

RSP(Reverse Science Principle)기반 화학 탐구 프로그램의 효과 및 가능성 탐색

조은지[†] · 양희선[‡] · 강성주^{†,*}

[†]한국교원대학교 화학교육과

[‡]한국교원대학교 초등과학교육과

(접수 2018. 4. 16; 게재확정 2018. 6. 14)

A Study on the Effectiveness and Possibility of Chemistry Inquiry Programs Based on Reverse Science Principle

Eun-ji Jo[†], Heesun Yang[‡], and Seong-Joo Kang^{†,*}

[†]Department of Chemistry Education, Korea National University of Education, Cheongju 28173, Korea.

[‡]Department of Elementary Science Education, Korea National University of Education, Cheongju 28173, Korea.

*E-mail: sjkang@knue.ac.kr

(Received April 16, 2018; Accepted June 14, 2018)

요 약. 과학교육에서 탐구 중심의 교육은 중요하나 실제 교육 현장에서는 현실적인 어려움으로 인하여 획일화된 형태의 과학 탐구가 이루어지고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위한 대안으로 본 연구에서는 RS(Reverse Science)를 중학교 화학 교과 수업에 활용하여 학생들에게 능동적으로 탐구 학습에 참여하고 과학적 사고가 가능한 기회를 제공하고자 한다. 본 연구에서는 이를 개발하고 적용하여 중학교 학생들의 과학 탐구 능력에 미치는 효과와 이에 대한 학생들의 인식을 알아보았다. 프로그램 적용을 위해 D 소재 중학교 2학년 6학급을 선정하고, 실험 집단과 비교 집단을 각각 64명, 64명으로 128명을 구성하였다. 실험 집단에는 RSP기반 화학 탐구 프로그램을, 비교 집단에는 같은 주제의 강의식 수업과 확인실험을 3개의 주제로 7차시에 걸쳐 지도하였으며, 과학 탐구 능력 검사지를 사용하여 사전·사후 검사 결과를 분석하고, 수업 관찰, 학생 활동지, 주관식 설문지, 인터뷰 내용의 분석을 통해 드러난 학생들의 인식을 바탕으로 프로그램의 효과를 논의하였다. 그 결과, 본 프로그램을 활용한 수업이 중학생의 과학 탐구 능력에 통계적으로 유의미한 변화를 보였으며, 구체적으로 실험집단은 비교집단에 비하여 기초 탐구 능력의 하위요소 중 예상에서 유의미한 것으로 나타났고 통합 탐구 능력의 하위요소인 자료변환, 가설설정, 변인통제에서 그 차이가 유의한 것으로 나타났다($p < 0.05$). 또한, 학생들이 과학 법칙이 생성되는 과정에 관심을 가지게 되었고 친구들과 협력으로 인해 높은 흥미를 보였으며 학생들에게 과정 중심의 탐구를 통해 과학적 사고를 하는 기회를 제공하였다. 결국, RSP기반 화학 탐구 프로그램이 학생들에게 미치는 긍정적인 영향을 바탕으로 프로그램의 활용 가능성을 확인 할 수 있다.

주제어: 역발상, 탐구 중심 화학 프로그램, 과학 탐구 수업

ABSTRACT. Inquiry-centered education is important in science education, but in the actual education field, scientific research is being done in a uniform manner due to realistic difficulties. In this study, we use RS (Reverse Science) as a secondary chemistry class to provide opportunities for students to engage in inquiry learning and scientific thinking through process-oriented activities. In this study, we developed and applied it to explore the effects on the scientific inquiry abilities of middle school students and checked the students' perception of it. For the application of the program, 128 students were selected from 6 classes of the 2nd grade in D district middle school, 64 from the experimental group and 64 from the comparative group. The experimental group taught RSP-based the chemistry inquiry programs and the comparative group taught instructor-led classes and verification experiments on the same topic over the seventh hour with three themes. In addition, we analyzed the results of the pre- and post-test by using the science inquiry ability test, and discussed the effects of the program based on the students' perceptions through class observation, student activity area, questionnaire and interview. As a result, the class using the program showed statistically significant changes in the science inquiry ability of secondary school students. Specifically, the experimental group was found to be significant in its prediction among the subcomponents of basic exploration ability compared to the comparative group. The differences have also been shown to be significant in terms of data translation, hypothesis setup and variable control, which are subcomponents of integrated exploration capabilities ($p < 0.05$). In addition, students became interested in the process of creating the theory of science, and were highly interested in collaborating with their friends. It also provided students with opportunities to experience scientific thinking through process-oriented inquiry. Finally, based on the positive impact of the RSP-based chemistry inquiry program on students, we were able to identify the potential use of the program.

Key words: Reverse science, Inquiry-oriented chemistry program, Scientific inquiry learning

서 론

과학 수업에서 탐구활동은 학습자가 개념을 얻고 수정해나가는 과정으로 그 중요성은 국·내외에서 오랫동안 강조되고 있다. 과학 탐구는 과학의 내용 지식, 과학적인 방법, 과학의 본성에 대하여 학습할 수 있는 기회를 학생들에게 제공한다는 점에서 그 중요성이 강조되어 왔으며,¹⁻³ 그 목적은 학생들이 주변의 세상을 과학적인 방법으로 이해하도록 돕고 단순히 과학을 과학적 사실의 총체라는 오해에서 벗어나 올바른 과학 탐구의 의미를 이해시키는 데 있다.⁴ 우리나라 교육 과정에서도 다양한 탐구 활동 중심의 학습을 통한 과학 개념의 이해와 과학적 사고력, 탐구 능력의 함양을 강조하고 있다.^{5,6}

특히 앞으로 미래사회를 창조해 갈 학생들에게 제공해야 할 과학 교육은 과학의 지식 내용뿐 아니라 학생의 탐구 활동을 강조하는 탐구 실험 중심의 과학 교육일 것이다.⁷이 때, 과학 탐구는 과학에 대한 긍정적인 태도 및 흥미와 동기를 유발하고, 사회적 상호작용의 질을 향상시키는 중요한 기능을 포함하는 것으로,⁸ 단순한 실험활동이 아닌 과학자가 연구를 수행하는 동안 겪게 되는 일련의 과정과 그 속에서의 사고를 경험해 볼 수 있도록 해야 한다.⁹

그러나 실제 학교 교실에서 이루어지는 과학 탐구 활동은 상호작용이 활발하지 못하고 교사의 지시대로만 행해지는 경향이 있으며 과학적 사실을 지나치게 많이 제공하여 학생들이 실험활동을 학습내용과 연관시키는 데 성공적이지 못하다.¹⁰ 또한 경험을 중시하는 실험 위주의 과학 탐구를 수행하고 있어 수집한 자료가 이론에 합당한지를 토의할 기회를 제공하지 않아 실질적 탐구와 거리가 있으며, 학교에서 이루어지는 탐구가 실질적 과학 탐구에 근접하기 위해서는 교사들이 과학적 토의 기회를 부여하기 위한 적절한 교수 전략을 선택해야 한다.¹¹

탐구 수업의 유형과 관련된 비판들을 살펴보면 적절치 못한 유형의 실험 수업의 진행으로 인해 오히려 과학교육에 대한 혼란이 이야기 되고 있으며,¹² 수업을 담당하는 교사들이 다양한 실험 수업을 설계해야 함에도 불구하고 이를 회피함으로써 탐구 수업의 효과가 오히려 저하되고 있다.¹³ 이에 Millar 등(1998)은 수업을 설계하는 연구자와 교사를 위해 탐구 유형을 보다 상세화 할 필요가 있다고 하였다.¹⁴ 실험 수업은 그 유형에 따라 다른 목적이 주어지고 이에 얻을 수 있는 학습결과도 달라지기 때문에¹⁵⁻¹⁷ 효과적인 탐구 수업을 위해서는 새로운 실험 수업의 유형에 대한 보다 체계적인 연구가 필요하다.

양일호 등(2006a)은 실험 절차와 접근 방식이라는 두 기준으로 실험의 유형을 확인 실험, 발견 실험, 탐색 실험, 연구 실험의 4가지로 분류하였다.¹⁸ 이 후에 후속 연구로 초·중

고등학교에서 발견되는 실험 수업의 유형을 분석한 결과,¹⁹ 중등학교에서는 절차가 주어지는 확인 실험 수업의 형태가 53%를 차지하고 구체적 경험을 통해 과학적 개념을 형성하는 발견 실험 수업의 33.3%를 차지하였지만 비교적 탐구의 수준이 높으며 과학적 사고 활동과 문제 해결능력을 기르는 데 효과적인 형태의 탐색 및 연구 실험은 거의 나타나지 않았다. 4가지 실험 유형 중에서 교육 현장에서 가장 많이 활용되는 확인 실험 수업과 과학적 지식이 생성되는 과정을 직접 경험해볼 수 있는 연구 실험을 비교해 보면, 확인 실험은 교과서에 제시된 과학적 이론을 실험을 통해 확인하고 직접 경험하는 활동이 가능하나 가설 설정 및 변인 통제 등의 고등 과학 탐구 능력을 기르는 데 한계가 있다. 반대로 연구 실험의 경우 문제를 해결하기 위한 절차를 스스로 생성하고 가설을 검증하기 위한 활동을 수행하며 과학적 사고에 많은 시간을 할애하며 그에 따라 과학적 사고 능력이 향상 되지만 구체적 조작기의 학생들에게 적용하는 데 어려움이 있다. 따라서 과학 학습에서 학생들의 참여를 증진시키기 위해서는 보다 다양한 형태의 탐구 실험 수업이 현장에서 이루어져야 한다.

이러한 연구 실험의 한계를 보완하여 학생들이 과학자의 연구 과정을 경험하고 과학적 탐구 능력을 기를 수 있는 기회를 제공하려는 목적의 과학 탐구 교육 프로그램의 개발을 위한 연구가 이루어지고 있다.⁹ 하지만 교육 과정을 바탕으로 하여 현장에서 실현하기에는 제한된 수업 시수 및 교육환경, 교사의 교육과정에 대한 자율권 부족 등으로 현실적인 어려움이 있다.²⁰ 따라서 교육 과정 안에 과학 수업 시간에 적용하여 학생들이 과학적 사고를 통해 가설을 설정하고 실험을 계획하는 등의 과학적 사고에 집중하도록 하는 과학적 탐구 프로그램이 필요하다.

기존의 탐구 형태를 살펴보면 과학적 태도 향상에 효과적인 개방형 형태의 실험 수업이 적은 편으로¹⁸ 이때 학생들은 자유로운 탐구가 아닌 실험을 통해 과학적 법칙을 확인하는 데 목적이 있으므로 정확한 실험 결과를 얻는 일에 집중하게 된다. 이러한 경우 학생들은 실험 수행 후 타당한 결과를 얻지 못한 경우에는 실험이 실패한 것으로 간주하고 부정적인 감정을 느끼게 된다. 이러한 실패의 감정을 피하고 실험 결과를 통해 과학 개념을 확인하기 위해 실험을 오차를 무시하고 실험을 통해 얻은 값이 아닌 이론적인 값을 기록하는 경우 종종 볼 수 있다. 이로 인해 학생들은 과학 탐구 수업을 특정 학생들이 주도하는 활동으로 인식하고 방관자적 입장에 놓여 인식하고 흥미를 잃게 된다.^{21,22} 따라서 탐구 결과에 집중하는 것이 아니라 탐구 과정에 집중하는 개방적 형태의 탐구 수업을 통해 특정 학생이 주도하는 것이 아닌 모든 학생들이 흥미를 가지고 참여하도록 하며 사회적 상호작용^{22,23}을 통해 더 나은

결과를 얻는 활동으로 인식을 변화시켜나가야 할 것이다.

이에 본 연구에서는 기존의 수업에서 발견된 과학 탐구 수업의 한계를 극복할 수 있는 대안으로 역발상(Assumption Reversal)을 적용한 탐구 수업을 프로그램을 개발하여 학생 중심의 활동을 통해 과학적 역량을 함양하고자 하였다. 역발상(Assumption Reversal)이란 문제나 상황에 대한 기존 생각이나 특징을 역으로 생각해 보는 사고 기법으로, 현재의 상황을 전혀 다른 측면에서 해석할 수 있는 새로운 관점을 의미한다.^{24,25} 이러한 역발상적 사고는 학생들의 관점 전환을 의도적으로 유도하며 다양하고 독특한 아이디어의 발상을 돕는 유용한 사고 틀로서의 작용할 가능성이 있으며,²⁶ 과학 수업에서 참여를 통한 소집단 중심의 문제해결 상황을 구성원간의 의사소통으로 해결할 수 있을 것이다.

역발상(Assumption Reversal)과 관련하여 공학에서는 Reverse Engineering을 통해 경쟁회사의 제품을 분석하여 성능이 향상된 새로운 제품을 개발하는 활동을 하며, 이를 영재 교육에 적용하여 첨단 기술제품으로부터 기초 과학을 배우는 RST(Reverse Science from Technology)를 통해 과학에 대한 이해와 호기심을 유발하고 향후 과학 기술 분야에 대한 잠재력을 기르려 하였다.²⁷ 송나래 등(2014)은 RST에 근거한 일상생활 제품을 통한 발명교육 이론인 RSP(Reverse Science from Products)이론을 제안하여 특성화고 학생들을 대상으로 한 발명교육에 적용하였고,²⁸ 안덕근과 박경빈(2017)은 보다 다양한 RSP기반 발명영재교육 프로그램을 개발하고 실제 현장에 적용하여 그 효과를 확인하였다.²⁹ 교육 분야에서는 강성주 등(2013)이 대학생들의 아이디어 생성 과정의 특징을 분석하여 문제해결의 아이디어 생성단계에서의 구체적인 방안으로 역발상적 사고기법의 가능성을 확인하였고,²⁶ 장혜정 등(2014)은 과학적 사례에 기반하여 역발상적 사고 기법을 유형화하였다.³⁰ 최근에는 이를 초등 교육 과정에서 다룰 수 있도록 보완한 발명교육 등도 개발되어 창의성 및 학습자들의 태도에 긍정적인 효과를 미치는 것을 확인할 수 있었고 이를 통해 RSP기반의 교육 프로그램의 활용 가능성을 제시하고 있다.^{31,32}

하지만 이러한 RSP기반 과학 프로그램은 특정 학교급의 학생을 대상으로 하거나, 교육과정 외의 과학 프로그램으로 중학교 과학 교과에서 활용하기에는 어려움이 있었다. 이에 본 연구자는 RSP(Reverse Science from Products)에 근거하여 이를 중학교 과학 수업 시간에 적용할 수 있도록 보완하여 새로운 형태의 RSP(Reverse Science Principle)기반 화학 탐구 프로그램을 개발하고 그 효과성을 분석하였다. 또한 RS(Reverse Science)를 교과 시간 안의 과학 탐구 수업에 적용함으로써 탐구 활동이 제시된 일련의 과정을 수행하는 것이 아닌 과학적 사고를 바탕으로 한 토의를 통해 탐구 과정을 계획하고 수행하는 주도적인 활동이 될 수 있을

것으로 기대된다. 이에 본 연구는 RSP(Reverse Science Principle)기반 과학 프로그램의 긍정적인 효과를 확인함과 더불어 교과 학습 안에서 학생들의 과학적 사고력, 의사소통 능력, 탐구 능력 향상을 위한 전략으로써의 가능성을 탐색하였다.

이론적 배경

RSP기반 화학 탐구 프로그램의 정의

RSP는 ‘Reverse Science from Product’의 약자로 ‘제품으로부터 배우는 과학(거꾸로 배우는 과학원리)’이라는 의미를 가지고 있다.²⁷ 이것은 완성된 제품을 보고 이 제품에 사용된 과학적 원리를 찾아내는 것을 기본으로 하는데 처음에는 자동차 제작 및 휴대폰 제작 등 공학 기계 분야에서 널리 사용되었다. 하지만 최근에는 이를 적용한 영재 수업 프로그램이 개발되었으며 발명특히 관련 특성화 고등학교에서는 이를 활용한 발명 수업을 진행하고 있다. 이러한 RSP관련 수업은 제품이나 기계로부터 과학적 원리를 발견하는 형태로 진행되어 모든 학생이 아닌 특정 학생들을 대상으로 한다는 한계점이 있다. 따라서 본 연구에서는 기존의 Reverse Science from Product를 모든 학생들을 대상으로 하는 과학 탐구 수업에 적용하기 위하여 RSP라는 용어를 ‘Reverse Science Principle’로 새롭게 정의하여 사용하고자 한다.

RSP(Reverse Science Principle)기반 화학 탐구 수업: 기존의 과학 탐구(실험) 유형이 가지고 있는 한계를 개선하고 과학 탐구 능력을 향상하기 위해 RS(Reverse Science)를 적용한 새로운 형태의 과학 탐구 수업으로, 실험 수행을 통해 과학적 이론을 확인하거나 발견하는 기존의 과학 탐구와는 달리 과학적 법칙(이론)을 분석하여 이를 증명하는 탐구 과정을 설계하고 수행함으로써 과학적 탐구능력과 과학적 사고력을 기르기 위한 수업 전략이다.

기존의 RSP기반 발명 교육 프로그램의 경우 제품을 분석하여 관련된 과학적 원리를 학습하고 이를 바탕으로 새로운 제품을 제작하는 것으로 과학적 원리를 바탕으로 제품을 제작하는 기존의 방식을 역으로 수행하는 것이다. 본 연구에서 개발한 RSP기반 화학 탐구 프로그램은 과학적 법칙을 분석하여 과학적 법칙이 생성되는 과정을 및 과학 탐구 방법을 학습하고 이를 바탕으로 과학적 원리를 학습하고 적용하는 것으로 과학적 원리를 학습하고 이를 확인하는 실험을 수행하는 기존의 방식을 역으로 수행하는 것으로 기존의 RSP 기반 발명 교육을 과학 탐구 수업에 적용한 것이다(Table 1).

RSP기반 발명 교육의 경우 체험, 인지, 발명의 3단계로 이루어지며 RSP(Reverse Science Principle)기반 화학 탐구

Table 1. Reverse Science from Product vs. Reverse Science Principle

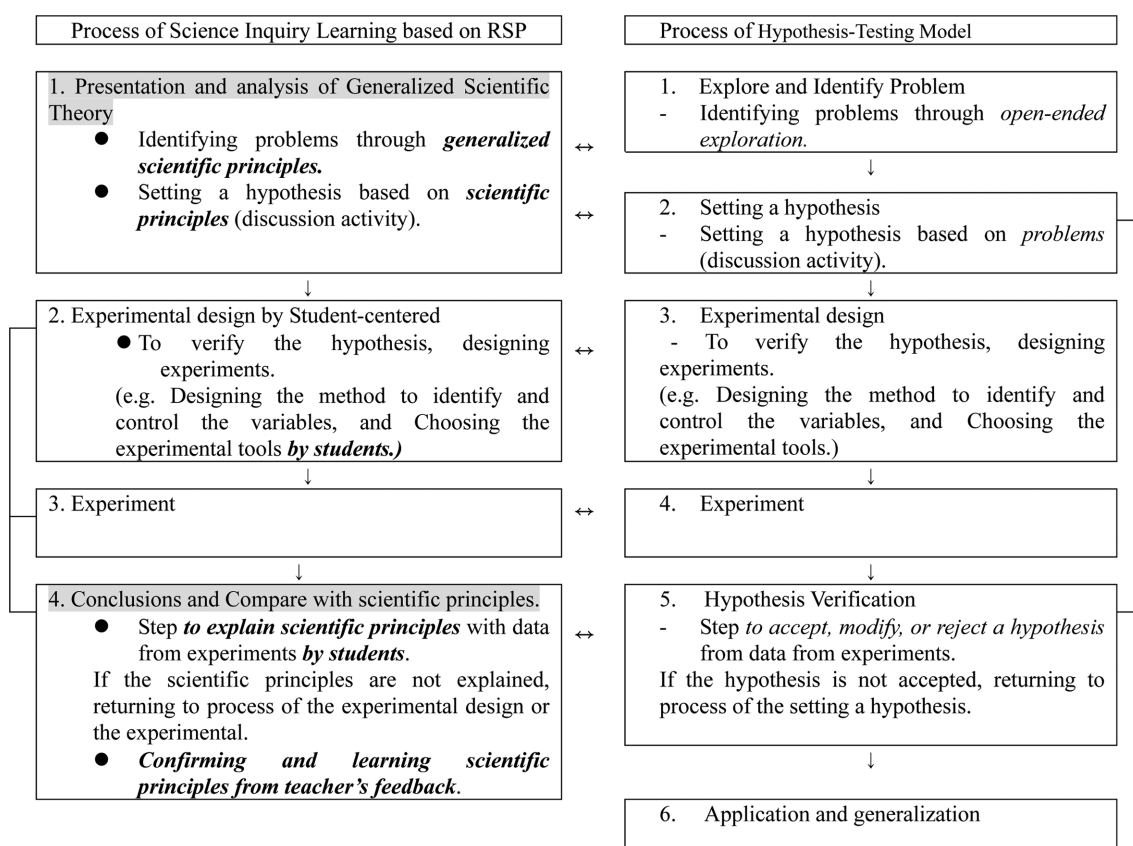
Reverse Science from Product	Reverse Science Principle
□ (Experience) Analysis of similar products due to lack of available design information → Design information extraction related to the intention of the developer and system operation ▶ (Cognition) Invention education aims at developing creative thinking rather than making a handcraft → Discover how knowledge is connected and related to creative invention ideas.	□ (Exploratory) the cognitive step for hypothesis setting can not be reached and the experimental design information is insufficient, generalized scientific law analysis → Extraction of information about scientist's intention or inquiry ability ▶ (Principle) The goal of science exploration has changed from experience-oriented class to scientific theory-oriented exploration class which is based on scientific thinking. → Discover how scientific knowledge is created and enhance the ability to explore the new scientific rules.
□ (Invention) Other products already made → An inventive area that has new creative ideas	□ (Application) The scientific principle already found → Inquiry instructional strategy to cultivate inquiry principle, scientific thinking ability and scientific inquiry ability in scientific inquiry rule → Inquiry-based strategies that enhance internal motivation to ultimately discover new scientific phenomena

수업은 이를 변경 수정하여 탐색, 원리, 적용의 3단계로 수업 흐름을 구성하고, 마지막 단계인 적용단계에서 피드백 과정을 통해 과학적 개념을 학습할 수 있도록 하였다. 하지만 수업 여건 및 환경을 고려할 때 모든 수업 주제에 대하여 실험을 수행하는 것은 어려움이 있으므로, 상황에 따라 2단계에서 실험 과정을 공유하고 피드백하는 과정 이후에 화학개념을 학습할 수 있을 것이다.

RSP기반 화학 탐구 프로그램의 효과

가설 검증 수업과 RSP기반 화학 탐구 수업의 비교: 과학자의 연구 과정과 RSP기반 화학 탐구 수업의 비교하기 위해서 과학자의 연구 과정을 수업으로 모형화한 가설 검증 수업과 RSP기반 화학 탐구 수업을 비교하여 공통점과 차이점을 살펴보고자 한다(Fig. 1).

과학자의 연구과정은 일반적으로 문제 인식에서부터

**Figure 1.** Comparison of Process between Science Inquiry Learning based on RSP and Hypothesis-Testing learning Model.

시작해서 가설설정, 탐구 설계, 탐구 수행, 결론 도출 후 일반화된 과학 법칙을 생성하는 순으로 구성된다. 가설 검증 수업 모형은 기본 탐구 능력과 통합 탐구 능력을 모두 사용해야 하므로 저학년보다는 형식적 조작기인 고학년 학생들에게 효과적이다.³³ 하지만 탐색을 통해 가설을 세우는 단계는 구체적 조작기 학생들에게 어려움이 있고 이로 인해 교사에 의해 제시하는 경우가 많으며, 이러한 경우에도 많은 시간을 필요로 하게 된다. 이에 기존의 가설 검증 수업을 과정을 수정하여 과학자의 연구과정을 모방하여 제한된 시간 안에서 기본 탐구 능력과 통합 탐구 능력을 사용하기 위한 하나의 방안으로 RSP를 기반으로 한 과학 탐구 수업을 활용하고자 하였다.

RSP기반 과학 탐구 수업은 일반화된 과학 법칙, 즉 실험의 결론을 제시하는 단계로부터 탐구가 시작되므로 탐구 순서에 있어서 RS(Reverse Science)이 적용된 것이다. 이때 일반화된 과학 법칙, 즉 실험의 결론은 시범 실험을 대신하여 학생들의 가설 설정 단계에 대한 도움을 제공하며 과학 법칙을 분석하는 과정에서 가설을 설정하고 변인을 찾으며, 이를 바탕으로 탐구 설계, 탐구 수행, 결론 도출 순으로 구성된다. 마지막 단계인 결론 도출 과정에서는 실험결과 처음에 제시되었던 일반화된 과학 법칙을 비교함으로써 실험 설계과정에 대한 피드백을 수행하고 탐구 설계 과정을 수정한다. 이는 가설 검증 수업에서 결과를 통해 가설을 기각하는 것과 차이가 있으며 이러한 피드백 과정을 통해 비선형적, 비순환적인 실질적 탐구를 경험할 수 있다.

수업의 순서나 그 단계에서 차이가 있으나 가설 검증 수업에서 기본 탐구 능력과 통합 탐구 능력을 모두 활용함으로써 얻을 수 있는 긍정적인 효과는 그대로 반영하기 위해 RSP기반 화학 탐구 수업에서도 기본 탐구 능력과 통합 탐구 능력을 모두 활용하도록 하며 본 탐구 수업이 가설 검증 수업의 한계점을 보완할 수 있을 것이다.

기존 실험 수업과 RSP기반 화학 탐구 수업의 비교:
RSP기반 화학 탐구 수업에서는 과학적 법칙(이론)을 학

습 한 뒤 안내된 절차에 따라 실험 수행을 통해 이를 확인하거나 안내된 절차에 따라 실험을 수행하고 과학적 법칙(이론)을 스스로 발견하는 기존의 과학 탐구와는 달리 과학적 법칙(이론)으로부터 시작하는 탐구 과정을 수행한다. 이에 실험교육의 효과를 극대화시켜서 학생들에게 과학자와 같이 사고하게 하기 위하여,³⁴ 학생들은 기존의 과학 탐구 과정을 역으로 수행하게 되고 탐구 과정에 집중할 수 있는 개방적 형태의 탐구 수업에 참여하면서 과학적 사고력 및 탐구 능력 등의 과학적 역량을 기를 수 있을 것이다. 이를 확인하기 위해 양일호 등(2006a)의 선행 연구를 바탕으로 하여 본 프로그램과 기존의 탐구 수업의 유형 중에서 확인 실험, 발견 실험, 연구 실험의 3가지 실험 수업의 효과에 대하여 비교하였다(Table 2).

중학교 교과서에서 가장 많이 다루고 있는 확인 실험의 경우 본 연구에서 다루고자 하는 탐구 수업과 가장 반대되는 형태로 탐구 내용에 초점을 맞추고 과학적 개념을 실험을 통해 확인하고 예측한 결과가 나올 수 있는 최상의 실험 절차를 교사가 제시한다. 반대로 RSP기반 화학 탐구 수업은 과학적 개념 학습 이전에 실험을 실시하고 실험의 결과를 바탕으로 과학적 개념을 학습하는 순서로 실시한다. 이때 확인 실험의 경우 실험 절차가 주어지므로 탐구 내용에 초점이 맞추어져 있으며 실험을 통해 과학적 개념을 확인하는 것이 그 목표이다. 하지만 RSP기반 화학 탐구 수업의 경우 학생들이 스스로 실험 절차를 생성하므로 탐구 과정에 초점이 맞추어져 있으며 실험 및 탐구 과정을 통해 과학적 사고력과 탐구 능력을 향상시키는 것이 그 목표이다.

발견 학습의 경우 과학적 개념을 발견하는 것이 그 목표이다. 이때 귀납적 접근 방식으로 학생 스스로 발견한다는 점에 있어서 큰 장점이 있으나 발견 학습 역시 구조화되고 폐쇄적인 수업 형태에 가까워 학생들의 과학적 탐구 능력과 사고력을 기르기에는 한계가 있으며 귀납적 접근 방식으로 과학자의 연구 과정과는 거리가 있다. 하지만 본 탐구 수업의 경우 과학적 사고력과 탐구 능력 향상

Table 2. Comparison of verification, discovery, exploration, investigation type laboratory instruction and Science Inquiry Learning based on RSP

Confirmation experiment	Discovery experiment	Research experiment
☐ Experimental procedure given ☐ Focus on inquiry content ☐ The goal of Scientific concept confirmation	☐ Experimental procedure given ☐ Inductive Approach ☐ The goal of scientific concept discovery	☐ Student establishes hypothesis after problem recognition ☐ Establish a new hypothesis if the hypothesis is rejected through experimental results ☐ It takes a lot of time
Science Inquiry Learning based on RSP		
☐ Students create experiment procedures ☐ Focus on inquiry process	☐ A deductive approach ☐ Goal is to improve scientific thinking and inquiry ability	☐ Establish concrete hypothesis based on the common scientific principle (theory) ☐ Feedback and modification of the testing process is needed if it is not possible to explain the scientific principle (theory)

이 그 목표이며, 가설을 바탕으로 실험 절차를 스스로 생성하고 실험 과정에 대한 피드백 및 결론 도출의 과정으로 구성되므로 연역적 접근방식으로 과학자의 연구과정과 유사한 점이 있다.

연구 실험 경우 과학자의 지식 생성 과정과 가장 유사하지만 가설을 수립하고 이를 검증하기 위한 실험을 설계함에 있어서 보다 높은 수준의 인지적 기능들을 사용하게 되므로 학생의 인지 수준에 영향을 많이 받으며 구체적인 조작기의 학생들에게 적용하기에는 한계가 있으며 많은 시간이 필요하다. 또한 문제인식을 통해 가설을 수립하는 과정 및 실험 결과를 통해 가설이 기각되는 경우 학생들이 겪는 어려움이 매우 크므로 학교 현장에서는 가설 검증 실험을 수행하는 경우에 있어서 구체적이고 명확한 주제를 선택하거나 실험 오차가 적은 주제를 선택하여 가설이 기각되지 않도록 하는 경우가 많다. 이러한 경우에는 가설 검증 실험이 과학자의 연구과정과 가장 유사한 형태를 지니고 있음에도 불구하고 과학자의 비선형적, 비순환적 탐구와는 거리가 있다. RSP기반 화학 탐구 수업의 경우 일반화된 과학 법칙(이론)을 분석하여 가설을 수립하므로 학생들이 가설을 수립하는 과정에 도움을 제공하여 가설 수립에 필요한 시간과 어려움을 제거하고 실험 절차를 생성하는 과정에 더 많은 시간을 사용할 수 있도록 한다. 또한 과학적 법칙(이론)으로부터 설정한 가설이므로 기각되지 않으므로 가설의 기각에서 학생들이 겪는 어려움 줄일 수 있다. 특히 기존의 탐구 수업의 경우 과학적으로 타당한 결론이 도출되는데 집중하였다. 하지만 본 탐구 수업의 경우 실험 결과를 통해 과학 법칙(이론)을 설명할 수 없을 경우, 피드백을 통해 그 원인을 실험 과정에서 발견하게 한다. 실험과정이 수정되고 보완되는 과정을 통해 비선형적, 비순환적인 탐구 과정을 다시 경험할 수 있

는 기회를 제공한다. 이는 다른 탐구수업보다 탐구 과정에 중점을 두어 학생들이 실험 계획 및 조작 능력을 키울 수 있을 것이다.

연구방법 및 절차

연구 대상

연구대상자는 D광역시 소재의 중학교 2학년 10개 학급 중 집단의 동질성을 고려하여 과학적 탐구 능력에 대한 사전 검사 결과에서 유의미한 차이를 보이지 않는 6개의 반을 선정하였다. 사전 검사를 실시한 결과 실험집단의 평균은 18.97(표준편차3.871)이고 비교집단의 평균은 17.80(표준편차4.573)으로 통계량 t 값은 1.566이며 유의확률은 .120이므로 두 집단 간에는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 구체적으로 기초 탐구 능력과 통합 탐구 능력의 각 영역별 결과에서도 두 집단 간에 통계적으로 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 따라서 본 연구에 활용된 실험집단과 비교집단이 동질집단임을 사전 검사 분석을 통해 확인할 수 있었다. 이에 연구 대상은 총 128명으로 프로그램의 참여에 대한 동의를 받은 후 연구를 실시하였다. 6반 중에서 3반을 실험집단으로 선정하여 RSP기반 화학 탐구 프로그램을 통해 수업을 진행하였고, 나머지 3개 반을 비교 집단으로 선정하여 강의식 수업을 통한 과학 수업 및 교과서에 제시된 탐구 수업을 진행하였다. 실험집단은 64명으로 남학생은 36명 여학생은 28명으로 구성되어있고 비교집단은 64명으로 남학생 33명 여학생 31명으로 구성되어있다.

프로그램 개발 및 적용

기초 연구 단계에서 2009개정 교육 과정의 중학교 2학년 화학 내용을 분석하여 탐구 활동 중심으로 교육과정을

Table 3. Steps and main activities of Science Inquiry Learning the RSP

Step	Main Activity	Role of a Teacher
Step 1 <Searching>	Generalized Scientific Theory	• Steps to present scientific laws or theories before learning science concepts → Providing opportunity to think about the background of the law, not memorize the laws of science
	Setting a hypothesis	• Analyzing scientific laws • Establishing a valid hypothesis for obtaining the laws of science → Providing opportunity to explore better hypotheses through experimentation
	Variable control	• Finding a variable based on a hypothesis for a specific experiment plan → Finding the variables, verifying the validity of the hypothesis, and creating a more specific experimental home
Step 2 <Under-standing>	Experimental design	• Setting a concrete experiment based on the variables → The process of preparing the specimens, quantities, and procedures
Step 3 <Application>	Explore conducted	• Performing the experiment based on the experimental procedure → Identify, correct, and test problems from the experiment and its process
	Conclusion and feedback	• Comparison of experimental results with generalized scientific laws • Steps to discover problems in the experiment → Opportunity to find problems and errors in the experiment process through discussion in comparison with the original scientific law

재구성하고 RSP기반 과학 탐구 수업을 적용하기에 적합한 단원을 선정하고 프로그램을 개발하였다. 개발된 RSP 기반 화학 탐구 프로그램은 학생들의 능동적인 역할을 강조하며, 과정중심의 수업이 되도록 개발하였다. 이를 위하여 학생들의 의사소통과 토의가 활발하게 이뤄지고 이를 통해 과학자들의 연구과정을 간접적으로 경험하여 과학적 사고의 기회를 제공하도록 개발 방향을 설정하였다. 이에 다음과 같은 활동과 단계로 구성하고 프로그램 개발 방향에 적합한 교사의 역할을 설정하였다(Table 3).

용해가 일상생활에서 예를 쉽게 관찰할 수 있고 확산이나 분자 운동과 같은 화학의 주요 개념들과 깊은 관계가 있기 때문에 매우 중요한 개념이지만,³⁵ 중등학교에서 용해 현상의 지도 실태 상에서는 학생들이 용해 현상을 이해하는 데 어려움을 겪고 있다.³⁶이에 개발된 프로그램은 물질의 용해에 관한 내용으로 과학자의 연구과정에 대한 오리엔테이션 1차시와 중학교 2학년 용해도에 관한 학습 내용 5차시, 보일의 법칙에 관한 추가 학습내용 1차시를 포함하여 총 7차시를 6월 초부터 6월 말까지 4주간 수업을 실시하였다.

실험집단과 비교집단은 같은 주제의 수업을 진행하였고 물질의 특성에 관한 학습에서 있어서 동일한 활동지를 사용하였으며 끓는점과 밀도에 대하여 동일한 탐구 수업을 수행하였다. 이후 실험집단은 용해도의 정의, 고체의 용해도와 용해도 곡선, 기체의 용해도 3가지 주제에 대하여 RSP 탐구 프로그램 활동지를 활용하여 수업을 진행하였다. 각 주제에 대하여 토의 및 탐구 실험을 수행 후 이를 바탕으로 관련 과학 내용을 학습하는 순서로 수업을 진행하였는데 제한된 시간을 활용하여 프로그램을 적용해야 하므로 첫 번째 주제인 용해도의 정의와 두 번째 주제인 고체의 용해도와 온도의 관계에 대해서는 1단계 탐색, 2단계 이해까지의 단계만 실시하였고 세 번째 주제인 기체의 용해도에 대해서는 실험을 수행하는 3단계 적용 단계까지 진행하여 수업을 진행하였다. 비교집단도 용해도의 정의, 고체의 용해도와 온도의 관계, 기체의 용해도 3가지 주제에 대하여 강의식 수업을 실시한 후 온도와 압력과 기체의 용해도에 대해서만 교과서에 제시된 확인 실험을 바탕으로 탐구를 수행하였다. 그리고 실험집단의 경우 6차시의 수업 후 1학년 교육과정에 포함되어 있는 과학적

개념에 대한 RSP기반 화학 탐구 활동을 1차시를 추가로 실시하였다.

자료 수집 및 분석 방법

RSP기반 화학 탐구 프로그램이 중학생의 과학적 탐구 능력, 탐구과정에 대한 인식과 태도를 알아보기 위하여 다음과 같이 연구방법을 설계하였다(Table 4).

탐구능력에 미치는 영향을 검증하기 위해서 사전 검사를 실시하여 실험집단과 비교집단에 대한 집단 간 동질성을 확인하였으며 실험집단에 프로그램을 적용하여 두 집단의 사후 검사를 실시하였다. 이때 사전 검사 이전에는 교육 과정 재구성을 통해 두 집단에 동일한 과정으로 과학 탐구 수업을 진행하였고 RSP기반 화학 탐구 프로그램을 적용하기 직전에 사전 검사를 실시하였으며, 사후 검사는 프로그램 적용이 끝난 후 1주 간격을 두고 실시하였다. 검사 도구로 권재술과 김범기(1994)에 의해 개발된 과학 탐구 능력 검사지(TSPS, Test of Science Process Skill)를 활용하였다.³⁷ 과학 탐구 능력 검사지(TSPS)에서 제시되는 과학 탐구 능력은 관찰, 측정, 분류, 추리, 예상 등 기초 탐구 능력 5개 요소와 자료변환, 자료해석, 변인통제, 가설설정, 일반화 등 통합 탐구 능력 5개 요소로 이루어졌으며 총 30 문항으로 구성된다. 본 연구에서는 RSP기반 화학 탐구 수업을 적용하여 과학적 탐구 능력에 어떤 효과가 있는지 알아보고자 하였으므로 동일한 검사지로 사전, 사후 검사를 실시하였고 검사지(TSPS)의 측정 시간은 사전·사후 검사 모두 20분으로 하였다. 자료의 분석 및 결과 처리를 위해 SPSS통계프로그램을 사용하였으며 통계 분석 방법으로 사전에 두 집단의 동질성을 검증하기 위해 독립표본 t검정을 적용하였으며, 수업 실행 후 사후에 두 집단 간에 차이가 있는지 알아보기 위해서 독립표본 t검정을 적용하였다. 사전 검사 결과, 두 집단의 탐구능력에 대한 t값은 1.566, p는 .120으로 유의수준은 0.05의 범주에서 두 집단은 유사한 능력의 탐구능력을 지니고 있음이 확인되었다.

정량 분석과 함께 정성적 분석을 위한 주관식 설문지 제작하고 추가 인터뷰를 실시하였다. 주관식 설문지는 기존의 선행 연구에서 개발하고 사용한 것을 토대로 작성하여 교육 전문가 1명 및 현직 과학 교사 5명의 조언을 얻어 수정 및 보완하였다. 설문지는 4가지 주제의 수업 후 15분

Table 4. Research Application Method

Division	Pre-test	Treatment	Post-test	
	Scientific Inquiry ability		Scientific Inquiry ability	Open-ended questionnaire
Experimental	O ₁₁	X ₁	O ₃₁	O ₃₂
Comparison	O ₂₁	X ₂	O ₄₁	.

X₁: Chemistry Inquiry Programs based on RSP.

X₂: Lecture and confirmation experiment class.

동안 실시하였으며 프로그램을 적용한 수업을 처치한 모든 학생을 대상을 진행되었다. 본 프로그램에 대한 학생들의 인식을 확인하는 내용으로 크게 탐구과정에 대한 인식과 프로그램 자체에 대한 태도 측면을 묻는 내용으로 구성하였다. 탐구 수업 중 협동 과정에 대한 생각을 묻는 Likert 척도 4문항, 과학적 탐구에 관해서는 Likert 척도 2문항, 선택형 1문항과 그 이유에 대한 개방형 질문으로 구성하였다. 수업에 대한 만족도를 조사하기 위한 Likert 척도 2문항과 과학 탐구에서 어려웠던 단계, 좋았던 점 아쉬웠던 점을 묻는 문항도 Likert 척도 선택형 3문항에 대해서도 그 이유에 대한 개방형 질문을 추가하였으며 프로그램의 개선방향에 대한 개방형문항 1개를 포함하여 총 16 문항을 사용하였다. 추가 인터뷰는 정량 분석과 정성 분석 결과에 대한 추가 자료를 얻기 위하여 실시하였으며 학생들 중 수업 참여 태도와 분석 결과를 고려하여 7명 정도로 정하여 실시하였다. 이때 인터뷰는 구조화 되지 않은 자유로운 형태의 대화로 진행하여 학생들의 솔직한 답변을 듣고자 하였으며 개개인의 분석 결과를 반영하여 서로 다른 질문을 구성하였다. 또한, 학생들의 변화와 반응을 좀 더 자세히 알아보고 분석하기 위해 학습한 프로그램 활동지 및 수업 영상, 주관식 설문지를 활용하였으며 추가 인터뷰를 실시하였다. 활동지를 통해서 학생들의 수업참여, 가설 설정 및 실험 과정 계획에 대한 과정 및 결과 분석과 같은 활동과정에 대한 자료를 수집하였으며, 더불어 수업 영상을 통해 학생들의 토의 활동 과정을 확인하고 실험 과정 계획 및 수행, 결론 도출 과정에서 느끼는 감정과 사고의 과정을 분석하였다. 과학 탐구 수업에 관련된 주관식 설문지를 분석을 통해 본 프로그램에 대한 학생들의 인식에 대하여 살펴보았으며 이와 관련된 추가 인터뷰를 실시하여 그 결과를 정리하였다. 주관식 설문지에 대해서는 기술통계방법으로 정리하였으며 인터뷰 질문에 대한 학생들의 응답은 모두 녹음하여 분석하였다.

연구결과 및 논의

중학생들의 과학적 탐구능력에 미치는 영향

RSP를 기반으로 한 화학 탐구 수업이 중학생의 과학적 탐구 능력에 미치는 영향을 알아보기 위해 실험집단에 RSP를 기반으로 한 과학 탐구 수업을 적용하였고, 비교집단에는 교과서에 제시된 과학 탐구 수업을 실시한 후, 두 집단의 과학적 탐구 능력을 비교하기 위해 실시한 사후 검사 결과는 Table 5와 같다.

통계량 t 값은 2.316이며, 유의확률은 .022이므로 두 집단 간에는 유의한 차이가 나타났으며 두 집단에서 과학 탐구 능력에 차이가 있음을 확인할 수 있으며 이는 실험

Table 5. The result of Independent sample t-test on the science inquiry ability (post-test)

Group	N	M	SD	t	p
Experimental	64	19.77	3.923	2.316	.022
Comparison	64	17.91	5.086		

* $p < .05$

집단에 처치한 프로그램이 과학적 탐구능력에 영향을 주었음을 의미한다.

비교 집단의 경우 강의 중심의 수업이 이루어진 후 이를 확인실험으로 탐구 활동을 진행하였는데, 확인실험의 경우 낮은 사고의 인지적 사고만을 활용하므로,^{18,38} 통합 탐구 능력의 향상을 기대하기 어려웠기 때문에 위와 같은 결과가 나온 것으로 판단된다. 하지만 실험 집단은 4개의 주제에 관한 탐구 활동을 통해 가설을 설정하고 실험의 변인을 찾고 실험을 계획하는 등의 활동을 통해 학생-학생 상호작용이 활발하게 이루어졌다. 탐구 활동에 대하여 사고할 수 있는 기회를 제공하고 다른 동료와 의견을 공유할 기회를 제공하는 등 과학적 사고가 가능한 기회를 제공할 때 실질적 과학 탐구를 실현할 수 있으므로,³⁸ 이로 인해 학생들의 과학적 탐구 능력이 향상된 것으로 보인다.

이에 관하여 좀 더 구체적인 변화를 알아보기 위해 과학적 탐구 능력을 기초 탐구 능력과 통합 탐구 능력으로 구분하고 각 영역에 관하여 실험집단과 비교집단의 사후 점수를 비교하여 그 차이를 분석하였다(Table 6).

실험집단에서는 기초 탐구 능력의 하위요소인 예상, 통합 탐구 능력의 하위요소인 자료변환, 가설설정, 변인 통제에서 차이가 유의한 것으로 나타났다($p < .05$). 이는 실험 집단에서 수업시간에 주어진 활동을 친구들과의 토의를 통해 해결해가면서 스스로 가설을 설정하고 변인을 찾고 실험을 계획하는 과정을 경험 할 수 있었기 때문에 기존의 탐구 활동과 비교할 때 통합 탐구 능력을 향상시키는 긍정적 결과가 나타난 것으로 보인다. 전반적으로 수업을 진행함에 있어 비교집단의 경우 관련 개념을 배우고 이를 확인하는 것에 초점을 두어 수업을 진행하였기 때문에 학생들은 과학적인 사고를 통해 토의하고 토론하기 보다는 주어진 절차에 따라 정확하게 실험을 수행하는 데 집중하였다. 하지만 실험집단의 경우 관련 개념을 확인하는 것이 아닌 제시된 과학적 사실이 발견되는 과정에 초점을 두어 수업을 진행하였기 때문에 학생들은 제시된 자료에서 실험 가능한 가설을 설정하고 구체적인 실험을 위해 변인을 찾고 실험 준비물을 선정하고 실험 과정을 작성하는 데 집중하였다. 이 과정에서 학생들은 스스로 고민하며 과학적인 사고하였으며 친구들과의 토의를 통해 최선의 결과를 얻기 위해서 노력하였다. 이 결과 실험집단에

Table 6. The result of Independent sample t-test result on scientific inquiry ability areas (post-test)

Division	Group	Post-test		t	p	
		M	SD			
Basic inquiry ability	Observation	Experimental	1.91	0.690	-1.290	.200
		Comparison	2.06	0.710		
	Classification	Experimental	1.91	0.684	1.018	.311
		Comparison	1.77	0.868		
	Measure	Experimental	2.05	0.744	.205	.838
		Comparison	2.02	0.968		
	Reasoning	Experimental	2.13	0.766	1.223	.224
		Comparison	1.94	0.957		
	Prediction	Experimental	2.17	0.767	2.741	.007**
		Comparison	1.80	0.780		
Integrated inquiry ability	Data conversion	Experimental	2.25	0.777	2.613	.010*
		Comparison	1.83	1.032		
	Interpret the data	Experimental	1.73	0.930	1.391	.167
		Comparison	1.50	0.976		
	Setting a hypothesis	Experimental	1.73	0.761	3.149	.002**
		Comparison	1.30	0.810		
	Variable control	Experimental	2.42	0.662	3.410	.001**
		Comparison	1.94	0.942		
	Generalization	Experimental	1.83	0.808	.388	.699
		Comparison	1.77	1.004		

*p<.05, **p<.01

서는 분류, 자료해석, 가설설정, 변인통제 등의 하위영역에서 유의한 차이가 나타난 것으로 해석된다. 많은 선행연구에서 과정 중심의 개방적 형태의 탐구 수업을 통해 모든 학생들이 흥미를 가지고 참여하며 사회적 상호작용을 통한 학습을 강조하고 있는 것처럼,²¹⁻²³ 이번 연구에서도 개방적 형태의 RSP기반 화학 탐구 수업이 중학생들의 과학적 탐구 능력을 향상시키는데 긍정적인 영향을 주었음을 확인할 수 있었다.

또한 비교집단에서 향상된 과학적 탐구 능력의 하위요소와 실험집단에서 향상된 과학적 탐구 능력의 하위요소가 상이한 것으로 볼 때, 과학 탐구 유형에 따라서 향상되는 탐구 능력 요소가 다르며 이는 선행 연구¹⁵⁻¹⁷와도 일치한다. 이에 교사는 수업 주제 및 교사의 의도에 따라 보다

다양한 형태의 탐구 수업을 설계하고 적용할 필요가 있을 것이다.

탐구과정에 대한 학생들의 인식

RSP기반 화학 탐구 프로그램을 적용 후 수업에 대한 학생들의 인식과 구체적인 변화를 통해 그 효과를 알아보기 위해 5지선다형, 리커트 척도, 개방형 질문으로 구성된 설문지를 활용하였으며 추가 인터뷰를 실시하였다. 주관식 설문지의 경우 5지선다형과 리커트 척도로 구성된 문항에 대해서는 빈도분석 및 기술통계분석을 함께 실시하였으며 개방형 질문의 경우 학생들의 답변을 유목화 하여 결과를 분석하고, 추가 인터뷰는 녹음하여 필요한 부분을 전사하여 결과를 살펴보았다.

Table 7. Perceptions about the communication process in Chemistry Inquiry learning based on RSP

Question content	5	4	3	2	1	M(SD)
I had more discussions with my friends in this class.	12	29	20	1	1	3.79 (0.826)
During this inquiry class, we shared enough information about the tasks or ideas and feelings we knew about the projects with our friends in the group activities.	11	36	13	3	1	3.83 (0.827)
During this inquiry class, I tried to cooperate with other friends in the group activities to carry out the assignment.	15	34	13	1	1	3.95 (0.805)
During this inquiry class, I acted with respect to the various thoughts of my friends in the group activities.	12	41	10		1	3.98 (0.701)

상호작용과 의사소통에 대한 학생들의 인식: 주관식 설문지를 분석한 결과 RSP기반 화학 탐구 수업에서 기존 수업에 비해 친구들과 더 많은 토의를 한 것으로 나타났으며 토의 과정에서 서로의 정보와 생각을 충분히 공유하였고, 친구들이 가지는 다양한 생각을 존중하며 협동하여 활동한 것으로 응답하였다. 이는 연구자가 학생들을 수시로 관찰하고 수업 영상 및 추가 인터뷰 결과와도 일치한다.

<학생 A, B, C의 면담내용>

학생 A: 이전에 했던 실험이 밀도 실험인데, 그때 측정하고 정확한 답이 있었는데 이번 실험에서는 정확한 답이 없어서 어려웠던거 같아요.

학생 B: 맞아, 내용은 쉬웠는데 실험을 계획하려고 하니 이것저것 생각해야 되는 것이 많았어요. 그리고 애들 의견이 다 달라서 힘들었어요. 내 말이 맞는 거 같은데..밀도 측정할 때 내가 하는 말이 다 맞았는데..

학생 C: 학생 B가 말했는데, 애들 의견이 다 다르니깐 하나로 정하기가 어려웠고 내 생각이 틀릴까봐 걱정도 되고.. 그런 시간이 길어지니깐 시간 안에 못할까봐 급했어요. 그래도 애들이랑 많이 이야기해서 너무 좋았어요. 다 끝나고 나서 뭔가 뿌듯!

인터뷰 결과 개방형 형태의 활동으로 인해 자신의 답이 맞는지 모르기 때문에 친구들과 더 많이 상의하고 생각해야 했으며 평소의 과학 탐구 활동에서 보다 친구들과 더 많이 대화하고 토의 할 수 있어서 좋다고 대답하였다. 특히 이전의 탐구 활동에서 주도적인 역할을 하였던 상위권 학생들조차도 이번 활동에서는 친구들과 의논하여 문제를 해결하고자 노력한 것으로 나타났다. 개방형 형태의 탐구 활동에 어려워하는 학생이 많았으나 정성 분석 결과 과학적 의사소통과 합리적 의사 결정 기회를 제공하여 학생들에게 긍정적인 영향을 주었으며 모든 학생들이 활동에 참여한다는 점에서 특정 학생들이 활동을 주도하거나 방관자적 입장을 가지는 기존의 탐구활동을 한계점을 보완할 수 있다고 판단된다.

과학적 법칙이 생성되는 과정에 대한 학생들의 관심: 주관식 설문지 분석결과 RSP기반 과학 탐구 수업을 통해 학생들은 기존의 탐구 수업보다 과학적 법칙이 생성되는 과정을 이해하는 데 도움이 된 것으로 나타났다.

이러한 현상의 첫 번째 원인은 기존의 탐구 수업에서

과학적 법칙이 생성되는 과정을 제대로 배울 수 있는 경우가 많지 않았기 때문이라고 판단된다. 현실적인 한계로 인하여 획일화된 형태의 실험을 수행하며,^{10,18,38} 구체적인 조작기와 형식적 조작기의 과도기에 있는 중학교 학생들에게 적용할 수 있는 과학자의 연구과정을 반영한 과학 탐구 프로그램의 개발이 미흡하다.⁹ 두 번째 원인은 이번 탐구 활동을 통해 뛰어난 과학자만이 과학적 탐구 과정을 수행할 수 있다는 사고에서 벗어나는 계기가 되었기 때문으로 판단된다.

<학생 A, D, E의 면담내용>

연구자: 가설을 세우고, 실험 과정을 직접 작성하고 실험을 했는데, 해보니깐 어땠나요?

학생 D: 가설이라는 걸 1학년 때 배운거 같긴한데.. 한번도 해본적이 없어서 막상 하려니깐 어렵고, 우리가 생각한 대로 실험했는데 실험이 된다는게 신기했어요.

학생 E: 가설이라는게 어렵긴 했는데 쌤이 아르키메데스 이야기해줄 때 바로 이해했어요. 별거 아니던데

연구자: 혹시 보일의 법칙을 발견할 때 보일이 몇 살이었는지 기억나나요?

학생 A: 기억나요! 그때 우리랑 비슷한 나이에 보일의 법칙을 발견했다고 해서 엄청 대단하다고 생각했는데

학생 D: 근데 작년에 실험할 때는 뭐라고 해야 되지? 수행평가 때문에 하는거라고 생각했는데, 보일이랑 아르키메데스 이야기 들으니깐 뭔가 내가 대단한거 한 거 같고 좋았어요.

추가 인터뷰에서 학생들의 응답을 보면 이전의 실험에서 평가를 위해 열심히 참여하거나 수업 내용을 이해하기 위한 수단으로 인식하였으나 이번 탐구 수업을 통해 과학자의 연구과정에 보다 관심을 가지고 이와 비교하여 자신들의 활동에 자부심과 성취감을 느끼고 있음을 알 수 있었다. 또한 기존의 탐구 수업과 비교할 때 실패에 대한 두려움이 적었던 것도 과학적 법칙이 생성되는 과정에 집중할 수 있도록 긍정적인 영향을 준 것으로 보인다.

실험 결과가 아닌 과정에 집중: 교과서에 제시된 대부분의 실험은 확인 실험을 통해 과학적 이론을 직접 확인하는 활동이 많다. 이런 확인 실험에서 학생들은 정확한 결과를 얻기 위해 과정에 따라 정확하게 실험하는 것에 초점을 두어 실험이 실패했을 때 자신의 활동이 모두 잘

Table 8. Perceptions about the creation of scientific knowledge in Chemistry Inquiry learning based on RSP

Question content	5	4	3	2	1	M(SD)
This inquiry class helped me understand how scientists think and work in the process of discovering scientific theory	9	31	20	3	-	3.73 (0.766)

Table 9. Perceptions about the fear of failure related in Science Inquiry learning based on RSP

Question content	5	4	3	2	1	M(SD)
Compared to traditional laboratory classes, there was no fear of a failure in the experiment in this exploration class.	10	25	23	7		3.58 (0.882)

Table 10. Student response to “What are the most important steps in the course of the experiment?”

Item	Rate (%)	Student Response	Frequency
Understanding the problem exactly	46.88	▫ I can solve the problem by knowing the problem correctly.	5
		▫ I think that it is important to know the problem so that I can make good assumptions and conduct experiments on the next step.	23
Finding hypothesis and control variants	17.19	▫ I think that it is important to establish a hypothesis.	4
		▫ I need to know hypothesis and control variables for accurate experiments.	5
Accurate testing according to the exact experimental procedure	14.06	▫ I have to follow the exact procedure correctly to get the exact results.	4
		▫ I have to test the hypothesis correctly to see if it is right or wrong.	4
Collecting and analyzing a variety of data	10.94	▫ The more information I gather, the easier it is to come to a conclusion.	3
		▫ In order to get accurate results during the experiment, it is important to analyze the data.	2
Planning a concrete testing process	10.94	▫ I have to plan a test specifically so that we can conduct it correctly.	3
		▫ I think planning an experiment is more important than performing it.	1

못된 것으로 여기고 좌절하는 경우가 많고 실험 수행 과정에 있어서도 소극적인 태도를 보이면 교사에게 확인을 위한 질문을 하는 경우가 매우 많다. 하지만 이번 탐구 활동의 경우, 과학적 이론을 확인하는 것이 아닌 과학적 이론이 나오게 된 단계별로 학습을 진행하여 학생들이 실패 하더라도 자신의 과정에서 잘못된 점을 찾는 기회로 여겨 실험에 대한 두려움이 기존의 과학 수업보다 더 적었던 것으로 보인다(Table 9).

과정을 중시하는 학생들의 인식은 선택형 문항과 이에 대한 개방적 문항의 응답에서도 확인할 수 있었다(Table 10).

실험의 결론을 얻는 과정에서 가장 중요한 단계를 묻는 질문에서 46.88%가 ‘문제 상황을 정확하게 파악하는 것’ 17.19%가 ‘가설 및 통제 변인을 찾는 것’ 이라고 답변했다.

이는 실험을 수행하는 것보다 실험을 위한 계획이 중요함을 학생들이 인식하였기 때문으로 판단된다. 개방형 문항에서는 문제 상황 파악을 답한 학생의 대부분이 문제를 파악하는 것이 가설을 세우고 실험을 수행하기 위한 기초 과정이기 때문으로 응답하였고 가설 및 변인통제를 선택한 학생의 경우 단순히 중요하다고 생각한 경우도 있었으나 정확한 실험을 위해 가설이 중요하다고 생각한 것으로 나타났다. 또 실험 수행을 선택한 학생들의 경우 정확히 실험해서 가설이 맞는지 틀린지 알 수 있다고 응답한 것으로 보아 이 학생들도 가설의 중요성을 인식하고 있는 것으로 판단된다.

수업 중 가장 어려웠던 단계를 묻는 질문에서도 44.26%가 ‘실험 과정 작성’, 26.23%가 ‘가설 설정’ 18.03%가 ‘변인 통제’ 라고 답변했다(Table 11).

Table 11. Student response to “What are the most difficult steps in the inquiry learning?”

Item	Rate (%)	Student Response	Frequency
Setting a hypothesis	26.23	▫ I have to consider so many things when I establish a hypothesis.	2
		▫ I think that it is difficult to establish a hypothesis.	10
		▫ I cannot establish a good hypothesis.	1
		▫ I argue with friends when I establish a hypothesis.	1
		▫ I think that it is difficult to describe a hypothesis specifically.	2
Setting experiment conditions (Variable control)	18.03	▫ I need a lot of time.	1
		▫ I think that it is difficult to find the experimental conditions.	14
		▫ I get confused and miss some parts when I set experiment conditions.	2
Create experimental procedure	44.26	▫ I cannot figure out the exact situation.	1
		▫ I do not understand the experiment.	5
		▫ I feel difficulty to make an order during the experiment.	1
		▫ I feel difficult to make a plan for an experiment so I do not have one.	2
		▫ I need to take care of everything in detail.	1
		▫ I think that it is difficult to describe an experiment in specific way.	11
Performing an experiment	3.28	▫ I feel difficult than I expected after performing the experiment.	2
Interpretation of experimental results	4.92	▫ I have trouble to make a conclusion from experimental results.	3

이는 실험 과정에서 가장 중요한 단계는 묻는 질문과 비슷한 경향을 보이며 학생들이 실험 결과보다는 과정에 더 많은 시간을 투자하고 생각하고 고민했기 때문으로 보이며 이러한 학생들의 인식은 이에 대한 이유를 묻는 개방형 질문의 답변에서도 확인할 수 있었다. 가설 설정의 경우 처음 해보는 것이라 어려웠다는 학생이 많았고 변인 통제와 실험 계획을 보면 여러 가지를 고려해야 하고 구체적으로 작성하는 것이 어려웠다고 대답했는데 이는 변인을 정확하게 찾고 실험을 구체적으로 계획하는 것이 중요하다는 인식에서 비롯된 것으로 판단된다. 학생들의 이러한 인식은 수업 영상을 통해서도 확인할 수 있었다.

비교집단의 탐구활동에서는 실험의 설계 및 수행과정에서 교육과정에서 제시된 실험 기구의 단순 조작에 대한 질문이 많았으나 RSP기반 과학 탐구 수업을 적용한 실험 집단 학생들은 실험 기구의 단순한 조작이 아닌 실험 기구의 장, 단점에 대하여 질문하고 새로운 실험도구를 적용하여 문제를 해결하려고 하였다. 예를 들어, 기체의 용해도를 측정하는 탐구 과정에서 대부분의 교과서에서는 주사기를 실험 기구로 사용하여 감압실험을 설계하도록 안내하고 있다. 하지만 RSP 기반 탐구활동을 수행한 학생들의 경우, 주사기와 보일법칙 학습 시 활용했던 기체감압장치의 효율성을 비교하여 RSP 참가자의 60%가 기체감압장치를 사용하여 실험을 설계하였다. 이는 본 탐구프로그램이 학생들의 매뉴얼에 따라서 실험과정을 설계하여 결과를 도출하는 것이 아니라 보다 효과적인 실험과정을 설계하기 위하여 학생들 스스로가 실험도구를 선택, 비교해보며 실험을 설계하였다는 사실을 확인할 수 있다 또한 본 프로그램이 이러한 탐구과정에서의 자율적이며 창의적인 사고를 가능하게 한다는 것을 의미하는 것이다.

또한 주관식 설문지와 수업 영상을 분석한 결과, 수행한 실험의 결과로 결론을 도출하는 과정에서도 두 집단의 차이가 나타났다. 비교집단의 경우, 실험 결과에 대한 옳고 그름을 물어보며 본인이 참여하고 있는 실험과정에 대한 불신이 나타나는 경우가 많았고, 탐구 결과를 스스로 해석하기를 망설이는 모습을 볼 수 있었다. 반대로 실험 집단에서는 실험 결과 값이 제대로 나왔는지에 대한 교사의 피드백을 받기 보다는 실험실패의 원인 분석에 초점을 맞추는 경향이 나타났다. 이에 본 탐구 수업에서 학생들은 실험 실패에 대한 두려움이 적었으며 이로 인하여 실험 결과 보다는 과정에 집중하여 탐구 활동에 참여하였다.

실험집단의 실험과정에서 보이는 위의 두 가지 현상은 본 탐구프로그램이 일반화된 이론을 바탕으로 실험가설을 이끌어내려는 역발상의 과정이 포함되어 있기 때문으로 보인다. 이는 과학자들이 가설을 증명하려고 하기보다 실험 결과를 기반으로 가설을 도출하려고 하면 보다 새로운 발

견을 이끌어낸다는 선행연구와도 관련이 있을 것이다.³⁹

탐구 프로그램에 대한 학생들의 태도

주관식 설문조사 결과 본 프로그램에 대한 학생들의 만족도는 높게 나타났으며 일반적인 과학 수업에 비해 높은 흥미를 가지고 있는 것으로 나타났다. 주관식 설문조사 결과 RSP기반 화학 탐구 수업에 대하여 64% 정도의 학생들이 만족하는 것으로 나왔다. 그 이유에 대해서는 가설을 설정하고 실험을 수행하는 형태의 수업에 흥미를 느꼈기 때문이라고 응답하거나 친구들과 함께하는 활동으로 서로 협동할 수 있었기 때문에 좋다고 응답한 학생들이 많았다. 앞으로 이러한 형태의 과학 탐구 수업에 참여하고 싶다는 학생이 67%로 많은 학생들이 앞으로도 RSP기반 화학 탐구 수업이 이루어지기를 희망하였다. 여전히 가설을 설정하고 실험을 계획하는 과정에 어려움을 느끼고 부정적인 생각을 가지고 있는 학생도 있었으나 친구들과 협력하여 스스로 수업을 이끌어 나갔다고 생각하고 이에 흥미를 느껴 긍정적으로 생각하는 학생이 많으며 수업 참여에 있어서 아쉬움을 느껴 앞으로 더 적극적으로 참여하고 싶다는 학생이 많았다. 이러한 학생들의 인식은 추가 인터뷰를 통해서도 확인할 수 있었으며 다음은 이와 관련된 학생들의 응답 결과와 면담 내용을 일부 발췌한 것이다.

<학생 F, G의 면담내용>

연구자: 앞으로도 적극적으로 참여하고 싶다고 작성하였는데 그 이유에 대해서 구체적으로 설명해줄 수 있나요?

학생 F: 일단! 애들이랑 같이 상의하고 서로의 생각을 말하는 수업 방식이 만족스러웠고, 저랑 잘 맞는거 같아요. 또... 시간이 부족해서 더 잘할 수 있었는데 그 부분은 좀 아쉽지만 재미있기도 하면서 뿌듯하기도 했어요

학생 G: 맞아, 처음에는 틀릴까봐 말을 잘 못했는데.. 그게 아쉽고 한번 더 하면 더 잘할 수 있을 것 같아요!

연구자: 구체적으로 어떤 점이 가장 아쉬운가요?

학생 G: **이 제가 하는 말을 잘 이해 못해서 몇 번이나 다시 이야기해줬는데, 어떻게 설명해야 다른 애들이 잘 알아듣는지 알 것 같아요. 그리고 실험 결과가 나오긴 했는데.. 실험 과정을 좀 자세하게 안한게 아쉬워요.

학생 F: 실험 결과를 적다보니 **이랑 생각이 달라서 실험을 몇 번이나 했는데, 자유롭게 여러번 (실험) 할 수 있어서 더 좋았어요.

본 탐구 수업 만족도와 관련하여 구체적으로 이번 탐구 수업의 좋았던 점과 아쉬운 점에 대한 학생들의 응답을 살펴보았다. 좋은 점으로는 ‘의사 소통능력이 향상된다’ (32. 4%)라는 응답이 가장 많았으며 ‘과학에 대한 흥미가

높아진다'(28.5%)와 '수업 내용이 더 잘 이해된다'(23.3%)라는 응답도 많았다. 그 이유에 대한 다양한 학생들의 답변을 통해 친구들과 함께하는 활동에 대한 긍정적인 인식을 확인할 수 있었으며, 스스로 실험을 주도했다는 점에서 만족도를 느끼는 것을 알 수 있었다. 아쉬운 점으로 '내 생각이 틀릴까봐 의기소침해진다'(36.2%)라는 응답이 가장 많았으며 '수업 내용이 잘 이해되지 않는다'(28.9%)라는 응답도 많았다. 자신의 생각이 확신이 없거나 자신의 생각이 잘못되었을 때 실험 결과 및 모둠 활동에 부정적인 영향을 줄까봐 의기소침해지는 경우가 많았으며, 수업 내용이 잘 이해되지 않는다고 응답한 경우 실험에 집중하다 보니 과학적 개념 이해에 어려움을 겪은 학생들이 있었으며 여전히 가설 검증, 변인통제 등의 용어에 어려움을 겪고 있었다.

학생들은 개방된 형태의 수업을 통해 자신의 생각을 이야기하는 것에 긍정적인 인식을 가지고 있는 반면에 여전히 정답을 이야기해야 한다는 생각도 가지고 있는 것으로 나타났다. 이는 실험이 평가의 활용되었던 과거의 경험에 기인한 것으로 보이며 정답을 맞춰야 하는 수업에 익숙해져 있기 때문으로 판단된다. 이러한 설문 결과를 통해 과정 중심의 평가를 더욱 강조해야 하며, 구체화된 평가틀을 이용하여 과학적 탐구 과정 동안 일어난 과학적 사고를 확인할 수 있도록³³ 해야 한다는 것을 확인할 수 있었다.

결론 및 제언

결론

본 연구에서는 기존의 과학 수업에서 나타나는 한계를 극복하고 학생들이 과학자의 연구과정을 경험할 수 있는 기회를 제공하기 위해서 RS를 과학 탐구 수업에 적용하여 교과안에서 활용을 위한 RSP기반 화학 탐구 프로그램을 개발하고 이를 적용하여 그 효과를 알아보았다.

중학교 2학년 과학 수업 내용 중 '물질의 특성'을 중심으로 용해도와 보일의 법칙의 내용을 비교집단에는 전통적 강의식 수업과 확인 실험을 진행하였고, 실험집단에는 RSP기반 화학 탐구 수업을 진행하였다. 프로그램 처치 후에는 검사 도구를 활용하여 과학적 탐구 능력에 미치는 효과를 살펴보고, 학생들의 프로그램에 대한 인식, 프로그램의 장·단점 등을 알아보기 위해 주관식 설문조사와 인터뷰를 실시하여 효과를 살펴본 결과 다음과 같은 결론을 내릴 수 있었다.

첫째, 과학자의 연구과정 및 실험 수업 유형에 대한 문헌 연구와 기존에 개발된 과학 탐구 프로그램을 기초로 하여 RSP기반 화학 탐구 프로그램을 개발하였다. 이때 기존의 과학 탐구 프로그램과 차별화된 본 탐구 프로그램의

성격을 분명히 하여 이를 바탕으로 개발 방향을 수립하고 2009개정 교육과정 분석을 통해 중학교 2학년 용해도 단원을 학습 내용으로 선정하였다. 용해도에 관한 선행 오개념 연구 및 교과서 분석을 통해 총 7차시의 탐구 프로그램을 개발하여 기존 탐구 수업 및 실험 수업의 한계점을 보완하고자 하였다.

둘째, RSP기반 화학 탐구 프로그램을 활용한 수업이 중학생의 과학 탐구 능력에 통계적으로 $p < .05$ 수준에서 유의미한 변화를 보였다. 구체적으로 실험집단은 기초 탐구 능력의 하위요소인 분류, 통합 탐구 능력의 하위요소인 자료변환, 가설설정, 변인통제에서 차이가 유의한 것으로 나타났다 ($p < .05$). 이는 실험 집단에서 수업시간에 주어진 활동을 친구들과의 토의를 통해 해결해가면서 스스로 가설을 설정하고 변인을 찾고 실험을 계획하는 과정을 경험할 수 있었기 때문에 기존의 탐구 활동과 비교할 때 통합 탐구 능력을 향상시키는 긍정적 결과가 나타난 것으로 판단된다. 비교 집단은 과학 탐구 능력에서 유의미한 변화를 보이지 않았지만 기초 탐구 능력의 하위요소인 측정에서만 차이가 유의한 것으로 나타났다($p < .05$). 비교집단에서 향상된 과학 탐구 능력의 하위요소가 실험집단과 상이한 것으로 볼 때, 과학 탐구 유형에 따라서 향상되는 탐구 능력 요소가 달라지므로 교사는 수업 주제 및 목적에 따라 보다 다양한 형태의 탐구 수업을 설계하고 적용할 필요가 있을 것이다.

셋째, RSP기반 화학 탐구 수업은 기존의 탐구와 비교할 때 학생-학생 상호작용이 활발하며 토의 과정을 통해 과학적 의사소통 능력 향상에 도움이 되며, 학생들이 과학 법칙이 생성되는 과정에 관심을 가지게 된다는 긍정적인 효과가 나타났다. 또한, 친구들과 협력으로 탐구에 대한 높은 흥미를 유발하고 학생들의 탐구활동 참여로 인해 학생들에게 과정 중심의 탐구를 실천하여 과학적 사고를 하는 기회를 제공하였다. 강성주 등(2013)은 역발상 과정을 통해 수업을 진행하는 경우, 역발상적 아이디어에 대한 다른 사람들의 반대나 비판 등을 감수하면서 새로운 아이디어를 실행시키고자 하는 과제집착력이나 용기 등을 함양할 수 있는 방안이 마련되어야 한다고 제안하고 있다.²⁶ 이에 본 프로그램을 소집단 토의활동 중심의 탐구 프로그램으로 적용하면서 이러한 한계점이 해결될 것으로 보인다.

결국, 본 연구를 통하여 RSP기반 화학 탐구 프로그램이 학생들에게 미치는 긍정적인 영향을 바탕으로 프로그램의 활용 가능성을 확인할 수 있었다. 따라서 보다 다양한 주제를 대상 및 기간을 확장하여 적용한다면 모든 학생들을 대상으로 교과안에서 과학적 탐구 능력을 기르고 과학적 사고 및 의사소통 능력을 기를 수 있는 기회를 제공할 수 있는 자료가 될 것이다.

제언

본 연구는 RSP기반 화학 탐구 프로그램을 개발하고 적용한 후 나타난 프로그램의 효과와 가능성에 대해 논의를 통하여 본 연구에 이어 연구할 필요성이 있다고 생각되는 것들을 제안하고자 한다.

첫째, 이 연구를 통해 개발된 프로그램의 효과는 긍정적으로 나타났다. 하지만 이를 일반화하기 위해서는 우선, 좀 더 많은 학생들을 대상으로 프로그램의 효과를 알아보는 후속연구가 필요하다. 제한적인 연구 대상과 짧은 연구기간으로 인해 연구 결과를 일반화하기에 한계가 있으므로 대상 및 기간을 확장하여 폭넓게 적용해 보는 연구가 필요하다고 생각 된다. 또한 본 프로그램의 효과에 대하여 보다 엄격한 통계적 방법으로 확인하기 위하여 과학적 탐구능력에 대한 사전-사후 검사결과를 비교하는 T검증이 아닌, 매개변인의 영향력을 차단하는 공변량 분석을 통하여 두 집단에서의 과학적 탐구 능력에 대한 효과를 확인해야 할 것이다.

둘째, 교육과정 내의 과학 수업에서 과정 중심의 개방형 탐구 수업의 한 가지 방법으로 폭 넓게 활용할 수 있을 것이다. 또한 이를 통해 모든 학생들에게 과학적 사고의 기회를 제공하고 과학 탐구 능력 및 과학적 역량을 기를 수 있도록 여러 가지 주제와 차시로 구성된 프로그램의 다양한 개발이 필요하다. 본 탐구 수업에 대한 학생들의 인식조사를 바탕으로 RSP기반 화학 탐구 프로그램의 약점을 보완하여 화학교과에 대한 학습자 중심의 과학 탐구 프로그램의 활용가치를 높여야 할 것이다.

셋째, 학생들의 탐구활동 실천을 돕고 적극적인 참여를 이끌기 위해서는 다양한 유형의 탐구 수업 유형이 필요하다. NSSE(The National Survey of Student Engagement)의 학습 수행에 관한 연구에 따르면, 학생 반응을 바탕으로 한 ‘참여’가 가지는 다섯 가지 특징을 학문적 도전의 단계, 활동적이고 협동적인 학습, 학생-조직 상호작용, 교육적 경험의 풍부함, 지원적인 학교 환경이라고 제안하였다.³⁹ 이를 위해 본 프로그램과 같은 새로운 탐구 수업 유형의 개발이 필요하며, 과학 탐구 유형에 따라서 향상되는 탐구 능력 요소가 달라지므로 교사는 수업 주제 및 목적에 따라 보다 다양한 형태의 탐구 수업을 설계하고 적용할 필요하다고 생각 된다.

Acknowledgments. 이 논문은 2016년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. NRF-2016S1A5A2A01022832).

REFERENCES

1. Dori, Y. J. In A. Zohar; Magness Publishing Company: Hebrew, Jerusalem, 2006; 279-307.
2. Krajcik, J.; Blumenfeld, P. C.; Marx, R. W.; Bass, K. M.; Fredricks, J.; Soloway, E. *Journal of the Learning Sciences* **1998**, 7, 313.
3. *Inquiry and the National Science Education Standard: A Guide for Teaching and Learning*; Olson, S., Loucks-horsley, S., Eds.: National Academy Press: Washington, DC, 2000.
4. Penner, D. E. *Review of Research in Education* **2001**, 25, 1.
5. Ministry of Education, Science and Technology (MEST). *2009 Revised National Science Curriculum*, Seoul, 2011, No 2011-361.
6. Ministry of Education (MOE). *An Announcement of the 2015 revised curriculum*, Seoul, 2015.
7. Jung H, Moon, S. *Journal of Korean Society of Earth Science Education* **2014**, 7, 293.
8. Shin, H.-H.; Kim, H.-N. *The Korean Elementary Science Education Society* **2010**, 29, 262.
9. Shin, H.-S.; Kim, H.-J. *New Physics* **2009**, 58, 530.
10. Hodson, D. K. *School Science Review* **1990**, 71, 33.
11. Park, Y.; Park, J.; Park, J. *Teacher Education Research* **2010**, 49, 280.
12. Hodson, D. K. *Journal of Curriculum Studies* **1996**, 28, 115.
13. Tobin, K. *European Journal of Science Education* **1986**, 8, 199.
14. Millar, R.; Le Mar è chal, J. F.; Buty, C. *A map of the Variety of Labwork*, Working paper 1. European Project: Labwork in science education (Contract No. ERB-SOE2-CT-95-2001). The European Commission, 1998.
15. Domin, D. S. *Journal of Chemistry Education* **1999**, 76, 543.
16. Gott, R.; Duggan, S. *Investigative Work in the Science Curriculum*; Open University: Buckingham, 1995.
17. Welzel, M.; Haller, K.; Bandiera, M.; Hammelev, D.; Koumaras, P.; Niedderer, H.; Paulsen, A. C.; Becu-Robinault, K.; Aufschnaiter, S. *Teachers' objectives for Labwork: Research Tool and Cross Country Results*, Working paper 6. European Project: Labwork in science education (Targeted Socio-Economic Research Programme Project PL 95-2005). The European Commission. 1998.
18. Yang, I.; Jeong, J.; Hur, M.; Kim, S. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2006**, 26, 342.
19. Yang, I.; Kim, S.; Cho, H. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2007**, 27, 235.
20. Kang, I.; Choo, H. *Korean Association For Learner-Centered Curriculum And Instruction* **2009**, 9, 1.
21. Chang, H. P.; Lederman, N. C. *Journal of Research in Science Teaching* **1994**, 31, 167.
22. Kim, J.; Seong, S.; Park, J.; Choi, B. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2002**, 22, 757.
23. Vygotsky, L. S. *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*; Havard University Press: Cambridge, MA, 1987.
24. Lavinsky, D. *The Assumption Reversal Brainstorming*

- Technique.*, 2009.
25. Yeo, J. *Reverse Thinking Marketing Changes the Fate of the Company*; Want and One Books: Seoul, Korea, 2004.
26. Kang, S.-J.; Park, J.-Y.; Yoon, J.-H. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2013**, 33, 501.
27. Lee, K. *Monthly Scientific Creative* **2011**, 161, 12.
28. Song, N.; Kim, Y.; Kim, K. *Journal of Korean Practical Arts Education* **2014**, 20, 107.
29. An, D.; Park, K. *Journal of the Gifted/Talented Education* **2015**, 25, 731.
30. Jang, H.; Yoon, J.; Kang, S. *The Korean Society for School Science* **2014**, 8, 300.
31. Kim, S.; Hong, Y. *The Journal of Korea Elementary Education* **2016**, 27, 115.
32. Lee, S.; Song, H. *The Journal of Korean Practical Arts Education* **2017**, 23, 35.
33. Kim, H.; Kwon J. *The Korean Elementary Science Education Society* **1995**, 14, 149.
34. Harwood, W. *The Science Teacher* **2004**, 71, 44.
35. Battino, R.; Letcher, T. M. *Journal of Chemical Education* **2001**, 78, 103.
36. Kang, D.; Paik, S.; Park, K. *Journal of the Korean Chemical Society* **2004**, 48, 399.
37. Kwon, J.; Kim, B. *Journal of the Korean Association for Science Education* **1994**, 14, 251.
38. Park, Y. *Journal of Korean Society of Earth Science Education* **2006**, 27, 401.
39. Klahr, D.; Dunbar, K. *Cognitive science* **1988**, 12, 1.
40. Smith, K. A.; Sheppard, S. D.; Johnson, D. W.; Johnson, R. T. *Journal of Engineering Education* **2005**, 94, 87.
-