

사회적 상호작용을 활용한 과학수업이 초등학생의 전자석 개념변화에 미치는 영향

곽수연* · 강버들 · 유병길†

(울산초등학교* · 부경대학교 · 부산교육대학교†)

Effects of Science Instruction through Social Interactions on Conceptual Changes of Elementary School Students in Electromagnet

Soo-Yeoun KWAK* · Beodeul KANG · Pyung-Kil YOO†

(Yulsan Elementary School* · Pukyong National University · Busan National University of Education†)

Abstract

The purpose of this study is to analyze elementary school students' pre-concept of electromagnet and to investigate effects of instruction through social interactions on conceptual changes of the electromagnet. For the purpose, 108 elementary school students of 3 classes were selected from the 6th grade. They were divided into the control group I, control group II and experimental group. The control group I was treated through traditional instruction on the basis of text book. The control group II was instructed with a modified version of the textbook to help them better understand the concept of electromagnet. The experimental group was treated through instruction on the basis of the above modified version of the text book and social interactions. Conceptual changes on electromagnet before and after the treatment were quantitatively and qualitatively analyzed using the identical test. The students' styles of social interaction were qualitatively analyzed with tape records of their discussions and work sheets. Effects of instruction through social interactions based on radical constructivism on the 6th-grade elementary school students' concept of electromagnet were examined here. The results were described as follows. Firstly, after the treatment, the experimental group was statistically significantly higher in mean values of conceptual understanding and academic achievement than both the control group I and II. Secondly, styles of social interaction in the three sub-groups of the experimental group were qualitatively analyzed, among the three, high- and medium-level sub-groups were higher in the frequency of linguistic social interaction than the low-level sub-group. Those students who were excellent in communication skills actively participated in linguistic social interactions. In discussions among the three sub-groups, students of the high- and medium-level sub-groups provided explanations or information while those of the other sub-group sometimes were passive by just listening, but in large actively participated in communication. In conclusion, instruction through social interactions was effectively changed in the 6th-grade elementary school students' concept of electromagnet.

Key words : Social interaction, Radical constructivism, Conceptual change, Electromagnet

† Corresponding author : 051-500-7248, pkyoo@pnue.ac.kr

I. 서론

급진적 구성주의에서 지식은 사전지식에 입각한 인간 사고의 구성이며, 지식은 과거의 경험에 비추어 성공적이거나 존속 가능하다고 밝혀진 행동과 사고들의 목록이다(von Glasersfeld, 1989a). 그러므로 지식은 외부로부터 수동적으로 받아들여지는 것이 아니라, 인식하는 주체에 의하여 능동적으로 구성되는 것이다.

지식은 개인의 인지구조에 의해 구성되는데, 지식의 구성과정은 개인이 존재하는 사회적 환경과 깊숙이 관련되어 있으며, 사회적 상호작용은 개인이 지식을 구성하는데 중심이 된다(von Glasersfeld, 1985, 1991a). 즉, 세계에 대한 개인의 지식은 경험적인 것을 기초로 하여 주로 언어를 통한 타인과의 상호작용에 의해 중재되는 것이다(Jones & Carter, 1994).

Bruner, Piaget, Vygotsky 등은 지식의 구성과정은 언어에 의해 매개된다고 하였으며, 동료와의 상호작용에서 언어화는 인지발달의 중요한 요소라고 하였다(Driver et al., 1994). 이러한 사회적 상호작용을 통해 개인은 타인의 아이디어와 양립할 수 없을 때 마음에 동요를 불러일으키게 되고, 조절을 통해 해소함으로써 인지구조를 구축해 나간다.

또한 개념을 형성하고 지식의 원천이 되는 반성적 능력은 사회적 상호작용에 의한 언어화를 통해 길러질 수 있다. 학생들은 자신이 생각하는 것에 대해 말하고, 다른 학생들이 말하는 것을 듣는 과정을 통해 문제를 해결할 수 있는 것이다. 이처럼 사회적 상호작용은 개인이 가지고 있는 개념변화에 필수적 요소이고, 여러 가지 의견에 대한 비판과 평가의 과정을 통해 자신의 견해에 대한 자아 성찰을 할 수 있게 하는 것이다(von Glasersfeld, 1991b).

Piaget는 동료와의 상호작용은 교사의 상호작용에 비하여 권위적인 면이 없어 부담 없이 자신의

생각을 드러낼 수 있고, 자신의 생각을 명료하게 해주며 갈등과 차이를 인식시켜 비평형을 유발하고, 결국 평형화 과정으로 이끌어 줄 수 있는 중요한 수단이 된다고 하였다(Ginsbrug & Opper, 1970). 이와 같이 학생들은 교사보다 그들의 동료에게 더 개방적으로 그리고 더 많은 관심을 가지고 동료의 말을 듣는 경향이 있다.

우리나라의 과학과 교육과정에서는 학생들 사이의 상호 협력과 활발한 토론이 가능한 소집단 활동을 강조하고 있다. 하지만 학습자의 능동적인 지식 구성과 탐구 과정에서 사회적 상호작용이 강조되고 있음에도 불구하고 이를 위한 수업 전략이나 교사의 역할, 학습 환경 등에 대해서는 구체적인 방향이 제시되지 못하여 진정한 의미의 사회적 상호작용은 일어나지 않고, 실험도구를 함께 사용하여 실험하는 소집단 활동으로 그치고 있다. 그러나 Lock(1988)는 실제 수업현장에서는 교사가 과학적 사실을 많이 제시하고, 실험 절차와 기대되는 결과가 교과서에 제시됨으로써 수업이 다른 학생들과의 상호작용 없이 일방적으로 이루어진다고 보고하였다.

따라서 본 연구를 위해 초등학교 6학년 ‘전자석’ 단원의 내용을 재구성하여 학생들의 활발한 상호작용을 유도하여, 사회적 상호작용을 활용한 수업을 실시한다. 그리고 학생들의 전자석에 대한 개념변화와 학생들의 사회적 상호작용 유형을 조사하고 분석하고자 한다. 이러한 연구 목적을 달성하기 위한 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, 사회적 상호작용을 활용한 수업이 전자석 개념변화에 어떤 영향을 미치는가?

둘째, 사회적 상호작용을 활용한 교수·학습에서 학생들의 사회적 상호작용 유형은 어떠한가?

II. 이론적 배경

급진적 구성주의는 Piaget의 인지발달이론에 기

초하고 있으며, 지식이란 생물학적으로 이미 결정된 발달 과정의 틀 안에서 개인의 인지적 과정을 통하여 구성된다. 즉 지식은 수동적으로 받아들여지는 것이 아니라, 개인에 의해 능동적으로 구성되는 것이다. 또한 인지는 객관적인 존재론적 실재를 발견하게 해주는 것이 아니라, 경험세계를 주체가 조직하도록 해준다(von Glasersfeld, 1993).

급진적 구성주의 입장에서 볼 때 지식은 구성적 활동의 결과이기 때문에 수동적인 수용자에게는 전이될 수 없다. 그리고 지식은 인간의 내부에서 경험을 통해서 구성되는 것이지만 인간의 외부에 객관적으로 존재하는 것은 아니다. 따라서 지식은 동일한 현상에 대해 사람에 따라 그 의미를 다르게 해석할 수 있으며, 각자의 해석에 따라 구성된다(von Glasersfeld, 1990).

구성주의의 관점에서 타인이라는 관념은 우리들의 경험에서 구성된다. 이들 타인들과는 대부분 언어라고 하는 것을 통해서 이루어진다. 우리가 다른 사람들이 행하고 있는 것을 보는 것과 그들이 말하는 것을 듣는 것은 필연적으로 우리가 행하고 말하는 것에 영향을 미친다(von Glasersfeld, 1986). 다른 사람들의 사고 과정에 대해 구성한 모델들은 우리들이 접근할 수 있는 요소들로 구축된 구성개념일 수 있다. 그리고 어떤 문제에 대한 학생들의 개별적인 접근법을 이해하려는 교사의 시도는 긍정적인 사회적 상호작용 분위기를 발생시킨다. 교사가 학생들이 생각하는 방법에 대해 진심으로 관심을 갖는 것은 어떠한 언어적 단언보다도 학생들에게 그들이 신중하게 대접받고 있다는 것을 보여준다(von Glasersfeld, 1991b).

Roth와 Roychoudhury(1992)는 학생들이 소집단을 이루어 협동적으로 개념도를 그리는 과정에서, 자신의 입장을 설명하고 정당화하기 위해 지식을 새로운 방식으로 평가·통합·정교화하며, 다른 학생들의 개념변화에 영향을 주는 것을 관찰하였다. 또한, 동료와의 상호작용이 일어나는 학습 환

경에서 학생간의 타협, 견해에 대한 설명과 정당화, 목표 개념과 관련된 명제 사용의 빈도가 높았다. 그리고 Webb(1994)은 협동학습에서 언어적 상호작용에 관한 연구들을 종합하여 학생들의 상호작용을 ‘비구체적 상호작용’, ‘도움 주기’, ‘도움 받기’, ‘연속적인 행동’ 등 네 가지 유형으로 구분하고 학업성취도와의 관계를 분석하였다.

Roth(1997)는 4-5학년 학생들을 대상으로 소집단에서의 학생들 사이의 상호작용 및 교사와의 상호작용에 대하여 수업 과정의 비디오 녹화 자료, 학생과 교사의 공식적 비공식적 면담, 문화기술적 관찰, 학생들의 결과물을 자료로 하여 두 개의 사례를 정성적 방법으로 연구하였는데, 학생들의 상호작용에서의 상호간의 유동성 및 상호간의 문화, 영향력, 규준의 구성 등을 조사하였다. 그는 학생들의 협동적 활동과정을 학습과 관련된 행동과 학습과 관련 없는 행동으로 단순화시켜서 분석하는 것은 복잡한 상호작용 구조를 설명하는데 적합하지 않다고 하였다.

Lim Hee-Jun(1998)은 과학과 협동학습과정에서 발생하는 언어적 행동과 여러 변인들 사이의 관계, 성취 수준에 따른 언어적 상호작용 양상을 조사하였다. 언어적 행동은 적용 영역의 성취도 및 심층적 학습 전략, 학습 동기, 태도 등의 향상과 관련이 있었다. 그리고 상위와 중위수준 학생 사이에는 언어적 행동의 빈도에서 차이가 없었으며 소집단의 언어적 상호작용은 상위와 중위수준 학생이 서로 협력하여 공동으로 의미를 구성해나가는 방식으로 일어난다고 주장하였다.

III. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 B광역시에 소재하고 있는 C초등학교 6학년 3개반(비교반 I·비교반 II·실험반)을 대상으로 하였으며, 대상 학생 표본 수는 108명이며 <Table 1>과 같다.

<Table 1> Student distribution (unit: person)

Com. I		Com. II		Exp.		total
M	F	M	F	M	F	
19	17	19	17	16	20	108
36		36		36		

2. 검사 도구 및 연구 절차

본 연구에서 사용하는 검사 도구는 Son Sun-young(2002)이 사용한 검사지를 본 연구자가 수정 및 보완하고 일부는 개발하였으며, 과학교육 전공자 그룹이 검토한 후 재수정한 문항을 사용하였다. 학생들의 개념을 조사하기 위해 지필식 검사 도구를 사용하였으며, 수업처치 전·후 전자식 개념 검사지는 동일한 것을 사용하였다.

수업처치 전과 후에 학업성취도 평가를 실시하였다. 수업처치 전에 실시한 학업성취도 평가의 범위는 6학년 1학기 1단원에서 6단원(‘전자식’ 이전 단원)까지이다. 수업처치 후의 학업성취도 평가지는 ‘전자식’ 단원에 대한 교육과정의 학습내용과 관련하여 총 20문항으로 제작하였다. 3개반에 대한 연구 설계는 <Table 2>와 같다.

<Table 2> Research design

Com. I	F1	O1	X1	O1	F2
Com. II	F1	O1	X2	O1	F2
Exp.	F1	O1	X3	O1	F2

* X1: traditional class, X2: class using a reconstructed teaching materia, X3: class using social interation, O1: electromagnet concept test F1: achievement test, F2: achievement test

비교반 I 은 전통적인 수업을 실시하였으며, 비교반 II 와 실험반은 급진적 구성주의 관점에 따라 ‘전자식’ 단원을 재구성한 내용으로 수업을 진행하였다. 실험반은 비교반 II 에 비하여 사회적 상호작용을 활용한 수업을 하였다.

실험반은 약 3주간(9차시) 사회적 상호작용 적용 프로그램을 투입하였다. 그리고 한 모둠 당

모둠원 수를 4명으로 무선 조직하여 총 9개의 모둠을 구성하였다. 각 모둠마다 모둠장, 서기, 준비, 정리 등의 역할을 부여하여 모둠활동이 원활히 이루어지도록 하였다. 또한 상호작용하는 절차와 방법에 대해 처치 전에 2 차시에 걸쳐 훈련을 하였다.

비교반 I 은 교과서와 실험 관찰책을, 비교반 II 은 재구성된 학습내용에 따른 개인 학습지를 사용하여 내용을 정리하였다. 그리고 실험반은 모둠 구성원들이 함께 학습할 수 있도록 하나의 모둠 학습지를 사용하였다. 실험반의 경우, 수업처치 기간 동안에는 동료 간의 상호작용 분석을 위해 임의로 3개의 모둠을 선정하여 매 차시마다 토론 과정을 비디오로 녹화하였다.

3. 분석 방법

전자식 개념 검사지의 점수 배점은 1문항 당 1점으로 하였다. 자료 분석은 SPSSWIN(version 18.0)프로그램을 사용하여 자료 통계를 분석하였다. 비교반 I, 비교반 II, 실험반을 수업처치 전과 후 개념 검사지와 학업성취도를 토대로 수업효과를 정량적으로 분석하였다. 또한 처치전의 전자식 개념 검사를 토대로 학생들을 상, 중, 하로 나누고, 3 집단을 대상으로 촬영된 비디오 자료를 전사하여 학생들의 사회적 상호작용 유형을 정성적으로 분석하였다.

IV. 결과 및 논의

1. 사회적 상호작용을 활용한 수업이 전자식 개념변화에 미치는 효과

사회적 상호작용을 활용한 수업이 전자식 개념변화에 미치는 효과를 알아보기 위하여 비교반 I, 비교반 II, 실험반의 수업처치 전 평균 점수, 변량분석 결과와 집단 간 전자식 개념 파지도 비교결과를 살펴보면 <Table 3>, <Table 4>와 같다. 분석 결과 비교반 I, 비교반 II, 실험반은 유의수

준 .05에서 유의한 차이가 없으므로 동질집단임을 알 수 있다.

<Table 3> average of electromagnet conception by group in pre-test

group	Com. I	Com. II	Exp.
average	7.14	7.08	7.08

<Table 4> One-way ANOVA on electromagnet conception in pre-test

Source	SS	df	MS	F	p
Between	0.07407	2	0.03704	.007	.993
Within	581.806	105	5.541		
Total	581.880	107			

세 집단 간 수업처치 후 검사의 유의한 차이를 알아보기 위해 변량 분석한 결과는 <Table 5>, <Table 6>, <Table 7>과 같다. 실험반은 비교반 I 과 비교반 II에 비하여 .05수준에서 평균차가 유의하므로 사회적 상호작용을 활용한 수업이 학생들의 전자석 개념 형성에 효과적임을 알 수 있다. 이는 토론 과정에서 사회적 합의 형성을 강조한 전략 집단 학생들의 개념 이해도가 다른 집단의 학생들에 비하여 높다는 Kang Suk-jin (2000)의 연구결과와 일치한다.

<Table 5> average of electromagnet conception by group in post-test

group	Com. I	Com. II	Exp.
average	8.92	9.94	11.39

<Table 6> One-way ANOVA on electromagnet conception in post-test

Source	SS	df	MS	F	p
Between	111.056	2	55.528	9.829	.000
Within	593.194	105	5.649		
Total	704.250	107			

또한 교재를 재구성하여 수업한 비교반 II와 실험반은 교과서 내용으로 수업한 비교반 I에 비하여 평균 점수가 높은 것을 볼 때, 재구성된 교재의 내용이 전자석 개념 형성에 도움이 된다는 것을 알 수 있다.

<Table 7> Scheffe' s post-hoc comparison result on electromagnet conception

I	J	I-J	std. error	p
Com. I	Com. II	-1.03	.56	.191
	Exp.	-2.47	.56	.000
COm. II	Exp.	-1.44	.56	.040

6학년 1학기 전자석 단원 이전까지의 내용에 대해 학생들이 가진 과학적 지식을 평가지를 통해 조사해 보았다. 분석한 결과는 <Table 8>, <Table 9>, <Table 10>과 같다. 세 집단은 유의한 차이가 없으므로 모두 동질집단이다.

<Table 8> Average of achievement by group in pre-test

group	Com. I	Com. II	Exp.
average	77.67	84.44	82.78

<Table 9> One-way ANOVA on achievement in pre-test

	SS	df	MS	F	p
Between	898.074	2	449.037	2.369	.099
Within	19903.111	105	189.553		
Total	20801.185	107			

<Table 10> Scheffe' s post-hoc comparison result on achievement in pre-test

I	J	I-J	std. error	p
Com. I	Com. II	-6.78	3.25	.118
	Exp.	-5.11	3.25	.293
Comp. II	Exp.	1.67	3.25	.877

<Table 11>, <Table 12>, <Table 13>은 수업처치 후 집단 간 학업성취도를 분석한 결과이다. 실험반은 비교반 I, 비교반II에 대하여 유의수준 .01에서 유의했다. 즉, 실험반이 두 비교반에 비해 월등히 학업성취도가 높은 것이다. 이것으로 볼 때, 사회적 상호작용을 활용한 수업이 학업성취도 향상에 매우 큰 효과가 있음을 알 수 있다.

<Table 11> average of achievement by group in post-test

group	Com. I	Com. II	Exp.
average	67.50	72.22	86.94

<Table 12> One-way ANOVA on achievement in post-test

Source	SS	df	MS	F	p
Between	7405.556	2	3702.778	14.947	.000
Within	26011.111	105	247.725		
Total	33416.667	107			

<Table 13> Scheffe' s post-hoc comparison result on achievement in pre-test

I	J	I-J	std. error	p
Com. I	Com. II	-4.72	3.71	.448
	Exp.	-19.44	3.71	.000
Com. II	Exp.	-14.72	3.71	.001

2. 사회적 상호작용을 활용한 교수학습에서 학생들의 상호작용 유형

가. 상위·중위·하위그룹별 사회적 상호작용 언어적 빈도

모둠에서 사회적 상호작용의 평균 빈도가 상위 그룹은 43.4회, 중위그룹은 47.5회, 하위그룹은 31.6회로 상위·중위그룹이 하위그룹에 비하여 총 빈도수가 높았다. 이는 상위수준이 언어적 상호작용이 가장 높고 중위수준이 하위수준보다 약간

높다는 박은아(2002)의 연구와 조금 다른 결과를 보인다.

그리고 <Table 14>, <Table 15>에서 학생들은 사후 개념 파지도와 학업성취도 점수가 높게 향상된 것을 알 수 있다. 특히 사회적 상호작용 횟수가 높은 병진이(86회)와 다영이(59회)는 사후 개념 파지도와 학업성취도에서 사전보다 월등히 향상했음을 알 수 있다. 이처럼 의사소통 능력이 뛰어난 학생들이 사회적 상호작용을 강조한 수업에서 많은 도움을 받는다는 것을 알 수 있다. 이는 언어적 상호작용에 보다 적극적으로 참여함으로써 유의한 지식 구성이 이루어질 기회가 상대적으로 많았던 것으로 해석할 수 있다(Kang Suk-jin, 2000).

<Table 14> electromagnetic conceptual change according to the number of social interaction

group	student	score group	number	pre-score	posr-score
1	YM	U	50	9	12
	SJ	U	29	13	12
	BJ	M	86	7	13
	MD	L	33	4	12
2	HS	U	51	9	14
	WS	U	38	9	13
	DY	M	59	8	14
	JM	M	8	8	13
3	SY	U	49	9	13
	YY	M	37	8	11
	JH	L	23	5	11
	SG	L	39	4	13

U: Upper, M: Medium, L: Lower

반면 상호작용의 횟수가 적은 지명이(8회)도 개념 파지도와 학업성취도 점수가 높게 나타났다. 그 이유는 지명이가 학습 과제에 충실히 하지 않아 사회적 상호작용의 횟수가 낮은 것이 아니라 언어적으로 표현하는 행동만을 분석하고 다른 사람의 의견이나 설명을 듣는 행동을 포함되지 않았기 때문이다. 즉 언어적 행동의 빈도가 낮다는 것이 곧 상호작용 학습 과정에 참여하지

않았다는 것을 의미하지 않는다(Lim Hee-jun, 1998).

<Table 15> achievement change according to the number of social interaction

group	student	score group	number	pre-score	post-score
1	YM	U	50	84	90
	SJ	U	29	96	100
	BJ	M	86	72	100
	MD	L	33	52	70
2	HS	U	51	96	100
	WS	U	38	100	100
	DY	M	59	92	100
	JM	M	8	96	95
3	SY	U	49	92	95
	YY	M	37	68	80
	JH	L	23	88	85
	SG	L	39	100	90

나. 설명하기 - 설명듣기 유형

상위그룹 학생은 모둠활동 시 결과를 분석하거나 원인을 탐색하여 모둠원들에게 설명하거나 정보를 제공하는 역할을 하고 중위그룹 학생과 도움을 주고받으며 활동하였다. 또한 상위·중위그룹의 학생은 하위그룹의 학생이 수업에 적극적으로 참여하지 않을 때 참여하도록 권장하는 역할을 하였다.

하위그룹 학생은 수업 중 핵심적인 요점에 대해 설명하기보다는 상위와 중위그룹 학생 설명을 듣는 수동적인 활동을 보이긴 했지만, 자신의 예상 발표하기·실험방법 설계하기·결과 말하기 등에서 적극적으로 참여하였다.

이러한 현상은 이질적으로 구성된 소집단 협동 학습에서 상위 수준 학생은 주로 설명을 하는 역할을 하며, 하위 수준 학생들은 설명을 듣게 된다는 Ross & Raphael(1990), Swing & Peterson (1982), Webb(1982)의 연구결과와 일치한다.

또한 하위그룹은 실험 결과에 대해 토론할 때, 현상이 일어난 이유에 대한 것보다 나타나는 현상 그 자체에 대해 말하는 경향이 있었다. 상·중

위그룹 학생 간의 상호작용의 예는 다음과 같다.

- SJ (상): 자기장 측정기로 재어보니 못 머리 부분에 에나멜선을 많이 감은 것이 가장 셧습니다. 못 머리 부분에서 측정해서인 것 셧습니다.
- BJ (중): 지난 실험에서 고리모양으로 많이 겹쳐 감으면 자기장이 세어지므로 겹쳐 감으면 전자석이 세어집니다.
- SJ (상): 철못 머리에 측정기 대었기 때문에 측정하려는 곳과 가까워져셧습니다.
- BJ (중): 고리 모양으로 겹쳤고, 측정하려는 곳과 가까워서 전자석이 셧습니다.

위의 예에서 알 수 있듯이 상위그룹과 중위그룹이 상호작용하여 결과를 도출하는 것을 알 수 있다.

- BJ (중): N, N 같은 극끼리 밀어내 위로 들고 S극은 N극에 붙어서 잡아 놓습니다.
- YM (상): N, N 같은 극끼리 밀어내서 위로 들고 S극은 N극에 붙어서 잡아 놓는대구요?
- BJ (중): 같은 극끼리는 밀어냅니다.
- YM (상): (그림 그리면서 설명한다. - 녹취불가)
- BJ (중): 밀어냅니다.
- MD (하): 그렇네.
- BJ (중): 나중에는 관성 때문에 돌아갑니다.
- BJ (중): 다 벗기면 가만히 있겠네.
- SJ (상): (녹취불가)
- YM (상): 다 벗기면 안되고 한 쪽만 벗겨야 합니다.

8차시는 전동기가 돌아가는 원리에 대한 것으로 주로 상위그룹과 중위그룹끼리 얘기를 하였다. 어려운 학습과제이기 때문에 하위그룹이 대화에 많이 참여하지 못한 것으로 사료된다.

다음은 상·중·하위 그룹 간의 상호작용의 예를 나타내고 있다.

- MD (하): 전류가 통하지 않았을 때는 자석이 에나멜선에 붙지 않고, 전류를 통하게 했을 때는 자석이 에나멜선에 붙었습니다.
- YM (상): 상황1에서는 에나멜선에 자석이 붙지 않고, 상황2에서는 전지를 붙여서 전자석이 되어 붙습니다.
- BJ (중): 전류와 철이 만나서 전자석이 되었습니다.

하위그룹인 MD는 상황에 대한 설명만을 하는 반면에 상위그룹인 YM은 설명을 덧붙였다.

SG (하): 에나멜선에 전류가 흐르면 불기도 하고 밀어내기도 합니다.
 SY (상): 전류가 흐르면 자석처럼 자기력이 생깁니다.
 SY (상): 전류가 흐르는 에나멜선에 자기력이 생깁니다.

위의 예와 마찬가지로 하위그룹인 SG는 실험 후 나타난 현상에 대해서 말하는데 상위그룹인 SY는 현상에 대한 이유를 말해 결과를 정리해준다.

다. 대화의 중재자

모둠에 대화의 중재자가 있을 때 모둠원간의 상호작용 흐름이 끊기지 않고 학습주제에 대한 토론이 활발히 이루어졌지만, 모둠에 대화의 중재자가 없을 때 대화가 계속 진행되지 못했다. 대화의 중재자가 모둠활동에 중요한 역할을 한다.

(SG, JH 장난 침)

(SY와 YY이 결과를 적고 있음)

JH: (강압적인 말투로)안 붙었습니다!

YY: (SG과 JH를 못 마땅하다는 듯 쳐다봄)

SY: 녹취불가

대화 중재자가 없는 6모듬의 경우, 두 명이 활동 중 장난을 쳐 다른 두 명과 불화가 있기도 했으며, 상호작용이 잘 이루어지지 않았다. 따라서 다음의 경우와 같이 대화를 중재하는 중재가 존재하여 모둠원간의 원활한 상호작용이 일어나도록 하는 것이 중요하다고 사료된다.

JH: 같은 극에 돌아갔습니다.

YY: 같은 극에 왜 돌아갔지?

SG: 밀어내는 힘 때문에

SY: (녹취불가)

SY: (녹취불가)

YY: (다시 실험 중)

YY: 야!

JH: 왜?

YY: 같은 극에서 돌아갔잖아

SY: 다른 극인 것 같은데

SG: 자석이 자기장을 밀면 음..

SY: (유연이에게 소곤 소곤 설명 중)

YY: 왜?

SY: (녹취불가)

SG: 전지 +극, -극이 있는데....(헤멤)

SY: 상관없잖아

SG: +, - 있다.

SY: (그림을 그리며) 전동기의 극이 다르니까

SG: (그림을 그리며) 전동기의 극과 자석의 극이 똑같으면

YY: 어, 그래

SG: (그림을 가리키며)그러니까 여기가 S극

SY: 돌다가 방향 바뀌면 반대로 돌아간다. 아! 그럴 수도 있겠다.

YY: 힌트가 뭐였지?

SY: 관성, 자석의 극, 에나멜선

YY: 관성이 뭐 끌어당기는 거가?

SY: 끌어당기는게 아니라 달리기 선수가 가속도 때문에 바로 멈추지 못하고 계속 앞으로 달리는 거야.

YY: 세 개를 짜 맞춰보자. 관성이 못 멈추는 것

SG: (녹취불가)

YY: 관성이 멈추지를 못하잖아.

SG: (손으로 돌리기)

SY: 자석이니까 돌게..... 하 ~

SG: (녹취불가)

SY: (그림을 그리면서) 전류가 있으면

YY: 이거는 철이다 아니가? 전류가 흐르면..... 아 답답해. 관성 때문에 못찾겠다.

SG: (그림을 가리키면서) 자석이 N극, 전동기도 N극이니까 돌아가잖아.

SG: 반만 벗기는 것은 자기장을 없애주는 것이야.

SG: 그 다음은 관성 때문에 돌아가는 거야.

SG: 전동기와 자석이 같은 극이었을 때, 밀어내서 전동기가 움직이다가 반 바퀴는 관성 때문에 돌아가는 거야.

다른 모듬원들이 문제에 대해 생각할 수 있도록 하는 중위그룹인 YY가 대화를 이끌어냈으며 상위그룹인 SY는 문제 해결의 정보의 제공해주고 이유를 설명해주었다. Chang Sang-shil(2003)은 의사소통에 어려움이 있을 때, 모듬원들의 의견을 연결해주는 중재자가 있을 경우 대화를 계속 진행할 수 있지만 중재자가 없을 경우 논의가 더 이상 진행되지 못하는 경우가 있다고 하였다.

Webb(1982)은 77명의 중학교 수학과목에서 동질집단과 이질집단으로 나누어 언어상호작용을 분석한 결과 외향적인 학생들은 내향적인 학생들에 비해 성취수준이 높고 내향적인 학생들인 경우 설명을 더 받는 경향이 있었다고 하였다. 하지만, 본 연구에서 관찰한 모듬 내 동료들과 친밀하고 존중하는 분위기일 때 내향적인 학생도

적극적으로 참여하는 것을 알 수 있었다.

사회적 상호작용을 활용한 수업 수업의 효과를 높이기 위해 학생들의 의사소통 능력을 증진시키기 위한 방안이나 학생들에게 체계적이고 심층적인 학습 전략을 습득시키기 위한 방안이 고려되어야 한다. 하지만 이러한 방안들은 다른 사람의 의견을 존중해주는 분위기 속에서 활발한 상호작용이 유발될 때 그 효과가 발휘될 수 있을 것이다.

라. 문제 해결의 출발자

결과 분석을 할 때 정보를 제공하는 행동은 상위 수준에게서 많이 나타났으나 상위 수준 학생이 문제 해결의 출발자가 되는 것은 아니었다.

아래의 경우를 살펴보면 중위 그룹인 병진이가 문제를 해결하는 단서를 내어놓았고, 다른 학생들과의 상호작용을 통하여 결론을 도출했다.

<중위그룹이 문제 해결의 출발자가 되는 예1>

- BJ (중): 철 막대가 자기장이 센 이유는 철이 자석에 붙는 물질이기 때문이다.
- SJ (상): (녹취불가)
- BJ (중): 자기장은 철을 붙이기 때문입니다.
- SJ (상): (녹취불가)
- BJ (중): 철에만 클립이 붙는 이유는 철이 자석에 붙는 물질이기 때문입니다.
- MD (하): 클립이 철에 잘 붙었습니다. 철에는 자기장이 흐르기 때문입니다
- BJ (중): 철이 전류가 흐르기 때문이고, 전류는 자기장을 만들기 때문입니다
- YM (상): 새로 안 사실을 말해주십시오.
- BJ (중): 양 끝에 클립이 많이 붙어 양끝이 극이라는 것을 알았습니다.

<중위그룹이 문제 해결의 출발자가 되는 예2>

- BJ (중): 전구의 불이 오지 않았습니다. 철못에는 전류가 흐르지 않는 것을 알았습니다.
- YM (상): 철못에 연결된 것이 아니라 에나멜선에 연결된 것입니다.
- BJ (중): 상황2는 불이 오지 않았습니다. 철못의 양끝은 전류가 흐르지 않기 때문입니다.
- MD (하): 에나멜선 밖으로 전류가 빠져나가기 않아서입니다.
- BJ (중): 에나멜선을 타고 전류가 흐르지 때문입니다.
- YM (상): (녹취불가)
- BJ (중): 철못 양끝에는 전류가 흐르지 않고 에나멜선에는 전류가 흐르기 때문입니다.

<하위그룹이 문제 해결의 출발자가 되는 예>

- SG (하): 에나멜선 한 줄에는 전류가 흐르면서 그냥 통과지만 여러 번 감은 에나멜선은 돌면서 통과합니다.
- JH (하): 직선 에나멜선은 전류가 직선으로 흐르고 여러 번 감은 에나멜선은 더 많은 전류가 흐르기 때문에 자기장이 더 셉니다.

하위그룹인 성균과 진하가 문제해결의 출발자가 되었다.

마. 잘못된 결론

토론을 하면서 결론이 잘못 나오는 경우가 있다. 모둠원들이 인지수준이 낮고 자신의 개념에 대한 확신만 가지고 있는 경우는 과학개념을 가진 동료 학생을 오개념으로 유도하는 부정적인 결과를 가져올 수도 있는 것이다(Choi Dong-seon, 2003). 이럴 때에는 다른 모둠과의 상호작용과 교사와의 상호작용이 필요하다. 그래서 모둠에서 토론한 것을 전체 학생들에게 발표함으로써 집단 간 토론을 하게 하였다. 그리하여 학생들은 집단 간 토론을 통해 과학적 개념을 가지게 되었다.

<잘못된 결론 - 전류가 자석을 끌어당긴다.>

- YM: 실험을 통해 알게된 점을 이야기해주세요.
- MD: 전류가 흐르면 붙습니다.
- BJ: 전류는 자석과 같은 성질을 가집니다.
- SJ: 에나멜선은 구리가 아닌 비철입니다.
- YM: 에나멜선은 비철입니다.

BJ는 정확하지 않은 결론을 내렸는데도 이것에 대해 반대나 보충 의견을 내는 학생이 없었다. 그래서 BJ는 모둠의 토론결과를 에나멜선에 자석이 붙는 까닭이 전류가 자석을 끌어당기기 때문이라고 말하였다. 이 결론에 대해 교사와 집단 간 토론 내용은 다음과 같다.

<집단간 토론 - 전류가 자석을 끌어당길까?>

- BJ: 에나멜선에 자석이 붙는 까닭은 전류가 자석을 끌어당기기 때문입니다.
- 교사: 전류가 자석을 끌어당긴다는 것에 대해 어떻게 생각하는지 이야기해봅시다. 왜 전류가 흐르면 자석을 붙게 하거나 밀어냈을까?

(생각할 시간을 줌)

- CL: 전류가 에나멜선에 흐르면 에나멜선이 자석과 같은 성질을 가져서입니다.
 교사: 전류가 자석과 같은 성질을 가졌다면, 에나멜선이 자석이라면 그 주위에는 무엇이 있습니까?
 JM: 자기장입니다.
 HS: 에나멜선에 자기력이 있습니다.
 JN: 에나멜선에 전류가 흘러 자석과 같은 성질을 가지고 에나멜선에 자기장이 생겨서 붙게 됩니다.

집단간 토론을 통하여 전류가 흐르는 에나멜선 주위에는 자기장이 생성되어 자석이 붙는다는 것을 알게 되었다.

<잘못된 결론 - 철은 전류가 잘 흐르기 때문에 전자석을 세게 한다.>

- BJ: 철은 전류가 잘 흐르기 때문에 철이 구리보다 전류가 잘 흐르기 때문에 전자석의 자기장을 세게 합니다.
 SJ: (결과를 학습지에 적는다.)

BJ가 잘못된 결론을 내었고, SJ는 그 의견에 수긍하여 학습지에 결과를 적었다. 이 결론에 대해 교사와 이 모둠의 집단간 토론 내용은 다음과 같다.

<집단간 토론 - 철은 전류가 잘 흐르기 때문에 전자석을 세게 할까?>

- BJ: 구리가 전류가 잘 흐르듯이 철이 전류가 잘 흘러서 자기장이 세어집니다.
 교사: 병진이와 같은 토론 결과가 나온 모둠 손들어 보세요.
 (4, 5, 6, 7, 8, 9 모둠이 손을 든다.)
 교사: '전류가 잘 흐르는 막대는 자기장을 세게 할 수 있다.' 라는 의견에 대해 어떻게 생각하나요?
 HS: 철은 비철이 아닌 철이어서 자석에 잘 붙어서 자기장을 세게 하는 것 같습니다.
 교사: 전류가 잘 흐르는 것과 자석에 잘 붙는 것은 다릅니다. 전류가 흐르는 물질이 자기장을 세게 할 수 있습니까?
 CL: 우리는 전류가 잘 흐르는 물질인데, 구리 막대가 자기장을 세게 할 수 없었습니다.
 HS: 전류가 잘 흐르는 물질은 자기장을 세게 할 수 없습니다. 그래서 구리 같은 것은 안됩니다. 철만 자기장을 세게 할 수 있는 것은 철이 다른 금속과는 달리 자석에 잘 붙기 때문입니다.

학생들은 집단간 토론을 통하여 철 막대는 자석에 붙는 물질이기 때문에 자기장을 세게 할 수

있다는 알게 되었다.

<집단간 토론 - 전류의 방향을 바꾸면 전자석에 클립이 붙지 않을까?>

- DY: 저희 모둠에서는 전자석에 전류의 방향을 바꾸었을 때 클립이 붙지 않았습니다.
 교사: 다른 모둠에서는 전류의 방향을 바꾸었을 때 클립은 어떻게 되었나요?
 CL: 저희 모둠에서는 전류 방향을 바꾸어도 클립이 붙었습니다. 자기장이 생겨서입니다.
 교사: 그러면 다시 실험을 통해 확인해봅시다. 전류 방향 바꾸어서 실험을 해봅시다.
 교사: 결과는 어떠합니까?
 JM: 붙었습니다.
 교사: 자석으로 실험했을 때는 붙었다가도 극을 바꾸면 밀어냈는데 클립은 전류 방향을 바꾸어도 붙었습니다. 왜 그럴까요?
 CL: 전지에서 전류가 흐르면 양쪽이 극이 생겨서 아무리 바꾸어도 붙기 때문입니다.
 교사: 클립이 극이 있나요?
 모두: 없어요.
 교사: 천명이 말처럼 클립은 자석이 아니므로 전류의 방향에 상관없이 철 막대에 붙습니다.

집단간 토론을 통하여 전자석에 전류의 방향이 바뀌면 클립이 붙지 않는다는 오개념이 과학적 개념으로 바뀌었다.

<집단간 토론 - 철못 머리에서 자기장을 측정했을 때 철못에 에나멜선을 어떻게 감은 것이 센가?>

- 교사: 그러면 철못 머리 부분이 아닌 철못 끝에 자기장 측정기구를 두었다면 몇 번이 셀 것 같나요?
 JH: 철못에 감는 에나멜선이 측정기구랑 멀리 떨어지면 약합니다.
 교사: 측정하려는 곳과 가까워야 합니다. 이 말을 전자석을 중심으로 해서 내용을 바꾸어볼까요?
 SJ: 전자석과 가까운 곳에 에나멜선을 감으면 세집니다.
 YY: 겹쳐져 있는 것이 자기장이 더 셉니다.
 YM: 에나멜선을 겹치게 감은 것이 자기장이 더 셉니다.
 교사: 왜 1번이 세지?
 BJ: 에나멜선이 한 쪽에 겹쳐 있어서입니다.
 JH: 전류가 에나멜선으로 올라갔다 전지로 다시 와서입니다.
 BJ: 에나멜선과 가까우니까 자기장이 더 셉니다.
 교사: 전자석에 먼 곳보다 가까운 곳이 자기장이 더 셉니다.
 그리고 같은 면적 당 에나멜선이 많이 감길수록 더 세어집니다.

<집단간 토론 - 전동기에 붙어있는 자석의 극이 어떤 때 잘 돌아가는가? 에나멜선의 한 쪽은 왜 반만 벗기는가?>

- 교사: 자석의 극은 같아야할까요? 달라야할까요?
 JH: 같아야 밀어내는 성질 때문에 돌아갑니다.
 CL: 밀어내는 자극 때문에…….
 BJ: 밀어내는 N극 N극 성질 때문에 밀어내는 전류가 흐르면 자기장이 생기므로 밀어내는 성질로 하다 보면 전동기가 밀어내는 성질 때문에 돌아갑니다.
 교사: 에나멜선을 반만 벗기는 이유는 무엇 때문일까요?
 BJ: 구리가 전류가 잘 흐르기 때문에 다 벗기면 전류가 세어지고 반만 벗기면 전류가 약해지기 때문입니다.
 CL: 다 벗기면 전류가 너무 세게 흘러서입니다.
 교사: 전동기 양쪽에 붙어있는 자석의 극이 어떻게 되어야할지, 왜 한쪽만 에나멜선을 반만 벗기는 지 모둠별로 다시 한 번 더 이야기해봅시다.
 (모둠별 토론)
 1모듬 한 쪽만 반만 벗겨서 그 성질로 돕니다. 그 이유
 YM: 는 자석은 같은 극끼리 하면 밀어내는 성질이 있는데 에나멜선을 다 벗기면 자기장이 세져서 한 쪽만 벗깁니다.
 2모듬 자석을 전동기를 향해 다른 극으로 붙였을 때 전
 DY: 동기가 활발히 돕니다. 자석 사이의 에나멜선(전동기)에도 극이 있는데 전동기의 극과 자석의 극이 같아야 밀어내서 잘 돌아가기 때문입니다.
 또 한 쪽만 반만 벗긴 이유는 반바퀴 돌았을 때 전동기의 극과 자석의 극이 붙는 성질을 약하게 하기 위해서 입니다.
 3모듬 한쪽을 반만 벗기는 이유는 자기장의 힘을 약하게 하기 위해서입니다.
 JH: (중략)
 교사: 에나멜선 두 쪽 다 벗기면 자기장이 세집니까?
 (교과서 64쪽 그림보며) 왼쪽 그림처럼 벗긴 부분 둘 다 클립에 대었을 때 전류가 흐를까요?
 모두: 흐릅니다.
 교사: 오른 쪽 그림은 전류는 흐를까요?
 모두: 흐르지 않습니다.
 교사: 이 때 자기장은 생길까요?
 모두: 안 생깁니다.
 교사: 이것을 통해 알 수 있는 점은 무엇입니까?
 CL: 에나멜선을 두 쪽 다 벗긴다고 해서 자기장이 세어지는 것도 아니고, 반만 벗긴다고 해서 자기장이 약해지는 것이 아닙니다. 아예 자기장이 생기지 않습니다.

학생들은 에나멜선을 다 벗기면 전류가 세어지고 반만 벗기면 전류가 약해진다는 오개념을 가지고 있었다. 하지만 동료간, 교사와의 상호작용

을 통해 과학적 개념을 가지게 되었다.

von Glasersfeld(1995)는 반성 없이는 이해가 없다고 하였다. 학생들의 반성을 육성하는 한 가지 방법은 학생들을 두 세 학생으로 구성된 집단으로 나누어 활동한 후, 활동의 끝에 가장 뒤떨어진다고 생각되는 한 조를 선정하여 그들의 결과에 관해 자신들의 생각을 설명하도록 하는 것이 뛰어난 방략일 수도 있을 것이다. 한편으로 언어화는 (다른 사람이 말하고 있는 것뿐만 아니라 자신의 생각에 관한) 반성을 요하며, 다른 한편으로 학생들은 교사보다 그들의 동료에게 더 개방적으로 그리고 더 많은 관심을 가지고 청취하는 경향이 있기 때문이다(von Glasersfeld, 1995). Cobb 등(1993)은 이 방법으로 사용하여 초등학교 산수를 가르치는데 큰 성공을 거둔 바가 있다. 3년 후에 그 프로젝트에 참여하였던 아동들은 산수에서만뿐만 아니라 다른 영역에서도 평균 이상의 점수를 받았다. 그들은 학습하는 더 나은 방법을 획득하고 있었던 것이다(Wood et al., 1993).

수업은 사회적 활동이며 학습은 개인적 활동이다. 사회적 활동에서 가장 많이 사용되는 것은 언어이다. 구성주의는 지식은 언어로 전달될 수 없다고 주장한다(von Glasersfeld, 1991b). 그렇다면, 수업에서 언어를 사용하지 말라는 말일까. von Glasersfeld(1995)는 교사는 학생들에게 어떤 개념들을 구성하여야 하고 어떻게 구성하여야 하는가를 말 해줄 수는 없지만, 현명한 언어 사용에 의해 교사가 경험으로부터 알고 있듯이 자신이 무익한 것으로 생각하는 방향으로 학생들이 구성하는 것을 막을 수 있다고 제안한 바가 있다. 그리고 수업에서 학생들로 하여금 계속하도록 동기를 부여하는 사람은 다름 아닌 교사이며, 비록 교사가 사용하는 언어가 학생들의 개념 구성 행위를 결정할 수는 없지만 특별한 방향으로 구성할 수 있도록 장애물을 설정할 수는 있다(von Glasersfeld, 1989b & 1990). 즉, 수업에서 언어를 사용하지 말라는 것이 아니라 언어는 지식을 전달하는 기능이 아니라 교사가 (바람직한 방

향으로 학생들의 개념 구성 방향을 안내하고 학생들이 원치 않는 방향으로 개념을 구성해 나갈 때 장애물을 설정하는 기능으로 언어의 기능을 달리 생각하여야 한다는 것이다.

V. 결론

급진적 구성주의적 관점에서 사회적 상호작용을 활용한 수업이 초등학교 6학년 학생의 전자식 개념변화에 미치는 영향을 알아보기 위하여 비교반 I, II와 실험반으로 나누어 연구 조사한 결과를 바탕으로 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다.

첫째, 재구성된 교재를 사용하고 사회적 상호작용을 활용한 수업처치를 한 실험반의 전자식 개념 파지도와 학업성취도가 전통적인 수업처치를 한 비교반 I 과 재구성된 교재를 사용한 수업처치를 한 비교반II에 비해 유의하게 높았다.

둘째, 사회적 상호작용을 활용한 수업처치가 효과적인지 그룹별로 살펴본 결과, 상위그룹에서는 실험반이 두 비교반에 비해 개념 파지도와 학업 성취도 평균점수가 높게 나타났으나 통계적으로 유의하지 않았다. 중위그룹에서는 실험반의 개념 파지도와 학업 성취도가 두 비교반에 비해 매우 유의한 차이를 보였다. 하위그룹에서는 실험반의 개념 파지도와 학업 성취도가 비교반 I 에 비해 유의한 차이를 보였고 비교반II에 대해서는 평균점수는 높으나 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다. 그러므로 사회적 상호작용을 활용한 수업처치가 중위 그룹의 전자식 개념변화에 매우 큰 효과가 있었다.

셋째, 실험반 세 모둠의 사회적 상호작용 유형을 정성적으로 분석하여 본 결과 상위·중위그룹이 하위그룹에 비하여 사회적 상호작용의 언어적 빈도가 높았다. 그리고 의사소통 능력이 뛰어난 학생들이 언어적 상호작용에 적극적으로 참여하였다. 또한 모둠원간의 토론에서 상위·중위그룹의 학생들은 설명하거나 정보를 제공하는 역할을 하

고 하위그룹의 학생들은 설명을 듣는 수동적인 반응을 보이긴 했지만 토론에 적극적으로 참여했다. 따라서 본 연구의 결과 초등학교 6학년 학생에게 사회적 상호작용을 활용한 수업이 전자식 개념변화에 효과적이라고 볼 수 있다.

References

- Chang Sang-shil(2003). A Tendency of and Factors Affecting Student-Student Interactions in Science Inquiry Experiments Emphasizing Social Interactions. Master Thesis. Korea National University of Education.
- Choi Dong-seon(2003). Cognitive Conflict, Conceptual Change and Verbal Interactions Through Small Group Discussion of Pairs and in Fours about Learning of Electric Circuit. Master Thesis. Korea National University of Education.
- Driver, R. · Squires, A. · Rushworth, P. & Wood-Robinson, V.(1994). Making sense of secondary science : Research into children's ideas. London : Routledge.
- Ginsbrug, H. & Opper, S.(1970). Piaget's theory of intellectual development(2nd ed.). Prentice-Hall, Inc.[Korean translation: Kim Uk-hwan(1992). Seonwonsa, 329~395.
- Jones, M. & Carter, G.(1994). Vrebal and nonverbal behavior of ability-grouped dyads. Journal of Research in Science Teaching, 31, 603~619.
- Kang Suk-jin(2000). Concept learning strategy emphasizing social consensus during discussion: instructional effect and verbal interaction in small group discussion. Doctoral Thesis. Seoul National University.
- Lim Hee-Jun(1998). Cooperative learning in science classes : instructional influences and small-group verbal interaction. Doctoral Thesis. Seoul National University.
- Lock, R.(1988). A history of practical work in school science and its assessment, 1860~1986. School science review, 70, 115~119.
- Ross, J. A. & Raphael, D.(1990). Communication and problem solving achievement in cooperative learning groups. Journal of Curriculum Studies,

- 22(2), 149~164.
- Roth, W. M.(1997). Interactional structures during a grade 4-5 open-design engineering unit. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(3), 273~302.
- Roth, W. M. & Roychoudhury, A. (1992). The social construction of scientific concepts or the concept map as conscription device and tool for social thinking in high school science. *Science Education*, 76(5), 531~557.
- Son Sun-young(2002). The effects of generating perturbation on electromagnet conceptual change in constructivist teaching-learning context. Master thesis Busan National University of Education.
- Swing, S. R. & Peterson, P. L.(1982). The relationship of student ability and small-group interaction to student achievement. *American Educational Research Journal*, 19(2), 259~274.
- von Glasersfeld, E.(1990). Environment and Communication. In Leslie P. Steffe & Terry Wood (1990), *Transforming Children's Mathematics Education*, LEA.
- von Glasersfeld, E.(1986). Steps in the construction of “others” and “reality”. In R.Trappl (ed.), *Power, autonomy, utopias: New approaches toward complex systems*. London: Plenum Press. 107~116.
- von Glasersfeld, E.(1985). Reconstructing the concept of knowledge, *Archives de Psychologie*, 53, 91~101.
- von Glasersfeld, E.(1989a). The Reluctance to Change a Way of Thinking. *The Irish Journal of Psychology*, 9(1) 83~90.
- von Glasersfeld, E.(1989b). Cognition, construction of knowledge, and teaching. *Synthese*, 80(1), 121~140.
- von Glasersfeld, E.(1990). An exposition of constructivism : Why some like it radical. In R. B. Davis, C. A. Maher, & N. Noddings (Ed.), *Monographs of the J. for Research in Mathematics Education*, #4, 19-29. Reston, VA : National Council of Teachers of Mathematics.
- von Glasersfeld, E.(1991a). Knowing without metaphysics : Aspects of the radical constructivist position. In F. Steier (Ed.), *Research and reflexivity*, 12-29. London : Sage.
- von Glasersfeld, E.(1991b) A constructivist's view of learning and teaching. In: R. Duit, F. Goldberg & H. Niedderer (ed.) *Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies - Proceedings of an international workshop*. Kiel, Germany: IPN, 29~39.
- von Glasersfeld, E.(1993). Learning and adaptation in the theory of constructivism, *Communication and Cognition*, 26(3/4), 393~402.
- von Glasersfeld, E.(1995). *Radical constructivism : A way of knowing and learning*. The Falmer Press.
- Webb, N. M.(1982). Peer Interaction and Learning in Cooperative Small Groups. *Journal of Educational Psychology*; 74(5), 642~655.
- Webb, N. M.(1994). Prompting Helping Behavior in Cooperative Small Groups in middle School Mathematics. *American Education Research Journal*; 31(2). 369~395.
- Ginsbrug, H. & Opper, S.(1970). *Piaget's theory of intellectual development*(2nd ed.). Prentice-Hall, Inc.[Korean translator: Kim Uk-hwan, Sungwonsa, 1992, 329~395
-
- Received : 30 November, 2015
 - Revised : 14 December, 2015
 - Accepted : 29 December, 2015