

고등학교 과학 동아리 활동에서 수준별 선택실험모형의 적용 효과

최미화* · 최병렬† · 최병순‡

여의도고등학교

†삼일여자고등학교

‡한국교원대학교 화학교육과

(2004. 12. 14 접수)

The Effects of Differentiated Experiments Used in Extracurricular Science Activity in High School

Meehwa Choi*, Byungyul Choi†, and Byungsoon Choi‡

Yeouido Highschool, Seoul 150-794, Korea

†Samil Girls' Highschool, Ulsan 680-100, Korea

‡Department of Chemistry Education, Korea National University of Education, Chungbuk 363-791, Korea

(Received December 14, 2004)

요 약. 이 연구는 제7차 교육과정의 수준별 교육과정과 선택중심 교육과정에 맞는 수준별 선택 실험모형을 개발 적용하고, 학생들의 탐구능력에 미치는 효과와 선택 실험수업에 대한 인식에 대해 알아보았다. 지방 대도시 소재의 인문계 고등학교 1학년 과학 동아리 학생들을 연구 대상으로 하였으며, 통제집단에서는 전통적 실험수업을 실시하고 실험집단에서는 수준별 선택 실험수업을 실시하였다. 연구 결과에 의하면, 사회적 상호작용을 강조한 수준별 선택 실험모형은 전통적 실험모형에 비하여 탐구능력 향상에 효과적인 것으로 나타났다. 특히 탐구설계 영역에서 의미있게 향상되었다. 인지수준별로는 구체적 조작기 학생들에 비해 과도기와 형식적 조작기의 학생들에게 효과적이었다. 그리고 실험집단의 대부분 학생들은 수준별 선택 실험에 대해 긍정적인 인식을 가지고 있으며, 전통적 실험모형보다 수준별 선택 실험모형을 선호하는 것으로 나타났다.

주제어: 사회적 상호작용, 수준별 선택실험모형, 탐구능력

ABSTRACT. This study analyzed the effects of differentiated experiments adapted to the differentiated and selective 7th curriculum on the development of inquiry ability. And this study studied the perception of students on differentiated experiments. For this study, differentiated inquiry activities on chemical reaction were developed and applied to the experimental group of 10th grade science circle students while the conventional extracurricular science activity lessons were applied to the control group. According to the results, it was found that the students treated with alternative differentiated experiments emphasizing social interactions got higher scores than those with conventional experiments in the test of inquiry ability and learning motivation. The difference was remarkable for the students at transitional and formal operational level, especially in the experimental planning ability. It seems that this ability comes from interactions in the selection process of experiments. And it also showed that students prefer an alternative differentiated experiments to the conventional experiments according to the survey of recognition on the alternative differentiated experiments.

Keywords: Social Interaction, Differentiated Experiments, Inquiry Ability

서 론

현재 적용되고 있는 제7차 교육과정은 다양하고 특성화된 교육을 통해 독창적이고 유용한 지적 가치를 생산하는 창의적 능력 배양을 목표로 하고 있으며, 학생 자신의 적성과 소질에 맞게 교과목을 선택하는 '학생 선택중심 교육과정'과 '수준별 교육과정'을 운영하고 있다. 이에 따라 교육현장에서는 효율적인 학습자 중심의 수업을 구현하기 위해 구성주의에 입각한 사회적 상호작용을 강조한 수업 모형들이 제시되고 있다.¹

교실 안에서 이루어지는 학습은 학생과 학생, 교사와 학생 사이의 수많은 상호작용을 통해 이루어진다.² 사회적 구성주의 이론에 의하면, 교사가 제시하는 과제를 학생이 일방적으로 해결하는 수동적인 학습보다는 교사·학생의 상호작용, 학생·학생의 상호작용을 통하여 이루어지는 학습이 더 효과적이라고 한다.³ 그러나 현실적으로는 현재 인문계 고등학교에서 이루어지는 전통적인 과학 수업에서 학생들의 능동적인 참여나 활발한 상호작용을 기대하기 어렵다. 교사가 학생에게 일방적으로 설명, 지시하는 방식의 수업은 지식이 학습자 외부에 존재하며 학습자가 이를 수동적으로 받아들이기 때문이다.⁴

관찰 등의 실험 활동 중심의 과학 수업에서도 교사의 지시나 안내대로 행해지는 수동적인 형태가 많으므로 학생들의 적극적인 상호작용은 기대만큼 이루어지지 않는다. 뿐 만 아니라 소집단으로 구성된 실험 활동에서도 언제나 효과적인 상호작용이 일어나는 것은 아니다. 소집단 내에서 일어나는 부분적이고 피상적인 상호작용은 적극적이고 구체적인 상호작용에 비해 높은 학습 효과를 기대하기 어렵다. 부분적이고 피상적인 상호작용이 일어나는 경우에는 소집단원들이 모두 동등하게 과제 해결에 참여하는 것이 아니라, 한 두 명이 활동을 주도하고 나머지는 방관자적 입장에 놓이게 될 수 있기 때문이다.⁵

그러므로 상호작용을 강조한 소집단 활동에서도 도움을 어떻게 구성하느냐에 따라 상호작용의 정도는 달라질 수 있다. 사회적 상호작용을 강조한 과학탐구 실험수업이 전통적인 실험수업보다 과학탐구능력 신장에 더 효과적이며, 특히 이질집단보다는 동질집단의 경우 더 적극적이고 활발한 상호작용이 이루어진다는 연구⁶ 결과는 소집단 활동을 어떻게 운용하느냐

에 따라 효과의 정도가 달라질 수 있다는 것을 시사하고 있다.

또한, 학생들이 과학 과목을 어려워하며 고학년으로 올라갈수록 과학에 대한 흥미가 뚜렷하게 감소하는 경향을 보인다는 연구⁷에서 알 수 있듯이, 과학 교과에 대한 학생들의 흥미 감소는 과학 학력 감소 및 과학적 탐구 능력의 신장 저하로 이어질 수 있다. 과학교육에서 탐구학습은 매우 중요한 위치를 차지하고 있으며, 특히 화학은 실험과학이라고 강조될 만큼 탐구실험활동을 강조하고 있다. 이런 시점에서 과학 교과에서 교사들이 선택하는 실험과 학습자들이 선호하는 실험에는 큰 차이가 있다는 연구⁸는 과학 교과의 실험 수업에 대해 시사하는 바가 크며, 과학 수업에서 실험이 갖는 의미와 역할, 그리고 효율적인 과학 실험 방법에 대한 적극적인 검토와 연구가 필요하다는 것을 알 수 있다.

이러한 필요성에 부응하여, 이 연구에서는 학습자 중심의 학습 방법이 강조되는 현행의 교육과정에 맞춰 선택중심 교육과정에 적절한 수준별 선택실험모형을 개발적용하고, 이것이 학생들의 탐구능력에 미치는 효과와 선택 실험수업에 대한 인식에 대해 알아 보았다.

이론적 배경

20세기 이전 교육의 주류를 이루었던 패러다임인 객관주의에서는 지식은 인식의 주체로부터 독립된 것이어서 인식의 주체가 지니는 사회적, 문화적 차이점이나 특수성에 영향을 받지 않는다고 생각하였다. 그러나 최근에는 인지발달 영역에 있어서 인간의 경험과 정신작용을 무시할 수 없다는 주장과 함께 인간의 지식은 개인의 능동적 참여를 통하여 지식이 재구성된다고 보는 구성주의가 교육의 새로운 패러다임으로 자리 잡았다.

구성주의 이론에 의하면, 지식의 획득이 개인의 인지능력과 작용에 의해 재구성될 수 있다는 인지적 구성주의와 그 개인이 속한 사회의 구성원들 간의 상호작용을 통하여 재구성된다는 사회적 구성주의로 나누어진다. 이 중에서 사회적 구성주의는 Vygotsky의 발달 심리 이론에 기초를 두고 있으며, 그의 이론에 의하면 인간의 인지적 발달이 근접발달영역 내의 사회적 관계에서 내면화를 통하여 이루어진다.⁹ 근접발

달영역(zone of proximal development, ZPD)이란, 사회적 상호작용을 통해 공유된 환경에 있던 정신 기능들이 개인내로 들어오게 되는 지점을 말한다. 즉 학생에게 잠재적으로만 존재하던 발달수준이 점차 실제적 발달수준으로 전환하는 것이 가능한 영역을 가리킨다.¹⁰ 실제적 발달수준이란 학생이 독립적으로 문제를 수행할 수 있는 수준을 말하며, 잠재적 발달수준이란 도움을 받아서 문제를 해결할 수 있는 수준을 의미한다. 이 때 언어가 중요한 매개 역할을 하며, 독립적인 문제 해결 수준이 같은 학생들이라도 잠재적 발달 수준의 차이가 있으므로 학생들의 발달 상태를 제대로 평가하기 위해서는 실제적 발달수준 뿐만 아니라 근접발달영역까지 고려해야 한다.¹¹

근접발달영역은 고정된 것이 아니며 학습자가 좀 더 높은 사고와 지식을 달성함에 따라 계속 변하기 때문에 교사나 유능한 동료와의 상호작용을 통하여 인지발달을 촉진할 수 있다고 한다. 내면화란 사회적 현상을 심리적 현상으로 변형시키는 과정으로, 외적인 수준에서 수행되어왔던 활동 유형 중 어떤 측면이 내적인 수준에서 실행되는 과정을 말한다. Vygotsky¹²는 “내면화는 과정 그 자체를 변형시키고 그것의 구조와 기능들을 변화시킨다”고 주장하며, 어떤 고등정신기능이라도 처음에는 사회적 상호작용이라는 외적 활동 단계를 거쳐 개인 내로 내면화된다고 하였다. 즉 내면화 되었다는 것은 그 고등정신기능이 진정한 내적 정신기능으로 작용하는 것을 의미한다. 이와 같은 구성주의적 관점은 소집단 구성 및 집단내의 사회적 상호작용을 통한 학습 효과의 증진을 기대할 수 있는 이론적 근거가 된다.

또한, 과학 교육을 통해 달성해야 할 목표 중의 하나를 탐구능력의 향상이라 할 수 있다. 과학교육에서 말하는 탐구란 과학 지식을 획득할 때 사용되는 학습자의 조직적이고 체계적인 논리적 사고 과정과 그에 수반되는 활동을 의미한다. Connelly 등¹³은 탐구란 “교수 학습 과정에서 어떤 학습 과제에, 학습자에 의해 사용되는 논리적 사고 과정”이라고 정의하였고, Gallagher¹⁴는 탐구란 “환경으로부터 지식을 획득하고 조직하는 과정” 정의하였다. Boyd¹⁵는 “문제 인식, 자료 수집, 자료 분석, 가설 설정, 가설 검증을 포함하는 현재의 발견들이나 기존의 지식과 내용들에 의해 구성된 융통성 있는 탐색과정”이라고 정의하였으며, Willson과 Koran¹⁶은 “문제를 유발하는 자극에 대하여

그 변인과 속성을 탐색하고 발견해 나가기 위해 수행되는 광범위한 활동”으로 정의하였다.

과학의 탐구과정은 다양한 방법에 의하여 이루어지기 때문에 탐구과정을 간단하게 정의하기는 곤란하지만 일반적으로 탐구과정은 문제의 인식, 가설의 설정, 실험의 설계, 실험수행, 자료의 수집과 정리, 자료의 해석 및 분석, 결과의 종합, 새로운 개념과 이론 및 법칙의 도출하는 단계의 순환 과정을 거친다. 이 때 각각의 단계를 수행하는데 필요한 탐구능력을 탐구과정 요소라고 부른다. SAPA(Science: A Process Approach)¹⁷에서는 탐구능력을 관찰, 분류 등 8개의 기초 탐구과정 요소와 가설 설정, 실험 수행 등 5개의 통합 탐구과정 요소로 나누고 있다. 권재술과 김범기의 탐구능력 측정도구 개발¹⁸에서도 SAPA의 분류와 크게 다르지 않게 탐구과정 요소를 나누고 있다. 이 분류에 의하면, 관찰, 분류, 측정, 예상, 추리는 기초 탐구과정 요소에 해당하며 가설설정, 변인통제, 자료변환, 자료해석, 일반화는 통합 탐구과정 요소에 해당한다.

이와 같은 과학탐구능력은 여러 가지 방법으로 형성될 수 있다. 특히, 과학 교과외의 실험 수업은 여러 가지 탐구능력을 향상시키는 데 아주 좋은 방법임에 틀림없다. 뿐만 아니라, 자연 현상을 대상으로 하는 자연 과학에서 실험 수업을 간과하기 어려우므로 과학 수업에서 실험이 차지하는 비중은 아무래도 강조해도 지나치지 않을 것이다.

실험이란 새로운 사실을 발견하거나 이미 알려진 지식을 예증하기 위한 활동이며, 가설을 검증하기 위한 조작이다. 즉 실험은 과학적 연구의 필수적 수단이다. Falk¹⁹는 실험은 실험자에게 잘 알려지지 않았던 문제에 대한 해답이나 정보를 찾거나, 이미 알려진 과학적 사실·개념·일반화 등을 확증하는 기능과 실험자에게 잘 알려진 문제에 대해 예증을 통한 증거를 제시하는 기능을 가지고 있다고 제시하였다. 과학철학자들은 전자의 기능을 가지고 있는 실험을 탐구적 실험, 후자의 기능을 가진 실험을 예시적 실험이라고 한다. 탐구적 실험은 학생들이 과학문제를 해결하기 위해 직접 실험을 설계하고, 수행하며 자료와 증거를 해석하고 그 결과를 발표하는 실험 형태를 일컫는다. 예시적 실험은 일종의 확인실험을 말하는 것으로 본 연구에서 전통적 실험 수업과 의미를 같이한다.

실험 수업은 다양한 형태로 분류될 수 있다. Simpson과 Anderson,²⁰ 그리고 Collete와 Chiappetta²¹는 실험

을 통해서 기대되는 학습의 결과에 따라 확인 실험, 탐색 실험, 귀납적 실험, 연역적 실험, 기술 개발 실험, 과정 개발 실험의 여섯 가지로 분류하였다. 확인 실험은 설명적 실험, 즉 예시적 실험을 가리키며 이 연구에서는 전통적 실험이라고 칭하였다. 탐색 실험은 엄격한 절차가 요구되지 않고 학생들 스스로 탐색하고 검증하는 분위기를 조성해주는 실험을 일컫는다. 과학 교육 현장에서는 귀납적 실험을 탐색 실험의 한 수단으로 인식하기도 하며, 연역적 실험 역시 확인 실험과 크게 다르지 않은 범위에서 이루어지고 있다.

Schwab²²⁾은 학생들이 수행해야 할 과정과 단계, 그들이 수행하기를 기대하는 활동에 대한 개방과 허용의 수준에 따라 실험 형태를 분류하였다. 그는 세 가지 형태로 실험을 분류하였는데, 첫째, 학생들에게 실험할 문제를 제시하고 그것을 해결할 방법과 수단을 가능한 상세히 서술해 주는 가장 낮은 수준의 실험, 둘째, 실험 문제는 실험 지도서에 제시하지만 그 문제의 해답과 방법이 개방된 실험 형태, 셋째, 현상만 주어지고 실험할 문제, 해답, 방법은 완전히 개방된 형태가 그것이다. 이러한 Schwab의 분류는 과학 교사가 현장에서 체험하는 실험 활동의 양상을 잘 나타내고 있다.

또, 탐구 실험의 형태는 과학교사가 의도하는 수업의 목적과 방법에 따라 결정되기도 한다. 이런 관점에서 Pella²³⁾는 교사의 교수 활동과 학생의 실험 활동을 기준으로 실험 수업을 다섯 가지로 분류하였다 (Table 1). Pella의 실험 수업 형태 I과 II는 주로 조작

적 기술의 습득에 실험 목적을 두는 경우에 적합하다. 교사가 문제와 가설을 제시하고 학생들은 실험을 스스로 설계하고 수행하는데 목적이 있다면, 실험 수업 형태 III이 적절하다. 과학적 방법에 관한 인식과 그 적용에 과학수업의 목적이 있다면, 실험 수업 형태는 IV나 V를 적용할 수 있다. 학생들에게 개별적으로 탐구과제를 부여하고 그들로 하여금 스스로 문제를 탐색하고 조사하여 연구를 수행하게 하는데 목적이 있다면, 실험수업 형태 V가 가장 효과적일 것이다. 이런 의미에서 Pella의 분류는 탐구능력의 점진적인 향상을 위한 좋은 모형이라 할 수 있다.

Herron²⁴⁾은 1960년대에 CHEM Study, BSCS, PSSC 등에 의해서 개발된 교재에 포함된 실험문제를 조사 분석하고 그 결과를 바탕으로 실험 수업을 네 가지 형태로 분류하였다 (Table 2). Herron의 실험 모형은 Schwab가 분류한 유형에 0 수준의 실험을 더하고, Pella가 제시한 실험 모형을 참고하여 변형하였다. 이것은 실험 활동의 개방 정도와 탐구능력의 수준별 분류라는 두 가지 관점을 모두 수용한 것이라 볼 수 있다. Table 2에서 알 수 있듯이, 가장 단순한 수준 0의 실험 형태에서는 수업의 내용과 관련된 문제 및 가설, 방법 및 절차, 그리고 해답 등이 모두 구체적으로 제시된다. 수준 1의 실험 형태는 문제, 가설 및 방법은 주어지나 해답과 자료는 주어지지 않는다. 수준 2의 실험 형태는 문제와 가설만 주어지고, 학생들 스스로가 실험 설계를 하고 실험 도구 및 기구 등을 직접 설치하도록 되어 있다. 수준 3의 실험 형태는 학생들의

Table 1. Category of experimental class by Pella

Process of experiment	Category of class				
	I	II	III	IV	V
Problem recognition	Teacher	Teacher	Teacher	Teacher	Student
Hypothesis establishment	Teacher	Teacher	Teacher	Student	Student
Planning of experiment	Teacher	Teacher	Student	Student	Student
Execution of experiment	Student	Student	Student	Student	Student
Data collection	Student	Student	Student	Student	Student
Conclusion	Teacher	Student	Student	Student	Student

Table 2. Category of experimental class by Herron

Process factor	Category of class			
	0	1	2	3
Problem recognition	Presentation	Presentation	Presentation	Open
Method	Presentation	Presentation	Open	Open
Solution	Presentation	Open	Open	Open

능력을 가장 많이 요구하는데, 여기서는 문제와 가설이 모두 주어지지 않는다. 그러므로 수준 3의 실험 형태에서는 학생들이 스스로 문제를 인식하고 가설 설정, 실험 설계, 실험 수행의 과정을 직접 수행해야 한다. 이러한 Herron의 분류는 현장에서 이루어지고 있는 과학 실험 수업의 양상을 수준별로 잘 나타내고 있다.

이러한 배경을 가지고 이 연구에서는 Schwab, Pella, Herron의 실험 II모형을 근거로 하여 초급, 중급, 고급 과정의 수준별 선택실험모형을 개발하였다. 초급과정과 중급과정은 Schwab의 1항과 Pella의 실험 III형태, Herron의 수준 1의 실험 형태로 개발하였는데, 그 까닭은 초급, 중급과정에서 문제해결 방법을 고안하는 것이 무리라고 판단되었기 때문이다. 특히 초급 과정은 예시적 실험모형으로, 중급 과정은 도구적 기능이 강조된 실험 모형으로 개발하였는데, 이것은 문제 해결 방법을 고안하는 것보다는 좀 더 하위 수준인 조작적 기술 습득을 보다 강조한 것이라 할 수 있다. 고급과정은 Schwab의 2항, Pella의 실험 형태, Herron의 수준 2의 형태로 개발하였는데, 그 까닭은 고급 과정을 선택하는 학생이라면 최소한 문제 해결 방안을 고안할 수 있는 능력을 갖추어야 한다고 보았기 때문이다.

선행 연구 고찰

과학은 학생들에게 매우 어려운 과목으로 인식되고 있으며, 학습 내용의 지적 수준이 높아질수록 고차원적인 탐구능력이 뒷받침되어야 보다 효과적인 교수학습이 이루어진다고 할 수 있다. 이런 관점에서, 탐구능력의 향상에 관한 실험 연구는 과학 교과 교육에서 많이 강조되어 왔으며, 연구 결과 또한 다양하게 제시되어 왔다.

실험을 통하여 탐구능력의 향상을 도모하는 과학 교과에서, 교사가 주로 선택하는 실험 과제와 학생들이 선호하는 실험 과제에는 현저한 차이가 있다고 한다.⁸ 교사의 경우, 교과 진도와 학습 내용의 중요도 등을 실험 선정 준거로 삼는 반면, 학생들은 원리를 이해하거나 실생활과 연관성이 있는 실험을 선호한다. 또 교사 주도의 탐구수업보다 학습자 주도의 탐구수업이 학습성취도에 더 효과적이며, 학습자간의 상호작용이 탐구능력의 향상에 영향을 미친다.²⁵

이에 제 7차 교육과정에서는 학습자의 선택중심 교육과정을 표방하고, 학생의 수준에 맞는 자율적인 선

택을 강조하고 있다. 이런 관점에 초점을 맞추고 수준별 화학실험 교수학습 모형을 개발. 적용한 연구²⁶에서 학생 선택중심의 수준별 학습모형이 탐구능력 신장에 효과적이라는 결과를 얻었다. 이에 수준별 선택 중심이 탐구능력 신장에 영향을 미치는 요인 중의 하나라고 할 수 있다.

탐구능력 신장에 영향을 미치는 또 다른 요인으로, 집단 구성원간의 사회적 상호작용을 들 수 있다. 구성원 간의 상호작용이 학습에 영향을 미친다는 것은 이미 받아들여지고 있는 명제이다. 집단 구성원의 인지 수준과 정서적 특성에 따라 사회적 상호작용의 정도와 내용이 달라지며, 이에 의해 수업의 효과가 달라지기 때문이다. 또한 효과적으로 상호작용을 유발하기 위해서는 일반적으로 이질적인 소집단 구성이 권장된다고 한다.²⁷ 이질적인 소집단 협동학습의 효과에 관한 연구^{28,30}에서는, 학생들의 성취도 향상에 영향을 미치는 언어적 행동은 설명을 해주거나 상세한 설명을 듣는 것이며, 이와 같은 상호작용은 주로 상위 수준과 하위 수준 학생 사이에서 발생한다고 한다.

또한 사회적 상호작용을 강조한 실험 수업에서, 동질 집단 구성이 보다 효과적이었다는 연구 결과도 있다. 이에 의하면 인지수준에 따른 사회적 상호작용의 효과에서 과도기 학생들의 과학 탐구 능력이 의미있게 향상되었다는 결과를 얻었으며, 동질 집단 구성이 이질 집단 구성보다 학업성취 및 학습동기 신장에 효과적이었다.³¹ 또한 동질 집단이 이질 집단에 비해 사회적 상호작용의 빈도나 질적 수준이 높으며, 허용적인 분위기라고 한다.³²

이상의 선행 연구들에 의하면, 사회적 상호작용을 강조한 탐구학습에서 집단을 구성하는 방법이나 실험 수준 및 선택 방법 등이 학습 효과에 큰 영향을 미친다는 것을 알 수 있다. 우선, 집단 구성을 동질 집단으로 할 경우, 하위 집단에 편성된 학생들은 심리적 불안감을 느낄 수 있다는 점이다. 다음으로, 학생들이 원하는 실험과 교사가 의도하는 실험이 일치하지 않을 수 있다는 점이다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 이 연구에서는, 학생들이 자율적으로 소집단을 구성하는 이질적인 집단 구성 방법을 취하고, 학생들 간의 토의를 거쳐 각 소집단의 수준에 맞는 실험을 자율적으로 선택하는 방법을 선택하였다. 이것을 수준별 선택실험모형이라 부르기로 한다.

연구 방법

연구 절차 및 대상

이 연구는 사전, 사후검사 통제집단 실제로 구성되어 있으며, 문헌 조사 및 선행 연구 고찰, 활동지 및 평가 문항 개발, 사전 검사, 적용, 사후 검사의 순서로 진행되었다. 2003년 5월에 지방 대도시 소재의 고등학교 1학년 여학생 중 특별활동 과학반에 지원한 60명의 학생을 대상으로 하였다.

통제집단과 실험집단은 교내에서 실시한 중간고사 학업성취도 평가를 바탕으로 동질집단으로 구성하였으며, 논리적 사고력 검사지 GALT 축소본을 이용하여 인지수준을 분류하였고, 연구자가 개발한 탐구능력 평가문항을 이용하여 탐구능력의 정도를 측정하였다. 각 집단에서는 자율적으로 구성된 4-5인을 한 모둠으로 하는 소집단을 구성하였으며, 구성이 이루어지지 않은 학생은 임의로 배정하였다.

2003년 7월과 8월에 통제집단은 전통적 실험모형으로 실험을 실시하고, 실험집단은 사회적 상호작용을 강조한 수준별 선택실험모형으로 실험을 실시하였다. 반응속도와 농도, 온도, 촉매, 표면적을 주제로 한 4가지의 실험 수업이 이루어졌으며, 각각의 실험 수업은 100분간 씩, 강의식 내용 수업 없이 실험으로만 진행되었다.

수준별 선택 실험모형 개발 및 수업 방법

수준별 선택실험모형은 4개의 실험 주제에 대해 초급, 중급, 고급의 3단계로 개발하였다. 4개의 실험 주제는 '반응속도' 단원에서 농도, 온도, 촉매, 표면적의 4개 영역이며, 내용 개발을 위해 6차와 7차 교육과정

의 공통과학과 화학 교과서 및 참고서, 고등학교 모의평가시험 문제지, 대한화학회에서 발간하는 화학교육, 대학 전공 도서, 인터넷 등을 참고하였다.

초급의 경우, Pella의 실험수업 II, Herron의 수준 1에 해당하는 예시적 실험모형으로, 각 주제마다 3개씩 총 12개의 초급 수준 활동지를 개발하였다. 초급 과정은 간단한 현상을 육감을 통해 느끼는 정도의 낮은 수준이며, 관찰을 통하여 사실을 파악하고 의문을 가질 수 있는 동기유발을 위한 실험이다. 중급의 경우, Pella의 실험수업 II, Herron의 수준 1에 해당하지만 초급과 다른 점은 측정, 예측과 같은 도구적 기능이 강조된 실험모형이며, 각 주제마다 3개씩 총 12개의 중급 수준 활동지를 개발하였다. 고급의 경우, Pella의 실험수업 III, Herron의 수준 2에 해당하는 실험모형으로, 3개 주제에서는 2개씩, 1개 주제에서는 1개씩, 총 7개를 개발하였다. 그리고 고급 수준을 선택한 학생들이 직접 실험을 설계 수행할 수 있도록 실험 자료 및 이화사전을 실험실에 배치하고 인터넷 활용이 가능한 환경을 만들었다. 개발된 수준별 실험수업의 수준 및 내용은 Table 3-6과 같다.

수준별 선택 실험수업에서는, 먼저 오리엔테이션을 통해 실험실에서의 유의사항, 기초실험기구 사용법, 시약의 위험정도, 시약의 취급방법에 대한 내용을 지도한 후 본격적으로 선택 실험수업을 시작하게 하였다. 그리고 조원 간의 토의를 통해 초급과정 실험 중에서 실험을 선택, 수행하고 목표달성이 미흡할 경우 유사한 초급과정의 실험을 재실시한다. 목표가 달성이 되면 중급과정에서 선택하여 실시하고, 고급과정으로 확장하여 실험한다. 이 과정을 모식적으로 Fig. 1에 나타냈다.

Table 3. Experiments on concentration dependency of reaction rates

Level	Topic	Contents
Elementary Level	Reaction of Magnesium and Hydrochloric Acid	Compare reactivity by the size of balloon
	Reaction of Sodium Thiosulfate and Hydrochloric Acid	Measure the time until the mark on the bottom is completely blocked
	Reaction of Potassium Iodate and Sodium Bisulfite	Measure the time for color change after the addition of starch
Midium Level	Reaction of Magnesium and Hydrochloric Acid	Measure the volume of gas collected per unit time
	Reaction of Calcium Carbonate and Hydrochloric Acid	Measure the mass change per unit time
	Decomposition of Hydrogen Peroxide	Measure the volume of foam formed per unit time
Advanced Level	Reaction of Potassium Iodate and Sodium Bisulfite	Design a clock to measure 25 seconds (after discussion on the experimental design)
	Materials Not Suggested	Design experiment by group

Table 4. Experiments on temperature dependency of reaction rates

Level	Topic	Contents
Elementary Level	Decomposition of Hydrogen Peroxide	Compare the time until the ballon reaches the surface
	Reaction of Oxalic Acid and Postassium Permanganate	Measure the time for color change
	Melting of Foaming Tablet	Compare the degree of foam formation
Midium Level	Reaction of Magnesium and Hydrochloric Acid	Measure the volume of gas collected in syringe per unit time
	Reaction of Calcium Carbonate and Hydrochloric Acid	Measure the change of mass per unit time
	Reaction of Marble and Hydrochloric Acid	Measure the volume of gas collected per unit time
Advanced Level	Decomposition of Hydrogen Peroxide	Design experiment by group
	Materials Not Suggested	Design experiment by groupe

Table 5. Experiments on catalyst dependency of reaction rates

Level	Topic	Contents
Elementary Level	Combustion of Sugar Cube	Compare the combustion properties of sugar cube and the sugar cube with additives
	Decomposition of Potassium Chlorate	Determine the role of additive and compare the reactions
	Decomposition of Hydrogen Peroxide	Compare the rate of foam formation when additives are added
Midium Level	Decomposition of Hydrogen Peroxide	Measure the volume of gas per unit time when catalyst is added
	Decomposition of Hydrogen Peroxide	Measure the change of mass per unit time
	Decomposition of Hydrogen Peroxide	Measure the volume of foam formed per unit time
Advanced Level	Materials Not Suggested	Design experiment by group

Table 6. Experiments on surface area dependency of reaction rates

Level	Topic	Contents
Elementary Level	Ignition of Flour	Observe the ignition of flour off from bandage
	Ignition of Iron Mesh	Compare the ignition of iron piece and iron meshes
	Cooking of Potato	Compare the cooking time for potatoes of different sizes
Midium Level	Reaction of Magnesium and Hydrochloric Acid	Measure the volume of gas produced per unit time depending on the size of magnesium
	Reaction of Calcium Carbonate and Hydrochloric Acid	Measure the change of mass per unit time
	Reaction of Chalk and Hydrochloric Acid	Measure the volume of gas collected in syringe per unit time
Advanced Level	Ignition Property of Bottle of Methanol and the Bottle Sprayed with Methanol	Design experiment by group
	Materials Not Suggested	Design experiment by group

수준별 선택 실험수업은 실험 선택 단계부터 실험 결과를 얻고 다음 단계로 넘어가는 것이나 선택한 실험에서 일부를 재구성하여 실험하는 것도 자율적으로 결정할 수 있도록 개방되어 있다. 이 단계에서 학생들은 실험 수행 가능 여부에 대한 많은 토의를 하고, 조원 모두가 적극적으로 실험수업에 참여하게 된다. 그리고 학생들이 새로운 아이디어나 탐구 설계 내용을 제시할 경우에도 조원 간의 토의를 통해 새로운 아이디어에 대한 수용 여부를 결정하게 하였다. 지도 교사는 학생들이 가지는 의문이나 새로운 시도 등이

학습욕구를 불러일으킬 수 있도록 적절한 수준까지만 관여하였다.

전통적 실험수업에서 학생들은 교사의 지시와 실험 안내서의 내용을 따라 하기만 하였으며, 실험 내용 및 진행에 대한 학생간의 적극적인 토의는 없었다.

탐구능력 평가도구 개발

탐구능력 평가 도구는 20문항, 5지 선다형으로 개발하였으며, 탐구과정 요소별로 보면 가설설정(2문항), 탐구설계(6문항), 탐구수행(2문항), 자료해석(8문항),

결론도출(2문항)로 구성되어 있다. 이것은 전문가 6명으로부터 타당도 검증을 받았으며, 신뢰도(Cronbach's α)는 0.87이었다. 과학에 대한 태도 검사는 이현영 등³³의 사회적 상호작용을 강조한 과학 탐구실험 과정에서 학생 간 상호작용의 양상 분석에서 사용된 검사지를 사용하였다. 탐구능력 평가는 각 문항을 1점으로 하여 20점을 만점으로 처리하였고, 태도 검사는 리커트 척도를 이용하여 수치화된 자료를 SPSS 10.0 통계처리 프로그램으로 t-검증을 실시하였다.

연구 결과 및 논의

수준별 선택실험모형이 탐구능력의 향상에 미치는 효과

수준별 선택실험모형이 탐구능력의 향상에 미치는 효과를 알아보기 위하여 전통적 실험모형을 적용한 통제집단과 사회적 상호작용을 강조한 수준별 선택실험모형을 적용한 실험집단 간에 실험 전후 탐구능력과 탐구과정의 하위요소별 향상 정도를 비교하였다. 탐구능력 검사 결과를 보면, 실험 전에는 두 집단을 동질 집단으로 볼 수 있으나, 실험 후에는 실험집단의 평균이 통제집단의 평균보다 통계적으로 의미 있게 높아진 것을 알 수 있다($p < 0.05$). 즉 실험집단이 통제집단에 비하여 탐구능력의 향상이 두드러진 것으로 나타났다(Table 7).

탐구능력 하위 요소 중 탐구설계 영역(6문항)에서의 향상 정도를 보면, 탐구 설계 문항에서 실험 전 통제 집단의 평균 점수는 17.7, 실험 집단의 평균 점수

는 16.7로 실험 집단이 약간 낮으나 의미있는 차이는 아니었다. 그러나 실험 후, 두 집단의 평균 점수는 각각 20.2와 23.2로 $p < 0.05$ 수준에서 의미있는 차이를 보였다. 즉 탐구설계 영역에서 실험 집단의 향상 정도가 통제 집단에 비해 두드러지게 큰 것으로 나타났다(Table 8).

자료해석 영역에서는 실험 전 통제 집단의 평균 점수가 17.0, 실험 집단의 평균 점수가 17.4로 실험 집단이 약간 높지만 의미있는 차이는 아니었다. 실험 후, 통제 집단의 평균 점수는 18.9, 실험 집단의 평균 점수는 21.3으로, 실험 집단에 높게 나타났으나 통계적으로 의미있는 차이는 아니었다. 즉, 자료해석 영역에서는 실험 집단과 통제 집단 간의 향상 정도에 차이가 나타나지 않았다(Table 9).

Table 8과 Table 9로부터 알 수 있듯이, 탐구설계 영역에서는 집단 간에 의미있는 차이가 나타났으나, 자료해석 영역에서는 그러한 차이가 나타나지 않았다. 탐구설계 영역에서 나타난 차이는, 실험 선택 과정이나 실험을 재구성하는 과정에서 이루어진 적극적인 토의와 관계있는 것으로 보인다. 특히 실험을 재구성하는 과정에서 이루어지는 학생 간의 상호작용이 탐구설계 능력의 향상에 영향을 미친 것으로 여겨진다.

인지수준에 따른 수준별 선택실험모형의 효과

수준별 선택실험모형이 학습자의 인지수준에 따라 어떤 차이를 보이는지 알아보기 위하여 통제집단과 실험집단에서 인지수준별로 결과를 비교하였다. 먼저,

Table 7. Results of the test of inquiry ability by group

	Category	n	M ^a	SD	t	p
Pretest	Control	30	11.8	3.01	0.401	0.690
	Experimental	30	12.1	2.03		
Posttest	Control	30	13.2	1.81	3.585	0.001*
	Experimental	30	14.8	1.53		

^a20점 만점, * $p < 0.05$.

Table 8. Results of the test of inquiry ability in planning by group

	Category	n	M ^a	SD	t	p
Pretest	Control	30	3.54	1.71	0.221	0.830
	Experimental	30	3.34	1.42		
Posttest	Control	30	4.04	1.51	2.793	0.046 ⁴
	Experimental	30	4.64	1.07		

^a6점 만점, * $p < 0.05$.

Table 9. Results of the test of inquiry ability in data analysis by group

	Category	n	M ^a	SD	t	p
Pretest	Control	30	4.53	0.96	0.222	0.828
	Experimental	30	4.64	0.85		
Posttest	Control	30	5.04	1.15	1.370	0.192
	Experimental	30	5.68	0.62		

*8 점 만점.

Table 10. Results of the test of inquiry ability of students at concrete operational stage

	Category	n	M ^a	SD	t	p
Pretest	Control	7	11.6	2.14	0.258	0.801
	Experimental	6	11.8	1.32		
Posttest	Control	7	12.9	1.85	1.304	0.323
	Experimental	6	13.8	1.47		

*20 점 만점.

Table 11. Results of the test of inquiry ability of students at transitional operational stage

	Category	n	M ^a	SD	t	p
Pretest	Control	13	11.5	4.04	0.224	0.825
	Experimental	12	11.8	1.97		
Posttest	Control	13	13.2	2.16	2.542	0.018*
	Experimental	12	15.0	1.35		

*20 점 만점, *p<0.05.

구체적 조작기에 속하는 학생들의 실험 전·후 탐구능력 검사 결과를 Table 10에 제시하였다. 실험 전 두 집단의 평균을 비교해보면 각각 11.6과 11.8로 의미있는 차이가 없었으며, 실험 후에는 각각 12.9와 13.8로 역시 의미있는 차이가 없는 것으로 나타났다. 즉, 구체적 조작기의 학생들에게는 상호작용을 통한 수준별 선택실험이 전통적 실험에 비해 두드러진 효과를 나타내지 못하였다. 이 결과는 구체적 조작기의 학생들은 실험에 주도적으로 참여하지 않는다는 이현영 등³²의 연구 결과가 시사하는 바와 같이, 학생 스스로의 능동적인 참여가 이루어지지 않으면 학습 효과가 크지 않다는 것을 보여주는 것으로 해석된다.

다음으로, 인지수준이 과도기인 학생들의 실험 전·후 두 집단의 탐구능력 검사 결과를 Table 11에 제시하였다. Table 11로부터 실험 전 두 집단의 평균은 각각 11.5와 11.8로 집단 간에 의미있는 차이가 없었으나, 실험 후에는 평균값이 각각 13.2와 15.0로 집단 간에 의미있는 차이가 나타난 것을 알 수 있다. 이러한 결과는, 과도기에 속하는 학생들의 대부분이 전통적인 실험 수업에서는 방관자적 자세였던 것에 비해 상

호작용을 강조한 수준별 선택실험에서는 협의를 통해 실험을 선택하는 과정에서 토론에 동참하고 적극적으로 실험에 참가하는 태도를 보였던 것에 기인하는 것으로 여겨진다.

그리고 인지수준이 형식적 조작기에 속하는 학생들의 실험 전·후 두 집단의 탐구능력 검사 결과를 Table 12에 제시하였다. Table 12를 보면, 실험 전 두 집단의 평균은 각각 12.4와 12.5로 의미있는 차이가 없으나, 실험 후의 평균은 각각 13.6과 15.1로 집단 간에 의미있는 차이가 나타난다. 즉, 형식적 조작기에 속하는 학생의 경우에도 전통적 실험수업보다 수준별 선택 실험수업이 탐구능력 향상에 효과적이라고 할 수 있다.

이상과 같은 인지수준별 분석 결과를 보면, 구체적 조작기의 학생의 경우에는 수준별 선택실험 모형의 효과를 볼 수 없었으나, 과도기와 형식적 조작기의 학생은 수준별 선택실험 모형의 효과를 볼 수 있었다. 이것으로부터 구체적 조작기의 학생들은 능동적으로 실험수업에 참여하지 않으나, 과도기와 형식적 조작기의 학생들은 능동적이고 활발하게 실험수업에 참

Table 12. Results of the test of inquiry ability of students at formal operational stage

	Category	n	M ^a	SD	t	p
Pretest	Control	10	12.4	1.96	0.104	0.918
	Experimental	12	12.5	2.46		
Posttest	Control	10	13.6	1.42	2.206	0.039 ^a
	Experimental	12	15.1	1.66		

^a20점 만점. *p<0.05.

Table 13. Perception of experimental group students about differentiated experiments by cognitive stage unit: %

Stage	Scale	Very positive	Positive	Normal	Negative	Very negative	Total
Concrete (n=6)		24.2	50.8	24.2	0.8	0.0	100
Transitional (n=12)		27.1	50.0	20.0	2.9	0.0	100
Formal (n=12)		23.8	51.2	22.5	1.7	0.8	100
Average		25.0	50.7	22.2	1.8	0.3	100

여하는 과정에서 탐구능력이 의미있게 향상된 것으로 생각할 수 있다.

특히 과도기 학생들에게 가장 효과적이었다고 할 수 있는데, 이것은 인지수준에 따른 사회적 상호작용의 효과에서 과도기 학생들의 과학 탐구 능력이 의미있게 향상되었다는 연구²¹ 결과를 뒷받침한다. 또, 이것은 교사 지시대로만 진행되는 전통적 실험수업에서 적극적인 참여 기회를 가질 수 없었던 과도기 학생들이 수준별 선택 실험수업에서는 능동적이고 활발한 수업 참여의 기회를 가질 수 있었기 때문인 것으로 판단된다.

이러한 결과는, 효과적인 상호작용을 위해 일반적으로 이질적인 소집단 구성이 권장된다는 연구²²와는 다소 다른 해석을 가능하게 한다. 이질적인 소집단 협동학습의 효과에 관한 연구^{23,24}에서는, 주로 상위 수준과 하위 수준 학생 사이에 언어적 상호작용이 많이 발생하며 이것으로 인한 학습 효과를 보고하고 있으나, 이 연구에서 얻은 결과에 의하면 이질적 집단 구성이라 하더라도 효과를 본 구성원은 인지수준별로 구분되기 때문이다. 이것은 이질적 집단에서도 구성원 각자의 능동적인 참여가 학습 효과에 영향을 미치는 큰 변인 중의 하나라는 해석을 가능하게 하는 것이다.

수준별 선택실험모형에 대한 학생들의 인식

사회적 상호작용을 강조한 수준별 선택실험모형에 대한 학생들의 인식을 알아보기 위해 실험 집단에 한

하여 설문 조사를 실시하였다. 설문지는 관련 선행 연구²⁵의 설문지를 재구성한 것으로, 모두 20문항으로 되어 있다. 학생들의 인식 조사 결과를 인지 수준별로 비교한 결과를 Table 13에 나타내었다.

Table 13에서, 수준별 선택형 실험에 대한 인식이 매우 긍정적이거나 긍정적인 경우를 합하면, 구체적 조작기 학생의 75.0%, 과도기 학생의 77.1%, 형식적 조작기 학생의 75.0%로 나타났다. 이것으로 보아 구체적 조작기나 형식적 조작기 학생들에 비해 과도기 학생들이 가장 긍정적인 인식을 가지고 있다고 할 수 있다. 이것은 수준별 선택형 실험 수업의 효과가 과도기 학생에게서 가장 두드러지게 나타난 결과와 관련이 있는 것으로 보인다. 즉 수업 효과가 좋을수록 그 수업에 대한 긍정적인 인식을 가지고 있는 것으로 생각된다.

실험집단의 전체 평균을 보면 매우 긍정적으로 생각하는 학생은 25.0%, 긍정적으로 생각하는 학생은 50.7%로서 대부분의 학생이 긍정적인 반응을 보였으며, 부정적인 학생과 매우 부정적인 학생은 각각 1.8%와 0.3%에 지나지 않았다. 즉, 대부분의 학생들은 시간에 쫓기면서 주어진 실험과정을 그대로 따라하는 확인실험보다 생각할 시간적 여유와 함께 토론의 분위기가 허용되는 수준별 선택실험을 긍정적으로 여기며 선호한다는 것을 알 수 있다. 이것은 허용적인 분위기에서 사회적 상호작용의 빈도나 질적 수준이 더 높아진다는 연구 결과²²를 뒷받침한다.

결론 및 제언

수준별 선택 실험모형의 적용이 학생들의 탐구능력에 미치는 효과를 알아본 결과, 사회적 상호작용을 강조한 수준별 선택실험모형을 처치한 집단은 전통적 실험모형을 처치한 집단에 비하여 탐구능력의 향상이 크게 나타났다. 탐구과정 하위요소별로는 탐구설계 영역에서는 두드러진 향상을 보였는데, 이는 상호작용을 통해 실험을 선택하는 과정이 탐구설계 능력의 향상에 효과가 있음을 의미한다. 인지수준에 따른 양상은 구체적 조작기의 학생에게는 크게 영향을 미치지 않았지만, 과도기와 형식적 조작기의 학생에게서 탐구능력이 크게 향상됨을 볼 수 있었다.

또, 수준별 선택 실험모형의 적용한 집단에 대해 선택 실험수업에 대한 인식을 알아본 결과, 대부분의 학생이 수준별 선택실험모형을 긍정적으로 평가하며, 이것이 학생들의 학습동기를 효과적으로 향상시킨 것으로 볼 수 있다.

이 연구는 과학반 동아리 활동에 국한된 소규모의 연구였지만, 향후 집단의 규모를 확장하여 교육 현장에서 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 이 때, 단순한 확인 실험이 아니라 토론과 탐구를 강조한 수준별 선택실험이 되기 위해서는 2차시 연속 수업이 바람직할 것으로 사료된다.

인용문헌

1. 이명숙, *초등교육연구논총*, 대구교육대학교 초등교육연구소, 2003, 19, 61.
2. Roth, W. M.; Boutonne, S., *International Journal of Science Education*, 1999, 21, 59.
3. 조연주, 조미현, 권형규 공역, *구성주의와 교육*, 학지사, 서울, 1997.
4. 조희형, 최경희, *과학교육총론*, 교육과학사, 서울, 2001.
5. Suk-Jin Kang; Tae-Hee Noh, *Journal of Korean Association for Research in Science Education*, 2000, 20, 250.
6. Jo-Youn Kim; Ae-Kyung Shin; Kuk-Tae Park; Byung-Soon Choi, *Journal of the Korean Chemical Society*, 2001, 45(5), 470.
7. Huh Myung, *Journal of Korean Association for Research in Science Education*, 1990, 10, 1.
8. 김홍우, *고등학교 화학 II 교과서 실험들에서의 실험선택도에 대한 연구*, 한국교원대학교 석사학위 논문, 2001.
9. Elena, B.; Deborah, J. L., *Tools of the mind: The Vygotskian approach to early childhood education*, Prentice-Hall, Inc., 1996.
10. Jones, M. G., Rua, M. J.; Carter G., *Journal of Research in Science Teaching*, 1998, 35, 957.
11. Adey, P.; Shayer, M., *Really raising standards: Cognitive intervention and academic achievement*, London: Routledge, 1994.
12. Vygotsky, L. S., *Mind in society: The development of higher psychological processes*, 조희숙, 황해익, 허정선, 김선옥 역, 성원사, 서울, 1994.
13. Connelly, F. M.; Finegold, M.; Chipsham, J.; Wahlstrom, M. W., *Scientific inquiry and the teaching of science*, Institute of Studies in Education, Toronto, Ontario, 1977.
14. Gallagher, J. J., *Science Education*, 1971, 50, 329.
15. Boyd, B., *Teaching about inquiry*, McGraw-Hill Ryerson, Toronto, 1972.
16. Wilson, J. T.; Koran, J. J., *Journal of Science Teaching*, 1976, 13, 1.
17. AAAS, American Association for the Advancement of Science. *Science: A Process Approach Records*, 1975.
18. Kwon Jae Sul; Kim Bum Ki, *Journal of Korean Association for Research in Science Education*, 1994, 14, 251.
19. Falk, D. F., *Biology teaching methods*, Malabar, FL: Robert E. Krieger Publishing Company, 1971.
20. Simpson, R. D.; Anderson, N. D., *Science, students and schools*, N. Y.: Macmillan Publishing Company, 1981(조희형과 박승재, *과학론과 과학교육*, 교육과학사, 1994, 재인용).
21. Collette, A. T.; Chiappetta, E. L., *Science instruction in the middle and secondary schools*, 2nd ed., Merrill Publishing Company, 1989.
22. Schwab, J. J.; Brandwein, P. F. (Eds.), *The teaching of science*, Cambridge: Harvard University Press, 1966.
23. Pella, M. O., *The Science Teacher*, 1961, 28, 29.
24. Herron, M. D., The nature of scientific inquiry, *School Review*, 1971, 70, 171.
25. 김기배, *학습자주도 교사주도 탐구수업이 학습자의 인지양식에 따라 학업성취에 미치는 효과*, 한국교원대학교 석사학위 논문, 2003.
26. 유태홍, *수준별 화학실험 프로그램 적용이 중학생의 과학성취도에 미친 효과*, 공주대학교 석사학위 논문, 2001.
27. Johnson, D. W.; Johnson, R. T.; Holubec, E. J.; Roy, P., *Circle learning*, Alexandria, VA: Association for supervision and curriculum development, 1984.
28. Hee-jun Lim; Soo-youn Park; Tae-hee Noh, *Journal of Korean Association for Research in Science Education*, 1998, 18, 201.
29. Nattiv, A., *Elementary School Journal*, 1994, 94, 285.
30. Webb, N. M., Student interaction and learning in small group: A research summary. In R. Slavin; S. Sharan; S.

- Kagan, R. Hertz-Lazarowitz, C. Webb, R. Schmuck (Eds.), Learning to cooperate, cooperating to learn, New York, NY: Plenum Press, 1985. (Hee-jun Lim: Tae-hee Noh, *Journal of Korean Association for Research in Science Education*, 2001, 21, 668, 재인용).
31. Kim Ji Young; Seong Suk Kyoung; Park Jong Yun: Choi Byung Soon, *Journal of Korean Association for Research in Science Education*, 2002, 22, 757.
32. Lee Hyun Young; Chang Sang Shil; Seong Suk Kyoung; Kang Seong Joo; Choi Byung Soon, *Journal of Korean Association for Research in Science Education*, 2002, 22, 660.
-