

초등학생의 과학적 의사소통능력과 과학 탐구능력, 논리적 사고력, 학업 성취도 수준과의 관계 분석

전성수¹, 박종호^{2*}¹회원초등학교, ²진주교육대학교

Analysis of Relationships of Scientific Communication Skills, Science Process Skills, Logical Thinking Skills, and Academic Achievement Level of Elementary School Students

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

ARTICLE INFO

Article history:

Received 19 August 2014

Received in revised form

10 October 2014

28 October 2014

Accepted 31 October 2014

Keywords:

scientific communication skill,
science process skill,
logical thinking skill,
academic achievement level

ABSTRACT

The purpose of this study is to acquire teaching insights for improving scientific literacy by analyzing the effects of scientific communication skills, science process skills, and logical thinking skills of elementary school students on academic achievement level. The participants are 64, sixth grade elementary school students. Survey materials include the results of Scientific Communication Skill Test (SCST), Test of Science Process Skills (TSPS), Group Assessment of Logical Thinking (GALT), multiple choice test & short answer test, descriptive answer test on science, and academic achievement level test on all subjects. Based on these data, the study analyzed the relationships of science process skills, logical thinking skills, and scientific communication skills, and each category's effect on academic achievement level. Furthermore, under the assumption that scientific communication skills are affected by science process skills and logical thinking skills and directly influence the academic level, the research discovered three types of correlations as a structural model. The results show that there are considerable correlations in scientific communication skills, science process skills, and logical thinking skills. Also, these three abilities have meaningful correlations with learner's writing and descriptive question level on science curriculum and overall academic achievement level; the level of correlation differ a bit by subcategory factors. In conclusion, setting the model, science process skills and logical thinking skills influence scientific communication skill, and the skill directly influences the learner's academic level. Further analysis of the results show that scientific communication skill influences the academic achievement level of all subjects the most.

1. 서론

현대 사회의 괄목할 문명 발달은 인류에게 편리하고 안전한 생활을 안겨주었고, 이는 의심할 바 없이 과학과 기술 분야의 발달에 의해 초래된 것으로 여긴다. 이러한 발달 과정에서 교육은 학습자에게 축적된 지식을 전수할 뿐만 아니라, 급변하는 사회의 다양한 요구 속에서 대처할 수 있는 능력을 길러주는 역할을 담당하고 있다(Soh & Woo, 1994).

변화되는 사회에 대비한 교육의 역할로서 과학적인 소양을 갖춘 미래 시민을 육성하는 일은 과학교육의 중요한 목표가 되었다. 과학적 소양은 단순히 '과학 내용을 이해하는 기능과 지식(Koelsche, 1965)'에서 '일상생활의 문제에 대한 과학적 지식을 구성하는 데 요구되는 넓은 의미의 능력'과 '과학적 아이디어를 다른 사람에게 설득하고, 정보를 제공할 수 있는 능력'으로 그 범위를 확대하고 있다(Yore, Bisanz, & Hand, 2003).

정보를 획득하려는 노력보다 방대한 정보를 취사선택하는 노력이 더욱 요구되는 빅데이터시대에서는 과학지식의 기계적 습득보다는 문제 해결을 위한 높은 질의 정보를 찾고 이를 신속히 처리하여 합리적인

의사결정을 내리는 능력이 중요시 되고 있다. 과학자가 자신의 연구 성과와 아이디어를 다른 과학자나 집단과 소통하기 위하여 전문적인 의사소통 기능이 포함된 일정한 방식을 이용하듯이(Garvey & Griffith, 1972) 과학을 가르치는 교육현장에서도 학습자에게 이러한 의사소통 능력을 갖도록 하는 것은 매우 중요하다(Holbrook & Tannikmae, 2007). 물론 사회과학에 비하여 과학 교과와 주요 내용인 자연과학 분야에서 의사소통을 위한 논변을 개발하고 지원하는 교육이 어렵다고 하지만(Osborne *et al.*, 2004), 학습자는 의사소통을 하는 과정에서 과학적 개념과 지식을 구성할 수 있으며, 또 문제를 해결하는 능력도 함께 신장될 수 있기 때문에(Lemke, 1990) 과학교과에서 의사소통교육을 게을리 할 수 없다. 그리고 학습자는 언어를 통해 탐구 문제를 진술하고, 문제 해결을 위한 관련 증거와 논리적 설명을 찾는 의사소통 과정에서 비판적이고 논리적인 사고력을 학습하게 되어 과학적 소양이 길러지게 된다(Keys *et al.*, 1999). 21세기의 과학교육은 과학자를 양성하기 위한 교육이기보다는 미래 시민을 양성하기 위한 과학 교육이 되어야 하며(Osborne, 2007), 단편적인 지식을 승계하고 연구를 통해 획득한 원리, 법칙, 이론 체계 등의 결과만을 강조하던 전통적인 교육에서부터, 본질적이고 구조적인 지식을 강조하는 '과학 하는 과정'으로서

* 교신저자 : 박종호 (parkkdp@cue.ac.kr)
http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2014.34.7.0647

의 과학 교육이 진행되어야 함은 당연하다. 따라서 다가올 시대에 대비한 과학적인 능력은 지식을 습득할 수 있는 능력뿐만 아니라 논리적인 사고를 할 수 있는 능력, 과학적인 방법으로 탐구할 수 있는 능력, 과학적인 의사소통능력 등을 모두 포함하여야한다. 이러한 시대적 요구를 반영하듯이 2009 개정 교육과정에 따른 과학과 교육과정의 목표에서도 ‘과학의 기본 개념을 이해하고 자연 현상을 탐구하는 능력을 기르며 과학적인 문제 해결 태도와 의사소통 능력을 기른다.’라고 명시하고 있다(Ministry of Education, Science, and Technology, 2011)

과학 교과에서의 학습자가 ‘기본 개념을 이해한다.’는 것은 기존의 과학 지식과 과학적 방법을 바탕으로 끊임없이 새로운 과학 개념을 형성화하고 구조화하는 것이다. 따라서 과학 교육에서는 학습자에게 과학 개념을 전달하는 것뿐만 아니라 과학적 사실을 검토하여 사고와 추론을 통해서 유의미한 아이디어와의 관계를 형성할 수 있도록 가르쳐야 한다. 이러한 과정에서 학습자의 인지 발달 수준인 논리적 사고력에 따라 관계 형성 능력에 차이가 다르게 나타날 수 있다. 그리고 논리적 사고력은 과학 학습에서 변인 통제 능력과 비례 추론이 요구되는 실험 활동에서도 큰 영향을 미치므로(Kim & Kim, 2009) 학습자의 논리적 사고력은 학업 성취 능력의 수준과 과학 탐구 능력 수준에도 관여할 여지가 크다.

과학 교육에서는 1973년 제 3차 교육과정을 시작으로 최근의 2009 개정 교육과정에 이르기까지 여섯 번의 개정 속에서도 끊임없이 탐구 학습을 강조해 왔다. 학습자는 탐구 기능의 발달을 통하여 과학적 탐구 과정, 과학의 본성과 더불어 과학적 개념을 이해하게 된다 (Abd-El-Khalick *et al.*, 1998). 과학 탐구 능력은 여러 분야에서 넓은 전이의 효과 (Gagné, 1965)를 가져오며, Okey(1972)는 과학 교육 목표에서 ‘교육의 주된 목표는 정보를 어떤 과정을 통해 어떻게 얻느냐의 과정을 가르치는 것’으로서의 탐구 능력을 강조하고 있다. 따라서 과학교육의 목표로서 과학 탐구 능력의 습득은 매우 중요하며(Padilla *et al.*, 1981), 탐구는 학습자가 과학적으로 사고하는 방법을 배울 수 있는 가장 효과적인 방법이며, 문제 해결력, 의사소통 능력 및 사고력 발달을 가능하게 하고, 학습자 스스로가 과학적 지식을 생성하는데 유용한 방법이다(Akerson & Hanuscin, 2007).

학습의 주된 목표가 학습자 개인의 지적 능력을 발달시키고, 이를 극대화하는 것으로 볼 때, 학습에 영향을 미치는 직접적인 원인으로서 학습자의 변인과 학업 성취와의 관계를 규명하는 것은 중요하다(Kang & Woo, 1995). 과학에 대한 태도와 과학 학업 성취도 간의 상관관계 연구(Borger & Walberg, 1983; Germann, 1988; Waneing, 1990; Germann, 1994; Lee & Kim, 1996)와 과학 탐구 능력과 과학 학업 성취도 간의 상관관계 연구(Walkosz & Yearnly, 1984), 논리적 사고력과 과학 학업 성취도와와의 상관관계(Choi *et al.*, 1985; Kang, 2012; Kim & Lee, 2001; Lee, 1991), 그 밖의 과학 학업 성취의 변인을 모색하는 연구 등은 이러한 맥락과 그 뜻을 같이 하고 있다.

따라서 본 연구에서는 학습자의 과학적 의사소통 능력과 과학 탐구 능력, 논리적 사고력과 같은 과학적 능력이 학습자의 성취 능력에 어떠한 영향을 미치고, 과학적 능력들 간의 구조적인 영향과 과학적 능력별 학업 성취도에 미치는 영향, 학업 성취도 유형에 따른 과학적 능력이 영향을 주는 정도에 대해 연구하였다. 따라서 과학 탐구 능력과 논리적 사고력이 과학적 의사소통 능력에 영향을 미친다는 가설 아래 각각의 능력들의 하위 영역과 기능별로 세부적인 상관관계를 분석하여, 이러

Table 1. Student who participated in the study

Items	Grade		Gender	
	6		Male	Female
N	64		25	39

한 과학적 능력들이 과학 교과나 전체 교과의 학업 성취도에 어떤 영향력을 미치고 있는지 알아봄으로써 향후 과학 교육에서 요구되는 과학적 능력을 모색하는데 기초적인 자료를 제시하고자 한다.

II. 연구 방법 및 절차

1. 연구대상

이 연구는 경남의 C시 Y초등학교의 74명의 6학년 학생을 대상으로 실시하였으며, 그 중 본 연구가 진행되면서 과학적 의사소통 능력 검사, 과학 탐구 능력 검사, 논리적 사고력 검사를 모두 시행한 최종 64명의 학생들을 대상으로 하였다. 연구 대상의 과학 교과 성취도 평가, 과학 교과 서술형 평가, 전체 교과의 학기말 성취도 평가의 점수 자료를 바탕으로 각각의 과학적 능력 간의 상관관계와 과학적 능력과 학업 성취도의 상관관계를 분석하였다.

2. 측정 도구

본 연구에서 과학적 능력을 크게 과학적 의사소통 능력, 과학 탐구 능력, 논리적 사고력으로 선정하고 선행 연구에서 이미 개발되어 사용되고 있는 검사 도구 중 이러한 능력을 측정하기 위해 가장 널리 사용되고 있는 검사 도구를 선정하였다. 본 연구에서 사용된 검사 도구는 과학적 의사소통 능력 검사 도구인 SCST(Jeon, 2013), 과학 탐구 능력 검사 도구인 TSPS(Kwon & Kim, 1994)과 논리적 사고력 검사 도구인 GALT(Roadranka *et al.*, 1983)이다. 연구 결과는 SCST, TSPS, GALT를 개발하기 위해 측정 준거로써 제시된 기능이나 능력별 연구 대상의 성취 점수를 바탕으로 분석하였다. 그리고 연구 대상의 학교에서 시행된 2학기말 성취도 평가에서 전체 교과의 학업 성취도 점수와 과학 교과의 학업 성취도 점수를 수집하였다. 과학 서술형 평가는 2012학년도 경북 교육청에서 개발한 과학과 서술형 평가 문항 개발 매뉴얼에 제시된 문항을 선별하여 사용하였으며, 이상의 성취도 평가들의 점수에 대한 각각의 과학적 능력의 상관관계를 분석하였다.

가. 과학적 의사소통 능력 검사 도구

본 연구에서 제시한 과학적 의사소통 능력이란 과학적 지식과 소양을 바탕으로 사실, 현상, 원인 등에 대한 과학적 설명과 주장을 다양한 형태로 전달, 교환, 공유하는 능력을 일컫는다.

Jeon(2013)이 개발한 SCST(Scientific Communication Skills Test)는 16개의 선다형과 8개의 서답형 문항으로 구성되어 있는 지필 검사로서 초등학교 3~6학년을 대상으로 과학적 의사소통 능력 중 문어(文語)적인 의사소통 능력을 측정하기 위해 개발되었다. 과학적 의사소통 능력의 유형을 의사소통을 하는 목적에 따라 과학적 설명형과 과학적 주장형으로 구분하고, 의사소통에 사용되는 표현 형태를 글, 수, 표,

Question no.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
Top category	Scientific explanation												Scientific claim													
Sub category	Description						Explanation						Ground						Justification							
Top type	Le	Nu	Ta	Il	Le	Nu	Ta	Il	Le	Nu	Ta	Il	Le	Nu	Ta	Il	Le	Nu	Ta	Il	Le	Nu	Ta	Il		
Sub type	wo	ns	ta	sy	wo	nu	gp	il	pr	eq	ch	di	sn	eq	ch	sy	sn	nu	gp	il	pr	ns	ta	di		
Conversion																										
Description		C	C			C				C	C					C	C	C				C	C		C	C
		D	D	D						D													D	D	D	D
Top	Letter(Le)				Number(Nu)				Table(Ta)				Illustration(Il)													
Type																										
Sub	Word (wo)	Sentence (sn)	Phrase (pr)	Number (nu)	Number sign (ns)	Equation (eq)	Table (ta)	Chart (ch)	Graph (gp)	Illustration (il)	Diagram (di)	Symbol (sy)														

Figure 1. Item construction of scientific communication skill test by type and form

Table 2. Correct answer questions of GALT based on J. piaget's cognition developmental stage

Piaget's Stage of development	Correct answer questions
concrete operational period	0~4
transitional operational period	5~7
formal stage operational period	8~12

그림으로 구분하여 분석할 수 있도록 구성되어 있다. 평균 난이도 .59, 평균 변별도 .42, 신뢰도 .74로 보고되어 있다.

나. 과학 탐구능력 검사도구

과학 탐구능력이란 과학자들이 조사하고 연구에 필요한 능력으로, 학습자가 어떤 문제에 부딪혔을 때 과학적 탐구방법에 의해 스스로 문제를 해결하는 능력이다(Kwon & Kim, 1994). 본 연구에서는 과학적 탐구능력을 기초탐구능력과 통합탐구능력으로 구분하여 제시한 TSPS(Test of Science Process Skills)를 사용하였으며, 하위 탐구 요소로 관찰, 분류, 측정, 추리, 예상, 자료변환, 자료해석, 가설설정, 변인통제, 일반화로 구분하여 분석하였다. TSPS는 각각의 탐구요소마다 3개의 범교과적인 내용인 문항으로 구성되어 있으며 문항 내용의 이해를 돕기 위해 그림을 가능한 많이 사용하였으며, 측정의 편리성을 위하여 4지 선택형로 30문항 선다형 평가이며, 측정시간은 40분 이내이다. 평균 난이도는 .59, 변별도 .34, 신뢰도 .74로 보고되어 있다.

다. 논리적 사고력 검사도구

본 연구에서 논리적 사고력을 측정하기 위해 사용한 GALT(Group Assessment of Logical Thinking)검사도구는 Lawson이 개발한 검사도구(Lawson, 1978)와 TOLT(Tobin and Capie, 1980) 검사도구의 일부를 활용하여 Roadranka et al(1983)이 개발한 것이다. GALT에서 정의하고 있는 6개의 논리 유형 즉 보존 논리, 비례 논리, 변인 통제 논리, 확률 논리, 상관 논리, 조합 논리를 하위 논리라고 정의하고, 이들 일련의 사고 능력을 통틀어 논리적 사고력이라 정의하였다. GALT 검사도구의 내적 일치도 계수(Cronbach α)는 0.85이었으며, 각 논리별 신뢰

Table 3. Score comparison among scientific communication skills, science process skills, and logical thinking skills of participants

Scientific skills	Scientific communication	Science process	Logical thinking
Average	25.89	16.58	4.81
Total	48.00	30.00	12.00
Standard deviation	7.818	3.829	2.181

도는 0.37에서 0.83을 나타내었으며, 단지 상관 논리와 조합 논리에서만 신뢰도가 0.58이하이었다. 전체 6개의 각 논리 유형별 타당도 계수는 0.45~0.88이며, 평균 난이도는 0.40이다. 본 연구에서 사용한 GALT 검사도구는 21개의 문항 중 각 논리별 2개 문항씩 모두 12문항으로 이루어진 축소판을 사용하였으며, 정답에 해당하는 문항 수에 따라 인지발달 단계를 표와 같이 구분하였다.

라. 학업 성취도 평가

학습자의 과학 및 전체 교과의 학업 성취도를 측정하기 위한 평가로 연구대상이 속한 학교의 학기말 성취도 평가와 경북 교육청에서 개발한 과학과 서술형 평가 문항 개발 매뉴얼에 있는 문항을 활용하였다. 본 연구에서 사용한 과학 지필 평가인 경우 6학년 2학기에 학습한 에너지와 도구, 연소와 소화 단원의 내용으로 선택형 9문항, 단답형 8문항으로 구성되어 있으며, 전체 교과의 성취 평가인 경우는 학기말 성취도 평가로 치른 국어, 수학, 사회, 과학, 영어, 음악, 미술 교과의 성취점수를 분석하였다. 과학 서술형 평가는 날씨의 변화와 여러 가지 기체의 단원에 대한 학업 성취도를 측정하는 평가로 모든 평가 문항이 서술형 문항으로 구성되어 있다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 학습자의 과학적 의사소통능력과 과학 탐구능력, 논리적 사고력의 비교

Table 4. 9 level assessment of scientific communication skill of participants

Step	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sum
Assessment	Extremely high	Very high	Frequently high	Slightly high	Average	Slightly low	Frequently low	Very low	Extremely low	
Count	0	1	1	8	10	7	6	18	13	64
Percentage	0	1.6	1.6	12.5	15.6	10.9	9.4	28.1	20.3	100.0

Table 5. Cognition developmental level of participants

Cognition developmental level	Concrete operation	Transition	Formal operation	Sum
Score of Logical thinking skills	0~4	5~7	8~12	
Frequency(count)	33	23	8	64
Percentage(%)	51.6	35.9	12.5	100.0

가. 학습자의 과학적 의사소통능력과 과학 탐구능력, 논리적 사고력의 점수

Table 3은 연구 대상의 과학적 의사소통능력, 과학 탐구능력, 논리적 사고력의 평균 점수를 나타낸 것이다. 연구 대상의 과학적 의사소통능력의 평균 점수는 전체 48점 만점을 기준으로 25.89점이다. 연구 대상의 과학적 의사소통능력 수준을 Jeon(2013)에 제시된 과학적 의사소통능력의 9단계 평정 기준에 의하여 9단계로 분류하면 Table 4와 같다. 과학적 의사소통능력이 또래 집단보다 낮은 수준에 있는 학습자는 전체 약 68.7%인데 반해, 보통 수준 이상인 학습자는 31.3%로 나타났다.

연구 대상의 과학 탐구능력 점수는 총점 30점을 기준으로 평균 점수가 16.58점이며 가장 낮은 학습자가 7점, 가장 높은 학습자는 26점을 나타내었다. Kim(2012)의 초등학교 과학 탐구능력 비교 조사에서는 1994년의 6학년 학생의 과학 탐구능력 점수가 18.09, 2011년의 6학년 학생의 과학 탐구능력 점수는 18.09로 같은 수준으로 나타난 것에 비해, 본 연구 대상의 과학 탐구능력의 평균 점수는 이보다 낮은 점수를 나타냈다.

연구대상의 논리적 사고력은 Table 5와 같다. 구체적 조작기에 해당하는 학습자는 51.6%인 33명, 과도기에 있는 학습자는 23명, 형식적 조작기에 있는 학습자는 8명으로 나타났다. 이는 초등학교 고학년 대상으로 인지 수준을 분석한 선행 연구에서 대부분의 학습자가 구체적 조작기에 해당하며, 과도기와 소수의 형식적 조작기의 학습자가 분포한다는 선행 연구의 결과와 비슷한 집단을 나타낸다.(Kang, 2012; Bang, 2010; Lee, 2007; Kwon & Kwon, 2000; Kang & Woo, 1995)

나. 학습자의 과학적 의사소통능력과 과학 탐구능력, 논리적 사고력과 상관관계 비교

Figure 2는 과학적 의사소통능력과 과학 탐구능력, 논리적 사고력과 상관계수를 나타낸 것이다. 모든 과학적 능력은 $p < 0.01$ 수준에서 높은 상관계수($0.461 \leq r \leq 0.550$)를 보이고 있다. 과학적 의사소통능력과 과학 탐구능력이 가장 높은 0.550의 상관계수를 가지며 과학적 의사소통능력과 논리적 사고력은 0.461, 과학 탐구능력과 논리적 사고력은 0.488의 상관계수를 나타내었다.

과학적 의사소통능력과 과학 탐구능력의 하위 요소와의 상관관계

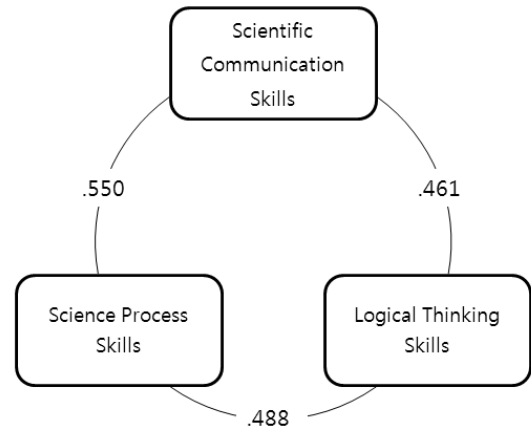


Figure 2. Correlation coefficient of scientific communication skills, science process skills, and Logical thinking skills

를 나타낸 Table 6을 보면, 전반적인 과학적 의사소통능력과 과학 탐구능력의 높은 상관 계수에 비해 과학 탐구능력 하위 요소 중에서 분류, 예상, 자료해석, 일반화에서 유의미한 정적 상관관계를 나타내고 있지만, 관찰, 측정, 추리, 자료변환, 가설설정, 변인통제에서는 상관관계가 나타나지 않았다.

과학적 의사소통능력과 논리적 사고력도 유의미한 정적 상관관계를 가진다. Table 7에서 나타난 결과처럼 특히 보존, 비례, 확률, 조합 논리에서 유의미한 수준에서 높은 상관관계를 보이고 있지만, 변인통제와 상관 논리에서는 낮은 상관관계를 보이고 있다. Soh & Woo (1994)의 한·일 학생들의 과학 탐구능력과 논리적 사고력 비교 연구에서 한국 학생의 경우 상관 논리와 변인통제 논리와 통계적인 상관이 없는 것으로 나타났는데, 이는 논리적 상관논리가 측정 검사에서 가장 낮은 성취도를 보인 것에 기인한 것으로 사료된다. 변인통제 논리인 경우 과학 탐구능력과도 상관관계가 낮은 것으로 나타났으며 실제 한국 학생이 일본 학생보다 약 15.7%가 낮은 성취수준을 보이는 것에 비추어(Soh & Woo, 1994), 변인통제 능력을 신장하기 위한 교육 학습 프로그램이 필요하다는 것을 시사한다.

2. 학습자의 과학적 의사소통능력, 과학 탐구능력, 논리적 사고력과 학업 성취도와의 비교

학습자의 과학 교과 지필 평가, 과학 교과 서술형 평가, 전체 교과 지필 평가의 성취 수준은 Table 8에 나타내었다. 과학 교과에 대한 학업 성취도는 전체 교과의 학업 성취도보다 높았으며, 성취도 평가 유형에 따른 과학 교과의 성취도는 큰 차이는 없었다.

학습자의 학업 성취도 수준을 바탕으로 과학적 의사소통능력과 과학 탐구능력, 논리적 사고력과의 상관관계를 비교하였다. 먼저 선행연구를 살펴보면 과학 탐구능력과 과학 학업 성취도의 상관관계를 연구한 Walksoz & Yeamy(1984)에서는 이 둘의 계수가 0.31로 비교적 높은

Table 6. Correlation between scientific communication skills and subcategory of science process skills

Subcategory	Total	Observation	Classification	Measurement	Deduction	Prediction	Data transformation	Data interpretation	Setting hypothesis	Variable control	Generalization
Average	16.58	2.13	1.78	2.09	1.64	2.05	1.25	1.27	1.23	1.72	1.42
Standard deviation	3.829	.745	.899	.729	.843	.898	.797	.859	.811	.786	.940
Corelation coefficient	.550**	.128	.322*	.242	.117	.365**	.208	.354**	.214	.235	.309*

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

Table 7. Correlation between scientific communication skills and subcategory of logical thinking skills

Subcategory	All	Conservation	Proportion	Controlling Variables	Probability	Correlation	Combination
Average	4.81	1.22	.47	.41	.61	.47	1.64
Standard deviation	2.181	.654	.666	.555	.847	.712	.545
Corelation coefficient	.461**	.303*	.483**	.087	.336**	-.008	.292*

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

Table 8. Score comparison by academic achievement level of participants

Type	Academic achievement level		
	Science test (Multiple choice+Short answer)	Science test (Descriptive answer)	All subjects test (Multiple choice+Short answer)
Average	84.38	86.20	76.27
Total	100.00	100.00	100.00
Standard deviation	16.226	18.355	15.853

상관을 가지는 것으로 보고되었다. 논리적 사고력 발달 정도와 학업성취도의 관계를 비교한 많은 선행 연구들은 이 둘의 관계가 비교적 높은 상관관계를 가지고 있다는 결과들이 많다(Kim, 1990; Koh, 1989; Lee, 1991). Kang(2012)의 연구에서도 초등학교 6학년 학생의 논리적 사고력과 과학 개념의 이해 정도는 유의미한 결과를 나타내었다.

Table 9에서처럼 과학적 의사소통능력과 과학 탐구능력, 논리적 사고력은 과학 교과외의 성취도 평가뿐만 아니라 전체 교과외의 성취도와도 높은 상관관계를 가지고 있다. 특히 교육 현장에서 일반적으로 행해지고 있는 선다형과 서답형이 혼합된 성취도 평가보다 서술형 평가에서 더욱 높은 상관관계를 가지고 있는 것으로 나타났다. 그리고 교과 측면에서도 과학 교과뿐만 아니라 국어, 수학, 과학, 사회, 영어, 음악, 미술 교과를 포함한 전체 성취도 평가에서 더 높은 상관관계를 나타내고 있다. 과학적 의사소통능력과 과학 탐구능력, 논리적 사고력과 같은 과학적 지적 능력은 과학 교과에만 국한된 것이 아니라 범교과적인 능력으로 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. Choi *et al.*(1985)에 의하면 논리적 사고력은 과학 교과에 대한 성적보다 전체 교과에 대한 성적에 높은 상관관계를 가짐에 따라 과학 교과 이외의 학습에도 논리적 사고력이 중요한 학습의 요인이 된다는 결과와 일치한다. 본 연구 결과에서는 과학적 의사소통능력이 과학 탐구능력과 논리적 사고력에 비해 학업 성취도 수준과 더 높은 상관관계를 가지고 있음은 과학적 의사소통능력이 현재 시행중인 교육과정의 성취수준과 부합되는 면이 많고 범교과적인 학습 요인임을 시사한다. Jeon(2014)의 연구에서 전체 교과에 대한 높은 성취 수준을 가진 학습자가 낮은 수준의 학습자보다 과학적 의사소통능력의 대부분의 하위 영역에서 우수함에도 불구하고

Table 9. Correlation of scientific communication skill, science process skills, logical thinking skills, and academic achievement level

Scientific skills	Scientific communication skills	Science Process skills	Logical thinking skills
Science test (Multiple choice+Short answer)	.541*	.496*	.428*
Science test (Descriptive answer)	.559*	.557*	.391*
All subjects test (Multiple choice+Short answer)	.684*	.602*	.551*

* $p < 0.01$

하고, 학습자의 교과 성취 수준에 상관관계가 낮은 과학적 의사소통능력의 하위 영역이 존재한다는 것은 과학적 의사소통능력과 교과외의 성취도 수준이 서로 완전히 일치하지 않음을 의미한다고 볼 수 있다.

과학적 의사소통능력 영역은 의사소통의 목적에 따른 유형과 그 형태를 기준으로 나뉜다. 학습자의 성취 수준과 과학적 의사소통의 하위 요소와 갖는 상관관계는 Table 10과 같다. 과학교과 지필, 과학교과 서술형, 전체교과 지필 평가에서의 학습자 수준은 모든 과학적 의사소통능력의 하위 요소와 높은 상관관계를 가지고 있다. 과학적 의사소통능력 유형과 성취도 평가의 상관관계에서도 전반적으로 높은 상관관계를 보이고 있으며, 특히 전체 교과외의 관계에서 과학적 의사소통능력의 서술과 설명 영역이 매우 높은 상관관계를 나타냈다. 초등학교 수준에서는 사실과 현상을 서술하는 능력과 제시된 근거를 정당화하는 능력이 많이 요구되고 있는 것으로 보인다. 과학교과에 대한 지필평가인 경우 의사소통 형태 중에서 글과 관련된 상관관계가 서술형 평가보다 낮고 수에 대한 상관관계가 높은 것으로 나타났다. 과학 지필평가인 경우 대다수의 문항이 선택형으로 이루어져 있으므로 글로 표현하는 능력보다 수에 대한 이해 능력이 더 요구되는 것으로 판단된다. 과학적 의사소통능력 형태 중 수에 대한 능력은 모든 성취도 평가에서 가장 높은 상관관계를 보이고 있다.

Table 10. Correlation between subcategory of scientific communication skills and academic achievement level

Achievement level test	Scientific communication skills								
	All	Type				Form			
		Description	Explanation	Ground	Justification	Letter	Number	Table	Figure
Science test (Multiple choice+Short answer)	.541**	.424**	.439**	.394**	.345**	.268*	.508**	.320*	.373**
Science test (Descriptive answer)	.559**	.455**	.370**	.312*	.471**	.384**	.433**	.411**	.373**
All subjects test (Multiple choice+Short answer)	.684**	.585**	.504**	.392**	.477**	.462**	.610**	.440**	.416**

*p<0.05, **p<0.01

Table 11. Correlation between subcategory of science process skills and academic achievement level

Achievement level test	Scientific process skills										
	All	Observation	Classification	Measurement	Deduction	Prediction	Data transformation	Data interpretation	Setting hypothesis	Variable control	Generalization
Science test (Multiple choice+Short answer)	.496**	.035	.148	.243	.248*	.453**	.231	.324**	.035	.220	.302*
Science test (Descriptive answer)	.557**	.199	.171	.259*	.253*	.588**	.203	.382**	.115	.137	.224
All subjects test (Multiple choice+Short answer)	.602**	.163	.219	.242	.302*	.538**	.265*	.360**	.074	.235	.328**

*p<0.05, **p<0.01

Table 12. Correlation between subcategory of Logical thinking skills and academic achievement level

Achievement level test	Logical thinking skills						
	All	Conservation	Proportion	Controlling Variables	Probability	Correlation	Combination
Science test (Multiple choice+Short answer)	.428**	.359**	.254*	.052	.278*	.056	.416**
Science test (Descriptive answer)	.391**	.283*	.204	.054	.286*	-.073	.574**
All subjects test (Multiple choice+Short answer)	.551**	.385**	.372**	.101	.373**	.020	.579**

*p<0.05, **p<0.01

과학 탐구능력과 과학 지필 평가, 과학 서술형 평가, 전체 교과 평가는 높은 상관관계를 가지며, 과학 탐구능력의 요소에 따라 그 상관관계의 차이는 Table 11에 나타내었다. 예상과 자료 해석은 모든 성취도 평가 유형에서 높은 상관관계를 가지고 있으며, 추리와 일반화 능력도 성취도 평가와 유의미한 상관관계를 보였다. 하지만 관찰, 분류, 가설 설정, 변인 통제와 같은 요소는 성취도 평가와 직접적인 상관이 없으며, 측정은 과학 서술형 평가에서, 자료변환은 전체 교과 평가에서, 일반화는 과학 지필형 평가와 전체 교과 평가에서만 영향을 주고받는 것으로 나타났다. 과학 탐구능력과 가장 높은 상관관계를 갖는 전체 교과 평가에서는 과학 교과 평가보다 더 많은 탐구 요소에서 상관관계를 나타내었다. 과학 탐구능력과 과학 교과 평가와의 관계에서 상관을 보이지 않았던 자료변환, 과학 서술형 평가에서 상관관계가 낮았던 일반화에서도 유의미한 상관관계를 나타내었다. 과학 탐구능력 요소에 따라 성취도 평가와 다른 수준의 상관관계를 띄는 것은 지필 평가로서 과학적 지식이 아닌 탐구와 같은 능력을 측정하는 데 한계가 있을 수 있다는 것을 의미한다. 그리고 성취도 평가의 유형에 따라 측정이 가능한 과학 탐구능력 요소가 있을 수 있다. 아울러 전체 교과 평가에서는 상관관계를 나타냈지만 과학 교과 평가에서 그 상관관계가 낮았던 자료변환의 경우에는 과학 교과의 평가 문항을 제작할 때 충분히

고려해야 할 요소임을 시사한다.

과학교육에서 중요한 능력으로 여겨왔던 논리적 사고력은(Kim & Kim, 2009) 과학적 의사소통능력과 과학 탐구능력에 비해 성취도 평가와 낮은 상관 계수를 보이고 있지만, 유의미한 상관관계를 가진 것으로 나타났다. 특히 전체 교과 평가에서 논리적 사고력이 과학적 의사소통능력과 과학 지필평가, 과학 탐구능력과 과학 지필평가보다 상관 계수가 높게 나타났다. 보존 논리, 확률 논리, 조합 논리에서는 모든 평가와 유의미한 상관관계를 보이고 있으나, 과학 탐구능력과 마찬가지로 변인 통제와의 상관계수는 유의미한 상관관계가 나타나지 않았으며, 특히 논리적 사고력 중 상관 논리와 학업 성취도와는 무의미한 관계로 나타났다. 비례 논리인 경우에는 과학 지필평가와 전체 교과 평가와의 상관은 있으나 서술형 평가에서는 상관관계가 낮은 것으로 나타났다. 논리적 사고력의 하위 논리와 평가별 상관관계는 공통적인 양상을 보이는데 변인 통제 논리의 경우 지필 평가로서 측정하기 어렵거나, 평가 제작 단계에서 충분히 고려되지 않고 있는 것으로 보인다. 그리고 대부분의 학습자가 구체적 조작기에 있는 초등학생들의 경우에는 두 개의 변인을 인과적으로 해석하거나 현상들 사이의 관계를 논리적으로 추론하는 능력이 부족함을 시사한다.

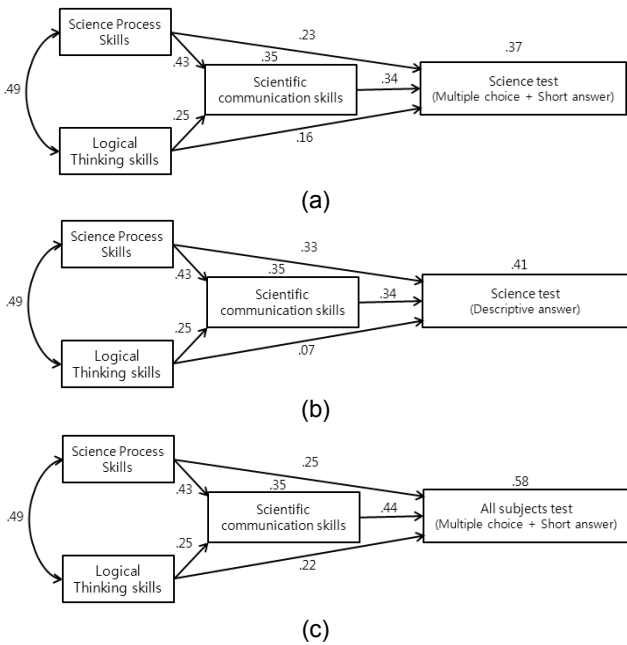


Figure 3. Structural model of factors that (a) science test (MC+SA), (b) science test (DA), (c) All subjects test (MC+SA) affects achievement test level

3. 과학 탐구능력, 논리적 사고력이 영향을 주는 과학적 의사소통능력과 학업성취도 평가의 구조적 모형 분석

Figure 3은 과학 탐구능력, 논리적 사고력, 과학적 의사소통능력을 독립변인으로 두고 학업성취도를 종속변인으로 하여 경로분석에 의한 구조적 효과를 분석하였다. 변인들 사이의 인과적인 추론은 할 수 없지만 구조 모형에 의한 직·간접 효과는 알아볼 수 있다. 3-(a)의 그림은 과학 탐구능력과 논리적 사고력이 과학적 의사소통능력에 영향을 준다는 가설아래에서 과학적 의사소통능력과 과학 교과에 대한 지필평가와의 관계를 구조적으로 나타낸 것이다. 과학적 의사소통능력에서 과학 탐구능력이 영향을 미치는 경로계수가 0.43, 논리적 사고력의 경로계수가 0.25로 세 변수의 상관관계에서처럼 과학적 의사소통능력에 과학 탐구능력이 더 관계가 깊다고 할 수 있다. 이 관계는 성취도 평가의 종류와 상관없이 같은 경로계수 값을 가진다. 과학 탐구능력과 논리적 사고력은 과학적 의사소통능력에 영향을 미치고 이 과학적 의사소통능력은 과학교과 지필 평가와 과학교과 서술형 평가, 전체 교과 지필평가에 각각 0.34, 0.34, 0.44로 전체 교과 지필평가에 가장 큰 영향을 미치고 있다. 과학 탐구능력과 논리적 사고력이 성취도 평가에 미치는 직접적인 영향보다 과학적 의사소통능력을 통한 간접적인 영향이 더 큰 것으로 나타난다. 그리고 전체 교과의 성취도 수준을 58%를 과학적 의사소통능력으로 설명할 수 있는 것으로 과학교과 지필평가의 37%, 과학교과 서술형 평가의 41%보다 훨씬 높은 영향력을 나타내고 있음을 알 수 있다.

IV. 결론 및 제언

본 연구는 초등학교생들의 과학적 의사소통능력이 논리적 사고력과 과학 탐구능력에 영향을 받는다는 가설아래 각각의 과학적 능력들의 관계적 영향력을 분석하고, 이러한 과학적 능력이 과학 교과와 전체

교과의 학업 성취 수준과 평가 유형에 따른 학업 성취도와와의 관계를 밝히는 데 그 목적이 있다. 연구를 위해 과학 탐구능력, 과학적 의사소통능력, 논리적 사고력 검사를 모두 실시한 초등학교 6학년 64명의 과학 성취도 평가, 과학 서술형 평가, 전체 교과의 성취도 평가와의 관계를 분석하였다. 우선 연구 대상의 과학 탐구능력, 과학적 의사소통능력, 논리적 사고력과 학업 성취도의 수준을 파악하고 이들의 상관관계를 비교하였다. 그리고 과학적 능력들이 교과의 종류와 학업 성취도 평가 유형에 영향을 알아보기 위해 과학적 능력의 인과 모형을 구성하여 구조적인 효과를 분석하였으며, 과학적 의사소통능력과 과학 탐구능력, 논리적 사고력의 하위 요소 간의 상관관계를 비교함으로써 과학적 의사소통능력에 영향을 미치는 과학적 능력의 요소들을 알아보았다. 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 과학적 의사소통능력과 과학 탐구능력, 논리적 사고력은 서로 높은 상관관계를 가진다. 이는 과학 교육의 목표에 부합하는 이들 과학적 능력들이 서로 밀접한 관계를 가지며 서로 영향을 주고 있다는 것을 말한다. 이처럼 과학적 능력들의 각각의 전반적인 상관관계는 높게 나타난 것에 반하여 하위영역별로 상관관계를 비교해보면, 낮은 상관관계를 띠거나 무의미한 상관을 가진 요소들이 존재한다. 과학 탐구능력 중 관찰, 측정, 자료변환, 가설 설정 요소는 과학적 의사소통능력과 학업 성취도 수준의 상관이 낮은 것으로, 다른 과학적 능력과는 독립적인 형태의 탐구 요소로 판단되며 특수한 교육과 또 다른 형태의 평가가 이루어져야함을 시사한다. 그리고 논리적 사고력의 하위 요소 중 상관논리와 변인 통제 능력은 과학적 의사소통능력과 낮은 상관관계를 지닌다. 상관논리의 경우 측정 검사에서 낮은 성취도를 가진데 기인하는 것으로 판단되나, 변인통제 요소인 경우에는 다른 요소와는 그 성격이 다른 결과를 나타내고 있다. 선행연구에서도 나타나듯이 국외의 학습자보다 국내의 학습자가 낮은 변인통제 능력 수준을 가지고 있다. 변인통제 요소는 과학 탐구능력과 논리적 사고력에 모두 포함되어 있는 공통 요소이지만 과학적 의사소통능력과 학업 성취도 수준의 상관관계에서 모두 낮게 나타났다. 이 결과는 국내의 학습자의 낮은 변인통제 능력을 신장하기 위한 교육 학습 프로그램이 마련되어야 함을 시사한다.

둘째, 과학 탐구능력과 논리적 사고력, 과학적 의사소통능력과 학습자의 학업 성취도의 상관관계는 매우 높게 나타났다. 상관계수가 가장 낮은 논리적 사고력과 과학 서술형 평가의 상관이 0.391부터 가장 높은 전체교과 성취도 평가와 과학적 의사소통능력($r=0.684$)로 각각의 변인들이 모두 상관관계를 나타내고 있다. 과학 탐구능력, 논리적 사고력, 과학적 의사소통능력은 과학과 다른 교과의 학습에도 영향을 끼치는 사실을 알 수 있으며, 그 중 과학적 의사소통능력과 학업성취도와의 상관계수가 과학 탐구능력과 논리적 사고력보다 높게 나타난 결과에서 과학적 의사소통능력이 과학교과 학습뿐만 아니라 전체 교과 학습에도 중요한 요인이 됨을 알 수 있다. 하지만 과학적 의사소통능력의 모든 하위 요소가 학업 성취도와 상관관계를 가지는 반면, 과학 탐구능력에서의 관찰, 분류, 가설설정, 변인통제와 논리적 사고력의 변인 통제와 상관논리는 모든 유형의 학업성취도와 유의미한 상관을 가지지 않고 있다. 과학 탐구능력과 논리적 사고력 함양도 과학 목표에서 중요한 학습 요인이며, 성취도 평가가 교수 학습 프로그램 운영에 의한 결과적 성격을 가지며, 학습목표 도달을 위한 교육적 전략이라는 관점에서 볼 때, 현재 시행되고 있는 평가로서 이 두 과학적 능력의 모든

하위 요소를 측정하거나 신장시키기에는 어려움이 따른다는 사실을 시사한다.

셋째, 과학 탐구능력과 논리적 사고력이 과학적 의사소통능력에 영향을 주어 학업성취도 수준에 영향을 끼칠 것이라는 모형을 통해서 과학적 의사소통능력이 전체 교과 성취 수준에 가장 큰 영향력을 가지고 있음을 알 수 있다. 과학적 의사소통능력의 함양은 초등학교 전체 교과에서 지향하고 있는 교육목표와 부합할 가능성이 크며, 이러한 과학적 의사소통능력을 함양하기 위해서는 과학 탐구능력과 논리적 사고력 등과 같은 과학적 능력의 신장이 우선되어야 함을 시사한다.

이 연구는 단일 학교와 학년의 초등학생을 대상으로 하여 연구 대상의 범위와 수준이 매우 특수적이다. 따라서 여러 학년과 성취 수준별로 구분된 대상으로 연구를 진행해 볼 필요가 있다.

국문요약

이 연구는 초등학생들의 과학적 의사소통능력, 과학 탐구능력, 논리적 사고력이 학업성취도 수준에 미치는 영향을 분석하여, 과학적 소양 함양을 위한 교육에 시사점을 얻고자 하였다. 초등학교 6학년 학생 64명을 대상으로 과학적 의사소통능력 검사(SCST), 과학 탐구능력 검사(TSPS), 논리적 사고력 검사(GALT)를 실시하였으며, 과학교과 지필 평가와 과학교과 서술형 평가, 전체교과의 학업성취도 평가를 통해 자료를 수집하였다. 이러한 자료를 바탕으로 과학 탐구능력과 논리적 사고력, 과학적 의사소통능력의 상호간의 상관관계를 분석하고, 각각의 능력의 하위 요소별로 학업 성취도와와의 영향을 분석하였다. 그리고 과학 탐구능력과 논리적 사고력이 영향을 주고 있는 과학적 의사소통능력이 학업성취수준에 직접적인 영향을 미친다는 가정아래 세 가지 유형의 성취도평가와의 상관관계를 구조적인 모형으로 분석하였다. 연구 결과 과학적 의사소통능력과 과학 탐구능력, 논리적 사고력은 서로 높은 상관관계를 가지고 있었다. 그리고 이 세 능력은 학습자의 과학교과 지필, 과학교과 서술형, 전체교과 학업 성취도 수준외도 유의미한 상관관계를 가졌으며, 하위 요소별로 그 상관정도는 조금씩 다르게 나타났다. 마지막으로 과학 탐구능력과 논리적 사고력이 과학적 의사소통능력에 영향을 주고 과학적 의사소통능력이 학습자의 학업성취도 수준에 직접적인 영향을 끼친다는 모형을 설정하여 분석한 결과, 과학적 의사소통능력이 전체 교과에 대한 학업 성취도 수준에 가장 크게 영향을 주고 있었다.

주제어 : 과학 교육, 과학적 의사소통능력, 과학 탐구능력, 논리적 사고력, 학업성취도 수준

References

Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Lederman, N. G. (1998). The nature of science and instructional practice: Making the unnatural natural. *Science Education*, 82(4), 417-436.

Akerson, V. L., & Hanuscin, D. L. (2007). Teaching nature of science through inquiry: Results of a 3-year professional development program. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(5), 653-680.

Bang, M. (2010). The effects of explicit instruction about nature of science by elementary school student's cognitive level. (Master's thesis). Korea National University of Education.

Choi, W., Choi, B., & Lee, W. (1985). A study on the formation of middle and high school students' logical thinking skills I. *Journal of the Korea Association for Science Education*, 5(1), 1-9.

Gagne, R. (1965). *The psychological bases of science - a process approach*. Washington, DC: American Association for the Advancement of Science.

Garvey, W. D., & Griffith, B. C. (1972). Communication and information processing within scientific disciplines: Empirical findings for psychology. *Information storage and retrieval*, 8(3), 123-136.

Go, Y., & Yeo, S. (2011). Comparison of problem finding ability, creative thinking ability, creative tendency, science process skill between the scientifically gifted and general students. *Journal of Korea Elementary Science Education*, 30(4), 624-633.

Holbrook, J., & Rannikmae, M. (2007). The nature of science education for enhancing scientific literacy. *International Journal of Science Education*, 29(11), 1347-1362.

Jeon, S. (2013). Development of scientific communication skills test for elementary school students. (Doctoral dissertation). Korea National University of Education.

Jeon, S. (2014). A comparison analysis of scientific communication skills between gifted students and general students. *Journal of gifted/Talented Education*, 24(1), 149-164.

Kang, C. (2012). Understanding of the concepts of science based on the 6th grader' levels of logical thinking in elementary schools. (Master's thesis). Korea National University of Education.

Kang, S., & Woo, J. (1995). A study on the cognitive levels and the science process skills based on the cognitive styles. *Journal of the Korea Association for Science Education*, 15(4), 404-416.

Keys, C. W. (1999). Revitalizing instruction in scientific genres: Connecting knowledge production with writing to learn in science. *Science Education*, 83(2), 115-130.

Kim, H. (1990). The relationship between the level of the development of scientific thinking and the degree of the understanding of physical concepts: Dealing with the third year middle school student. (Master's thesis). Ewha Womans University.

Kim, K. (1999). A descriptive study on full and short version GALT. (Master's thesis). Korea National University of Education.

Kim, Y., & Kim, S. (2009). A meta-analysis on the logical thinking ability of korean middle-school students: Meta-analysis of the researches between 1980 and 2000. *Journal of the Korea Association for Science Education*, 29(4), 437-499.

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.

Koelsche, C. L. (1965). Scientific literacy as related to the media of mass communication. *School Science and Mathematics*, 65(8), 719-725.

Koh, S.-O. (1989). The relationship between the level of the development of scientific thinking and the degree of the understanding of physical concepts: Dealing with the third year middle school students. (Master's thesis). Ewha Womans University.

Kwon, D., & Kwon, S. (2000). Elementary school students' conceptions of buoyance related with cognitive levels. *Journal of Korea Elementary Science Education*, 19(1), 131-143.

Kwon, J.-S., & Kim, B.-K. (1994). The development of an Instrument for the measurement of science process skills of the korea elementary and middle school students. *Journal of the Korea Association for Science Education*, 14(3), 251-264.

Lee, J., & Kim, B.-K. (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, M. (2007). An analysis 6th grade students cognitive development stage and understanding of data expressions. (Master's thesis). Korea National University of Education.

Lee, Y. (1991). The study of relationship between the logical thinking patterns

- and physics academic achievement of junior students in high school. (Master's thesis). Ewha Womans University.
- Lemke, J. L. (1990). *Talking science: Language, learning, and values*. Ablex Publishing Corporation, 355 Chestnut Street, Norwood, NJ 07648 (hardback: ISBN-0-89391-565-3; paperback: ISBN-0-89391-566-1).
- Ministry of Education, Science, and Technology. (2011). *Science Education Curriculum*. Ministry of Education, Science, and Technology.
- Okey, J. R. (1972). Goals for the high school science curriculum. *NASSP Bulletin*, 56(360), 57-68.
- Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of research in science teaching*, 41(10), 994-1020.
- Osborne, J. (2007). Science education for the twenty first century. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 3(3), 173-184.
- Padilla, M. J., Okey J. R., & Dillashaw F. G.(1981). The relationship between science process skill and formal thinking abilities. A Paper Presented at the National Association for Research in Science Teaching Annual Meeting. ERIC NO. ED 201 488.
- Soh, W.-J., & Woo, J.-O. (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.
- Witkin, H. A. (1973). The Role of Cognitive Style in Academic Performance and in Teacher-Student Relations. *Research Bullentin, Educational Testing Service, Princeton, NJ*, 73-101.
- Yore, L., Bisanz, G. L., & Hand, B. M. (2003). Examining the literacy component of science literacy: 25 years of language arts and science research. *International Journal of Science Education*, 25(6), 689-725.