구조적인 형태의 상관관계를 분석하기 위해 정적상관관계와 부적상관관계를 Figure 1에 나타내었다. 모든 문항간의 상관관계를 정적인 관계와 부적인 관계로 구분하여 표시한 Figure 1의 결과를 통해 학습자의 성취수준에 따라 상관관계에 있는 문항과 그 수가 다를 수 있다. 상위 27% 이내의 높은 성취수준의 학생들은 통계적으로 유의미한 정적관계 23개, 부적관계 4개가 나타났다. 성취수준 '하'인 학생들의 정적관계 문항이 2개인 반면에 성취수준 '상'인 학생은 약 두 배의 많은 수를 가진다. 부적 관계의 경우에도 성취수준 '하' 학생이 6개인 반면 성취수준 '상'인 학생은 4개로 성취수준이 낮은 학생이 상대적으로 부적상관관계가 더 많음을 알 수 있다. Figure 1-(a)의 결과에서 성취수준 '상'인 학생의 경우, 생명과학-생명과학 영역에서는 정적관계와 부적관계가 각각 4개, 1개로 나타났으며, 생명과학-물상과학은 정적 관계가 6개, 생명과학-지구과학은 정적관계 2개, 부적관계가 1개로 나타났다. 물상과학-지구과학은 정적관계가 8개로 내용영역 중에서 가장 많은 정적상관관계가 있는 영역이며, 물상과학-물상과학은 정적관계 3개, 부적관계 2개, 지구과학-지구과학 영역에서는 유의미한 문항간의 상관관계가 나타나지 않았다. Figure 1-(b)는 성취수준이 '중'인 학생들의 내용영역



(a)



(b)



(c)

⊕ : static correlation ⊖ : negative correlation

Figure 1. Correlation of TIMSS 2011 items by contents of (a) 'high', (b) 'middle', (c) 'low' in achievement levels

과 문항별 상관관계를 나타낸 것이다. 성취수준이 '중'인 학생의 경우 통계적으로 유의미한 정적 관계 12개, 부적관계는 14개로 나타났다.

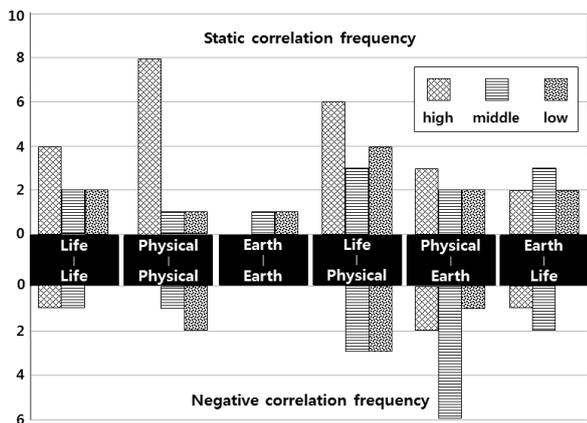


Figure 2. Correlation frequency among contents items based on learners' achievement levels

Table 19. Correlation of cognitive domain by learner's achievement

Category	Knowing-Applying	Applying-Reasoning	Reasoning-Knowing
high	0.337**	0.294**	0.275*
Middle	-0.177*	0.018	0.013
Low	0.127	0.095	0.031
Total	0.513**	0.398**	0.434**

성취수준이 중간인 학생보다 성취수준이 높거나 낮은 학생의 경우 정적상관관계가 부적상관관계보다 더 많지만, 성취수준이 '중'인 학생의 경우에는 문항간의 부적관계가 정적관계보다 많이 나타났음을 알 수 있다. 생명과학-생명과학 영역에서는 정적관계 2개, 부적관계 1개로 나타났으며, 생명과학-물상과학은 정적관계 3개, 부적관계가 4개로 나타났다. 생명과학-지구과학은 정적관계 3개, 부적관계 2개였으며, 물상과학-물상과학은 정적과 부적관계가 각각 1개씩 나타났다. 물상과학-지구과학 영역의 문항간 상관관계에서는 정적관계가 2개, 부적관계가 6개로 부적관계의 수가 많은 영역이었다. 지구과학-지구과학 영역의 경우 성취수준 '하'인 학생과 같은 문항들의 관계에서 정적상관관계 1개가 나타났다. 성취수준이 낮은 27% 학생의 문항간의 상관관계를 살펴보면, 통계적으로 유의미한 12개의 정적관계, 6개의 부적관계가 나타났다. 생명과학-생명과학 영역에서는 정적관계가 2개, 생명과학-물상과학은 정적관계가 4개, 부적 관계인 경우는 3개로 나타났다. 생명과학-지구과학은 정적관계가 2개, 물상과학-지구과학의 문항별 상관관계에서는 정적관계 2개와 부적관계 1개, 물상과학-물상과학은 정적관계와 부적관계가 각각 1개와 2개로 나타났다. 지구과학-지구과학 영역에서는 정적상관을 가진 문항관계만 1개가 나타났다.

Figure 2는 성취수준에 따른 문항간의 상관관계를 내용영역간 범주로 비교하여 나타낸 것이다. 생명과학과 물상과학의 문항별 전체 99개 중에서 정적상관관계를 가진 문항관계가 다른 영역별 상관관계에 비해 가장 높은 비율인 약 13.13%로 나타났다. 그 뒤로 지구과학-생명과학이 12.96%, 생명과학-생명과학이 11.11% 순으로 나타났다. 가장 적은 정적상관관계를 보인 지구과학-지구과학영역은 30개 중 단 2개의 문항간 정적상관관계를 가져 6.67%의 정적상관관계 비율을 나타내었다. 성취수준에 따른 문항간의 부적상관관계를 나타낸 결과를 보면, 물상과학-지구과학에서 9개의 부적상관관계를 맺고 있으며, 이는 전체 66개의 문항관계에서 약 13.64%를 차지하여 가장 높은 부적상관관계 비율을 보이고 있다. 부적인 상관관계가 전혀 나타나지 않은 지구과

학-지구과학은 정적상관관계에서도 가장 낮은 부적상관관계 비율을 나타낸 영역이다.

2) 성취수준에 따른 인지영역별 상관관계

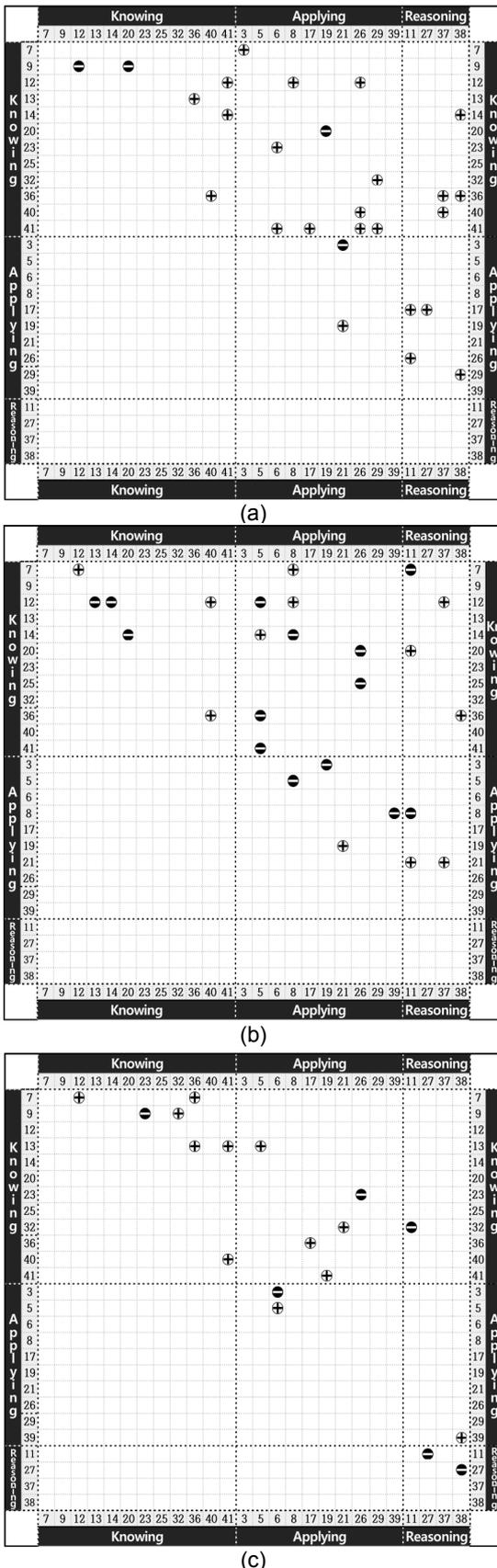
연구대상의 성취수준에 따른 인지영역별 상관관계는 Table 19에 나타내었다. 전체 연구대상의 각 인지영역별 상관관계에서 가장 낮은 적용하기-추론하기($r=0.398$)에서 가장 높은 알기-적용하기($r=0.513$)까지 모두 유의미한 상관관계를 가지고 있는 것으로 나타났다. 하지만 성취수준에 따라 각 인지영역간의 상관관계의 결과는 다르게 나타난다. 성취수준이 '상'인 학생의 경우 모든 인지 영역에서 유의미한 정적상관을 나타내고 있으나, 성취수준이 '중'인 학생은 알기-적용하기($r=-0.177$)에서 부적 상관관계가 나타났으며, 이는 성취수준 '중'인 학생이 모든 내용영역간의 상관관계가 부적상관으로 나타난 결과와 맥락을 같이한다. 성취수준이 '하'인 학생의 경우 모든 인지영역별 상관관계에서 유의미한 통계적 관계가 나타나지 않았다.

성취수준별 인지영역에 따른 문항간의 상관관계를 분석하기 위해 정적상관관계와 부적상관관계를 Figure 3에 나타내었다. 내용영역 문항간의 상관관계를 정적인 관계와 부적인 관계로 구분하여 표시한 결과(Figure 1)와 마찬가지로 인지영역 문항간의 상관관계 결과도 학습자의 성취수준에 따라 상관관계를 가진 문항의 양상이 다를 수 있다.

성취수준이 '상'인 학생의 경우 알기-알기 영역에서 정적상관관계가 4개, 부적상관의 문항관계가 2개로 나타났다. 적용하기-적용하기는 정적과 부적상관관계의 문항관계가 모두 1개였으며, 추론하기-추론하기는 통계적으로 유의미한 상관의 문항관계가 없었다. 모든 성취수준별 학생들이 추론하기-추론하기에서 서로 정적인 상관관계가 없었던 결과는 인지영역 중 가장 높은 차원의 추론하기와 같은 경우, 하나의 추론에서 다른 추론으로의 연결이 초등학교 수준에서는 어렵다는 것을 시사한다. 그러나 알기-적용하기 영역에서 가장 많은 10개의 정적관계가 존재하므로 이 두 영역의 상관성은 매우 높음을 알 수 있다. 또 알기-추론하기와 적용하기-추론하기의 정적관계의 문항이 각각 4개인 결과를 통하여 성취수준이 높은 학생들은 알기, 적용하기, 추론하기의 인지영역들이 서로 영향을 주고 있는 것으로 해석된다.

성취수준이 '중'인 학생들의 인지 영역별 상관관계를 Figure 3-(b)에 나타내었다. 알기-알기 영역은 정적과 부적 관계의 문항이 각각 3개가 나타났으며, 적용하기-적용하기는 1개의 정적관계와 3개의 부적관계를 나타냈다. 그리고 추론하기-추론하기 영역에서는 통계적으로 유의미하게 상관관계를 가지는 문항이 없었다. 알기-적용하기는 정적관계 3개, 부적관계가 6개였으며, 알기-추론하기는 3개의 정적인 상관관계와 1개의 부적 관계가 존재하였다. 그리고 적용하기-추론하기 영역에서는 정적관계가 2개, 부적관계가 1개로 나타났다. 성취수준이 '중'인 학생은 다른 성취수준의 학생들의 비해 내용영역과 인지영역모두에서 문항간의 부적상관관계가 많은 것으로 나타났다.

성취수준이 '하'인 학생들의 인지영역별 상관관계를 Figure 3-(c)에 나타내었다. 알기-알기 영역은 6개의 정적관계와 1개의 부적관계가 나타났으며, 적용하기-적용하기는 정적과 부적 관계가 각각 1개씩 나타났다. 그리고 추론하기-추론하기에서 상관관계를 나타내는 문항관계는 2개로, 이는 모두 통계적으로 유의미한 부적인 상관관계를 가진



⊕ : static correlation ⊖ : negative correlation
 Figure 3. Correlation of TIMSS 2011 items by cognition of (a) 'high', (b) 'middle', (c) 'low' in achievement levels

다. 알기-적용하기는 4개의 정적관계와 1개의 부적관계가 있으며, 알기-추론하기는 정적상관에 있는 문항은 없었으며 1개의 부적관계만

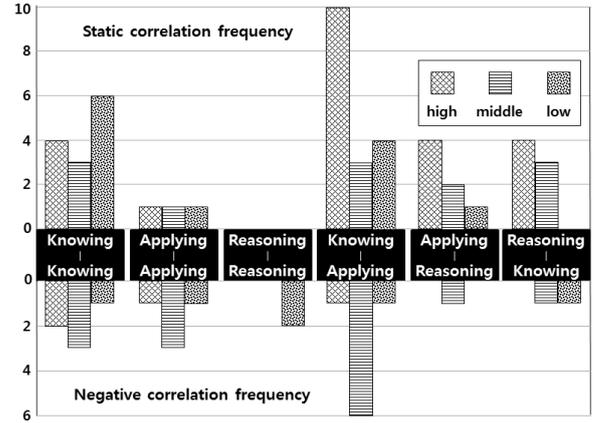


Figure 4. Correlation frequency among items in cognitive domain based on learners' achievement levels

존재하였다. 이러한 결과는 성취수준이 '하'인 학생의 경우 인지요소 중 알기와 추론하기가 서로 큰 영향을 끼치고 있지 않음을 시사한다. 그리고 적용하기-추론하기 영역에서는 정적상관의 문항관계가 1개 나타났다. 이처럼 학습자의 인지수준에 따라 나뉘는 그 단계를 나눈 알기와 적용하기, 추론하기의 인지요소들이 낮은 학업성취수준의 학생의 경우 그 연결이 약한 상관을 띠고 있다고 추리할 수 있다. 따라서 다른 학업성취수준의 학생들에 비해 낮은 성취수준의 학생들의 지적 특성을 파악하여 교육프로그램에 적용시킬 필요가 있을 것으로 사료된다.

Figure 4는 성취수준에 따른 문항간의 상관관계를 인지영역별로 비교하여 나타낸 것이다. 전체 40개의 문항별 관계를 가진 적용-추론 영역에서 가장 높은 비율인 약 17.50%의 정적상관관계를 맺고 있으며, 그 뒤를 추론알기, 알기-적용하기 영역이 각각 14.58%, 14.17% 순으로 나타났다. 가장 낮은 정적상관관계를 보인 영역으로는 상관관계에 있는 문항이 없었던 추론-추론 영역과 3.33%의 정적상관관계 비율을 보인 적용하기-적용하기 영역임을 고려할 때, 과학학습의 인지영역 측면에서는 알기 영역을 중심으로 적용하기와 추론하기가 높은 정적상관관계를 맺고 있음을 알 수 있다. 부적상관관계를 나타낸 결과를 보면, 정적상관관계의 문항이 없었던 추론-추론 영역에서 약 16.67%로 가장 높은 부적상관관계 비율을 나타냈다. 그리고 정적상관관계의 비율이 가장 높았던 적용-추론 영역이 부적상관관계에서는 2.50%의 결과로 가장 낮은 부적상관관계 영역으로 나타났다.

3. 연구대상의 성취수준에 따른 문항별 상관관계 분석

가. 성취수준에 따른 문항별 정적 상관관계

연구대상의 성취수준에 따른 TIMSS 2011 문항간의 상관관계 중 통계적으로 정적인 유의미한 관계를 반구조적인 도식으로 나타낸 것이 Figure 5이다. 통계적으로 유의미한 상관관계를 나타낸 각각의 문항들을 선으로 이어, 문항별 상관적 의미를 학업성취도 집단별로 나타낸 관계도이다. 연결선에는 문항간의 상관계수(r)를 표기하였다.

Figure 5의 결과에 따르면, 연구대상의 학업성취수준에 따라 문항간 관계의 양상이 상이함을 알 수 있다. 우선 성취수준이 높은 학생이 다른 성취수준의 학생에 비해 가장 많은 문항이 서로 상관관계를 맺고 있다. 총 26개의 문항 중에서 21개의 문항에서 유의미한 상관을 보였

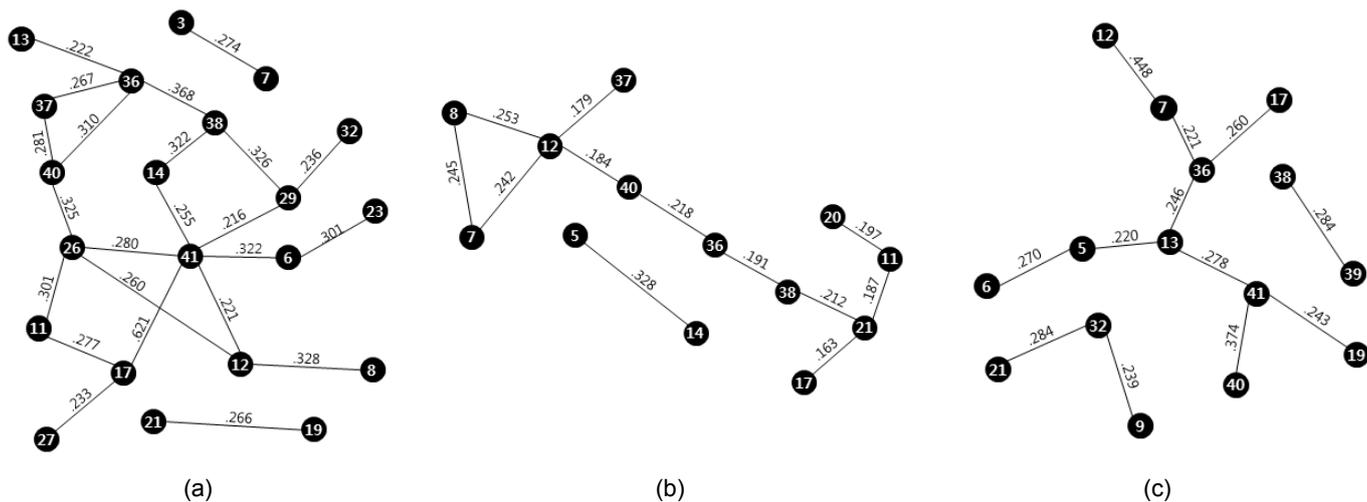


Figure 5. Static correlation by items of (a) 'high', (b) 'middle', (c) 'low' in achievement levels ($p<.05$)

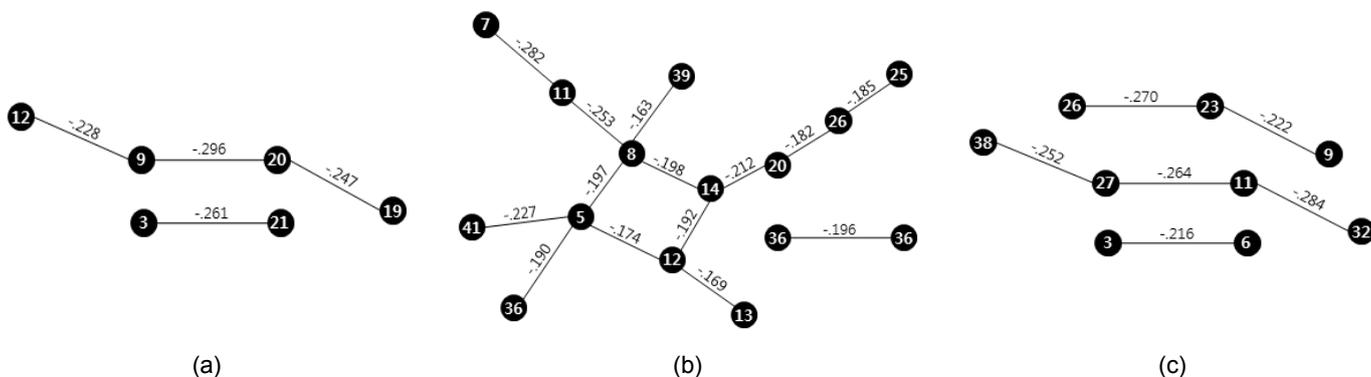


Figure 6. Negative correlation by items of (a) 'high', (b) 'middle', (c) 'low' in achievement levels ($p<.05$)

으며, 이는 13개의 학업성취수준 ‘중’과 15개의 성취수준 ‘하’인 집단 보다 월등히 많은 수치이다.

성취수준이 높은 학생들의 문항간 상관관계를 나타낸 Figure 5-(a)의 결과에 따르면 총 21개의 문항 중 17개의 문항이 유기적으로 연결되어 있음을 알 수 있다. 그리고 41번 문항의 경우 가장 많은 수의 문항인 6개의 문항과 유의미한 상관을 지니고 있었으며, 6번, 12번, 14번, 17번, 26번, 29번 문항이 14번 문항과 통계적으로 정적인 상관관계를 나타내고 있었다. 물체를 떨어지게 하는 힘을 나타내는 용어를 고르는 문항인 41번 문항은 내용영역에서는 물상과학의 힘과 운동에, 인지영역에서는 알기에 해당하는 문항이다. 이 문항은 중력에 대한 알기 능력을 요구하는 문항으로 기본 개념에 대한 학습자의 인지가 다른 내용이나 영역에 높은 상관을 가져올 수 있는 가능성을 시사한다. 6번, 14번, 26번, 29번 문항은 41번 문항과 같은 물상과학 영역에 속하는 문항이며, 12번 문항은 TIMSS의 내용영역 기준에서는 지구과학 영역에 포함되어 있지만, 에너지 개념과 관련된 문항으로 한국의 교육과정에서는 물상영역에 속해 있으므로 통계적으로 유의미한 정적인 상관계수를 지니는 것으로 판단된다.

Figure 5-(b)는 학업성취수준이 중인 학생들의 상관관계를 나타낸 것이다. 시행된 총 26개의 문항 중 13개의 문항이 서로 통계적으로 유의미한 정적 상관관계를 나타내고 있다. 5번과 14번 문항을 제외한 11개의 문항이 서로 연결되어 있으며, 그 중 12번 문항이 가장 많은 수인 4개의 문항과 유의미한 상관을 지니고 있었으며, 7번, 8번, 37번,

40번 문항이 이에 해당한다.

성취수준이 낮은 학생들의 문항간의 상관관계는 Figure 5-(c)에 나타내었다. 총 15개의 문항이 유의미한 정적 상관관계를 맺고 있으며, 36번 문항과 13번, 41번 문항이 가장 많은 수인 3개의 문항과 연결되어 있음을 알 수 있다.

41번과 36번 문항의 경우 성취수준이 높은 학생들의 관계도에서 각각 4개와 6개의 문항과 정적인 상관관계를 맺고 있었으며, 성취수준이 낮은 학생들에게서도 많은 문항들과 유의미한 상관을 나타내고 있다. 36번 문항의 경우에는 생명과학 영역으로서 생태계의 먹이사슬을 이해하여 포식자와 먹이의 관계를 파악하는 능력을 요구하고 있다. 하지만 한국의 2007 개정 교육과정에서는 초등학교 6학년에서 먹이사슬과 포식자에 대한 개념을 학습하게 된다. 따라서 4, 5학년의 연구대상 중 과학적 소양이 높거나 선행학습이 이루어진 학생이 이 문항을 맞추었을 가능성이 높으므로 다른 문항과의 연계성도 높을 것으로 사료된다. 8번-12번, 36번-38번, 36번-40번 문항의 관계는 성취수준 상관중에서 공통적으로 유의미한 정적 상관을 가지고 있으며, 36번-13번 문항은 성취수준 상에서 0.222, 성취수준 하에서 0.246의 상관관계를 나타내며 공통적으로 유의미한 정적인 상관관계를 나타내고 있다.

Table 13과 14의 결과에서처럼 연구대상의 학년에 따른 영역별 상관관계는 내용영역과 인지영역의 하위영역들이 모두 통계적으로 유의미한 상관관계를 갖고 있었지만, 성취수준별로 TIMSS 2011의 문항간의 정적 상관관계를 나타낸 결과를 통하여 연구대상의 성취수준에 따

른 상관관계는 영역별 상이한 결과를 나타내고 있다.

나. 성취수준에 따른 문항별 부적 상관관계

Figure 5이 TIMSS 2011의 문항별 상관관계 중 통계적으로 정적인 상관의 결과를 나타낸 문항들의 관계도라고 한다면, Figure 6은 문항간의 부적 상관 결과가 통계적으로 유의미하게 나온 관계를 반구조적 도식으로 표현한 것이다.

성취수준이 높은 Fig 6-(a)와 성취수준이 낮은 학생들의 결과인 Figure 6-(c)는 비슷한 양상을 보이고 있지만, 성취수준이 중간인 학생들의 TIMSS 2011 문항간의 부적 상관관계는 Figure 6-(b)에서처럼 상대적으로 복잡하다. 부적상관관계를 나타내는 문항이 많은 순으로 성취수준을 나열하여 보면, 성취수준이 중간인 학생들은 21개의 문항 중에서 15개, 성취수준이 낮은 학생들이 9개, 성취수준이 높은 학생들은 6개의 순이다. 성취수준이 상과 하인 학생들의 경우 각 문항들 간의 부적상관관계가 2개 이하로 단순한 양상을 보이는 반면 성취수준이 중간인 학생들은 5번, 8번, 12번, 14번 문항을 중심으로 전체적으로 복잡하게 연결되어 있는 모습을 보인다. 이는 성취수준이 중간인 학생은 대체로 과학 개념에 대한 일관적인 인지를 하지 못하거나, 문항의 단서나 상황에 따라 개념 인식이 쉽게 변화하는 것으로 사료된다. 5번 문항은 물에서 얼음 조각의 위치를 묻는 문항으로 내용영역에서는 물상과학, 인지영역에서는 적용하기에 속한 문항이며, 8번 문항은 생명과학과 적용하기에 속한 문항으로 열매의 기능을 묻는 문항이다. 8번 문항의 경우 5학년에서 가장 높은 정답률의 문항이었지만, 전체 학생 중 성취수준이 ‘중’인 학생들의 정답률은 상대적으로 낮은 현상을 보였다. 12번과 14번 문항은 과학 개념인 위치에너지와 응결 개념을 묻는 알기 영역에 속한 문항이다.

TIMSS 2011의 문항별 상관관계 중에서 연구대상의 성취수준에 따라 유의미한 부적 상관관계는 정적상관관계와는 다르게 성취수준별로 공통적인 부적 관계를 나타내는 문항은 없었다.

IV. 결론 및 제언

이 연구는 TIMSS 2011을 기초한 과학성취도평가를 통하여 초등학생의 과학학습에 대한 내용영역과 인지영역의 관계를 분석하는데 그 목적이 있다. TIMSS 2011의 문항 중에서 공개된 41개의 선택형 문항을 초등학생 4~6학년 317명을 대상으로 실시하였다. 그 중 정답률이 30~80%인 문항을 재추출하여 TIMSS 2011에서 제시된 분석틀을 기준으로 결과를 분석하였다. 연구대상의 학년과 학업성취수준에 따라 검사도구의 각 문항별 점수를 크게 내용영역과 인지영역으로 나누어 각각 하위영역별 상관관계를 정적상관관계도와 부적상관관계도로 나누어 분석하였으며 분석된 결과를 문항별 내재된 특성을 기준으로 논의하였다. 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 연구대상의 학년에 따라 과학 학습의 내용영역과 인지영역간의 유의미한 차이를 나타내었다. 하지만 내용영역 중에서는 물상과학이 인지영역 중에서는 추론하기는 연구대상의 학년별 뚜렷한 차이를 보이지 않았다. 이는 4학년 학생의 물상과학영역 점수가 연구대상 중 가장 높았기 때문으로 사료된다. 초등학교 4학년을 대상으로 하는 TIMSS 2011은 물상과학 영역의 평가를 내용으로 물질의 분류와 특성,

에너지의 근원과 영향, 힘과 운동을 설정하고 있다. 하지만 한국의 과학교육과정에서는 3, 4학년 물상과학영역의 내용으로 자석, 빛의 직진, 무게, 열전달, 물체와 물질, 액체와 기체, 혼합물의 분리, 물의 상태변화를 가르치도록 되어있다. TIMSS의 평가틀과 한국의 과학교육과정을 비교해보면 화학영역에서 약간의 공통점이 존재하지만 대체적으로 서로 상이한 내용으로 보인다. 실제 국제성취도평가협회에서 참여국의 교육과정을 근간으로 TIMSS 문항을 구성하여 참여국의 교육과정과 TIMSS 2011 문항과의 일치도가 75.2%인 반면, 한국의 2007 개정 교육과정과의 일치도는 약 33.7%로 참여국 중 매우 낮은 수준에 머물러 있다. 이러한 현상은 한국의 과학교육과정이 지식 위주의 물리, 화학, 생명, 지구과학인 네 개의 내용영역으로 엄격히 구별되어 각각의 영역에 따라 지식이나 학습이 수준이나 단계별로 진행되는 현실과 높은 관련이 있는 것으로 사료된다. 연구대상의 학년에 따라 내용영역과 인지영역의 하위영역별 상관관계는 모두 통계적으로 유의미한 상관성을 지니고 있었다.

둘째, 연구대상의 학업성취수준에 따른 내용영역 및 인지영역의 집단별 차이는 모두 유의미한 차이를 보였으나, 각 학업성취수준 집단별 과학학습의 내용 및 인지영역의 상관관계 결과는 각기 다른 양상을 나타내고 있었다. 내용영역간의 상관관계인 경우, 성취수준이 높은 학생의 경우에는 생명과학-물상과학의 상관관계가 통계적으로 유의미한 정적관계로 나타났지만, 나머지 내용영역간의 상관관계에서는 유의미한 상관성이 나타나지 않았다. 성취수준이 ‘중’인 학생은 내용영역간 상관관계비교에서 지구과학과 생명과학 영역을 제외한 나머지 두 개의 생명과학-물상과학, 물상과학-지구과학에서 통계적으로 유의미한 부적상관관계를 나타내고 있었다. 성취수준이 낮은 학생들의 경우 상관관계를 나타내는 내용영역은 없었다. 인지영역의 경우에는 성취수준의 특성이 보다 분명하게 나타난다. 성취수준이 높은 학생의 경우 모든 인지영역별 상관관계가 통계적으로 유의미한 수준인 높은 상관성을 가진 반면, 성취수준이 중간인 학생은 알기-적용하기에서 부적상관관계만을, 성취수준이 낮은 학생은 인지영역별 상관관계가 전혀 나타나지 않았다. 이러한 성취수준에 따른 영역별 상관관계 지수의 차이뿐만 아니라, 성취수준에 따라 문항별 상관관계의 양상도 크게 다르게 나타났으며, 추론하기-추론하기와 같은 특정 영역에서는 모든 성취수준별 집단에서 상관성을 가진 관계가 존재하지 않는 특성이 나타났다. 이와 같이 과학학습의 내용과 인지의 연결은 학습자의 성취수준에 따라 서로 다른 특성을 나타낸다. 성취수준이 낮은 학생으로부터 높은 학생으로 학습의 전이나 연결이 점진적으로 발전하는 양상이 아니라 성취수준별로 비선형적인 고유한 특성을 가진 것으로 판단된다. 따라서 과학교육자들이 과학학습의 내용 및 학습단계 등의 과학 교육 계획을 수립할 때에는 성취수준에 따른 집단별의 특성을 충분히 고려해야할 필요가 있다.

셋째, 학습자의 성취수준별에 따른 과학 내용과 인지영역 차원의 상관관계뿐만 아니라 각각의 문항간의 상관관계도 연구대상의 학업성취수준에 따라 정적상관관계와 부적상관관계가 서로 구분되어 다른 양상을 나타내었다. 성취수준이 높은 학생들은 대다수의 문항에서 정적인 상관관계를 가지고 있었으며, 부적인 상관관계를 가진 문항의 수와 문항간의 관계 모습도 다른 학업성취수준의 집단에 비해 가장 단순한 형태를 띠고 있었다. 따라서 성취수준이 높은 학생들은 학습에 대한 내용 및 인지영역에 대한 학습 전이가 높으며, 특정 개념이나 학습이 다른 개념이나 학습에 방해요인으로 작용하는 경우가 적은 것

으로 판단된다. 이에 비해 성취수준이 중간인 학생은 성취수준이 ‘상’인 집단에서 나타나는 다른 문항과의 유의미한 관계를 많이 가지는 중심문항이 적었으며, 특히 단순한 모습의 정적상관관계와는 다르게 문항별 부적상관관계에서 여타 성취수준별 집단에 비해 가장 복잡한 관계 모습을 보이고 있었다. 이는 학업성취수준이 중간인 46%의 학생들이 과학 학습내용을 인지하는 과정에서 큰 불안정과 불확실성을 가지는 것으로 판단된다. 성취수준이 낮은 학생의 경우에는 성취수준이 높은 학생보다 문항별 정적상관관계가 복잡한 양상을 나타나고 있지 않지만 성취수준 ‘중’인 학생보다는 문항간의 관계가 유기적인 형태를 취하고 있다. 그리고 문항별 부적상관관계에서도 성취수준이 ‘상’과 ‘중’인 집단의 중간정도의 복잡성을 띠고 있다. 이와 같은 결과는 학습자의 학업성취수준에 따라 과학 개념에 대한 인식 및 개념간의 파지의 양상이 다르게 나타나는 것을 의미함으로 과학교육과정의 내용선정 및 구성에 기초적인 자료로서 제공될 수 있을 것으로 사료된다.

초등학생을 대상으로 진행한 이 연구는 공개된 TIMSS 2011 선택형 문항만을 실시하여 자료를 수집하였다. 따라서 이 연구의 결과는 현행 과학 교육에서 사용되는 학습 내용과 인지영역을 모두 포함한다고 볼 수 없을 뿐만 아니라, TIMSS의 문항 중 일부분만을 사용하여 분석한 결과이기 때문에 연구 범위와 수준이 매우 특수적일 가능성이 크다. 따라서 TIMSS의 전체 문항의 반응결과를 토대로 다양한 학습자의 특성을 고려한 연구를 진행해 볼 필요가 있다.

국문요약

이 연구는 TIMSS 2011을 기초한 학업성취도평가를 통하여 초등학생의 과학학습에 대한 내용영역과 인지영역의 관계를 분석하여, 학습자의 특성에 따른 과학교육에 시사점을 얻고자 하였다. 초등학생 4~6학년 317명을 대상으로 TIMSS 2011에서 공개된 총 41개의 선택형 문항으로 검사를 실시하여, 연구대상의 학년과 학업성취수준에 따라 평가 결과를 수집하였다. 이러한 자료를 바탕으로 연구대상의 특성에 따라 과학학습의 내용영역과 인지영역별 점수와 상관관계를 분석하고, 문항별 상관관계도를 통해 정적상관관계와 부적상관관계로 구분하여 그 결과를 비교하였다.

연구결과는 다음과 같다. 첫째, 연구대상의 학년에 따라 과학학습의 ‘물상과학’과 ‘추론하기’영역을 제외한 나머지 영역에서 유의미한 차이를 보였으며, 모든 내용영역과 인지영역별 상관관계도 연구대상의 학년에 따라 통계적으로 유의미한 상관관계를 나타내었다. 둘째, 연구대상의 학업성취수준에 따른 내용 및 인지영역의 차이는 모두 유의미한 차이를 보였으나, 연구대상의 학업성취수준과 과학학습의 내용 및 인지영역에 따른 상관관계의 양상은 서로 다르게 나타났다. 셋째, 문항별 정적상관관계도와 부적상관관계도에서 문항별 상관관계의 복잡성과 양상이 연구대상의 학업성취수준에 따라 뚜렷하게 구분되었다.

주제어: TIMSS 2011(2011 수학·과학 성취도 국제비교 연구), 과학 내용영역, 과학 인지영역

References

An, G., & Chung, Y. (1996). Relation among Students' Science-related

Attitudes, Science Achievement, Science Process Skill, and Teachers' Attitude. *Journal of the Korea Association for Science Education*, 16(4), 410-416.

Caraway, K., Tucker, C. M., Reinke, W. M., & Hall, C. (2003). Self-efficacy, goal orientation, and fear of failure as predictors of school engagement in high school students. *Psychology in the Schools*, 40(4), 417-427.

Cho, J., Kim, S., Lee, S., Ok M., Rim, H., Park, Y., Lee, M., Han, H., & Son, S. (2011). *The Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS 2011) : A Technical Report of the Main Survey in Korea (KICE Research Report RRE 2011-4-1)*. Seoul: KICE.

Chung, Y., & Lee, E. (2000). Relationships among Students' Understanding of Genetics Topics, Meaningful Learning Orientation, and Reasoning Ability. *Journal of the Korea Association for Science Education*, 20(2), 297-306.

Connell, J. P. (1990). *The self in transition: From infancy to childhood*. The University of Chicago Press, 61-97.

Connell, J. P., Halpern-Felsher, B., Clifford, E., Crichlow, W., & Usinger, P. (1995). Hanging in there: behavioral, psychological, and contextual factors affecting whether African-American Adolescent Research, 10, 41-63.

DeBruyn, E. H. (2005). Role strain, engagement and academic achievement in early adolescence. *Educational Studies*, 31(1), 15-27.

Ebel, R. L. (1965). *Measuring educational achievement*. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall.

Han, K. (2005). Series A : The Relationship between Teacher, Instruction Variables and Students - Achievement based on TIMSS-1999. *Journal of the Korea Society of Mathematical Education*, 44(3), 409-433.

Hong, M., Jeong, E., Lee, M., & Kwak, Y. (2006). Analysis of Korean Middle School Student Science Achievement at International Benchmarks in TIMSS 2003. *Journal of the Korea Association for Science Education*, 26(2), 246-257.

Jeon, S., & Park, J. (2014). Analysis of Relationships of Scientific Communication Skill, Science Process Skills, Logical Thinking Skills, and Academic Achievement Level of Elementary School Students. *Journal of the Korea Association for Science Education*, 34(7), 647-655.

Jeong, E., Lee, M., & Hong, M. (2006). Gender Differences in TIMSS 2003 Science Achievement. *Journal of the Korea Association for Science Education*, 26(4), 492-501.

Jeong, S., Bong, G., & Park, J. (2010). Effects on Scientific Inquiry, Scientific Attitudes, and Scientific Achievements of Experimental Classes for Kinetics Unit using Self-Regulated Learning Strategy. *Journal of the Korea Association for Science Education*, 30(6), 681-692.

Kim, J. & Kim, S. (2013). An Analysis of Korean Elementary School Students' Science Achievement in TIMSS 2011. *Journal of Korea Elementary Science Education*, 32(4), 423-436.

Kim, K., Kwon S., Kim, S., Kim, J., & Jin, Y. (2007). The quality of the 8th grade students' achievement in Korea: Finding from the Trends in International Mathematics and Science Study of Korea (KICE Research Report RRE 2007-2-23). Seoul: KICE.

Kim, K., Kim, S., Kim N., Park, S., Park, H., & Jung, S. (2008). Finding from Trends in International Mathematics and Science Study for Korea: TIMSS 2007 international report in Korea (KICE Research Report RRE 2008-3-3). Seoul: KICE.

Kim, M., & Noh, S.(2001). A Curricular Comparison Study with TIMSS. *The Journal of Educational Research in Mathematics*, 11(1), 137-156.

Kim, S., Kim, H., Park, J., Jin, E., Lee, M., Kim, S., Ahn, Y., & Seo, J. (2012). Trends and International Comparative Analysis of Educational Environment in TIMSS (KICE Research Report RRE 2012-4-1). Seoul: KICE.

Kim, S., Park, J., Kim H., Jin E., Lee, M., Ahn, Y., & Seo, J. (2012). Finding from TIMSS for Korea: TIMSS 2011 international results (KICE Research Report RRE 2012-4-3). Seoul: KICE.

Kim, U., Park, Y., & Tak, S. (2002). The effect of economic crisis on success attribution among Korean students and adults : An indigenous psychological analysis. *Korean Journal of Psychological and Social Issues*, 8(1), 103-129.

- Kim, Y., & Lee, S. (2001). A study on the relationship between logical thinking level and achievement in enrichment physics of school science high achievers. *Journal of the Korea Association for Science Education*, 21(4), 677-688.
- Kwak, Y., & Jeong, E. (2007). Earth Science Education ; An analysis of Earth Science Items and Achievement in TIMSS 2003. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 28(4), 405-414.
- Lee, J., & Kim, B. (1996). Structural analysis among science achievement, science process skills and affective perception toward science of high school students. *Journal of the Korea Association for Science Education*, 16(3), 249-259.
- Lee, J., & Kim, B. (1999). The Effects of the Psychological Learning Environment by Science Teachers on Students' Science Achievement. *Journal of the Korea Association for Science Education*, 19(2), 315-328.
- Lee, M., & Kim, K., (2004). Relationship between Attitudes Toward Science and Science Achievement. *Journal of the Korea Association for Science Education*, 24(2), 399-407.
- Ministry of Education, Science, and Technology. (2011). *Science Education Curriculum*. Ministry of Education, Science, and Technology.
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Furlong, M. J., O'Sullivan, C. Y., & Fink, D. (2009). *TIMSS 2011 Assessment Framework*. MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston College.
- Park, C., Hong, M., Lee, B., & Jun, H. (2003). *The Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS 2003): A Technical Report of the main survey in Korea (KICE Research Report RRE 2003-3)* Seoul: KICE.
- Park, C., Jeong, E., Kim, K., Han, K., Jun, H., & Lee, S. (2004a). *Trends in Instruction, and Achievement based on TIMSS 1999 (KICE Research Report RRE 2004-3-1)* Seoul: KICE.
- Park, C., Jeong, E., Kim, K., Han, K., & Lee, S. (2004b). *Finding from Trends in International Mathematics and Science Study for Korea: TIMSS 2003 report in Korea (KICE Research Report RRE 2004-3-2)*. Seoul: KICE.
- Piaget, J. (1954). The development of time concepts in the child. In *Proceedings of the annual meeting of the American Psychological Association* (p. 34).
- Shin, D., Kwon, O., & Kim, H. (2006). Gender Differences in Content Analysis of TIMSS 2003 Released Items. *Journal of the Korea Association for Science Education*, 26(6), 732-742.
- Soh, W., & Woo, J. (1994). A comparative study of the logical thinking skills and integrated process skills of junior high school students in Korea and Japan. *Journal of the Korea Association for Science Education*, 14(3), 312-320.
- Tyler, R. W. (1969). *Basic principles of curriculum and instruction*. Chicago: University of Chicago press.
- Yang, M., & Lee, K. (2012). A longitudinal analysis of relationships between self-regulated learning and academic achievement. *Journal of Educational Studies*, 43(2), 175-195.