Journal of the Korean Chemical Society
2012, *Vol. 56, No. 5*
Printed in the Republic of Korea
http://dx.doi.org/10.5012/jkcs.2012.56.5.617

예비 과학 교사의 화학 개념에 대한 이해도와 문제 해결 능력 조사

최원호* · **윤혜선**
국립순천대학교
(접수 2011. 12. 27; 게재확정 2012. 5. 1)

Research on Pre-Service Science Teachers' Understanding of and Problem-Solving Ability with Regard to Chemistry Concepts

Won-Ho Choi* and Hyeo-Seon Yoon
*Sunchon National University, Korea. *E-mail: stensil@sunchon.ac.kr*
(Received December 27, 2011; Accepted May 1, 2012)

요 약. 본 연구에서는 사범대학 과학교육과에 재학 중인 예비 과학 교사들을 대상으로 고등학교 교육과정에 해당하는 화학 개념의 이해도와 문제 해결 능력을 관련 문항을 이용하여 조사하였다. 연구 결과, 오답을 선택하며 문제 해결에 필요한 정확한 개념을 가지지 못하는 예비 과학 교사들이 모든 문항에서 발견되었다. 이 결과의 원인을 찾기 위한 심층 질문을 통해 일부 예비 과학 교사에게서 나타난 몇 가지 사실을 확인할 수 있었다. 첫째, 예비 과학 교사들은 고등학생들에 비해 상대적으로 정확한 개념을 가지고 있었지만 몇몇 개념들에 대해서 고등학생들과 동일한 오개념을 가지고 있었다. 둘째, 과학 개념의 일반적 정의나 의미는 알고 있었지만 교육과정 상 강조하는 내용을 정확히 이해하지 못하였으며, 시각적으로 인지된 정보로 문제를 해결하려는 경향이 있었다. 셋째, 문제 해결과 관련된 일반적 개념의 필요성은 인식하는 반면 탐구와 관련하여 문제 해결에 필수적인 능력을 간과하거나 문제 해결에 도움이 되지 않는 상위 교육과정의 필요성을 제안하는 경향이 있었다.

주제어: 예비 과학 교사, 오개념, 문제 해결

ABSTRACT. We investigated pre-service science teachers' understanding of and problem-solving ability with regard to chemistry concepts in the high school curriculum. For this purpose, we used related certain items and analyzed the results. We found that in the case of all items, some pre-service science teachers, who do not have clear concepts, selected incorrect answers. The in-depth interviews we conducted with the participants revealed some of the causes for the results obtained. First, although pre-service science teachers have better concepts as compared to high school students, they have the same misconceptions as students with regard to some concepts. Second, although they are familiar with the general definitions or meanings of scientific concepts, they do not understand the specific content that is emphasized in the curriculum. Moreover, they tend to solve problems by the information visually conceived. Third, although they know the necessity of general concepts related to problem solving, they sometimes fail to apply inquiry skills and tend to suggest concepts from the higher education curriculum that are not helpful for solving problems.

Key words: Pre-service science teacher, Misconception, Problem solving

서 론

학생들은 학교에서 과학 수업 이전에 자신의 경험에 의해 형성된 선 개념을 가지고 있으며, 이것은 학습에 많은 영향을 끼치고 쉽게 변하지 않는 성질을 가지고 있다.[1] 학생들이 가진 선개념은 과학자적 개념과 큰 차이를 보이는 경우가 많이 있으며,[2] 잘못된 선개념을 계속 유지한 상태로 후속 학습에 임하면 새로운 오개념을 형성할 수 있다.[3]

학생의 과학 오개념에 대한 연구는 과학교육계에서 활발히 연구되어온 분야이며,[4] 우리나라에서는 학생뿐만 아니라 교사 및 예비 교사들을 대상으로 과학 개념에 관한 연구가 많이 진행되어 왔다. 힘과 운동 개념에 관한 연구,[5] 빛과 파동 개념에 관한 연구,[6] 확산 개념에 대한 연구,[7] 전극 전위 개념에 대한 연구,[8] 화학 전지 개념에 관한 연구,[9] 끓는점 오름에 관한 개념 연구,[10] 어는점 내림에 관한 개념 연구,[11] 물질의 상태 분류에 관한 개념 연구[12] 등에서 학생들뿐만 아니라 교사나 예비 교사들에게 과학 개념적 문제점들이 발견되었다. 구체적으로 살펴보면 전해질과 이온 개념과 관련하여 고등학생들은 중학교 교육과정에서 원자와 분자에 대한 학습이 있었음에도 불구하고 심

층적인 이해가 부족했으며,[13] 고등학생들은 일상생활에서 자연스럽게 습득한 개념들로 인해 산·염기 및 중화 개념과 관련하여 다양한 선개념을 가지고 있었다.[14] 학생들이 가지는 오개념이나 선개념은 학습이 이뤄진 후에도 유지되는 경향이 있는데,[1] 중학교 교육과정에서 원자와 분자에 대한 학습이 있었음에도 불구하고 고등학생들은 전해질과 이온 개념과 관련하여 이해가 부족한 현상,[13] 일상생활에서 자연스럽게 습득한 개념들로 인해 산·염기 및 중화 개념과 관련하여 고등학생들이 다양한 선개념을 학습 후에도 가지고 있는 현상[14]들은 해당 학년에서 요구되는 교육과정에 대하여 충분한 이해가 부족하기 때문이다. 이러한 현상은 고등학생뿐만 아니라 대학생에게서도 나타나는데, 반응 속도와 관련하여 고등학생과 사범계 화학전공 대학생들을 대상으로 한 개념 연구[15]에서 고등학생들은 직관적 사고를 통해 원리를 기계적으로 적용하려는 경향이 있었고 화학을 전공하는 대학생의 경우도 학습량이 많았음에도 불구하고 개념을 통합하여 이해하는 데 어려움이 있었다.

전 세계 여러 나라들이 국가 경쟁력 제고를 위해 학교교육의 질을 체계적으로 관리하려고 노력하고 있다.[16] 학생들의 부족한 개념이 교과서나 선생님의 부족한 설명이나 선생님의 잘못된 인식으로부터 영향을 받을 수 있고[17] 학생들이 받는 교육의 질은 교사의 영향을 크게 받는다는 관점에서 예비 과학 교사들이 과학 개념에 대한 정확한 이해를 하고 있는지에 대한 연구는 매우 중요하다.

과학 교사들은 학생들이 올바른 과학 개념을 가질 수 있도록 적절한 교수·학습 전략을 세울 수 있어야 하며, 이때 어떤 지식이 필요한지에 대한 올바른 인식이 필요하다. 본 연구에서는 예비 과학 교사들이 과학 개념에 대하여 이해도가 부족하다는 가정을 가지고 예비 과학 교사들이 제7차 고등학교 교육과정[18] 수준의 개념을 이용한 문제를 해결하는 능력을 알아보고, 해당 문제를 해결하기 위해 필요한 지식에 대하여 어떻게 인식하고 있는지 알아보고자 한다. 이를 통해 예비 과학 교사의 양성 프로그램에서 교사의 자질 함양을 위해 고려할 사항들에 대한 시사점을 얻고자한다.

연구 대상 및 방법

연구 대상

본 연구에서는 예비 과학 교사들의 중등학교 교육과정의 화학개념에 대한 이해도를 조사하기 위하여 경기도 소재 D 대학교 과학교육과에 재학 중인 1학년 31명을 연구대상으로 1차 검사 도구를 실시하였다. 1차 검사 도구를 회수하여 분석한 결과 7문항 전체를 맞춘 3명을 제외한 29명을 2차 검사 대상자로 선정하였다.

검사 도구

본 연구에서는 한국교육과정평가원의 2008~2009년 고등학교 1학년 국가수준 학업성취도 평가[19,20] 선다형 문항 중 오답이 나타나는 현상을 잘 관찰하기 위하여 정답률이 60%미만이면서 변별도가 0.40 이상인 문항 7개를 질문이나 보기의 변형 없이 선정하여 1차 검사 도구를 구성하였다. 예비 검사와 문항의 타당성을 검증한 절차는 선행 연구

***Table* 1.** Characteristics of the test item consisting of survey

No	Year-Item No	Unit	Achievement Standards	Grade	Percentage of Correct answer	Discrimination parameter
1	2008-12	Reaction of Acid and Base	to represent ionization process of acid in aqueous solution with chemical reaction equations.	10	39.8	0.54
2	2008-13	Reaction Rates	to design experiments controlled with the factor other than temperature(example: concentration of reactants, catalysts, size of solid etc.) to know effect of temperature on reaction rates.	10	49.0	0.48
3	2008-16	Reaction Rates	to represent reaction rates with the decrease of reactants or increase of products with time.	10	49.6	0.49
4	2009-14	Reaction Rates	to explain associated with concentration change of reactants why the reaction rates are decreased with time from the experimental data of the reactants decrement or the product increment with time.	10	52.2	0.48
5	2008-14	Electrolyte and Ion	to explain why current intensity is different according to electrolyte from the measured data of current intensity	10	53.0	0.43
6	2009-09	Electrolyte and Ion	to represent a shape of electrolyte existence in aqueous solution with particle(ion) model.	10	40.1	0.56
7	2009-15	Electrolyte and Ion	to perform experiments to distinguish electrolyte and non-electrolyte using appropriate experimental equipment.	10	44.0	0.44

[21]와 동일하다. 2차 검사 도구는 총 2개의 질문으로 구성되었으며 틀린 문항의 해당 보기를 정답이라고 생각한 이유와 이 문제를 풀기 위해서 필요한 중고등학교의 지식(개념, 원리, 법칙 등)과 능력에 대해서 서술하도록 하였다. 검사 도구를 구성하는 문항의 특징은 *Table* 1과 같다.

연구 절차 및 분석 방법

본 연구에서는 예비 과학 교사 31명을 대상으로 1차 검사를 실시하였다. 1차 검사는 제한 시간 40분 동안 검사지에 응답하도록 하였고, 1차 검사 도구 중 한 개라도 틀린 문항이 있는 연구 대상에게 일주일 후 1차 검사 도구와 2차 검사 도구인 질문지를 배부하여 2차 검사를 실시하였다. 2차 검사는 서술형인 점을 고려하여 시간을 제한하지 않았으나 평균적으로 응답하는데 걸린 시간은 1시간이었다.

1차 검사 결과를 이용하여 전체 응답자들의 문항별 정답률을 조사하고 각 문항의 오답을 선택한 반응률을 조사하였다. 2차 검사 결과를 이용하여 틀린 문항의 보기를 정답이라고 생각한 이유를 분석하여 예비 과학 교사들이 갖는 비과학자적 개념을 정리하고 선행 연구에 제시된 고등학생들의 비과학자적 개념과 비교 분석하였다. 그리고 설문 응답자가 문항을 해결하기 위해 필요하다고 제시한 중·고등학교 수준의 지식과 탐구 기능의 적절성을 분석하였다.

연구의 제한점

본 연구에서는 연구 대상으로 삼은 예비 과학 교사의 수에 제한이 있고 응답과 그 결과를 해석하는 연구자의 경험의 영향으로 본 연구 결과를 일반화하는 데에는 한계가 있다.

연구결과 및 논의

예비 과학 교사들의 문항별 정답률

Table 2는 1차 검사 도구에 포함된 문항에 대하여 예비 과학 교사와 고등학생의 정답률과 답지 반응 분포를 비교하여 나타낸 것이다. *Table* 2의 예비 과학 교사의 답지 반응 비율은 1차 검사 대상자 31명에 대한 각 답지 선택자 수를 백분율로 나타낸 것이며, 고등학생들의 답지 반응 분포는 한국교육과정평가원의 국가수준 학업성취도 연구 보고서의 자료를 이용한 것이다. 예비 과학 교사들의 정답률은 산과 염기의 반응 단원에서 71.0%, 반응속도 단원에서 80.6~90.3%, 전해질과 이온 단원에서 61.3~93.5%이었다. 중학교 교육과정의 문항을 이용했던 선행연구[21]와 마찬가지로 본 연구의 검사 도구에서 사용한 문항이 제7차 고등학교 교육과정[18]의 내용이었으며, 설문 대상이 사범 대학에 재학 중인 예비 과학 교사들이었음에도 불구하고 90%이하의 정답률을 나타내는 문항들이 존재한다는 것은 예비 과학 교사들 중 일부가 각 문항에서 요구하는 능력이 부족하다는 것을 의미한다. 1차 검사 결과를 심층적으로 분석하기 위하여 2차 검사를 실시하였다.

예비 과학 교사들의 문항별 응답 특징

Fig. 1은 제7차 교육과정의 10학년 산과 염기의 반응 단

***Table* 2.** Comparison of the Percentage of Correct answer and distribution of responses between pre-service science teachers and high school students

No	Unit	Correct Answer	Division	Distribution of Responses (%)					
				Percentage of Correct answer	①	②	③	④	⑤
1	Reaction of Acid and Base	⑤	*A	71.0	0.0	0.0	25.8	3.2	71.0
			**B	39.8	10.7	8.5	25.8	15.1	39.8
2	Reaction Rates	⑤	A	90.3	0.0	0.0	9.7	0.0	90.3
			B	49.0	6.1	15.5	18.3	10.9	49.0
3	Reaction Rates	③	A	80.6	0.0	9.7	80.6	6.5	3.2
			B	49.6	6.8	15.6	49.6	12.2	15.5
4	Reaction Rates	②	A	83.9	9.6	83.9	0.0	0.0	6.5
			B	52.2	7.6	52.2	9.0	15.1	16.0
5	Electrolyte and Ion	③	A	61.3	0.0	0.0	61.3	0.0	38.7
			B	53.0	6.2	9.2	53.0	8.1	23.4
6	Electrolyte and Ion	①	A	93.5	93.5	6.5	0.0	0.0	0.0
			B	40.1	40.1	27.1	16.0	9.8	6.9
7	Electrolyte and Ion	⑤	A	80.6	0.0	0.0	3.2	16.2	80.6
			B	44.0	3.5	6.6	33.8	11.9	44.0

*A: Pre-Service Science Teachers, **B: High School Students

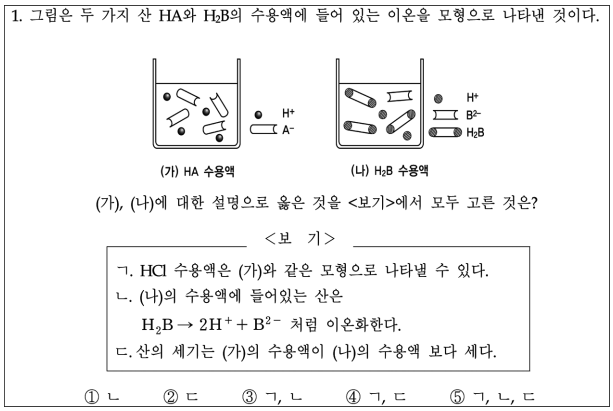

***Fig.* 1.** The Example Item of Reaction of Acid and Base.

원에 해당하는 문항으로 용액 중 산의 이온화 과정을 나타낸 모형을 이해하고 화학 반응식으로 나타낼 수 있는지 묻고 있다. 이 문항을 해결하기 위해서는 양이온과 음이온의 개수 비가 HA는 1:1, H_2B는 2:1임을 알아낸 뒤, HCl이 산 HA와 같은 모형으로 이온화를 설명할 수 있다는 것을 이해하고 산이 수용액에서 이온화하는 모형을 이용하여 화학반응식으로 나타낼 수 있어야 한다. 그리고 산의 세기는 산이 수용액에서 얼마나 많이 이온화하는지를 이용해야 비교가 가능하다는 것을 이해하고 있어야 한다. 이 문항의 오답 중 반응률이 가장 높은 것은 고등학생과 예비 과학 교사 모두 ③번이었다. 오답을 정답으로 선택한 예비 과학 교사들의 선택 이유는 다음과 같으며, 괄호의 수는 해당 이유를 제시한 인원 수이다.

· *H_2B가 HA보다 수소의 개수가 많아 더 강산이다. (8)*
· *H_2B 2H + B로 이온화된다. (1)*

예비 과학 교사들의 답변에 근거하면 산의 세기를 산이 수용액 중 이온화하는 정도를 이용하여 비교하지 않고 화학식에 포함된 수소 원자 수를 비교하는 예비 과학 교사가 있음을 알 수 있다. 이는 Driver[24]가 제시한 학생 개념의 특징 중 '지각에 의존하여 생각한다'와 관련되는 것으로 보인다. 또한 예비 과학 교사 중에는 소수였지만 고등학생의 반응 중에는 오답 ④번을 선택한 비율이 높았는데, 이는 양이온의 총 전하량과 음이온의 총 전하량이 같아야 한다는 원칙보다는 양이온과 음이온의 전하량만을 비교하여 두 이온의 전하가 같아야 한다는 생각을 가지고 있기 때문이다. 그리고 이 문항을 해결하기 위해 필요한 중고등학교 수준의 지식과 탐구 기능을 제시하라는 질문에 대한 응답은 다음과 같다.

·산염기, 이온화에 대한 개념 (4)
·강산과 약산의 이온화 정도의 차이 (2)
·수용액에 H가 많을수록 (더) 산성이다. (1)
·강산과 약산의 이온화 모형과 이온을 제대로 파악해 화학식을 이해한다. (1)
·산과 염기의 반응 (1)

예비 과학 교사들은 이 문항을 해결하기 위해 산·염기나 이온화에 대한 개념이나 산과 염기의 반응 등 이 문제 해결을 위해 직접적으로 필요하지 않은 개념을 제시하기도 하였지만 강산과 약산의 이온화 정도 차이와 이온화 모형을 이해해야한다는 등의 이 문항을 해결하기 위해 직접적으로 필요한 지식을 제시하기도 하였다. 이 문항을 해결하기 위해서는 산·염기의 개념을 이해하는 수준으로는 부족하고 산·염기에 관한 기본적 개념을 구체적 모형과 연결지을 수 있어야 한다.

이 문항 분석을 통해 예비 과학 교사들 중 일부는 강산과 약산을 비교하는데 산과 염기의 이온화 정도를 비교하지 못하고 눈에 보이는 산의 화학식에 의존하여 답을 고르는 경향이 있음을 알 수 있다. 또한 이 문항을 해결하기 위해 필요한 지식을 구체적으로 제시하는 경우도 있었지만 일부는 문항과 관련된 일반 지식을 제시하는 수준에 그치고 있었으며 문제를 해결하기 위해 필요한 개념과 모형을 연결짓는 능력의 필요성은 간과하고 있음을 알 수 있다.

Fig. 2는 제7차 교육과정의 10학년 반응 속도 단원에 해당하는 문항으로 물질의 농도, 반응 온도, 촉매 사용 유무에 따라 반응 속도를 비교할 수 있는지 묻고 있다. 이 문항을 해결하기 위해서는 보기에서 묻고 있는 물질의 농도, 온도, 촉매 등의 특정 조건만 다르고 다른 조건은 통제된 상황임을 파악하고 그 조건에서 물질의 농도, 온도, 촉매가 반응 속도의 크기에 어떻게 영향을 주는지 이해하고 있어야 한다. 이 문항의 오답 중 반응률이 가장 높은 것은 고등

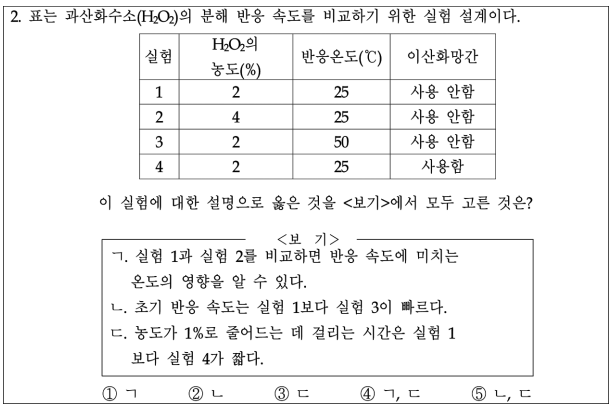

***Fig.* 2.** The Example Item of Reaction Rates.

학생과 예비 과학 교사 모두 ③번이었다. 오답을 정답으로 선택한 예비 과학 교사들의 선택 이유는 다음과 같으며, 괄호의 수는 해당 이유를 제시한 인원 수이다.

· *초기 반응 속도와 반응 온도는 관계없다고 생각했다. (2)*

예비 과학 교사들의 답변에 근거하면 초기 반응 속도는 온도의 영향을 받지 않는다고 생각하고 있음을 알 수 있다. 그리고 이 문항을 해결하기 위해 필요한 중고등학교 수준의 지식과 탐구 기능을 제시하라는 질문에 대한 응답은 다음과 같다.

· *농도, 온도, 촉매에 따른 반응속도 (3)*
· *반응속도 (1)*

예비 과학 교사들은 이 문항을 해결하기 위해 반응 속도에 영향을 주는 요인에 대한 지식이나 반응 속도에 관한 지식이 필요하다고 응답하였다. 이 문항을 해결하기 위해서는 온도나 촉매를 사용하면 반응 속도가 빨라지는지, 늦어지는지에 대한 지식과 함께 주어진 자료에서 다른 조건이 통제된 상황에서 조작 변인이 반응 속도에 영향을 줄 수 있다는 탐구 기능에 대한 지식이 필요하다. 예비 과학 교사들은 반응 속도에 영향주는 요인에 대한 지식의 필요성은 제안하고 있지만 탐구 기능에 대한 고려는 제시하고 있지 못함을 알 수 있다.

이 문항 분석을 통해 예비 과학 교사들 중 일부는 반응 속도와 온도의 관계에서 '반응속도'를 '초기반응 속도'로 이해하지 않아 문항에서 제시된 '초기 반응 속도'의 표현을 옳지 않은 것으로 해석하였다. 이는 온도에 따른 반응 속도의 관계를 학습할 때 왜 초기 반응 속도에 한정해야만 하는지에 대한 이해 없이 단지 용어 수준에서 개념이나 공식을 외우려는 학습 경향[21]이 영향을 주었을 것으로 판단된다. 그리고 이 문항의 해결을 위해 관련 개념의 필요성을 인식하고 있지만 문제 해결을 위해 필요한 탐구 기능에 대한 인식이 부족함을 알 수 있다.

Fig. 3은 제7차 교육과정의 10학년 반응 속도 단원에서 충분한 양의 묽은 염산과 일정량의 대리석의 반응으로 생기는 질량 변화를 해석할 수 있는지 묻고 있다. 이 문항을 해결하기 위해서는 자료에서 줄어드는 질량은 묽은 염산과 대리석의 반응으로 생긴 이산화탄소가 느슨하게 막은 솜으로 빠져나가는 양에 해당한다는 사실을 이해하고 있어야 하며, 반응 시간과 줄어드는 질량을 이용하여 반응 속도가 감소한다는 사실, 기체의 총 발생 질량, 평균 반응 속도를 계산해낼 수 있어야 한다. 이 문항의 오답 중 반응률이 가장 높은 것은 고등학생과 예비 과학 교사 모두 ②번이었다. 오답을 정답으로 선택한 예비 과학 교사들의 선택 이유는 다음과 같으며, 괄호의 수는 해당 이유를 제시한 인원 수이다.

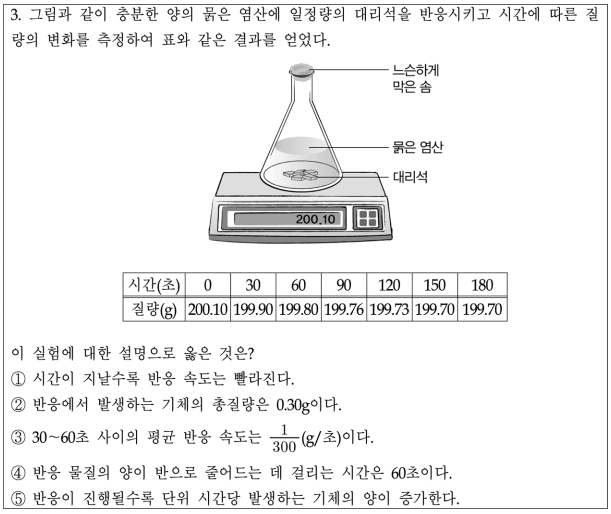

***Fig.* 3.** The Example Item of Reaction Rates.

·*반응물의 처음 질량을 200.00 g으로 보고 문제를 풀었다. (4)*
·*정답은 알았지만 실수로 오답을 선택했다. (1)*
·*표에 대한 정확한 해석이 부족했다. (1)*

예비 과학 교사들의 답변에 근거하면 문제 해결을 위한 개념의 이해 부족보다는 부주의에 의해 오답을 정답으로 선택한 것으로 보인다. 하지만 고등학생과 예비 과학 교사 모두 오답을 선택한 것으로 나타나는 ④, ⑤번은 주어진 자료를 잘못 해석한 것이고 ②번을 선택한 경우는 처음의 질량을 잘못 읽은 것으로 보인다. 숫자를 잘못 읽은 것이 오개념을 가지고 있다고 보기는 어렵지만 이 문항과 같이 측정이 매우 중요한 탐구에서 측정한 질량을 다른 숫자로 오해하여 읽는 것은 탐구 과정에서 바람직한 모습은 아니다. 이는 Driver[24]가 제시한 학생 개념의 특징 중 '새로운 상황을 자신의 인식틀에서 해석하려는 경향'과 관련되는 것으로 보인다. 그리고 이 문항을 해결하기 위해 필요한 중고등학교 수준의 지식과 탐구 기능을 제시하라는 질문에 대한 응답은 다음과 같다.

·*반응시간에 따른 반응속도 (3)*
·*반응속도를 구하는 방법과 염산과 대리석의 반응 (2)*
·*반응속도를 구하는 방법과 반감기에 대한 정확한 정의 (1)*

예비 과학 교사들은 이 문항을 해결하기 위해 주로 반응 속도를 구하는 방법, 염산과 대리석의 반응, 반감기의

정의에 관한 지식이 필요하다고 응답하였다. 이 문항을 해결하기 위해서는 예비 과학 교사들이 제시한 것처럼 반응 속도를 구하는 방법 즉, 감소한 물질의 질량과 반응 시간을 이용하여 반응 속도를 구할 수 있어야 한다. 하지만 이 지식으로 정답에 해당하는 평균 반응 속도를 구할 수 있지만 시간이 지날수록 반응 속도가 빨라지는지, 단위 시간당 발생하는 기체 양의 증가 여부의 판단은 염산과 대리석의 반응과 발생한 기체만큼 질량이 감소하고 있다는 실험에 대한 이해를 동반해야 한다. 또한 반감기에 관한 정의는 이 문항을 해결하는데 도움이 되지 않는다. 반감기의 정의는 이 단원의 수준을 넘을 뿐만 아니라 이 문항에서는 '물질의 양이 반으로 줄어드는 데 걸리는 시간'으로 풀어쓰고 있기 때문에 이러한 지식은 문제 해결에 도움을 주지 못한다.

이 문항 분석을 통해 예비 과학 교사들 중 일부는 문제 해결에 필요한 관찰이나 측정과 같은 탐구 능력의 부족을 단순한 실수로 간주하려는 경향이 있음을 알 수 있다. 또한 이 문항의 해결을 위해 기본적으로 필요한 반응 속도를 구하는 등의 개념의 필요성을 알고 있지만 구체적으로 문제 해결을 위해 어떤 수준의 지식과 탐구 기능이 필요한지 명확히 제시하지 못하는 경향이 있었다. 이는 '반감기의'도입 필요성을 제안한 경우처럼 이 단원의 교육과정 수준에 대한 이해 부족에서 발생하는 것으로 해석된다. 이는 수업 경험이 부족한 예비 과학 교사에게 발생 가능한 상황이지만 예비 과학 교사 양성 프로그램 속에서 중고등학교 교육과정의 수준과 범위에 대한 이해의 폭을 이해할 수 있는 교수학습 방안을 고려해야함을 시사하고 있다.

Fig. 4는 제7차 교육과정의 10학년 반응 속도 단원에서 묽은 염산과 마그네슘을 반응시켜 발생하는 기체의 부피와 반응 시간의 관계를 나타낸 그래프를 해석할 수 있는지 묻고 있다. 이 문항을 해결하기 위해서는 그래프 상의 각 점에서의 순간 반응 속도를 접선의 기울기임을 알고

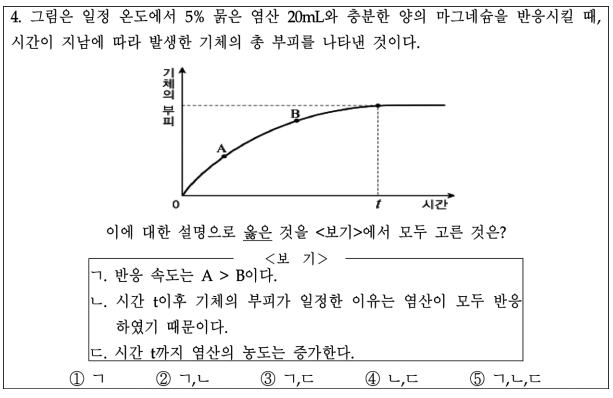

***Fig.* 4.** The Example Item of Reaction Rates.

서로 비교할 수 있어야 하며, 문두에 주어진 반응 조건에서 제한 물질이 무엇인지 알아야하고, 반응이 진행될수록 반응물의 농도는 점점 감소하게 된다는 내용을 이해하고 있어야 한다. 이 문항의 오답 중 반응률이 가장 높은 것은 예비 과학 교사는 ①번이었지만 고등학생은 ④, ⑤번이었다. 오답을 정답으로 선택한 예비 과학 교사들의 선택 이유는 다음과 같으며, 괄호의 수는 해당 이유를 제시한 인원 수이다.

·*시간 t까지 염산의 농도가 증가한다고 생각했다. (3)*
·*염산이 아닌 마그네슘이 모두 반응했다고 생각했다. (3)*

예비 과학 교사들의 답변에 근거하면 문항에서 반응 시간에 따라 점점 증가하다가 일정해지는 생성물의 부피 자료를 보고 반응물 역시 증가하는 것으로 오해하고 있음을 알 수 있다. 이는 오답 ①번을 정답으로 선택한 이유에 해당하는데, 이는 Driver[24]가 제시한 학생 개념의 특징 중 '지각에 의존하여 생각한다'와 관련되는 것으로 보인다. 또한 실험에서 일반적으로 염산을 과량 넣고 마그네슘을 제한 물질로 넣는 관행에 의지하여 이 문항의 문두에서 제시한 단서 조건을 소홀히 읽고 오답을 선택하고 있음을 알 수 있다. 이는 예비 과학 교사에게 일부 발견되었지만 Driver[24]가 제시한 학생 개념의 특징 중 '새로운 상황을 자신의 인식틀에서 해석하려는 경향'과 관련되는 것으로 보인다. 그리고 이 문항을 해결하기 위해 필요한 중고등학교 수준의 지식과 탐구 기능을 제시하라는 질문에 대한 응답은 다음과 같다.

·*반응속도 (4)*
·*반응할 때 반응물, 생성물, 반응할 때 참여하는 것 (1)*

예비 과학 교사들은 이 문항을 해결하기 위해 반응 속도 개념과 반응에 참여하는 반응물과 생성물에 대한 이해가 필요하다고 응답하였다. 하지만 오답 반응을 중심으로 볼 때 이 문항을 해결하기 위해서는 예비 과학 교사들이 제시한 내용뿐만 아니라 문두에 주어진 반응 조건에서 제한 물질이 무엇인지와 반응이 진행될수록 반응물의 농도는 점점 감소하게 된다는 내용을 알아야 한다.

이 문항 분석을 통해 예비 과학 교사들 중 일부는 문항의 해결을 위해 필요한 개념을 제시할 때도 문항과 관련된 기본 개념이 무엇인지는 알지만 어떤 능력이 필요한지 구체적으로 제시하지 못하고 있었다.

Fig. 5는 제7차 교육과정의 10학년 전해질과 이온 단원에 해당하는 문항으로 전류의 세기를 측정한 자료로부터 전해질에 따라 전류의 세기가 다름을 설명할 수 있는지

5. 표는 같은 농도의 수용액 A~ C에 흐르는 전류의 세기를 측정한 결과이다.

수용액	A	B	C
전류의 세기 (mA)	10	40	0

A, B, C에 녹아 있는 물질의 예를 옳게 짝지은 것은?

	A	B	C
①	설탕	아세트산	염화나트륨
②	아세트산	설탕	염화나트륨
③	아세트산	염화나트륨	설탕
④	염화나트륨	설탕	아세트산
⑤	염화나트륨	아세트산	설탕

***Fig.* 5.** The Example Item of Electrolyte and Ion.

묻고 있다. 이 문항을 해결하기 위해서는 여러 가지 물질의 수용액에 전류를 통해줄 때 비전해질은 전류가 흐르지 않으며, 전해질은 전류가 약하게 흐르는 종류와 전류가 강하게 흐르는 종류가 있다는 사실과 각각의 대표적인 예를 알고 있어야 한다. 이 문항의 오답 중 반응률이 가장 높은 것은 예비 과학 교사와 고등학생 모두 ⑤번이었다. 오답을 정답으로 선택한 예비 과학 교사들의 선택 이유는 다음과 같으며, 괄호의 수는 해당 이유를 제시한 인원 수 이다.

·염화나트륨과 아세트산의 이온화 정도가 헷갈렸다. (4)
·표에서 A와 B를 바꿔서 생각해서 문제를 풀었다. (4)
·아세트산이 액체여서 이온화가 잘 되어 전류의 세기가 높다고 생각했다. (4)

예비 과학 교사들의 답변에 근거하면 비전해질의 대표적 종류는 잘 기억하고 있지만 수용액에서 전류가 많이 흐르는 전해질과 적게 흐르는 전해질의 종류는 잘 기억하지 못하고 있음을 알 수 있다. 또한 수용액에서 물질의 이온화 정도 차이는 그 물질의 상태와 상관없이 특성과 관련이 되는데, 예비 과학 교사들의 일부는 액체가(고체보다) 물 속에서 이온화가 더 잘될 것이라는 개념을 가지고 있었다. 이는 Driver[24]가 제시한 학생 개념의 특징 중 '특정한 물리적 상황의 제한된 측면만을 생각한다'와 관련되는 것으로 보인다. 그리고 이 문항을 해결하기 위해 필요한 중고등학교 수준의 지식과 탐구 기능을 제시하라는 질문에 대한 응답은 다음과 같다.

·강산과 약산의 개념과 전해질에 관한 개념 (3)
·수용액 상태에서 물질의 이온화 (3)
·물질의 이온화 정도에 따른 전류의 세기 (2)
·전해질의 종류에 따른 전류의 세기 (2)
·전해질과 비전해질 구분 (1)
·이온과 분자성 화합물 (1)

이 문항을 해결하기 위해 예비 과학 교사들이 제시한 것처럼 수용액에서의 이온화와 관련된 전해질의 개념과 전류의 세기와의 관련성에 관하여 알아야한다. 그런데 이 문항의 해결을 위해 가장 필요한 지식은 전해질의 개념 자체보다는 수용액에서 전류를 잘 흐르게 하는 전해질과 약하게 흐르는 전해질 및 비전해질의 종류이다. 특히, '이온과 분자성 화합물'에 관한 지식은 교육과정을 넘는 개념으로 이 단원과 관련된 문항을 해결하는데 도움을 주지 못한다.

이 문항 분석을 통해 예비 과학 교사들 중 일부는 수용액에서 전류가 흐르는 정도 차이가 다른 전해질을 구분할 때 그 물질의 특성이 아니라 그 물질의 상태에 영향을 받아 구분하려는 경향이 있었다. 또한 이 문항의 해결을 위해 필요한 기본적인 개념은 알고 있지만 가장 필수적으로 필요한 지식을 제시하지 못하고 있었다.

Fig. 6은 제7차 교육과정의 10학년 전해질과 이온 단원에 해당하는 문항으로 수용액에서 전류의 세기가 다른 두 수용액의 입자 모형으로 적절한 것을 고를 수 있는지 묻고 있다. 이 문항을 해결하기 위해서는 두 수용액이 모두 전류가 통하므로 수용액에서 물질이 이온화하는 전해질임을 알아야 하고, 두 수용액의 전류의 세기가 다르므로 수용액 속에서 물질의 이온화 정도가 다르다는 것을 구분할 수 있어야 한다. 이 문항의 오답 중 반응률이 가장 높은 것은 예비 과학 교사와 고등학생 모두 ②번이었다. 오답을 정답으로 선택한 예비 과학 교사들의 선택 이유는 다음과 같으며, 괄호의 수는 해당 이유를 제시한 인원 수이다.

·(가)의 전류의 세기가 가장 높다는 것을 알고 상대적으로 (다)의 전류의 세기가 가장 낮다고 생각했다. (2)

예비 과학 교사들의 답변에 근거하면 분자 상태로 있는 (다) 수용액은 물질이 이온화를 하지 못함에도 불구하고 '전류를 흐르게 하지 못한다'가 아니라 전류가 가장 적게

6. 표는 같은 조건에서 측정한 A수용액과 B수용액의 전류의 세기를 나타낸 것이다.

수용액	A	B
전류의 세기(mA)	45	6

수용액에서 A, B의 모형을 그림(가)~(다)에서 찾아 옳게 나타낸 것은?

	A	B
①	(가)	(나)
②	(가)	(다)
③	(나)	(가)
④	(나)	(다)
⑤	(다)	(나)

***Fig.* 6.** The Example Item of Electrolyte and Ion.

흐른다고 생각하고 있었다. 이 응답만으로 해석할 때, 오답을 선택한 예비 과학 교사들이 전해질의 개념을 이해하는 상황이라면 (다) 수용액이 전류를 흐르게 하지 못한다는 사실이 전류가 가장 적게 흐를 것이라는 생각과 혼동했을 수도 있다. 하지만 수용액에 흐르는 전류의 세기와 물질의 이온화 정도를 나타낸 모형을 연결짓지 못하는 사실에서 전해질은 수용액 상태에서 전류가 흐르며 그 이유가 수용액 상태에서 물질이 이온화하기 때문이라는 개념을 충분히 이해하지 못하고 있다고 해석할 수 있다. 그리고 이 문항을 해결하기 위해 필요한 중고등학교 수준의 지식과 탐구 기능을 제시하라는 질문에 대한 응답은 다음과 같다.

·이온이 되는 분자가 많을수록 많은 전류가 흐른다. (1)
·전해질, 이온화, 수용액에서 전류가 잘 통하기 위한 조건 (1)

이 문항을 해결하기 위해 예비 과학 교사들이 제시한 것처럼 이온화가 많이 될수록 전류가 잘 흐른다는 개념을 이해하는 것이 필수적이지만, 강한 전해질, 약한 전해질, 비전해질의 수용액에서의 입자 모형을 나타내는 능력도 함께 요구된다.

이 문항 분석을 통해 예비 과학 교사들 중 일부는 전류가 상대적으로 약하게 흐르는 수용액을 비전해질이 용해된 것으로 오해하는 경향이 있었으며, 이 문항의 해결을 위해 필요하다고 제안한 지식의 경우는 문제 해결을 위해 필요한 지식이기는 하지만 교육과정에서 강조하는 입자 모형에 근거한 이해의 필요성을 제시하지 못하였다.

Fig. 7은 제7차 교육과정의 10학년 전해질과 이온 단원에 해당하는 문항으로 전해질을 확인하는 실험을 설계할 수 있는지 묻고 있다. 이 문항을 해결하기 위해서는 전해질이 수용액 상태에서 전류가 흐르는 물질이라는 정의와 함께 전해질임을 확인하기 위해 구체적으로 어떻게 실험을 수행해야하는지 알고 있어야 한다. 이 문항의 오답 중

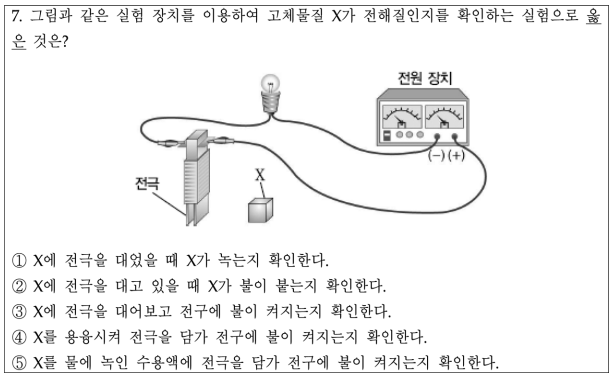

***Fig.* 7.** The Example Item of Electrolyte and Ion.

반응률이 가장 높은 것은 고등학생은 ③번이었으며, 예비 과학 교사 일부는 ③번을 선택하기도 하였지만 주로 선택한 오답은 ④번이었다. 오답을 정답으로 선택한 예비 과학 교사들의 선택 이유는 다음과 같으며, 괄호의 수는 해당 이유를 제시한 인원 수이다.

·용융을 물에 녹이는 것이라고 생각했다. (4)
·전해질과 전도체의 개념이 혼동되었다. (2)

예비 과학 교사들의 답변에 근거하면 용융을 용해와 혼동하거나 전해질의 정의를 잘못알고 있는 경우가 있음을 알 수 있다. 일부 고등학생들이 '용해와 용융을 혼동하여 물에 용해되어 있는 것을 용융되어 액체 상태가 되는 것으로 생각'하는 오개념을 가진다는 선행연구[13]와 '전해질은 고체 상태에서 전기가 통하는 물질'이라는 오개념을 가진다는 선행연구[22]와 유사하게 예비 과학 교사들에게도 용융과 용해를 혼동하거나 전해질의 정의를 고체 상태의 전도체로 오해하는 경우가 있었다. 그리고 이 문항을 해결하기 위해 필요한 중고등학교 수준의 지식과 탐구 기능을 제시하라는 질문에 대한 응답은 다음과 같다.

·전해질의 개념 (4)
·용융, 수용액, 전해질, 전극이 닿음으로써 생기는 현상, 물질의 상태가 수용액일 때 전기의 흐름 (1)
·이온 (1)

이 문항을 해결하기 위해 예비 과학 교사들이 제시한 것처럼 전해질의 정의를 개념적으로 아는 것이 필요하다. 하지만 이 문항은 전해질의 정의를 선택하는 것이 아니라 전해질의 정의를 이용하여 전해질임을 확인하기 위해 어떻게 실험을 구성해야하는지를 선택하도록 요구하고 있다. 따라서 전해질의 정의뿐만 아니라 전해질을 실제로 확인할 수 있는 탐구 과정에 대한 지식까지 함께 요구된다. 또한 전극이 닿을 때의 현상이나 단순이 이온의 정의를 아는 수준은 이 문항의 해결에 도움이 되지 못한다.

이 문항 분석을 통해 예비 과학 교사들 중 일부는 전해질의 정의를 혼동하고 있었으며, 이 문항의 해결을 위해 필수적으로 요구되는 능력이 무엇인지 정확히 파악하고 있지 못했다.

결론 및 제언

본 연구는 예비 과학 교사들을 대상으로 고등학교 교육과정 수준의 화학 개념에 대한 이해도와 문제 해결 능력을 알아보고, 또한 주어진 문항을 해결하기 위해 필요한 지식에 대하여 어떻게 인식하고 있는지 알아보기 위하여 국가수준 학업성취도 평가에서 공개된 고등학교 대상의

일부 문항을 활용하여 사범대학 과학교육과에 재학 중인 예비 과학 교사들을 대상으로 검사를 실시하고 분석한 것이다. 본 연구를 통하여 알 수 있었던 점은 다음과 같다.

첫째, 예비 과학 교사와 고등학생의 문항별 답지반응분포 분석을 통하여, 고등학생들은 다양한 오답에 대하여 반응이 나타나는 반면, 예비 과학 교사들은 일부 오답들에서만 반응이 나타나고 각 오답에 대한 반응률이 고등학생들에 비해 낮았다. 즉, 예비 과학 교사들은 고등학생들에 비해 상대적으로 더 정확한 개념을 가지고 있고 오개념의 종류는 적었지만 여전히 고등학생들에게 나타나는 오개념을 일부 가지고 있었다.

둘째, 제7차 교육과정의 10학년 과학 단원의 문항에 대한 오답 반응 분석을 통하여 일부 예비 과학 교사들에게 나타나는 문제 해결 과정의 특징을 단원별로 알 수 있었다. 이미 제7차 교육과정의 중학교 과학 단원의 문항에 대하여 오답을 선택하는 일부 예비 과학 교사들의 응답을 분석하였을 때 나타난 특징[21]은 '문제 해결에 필요한 일반적인 개념이나 정의는 잘 알고 있으나 눈에 보이는 현상적 수준에서 개념을 이해하려고 하거나, 문항에 주어진 현상을 자신의 생각에 맞춰 문장을 자의적으로 해석하려는 경향, 문제 상황과 관련된 일상생활의 경험으로 인해 문제 상황을 혼동하는 경향, 문제 해결을 위해 필요한 개념의 이해보다는 대표적인 예시를 기억하여 해결하려는 경향'을 가지고 있음을 알았다. 고등학교 교육과정 수준에 관하여 실시한 이 연구 결과를 통하여 알아낸 일부 예비 과학 교사들의 문제 해결 과정의 특징은 다음과 같다.

산과 염기의 반응 단원에서, 산의 세기 비교를 화학식에 포함된 수소 원자 수를 이용하여 비교하였는데, 이는 산의 세기에 관한 정의 대신 시각적으로 지각된[24] 산의 화학식의 특징에 영향받은 것으로 보인다.

반응 속도 단원에서, 초기 반응 속도는 온도의 영향을 받지 않는다고 생각하였는데 이는 온도에 따른 반응 속도의 관계를 학습할 때 왜 초기 반응 속도에 한정해야만 하는지에 대한 이해 없이 단지 용어 수준에서 개념이나 공식을 외우려는 학습 경향[21]이 영향 주었을 것으로 보인다. 그리고 측정한 질량을 다른 숫자로 오해하여 읽는 등의 실수를 보였는데, 문제 해결에 필요한 관찰이나 측정과 같은 탐구 능력의 부족을 단순한 실수로 간주하려는 경향이 있었다. 이는 주어진 상황을 자신의 인식틀에서 해석하려는 경향[24]이 영향 주었을 것으로 보인다. 또한 시간에 따른 생성물의 부피 형태로 주어진 그림을 보고 반응물 역시 생성물처럼 증가하는 것으로 오해하였는데, 이는 지각에 의존하여 생각는 경향[24]이 영향을 주었을 것으로 보인다. 또한 일반적 실험에서 관행적으로 시행되는 실험 패턴을 주어진 문항의 상황에도 그대로 적용될 것이라고 생각하고 문항의 단서 조건을 소홀히 읽는 경향도 발견되었다.

전해질과 이온 단원에서, 수용액에서 전류가 많이 흐르는 전해질과 적게 흐르는 전해질의 종류는 잘 기억하지 못하였으며, 일부이기는 하지만 액체가(고체보다) 물 속에서 이온화가 더 잘될 것이라는 개념을 가지고 있었다. 즉, 수용액에서 물질의 이온화 정도 차이를 그 물질의 특성이 아니라 물질의 상태와 관련되는 것으로 오해하였다. 이는 특정한 물리적 상황의 제한된 측면만을 생각[24]하는 경향이 영향주었을 것으로 보인다. 그리고 수용액에 흐르는 전류의 세기와 물질의 이온화 정도를 나타낸 모형을 연결짓지 못하였는데, 이에서 전해질은 수용액 상태에서 전류가 흐르며 그 이유가 수용액 상태에서 물질이 이온화하기 때문이라는 개념을 모형을 통하여 충분히 이해하지 못하고 있는 것으로 보인다. 또한 용융을 용해와 혼동하거나 전해질의 정의를 잘못 알고 있는 경우가 있었다.

이를 정리하면 고등학교 10학년 수준의 과학 개념의 일반적 정의나 의미에 대해서 잘 알고 있었지만 교육과정상 중요하게 다루는 개념의 정의를 정확히 이해하지 못하거나 대표적 예시를 기억하지 못하고 문제 해결에 필요한 개념을 용어 수준에서 단순하게 이해하는 경향이 있었다. 그리고 물질의 상태나 표시 등의 시각적으로 인지된 정보의 영향을 받아 개념의 의미를 오해하거나 주어진 상황을 자신의 인식틀에서 해석하려는 습관으로 인해 관찰이나 측정과 같은 탐구 기능이 중요한 과학에서 주어진 정보를 소홀이 다루는 경향이 있었다.

셋째, 제7차 교육과정의 10학년 과학 문항을 해결하기 위해 필요한 과학 개념에 대한 예비 과학 교사들의 의견 분석을 통하여 예비 과학 교사들이 문제 해결을 위해 접근하는 방식의 특징을 알 수 있었다. 이미 선행연구[21]에서 중학교 수준의 문항을 해결하기 위해 필요한 지식에 관한 예비 과학 교사들의 의견을 분석한 결과 '문제 해결을 위해 필요한 개념에 대한 정확한 이해가 부족하여 문제 해결을 위해 직접적으로 필요한 개념이나 지식의 수준을 정확히 제시하지 못하고 필요한 공식을 정의 수준에서만 도입하려는 경향'이 있음을 알았다. 이 연구 결과를 통하여 알아낸 예비 과학 교사들의 문제 해결을 위해 접근하는 특징은 다음과 같다.

산과 염기의 반응 단원에서, 문제 해결에 필수적인 능력 즉, 산·염기에 관한 기본적 개념을 구체적 모형과 연결짓는 능력에 대한 필요성을 간과한 채 문항의 소재와 관련된 일반적 산·염기에 관한 개념의 필요성만을 제시하는 데 그쳤다.

반응 속도 단원에서, 문제 해결을 위해 관련 개념의 필요성을 인식하고 있지만 탐구 상황으로 제시된 문제 해결을 위해 구체적으로 필요한 탐구 능력이나 실험 이해 능력의 필요성에 대한 인식이 부족하였다. 또한 문제 해결을 위해 도움이 되지 못하는 관련 상위 교육과정의 개념의 필요성을 제시하는 경우도 있었으며, 문제 해결에 필요한 기본적인 개념을 적절히 제시하나 문제 해결에 필요한 구체적인 상황까지 고려해야함을 인식하지 못했다. 이는 자신의 문제 해결 습관에 영향을 받고 있는 것으로 보인다.

전해질과 이온 단원에서, 전해질의 개념과 전류의 세기와의 관련성에 대한 이해, 이온화 정도와 전류의 세기와의 관계, 전해질 개념의 이해 등 문제 해결보다는 문항의 소재와 관련된 개념 자체 또는 개념 간의 관계 등의 필요성을 인식하였지만 문제 해결을 위해 꼭 필요한 전해질의 대표적인 종류에 대한 지식, 전해질과 비전해질의 수용액에서의 입자 모형을 나타내는 능력 등의 필요성에 대한 인식이 부족했다. 즉, 문항의 소재와 관련된 일반적인 개념의 필요성은 알고 있지만 가장 필수적인 지식의 필요성을 간과하고 있었다. 또한 문제 해결에 불필요한 상위 교육과정의 개념의 필요성을 제시하기도 하였다. 또한 전해질 확인 실험 등과 같이 실험 설계나 탐구적 상황에서 관련 개념을 이해해야 하는 필요성에 대해서도 인식이 낮았다.

이를 정리하면 문항의 소재와 관련된 일반적 개념의 필요성을 인식하고 있지만 개념과 모형의 연결이나 실험 이해 능력, 탐구 상황에서의 문제 해결 능력 등의 필요성을 간과하고 있었다. 그리고 문제 해결에 도움이 되지 못하는 상위 교육과정에 해당하는 관련 개념 이해의 필요성을 제안하기도 하였다.

과학을 배우는 목적은 과학과 교육과정[18,23]의 목표에서도 진술되었듯이 개념의 이해를 통한 탐구 능력의 향상과 이를 통한 과학에 대한 태도 함양에 있다. 따라서 과학에서 개념을 배우는 것도 결국 관련 탐구 능력의 향상과 관련되어야 함에도 불구하고 일부 예비 과학 교사들은 문항의 소재와 관련된 개념의 이해만을 강조하며 문항에 주어진 문제의 해결을 위해 구체적으로 무엇을 어떻게 해야 하는지에 대한 탐구 기능에 대한 지식이 부족하였다. 또한 시험 문제와 같은 검사 도구는 교수·학습 상황을 점검하고 학생들의 수준을 판별하여 장단점을 피드백해 줄 수 있는 도구라는 관점에서 문항을 해결하기 위해 필요한 능력과 해결하지 못했을 때 부족한 능력을 분석적으로 바라보는 능력은 과학 교사가 되기를 준비하는 예비 과학 교사로서 꼭 길러야 하는 능력이다. 예비 과학 교사 양성 프로그램에서 중고등학교의 교육과정과 관련된 상위 수준의 개념을 학습하는 것뿐만 아니라 중고등학교 수준의 개념과의 관련성에 대한 이해의 폭을 넓힐 수 있는 방안에 대하여 지속적으로 연구할 필요가 있다.

REFERENCES

1. Ausubel, D. *Educational psychology*; Holt, Rinehart & Winston: New York, U. S. A., 1968.
2. Han, S. J.; Park, Y. O.; Park, J. A.; Noh, T. H. *Journal of the Korean Chemical Society* **2010**, *54*(1), 142.
3. Park, J. A.; Han, S. J.; Noh, T. H. *J. Korea Assoc. Sci. Edu.* **2010**, *30*(1), 42.
4. Driver, R.; Guesne, E.; Tiberghien, A. *Children's Ideas in Science*; Open University Press: Milton Keynes, U. K., 1985.
5. Park, K. Y.; Kim, Y. M. *J. Korea Assoc. Sci. Edu*. **2009**, *29*(8), 910.
6. Oh, W. K.; Kim, J. W. *Sae Mulli* **2006**, *52*(6), 512.
7. Koo, S. A.; Chae, H. K. *J. Korea Assoc. Sci. Edu*. **2008**, *28*(5), 383.
8. Park, J. H.; Kim, D. U.; Paik, S. H. *J. Korea Assoc. Sci. Edu*. **2006**, *26*(2), 279.
9. Kim, Y. M.; Ree, J. B.; Lee, S. K. *Research of Curriculum Instruction* **2007**, *11*(1), 295.
10. Yoon, H. S.; Jeong, D. H. *J. Korea Assoc. Sci. Edu*. **2006**, *26*(7), 805.
11. Ha, S. J.; Kim, B. G.; Paik, S. H. *J. Korea Assoc. Sci. Edu.* **2005**, *25*(2), 88.
12. Kim, S. K.; Kim, Y. M.; Paik, S. H. *J. Korea Assoc. Sci Edu.* **2007**, *27*(4), 337.
13. Lee, J. A. *The Analysis of High School Students' Explanatory Patterns about Electrolytes and Ions*; Master's Thesis, Korea National University of Education: Chung-Buk, Korea, 2009.
14. Kang, S. H.; Lee, S. J. *Research Institute of Curriculum Instruction* **2005**, *9*(2), 151.
15. Choi, B. S.; Kim, J. G. *Chemical Education* **1994**, *21*(2), 76.
16. Choi, W. H.; Lee, I. H.; Kim, J. K.; Jeong, E. Y. *The Journal of Curriculum and Evaluation* **2011**, *14*(2), 217.
17. Choi, K. W. *Recognition Survey of High School Students, Reserve and Science Teachers on Atoms and Elements*; Master's Thesis, Korea National University of Education: Chung-Buk, Korea, 2009.
18. Ministry of Education. *The 7th National Curriculum of Science*; Ministry of Education: Seoul, Korea, 1997.
19. Jeong, E. Y.; Choi, W. H.; Lee, I. H.; Kim, M. Y.; Shin, S. J.; Kim. J. K.; Choi, I. B.; Kim, H. K.; Kim, S. Y.; Yu, J. E. *National Assessment of Educational Achievement in 2008-Analysis of the Science Achievement Test Results*; Korea Institute for Curriculum & Evaluation: 2009, RRE 2009-9-4.
20. Choi, W. H.; Lee, I. H.; Lee, C. H.; Jeong, E. Y.; Park, J. K.; Shin, M. K.; Kim. J. K. *National Assessment of Edu-*

cational Achievement in 2009-Analysis of the Science Achievement Test Results; Korea Institute for Curriculum & Evaluation: 2010, RRE 2010-6-5.
21. Lee, H. J.; Choi, W. H. *Journal of the Korean Chemical Society* **2011**, *55*(6), 1030.
22. Kim, M. J. *Analysis of Students' Understandings about the Concept of Electrolyte, Ion and Acid-Base Reaction by the Level of Learning*; Master's Thesis, Myonggi University: Seoul, Korea, 2007.
23. Ministry of Education, Science and Technology. *2009 National Curriculum of Science*; Ministry of Education, Science and Technology: Seoul, Korea, 2009.
24. Driver, R. Restructuring the science curriculum: some implications of studies on learning for curriculum development. In *Innovations in Science and Technology Education*; D. Layton, Ed.; Unesco: 1988, Vol. II.