

일반물리실험에서 반성적 사고를 강조한 실험보고서 적용 가능성 탐색

이윤희 · 최혁준*
한국교원대학교

A Study on Application of Reflective Thinking-Based Laboratory Report in General Physics Experiment

Yoon-Hee Lee · Hyukjoon Choi*
Korea National University of Education

Abstract : The purpose of this study was to investigate the effects of reflective thinking-based laboratory report on learners' metacognition and inquiry skills. In a general physics experiment class consisting of 11 experiments, 20 college students used reflective thinking-based laboratory report, and then the changes of their metacognition and inquiry skills were compared with those of who used general laboratory report. The opinions of students used reflective thinking-based laboratory report were surveyed. The results showed that their metacognitions were increased more than those of comparison group that used common experiment report. Their inquiry skills also were increased as much as comparison group's. According to the survey results, they recognized that reflective thinking-based laboratory report helps to improve their performance, metacognitions, and inquiry skills.

keywords : reflective thinking, metacognition, inquiry skill, laboratory report

I. 서론

실험활동은 과학 과목을 다른 과목과 구분 짓는 독특한 요소로서(Kim & Oh, 1998) 과학 수업에서 매우 중요한 비중을 차지하고 있다. 학생의 과학 탐구능력을 신장시키는 것이 과학 수업의 본질인데(Kang *et al.*, 2009), 과학과 교육과정에서 과학과의 목표를 기술하며 탐구능력을 언급할 때 이 탐구능력은 과학 수업에서의 실험활동과 연계되어 탐구

능력을 향상시키는 방법의 하나로 실험 수업이 강조되는 경우가 많다(Bybee, 2000). Lee(2010)는 과학적 사고가 탐구활동이 진행되는 실험수업을 통해 향상될 수 있다고 보았다. 개방형 탐구실험은 설명식 수업에 비해 학업 성취 및 과학적 태도에 긍정적인 효과를 보이며(Berg *et al.*, 2003), Hofstein & Lunetta(1982)는 실험 수업이 학생의 과학적 이해와 흥미, 동기 유발에 효과적이며 과학 실험 실습 능력과 문제해결능력, 과학의 본성에 대한 이해

*교신저자 : 최혁준(hjchoi@knue.ac.kr)

**이 논문은 이윤희의 2016년도 석사 학위논문의 데이터를 활용하여 재구성하였음.

***2016년 10월 11일 접수, 2016년 12월 06일 수정원고 접수, 2016년 12월 15일 채택

<http://dx.doi.org/10.21796/jse.2016.40.3.203>

를 향상시킨다고 보았다. 하지만 제시된 실험 절차에 따라서 단지 실험을 진행하는 소위 '요리책' 식 실험에 대해서는 부정적인 견해가 존재한다 (Abrahams & Millar, 2008; Hofstein & Lunetta, 2004; Marzin & de Vries, 2013; Millar, 2004).

그런데 문제는 학교에서 실시되는 대부분의 실험이 이와 같은 요리책 식의 실험이라는 점이다. 대부분의 실험 수업은 책에 제시된 순서대로 실험을 진행하여 결과를 얻는 과정이며 과학적 원리를 확인하는 수업 형태이며(Yoon *et al.*, 2004), 교사가 제시한 실험과정을 그대로 따라하는 비탐구적 수업이다(Yang & Cho, 2005). 이와 같이 실험절차가 제시된 실험에서는 학습자가 스스로 문제를 발견하거나 해결할 수 있는 기회가 주어지지 않으며(Yoon *et al.*, 2004), 학생의 과학적 사고를 향상시키는 기회가 제공되기 어렵다(Yang, Kim & Cho, 2007).

Kim *et al.* (2013)은 실험수업에서 학생의 과학적 사고를 촉진시키기 위해서는 개방적 발문이 많아야 한다고 하였으며, 이러한 측면에서 Keys *et al.* (1999)이 개발한 탐구적 과학 글쓰기(Science Writing Heuristic; SWH)에 대한 많은 연구가 진행되었다. 탐구적 과학 글쓰기에서 학생은 교사가 학습목표에 따라 제시한 문제 상황을 보고 궁금한 내용을 의문으로 만들고 이를 해결하기 위한 실험을 설계하여 수행하고, 수집된 증거를 바탕으로 주장하는 과정을 갖는다(Park & Moon, 2013). 이러한 기회를 통해 학생이 스스로 생각할 기회를 갖기 때문에 탐구적 과학 글쓰기는 학생의 사고력 향상에 도움이 된다(Driver, 1989). 하지만 이와 같은 방법은 실험의 주제가 바뀔 때마다 교사가 새로이 실험 보고서를 제작하기 위해 많은 수고와 많은 시간을 들여야 한다는 문제점이 있다. 과학교사들이 인식하는 실험수업을 저해하는 가장 큰 요인이 교사의 업무 과다인(Park, 2013) 점을 고려할 때 교사의 수고와 시간 소모가 많다는 점은 개선되어야 할 필요가 있다. 또한 학생들이 스스로 실험을 설계하고 그에 따라 수행하도록 하는 것은 바람직하나 그러한 실험을 수행하기 위해서는 실험 시간이 충분히

확보되어야하는 어려움이 있다.

따라서 실험보고서 준비를 위해 교사의 추가적인 수고와 시간 소모를 줄이고 또한 학생들이 실험을 수행하는 데 있어서도 기존의 실험에 비해 추가적인 시간이 필요하지 않은, 그러면서도 학생들의 사고력을 촉진할 수 있는 새로운 실험보고서 양식의 개발이 필요하다.

이를 위해 이 연구에서는 반성적 사고를 강조한 실험보고서 양식을 개발하였다. 반성적 사고는 다양한 의미로 해석이 가능하다. Dewey(1910/2011)는 반성적 사고를 과학적 사고이자 탐구를 수행하는 방법이라고 하였으며, 반성적 사고는 문제해결책으로서 가정된 믿음을 지지하거나 부정하는 데 기억하는 사실들을 찾아내기 위한 탐구 행위라고 하였다. 반성적 사고는 학습 가능하며 발달하기 때문에(Sohn, 2003) 발달 정도에 따라 단계를 구분할 수 있다. Manen(1977)은 반성적 사고의 단계를 기술적 수준, 전문가적 수준, 비판적 수준으로 제시하였는데, 기술적 수준은 목표를 성취하기 위해 목표에 대한 비판 없이 노력하는 단계이며, 전문가적 수준은 목표를 성취하기 위한 행동에 경험과 행동에 대한 결과까지 고려하는 단계이고, 비판적 수준은 가치를 추구하며 다양한 관점에서 바라보고 통합적으로 생각할 수 있는 단계로 볼 수 있다. Bringle & Hatcher(1999)도 반성적 사고를 세 가지 수준으로 구분하였는데, 첫 번째 수준은 한 가지 측면에만 집중하며 신념에 대한 증거나 근거가 부족한 수준이며, 두 번째 수준은 한 가지 측면에서는 벗어났으며 증거와 신념 또한 구분하지만 더 넓은 범위는 보지 못하는 수준이고, 세 번째 수준은 다양한 관점에서 다양한 목적과 요소들을 이해하며 논리와 근거에 의해 판단을 내리는 수준이다.

Lee & Im(2011)은 반성적 사고의 의미가 사고에 대한 사고로서 메타인지의 한 부분이라고 할 수 있으며 반성적 사고가 메타인지의 핵심적인 역할과 기능을 할 수 있다고 하였다. 또한 반성적 사고를 지식, 과정, 지향, 태도 등 4가지 차원으로 구분하며, 학습상황에서 반성적 사고는 '자신의 앞에 대해서 스스로 돌아보고 점검하는 과정'이라고 하였다. Dewey(1910/2011)가 말하는 반성적 사고는 어떤

믿음이나 지식에 대한 근거를 의도적으로 구하며, 그 근거의 적절성, 그리고 가져올 결과에 대한 검토이다. 이는 인지에 대한 인식으로 그 인지를 돌아보는 과정이자, 배움에 대한 조절, 이해, 심사숙고를 의미한다. 그러므로 반성적 사고는 메타인지와 연관성이 있다고 할 수 있다.

Given(2002)은 반성적 사고가 학습을 통해 얻게 된 것과 얻지 못한 것, 앞으로 노력이 더 필요한 것 등을 파악하는 것으로 보았는데, 이 연구에서 개발한 실험보고서 양식은 학생들이 실험을 수행한 후 실험보고서를 작성하는 과정에서 실험의 목표, 절차, 결과를 기억하고, 실험을 통해 새로 알게 된 것과 불확실한 것, 이해하지 못하는 것을 파악하여 기록하게 하는 몇 가지 질문을 기존의 일반적인 실험보고서 양식에 추가하였다. 학생이 이러한 질문에 대해 답하기 위해 자신이 수행한 실험 전반에 대해 스스로 돌아보고 점검하는 과정이 포함되었다는 점에서 이 연구에서 개발한 실험보고서를 '반성적 사고를 강조한 실험보고서'라고 명명하였다.

이 연구의 목적은 실험 준비 및 수행을 위한 추가적인 시간 사용이 필요 없이 학생들의 반성적 사고를 강조한 실험보고서의 적용 가능성을 탐색하는 것이다. 이 연구는 중·고등학교 학생이 아닌 예비과학교사인 대학생을 대상으로 진행되었다. 대학 실험에 있어서도 제시된 절차에 따라 진행하여 도출된 결과를 확인하는 식의 실험을 지양할 필요가 있다. 또한 예비과학교사의 경우 앞으로 학교 현장에서 직접 실험 수업을 지도할 것인데, 교사양성과정에서 개방형 탐구실험의 중요함에 대해서는 강조하면서 실제 예비교사가 받는 실험수업은 비탐구적인 요리책 식으로 진행되고 있다는 것은 모순이다. 따라서 예비과학교사를 대상으로 진행되는 실험 강좌에서 학생들의 사고를 촉진하는 전략을 도입하는 것은 의미 있는 일이라 할 수 있다.

이 연구에서는 한 학기동안 일반물리실험 강좌에서 반성적 사고를 강조하는 실험보고서 양식을 사용하여 실험보고서를 작성하게 하고 학생들의 메타인지능력과 탐구능력의 변화를 기존의 일반적인 실

험보고서를 사용한 학생들과 비교하였다.

구체적인 연구문제는 다음과 같다.

첫째, 일반적인 실험보고서를 사용하였을 때와 비교하여 반성적 사고를 강조한 실험보고서를 사용하였을 때 학생들의 메타인지능력과 탐구능력의 변화는 어떠한가?

둘째, 반성적 사고를 강조한 실험보고서에 대한 학생들의 의견은 어떠한가?

II. 연구 방법

1. 연구 대상

이 연구의 대상은 2015학년도 2학기 일반물리실험2 강좌를 수강하는 예비과학교사인 대학교 1학년 학생이며, 이들은 지난 한 학기동안 일반물리실험1 강좌를 수강하며 일반적인 실험보고서 양식을 사용하여 실험보고서를 작성한 경험이 있다. 재수강을 하거나 복학하여 지난 1학기에 일반물리실험1 강좌를 수강하지 않은 학생과 출석 및 성적 불량으로 2학기 F학점을 받은 학생은 연구의 대상에서 제외하였다. 실험집단은 지구과학교육을 전공하는 20명으로 이 연구에서 개발한 반성적 사고를 강조한 실험보고서를 작성하였으며, 비교집단은 화학교육 또는 생물교육을 전공하는 22명으로 지난 학기에 사용한 일반적인 실험보고서 양식을 사용하였다. 지난 일반물리실험1 강좌에 대한 실험집단과 비교집단의 실험보고서 작성을 평가한 점수와 실험 내용을 기반으로 실시한 지필평가 점수에 대한 평균은 모두 유사하였으며 통계적인 차이를 보이지 않았다.

일반물리실험2 강좌는 실험집단과 비교집단 모두 전자기와 광학 분야의 동일한 11개 실험으로 구성되었으며, 수업이 진행되는 과정은 동일한 강의자에 의해 동일한 방법으로 진행되었고, 단지 전체 보고서의 양식 중 수업 이후 학생들이 작성하는 부분만 차이가 있다. 실험집단에게는 1차시 강의 소개를 하며 반성적 사고를 강조한 실험 보고서의 작성 방법에 대해 간단히 소개하였다.

2. 반성적 사고를 강조한 실험보고서

이 연구에서 사용한 반성적 사고를 강조한 실험 보고서는 Larson(1991)이 과학적 글쓰기를 위해 실험보고서 작성 양식으로 개발한 RERUN을 변형하여 사용하였다. RERUN은 다섯 단어의 첫 글자를 따서 만든 용어로, 각 단어는 다음과 같은 의미를 가지고 있다.

R=Recall: 실험실에서 물리적으로 한 내용을 묘사하라.

E=Explain: 실험의 목적을 설명하라.

R=Results: 실험의 결과를 말하라.

U=Uncertainties: 오류가 존재하는 불확실을 묘사하라.

N=New: 배운 내용 중 새로운 것을 적어라.

반성적 사고를 강조한 실험보고서는 Larson의 RERUN에서 학생들의 사고를 촉진하기 위해 제시문을 추가, 변형하였다. 예를 들어, 첫 번째 단계인 [Recall]은 Larson의 RERUN에서는 단순히 실험실에서 물리적으로 한 내용, 실험 절차를 기억해서 적도록 되어있는 반면, 본 연구에서 변형한 실험보고서에서는 단순한 실험 절차 이외에 이 실험 절차가 통해 무엇을 알아보기 위해 필요한 것인지 적도록 함으로써 학생들의 사고를 촉진시키고자 하였다. 이 과 같이 변형된 실험보고서 양식은 과학교육 전문가 3인의 검증을 거쳐 내용 타당성을 확보하였다.

반성적 사고를 강조한 실험보고서의 각 단계에 대해 구체적인 설명하면 다음과 같다.

첫 번째 단계인 [Recall]에는 실험절차와 이 절차는 무엇을 알아보기 위한 것인지를 적는다. 실험을 수행한 후 학습자가 가장 먼저 떠올리기 쉬운 내용은 실험을 어떻게 했는지를 의미하는 실험절차이다. 기존의 실험보고서에서는 가장 먼저 실험의 목적에 대해 다루는 것이 일반적이나 반성적 사고를 강조한 실험보고서에서는 먼저 실험절차를 기억하여 작성하게 하고 이 실험절차가 무엇을 알아보기 위함인지 생각해 보도록 하였다. 이를 통해 다음 단계에서 실험의 목적을 작성할 때 실험절차가

실험의 목적에 잘 맞는지, 또는 더 좋은 실험방법이 없었는지에 대해 학생들이 고민해 보기를 기대하였다. 이 단계는 반성적 사고의 4가지 차원(Lee & Im, 2011) 중 ‘과정’에 해당한다.

두 번째 단계인 [Explain]에는 실험 목적과 실험 내용의 이론과 관련 있는 자연현상이나 실생활 관련 내용을 적는다. 학생들은 실험을 따분하고 지적인 측면이 부족하며 여러 가지 잡다한 업무가 수반되는 것으로 여기는 경향이 있는데, Gupta(2001)는 실험 목적의 불명확함이 학생들이 이와 같은 견해를 보이는 근원적인 문제라고 하였다. 실험 목적과 더불어 실험 목적에서 밝힌 사실과 관련된 내용을 자연현상이나 실생활에서 찾아 적도록 함으로써 학생들이 실험 목적을 보다 명확히 파악하는 것뿐만 아니라 실험 학습에 대한 동기부여와 개념 이해의 폭을 넓히는 데 도움을 주고자 하였다(White & Frederiksen, 1998). 이 단계는 반성적 사고의 4가지 차원(Lee & Im, 2011) 중 ‘지향’에 해당한다.

세 번째 단계인 [Results]에는 실험 결과를 적는다. 이 부분은 기존의 실험보고서 형식에도 담긴 내용이다.

네 번째 단계인 [Uncertainties]에는 실험이 끝난 시점에서 자신이 실험과 관련하여 모르는 내용을 적는다. Gupta(2001)가 주장한 바와 같이 실험 교육에서 중요한 목표 중 하나는 다음 실험을 더욱 잘하도록 만드는 일이다. 이를 위해 먼저 이론적으로 예상되는 결과와 실제 실험 결과 사이의 차이점에 대해 적도록 하였다. 이를 통해 학습자는 실험에서 오류가 있었는지 생각해 보며 자신의 실험 과정이 어떠했는지 평가해 볼 수 있다. 이와 더불어 메타인지 중 지식의 향상을 위해 자신이 이해 못하는 부분을 따로 구분하여 적도록 하였다. 이는 반성적 사고의 4가지 차원(Lee & Im, 2011) 중 ‘지식’에 해당한다고 볼 수 있다.

다섯 번째 [New] 단계에서는 실험을 통해 새롭게 알게 된 것을 내용을 적는다. 이것은 [Uncertainties]와 같이 반성적 사고의 4가지 차원(Lee & Im, 2011) 중 ‘지식’에 해당한다.

Figure 1은 반성적 사고를 강조한 실험보고서의 작성 사례이다.

<p>Recall</p> <p>실험실에서 어떤 실험 절차를 수행하였는지 쓰세요. 이 실험 절차는 무엇을 알기 위함이었는지 생각해보고 적으세요.</p>	<p>1) 코일과 자석에 서로 상대적인 움직임을 주어 검류계를 관찰하였다. 자석이 코일에 대해서 움직였으므로 유도전류가 발생하는 것을 관찰하기 위함이다</p> <p>2) 코일 2개를 준비하여 가까이 두고 한 코일에만 전류가 흐르도록 하여 검류계를 관찰하였다. 코일에 전류가 흐르면 (한 자기장 형성) 이에 따른 나머지 코일에서의 유도전류 방향을 관찰하기 위함이다</p> <p>3) 코일에 철심을 넣은 뒤 검류계의 최대값이 어떻게 변하는지 관찰하였다. 철심이 코일에 흐르는 전류와 자기장에 어떠한 영향을 주는지 이해하기 위함이다</p>
<p>Explain</p> <p>이 실험의 목적을 쓰세요. 이 사실로 이해할 수 있는 자연 현상 혹은 실생활 현상을 적으세요.</p>	<p>1) 코일에 전류가 흐르면 자기장이 발생함을 이해한다</p> <p>2) 자속이 변하면 변화를 방해하는 방향으로 유도기전력이 발생함을 이해한다</p> <p>3) 실생활에서 한 코일에 흐르는 전류에 의해 다른 코일에 발생하는 유도기전력을 이용하여 우선이어폰을 만들 수 있다!</p>
<p>Results</p> <p>실험의 결과를 적으세요.</p>	<p>1) 시속을 코일에 가까이 가져갔을 경우 코일은 자속의 증가를 방해하기 위해 자석에 가까운 부분이 N극으로 유도되었고, 멀어지게 했을 경우는 그 반대였다.</p> <p>2) S극을 코일에 가까이 가져갔을 경우, 코일은 자속의 증가를 방해하기 위해 자석에 가까운 부분이 S극으로 유도되었고, 멀어지게 했을 경우는 그 반대였다</p> <p>3) 2개의 코일을 준비하여 인접하도록 놓고, 한 코일에만 전류가 흐르도록 했을 때 다른 코일에 유도전류가 발생하였다.</p> <p>4) 코일에 더 강한 전류가 흐르게 했을 경우 더 강한 유도기전력이 발생하여 검류계의 최대 눈금 값이 증가하였다.</p> <p>5) 코일에 철심을 넣고 같은 실험을 했을 경우, 더 강한 유도기전력이 발생하였다.</p>
<p>Uncertainties</p> <p>실험에서 오차의 원인을 쓰세요. 본인이 잘 이해가 안 되는 부분을 적으세요.</p>	<p>1) 코일 2개를 이용한 전자기 유도 실험을 했을 때, 코일의 양쪽 끝에 있는 반침대의 두께 때문에 두 코일을 밀착시키기가 힘들었다. 결과적으로 스위치를 닫아 코일에 갑작스러운 전류를 흘려줬을 때, 코일 사이의 거리가 충분히 가깝지 않아 유도기전력이 너무 약하게 작용했고 검류계의 바늘은 앞기침들 정도의 미세한 변화만을 보였다</p> <p>2) 코일에 막대자석을 접근시킬 때, 검류계의 바늘이 순간적인 최대값을 기록하고 곧바로 안정을 향해갔기 때문에 정확히 눈금을 읽기가 어려웠다</p>
<p>New</p> <p>배운 것 중에서 새로운 것을 적으세요.</p>	<p>1) 코일에 전류가 흐르게 했을 경우, 코일은 자석과 같은 영향을 할 수 있다는 사실을 알게되었다</p> <p>2) 코일에 철심을 넣음으로써 더 강한 유도기전력이 발생한 실험 결과를 통해, 철심의 특성에 대해 새롭게 알게되었다 (강자성체라서 자화될 수 있는)</p>

Figure 1. Example of written out Reflective Thinking-Based Laboratory Report

3. 자료 수집 및 분석

1) 메타인지능력과 탐구능력 검사

이 연구에서는 실험집단과 비교집단을 대상으로 학기초와 학기말, 두 차례에 걸쳐 메타인지 검사와 탐구능력 검사를 수행하여, 두 집단의 메타인지능력 및 탐구능력의 변화를 비교하였다.

메타인지는 1970년대 Flavell이 처음 사용하였는데(Kim, 2009), 개인의 배움 조절, 이해, 심사숙고를 의미하며, 인지에 대한 지식과 인지 조절의 두 요소로 구분된다. 인지에 대한 지식은 선언적 지식, 절차적 지식, 조건적 지식이고, 인지 조절은 계획, 정보처리전략, 모니터링, 평가 등의 요소로 이루어진다(Schraw & Dennison, 1994). 메타인지란 학습자가 계획하고, 학습자원을 할당하고, 자신의 지식과 기술 수준을 모니터 할 수 있으며, 배우는 동안 자신의 수준을 평가할 수 있는 능력이다(Rozen & Kramarski, 2014).

이 연구에서는 학생들의 메타인지능력을 조사하기 위해 Schraw & Dennison(1994)이 개발한 메타인지 검사지(Meta-cognitive Awareness Inventory, MAI) 중 일부 문항을 번역하여 사용하였다. 원래 메타인지 검사지(MAI)는 총 52문항으로, Schraw & Dennison이 대학생 대상으로 수행한 연구에서는 Cronbach α 값이 0.90로 나타났다. 이 검사지는 원래 8개의 하위요소로 구성되어 있으나, 이 연구에서는 디버깅 전략을 제외하고 선언적 지식, 절차적 지식, 조건적 지식, 계획, 정보처리전략, 모니터링, 평가 등 7개의 하위요소에 관한 문항을 사용하였으며, 반성적 사고와 관련이 깊은 문항 중 내용이 유사한 문항을 제외하고 각 하위요소당 3~4개씩 추출하여 모두 23개 문항을 사용하였다. 각 문항은 5단계 Likert 척도를 사용하고 있으며, 학생들의 메타인지 점수는 각 문항 당 5점, 전체 115점을 만점으로 하였다. 사전검사의 Cronbach α 값은 0.771이고 사후검사에서는 0.886이었다. 문항 추출에 대해서는 과학교육 전문가 2인, 과학교육 전공의 석사 1인, 석사과정을 통해 타당도를 검증하였다.

탐구는 어떤 문제에 대해 논리적이고 합리적으로 문제를 해결하고 자신이 생각한 내용이 정말 타당한지 살펴보는 과정이며, 이러한 탐구 과정은 실험을 통해 검토해야 한다(Dewey, 1910/2011). Kwon & Kim(1994)은 탐구능력이란 문제를 해결하는 절차와 이와 관련된 사고과정을 의미한다고 보며, 기초탐구능력으로 관찰, 분류, 측정, 예상, 추리를, 통합탐구능력으로 자료변환, 자료해석, 가설 설정, 변인통제, 일반화 등 모두 10가지를 들었다.

이 연구에서는 학생들의 탐구능력을 조사하기 위해 White & Frederiksen(1998)이 개발한 '연구 평가를 위한 기준(Criteria for Judging Research)'을 변안한 Jeong(2011)의 탐구 단계별 반성적 자기평가 활동지를 바탕으로 학생들이 스스로 자신의 탐구능력을 평가하는 자기평가식 설문지를 개발하였다. 과학자에 의해 수행되는 좋은 과학적 탐구의 특징이라고 할 수 있는 '연구 평가를 위한 기준'은 학생들이 자신과 동료의 탐구 활동을 평가하는 기준으로 활용하도록 개발한 것으로(White & Frederiksen, 1998), 이 연구에서는 실험 수행에 있어서의 자신의 탐구능력을 학생 스스로 평가하도록 하였다.

추출한 문항의 탐구능력의 하위요소는 과학의 이해, 탐구과정의 이해, 관련짓기, 신중한 판단, 쓰기 와 의사소통 등 5개이며, 탐구과정의 이해가 1문항인 것을 제외하면 나머지 4개의 하위요소는 2문항씩으로 구성되어 있다. 추출한 내용의 검증은 과학교육 관련 전문가 2인, 과학교육 전공 석사 1인, 석사과정 2인과 함께 하였다. 원래 이 활동지는 학생들이 자기 자신의 탐구 활동을 5단계 Likert 척도를 사용하여 평가하고 그렇게 평가한 근거를 기술하는 9개의 문항으로 구성되어 있는데, 본 연구에서는 평가 근거를 기술하는 부분을 제외하고 5단계 Likert 척도로 평가하는 부분만 사용하였다. 학생들의 탐구능력 점수는 각 문항 당 5점, 총 45점 만점이다. 사전검사에서 Cronbach α 값은 0.694였고, 사후검사에서는 0.810으로 나타났다.

반성적 사고를 강조한 실험보고서 작성의 효과를 알아보기 위해 실험보고서 작성 전, 집단의 동질성을 확인하기 위하여 실험집단과 비교집단의 메타인

Table 1. Questionnaire items

구분	설문 내용
1. 복습 효과	실험보고서는 복습에 도움이 되었습니까? 도움이 되었다면 어떤 부분이 도움이 되었습니까?
2. 메타인지능력에 대한 효과	실험보고서는 메타인지에 도움이 되었습니까?
3. 탐구능력에 대한 효과	문제해결에 필요한 탐구능력 증진에 얼마나 효과가 있고 생각합니까?
4. 형식의 적합성	실험보고서로서 형식은 적합합니까?
5. 도입 의사	교사가 된다면 이러한 형식의 실험보고서를 도입할 의향이 있습니까?
6. 개선사항	실험보고서로 사용되기 위해 개선이 필요합니까? 개선이 필요하다면 어떤 부분에 대한 개선이 필요합니까?

지능력과 탐구능력의 사전점수에 대해 독립표본 t 검증을 실시하였고, 반성적 사고를 강조한 실험보고서와 일반적인 실험보고서 작성이 메타인지능력과 탐구능력에 미치는 영향을 알아보기 위해 집단별로 사전검사와 사후검사에 대한 대응표본 t 검증을 실시하였다. 또한 두 집단의 메타인지능력과 탐

구능력의 변화가 차이가 있는지를 확인하기 위해 사전검사를 공변인으로 하고 두 집단의 사후검사에서 메타인지능력과 탐구능력을 비교하는 공분산 분석을 실시하였다. 이와 같은 통계분석은 SPSS 18.0 프로그램을 사용하였다.

Table 2. Results of t -test on metacognition of experimental group & control group

검사	요소	실험집단 ($n=20$)	비교집단 ($n=22$)	실험-비교	t	p
사전검사	선언적 지식	10.15	10.68	-0.53	-1.18	0.246
	절차적 지식	11.45	11.18	0.27	0.58	0.567
	조건적 지식	10.80	11.32	-0.52	-1.11	0.275
	계획	9.00	9.73	-0.73	-1.25	0.219
	정보관리전략	11.20	11.14	0.06	0.14	0.891
	모니터링	10.25	10.41	-0.16	-0.28	0.782
	평가	9.30	9.32	-0.02	-0.03	0.975
	메타인지능력 총점	72.15	73.77	-1.62	-0.73	0.471
사후검사	선언적 지식	11.25	10.55	0.70	1.62	0.113
	절차적 지식	11.70	11.05	0.65	1.53	0.135
	조건적 지식	11.75	11.27	0.48	0.99	0.328
	계획	9.90	9.95	-0.05	-0.11	0.911
	정보관리전략	11.30	11.00	0.30	0.68	0.502
	모니터링	10.55	9.50	1.05	2.01	0.051
	평가	10.45	9.41	1.04	1.64	0.108
	메타인지능력 총점	76.90	72.73	4.17	1.62	0.112

2) 설문 조사

한 학기동안 반성적 사고를 강조한 실험보고서를 작성한 학생들이 이러한 실험보고서를 사용하는 것에 대해 어떻게 평가하는지 알아보기 위해 실험집단을 대상으로 설문조사를 실시하였으며, 실험집단 20명 중 1명을 제외하고 19명이 설문에 응답하였다.

설문지의 구성은 Table 1과 같이 반성적 사고를 강조한 실험보고서 작성이 복습과 메타인지, 탐구능력 향상에 효과적인지 여부를 묻는 문항과 이 형식이 실험보고서로서 적합한지, 교사가 된다면 이 실험보고서 형식을 도입할 의사가 있는지와 이 보고서 양식의 개선이 필요한지, 있다면 그 내용이 무엇인지를 묻는 내용으로 구성되었다.

각 문항에 대해 학생들은 자신의 의견을 솔직히 표현할 수 있도록 자유롭게 기술하도록 하였으며, 학생들이 기술한 내용을 본 연구의 연구자 1인을 포함한 과학교육을 전공하는 석사과정 2인이 긍정적, 부정적, 또는 중립적으로 분류하였다. 단, 탐구능력에 대한 효과는 Likert 척도를 사용하여 조사하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 실험보고서 유형에 따른 메타인지능력 과 탐구능력 변화

반성적 사고를 강조한 실험보고서를 작성한 실험집단과 일반적인 실험보고서 양식을 사용한 비교집단의 메타인지능력 총점 및 7개 하위요소별 사전, 사후 점수에 대한 *t* 검증 결과는 Table 2와 같다.

그러나 사전검사와는 달리 실험집단의 사후검사 총점이 76.90점으로 비교집단의 72.73점보다 높았고, 하위요소의 경우도 계획을 제외하면 실험집단의 점수가 비교집단보다 높았다. 이와 같은 사전, 사후 검사의 차이가 유의미한 것인지 확인하기 위해 실시한 대응표본 *t* 검증 결과는 Table 3과 같다.

실험집단의 메타인지능력의 총점은 4.75점만큼 통계적으로 유의미하게 상승한 반면($t=2.55, p<.05$), 비교집단의 총점은 유의미한 차이를 보인지는 않았으나 1.05점 하락하였다($t=0.69, p=.500$). 메타인지능력의 하위요소의 실험집단은 선연적 지식, 조건

Table 3. Results of paired *t*-test on metacognition of pre- & post-test

집단	요소	사전검사	사후검사	사후-사전	<i>t</i>	<i>p</i>
실험집단 (<i>n</i> =20)	선연적 지식	10.15	11.25	1.10	2.64	0.016
	절차적 지식	11.45	11.70	0.25	0.51	0.613
	조건적 지식	10.80	11.75	0.95	2.23	0.038
	계획	9.00	9.90	0.90	2.20	0.041
	정보관리전략	11.20	11.30	0.10	0.25	0.804
	모니터링	10.25	10.55	0.30	0.90	0.379
	평가	9.30	10.45	1.15	2.56	0.019
	메타인지능력 총점	72.15	76.90	4.75	2.55	0.019
비교집단 (<i>n</i> =22)	선연적 지식	10.68	10.55	-0.14	-0.38	0.706
	절차적 지식	11.18	11.05	-0.14	-0.55	0.589
	조건적 지식	11.32	11.27	-0.05	-0.15	0.886
	계획	9.73	9.95	0.23	0.50	0.623
	정보관리전략	11.14	11.00	-0.14	-0.38	0.710
	모니터링	10.41	9.50	-0.91	-2.49	0.021
	평가	9.32	9.41	0.09	0.21	0.839
	메타인지능력 총점	73.77	72.73	-1.05	-0.69	0.500

Table 4. Results of ANCOVA on metacognition

요인	소스	SS	df	MS	F	η^2
선언적 지식	사전검사	4.720	1	4.720	2.471	0.060
	집단	6.969	1	6.969	3.649	0.086
	오차	74.484	39	1.910		
	수정 합계	84.405	41			
절차적 지식	사전검사	5.881	1	5.881	3.218	0.076
	집단	3.548	1	3.548	1.942	0.047
	오차	71.274	39	1.828		
	수정 합계	81.643	41			
조건적 지식	사전검사	14.162	1	14.162	6.908*	0.150
	집단	4.709	1	4.709	2.297	0.056
	오차	79.951	39	2.050		
	수정 합계	96.500	41			
계획	사전검사	11.651	1	11.651	5.217*	0.118
	집단	.238	1	0.238	0.106	0.003
	오차	87.103	39	2.233		
	수정 합계	98.786	41			
정보관리 전략	사전검사	7.413	1	7.413	3.866	0.090
	집단	.831	1	0.831	0.433	0.011
	오차	74.787	39	1.918		
	수정 합계	83.143	41			
모니터링	사전검사	39.681	1	39.681	20.698***	0.347
	집단	13.484	1	13.484	7.033*	0.153
	오차	74.769	39	1.917		
	수정 합계	126.000	41			
평가	사전검사	35.700	1	35.700	10.502**	0.212
	집단	11.552	1	11.552	3.399	0.080
	오차	132.569	39	3.399		
	수정 합계	179.619	41			
메타인지능력 총점	사전검사	729.768	1	729.768	13.949**	0.263
	집단	272.361	1	272.361	5.206*	0.118
	오차	2040.395	39	52.318		
	수정 합계	2952.571	41			

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

적 지식, 계획, 평가 등 4개 요소의 점수가 유의미하게 상승한 반면, 비교집단은 모니터링의 점수가 유의미하게 하락하였다.

집단별 사전검사의 차이를 보정한 상태에서 반성적 사고를 강조한 실험보고서 작성이 학생들의 메타인지능력에 미치는 영향을 일반적인 실험보고서를 사용하는 경우와 비교해보기 위해 사전검사를 공변인으로 하여 두 집단의 메타인지능력 사후검사를 비교한 공분산 분석을 실시하였으며, 그 결과는 Table 4와 같다.

메타인지능력 총점의 공분산 분석 결과, 실험집단의 메타인지능력이 비교집단에 비해 유의미하게 향상되었으며($F=5.206, p<.05$), 집단에 의해 설명되는 사후검사의 분산은 11.8%인 것으로 나타났다. 모수추정 결과, 사전검사에 의해 조정된 이후 실험집단의 교정 평균은 비교집단보다 5.13점 높은 것으로 나타났다. 즉, 반성적 사고를 강조한 실험보고서 작성이 일반적인 실험보고서 양식을 사용하는 것에 비해 학생들의 메타인지능력 향상에 도움이 되는 것으로 나타났다. 하위요소 중 모니터링에 대

한 집단의 효과가 통계적으로 유의미하였으며($F=7.033, p<.05$), 집단에 의해 설명되는 모니터링의 사후검사의 분산은 15.3%인 것으로 나타났다. 모수추정 결과, 사전검사에 의해 조정된 이후 실험집단의 모니터링 사후점수가 비교집단보다 1.14점 높은 것으로 나타나 반성적 사고를 강조한 실험보고서를 작성하는 것이 모니터링에 효과적인 것으로 나타났다.

Table 5는 두 집단의 탐구능력 및 5개 탐구능력의 하위요소의 사전, 사후검사의 평균 점수를 비교한 t 검증 결과를 나타낸 것이다.

탐구능력의 총점은 사전검사의 경우, 실험집단이 31.60점으로 비교집단의 30.77점보다 0.83점 높았으나 통계적인 유의미한 차이는 아니었다($t=0.78, p=.438$). 또한 두 집단의 5개의 탐구능력 하위요소에 대한 사전검사의 결과도 모두 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않았다. 탐구능력의 사후검사의 결과도 사전검사에서의와 같이 총점($t=0.28, p=.777$)과 5개 하위요소 모두 두 집단 사이에는 유의미한 차이가 나타나지 않았다.

Table 5. Results of t -test on inquiry skill of experimental group & control group

검사	요소	실험집단 ($n=20$)	비교집단 ($n=22$)	실험-비교	t	p
사전검사	과학의 이해	7.10	6.77	0.33	1.32	0.194
	탐구과정의 이해	3.60	3.45	0.15	0.66	0.512
	관련짓기	7.10	6.73	0.37	1.27	0.212
	신중한 판단	6.85	6.82	0.03	0.08	0.938
	쓰기와 의사소통	6.95	7.00	-0.05	-0.13	0.895
	탐구능력 총점	31.60	30.77	0.83	0.78	0.438
사후검사	과학의 이해	7.20	7.27	-0.07	-0.20	0.840
	탐구과정의 이해	3.75	3.95	-0.20	-1.02	0.312
	관련짓기	7.75	7.45	0.30	0.86	0.394
	신중한 판단	7.75	7.55	0.20	0.56	0.576
	쓰기와 의사소통	7.30	7.18	0.12	0.30	0.763
	탐구능력 총점	33.75	33.41	0.34	0.28	0.777

각 집단별 탐구능력에 대한 사전검사와 사후검사의 결과가 차이가 통계적으로 유의미한지 알기 위하여 대응표본 *t* 검증을 실시하였으며, 그 결과는 Table 6과 같다.

실험집단은 총점($t=2.50, p<.05$) 및 관련짓기($t=2.46, p<.05$)와 신중한 판단($t=2.78, p<.05$)에서 통계적으로 유의미한 향상을 보였다. 비교집단의 경우도 탐구능력의 총점이 유의미하게 향상하였으며($t=4.12, p<.001$), 쓰기와 의사소통($t=0.61, p=.550$)을 제외한 과학의 이해($t=2.22, p<.05$), 탐구과정의 이해($t=3.17, p<.01$), 관련짓기($t=4.12, p<.001$), 신중한 판단($t=2.40, p<.05$) 등 나머지 4개의 하위요소의 점수가 모두 유의미하게 향상되었다.

이와 같이 두 집단의 탐구능력이 모두 유의미하게 향상된 것을 확인하였는데, 이러한 두 집단의 변화의 정도가 차이를 보이는 것인지 확인하기 위하여 집단별 사전검사의 차이를 보정한 상태에서, 즉 사전검사를 공변인으로 하여 두 집단의 탐구능력 사후검사를 비교한 공분산 분석을 실시하였으나, 두 집단의 탐구능력의 총점 및 5개의 하위요소에 대한 사후검사에서 모두 유의미한 차이를 보이

지 않았다. 즉, 반성적 사고를 강조한 실험보고서를 사용한 집단과 일반적인 실험보고서를 사용한 집단 모두 탐구능력에 있어서 유의미한 향상을 보였으며, 두 집단의 향상 정도에서는 차이가 나타나지 않았다. 이러한 결과는 실험보고서 양식과는 상관 없이 실험수업 자체가 학생들의 탐구능력에 긍정적인 영향을 끼친다고 것으로 해석할 수 있다.

2. 반성적 사고를 강조한 실험보고서에 대한 설문 결과

반성적 사고를 강조한 실험보고서를 한 학기동안 사용한 실험집단을 대상으로 실시한 설문 결과는 Table 7과 같다. 실험집단 20명 중 19명이 설문조사에 응하였다.

먼저 반성적 사고를 강조한 실험보고서의 복습 효과에 관한 질문에는 전체 19명 중 14명(73.7%)은 도움이 되었다는 식의 긍정적인 응답을 하였으며, 나머지 5명(26.3%)은 도움이 되지 않았다는 식의 부정적인 응답하였다. 복습 효과에 대해 긍정적인

Table 6. Results of paired t-test on inquiry skill of pre- & post-test

집단	요소	사전검사	사후검사	사후-사전	<i>t</i>	<i>p</i>
실험집단 (n=20)	과학의 이해	7.10	7.20	0.10	0.37	0.716
	탐구과정의 이해	3.60	3.75	0.15	0.62	0.545
	관련짓기	7.10	7.75	0.65	2.46	0.024
	신중한 판단	6.85	7.75	0.90	2.78	0.012
	쓰기와 의사소통	6.95	7.30	0.35	0.98	0.340
	탐구능력 총점	31.60	33.75	2.15	2.50	0.022
비교집단 (n=22)	과학의 이해	6.77	7.27	0.50	2.22	0.038
	탐구과정의 이해	3.45	3.95	0.50	3.17	0.005
	관련짓기	6.73	7.45	0.73	4.12	0.000
	신중한 판단	6.82	7.55	0.73	2.40	0.026
	쓰기와 의사소통	7.00	7.18	0.18	0.61	0.550
	탐구능력 총점	30.77	33.41	2.64	4.12	0.000

Table 7. Results of questionnaire

문항	부정적 응답	중립적 응답	긍정적 응답	무응답	계
1. 복습 효과	5 (26.3%)	-	14 (73.7%)	-	19 (100%)
2. 메타인지능력에 대한 효과	4 (21.1%)	1 (5.3%)	14 (73.7%)	-	19 (100%)
3. 탐구능력에 대한 효과	4 (21.1%)	4 (21.1%)	11 (57.9%)	-	19 (100%)
4. 형식의 적합성	4 (21.1%)	1 (5.3%)	13 (68.4%)	1 (5.3%)	19 (100%)
5. 도입 의사	5 (26.3%)	-	14 (73.7%)	-	19 (100%)
6. 개선의 필요성*	8 (42.1%)	-	4 (21.1%)	7 (36.8%)	19 (100%)

*6. 개선의 필요성*에서 부정적 응답은 '개선이 필요하다'는 것을, 긍정적 응답은 '개선이 필요하지 않다'는 것을 의미한다.

응답을 한 학생들의 서술 내용을 보면 [Recall]과 [Explain] 항목 작성을 통해 배운 내용을 다시 돌아보거나, 전체 흐름을 파악할 수 있었다는 의견이 많았다. 또한 일부는 탐구활동 중 놓친 부분을 체크할 수 있어 도움이 되었다고 밝혔다. 반면 부정적으로 응답한 경우, 대부분은 복습에는 큰 도움은 되지 않았다고 단순하게 기술하였으며, 복습에 도움이 되지 않을 뿐 아니라 글 쓰는 과정의 번거로움에 대해서 지적하는 경우도 있었다. 반성적 사고를 강조한 실험보고서 작성이 메타인지 향상에 도움이 되는지 묻는 문항에는 14명(73.7%)은 긍정적으로, 1명(5.3%)은 중립적으로, 나머지 4명(21%)은 부정적으로 응답하였다. 탐구능력 향상에 대한 효과에 대해 11명(57.9%)은 긍정적으로 응답하였으며, 중립적, 부정적으로 응답한 경우는 각각 4명(21.1%)이었다.

이 보고서의 형식이 적합한가에 대한 설문에는 13명(68.4%)이 적합하다는 식의 긍정적인 응답하였으며 4명(21.1%)은 부정적인 응답을 나머지 1명(5.3%)은 '때에 따라 다르다'는 중립적인 응답을 하였다. 교사가 되었을 때 실험보고서 양식 도입에

대한 의향을 묻는 질문에는 14명(73.7%)이 도입에 대한 긍정적인 응답을 하였고 5명(26%)은 도입하지 않겠다는 부정적인 응답을 하였다. 이 중 "학생이 하고 싶지 않은 싫은 일을 늘리는 것과 같아 효과를 보기도 힘들 것이다."라는 의견을 제시하는 학생이 있었다.

실제 수업에 반성적 사고를 강조한 실험보고서를 도입하기 위해 개선이 필요한지를 묻는 문항에는 8명이 '개선이 필요하다'는 식으로 응답하였고, 4명은 '개선이 필요하지 않다'는 식으로 응답하였으며, 나머지 7명은 응답하지 않았다. 개선이 필요하다는 의견 중에는 제시문의 의미가 명확하지 않아 각 항목에 대해 무엇을 적어야 하는지가 판단하기 어렵기 때문에 이 부분을 좀 더 명확하게 제시해 주어야 한다는 의견과 실험 조 내에서 또는 전체 학급에서 작성한 내용에 대한 논의가 추가되었으면 좋겠다는 의견이 있었다. 또한 학생들이 실험과 관련하여 잘 이해하지 못하거나 궁금한 내용을 적는 [Uncertainty] 항목에 대한 피드백 제공이 필요하다는 의견이 있었다.

IV. 결 론

이 연구는 반성적 사고를 강조한 실험보고서를 사용하였을 때 학습자의 메타인지능력과 탐구능력이 향상되는 것을 밝힘으로써 대학생을 대상으로 하는 일반물리실험에서 이러한 실험보고서의 적용 가능성을 탐색하는 것을 목적으로 한다. 이를 위한 학기동안 일반물리실험에서 반성적 사고를 강조한 실험보고서를 사용한 실험집단과 일반적인 실험보고서를 사용한 비교집단의 메타인지능력과 탐구능력의 변화를 비교하고, 반성적 사고를 강조한 실험보고서를 사용한 학생들의 의견을 조사하였다.

일반적인 실험보고서를 사용한 경우 학생들의 메타인지능력에 대한 변화가 나타나지 않은 반면, 반성적 사고력을 강조한 실험보고서를 적용한 실험집단의 경우 학생들의 메타인지능력이 유의미하게 향상하였다. 메타인지능력 사전검사를 공변인으로 한 공분산 분석 결과, 일반적인 실험보고서를 사용한 집단에 비해 반성적 사고력을 강조한 집단의 메타인지능력이 유의미하게 향상하였다.

탐구능력에 대해서는 두 집단 모두 한 학기동안의 수업이 끝난 후 유의미하게 상승하였다. 사전검사를 공변인으로 한 공분산 분석 결과, 한 학기 수업 후 두 집단의 탐구능력은 유의미한 차이를 보이지 않았다. 즉, 반성적 사고를 강조한 실험보고서를 사용한 경우 학생들의 메타인지능력이 상승하였으며, 탐구능력의 경우도 일반적인 실험보고서를 사용한 경우와 같이 상승한 것으로 나타났다(Bybee, 2000).

또한 반성적 사고를 강조한 실험보고서를 사용한 실험집단에 대한 설문 결과, 반성적 사고를 강조한 실험보고서를 사용한 과반의 학생들이 이 보고서가 학습에 대한 복습이나 메타인지능력, 탐구능력에 모두 긍정적인 효과가 있다고 생각하는 것으로 나타났다. 이 보고서의 형식에 대한 적합성도 적절하며, 향후 자신이 교사가 된 후 이 보고서 형식을 도입할 의사가 있다고 응답하였다. 이 보고서 형식에 대해 개선이 필요한 부분으로 각 항목에 대해 무엇을 작성할지 좀 더 명확히 제시할 필요가 있다

는 의견과 작성된 내용에 대해 논의하는 시간이 필요하다라는 의견 등이 있었다.

이상의 결과로 볼 때, 대학생의 대상으로 한 일반물리실험에서 이와 같은 반성적 사고를 강조한 실험보고서의 교육적 효과와 적용 가능성을 확인할 수 있었다. 그렇지만 보고서 양식 사용에 대한 안내를 보다 자세히 하여 학생들이 이 보고서 양식을 사용하는 데 가질 수 있는 어려움을 줄이기 위한 노력이 필요하며, 보고서 작성 내용에 대한 적절한 피드백 제공 방안도 마련되어야 할 필요가 있다. 더불어 이러한 양식의 반성적 사고를 강조한 보고서를 중·고등학교의 실험에 적용하는 방안에도 대한 후속 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- Abrahams, I., & Millar, R. (2008). Does Practical Work Really Work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 30(14), 1945-1969.
- Berg, C. A. R., Bergendahl, V. C. B., Lundberg, B. K. S., & Tibell, L. A. E. (2003). Benefiting from an open-ended experiment? A comparison of attitudes to, and outcomes of, an expository versus an open-inquiry version of the same experiment. *International Journal of Science Education*, 25(3), 351-372.
- Bringle, R. G., & Hatcher, J. A. (1999). Reflection in service learning: Making meaning of experience. *Educational Horizons*, 77(4), 179-185.
- Bybee, R. W. (2000). Achieving science literacy. *Science Teacher*, 62(7), 28-33.

- Dewey, J. (2011). *How we think*. (H.-W. Jung, Trans.). Seoul: Hakeesisub. (Original work published 1910)
- Driver, R. (1989). Student's conceptions and learning of science. *International Journal of Science Education*, 11(5), 481-490.
- Given, B. K. (2002). *Teaching to the brain's natural learning systems*. Washington, D.C.: Association of Supervision and Curriculum Development.
- Gupta, V. (2001). Aims of laboratory teaching. *CDTL Brief*, 4(1), 1-3.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (1982). The role of the laboratory in science teaching: Neglected aspects of research. *Review of Educational Research*, 52(2), 201-217.
- Hofstein, I., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88(1), 28-54.
- Jeong, A. J. (2011). *The effects of metacognition strategy based on reflective self-assessment on the understanding of the genetic concept and metacognition ability of high school students* (Master's thesis). Korea National University of Education.
- Kang, M., Im, Y., Kim, M., & Kim, J. (2009). The difference between two scaffolding types in academic achievement and science inquiry skills for WISE-based science education. *The Korean Journal of Educational Methodology Studies*, 21(1), 1-19.
- Keys, C. W., Hand, B., Prain, V., & Collins, S. (1999). Using the science writing heuristic as a tool for learning from laboratory investigations in secondary science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(10), 1065-1084.
- Kim, J., & Oh, W. K. (1988). The problems which appeared in 13 year old pupils performing experiment of textbook: Pupils suggested aims, their identifying relevant variables, and the relations between the suggested aims and the drawn conclusions. *Journal of the Korea Association for Research in Science Education*, 18(1), 35-42.
- Kim, O-B., An, U.-H., Kim, E.-A., Ko, M.-S., & Yang, I. (2013). Analysis of the types of teachers' questioning in verification laboratory instruction and discovery laboratory instruction. *Journal of the Korean Association for in Science Education*, 33(7), 1354-1366.
- Kim, S. (2009). *The effects of metacognitive ability and the question-generation strategy on the type of question and academic achievement in the blended learning environment* (Master's thesis). Seoul National University, Seoul, Korea.
- Kwon, J., & Kim, B. (1994). The development of an instrument for the measurement of science process skills of the Korean elementary and middle school students. *Journal of the Korea Association for Research in Science Education*, 14(3), 251-264.
- Larson, A. (1991). "Rerun" your labs. *The Science Teacher*, 58(6), 72.
- Lee, E. J. (2010). *A study of direct teaching strategy of inquiry skills applying meta-cognition* (Unpublished doctoral dissertation). Ewha Womans University, Seoul, Korea.

- Lee, Y., & Im, S. (2011). An analysis of pre-service science teachers' reflective thinking about scientific experiment in experimental journal writings. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 31(2), 198-209.
- Manen, M. V. (1977). Linking ways of knowing with ways of being practical. *Curriculum Inquiry*, 8(3), 205-228.
- Marzin, P., & de Vries, E. (2013). Students' design of a biometric procedure in upper secondary school. *International Journal of Technology and Design Education*, 23(2), 361-376.
- Millar, R. (2004, October). *The role of practical work in the teaching and learning of science*. Paper prepared for the Committee: High School Science Laboratories: Role and Vision, National Academy of Sciences, Washington, D.C.
- Park, H. (2013). A study of middle school science teachers' perceptions on science lessons with experiments. *Journal of Science Education*, 37(1), 79-86.
- Park, S., & Moon, S. (2013). The effect of science writing heuristic laboratory class on the creative thinking and critical thinking of middle school students. *Journal of the Korean Association for in Science Education*, 33(7), 1259-1272.
- Rozen, M. T., & Kramarski, B. (2014). Metacognition, motivation and emotions: Contribution of self-regulated learning to solving mathematical problems. *Global Education Review*, 1(4), 76-95.
- Schraw, G., & Dennisun, R. S. (1994). Assessing metacognition awareness. *Contemporary Education Psychology*, 19(4), 460-475.
- Sohn, E. (2003). Reflective thinking and professionalism. *Student Life Research*, 28, 31-54.
- White, B. Y., & Frederiksen, J. R. (1998). Inquiry, modeling, and metacognition: Making science accessible to all students. *Cognition and Instruction*, 16(1), 3-118.
- Yang, I.-H., & Cho, H.-J. (2005). Review on the aims of laboratory activities in school science. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 24(3), 268-280.
- Yang, I., Kim, S., & Cho, H. (2007). Analysis of the types of laboratory instruction in elementary and secondary schools science. *Journal of the Korea Association for Research in Science Education*, 27(3), 235-241.
- Yoon, D.-G., Kim, S.-H., Cha, H., Lee, K.-J., & Chung, W.-H. (2004). Application effects of biology modules for improving science high school students' creativity and science thinking. *Journal of the Korea Association for Research in Science Education*, 24(3), 556-564.

국문요약

이 연구에서는 반성적 사고를 강조하는 실험 보고서를 도입하여 이러한 실험보고서의 적용이 학습자의 메타인지능력과 탐구능력에 미치는 영향을 살펴보았다. 일반물리실험을 수강하는 대학교 1학년 학생을 대상으로 한 학기 동안 반성적 사고를 강조한 실험보고서 작성을 도입한 후 일반적인 실험보고서를 작성한 학생들과 메타인지능력과 탐구능력의 변화를 비교하고, 반성적 사고를 강조한 실험보고서를 사용한 학생들의 의견을 조사하였다. 반성적 사고를 강조한 실험보고서를 작성한 학생의 메타인지능력이 일반적인 실험보고서를 사용한 학생에 비해 유의미하게 상승하였으며, 이들의 탐구능력도 일반적인 실험보고서를 사용한 학생들과 마찬가지로 상승한 것으로 나타났다. 설문 결과, 설문 참여자들은 대체로 이러한 실험보고서가 복습과 메타인지능력 및 탐구능력의 향상에 도움이 되며, 향후 교사가 되면 이 보고서 양식을 사용할 의향이 있다고 응답하였다.

주제어: 반성적 사고, 메타인지, 탐구능력, 실험 보고서