

고등학생들의 화학반응속도 개념과 화학평형 개념간의 상관관계

박국태* · 김경수[†] · 박광서 · 김은숙 · 김동진

한국교원대학교 화학교육과

[†]청학교등학교

(2005. 12. 7 접수)

The Correlation between Concepts on Chemical Reaction Rates and Concepts on Chemical Equilibrium in High School Students

Kuk-Tae Park*, Kyung-Su Kim[†], Kwang-Seo Park, Eun-Suk Kim, and Dong-Jin Kim

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

[†]Cheonghak High School, Kyunggi 472-811, Korea

(Received December 7, 2005)

요 약. 이 연구의 목적은 고등학생들의 화학반응속도 개념과 화학평형 개념을 조사하여 이들간의 상관관계를 알아보고자 하는 것이었다. 연구대상은 경기도 K시 소재의 인문계 고등학교 자연계열 3학년 학생 120명이었다. 이 연구를 위하여 화학반응속도와 화학평형에 관한 학습내용에서 서로 관련이 있는 것들을 선정하여 개념 검사지를 개발하였고, 문항별 응답 내용을 분석하였다. 연구결과, 화학반응속도에 관한 객관식 문항에 대한 정답률은 높게 나타났으나, 응답 이유를 묻는 문항에 대한 정답률은 상대적으로 낮아서 화학반응속도에 대한 과학적 개념 형성이 잘 되어 있지 않음을 알 수 있었다. 대부분의 고등학생들은 정반응 속도에 관한 문항의 정답률은 높았으나 역반응 속도에 관한 문항의 정답률은 낮았다. 화학평형에 관한 개념의 형성 정도에 있어서는 한쪽 반응만 생각해도 이해할 수 있는 평형개념에 대한 정답률은 높게 나타났으나 정반응과 역반응을 동시에 생각해야 하는 문항에 대한 정답률은 낮게 나타났다. 고등학생들의 화학반응속도 개념과 화학평형 개념간의 상관관계에서 전체적인 상관관계가 다소 높은 것으로 나타났다. 특히, 역반응에 관한 화학반응속도 개념이 부족한 고등학생들은 화학평형이 동적 평형 상태라는 것을 잘 이해하지 못하는 것으로 나타났으며, 화학반응 메커니즘을 충돌론으로 잘 이해하지 못하는 고등학생들은 농도와 촉매가 화학평형 이동에 미치는 영향에 대한 이해도 부족한 것으로 나타났다. 그리고 농도와 촉매에 관련된 화학반응 개념과 화학평형 개념간에 상관관계가 있으나 낮은 것으로 나타났다. 따라서 화학평형의 선개념으로 중요한 부분인 화학반응속도에 관한 과학적 개념형성이 화학평형에 대한 오개념을 줄일 수 있는 방안이 될 수 있다. 그리고 한쪽 반응에만 국한된 화학반응속도에 관한 교수-학습 방법은 동적 평형과 관련된 화학평형 개념 형성에 어려움을 초래하므로, 화학반응속도에 근거하여 정반응과 역반응을 모두 언급할 수 있도록 하는 교수-학습 방법을 개발하여 학습지도하는 것이 화학평형 개념 형성에 효과적일 것이다.

주제어: 화학반응속도, 화학평형, 정반응, 역반응, 동적 평형, 개념간의 상관관계

ABSTRACT. The purpose of this study was to investigate the correlation between concepts on chemical reaction rates and concepts on chemical equilibrium in high school students. The subjects of the investigation consisted of 120 third grade students attending high school in K city of Kyunggi province. For this study, questionnaire relevant to the subject of chemical reaction rates and chemical equilibrium was developed and the answers were analyzed. As a result of the

study, a large percentage of high school students answered questions on reaction rates correctly, but only a small percentage of the students could give explanations. Many high school students answered questions on the rates of forward reactions correctly, but not the questions on the rates of reverse reactions. For the concepts on chemical equilibrium, many high school students gave correct answers when faced with equilibrium questions that only required the understanding of one side of the reaction. But the students could not answer the questions requiring understanding of both forward and reverse reactions as well. Overall, there was a little high correlation between concepts on chemical reaction rates and concepts on chemical equilibrium in high school students. Especially, high school students with little understanding of reverse reaction rates did not understand that chemical equilibrium is a dynamic equilibrium. Also, high school students with little understanding of the collision mechanism regarding chemical reaction rates did not understand the effect of concentration and catalyst factors on chemical equilibrium. And the correlation between concepts on chemical reaction rates and concepts on chemical equilibrium related to concentration and catalyst factors was low. In conclusion, the formation of scientific concepts on chemical reactions rates can decrease misconceptions on chemical equilibrium. Also the teaching-learning method limited to one side of a reaction can cause difficulty in forming the concepts on chemical dynamic equilibrium. Therefore, the development of a teaching-learning method which covers both the forward and reverse reactions can be effective in helping students form the concepts on chemical equilibrium.

Keywords: Chemical Reaction Rates, Chemical Equilibrium, Forward Reaction, Reverse Reaction, Dynamic Equilibrium, Correlation Between Concepts

서 론

과학교육은 과학적인 지식·탐구·태도를 최대한 육성하도록 도와주는 활동이며, 이 중에서 과학적 개념의 올바른 이해는 과학교육의 중요한 과제 중의 하나이므로, 과학수업 이전에 학생들이 가지고 있는 개념은 어떤 성질을 갖고 있고, 수업 후에는 어떤 변화 과정이 있는지를 밝히는 것이 매우 중요하다.

제7차 교육과정에서는 학습자의 흥미와 능력의 차이를 고려한 수준별 교육 활동을 강조하고 있다. 이러한 교육활동이 효과적으로 이루어지기 위해서는 먼저 학습자의 수준에 적절한 개념과 개념의 구조를 인지하고 학습자의 개념 인식 수준 실태에 관한 인식이 선행되어야 할 것이다. 이것은 학습자가 외부의 주어진 환경을 단순히 내면화함으로써 학습이 일어나는 것이 아니라, 기존의 지식 구조 안에 새로운 지식을 결합시킴으로써 학습이 이루어진다는 것을 의미한다.^{1,2}

실제로 학생들은 정규적인 과학 학습을 하기 이전에 주변의 상황이나 자신의 경험을 통하여 과학 학습에서 사용되는 많은 용어나 개념에 대하여 자신의 인지 수준으로 해석하고 이해하려는 특성을 갖고 있다. 즉, 자연현상에 대한 자기 나름대로의 개념을 갖고, 그 개념에 의하여 다른 자연 현상을 설명한다. 학

생들의 개념은 자신들의 인지 구조와 외부 환경과의 자발적인 상호작용에 의해 자기 나름의 고유한 개념 구조들로 형성되어지며, 이러한 개념들 중에는 과학에서는 인정할 수 없는 개념들이 상당수 존재하게 된다. 이러한 개념을 오개념, 오인, 대체개념이라 하는 네 이는 쉽게 없어지거나 변화되지 않는 특성을 지니고 있기 때문에 잘 고쳐지지 않으며, 과학교육에 있어서 크나큰 장애로 작용될 수 있다는 것이 많은 연구들을 통해 알려져 있다.^{3,5}

국내외에서의 화학교육 분야에 관한 개념 연구는 주로 밀도, 입자, 화학반응속도, 분자구조, 화학평형 등의 내용을 대상으로 이루어져 왔으며,⁶⁻¹⁴ 효과적으로 개념을 획득할 수 있는 교수-학습 전략 측면에서도 다양하게 연구되어 왔다.¹⁵⁻¹⁷ 이 중 화학반응속도 개념과 화학평형 개념에 대한 연구결과, 많은 학생들이 다양한 오개념을 가지고 있는 것으로 드러났으며, 이 오개념은 선수 개념의 부족과 르샤를리에 원리의 기계적 적용 등 매우 다양한 원인으로 형성된다고 하였다.¹⁸

그러나 대부분의 선행연구들¹⁹⁻²³은 학생들의 개념 유형 분석이나 개념 형성 정도의 조사, 그리고 실험 분석에 머무르고 있다. 그리고 고등학교 과학 교과서^{24,25}와 화학 교과서^{26,27}에서 화학반응속도에 관한 부정확한 개념 습득이나 오개념이 이후의 화학평형 개념 학

습에 영향을 미칠 수 있으므로, 화학반응속도 단원 내용과 화학평형 단원 내용의 관련성에 대한 연구가 필요하다. 따라서 이 연구에서는 고등학생들의 화학 반응속도 개념과 화학평형의 개념을 동시에 연구하여 이들간의 상관관계를 알아보려고 한다.

연구 방법

연구 대상. 경기도 K시 소재의 인문계 고등학교 3학년 자연계열 4개 학급 남학생 60명과 여학생 60명을 임의로 선정하였으며, 심화선택 과목으로 화학을 선택하여 이수한 학생들을 선정하였다.

개념 검사지 개발. 화학반응속도와 화학평형에 관한 고등학생들의 개념 검사 문항들은 연구의 취지에 맞게 개발한 것을 사용하였다. 개념 검사지는 선행연구^{19,21,23}에서 사용된 문항을 바탕으로 예비검사를 하여 수정 보완한 후, 화학전공 교수 1명과 화학교과 담당 교사들로부터 타당도를 검증 받았다. 개발된 개념 검사지는 화학반응속도 관련 12개 문항과 화학평형 관련 10개 문항(Table 1)을 선택형으로 구성하였으며, 화학반응속도 관련 선택형 12개 문항에는 응답 이유를 묻는 문항도 포함시켰다. 선행연구¹⁹에서 화학시험 문제를 풀 때 학생들이 문제 해결법을 암기하기 때문에 화학 개념을 제대로 이해하고 있지 않다고 했기 때문에, 이 연구에서는 응답 이유를 묻는 문항에 바르게 답한 경우에만 화학반응속도 개념이 형성된 것으로 간주하였다.

화학반응속도 관련 문항은 화학반응속도 개념, 화학반응속도와 농도, 화학반응속도와 반응온도, 그리고 화학반응속도와 촉매에 관한 내용으로 구성되어

있다(Table 1). 화학 반응속도 개념 문항은 단위 시간 당 생성되는 기체의 부피 자료를 이용해 정반응과 역반응에서 반응속도의 변화를 알아보는 것이다. 그리고 화학반응속도와 농도 문항은 금속의 연소가 산소의 농도와 어떤 관계가 있는지 알아보는 것이며, 화학반응속도와 반응온도 문항은 온도에 따른 분자의 운동에너지와 분자 수를 나타낸 그래프를 이용해 온도와 반응속도와의 관계를 알아보는 것이고, 화학반응속도와 촉매에 관한 문항은 평형상태의 반응에 정촉매를 넣었을 때 반응속도 변화를 알아보는 것이다.

화학평형 관련 문항은 화학평형 개념, 화학평형과 농도, 화학평형과 온도, 그리고 화학평형과 촉매에 관한 내용으로 구성되어 있다(Table 1). 화학평형 개념 문항은 화학평형 상태에 대한 것과 화학평형 상태에서 정반응과 역반응 속도를, 그리고 생성물질과 반응물질의 농도변화를 묻는 것으로 구성되어 있다. 화학평형과 농도 문항은 평형상태에 반응물질을 더 첨가했을 때의 변화를 알아보는 것이며, 화학평형과 온도 문항은 평형상태에서 온도를 올려주었을 때 새로운 평형상태에서 생성물의 농도 변화를 묻는 것이고, 화학평형과 촉매에 관한 문항은 평형상태에 정촉매를 넣어 새로운 평형상태에 도달했을 때 생성물질의 농도 변화를 알아보는 것이다.

자료의 분석. 화학반응속도와 화학평형에 관한 개념 검사는 학급 담임교사의 도움을 받아 방과 후 자기주도 학습 시간을 할애하여 연구 대상 고등학생들을 상대로 실시하였다. 먼저 화학반응속도에 관한 개념 검사지를 배부하여 검사를 실시하고, 검사가 끝나고 5분 후에 다시 화학평형에 관한 개념 검사지를 배부하여 검사를 실시하였다. 검사 소요시간은 각각 15

Table 1. Items of the concepts test

Category	Number	Content
Chemical reaction rates	1-2	Concepts of forward reaction rates
	3-4	Concepts of reverse reaction rates
	5-6	Effect of concentration on chemical reaction rates
	7-10	Effect of temperature on chemical reaction rates
	11-12	Effect of catalyst on chemical reaction rates
Chemical equilibrium	1-5	Concepts of chemical equilibrium
	6-7	Effect of concentration on chemical equilibrium
	8	Effect of temperature on chemical equilibrium
	9-10	Effect of catalyst on chemical equilibrium

분을 원칙으로 하였으나, 시간부족으로 인하여 개념 검사지를 끝까지 작성하지 못하는 학생들에게는 충분한 시간을 배려하였다.

연구 결과 및 논의

화학반응속도 개념 형성 정도. 화학반응속도에 관한 개념 형성 정도는 객관식 문항에 대한 정답률과 객관식 문항에서 그렇게 응답한 이유를 묻는 문항에 대한 정답률로부터 얻은 과학적 개념 형성율을 구분하여 분석하였다. 화학반응속도 개념에 대한 정답률을 객관식 문항과 응답 이유를 묻는 문항으로 나누어서 Table 2에 나타내었다.

Table 2에서 보는 바와 같이, 객관식 문항에 대한 정답률의 전체 평균이 72.2%로 매우 높게 나왔으나, 과학적 개념 형성율을 나타내는 응답 이유를 묻는 문항에 대한 정답률은 52.1%로 상대적으로 낮게 나왔다. 이것은 대부분의 고등학생들이 화학 반응속도에 관한 과학적 개념들을 정성적으로 잘 이해하지 못하고 기계적 암기에 의존하고 있음을 보여주고 있다. 좀 더 자세히 알아보기 위해 화학반응속도의 각 영역별 개념 형성율을 분석하였다.

정반응속도와 역반응속도에 대한 개념 형성율 분석. 밀폐된 반응용기에서 반응물질이 서로 반응하여 생성물질을 만들어 가는 과정에서 일어나는 화학반응속도와 농도 또는 부피의 변화에 관한 개념유형을 분석하였다. 개념 검사지의 관련 문항은 다음과 같은데, 발생된 요오드화수소(HI) 기체의 총 부피량(mL)은 실험에서 직접적으로 측정된 값이 아니라 간접적으로 계산된 값이다.

(1번~4번) 다음 문제를 읽고 물음에 답하시오.

밀폐된 그릇 안에 수소(H₂)와 요오드(I₂)를 넣고 약 500°C에서 반응시켜서 발생하는 요오드화수소(HI) 기체의 부피를 측정하였다. 다음 표는 이 반응에서 발생된 요오드화수소(HI) 기체의 시간에 따른 부피 측

정값을 나타낸 것이다.

시간(분)	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
발생된 HI의 총 부피량(mL)	0	8	14	20	25	29	31	32	32

수소와 요오드가 반응하여 요오드화수소 기체가 발생하는 반응에서 정반응속도는 시간이 지남에 따라 어떻게 되었는가라는 문항 1에서, 정반응속도가 점점 느려졌다는 정답에 답한 고등학생들의 비율이 93.0%로 정답률이 매우 높았지만, 응답 이유를 묻는 문항 2에서 올바르게 응답한 고등학생들의 비율은 63.2%로 낮게 나타났다(Table 2). 이것은 반응속도를 시간에 대한 농도 변화의 개념이 아닌 단순한 부피 변화로만 답변한 것으로, 화학반응속도 개념에 대한 정확한 이해 없이 기계적 암기에 의해 선택형 문항의 정답률이 높게 나타난 것으로 볼 수 있다.

역반응속도는 시간이 지남에 따라 어떻게 되었겠는가라는 문항 3에서 역반응속도가 점점 빨라진다고 답한 고등학생들의 정답 비율은 43.0%였으나, 응답 이유를 묻는 문항 4에서의 정답 비율은 18.4%로 매우 낮았다(Table 2). 이것은 대부분의 과학 교과서^{24,28}와 화학 교과서^{29,31}에서 화학반응속도를 정의할 때, 정반응만 일어나는 비가역 반응을 예로 들어서 생성물에 대한 그래프만을 사용하여 화학반응속도를 설명하기 때문에 역반응을 동시에 생각하지 못하는 것으로 생각된다. 즉, 반응이 진행함에 따라 생성물이 증가해야 하기 때문에 정반응의 속도는 증가해야 하고, 역반응의 속도는 반대로 감소해야 한다고 많은 고등학생들이 생각하고 있었다. 이런 결과는 가역 반응을 설명할 때, 한쪽 반응에만 초점을 두고 설명하려는 경향을 가지고 있다는 연구결과¹⁴와 일치한다.

반응물의 농도와 화학반응속도에 관한 개념 형성율 분석. 화학반응속도와 농도에 관한 문항 5에서 반응물의 농도가 높을수록 반응속도가 빨라진다는 정답률이 82.5%로 높게 나타났으며, 응답 이유를 묻는 문

Table 2. Results of the correct answer to chemical reaction rates concepts test

Items	Unit: %					Mean
	Forward reaction rates	Reverse reaction rates	Effect of concentration	Effect of temperature	Effect of catalyst	
Multiple-choice type	93.0	43.0	82.5	89.9	52.6	72.2
Statement of reason	63.2	18.4	61.4	65.5	51.8	52.1

항 6에서의 정답 비율은 61.4%로 나타났다(Table 2). 그러나 응답 이유를 묻는 문항 6에서 반응물의 농도가 높으면 화학반응속도가 빨라진다고 답한 경우를 정답으로 하였기 때문에, 반응물의 농도가 높으면 유효 충돌수가 증가함으로 화학반응속도가 빨라진다는 과학적 개념으로 이해하고 있는지, 또는 과학적 개념에 대한 이해 없이 반복된 학습의 결과인지는 확인할 수 없었다.

반응계의 반응온도와 화학반응속도에 관한 개념 형성 분석. 화학반응속도와 반응온도에 관한 문항 7에서 반응온도를 올려주면 화학반응속도가 빨라진다는 정답률이 89.9%로 매우 높았으며, 응답 이유를 묻는 문항 8에서 올바르게 답한 고등학생들의 비율은 65.5%였다(Table 2). 대부분의 고등학생들이 문항 7에서 옳은 응답을 했지만, 화학반응속도 증가 원인이 분자의 운동에너지 증가보다는 충돌 횟수 증가 때문으로 생각하는 고등학생들의 비율이 34.0%로 상당수가 있었다. 이것은 고등학생들이 반응온도가 반응속도에 미치는 영향을 학습하는 과정에서 대부분의 고등학교 과학 교과서^{24,28}와 화학 교과서^{29,31}에서 설명하고 있는 충돌론의 내용을 잘 이해하지 못하는 것으로 생각이 된다. 즉, 반응온도를 올렸을 때 화학반응속도가 빨라지는 이유를 반응온도가 높아지면 분자의 운동이 활발해지기 때문에 분자들끼리의 충돌 횟수가 많아져서 화학반응속도가 증가한다고 고등학생들이 충돌론과 관련지어 생각하기 때문이다. 그러므로 화학반응속도에 미치는 온도의 영향에 대한 학습지도 시에 일반적으로 반응물질이 기체인 경우 반응온도가 10°C 올라가면 반응속도는 2배 정도 증가하나, 반응온도 10°C 상승에 따른 분자들의 충돌 횟수는 약 2% 밖에 증가하지 않기 때문에, 반응온도가 올라갈 때 분자들끼리의 충돌 횟수가 증가하는 것만으로 화학반응속도가 빨라진다는 개념을 갖지 않도록 해야 할 필요가 있다.

촉매와 화학반응속도에 관한 개념 형성 분석. 화학평형 상태에서 정촉매의 효과에 관한 문항 11에서

정촉매를 넣었을 때, 정반응과 역반응속도가 모두 빨라진다고 응답한 고등학생들의 비율은 52.6%였으며, 응답 이유를 묻는 문항 12에 올바르게 답한 고등학생들의 비율도 비슷한 51.8%였다(Table 2). 다른 문항들에 비해서 촉매와 화학반응속도에 관한 개념 형성율이 비교적 낮게 나타났다. 이것은 촉매가 화학반응속도에 미치는 영향에 대한 이유로 반응경로와 활성화 에너지에 관련된 과학적 개념이 많아³³ 고등학생들이 이들에 대한 이해가 낮기 때문인 것으로 생각된다.

화학평형 개념 형성 정도. 화학평형에 대한 개념 형성 정도는 객관식 문항에 대한 정답률로 분석하였다(Table 3).

Table 3에서 보는 바와 같이, Table 2의 화학반응속도 관련 문항에 대한 정답률의 평균인 72.2%에 비해서 화학평형 관련 문항에 대한 정답률의 평균이 32.0%로 상당히 낮다. 이것은 고등학생들이 화학평형의 과학적 개념 이해에 많은 어려움을 느끼고 있다는 것을 나타내 주는 것이다. 화학평형 개념은 고등학생들이 이해하기 어렵고 또한 가르치기도 어려운 개념 중의 하나로서 선수 개념의 부족과 이상기체법칙, 부분압력, 농도, 화학양론, 화학반응속도 등의 잘못된 적용, 평형상수와 평형상수 식에 대한 잘못된 인식, 르 샤틀리에 원리의 기계적 적용 등의 매우 다양한 원인으로 고등학생들이 다양한 오개념을 가지고 있다는 연구 결과들^{18,21}과 일치한다. 좀 더 자세하게 알아보기 위해 화학평형에 관한 각 영역별 개념 형성율을 분석하였다.

화학평형 개념 형성 분석. 문항 1이 화학평형의 기본적인 개념인 동적 평형에 대한 이해 정도를 알아보기 위한 것임에도 불구하고 정답률이 36.0%로 낮은 것은, 많은 고등학생들이 화학평형 상태를 정적 평형 상태로 잘못 생각하고 있음을 잘 보여주는 것이다. 동적 평형에 관한 문항 2의 정답률이 21.1%로 낮았고, 또한 평형 상태에 도달하는 과정에서 정반

Table 3. Results of the correct answer to chemical reaction equilibrium concepts test

Concepts	State of chemical equilibrium	Effect of concentration	Effect of temperature	Effect of catalyst	Mean
Response percent (%)	38.1	29.4	26.3	34.2	32.0

응속도와 역반응속도 변화에 관한 문항 3의 정답률이 27.2%로 낮은 것은 많은 고등학생들이 화학평형을 정반응과 역반응이 동시에 일어나는 동적 평형으로 이해하고 있지 않음을 잘 나타내 주는 것이다. 화학평형 상태에 도달하는 과정에서 반응물과 생성물의 농도 변화에 관한 문항 4에서는 정답률이 54.4%로 다소 높았으며, 또한 화학평형 상태에서 반응물과 생성물의 농도에 관한 문항 5에서도 정답률이 51.8%로 다소 높았다. 이것은 이들 문항이 한쪽 반응만 생각해도 해결할 수 있는 것에 기인한 것 같으며, 또한 화학반응속도에 관한 학습에서 주로 정반응에 관한 개념만을 학습한 것과 관련이 있을 것으로 생각된다.

농도변화와 화학평형 개념 형성률 분석. 정반응과 관련된 농도 증가에 따른 화학평형 이동에 관한 문항 6에서는 정답률이 44.8%였으나, 역반응과 관련된 농도 변화에 따른 화학평형 이동에 관한 문항 7에서의 정답률은 14.0%로 매우 낮았다. 이것은 선행연구¹⁴에서도 지적했듯이 가역 반응을 설명할 때, 일반적으로 정반응에만 초점을 두고 설명함으로써 역반응에 대한 학습이 상대적으로 적게 이루어지기 때문이라고 생각된다.

반응온도 변화와 화학평형 개념 형성률 분석. 반응온도 변화에 따른 화학평형 이동에 관한 문항 8에서 정답률이 26.3%로 과학적 개념 형성률이 낮았다. 이것은 고등학생들이 화학반응속도와 반응온도와의 관계에서 반응온도를 올려주면 정반응 속도만 빨라진다고 한쪽 반응만을 생각하거나, 또는 반응온도를 올리면 정반응속도와 역반응속도가 동시에 빨라지기 때문에 화학평형은 이동하지 않는다고 생각하는에서 오는 오개념과 관련이 있는 것으로 생각된다.

촉매와 화학평형 개념 형성률 분석. 촉매에 의한 화학평형 이동에 관한 문항 9에서 정답률이 36.8%로

나온 것은 반응 메커니즘에 의한 이해보다는 촉매는 화학반응속도를 빠르게 한다는 단순한 학습효과에 의한 결과라고 생각된다. 그리고 촉매에 의한 화학평형 이동에서 역반응속도와 관련된 문항 10에서의 정답률이 31.6%로 다소 낮게 나타난 것은 고등학생들이 화학반응속도에 미치는 촉매의 영향을 학습할 때, 정반응속도와 활성화 에너지 관계만을 학습한 결과로 역반응의 활성화 에너지도 동시에 변화됨을 잘 이해하지 못하기 때문인 것으로 생각된다.

화학반응속도 개념과 화학평형 개념간의 상관관계. 화학반응속도 관련 문항과 화학평형 관련 문항의 각 영역별로 정답률을 분석한 후, 이를 토대로 화학반응속도와 화학평형 각 영역별 개념간의 상관관계를 알아보았다.

화학반응속도와 화학평형 개념 형성률 비교. 고등학생들의 화학반응속도와 화학평형의 각 영역별 개념 형성률을 비교하였다(Table 4). 화학평형 개념 형성률 분석에서 동적 평형을 이해하고 있는 경우를 정답으로 하였기 때문에, 정반응속도에 대한 개념 형성률과 역반응속도에 대한 개념 형성률을 같다고 간주하였다.

Table 4에서 보는바와 같이, 고등학생들의 화학반응속도와 화학평형의 각 영역별 개념 형성률을 비교해보면, 모든 영역에서 화학평형 개념 형성률이 떨어짐을 볼 수 있다. 화학반응속도에 대한 개념 형성률에 비하여 화학평형에 대한 개념 형성률이 떨어지는 것은, 화학반응속도 학습 시에 정반응 위주의 개념 학습으로 인하여 화학평형 학습에서도 정반응 위주의 개념 학습이 이루어지기 때문으로 생각된다. 그리고 화학반응속도 개념과 화학평형 개념간에 연관성이 있기 때문에 화학반응속도 개념 학습 시의 정반응 위주의 개념 학습이 화학평형에 대한 오개념의 원인이 될 수 있음을 나타내 주는 것이다.

Table 4. Comparison of the percentage of formation of concepts on chemical reaction rates and concepts on chemical equilibrium Unit. %

Items	Forward reaction rates	Reverse reaction rates	Effect of concentration	Effect of temperature	Effect of catalyst	Mean
Chemical reaction rates	63.2	18.4	61.4	65.5	51.8	52.1
Chemical equilibrium	38.1	38.1	29.4	26.3	34.2	32.0

Table 5. The correlation between concepts on chemical reaction rates and concepts on chemical equilibrium

	Factor	Mean (%)	Std. Deviation	
Concepts	Chemical reaction rates	52.1	18.6	0.51 ⁴
	Chemical equilibrium	32.0	19.5	
Forward reaction	Chemical reaction rates	63.2	48.6	0.17
	Chemical equilibrium	38.1	25.1	
Reverse reaction	Chemical reaction rates	18.4	37.7	0.23 ⁴
	Chemical equilibrium	38.1	25.1	
Effect of concentration	Chemical reaction rates	61.4	43.0	0.34 ⁴
	Chemical equilibrium	29.4	31.8	
Effect of temperature	Chemical reaction rates	65.5	27.8	0.12
	Chemical equilibrium	26.3	44.5	
Effect of catalyst	Chemical reaction rates	51.8	38.4	0.33 ⁴
	Chemical equilibrium	34.2	50.2	

화학반응속도 개념과 화학평형 개념 전 영역간 및 각 영역별 상관관계. 고등학생들의 화학반응속도와 화학평형의 각 영역별로 개념 형성율을 비교한 Table 4의 결과를 근거하여, 화학반응속도 개념과 화학평형 개념 전 영역간 및 각 영역별로 상관관계를 분석하였다(Table 5).

Table 5에서 화학반응속도 개념과 화학평형 개념 전 영역의 개념간 상관관계수가 0.51로, 화학반응속도 개념의 이해와 화학평형 개념의 이해와는 상관관계가 다소 높다. 이것은 고등학생들의 화학반응속도 개념과 화학평형 개념간에 상호 관련성이 있다는 것을 의미하며, 선행학습 단원인 화학반응속도 개념이 화학평형 개념 형성에 기초가 됨을 의미한다.

정반응속도 개념과 화학평형 개념간의 상관관계수가 0.17로, 고등학생들의 정반응속도 개념과 화학평형 개념간에 상관관계가 거의 없는 것으로 나타났다. 즉, 정반응속도 개념은 화학평형에서 정반응속도와 역반응속도가 같은 동적 평형이라는 개념 형성에 영향을 주지 않는 것으로 판단된다.

역반응속도 개념과 화학평형 개념간의 상관관계수가 0.23으로, 고등학생들의 역반응속도 개념과 화학평형 개념간에 상관관계가 있으나 낮은 것으로 나타났다. 그렇지만 정반응속도 개념과 화학평형 개념간에 상관관계가 거의 없는 것에 비해서 상관관계가 낮지만 있는 것은 역반응속도 개념을 잘 이해하고 있는 고등학생들이 화학평형 개념을 보다 잘 이해하고 있는 것으로 생각할 수 있다.

농도와 관련된 화학반응속도 개념과 화학평형 개념

간의 상관관계수가 0.34로, 고등학생들의 농도와 관련된 화학반응속도 개념과 화학평형 개념간에 상관관계가 있으나 낮은 것으로 나타났다. 이것은 정반응속도에 영향을 미치는 농도 요인을 분자들의 충돌수와 관련시킨 학습효과가 어느 정도 역반응속도 개념 학습과 관계가 있는 것으로 생각된다. 그렇지만 농도와 관련된 화학평형 개념 형성율이 낮은 것은 많은 고등학생들이 화학반응속도에서 역반응은 고려하지 않고 정반응만을 고려하고 있음을 보여주는 것이다.

반응온도와 관련된 화학반응속도 개념과 화학평형 개념간의 상관관계수가 0.12로, 고등학생들의 반응온도와 관련된 화학반응속도 개념과 화학평형 개념간에 상관관계가 거의 없는 것으로 나타났다. 이것은 많은 고등학생들이 반응온도는 반응속도에만 관여 할 뿐 화학평형과는 무관하다고 생각하기 때문이라 생각된다. 그리고 많은 고등학생들이 화학평형과 화학반응속도를 혼동하며,^{14,15} 화학반응속도 단원 학습에서 기초 학습을 제대로 하지 않았기 때문에 반응온도와 관련된 화학평형 개념 형성에 어려움이 있는 것으로 생각된다.

촉매와 관련된 화학반응속도 개념과 화학평형 개념간의 상관관계수가 0.33으로, 고등학생들의 촉매와 관련된 화학반응속도 개념과 화학평형 개념간에 상관관계가 있으나 낮은 것으로 나타났다. 이것은 많은 고등학생들이 화학반응속도에 미치는 촉매의 영향을 학습하는 과정에서 활성화 에너지를 고려한 학습이 화학평형에 미치는 촉매의 영향에 대한 개념 이해와 관계가 있는 것으로 생각된다.

결론 및 제언

이 연구에서 인문계 고등학교 자연계열 3학년 학생 120명을 대상으로 화학반응속도 개념과 화학평형 개념간의 상관관계를 알아보려고 하였다. 먼저 화학반응속도에 관한 개념 형성과 화학평형에 관한 개념 형성을 알아보았다. 그리고 고등학생들의 화학반응속도 개념과 화학평형 개념간의 상관관계를 알아보았다.

연구 결과에 의하면, 고등학생들의 화학반응속도에 관한 객관식 문항에 대한 정답률은 72.2%로 비교적 높게 나왔으나, 과학적 개념 형성율을 나타내는 응답 이유를 묻는 문항에 대한 정답률은 52.1%로 상대적으로 낮았다. 화학반응속도에서 과학적 개념 형성율이 가장 낮은 영역은 역반응속도에 관한 문항으로 개념 형성율이 18.4%에 불과하였다. 그리고 고등학생들의 화학평형에 관한 과학적 개념 형성율은 32.0%로 화학반응속도에 관한 과학적 개념 형성율에 비해서 낮았다. 영역별로는 정반응에 관련된 개념 형성율이 역반응에 관련된 개념 형성율보다 높았다. 한편, 고등학생들의 화학반응속도 개념과 화학평형 개념간의 상관관계에서 전체적인 상관계수가 0.51로 상관관계가 다소 높은 것으로 나타났다. 영역별로는 농도와 촉매와 관련된 개념간의 상관계수가 각각 0.34와 0.33으로 상관관계가 있으나 낮은 것으로 나타났으며, 온도와 관련된 개념간의 상관계수는 0.12로 상관관계가 거의 없었다.

고등학생들이 화학반응속도에 대한 개념 이해보다 화학평형에 대한 개념 이해가 많이 부족하고, 정반응속도 개념의 형성율에 비해서 역반응속도 개념의 형성율이 낮은 것은, 고등학생들이 화학반응속도 개념 학습 시에 평형 상태에 도달하기 전의 반응과정에서 정반응에만 주의를 기울이기 때문으로 생각된다. 이러한 것이 화학평형 개념 이해에 장애요인으로 작용할 수 있어, 역반응 속도개념 형성율이 낮은 고등학생일수록 화학평형 개념 형성율이 낮은 것이다. 따라서 화학평형 개념의 선개념으로 중요한 부분인 화학반응속도에 관한 과학적 개념 형성이 화학평형에 대한 오개념을 줄일 수 있는 방안이 될 수 있을 것이다.

그리고 정반응 위주의 화학반응속도에 관한 교수-학습 방법은 동적 평형과 관련된 화학평형 개념 형성에 어려움을 초래하므로, 화학반응속도론에 근거하

여 정반응과 역반응을 모두 언급할 수 있도록 하는 교수-학습 방법을 개발하여 학습 지도하는 것이 화학평형 개념 형성에 효과적일 것이다.

인용문헌

1. Kwon, J.-S. *J. Kor. Assoc. Res. Sci. Educ.* **1992**, *12*, 19.
2. Cho, H.-H. *J. Kor. Assoc. Res. Sci. Educ.* **1984**, *4*, 34.
3. Cho, H.-H. *J. Kor. Assoc. Res. Sci. Educ.* **1988**, *8*, 33.
4. Wandersee, J. H.; Mintzes, J. J.; Novak, J. D. In *Handbook of research on science teaching and learning*, Gable, D. L., Ed.; Macmillan Publishing Co.: New York, 1994; pp 177-210.
5. Pfund, H.; Duit, R. *Bibliography: Students' alternative frameworks and science education*: Institute of Science Education: University of Lie. 2002; p 277.
6. No, T.-H.; Seo, I.-H.; Cha, J.-H.; Kim, C.-M.; Gang, S.-J. *J. Kor. Assoc. Res. Sci. Educ.* **2001**, *21*, 497.
7. Choi, B.-S.; Kim, C.-H. *J. Kor. Assoc. Res. Sci. Educ.* **1992**, *12*, 31.
8. Lee, O.; Eichinger, D. C.; Anderson, C. W.; Berkheimer, G. D.; Blakeslee, T. D. *J. Res. Sci. Teach.* **1993**, *30*, 249.
9. Maskill, R.; Cachapuz, A. F. C.; Koulaidis, V. *Int. J. Sci. Educ.* **1997**, *19*, 631.
10. Hackling, M. W.; Gamett, P. T. *J. Aus. Res. Sci. Teach.* **1986**, *31*, 8.
11. Hackling, M. W.; Gamett, P. T. *Int. J. Sci. Educ.* **1993**, *15*, 221.
12. Wheeler, A. E.; Kass, H. *Int. J. Sci. Educ.* **1978**, *62*, 223.
13. Banerjee, A. C. *Int. J. Sci. Educ.* **1991**, *13*, 487.
14. Bergquist, W.; Heikkinen, H. *J. Chem. Educ.* **1990**, *67*, 1000.
15. Quilez-Pardo, J.; Solaz-Portoles, J. *J. Res. Sci. Teach.* **1995**, *32*, 939.
16. Jeff, S. P.; Henry, W. H. *J. Res. Sci. Teach.* **2005**, *42*, 1112.
17. Allan, G. H.; Onno, D. J. *J. Res. Sci. Teach.* **2005**, *42*, 1135.
18. Park, J.-Y.; Park, H.-I. *J. Kor. Chem. Soc.* **2002**, *46*, 265.
19. Jun, H.-C. *A study on the establishment concepts for chemical reaction rates in high-school students*. M. Ed. Thesis, Yonsei University, 2001.
20. Kim, J.-G. *Analysis of the student's conception on chemical equilibrium by the level of learning*. M. Ed. Thesis, Korea National University of Education, 1994.
21. Lee, B.-J. *The effectiveness of demonstration lesson on the formation of the concepts of chemical equilibrium*. M. Ed. Thesis, Korea National University of Education, 1997.

22. Cho, H.-S.; Choi, B.-S.; Park, K.-T. *J. Kor. Chem. Soc.* **2004**, *48*, 283.
 23. Park, K.-T.; Kim, E.-S.; Park, K.-S.; Kim, M.-H. *J. Kor. Chem. Soc.* **2005**, *49*, 105.
 24. Kang, Y.-H.; Cho, W.-G.; Kwon, S.-I.; Na, I.-S.; So, H.-S.; Cho, H. G.; Lee, M.-H.; Yoon, K.-S.; Ha, H.-M.; Seo, P.-W. *High school science 2*: Dusan Donga Publishing: Seoul, Korea, 1996; pp 37-54.
 25. Woo, G.-H.; Lee, S.-J.; Lee, J.-H.; Kim, C.-B. *High school science 2*: Cheonjae Education Publishing: Seoul, Korea, 1996; pp 38-51.
 26. Kim, S.-I.; Jeon, S.-Y.; Huh, S.-I. *High school science 2*: Kumsung Publishing: Seoul, Korea, 1996; pp 43-55.
 27. Han, B.-S.; Im, G.-I.; Bae, J.-H.; Sin, D.-H.; Lee, Y.-C. *High school science 2*: Donga Publishing: Seoul, Korea, 1996; pp 37-54.
 28. Gang, M.-S.; Jeong, C.-H.; Lee, W.-S.; Hong, S.-S.; Lee, C.-I.; Jang, B.-G.; Yun, Y. *High school science 2*: Kyohaksa Publishing: Seoul, Korea, 1996; pp 41-52.
 29. Choi, B.-S.; Moon, Y.-S.; Sin, J.-S.; Kim, D.-S.; Hyun, J.-O. *High school chemistry*: Hansam Publishing: Seoul, Korea, 1996; pp 47-66.
 30. Kim, Y.-W.; So, H.-S.; Yoon, K.-S.; Lee, Y.-M.; Huh, S.-I. *High school chemistry*: Dusan Donga Publishing: Seoul, Korea, 1996; pp 37-54.
 31. Kim, G.-J.; Woo, G.-H.; Lee, J.-G.; Yeo, S.-I. *High school chemistry*: Cheonjae Education Publishing: Seoul, Korea, 1996; pp 38-51.
 32. Kim, K.-H. *The effects of social interaction using ARCS strategies on the development of learning motivation and reaction rate concept*. Ph.D. Thesis, Korea National University of Education, 2002.
 33. Christine, L. C.; Edward, K. *J. Chem. Educ.* **1999**, *76*, 1714.
-