

중학교 과학 교과서에 제시된 철과 황의 혼합물과 화합물 성질 비교 실험의 분석 및 개선

박경희 · 강성주*
한국교원대학교 화학교육과
(2006. 7. 21 접수)

An Analysis and Improvement of the Experiments for Comparing Properties of a Mixture with a Compound of Iron and Sulfur in the Middle School Science Textbooks

Kyong-Hee Park and Seong-Joo Kang*

Department of Chemistry Education, Korea National University of Education, Chungbuk 367-791, Korea
(Received July 21, 2006)

요 약. 이 연구의 목적은 중학교 과학 교과서에 제시된 '철과 황의 혼합물과 화합물 성질 비교 실험'의 문제점을 분석하고 개선책을 제시하는 것이다. 이를 위하여 9학년 과학 교과서에 제시된 실험 방법을 분석하고, 교과서에 제시된 실험 방법에 따라 중학교 과학을 담당하고 있는 40명의 현직 교사에게 실험을 수행하게 한 후 문제점을 분석하였다. 자극적인 기체 발생으로 인한 거부감, 자성 비교를 이용한 혼합물과 화합물의 구별 실패 등의 문제점이 개선된 개선 실험과 대안실험을 제시하였다. 제안된 2가지 실험을 10명의 현직 화학 교사와 S중학교 3학년 60명에게 적용한 결과, 제안된 실험은 혼합물과 화합물의 특성 비교에 적합하며 개념 이해에 도움이 된다고 응답하였다.

주제어: 혼합물과 화합물의 성질 비교, 중학교 과학 교과서, 실험 개선

ABSTRACT. The purposes of this study were to analyze problems in the experiments for comparing properties of a mixture with a compound of iron and sulfur and then to suggest the improved experiments. For this study, the experimental methods in 9th science textbooks described were analyzed and middle school science teachers were asked to conduct the experiment according to the process of the textbook and to point problems of the experiment. Two alternative experiments, which improves the problems of the toxic and provocative experiment and of distinction between a mixture and a compound by magnetic properties, were proposed. The two experiments were applied to the 10 science teachers and 60 students from a "S" middle school. They responded that the experiments were suitable for comparing properties of a mixture and a compound and helpful to understand the concept.

Keywords: Comparing properties of a mixture with a compound, Middle Science Textbooks, Improvement of the Experiments

서 론

제7차 교육과정에서 강조되고 있는 다양한 탐구 과정과 탐구 활동에서 탐구 활동은 학생들의 과학에 대한 기본 개념의 이해를 돕고 탐구 능력을 신장시켜주

는 실험을 포함하고 있다. 이러한 실험 활동은 문제 인식, 실험 계획 수립, 기구 조작, 결과 예상, 변화 관찰, 실험 결과나 관찰 자료 정리 및 자료 변환, 자료의 의미를 해석하는 과학의 핵심과정이다. 실험 활동을 통해 학생들은 관찰과 실험 수행 능력을 향상시

키고, 구체적인 경험을 통해 창의력과 탐구 능력, 그리고 문제 해결 능력을 신장시킬 뿐만 아니라 개방성, 협동성, 비판성, 창의성 등의 과학적 태도를 함양할 수 있다.¹²

과학교육에 있어서 실험 활동이 중요함에도 불구하고, 학생들의 실험 수행 미숙, 지도교사의 사전 준비 미비, 실험 기자재의 부실 등으로 학교 현장에서 제대로 된 탐구 결과를 얻기 어려운 경우가 많이 있다.¹³ 나아가 실험 장치와 실험 방법에 잘못이 있거나, 실험 결과와 일치되지 않는 정리가 교과서에 제시된다면, 학생들은 학습을 통해 오히려 오개념을 획득하는 결과를 낳을 수 있다.¹⁴ 특히 중학교 교과서의 물질의 변화 단원에서 학생들이 물리변화와 화학변화를 구별할 수 없었고, 물질의 변화 현상을 학교에서 습득한 과학 개념보다는 직관적으로 설명하였으며 혼합물과 화합물의 차이점을 비교하는데 어려움을 가지고 있었다.¹⁵

따라서 이 연구에서는 제7차 교육과정에 의해 중학교 과학 교과서에 제시되어 있는 철과 황을 이용한 혼합물과 화합물의 자성 및 발생된 기체 비교¹⁶로 혼합물과 화합물의 차이를 설명하는 실험의 문제점을 분석하였다. 또한, 문제점이 개선된 2가지 실험을 제시하여, 학생들이 혼합물과 화합물의 차이점을 비교하고 화학변화 개념을 이해하는데 도움이 되도록 하였다.

연구 방법

연구자료

제7차 교육과정에 의한 중학교 과학 교과서 5종의 물질 변화에서의 규칙성 단원에서 제시되어 있는 철과 황의 혼합물과 화합물의 성질 비교 실험의 문제점을 알아보기 위하여 5종의 중학교 과학 교과서를 분석하였다.^{17,18} 이 연구에 사용된 과학 교과서의 종류와 약어는 다음과 같다.

- A 교학사(정완호 외 9인, 2003)
- B 금성출판사(이성목 외 11인, 2003)
- C 대일도서(최돈형 외 11인, 2002)
- D 두산(소현수 외 11인, 2003)
- E 지학사(이광만 외 16인, 2002)

연구 절차

5종의 중학교 과학 교과서에 제시된 철과 황의 혼합물과 화합물 성질 비교 실험을 실험 내용 및 방법에 따라 분류하였고, 과학 교과서에 제시된 실험방법대로 실험을 수행하여 문제점을 도출한 다음 개선 실험과 대안 실험을 제시하였다. 교사와 학생들을 대상으로 교과서에 제시된 실험과 개선 실험, 그리고 대안 실험 등 3가지 실험을 모두 수행하게 한 후 교사와 학생들의 인식을 분석하였다. 구체적인 연구 절차는 다음과 같다.

첫 번째 단계로 중학교 5종의 과학 교과서에 제시된 철과 황의 혼합물과 화합물의 성질 비교 실험의 실험 방법을 실험 조건과 실험 기구, 그리고 사용한 철과 황의 질량에 따라 분류하였다.

두 번째 단계로 5종의 중학교 과학 교과서의 철과 황의 혼합물과 화합물의 성질 비교 실험을 연구를 위해 투입된 학생들이 사용하는 E 과학 교과서에 제시된 실험 방법에 따라, H 대학교 교육대학원에 재학 중인 40명의 중학교 과학 담당 현직 교사가 4인 1조를 이루어 수행하도록 하였다. 실험 수행 후 실험상의 문제점에 대한 주관식 1문항, 현장에서의 실험 실시 계획 여부에 관련된 주관식 설문 3문항의 응답을 바탕으로 문제점을 분석하였다. 이 때 문제점에 대해 중요도의 순서에 따라 복수로 쓰도록 하였으며, 그 중 1순위의 문제점을 분석 자료로 사용하였다.

세 번째 단계에서는 문제점 분석을 토대로 하여 개선 실험과 대안 실험을 모색하였다. 개선 실험으로 철과 황의 혼합물과 화합물에 묽은 산을 첨가하여 발생하는 수소와 황화수소 기체로 혼합물과 화합물의 성질을 비교하는 과정에서 황화수소 기체 발생으로 인한 실험에 대한 거부감과 위험 요소¹⁹를 줄이기 위해 묽은 산대신 황산구리 수용액을 사용하도록 하였다. 또한, 황의 질량과 혼합물의 가열 조건 등을 구체적으로 제시하여 자성 차이로 혼합물과 화합물의 성질 비교를 확실하게 할 수 있도록 하였다. 대안 실험으로 교과서에 제시된 실험에서 발생하는 유독한 황화수소 기체로 인한 위험 요소를 줄이기 위해 질을 대체하여 순물질인 구리를 사용하고 질산은 수용액으로 구리와 황의 혼합물과 화합물의 성질을 비교하도록 하였다.

마지막으로 10명의 H대학교 교육대학원에 재학 중인 화학 전공 교사들이 2인 1조를 이루고, 수원시 소

재의 S중학교 3학년 60명의 학생들이 4인 1조를 이루어 각 조가 E 과학 교과서에 제시된 실험, 개선 실험, 대안 실험 등 각 실험마다 1차시에 걸쳐 3가지 실험을 모두 수행하도록 한 후 개선 실험과 대안 실험에 대한 교사와 학생의 반응을 분석하였다. 이 때 교사와 학생 모두 각 실험마다 보고서를 쓰도록 하였고, 마지막으로 3가지 실험의 장단점을 비교하도록 하였다. 또한 교사와 학생 모두 혼합물과 화합물의 개념 형성에의 용이성, 실험 결과에 대한 만족도, 실험 소요 시간의 경제성 등을 고려하여 3가지 실험을 비교하는 9개의 문항을 제시하였고 학생들에게 실험에 대한 흥미도 비교와 기피하고 싶은 실험 선택 및 그 이유에 대한 서술 문항을 추가하여 결과를 분석하였다.

연구 결과 및 논의

교과서에 제시된 철과 황의 혼합물과 화합물 성질 비교 실험 방법의 분석

중학교 5종 과학 교과서에 제시되어 있는 혼합물과 화합물 차이점을 알아보기 위해 사용된 성질과 물질, 혼합물 가열 과정 중 시험관 입구의 개폐여부, 혼합물의 가열 장치, 혼합물의 가열 정도, 사용한 철과 황의 질량 등을 Table 1과 같이 분석하였다.

Table 1을 살펴보면, 5종의 교과서 중 3종의 교과서(A, D, E)에서 혼합물과 화합물의 차이점을 알아보기 위해 사용된 성질과 물질로 색깔, 자석, 묽은 염산이 제시되었고, 나머지 2종의 교과서(B, C)에는 묽은 산만이 제시되었다. 2종의 교과서(A, C)에서 혼합물 가열 과정 중 시험관 입구를 숨으로 막도록 제시되었고 5종의 과학 교과서 모두 가열 장치로 알코올 램프를 제시하였으나, 시험관 가열에 대한 구체적인 방법은

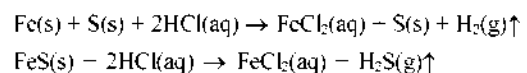
제시되지 않았다. 또한, 5종의 과학 교과서 모두 사용된 철과 황의 양은 7 : 4의 질량비를 제시하였다.

철과 황의 혼합물과 화합물 성질 비교 실험에 대한 중학교 교사들의 인식 조사

‘철과 황의 혼합물과 화합물 성질 비교 실험을 실행했을 때 실험 과정에서 개선이 가장 필요한 부분과 그 이유는 무엇이라고 생각하십니까?’ 라는 설문에서 ‘산을 가하여 혼합물과 화합물을 비교하는 과정에서 심한 냄새가 나므로 실험을 기피하게 된다’는 의견을 20명의 교사(50%)가 가장 많이 제시하였다. 또한, ‘자석으로 혼합물과 화합물을 비교하는 과정에서 혼합물과 화합물 모두 자성을 띠어 둘을 비교하기에 어려운 점이 있다’는 의견(32.5%)과 기타 ‘시험관에서 시험관을 가열하는 과정과 화합물을 꺼내는 과정과 막자사발로 철과 황을 혼합하는 과정’ 등의 의견(17.5%)이 제시되었다.

교사들이 문제점으로 제시한 부분에 대한 과학적 근거는 다음과 같다.

철과 황의 혼합물과 화합물의 성질 비교를 위해 산을 첨가하면 혼합물에서는 수소 기체가, 화합물에서는 황화수소 기체가 발생하는데¹⁵ 발생한 기체 냄새의 유무로 화합물과 혼합물을 구분하는 실험 과정에서 교사와 학생들이 황화철과 염산의 반응으로 발생한 황화수소기체의 자극적인 냄새로 인해 실험에 대한 거부감을 느꼈던 것이다.



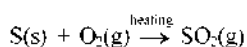
그리고 자성 차이를 이용한 혼합물과 화합물의 구분 실험 과정에서는 교과서에 ‘철과 황의 혼합물이 들

Table 1. Experimental materials and methods for comparing properties of a mixture with a compound of Fe(s) and S(s) in the middle school science textbooks

| Textbook | Heating tool of mixture | Heating degree of mixture | Amount of Fe(s) and S(s) | Yes or no of the test tube stoping | Properties and matters |
|----------|-------------------------|--|--------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| A | alcohol lamp | - | Fe(s) 7 g, S(s) 4 g | Yes (with cotton) | color, magnet, HCl(aq) |
| B | alcohol lamp | - | Fe(s) 7 g, S(s) 4 g | No | H ₂ SO ₄ (aq) |
| C | alcohol lamp | until no reaction | Fe(s) 7 g, S(s) 4 g | Yes (with cotton) | HCl(aq) |
| D | alcohol lamp | until no change of the inside of a test tube | Fe(s) 14 g, S(s) 8 g | No | color, magnet, HCl(aq) |
| E | alcohol lamp | until no change of the inside of a test tube | Fe(s) 7 g, S(s) 4 g | No | color, magnet, HCl(aq) |

-: no presentation.

어있는 시험관은 자석에 끌리나 철과 황의 반응으로 생성된 화합물은 자석에 끌리지 않는다.'로 언급되어 있으나 철과 황의 혼합물과 화합물 모두 자성을 띠는 실험 결과를 얻었다. 이는 철과 황을 가열할 때 공기 중의 산소는 황과 반응하여 이산화황이 발생하고 이산화황 기체로 손실되는 황의 양 때문에 이론적인 질량비인 7 : 4로 철과 황을 시험관에 넣고 가열하면 여분의 철이 남아 있게 되어 반응 후 시험관에 자석을 가져가면 자성을 띠게 된 것이다.

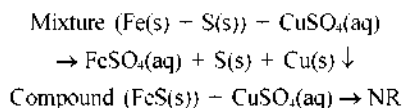


또한 이 때 생성된 이산화황이 지독한 냄새를 띠어 실험에 부정적인 영향을 미쳤다.

철과 황의 혼합물과 화합물 성질 비교의 개선 실험

철과 황의 혼합물과 화합물 성질 비교 실험 수행 과정에서 교사들의 설문 분석 결과 가장 많이 제시된 문제점으로 묶은 산을 가하여 혼합물과 화합물을 비교하는 과정에서 화합물과 묶은 산의 반응에서 발생하는 황화수소 기체가 지독한 냄새를 띠고 유독하여 실험에 대한 거부감을 느끼게 하였다는 의견이 제시되었다. 이 결과를 토대로 철과 황의 혼합물과 화합물 성질 비교에 사용되는 산을 대체하여 황산구리 수용액을 사용하여 실험을 개선하였다. 철과 황의 혼합물과 화합물 각각에 황산구리 수용액을 가한 후, 시험관 안의 고체와 용액의 색 변화를 관찰한 결과는 Table 2와 같다.

Table 2를 살펴보면, 철은 구리보다 활성도¹⁶가 크므로 철이 구리 이온과 반응하여 붉은색 고체인 구리와 철(II)이온의 색인 연두색의 황산철 수용액이 형성되었다.



그러나 철과 황의 반응으로 생성된 황화철 화합물과 황산구리 수용액의 반응에서는 반응 전, 후 고체의 색과 수용액의 색 변화를 나타내지 않았다. 즉 혼합물은 반응 전에 회색 고체와 푸른색의 수용액이 관찰되었으나, 반응 후에는 붉은색 고체와 푸른색이 얼어져 연두색의 수용액이 관찰되었다. 기존 교과서 실험에서 발생하는 황화수소 기체의 자극적 냄새로 실험을 기피하는 현상을 보인다는 문제점을 고려하여, 개선 실험에서는 고체의 색 변화와 용액의 색 변화로 혼합물과 화합물을 쉽게 구별할 수 있으며 이에 수반되는 냄새 등이 없어 기존 실험의 문제점을 줄일 수 있었다. 이 실험을 수행할 때에는 실험 수행 전에 학생들이 화학변화 개념을 이해를 돕기 위해 실험 수행 전 철과 황산구리 수용액의 반응에 대해 설명할 필요가 있다.

그리고 유독한 황화수소 기체가 발생한다는 문제점 다음으로 많이 제시된 자성 차이를 이용하여 혼합물과 화합물의 성질을 비교하는데 어려움이 있다는 교사들의 의견 제시 결과를 토대로 철과 황을 가열할 때 발생하는 이산화황 기체로 손실되는 황의 양을 고려하여 제시된 4 g보다 많은 양의 황(4.6 g)을 사용하고, 시험관 가열시 발생하는 이산화황은 물에 잘 녹는 성질이 있으므로 이산화황으로 인한 냄새를 줄이기 위해 시험관 입구를 젖은 솜으로 막은 후 시험관을 뒤여 혼합물(약 2 g)을 골고루 가열하여 혼합물이 완전히 반응을 일으키도록 하였다. 개선 실험으로 얻어진 생성물의 XRD 분석¹⁶⁻¹⁸결과는 Fig. 1과 같다. XRD 분석 결과, 철과 황의 가열시 주생성물인 FeS(s)*가 생성되고^{19,21} Fe(s)는 검출되지 않았다. 따라서 자성^{22,23}의 차이를 이용하여 혼합물과 화합물을 쉽게 구별할 수 있다.

이와 같이 개선 실험은 교과서 실험의 기피 요인인 냄새가 없고, 혼합물과 화합물의 색의 차이가 확실하였다. 즉 혼합물에서는 황산구리 수용액과의 반응 전·후 용액과 고체의 색의 변화가 관찰되나 생성된

Table 2. The comparison of properties between mixture and compound of Fe (s)and S(s)

| | Mixture | | Compound | |
|-------------------|---------|--------------|---------------------|---------------------|
| | Before | Alter | Before | After |
| Color of solid | gray | red | dark brown or black | dark brown or black |
| Color of solution | blue | green yellow | blue | blue |
| Smell | no | no | no | no |

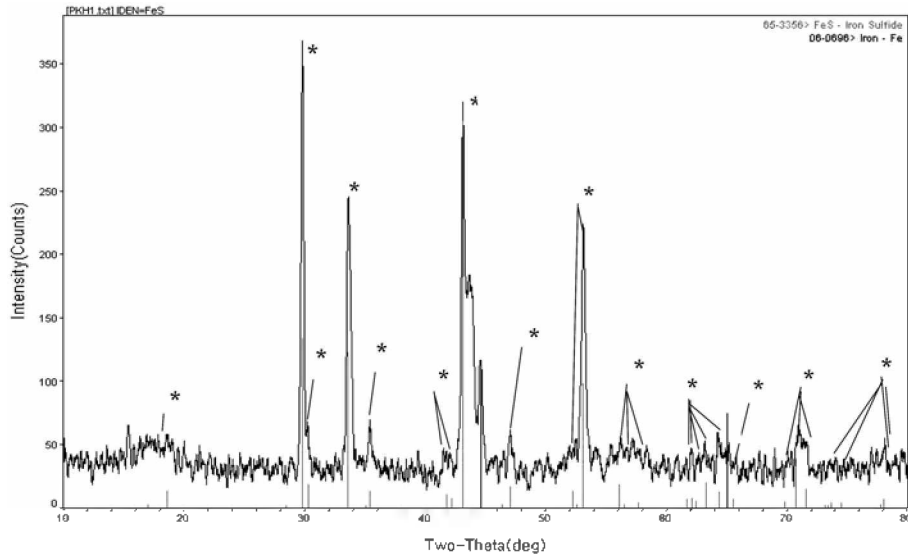


Fig. 1. The XRD data of the reaction product between Fe(s) and S(s). The marks (*) indicate peaks corresponding FeS(s).

화합물은 용액과 고체의 색의 변화가 없고, 혼합물은 자성을 나타내나 화합물은 자성을 나타내지 않으므로 철과 황을 가열하여 생긴 물질은 철이나 황과는 성질이 전혀 다른 새로운 물질임을 알게 하여 혼합물과 화합물의 차이를 확실히 구별할 수 있게 하였다.

혼합물과 화합물 성질 비교의 대안 실험: 구리와 황

철과 황의 혼합물과 화합물 성질 비교 실험 수행 과정에서 혼합물 가열 과정 중 반응 시간이 오래 걸려 가열되는 시험관 안의 변화가 위험하고 발생하는 이산화황의 기체가 실험에 대한 거부감을 준다는 교사들의 설문 분석 결과를 토대로 학생들에게 친숙한 재료이며, 황의 색과 확실히 구별되고, 황과 가열 반응 시 위험성이 적은 구리를 철 대신 사용하였다. 색을 이용한 혼합물과 화합물의 구분 실험에서 Fig. 2에서 보는 바와 같이 붉은 구리와 노랑 황의 혼합물은 연한 갈색을 나타내나, 구리와 황의 반응으로 생성된 황화구리 화합물은 검푸른 색을 나타내므로, 색의 차이로 혼합물과 화합물을 쉽게 비교 할 수 있다. 특히 구리와 황의 혼합물을 가열할 때 반응이 빠르게 진행되었고, 시험관 안에서 생성된 화합물은 시험관과 분리가 잘 되었다.²³⁻²⁷

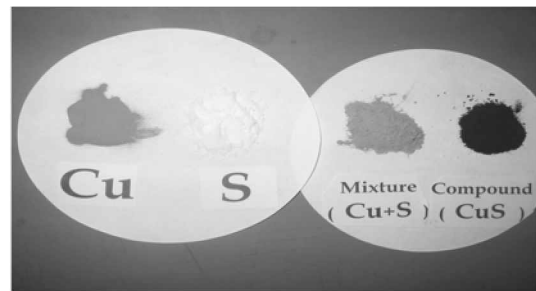
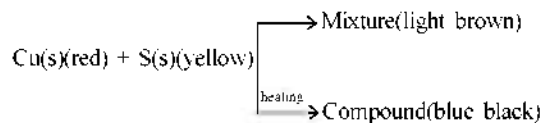


Fig. 2. The colors of reactants, mixture, and compound from the reaction.



기존 교과서 실험에서는 발생하는 황화수소 기체의 자극적 냄새로 혼합물과 화합물을 구분하는 실험을 실시하였으나, 대안 실험에서는 반응 전후의 고체의 색 변화로 혼합물과 화합물을 쉽게 구분할 수 있는 실험을 제시하였다.

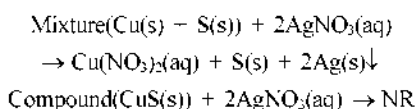
혼합물과 화합물의 성질을 비교하기 위한 실험으로는 구리와 황의 혼합물과 화합물에 각각 질산은 수용액을 떨어뜨려 발생하는 시험관 안의 용액과 고체의 색변화 차이를 관찰하였다. 관찰한 대안 실험 결과는

Table 3. The comparison of properties between mixture and compound of Cu(s) and S(s).

| | Mixture | | Compound | |
|-------------------|-------------|-------|------------|------------|
| | Before | After | Before | After |
| Color of solid | light brown | gray | blue black | blue black |
| Color of solution | colorless | blue | colorless | colorless |
| Smell | no | no | no | no |

Table 3과 같다. 이 실험을 수행할 때에는 실험 수행 전에 학생들이 화학변화 개념을 이해를 돕기 위해 실험 수행 전 구리와 질산은 수용액의 반응에 대해 설명할 필요가 있다.

구리는 은보다 활성도¹⁵가 크므로 구리가 은 이온과 반응하여 회색 고체인 은과 푸른색의 질산구리 수용액이 생성되었다.



따라서 혼합물은 질산은 수용액과의 반응 전에 붉은 고체와 흰색의 수용액이 관찰되었고, 반응 후에는 회색 고체와 푸른 수용액이 관찰되었다. 그러나 구리와 황의 반응으로 생성된 황화구리 화합물과 질산은 수용액의 반응에서는 반응 전·후 고체의 색과 수용액의 색 변화를 나타내지 않았다. 이 실험을 수행할 때에는 실험 수행 전에 학생들이 화학변화 개념을 이해를 돕기 위해 실험 수행 전 구리와 질산은 수용액의 반응에 대해 설명할 필요가 있다.

이와 같이 대안 실험은 실험의 기피 요인인 냄새가 없고 혼합물과 화합물의 색 차이가 확실하였다. 즉 혼합물은 질산은 수용액과의 반응 전후 색의 변화가 관찰되나 구리와 황의 가열에 의해 생성된 화합물은 색의 변화가 없으므로 구리와 황을 가열하여 생긴 물질은 구리나 황과는 전혀 다른 새로운 물질임을 알 수 있었고, 혼합물과 화합물의 차이를 확실히 구분할 수 있었다.

개선 실험과 대안 실험 적용 및 교사와 학생의 인식 분석

개선 실험과 대안 실험의 현장 적용성을 알아보기 위하여 10명의 화학 전공 교사와 60명의 중학교 학생이 3가지 실험(E교과서에 제시된 실험, 개선 실험, 대안 실험)을 수행 한 후 설문지를 실시하였다. 설문 분석 결과는 Table 4와 같다.

Table 4를 살펴보면, 교사를 대상으로 혼합물과 화합물의 성질 비교에 가장 도움이 되는 실험에 대한 응답 결과, 개선 실험(50%)과 대안 실험(30%)을 선택한 교사가 교과서 실험을 선택한 교사보다 많았고, 개선 실험과 대안 실험의 용액과 고체의 색 변화가 혼합물과 화합물 성질을 비교하는데 도움이 되었다고 응답하였다.

실험 결과가 가장 만족스러운 실험 선택에 대한 응답에서 개선 실험(50%)과 대안 실험(40%)은 실험 과정 중 생성되는 이산화황과 황화수소 기체의 냄새가 나지 않는다는 이유로 기존 교과서 실험보다 실험에 대한 만족도가 높았다. 또한, 대안 실험은 가열 시간이 적게 걸리고 생성물이 시험관에서 잘 분리되어 시험관을 깨지 않아도 생성물을 쉽게 꺼낼 수 있다고 응답하였다.

수업 시간을 고려하여 실험하는데 적당한 시간이 소요되는 실험 선택에 대한 응답 결과, 6명의 교사(60%)가 반응 시간이 기존 실험과 개선 실험보다 적게 걸리는 대안 실험을 선택하였다. 교과서 실험과 개선 실험을 각각 1명 씩 선택하였으며, 개선 실험과 대

Table 4. Teachers' and students' perceptions of three type's experiments.

| Questionnaire | Exp. | Textbook | Improved | Alternative |
|---------------|--|----------|----------|-------------|
| | | Exp.(%) | Exp.(%) | Exp.(%) |
| Teacher | helpful experiment for comparing properties | 2(20) | 5(50) | 3(30) |
| | suitable experiment for getting the desirable result | 1(10) | 5(50) | 4(40) |
| | experiment that can be finished within proper time | 1(10) | 1(10) | 6(60) |
| Student | distasteful experiments | 44(73) | 8(13) | 6(10) |
| | easily executable experiments | 9(15) | 13(22) | 35(58) |

안 실험 모두 적당한 시간이 소요된다는 의견을 2명의 교사가 제시하였다.

학생을 대상으로 조사한 기피하고 싶은 실험은 지독한 냄새, 위험성 등 실험 과정 중 생기는 거부감으로 인한 교과서 실험 선택이 매우 높게 나타났다(73%). 개선 실험은 13%, 대안 실험은 10%의 학생이 기피 경향을 보이고, 기타 4%의 학생이 교과서 실험과 개선 실험 모두 가열 시간이 오래 걸리고 시험관 안의 혼합물 변화 과정이 위험해 보여 거부감이 생긴다는 의견을 제시하였다. 또한, 수행이 쉬웠던 실험으로 대안 실험 > 개선 실험 > 교과서 실험의 순서를 나타내었고 이는 대안 실험이 혼합물과 화합물의 색만으로도 구별이 확실하기 때문이라고 응답하였다. 기타 5%의 학생은 세 가지 실험 모두 수행이 쉬웠다고 응답하였다.

그러므로 실험 과정 중 발생하는 황화수소 기체의 위험성과 혼합물과 화합물의 성질 비교에 사용하는 물질, 그리고 실험 시간 등을 고려할 때, 혼합물과 화합물의 성질 비교를 위해서는 개선 실험과 대안 실험이 교과서 실험보다 효과적이라고 할 수 있다.

결론 및 제언

이 연구는 제7차 교육과정에 의한 중학교 5종 과학 교과서에 제시되어 있는 '철과 황의 혼합물과 화합물 성질 비교 실험'의 문제점을 분석하여 실험을 개선하고자 하였다. 이를 위하여 중학교 5종 과학 교과서에 제시되어 있는 실험 내용 및 방법을 비교 분류하였고, 교과서에 제시된 방법에 따라 실험을 수행하여 문제점을 도출한 다음, 문제점을 해결하기 위한 개선 실험과 대안 실험을 제시하고자 하였다.

중학교 과학 교과서에 제시되어 있는 철과 황의 혼합물과 화합물 성질 비교 실험은 실험 과정에서 발생하는 황화수소와 이산화황 냄새에 대한 거부감, 혼합물과 화합물 모두 자성을 나타내기 때문에 나타나는 교육 내용과의 불일치 등으로, 탐구 활동이 과학에 대한 흥미를 낮추며, 개념 이해에 어려움을 줄 수 있다는 문제점이 제시되었다.

이 연구에서는 실험 결과와 교육 내용과 일치, 실험을 멀리하는 원인이 되는 냄새 요인 제거에 초점을 두고 개선 실험과 대안 실험을 제시하였다. 제시된 실험에서는 황화수소와 이산화황 발생으로 인한 실험에 대한 거부감을 줄여 친화학적 접근을 할 수 있었

다. 또한, 실험 결과와 교육 내용이 일치하는 실험을 제시할 수 있었다.

개선 실험이 제시될 때 기존 제시된 황의 양보다 충분한 양의 황을 사용하고, 혼합물 가열시 발생하는 이산화황기체의 흡입을 막기 위해 시험관을 막도록 하며, 혼합물의 양(약 2 g)을 약 10분 동안 끌고루 가열하도록 유의하여야 한다. 또한, 철 대신 구리를 사용한 대안 실험은 혼합물과 화합물의 색 차이가 확연하고 반응이 빠르게 진행되어 실험 시간을 단축할 수 있으므로 학생들의 흥미를 이끌 수 있을 것이다. 대안 실험을 제시할 경우 많은 양의 혼합물보다는 소량(약 1 g)을 제시하는 것이 바람직하다.

중학교 과학 교과서에 제시된 혼합물과 화합물의 성질 비교 실험에서는 혼합물과 화합물의 반응 전후 생성물의 특성 차이를 이용하여 혼합물과 화합물을 비교하는 실험이므로 반응 메커니즘에 대한 이해는 중요하지 않지만 이 연구에 사용된 철과 황화구리 수용액의 반응과 구리와 질산은 수용액의 반응 메커니즘을 이해하기 위해서는 금속의 반응성에 대한 이해가 필요하다. 이러한 제한점을 고려하여 혼합물과 화합물의 성질 비교에 보다 적합한 실험 소재와 방법에 대한 후속 연구들이 중등학교에서 탐구 실험의 활성화를 위해 필요하고 생각된다.

이 연구는 2005년 한국교원대학교 기성회계 학술연구비로 수행되었음.

인용문헌

1. 교육부, *중학교 교육과정 해설(III)*; 대한교과서: 서울, 1997.
2. Park, K.-T.; Lee, J.-Y.; Park, K.-S.; Cho, Y.-J. *J. Kor. Chem. Soc.* **2006**, *50*, 328.
3. Kim, Y.-A.; Lee, E.-K.; Kang, S.-J. *J. Kor. Chem. Soc.* **2005**, *49*, 584.
4. Ryu, O.-H.; Choi, M.-Y.; Song, J.-H.; Kwon J.-G. *J. Kor. Chem. Soc.* **2001**, *45*, 481.
5. Paik, S.-H.; Kang, D.-H.; Kim, H.-K.; Chae, W.-K.; Kwon, K. *J. Kor. Chem. Soc.* **1999**, *43*, 213.
6. Kang, E.-G.; Kang, S.-J. *J. Kor. Chem. Soc.* **2003**, *47*, 283.
7. Nakhleh, M. B.; Samarapungavan, A.; Saglam, Y. *Journal of Research in Science Teaching*, **2005**, *42*, 581.
8. Robinson, W. R. *J. Chem. Educ.* **1999**, *76*, 9.
9. 정완호; 권재술; 김범기; 김성하; 백성혜; 우종욱; 이봉호;

- 이석형; 정진우; 최병순. *중학교 과학3*; (주)교학사: 2003; pp 159-164.
10. 이성복; 채광표; 김기대; 김영수; 김윤택; 이세영; 이문원; 권석민; 손영운; 노태희; 정지오; 서인호. *중학교 과학3*; (주)금성출판사: 2003; pp 220-230.
 11. 최동형; 김동영; 김봉래; 김재영; 노석구; 신영준; 이기영; 이대형; 이면우; 이명세; 이상인; 전영석. *중학교 과학3*; 도서출판 대일도서: 2002; pp 174-175.
 12. 소현수; 안태인; 최승연; 박건식; 복창수; 김종원; 김득호; 구수길; 박원규; 김 완섭; 김영산; 이미하. *중학교 과학3*; (주)두산: 2003; pp 150-151.
 13. 이광만; 허 동; 이경운; 정문호; 방태철; 이기성; 안태근; 정상운; 복완근; 정익현; 박정일; 박병훈; 이천기; 송양호; 박지극; 정수도; 김경수. *중학교 과학3*; (주)지학사: 2002; pp 192-201.
 14. O'Neil, M. J. *The merck index*; 13th Ed.; Merck & Co., Inc.; New Jersey, U.S.A., 2001; p 4827.
 15. Darrell, D. E.; Mark, S. W. *일반화학*, 강영기 외 26인 번역; 교보문고; 서울, 1993; pp 559-727.
 16. Cullity, B. D.; Stock, S. R. *X선 회절*, 고태경 번역; 진샘미디어; 서울, 2006; pp 275-276.
 17. Skoog, D. A.; Holler, F. J.; Nieman, T. A. *Principles of Instrumental Analysis*; 5th Ed.; Brooks Cole: California, U.S.A., 1998; pp 272-298.
 18. Halliday, D.; Resnick, R. *물리학* 총론, 김종오 번역; 교학사; 서울, 1990; pp 1086-1089.
 19. Cotton, F. A., Wilkinson, G., Murillo, C. A., Bochmann, M. *Advanced Inorganic Chemistry*; 6th Ed.; John Wiley & Sons, Inc.; New York, U.S.A., 1999; pp 775-876.
 20. Anthony, J. W. *Handbook of Mineralogy*; Mineral Data Publishing: Virginia, U.S.A., 2003; Vol. 1.
 21. Gaines, R. V., Skinner, C. W., Foord, E. E., Manson, B., Rosenzweig, A. *Dana's New Mineralogy*; John Wiley & Sons, Inc.; New York, U.S.A., 1997; pp 37-150.
 22. Kissin, S. A., Scott, S. D. *Economic Geology*; **1982**, *77*, 1789.
 23. Nesse, W. D. *Introduction to Mineralogy*; Oxford University Press, Inc.; New York, U.S.A., 1999; pp 377-396.
 24. Mcneil, M. B.; Little, B. J. *Journal of the American Institute for Conservation*. **1999**, *38*, 186.
 25. Janickis, V.; Maciulevicius, R.; Ivanauskas, R. *Materials Science*, **2004**, *10*, 225.
 26. Leavitt, D. L. *Activities and Resources for Earth Science Teachers*; The Maine Geological Survey in Augusta: Maine, U.S.A., 1992; pp 148-153.
 27. Janickis, V.; Maciulevicius, R.; Ivanauskas, R. *Materials Science*, **2004**, *10*, 225.