Journal of the Korean Chemical Society
2009, *Vol. 53, No. 6*
Printed in the Republic of Korea

중등 과학 교사들의 기본 입자에 대한 사고 조사

남초이 · 박규석 · 백성혜*
한국교원대학교 화학교육과
(접수 2009. 7. 25; 수정 2009. 10. 6; 게재확정 2009. 11. 23)

A Study of the Secondary School Science Teachers' Perceptions Related to Basic Particles

Cho-Yi Nam, Kyu-Suk Park, and Seoung-Hey Paik*
Department of Chemistry Education, Korea National University of Education, Chungbuk 363-791, Korea
(Received July 25, 2009; Revised October 6, 2009; Accepted November 23, 2009)

요약. 연구의 목적은 중등 과학과정에서 매우 중요하게 다루어지는 기본 입자의 개념에 대한 과학교사의 관점을 알아보는 것이다. 첫 번째 연구내용은 중등 과학교사들의 기본 입자에 대한 개념을 과학사적 관점에 근거하여 분석하는 것이다. 두 번째 연구내용은 과학교사들이 원자, 원소, 분자 개념들을 서로 관련지어 이해하고 있는 지에 대해 조사하였다. 세 번째 연구내용은 과학교사들의 기본 입자 개념 형성에 영향을 준 요인을 알아보는 것이었다. 이 연구를 위하여 96명의 중등 과학교사들을 선정하였다. 연구의 자료는 이 연구에서 개발한 질문지를 통해서 수집되었고, 자료 분석은 반복적 비교 분석법에 의하여 이루어졌다. 연구결과, 교사들이 갖는 기본 입자 개념은 전공에 상관없이 유사한 관점으로 나타났고, 교사들이 갖는 기본 입자 개념들이 과거 관점에 속하는 것으로 나타났다. 또한 교사들은 문제에 따라 다른 관점을 적용하였기 때문에 기본 입자 개념들 사이의 유기적인 이해가 부족하였다. 많은 교사들이 교과서, 교사용 지도서, 참고서의 영향을 받아 이러한 기본 입자에 대한 혼란스러운 관점을 형성하였다.
주제어: 중등 과학교사, 기본 입자, 과학사 관점

ABSTRACT. The purpose of this study was to survey the secondary science teachers' viewpoints of basic particles conceptions addressed in science course. The first content of this study was to analyze the secondary science teachers conceptions related to basic particles founded on scientific history viewpoints. The second content was to investigate their understanding of relations between atom, element, and molecule concepts. The third content was to search the factors influenced on basic particles conceptions of science teachers. For this study, 96 secondary science teachers were selected. The data of this study were collected through a questionnaire developed for this study and were analysed using the method of constant comparative analysis. The results showed that their viewpoints towards basic particles were similar to each other regardless of their majors and their conceptions belonged to the past viewpoints. The teachers lacked linking understand among basic particles conceptions because they applied different viewpoints on different problems. Most of the teachers were influenced on science textbooks, guidebooks for teachers, and reference books to form confusing viewpoints of basic particles.
Keywords: Secondary school science teacher, Basic particles, Scientific history viewpoint

서론

원소, 원자, 분자와 같은 기본 입자는 중등학교 과학에서 매우 중요하게 다루는 개념 중 하나이다. 그러나 여러 선행연구 결과, 많은 학생들이 기본적인 과학개념들을 올바르게 이해하지 못하기 때문에

과학을 어려워한다는 것이 밝혀졌다.[1,2,3] 특히 학생들은 정규 교육과정을 통해 원자, 원소, 분자를 배우고 난 후에도 상호 관계에 대해 많이 혼동하고 있었고[4,5] 기본 개념의 부재로 인하여 공식이나 연산을 통한 기계적 학습 경향을 보이고 있었다.[6,7]

화학학습에 있어서 원자, 원소, 분자 개념의 이해 즉, 물질의 입자성에 대한 이해는 다른 모든 화학개념을 학습하는데 필수적이다.[1,4,8] 그러나 이원식 등의 연구에서 고등학교 학생들이 입자개념에 대한 다양한 대안적 개념을 갖고 있을 뿐만 아니라 상황에 따라 취하는 개념도 달라 한 인지구조 내에 다양한 입자개념을 갖고 있음을 밝혔다.[9] Liu와 Lesniak의 연구에서는 초등학교에서 고등학교까지 학생들이 물질에 대한 이해가 부족하여 화학변화를 인식할 수 없음을 밝혔고,[10] Stains와 Talanquer는 대학생뿐만 아니라 화학 전문가들 또한 적절한 입자 개념이 부족한 것을 보여주었다.[11]

교육의 질적 향상과 교육 개혁에 있어서 교사는 가장 핵심적인 요소이다. 교사의 전문성은 학습지도 능력에서 확보되어야 하며 그 중에서도 수업을 통해서 성취하고자 하는 과학 내용과 관련된 전문적인 능력을 갖추는 것은 매우 중요하다.[3,12,13] 조희형과 고영자의 연구에서는 학생들뿐만 아니라 교사들의 대다수가 바람직한 과학교사의 조건으로 과학 지식, 전공분야의 과학적 개념을 많이 알고 있어야 함을 지적하였다.[13] 그러나 과학적 개념을 많이 아는 것뿐만 아니라 효과적으로 가르치기 위해서는 과학교사는 정확한 과학 내용 지식, 교과 내용에 대한 폭넓은 이해가 필요하다.[12]

과학 수업에 있어서 교사의 역할이 강조되고 있는 시점에서 학생들이 과학을 어려워하는 이유를 학생 수준뿐만 아니라 교사에게서도 그 원인을 찾아볼 필요가 있다. 이미 선행연구에서는 교사와 교과서의 내용체계가 정확한 개념 정립을 못하고 있음을 지적하였고[3,14,15] 이런 잘못된 관점의 과학 활동은 효과적인 과학 교수에 걸림돌이 되며, 학생들의 과학학습 과정을 더욱 어렵게 만든다.[3] 초등학교에서 고등학교까지 학생들의 물질 개념 이해를 연구한 Liu와 Lesniak은 과학교수에서 교사의 부정확한 언어의 사용은 오히려 대안개념을 촉진한다고 밝혔다.[10] 따라서 본 연구에서는 학생들의 대안개념을 과학적 개념으로 이끌어줘야 할 교사의 입자개념을 파악하고자 한다. 그리고 파악된 입자개념이 상황에 의존적인지 알아봄으로써, 과학 교사들의 기본 입자 개념에 대한 이해가 유기적인지 확인하고자 한다.

구체적인 연구내용은 다음과 같다. 첫째, 과학교사들의 갖는 원소, 원자, 분자의 개념에 대한 관점을 과학사적 관점에 의거하여 분류한다. 둘째, 과학교사들이 원소 개념과 동위원소, 원자, 분자, 이온 등의 개념을 어떻게 관련짓는지 알아본다. 셋째, 과학교사들의 원소, 원자, 분자 개념에 대한 이해는 주로 어떤 영향을 받아 형성되었는지 알아본다.

연구 방법

연구 대상. 이 연구를 위해 선정된 교사들은 중소도시에 위치한 한 대학원의 과학교육학과에 재학 중인 과학교사 96명이다. 이들이 근무하는 중등학교는 전국에 분포하고 있다. 설문에 응해준 과학교사들의 전공별 수는 *Table* 1과 같다.

검사 도구. 이 연구에 사용된 검사 도구는 설문지이며 총 6문항으로 이루어졌다. 6문항 중 3개의 문항은 각각 과학교사들의 원소, 원자, 분자 개념에 대한 관점이 어느 시대의 관점인지를 묻는 선택형 문항이다. 과학개념의 변화가 과학사적인 개념 변화 모습과 매우 유사하다는 여러 선행연구[4,3,16,17,18]에 근거하여, 교사들의 입자 개념이 과학사적 개념과 관련 있을 것이라고 가정했다. 따라서 *Table* 2에 나타낸 선행연구[4]의 과학사적 변천에 기초하여 각 문항의 보기를 구성하였다.

과학교사들이 원소, 원자, 분자, 이온 개념을 서로 연관 지어 이해하고 있는지 알아보기 위해서 수소의 동위원소들의 공통점을 찾는 문제, 수소

Table 1. Number of science teachers by majors

Major	Physics	Chemistry	Biology	Earth science	Total
Number of teachers	23	35	21	17	96

Table 2. Historic definition of element, atom, molecule concepts[4]

Period	Natural philosophers /scientists	Concept	Definition
Ancient Greece	Empedokles, Platon, Aristoteles	Element	is the nature of substances.
18C	Boyle, Lavoisier		can not be decomposed in any way.
19C	Dalton		is composed of same kind of atoms.
Present	Soddy		is a substance with the same number of protons.
Ancient Greece-19C	Democritos Dalton	Atom	is a basic particle which can not split.
Present	Rutherford, Goldstein, Chadwick, Thomson		is an electrically neutral particle consist of protons, neutrons, and electrons.
The mid-19C	Avogadro	Molecule	is a monomer which is composed of several bonded atoms in gas state.
The late 19C	Organic chemists		is the smallest monomer with the unique properties of the substance.
Present	Pauling, Lewis		is a monomer which has covalent bond of certain number of atoms.

Table 3. Results of the science teachers' responses to the concept of element

Number of response (%)

Viewpoints of element concept	Physics	Chemistry	Biology	Earth science	Total
Ancient Greece	12 (52.2)	22 (62.8)	12 (57.2)	9 (52.9)	55
18C	2 (8.7)	7 (20.0)	3 (14.2)	5 (29.4)	17
19C	8 (34.8)	1 (2.9)	5 (23.8)	2 (11.8)	16
Present	1 (4.4)	4 (11.4)	1 (4.8)	1 (5.9)	7
The others	0 (0.0)	1 (2.9)	0 (0.0)	0 (0.0)	1
Total	23 (100)	35 (100)	21 (100)	17 (100)	96

원자, 수소분자, 수소이온의 공통점을 묻는 문제를 제시하였다. 이 두 문제는 모두 선택형 문제와 그 답을 선택한 이유를 작성하도록 한 서술형 문제 두 단계로 구성되었다.

또한 과학교사들이 어떤 영향을 받아 원소, 원자, 분자 개념에 대한 이해를 형성하였는지 알아보는 선택형 문제를 제시하였다. 이 문제의 보기는 교사들의 개념 형성에 영향을 주었을 것이라 예상되는 요인들로, 현재 사용하는 교과서, 교사의 학생 시절의 수업, 대학 및 대학원 수업과 교재 등을 제시하였다. 설문지의 모든 문항에는 선택항에 기타를 두어 선택항 중 생각과 일치하는 것이 없으면 본인의 생각을 기록하도록 하였다. 개발한 설문지는 과학교육전문가 1인과 과학사와 관련된 연구를 진행 중인 과학교육 전공자 3인을 통해 내용타당도를 검증한 후에 사용하였다.

연구 결과 및 논의

원소, 원자, 분자의 개념 이해

원소 개념 이해의 실태. 교사들이 갖고 있는 원소 개념이 어느 시대의 관점인지 알아보기 위한 문항에 대한 응답은 *Table* 3에 나타내었다.

전공별로 비교해 볼 때, 교사들이 선택한 원소 개념의 시대별 경향성은 전공에 상관없이 유사하였다. 연구에 참여한 과학교사 전체 인원 중 절반 이상이 고대 그리스 시대 관점의 원소 개념에 응답하였고, 전공별로 비교해 볼 때 특히 화학전공 교사의 응답 비율(62.8%)이 가장 높았다. 그 다음 18C 보일 · 라부아지에, 19C 돌턴 시대의 관점이 많이 선택되었다. 다른 전공 교사들 보다 화학전공 교사들이 현대적 관점에 가장 많이 응답하였으나 그 응답률이 11.4%로 저조하였으며, 타 교과

Table 4. Results of the science teachers' responses to the concept of atom

Number of response (%)

Viewpoints of atom concept	Physics	Chemistry	Biology	Earth science	Total
Ancient Greece-19C	5(21.7)	11(31.4)	9(42.8)	2(11.8)	27
Present	18 (78.3)	21 (60.0)	11 (52.4)	15 (88.2)	65
The others	0 (0.0)	3 (8.6)	1 (4.8)	0 (0.0)	4
Total	23 (100)	35 (100)	21 (100)	17 (100)	96

Table 5. Results of the science teachers' responses to the concept of molecule

Number of response (%)

Viewpoints of molecule concept	Physics	Chemistry	Biology	Earth science	Total
The mid-19C	5 (21.7)	1 (2.9)	4 (19.0)	2 (11.8)	12
The late 19C	17 (73.9)	30 (85.7)	17 (81.0)	15 (88.2)	79
Present	1 (4.4)	4 (11.4)	0 (0.0)	0 (0.0)	5
The others	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0
Total	23 (100)	35 (100)	21 (100)	17 (100)	96

전공 교사들 또한 4~5%만이 현대적 관점의 원소 개념을 갖고 있었다. 전체 응답 비율을 보면, 현대적인 관점으로 갈수록 응답 비율이 낮아진다는 것을 확인할 수 있다. 원소 개념에 대한 문항을 통해 볼 때, 많은 과학교사들이 고대 그리스 시대 관점의 원소 개념을 가지고 있고, 현대적 관점의 원소 개념을 가지고 있지 않다는 것을 알 수 있었다.

원자 개념 이해의 실태. 교사들이 갖는 원자 개념 또한 원소 개념과 같은 방식으로 알아보았으며, 이에 대한 응답을 *Table* 4에 나타내었다.

원자 개념의 시대별 응답 경향성은 원소 개념의 응답과 유사하게 전공별 특징이 없었고, 대부분 유사하였다. 과학교사들이 가장 많이 선택한 원자 개념은 현대적 관점으로 65명의 교사가 응답하였다. 원소 개념을 현대적 관점으로 응답한 인원이 7명으로 매우 낮은 것에 비해서 원자 개념의 경우 원소보다 많은 과학교사들이 현대적 관점을 갖고 있음을 알 수 있었다.

기타로 응답한 과학교사들은 원자 개념을 고대 그리스 시대와 19C 돌턴 시대의 관점을 혼용 또는 19C 돌턴 시대와 현대적 관점을 혼용해서 사용해야 한다고 답하였고, 원자는 '원소로서 물질의 특성을 잃지 않고 도달하는 최소 기본 입자'라고 대답함으로써 원소와 원자의 개념이 분리되지 않았음을 보여주었다.

분자 개념의 이해 실태. 교사들의 분자 개념이 어느 시대의 관점을 갖는지 *Table* 5에 나타내었다.

원소, 원자의 경우와 유사하게 전공에 따른 큰 특징은 없었고, 전체 과학교사 중 79명의 과학교사들이 분자의 개념을 19C 후반의 관점으로 선택함으로써 이 개념이 가장 우세하다는 것을 확인했다. 그러나 19C 후반의 관점으로 분자를 이해한다면 '물질은 모두 분자로 이루어 졌다'라는 잘못된 개념을 가질 수 있기 때문에 적절하지 않으나, 이 연구뿐만 아니라 류오현의 연구[4] 에서도 실제 과학교사들이 19C 후반 관점의 분자 개념을 많이 갖고 있었다. 특히 19C 후반 관점의 분자 개념을 갖는 교사의 인터뷰 내용에서 이 교사는 '소금과 구리도 성질을 갖고 있어서 분자라고 생각한다.'고 대답함으로써 이온결합물질과 금속을 분자로 구분하는 오류를 보였다. 즉 공유 결합이 부재한 분자의 정의를 갖게 되면, 이온화합물, 금속을 분자로 분류하게 되는 오류를 범할 수 있게 되는 것이다. 원소이지만 분자가 아닌 철, 금 같은 금속의 경우 동일 원자로 이루어져 있으나 공유결합을 이루지 않기 때문에 분자라고 할 수 없다. 하지만 교사들뿐만 아니라 많은 중학교 3학년 교과서에서 분자의 정의를 '그 물질의 고유한 성질을 지니고 있는 가장 작은 기본 단위'로 사용[19]하면서도 금속이 분자가 아니라는 것을 제시하지 않거나, 제시하더라도 그 비중이 매우 낮기 때문에 많은 금속을 분

Table 6. Science teachers' viewpoints on element and atom concepts

Number of response

Viewpoints of element concept / Viewpoints of atom concept	Ancient Greece	18C	19C	Present	The others	Total
Ancient Greece-19C	13	7	6	1	0	27
Present	40	10	9	6	0	65
The others	2	0	1	0	1	4
Total	55	17	16	7	1	96

Table 7. Science teachers' viewpoints on element and molecule concepts

Number of response

Viewpoints of element concept / Viewpoints of atom concept	Ancient Greece	18C	19C	Present	The others	Total
The mid-19C	7	0	5	0	0	12
The late 19C	46	17	10	6	0	79
Present	2	0	1	1	1	5
The others	0	0	0	0	0	0
Total	55	17	16	7	1	96

자라고 이해할 가능성을 갖고 있다. 즉 동일한 원자가 결합한 것을 원소라고 이해하고 있더라도 중학교 3학년에 제시되는 분자의 개념과 원소의 개념을 연관 지어 이해할 수 없게 된다.

원소, 원자, 분자 관점의 관계. 원소, 원자, 분자 개념의 이해는 서로 관련이 있기 때문에 한 개념을 중심으로 다른 개념들의 관계를 알아보는 방식으로 분석하였다. 이 때 기준이 되는 개념을 과학사적으로 변화가 가장 다양한 원소개념으로 선정하여 원자와 분자를 비교, 분석하여 제시하였다. 원자나 분자를 중심으로 다른 개념들을 분석한 결과로부터 논의하는 내용도 크게 다르지 않으므로 이 연구에서는 원소를 중심으로 한 자료를 분석하여 논의하고자 한다.

원소 개념을 묻는 문항과 원자 개념을 묻는 문항을 이용하여 전체 과학교사들 중 현대적 관점으로 원소 개념과 원자 개념을 갖는 과학교사가 몇 명인지 살펴보았다(*Table* 6).

전체 과학교사 96명 중에서 현대적 관점의 원자 개념을 갖는 과학교사가 65명 임에도 불구하고 원소의 개념까지 현대적 관점을 갖는 교사는 6명에 불과했다. 현대적 관점의 원소, 원자 개념을 갖는 과학교사는 '동일한 양성자 수를 갖는 물질'로 원소를 인식하고, '양성자, 중성자, 전자 등의 입자로 이루어진 전기적으로 중성인 입자'로 원자를 인식함으로써 양성자의 개념을 중심으로 원소와 원자의 차이를 명료하게 구분할 수 있다. 19C 돌턴 시대 관점의 원소 개념과 현대적 관점의 원자 개념을 갖는 교사도 원소를 정의함에 있어 원자와의 관계를 제시하였기 때문에 원소와 원자의 관계를 명료하게 구분할 수 있다. 따라서 이 두 시대의 관점으로 원소 개념을 갖는 교사 15명만이 원소와 원자를 명료하게 구분할 수 있을 것이라 생각된다.

가장 높게 응답된 고대 그리스 시대 관점의 원소 개념과 현대적 관점의 원자개념을 갖는 교사들은 '물질의 성질이나 성분'으로 원소를 인식하고, '양성자, 중성자, 전자 등의 입자로 이루어진 전기적으로 중성인 입자'로 원자를 인식함으로써, 원소를 물질로 생각하지 못하고 사변적 사고를 하여 원소와 원자 사이의 관계를 명확하게 구분할 수 없다. 또한 과학교사가 '어떤 방법으로도 분해할 수 없는 물질'이라는 18C 보일 · 라부아지에 시대의 관점의 원소 개념을 갖고, 현대적 관점의 원자 개념을 갖는다면, 원소가 원자보다 더 기본이 되는 입자로 이해되고 더 이상 분해되지 않는다고 이해 될 가능성이 있다. Stains와 Talanquer의 연구에서 원소와 원자의 개념의 미분화로 인해 나타나는 사고의 문제 중 하나로 학생들이 명확하게 Ne이나 Ar같이 단원자 형태로 제시된 경우는 원소라고 응답하였으나, O_2나 N_2 같이 두 개

Table 8. Results of the science teachers' responses to common point of $^{1}_{1}H$, $^{2}_{1}H$, $^{3}_{1}H$

Number of response (%)

	The teachers' viewpoints of element concept					Total
	Ancient Greece	18C	19C	Present	The others	
Same elements[a]	45 (81.8)	14 (82.3)	15 (93.8)	6 (85.7)	1 (100.0)	81
Same atoms	8 (14.6)	2 (11.8)	0 (0.0)	1 (14.3)	0 (0.0)	11
Same molecules	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0
The others	2 (3.6)	1 (5.9)	1 (6.2)	0 (0.0)	0 (0.0)	4
Total	55 (100)	17 (100)	16 (100.0)	7 (100.0)	1 (100.0)	96

[a]Scientific concept

의 원자로 이루어진 원소는 원소라고 구분하지 못하는 것을 꼽았다.[11] 이 문제 역시 원소는 '더 이상 분해될 수 없다'는 사고에서 비롯되는 결과라고 할 수 있다.

고대 그리스 시대 관점 또는 18C의 원소 개념을 갖고 있으면서 19C 후반 근대 관점의 분자 개념을 갖는 63명의 과학교사는 '기본'이라는 의미 때문에 분자와 원소를 혼동하거나 구분이 어려울 수 있다. 최기운의 연구에 따르면 개념도를 이용하여 원소와 분자의 위계를 세움에 있어서 많은 예비교사들이 원소를 분자보다 하위 개념으로 넣거나 둘 사이의 개념을 지을 수 없어 개념도에 제시조차 하지 못하고 있었고, 면담자료에서 같은 원자끼리 결합한 분자의 경우 원소라고 부를 수 있는지 확답을 내릴 수 없다고 말함으로써 예비교사들이 원소와 분자의 개념이 정확히 분화되지 못하고 있음을 알 수 있었다.[20]

동위원소, 원자, 분자, 이온에 대한 인식 조사

수소 동위원소들의 공통점에 대한 인식. 중등학교 과학교사들의 원소 개념에 대한 이해를 알아보기 위해 제시한 동위원소 질문의 응답 결과를 *Table* 8에 나타내었다.

원소 개념에 대한 응답을 나타낸 *Table* 3에서 현대적 관점의 원소 개념을 갖는 교사는 7명이었고 그 중 6명의 교사는 동위원소를 같은 원소라고 대답하였다. 그러나 동위원소는 양성자, 중성자의 개념을 적용해야 동일한 원소로 분류할 수 있음에도 불구하고, *Table* 8에서는 무려 81명의 교사가 동일한 원소라고 답함으로써 원소를 용어의 암기에 의존하여 설명함을 보여준다. 같은 원소라고 응답한 81명의 교사들의 응답 이유를 보면 암기에 의존했다는 것을 더 명확하게 알 수 있다. 그들은 '같은 원소 기호를 사용하기 때문에', '동위원소이므로'등으로 응답 이유를 밝히고 있어 용어나 기호의 수준에서 동위원소를 인식하고 있음을 알 수 있었다.

'같은 원소'라고 응답한 과학교사 81명 중 동위원소와 양성자수라는 용어를 사용하여 현대적 개념으로 원소를 설명한 과학교사는 30명으로 전체 응답자 중 37.0%에 해당하는 응답률을 보였다. 이 또한 *Table* 3에서 현대적 관점의 원소 개념을 응답한 과학교사 7명에 비하면 매우 높은 비율이었다. 이원식 등의 연구결과 학생들은 그들의 인지구조에 선개념과 과학적 개념을 동시에 갖고 있어서 상황에 따라 다른 개념을 적용한다는 것을 보여주었다.[9] 그들의 연구 결과에 비추어 보면, 이 연구에서 교사들 역시 문제에 따라 선택한 원소 관점이 달라지는 것으로 보아 동시에 적어도 둘이상의 원소 개념에 대한 관점을 갖고 있으면서 하나로 동화, 조절되지 못하기 때문에 상황에 따라 다른 개념을 적용하여 응답했다고 할 수 있다.

세 기호의 공통점이 '같은 원자'라고 선택한 과학교사들에게서도 두 가지 원소의 개념이 존재함을 알 수 있었다. 그들은 '같은 원자'라고 선택한 이유로 '핵안의 입자 개념을 표현하고 있기 때문임', '입자적인 성질에 관심을 두고 언급하였기 때문', '원자 중에서 중성자 값을 다르게 가지고 있기 때문임' 등 원자핵을 언급하였으나, 이를 원소로 연결하지 못하고 원자라고 응답함으로서 원소와 원자를 혼동하는 모습을 보였다. 특히 동위원소라고 언급한 후에도 '같은 원자'를 공통점으로 응답

Table 9. Results of the science teachers' responses to common point of 2H, H_2, H^+

Number of response (%)

	The teachers' viewpoints of element concept					Total
	Ancient Greece	18C	19C	Present	The others	
Same elements[a]	27 (49.1)	7 (41.2)	8 (50.0)	6 (85.7)	1 (100)	49
Same atoms	10 (18.2)	3 (17.6)	5 (31.3)	1 (14.3)	0 (0.0)	19
Same molecules	1 (1.8)	0 (0.0)	2 (12.5)	0 (0.0)	0 (0.0)	3
The others	17 (30.99)	7 (41.2)	1 (6.2)	0 (0.0)	0 (0.0)	25
Total	55 (100)	17 (100)	16 (100.0)	7 (100.0)	1 (100.0)	96

[a]Scientific concept

한 과학교사들은 중성의 단위 입자라는 개념으로 원소와 원자의 혼동을 분명히 보여주고 있었다.

수소원자, 수소분자, 수소 이온의 공통점에 대한 인식. 수소 원자, 수소분자, 수소이온의 공통점에 대한 교사들의 응답 결과는 *Table* 9와 같다.

Table 9에 나타난 바와 같이 전체적으로 볼 때, 2H, H_2, H^+의 공통점을 '같은 원소'라고 응답한 과학교사들이 49명(51.0%)으로 가장 많았고 그 다음은 '기타', '같은 원자', '같은 분자'의 순으로 나타났다. 동위 원소의 응답과 마찬가지로 원자, 분자, 이온 역시 양성자를 기준으로 분류하지 않으면 원소라는 개념에 통합될 수 없다. 하지만 *Table* 3에서 원소의 개념을 현대적 관점으로 선택한 교사가 7명(7.3%)이었던 것에 비해서 *Table* 9에서는 '같은 원소'라고 응답한 교사가 49명(51.0%)으로 그 비율이 43.7% 증가하였다. 이는 42명의 교사가 최소한 2개 이상의 다른 관점의 원소 개념을 갖고 있다고 할 수 있다.

Table 8과 비교할 때 나타나는 *Table* 9의 응답 특징 첫 번째는 현대적 관점의 원소 개념을 갖는 6명의 교사들은 *Table* 8에서와 같이 *Table* 9에서도 '같은 원소'라고 응답함으로써, 문제에 상관없이 같은 원소 개념을 적용하여 응답하였다는 것이다. 현대적 관점이 아닌 다른 관점의 원소 개념을 갖는 교사집단에서는 '같은 원소'라고 응답하는 응답자 수가 줄어든 반면에 현대적 관점의 원소 개념을 갖는 교사집단에서는 일관된 응답자 수(6명, 85.7%)를 보임으로써, 다른 관점의 원소 개념보다 현대적 관점의 원소 개념을 갖는 교사들이 더 일관되게 동위원소, 원자, 분자, 이온을 서로 관련지어 이해하고 있음을 보여주었다.

Table 8과 비교했을 때 나타나는 두 번째 특징으로 '같은 원소'라고 응답한 비율의 감소이다. 동위원소라는 용어를 기계적으로 사용한 *Table* 8에서는 81명의 교사가 '같은 원소'라고 응답하였으나, 상대적으로 원소라는 용어를 쉽게 이끌어낼 수 없는 입자들에 대한 응답인 *Table* 9에서는 '같은 원소'라고 응답한 교사가 49명으로 줄어든 것으로 보아 적어도 32명의 교사는 원소의 개념이 명확하지 않음을 알 수 있다.

'같은 원소'라는 응답의 감소는 '기타'의 증가를 이끌었다. '기타'라고 응답한 교사들은 응답 이유를 '원자, 분자, 이온은 다른 형태임'이라고 대답함으로써 원소와 원자, 분자, 이온을 연관 지어 생각하지 못했다. 이는 원소와 원자, 원소와 분자의 개념이 분화되지 못해 서로의 개념을 연관 짓지 못한다는 Liu와 Lesniak의 연구 결과[10]와 유사했다. 또한 '2H와 H_2는 같은 원소이지만 H^-는 이온임'이라고 응답한 교사는 원자와 분자는 같은 원소로 분류할 수 있지만, 이온을 같은 원소 기호를 사용하고 있음에도 불구하고 같은 원소로 분류하지 않는 모습을 보임으로써 분류 기준에 '양성자 수'의 개념이 포함되지 않았다고 예상할 수 있다. 또한 원소를 성질로 인식하는 교사는 세 가지 입자의 성질이 너무 다르기 때문에 같은 원소라고 묶는 것을 거부하면서 기타로 답을 하였다. 따라서 '양성자 수'를 기준으로 원소를 분류하지 못하면 원자, 분자, 이온, 원소를 관련 지어 생각하지 못한다는 것뿐만 아니라, 이온을 표기하기 위해 원소기호를 사용하면서도 왜 원자, 원소, 이온에 같은 원소기호를 사용하는지 모르고 있다는 것을 알았다.

Table 10. Results of the science teachers' response to cause of formation of basic particles conceptions

Number of response (%)

Cause of formation of basic particles conceptions	Major				Total
	Physics	Chemistry	Biology	Earth science	
Textbooks, guidebooks for teachers, reference books currently in use	0 (52.2)	21 (60.0)	13 (61.9)	13 (76.5)	59
Classes in secondary school	4 (17.4)	5 (14.2)	6 (25.6)	4 (23.5)	19
College and graduate classes and materials	4 (17.4)	6 (17.2)	0 (0.0)	0 (0.0)	10 (10.5%)
The others	3 (13.0)	3 (8.6)	2 (9.5)	0 (0.0)	8
Total	23 (100)	35 (100)	21 (100)	17 (100)	96

과학 교사의 기본 입자 개념 형성 원인 분석

과학교사들이 지금까지 조사한 원소, 원자, 분자 개념에 대한 이해를 어떻게 형성하였는지 알아본 결과를 *Table* 10에 나타내었다.

교사들의 입자 개념 형성 요인 중 '대학 및 대학원 수업과 교재'를 선택한 교사는 10명(10.5%)으로 낮은 비중을 차지했다. 원소, 원자, 분자는 대학에서 일반화학수준에서 다뤄지는 내용이며, 일반화학은 중등 과학을 가르치기 위해서는 필수적으로 다뤄져야 하는 과목이다. 류오현의 연구에 따르면 일반화학 교재에 제시된 원소의 정의는 18C 보일·라부아지에의 정의나 19C 돌턴의 정의가 대부분이었고, 원자와 분자는 대부분 현대적 개념으로 제시되어 있었다.[4] 그럼에도 불구하고 교사들이 입자 개념을 형성함에 있어서 '대학 및 대학원 수업과 교재'에 영향을 많이 받지 못했다는 것은 교사 교육의 문제가 있음을 내포하고 있다. 사범대학의 마지막 과정에 있는 예비교사들을 연구한 박철용 등의 연구에서 예비교사들은 자연대학 화학과 교육과정과 거의 유사한 수준의 화학 내용을 배웠음에도 불구하고, 중학생들을 가르치는데 필요한 내용 지식이 부족함을 밝혔다.[21] 이는 교사 양성 과정에서 중등지도에 필요한 내용 지식이 필요함을 말해주며, 방은정의 연구에서도 대학 교육이 중학교 수업에서 PCK 발현에 도움이 되지 않았다는 것을 보여주어 대학에서 심화된 전공 내용을 학습하는 것이 필요하기는 하지만 실제로 수업을 함에 있어서 대학 교육이나 교사 연수보다는 현재 사용하는 교과서가 교사의 PCK 형성에 더 많은 영향을 준다고 언급했다.[22]

이 연구에서도 방은정의 연구와 마찬가지로 중등 과학교사 중 59명(61.4%)이 입자 개념을 형성함에 있어 '대학 및 대학원 수업과 교재'보다는 현재 사용하는 중·고등학교 교과서, 교사용 지도서, 참고서의 영향을 받았다고 응답했다. 교과서가 교사들이 수업을 행할 때 큰 영향을 미친다는 것[4,22] 뿐만 아니라 교사들의 사고를 형성함에 있어서도 교과서 및 교사용 지도서, 참고서의 역할이 크다는 것은 놀라운 일이다. 김수남의 연구에 제시된 제 7차 교과서의 기본 입자 개념은 원소는 고대 그리스 시대 관점과 18C 보일·라부아지에 시대 관점이 가장 두드러졌고, 원자는 고대 그리스-19C 시대의 관점이 두드러졌으며, 분자는 19C 중반 아보가드로 관점과 19C 후반의 관점이 두드러지게 나타났다.[19] 따라서 김수남의 연구결과와 이 연구 결과를 비교해 볼 때, 교사들의 입자 개념에 대한 관점과 교과서에 제시된 입자 개념에 대한 관점이 유사하다는 것을 알 수 있었다.

여러 선행연구 결과, 교사들이 수업을 할 때 교과서 의존도가 높고[4,21,22] 이 연구에서 밝혀진 것처럼 교사의 지식 형성에도 교과서가 차지하는 비중이 큼에도 불구하고, 실제 교과서에 제시된 개념들은 과거 개념에 치우쳐져 있거나[19], 모호하게 진술[1,15]되어있다. 따라서 교과서와 교사용 지도서에 제시되는 입자 개념이 현대적 개념으로 제시되어야 할 뿐만 아니라 학생들의 입자 개념 이해와 교사들의 학생 선개념의 이해, 교수 방법 선정을 위해서 과거 개념부터 현대개념으로 발달해 오는 과정을 제시할 필요가 있다.[16,17] 특히 교사들은 역사를 통하여 발견된 한 모델이 다른 모델에 의하여 왜 대용되었는지 정당화할 수 있어야 한다.[3]

결론 및 제언

이 연구에서는 중등 과학교사들의 기본입자 개

념을 과학사적 관점에서 분류하고, 원소, 원자, 분자, 이온의 관련성에 대한 사고를 알아보는 문항들을 제시하여 다양한 기본 입자 개념에 대한 교사의 관점을 알아보았다. 또한 과학 교사가 가지고 있는 기본 입자 개념을 형성하는데 가장 큰 영향을 준 요인에 대해서도 알아보았다. 선행연구에서 살펴본 결과, 과학사적으로 보았을 때 원자, 원소, 분자 등의 기본 입자 개념들은 서로 유기적으로 혹은 상호 보완적으로 관련지으며 형성되어 왔다. 따라서 연구에 참여한 중등 과학 교사들이 학생들에게 정확한 입자 개념을 가르치기 위해서는 현대적 관점의 입자 개념뿐만 아니라 기본 입자들의 관계와 이들이 서로 어떻게 관련지으며 발달되어 왔는지 이해하고 있어야 한다. 교사가 입자 개념의 과학사적 변천을 이해한다면 과학사적 관점에서 변화해온 다양한 입자 개념의 관점들 간의 충돌로 인해 발생할 수 있는 오류를 막을 수가 있다. 하지만 본 연구를 통하여 많은 수의 과학교사들이 화학의 기본 입자 개념들을 서로 관련지어 생각하지 못하였고, 그 이유는 과거의 관점과 현대의 관점 사이를 연결하여 이해하지 못했기 때문으로 나타났다. 특히 동위원소처럼 익숙한 문제와 원자, 분자, 이온 사이의 관계를 알아보는 것처럼 익숙하지 않은 문제에서는 교사들이 사고의 일관성을 가지지 못하였다. 기존의 교과서 또는 교육과정에서는 다양한 입자 개념의 발달 과정을 명료화 하는 것에 대해서 크게 중요하게 생각하지 않았다. 따라서 선행연구에서 학생들도 다양한 기본 입자들의 상호 관련성을 연관지어 이해하는데 실패하는 것으로 나타났다.

교사의 교과 내용에 대한 올바른 지식은 교수를 하는데 있어서 매우 중요한 요소임에 틀림없다. 그러나 이 연구 결과 교사의 입자 관점은 과거에 치우쳐져 있었고, 입자 개념에 대한 지식을 형성하는데 있어서 교사들은 교사 교육 보다는 현재 사용하고 있는 교과서나 교사용 지도서, 그리고 참고서의 영향을 더욱 많이 받는 것으로 나타났다. 교과서는 실제로 학생들의 지식 형성을 위한 자료이지 교사를 위한 것이 아님에도 불구하고, 이러한 결과가 나온 것은 교사들이 지식을 형성하고 교수활동을 하는데 있어서 교과서의 의존도가 높다는 것을 의미한다. 사범대학 교육과정에서 원자는 양성자, 중성자, 전자로 이루어진 입자관으로, 원소는 동위원소의 관점까지 그리고 분자는 공유 결합의 개념까지 확장하여 다루고 있다. 그러나 다양한 기본 입자 개념들이 과거의 관점으로부터 현대의 관점으로 변화하는 과정에서 서로 어떤 관계를 가지면서 발달해왔는지는 다루지 않았기 때문에 교사들은 이미 원소, 원자, 분자 개념의 현대적 관점까지 배웠음에도 불구하고 과거의 관점들과 충돌을 일으키고 있음을 알 수 있다. 따라서 교사 양성 교육과정에서 기본 입자들의 발달을 과학사적 관점으로 다루어져야 할 필요가 있다. 교사의 과학 개념에 대한 과학사적 관점 이해는 과학의 잠정성과 개념의 변화 가능성을 내포한 수업을 할 수 있도록 도와줄 수 있고, 나아가 이런 관점의 수업은 학생들이 과학을 단순히 결과의 나열로 생각하지 않을 수 있도록 도울 수 있다.

이 논문은 한국교원대학교 2009학년도 KNUE 학술연구비지원을 받아 수행하였음.

REFERENCES

1. Paik, S. H.; Kim, S. K. *Journal of the Korean Chemical Society* **2002**, *46*, 561.
2. Cho, M. J.; Paik, S. H. *Journal of the Korean Chemical Society* **2004**, *48*, 527.
3. Furió-Más, C.; Calatayud, M. L.; Guisasola, J.; Furió-Gómez, C. *International Journal of science education* **2005**, *27*, 1337.
4. Ryu, O. H. A Comparison of Concepts in Science Textbooks and the Conceptions of Teachers and Students about Element, Atom, Molecules, and the Change of Matter Based on the Historical Viewpoint. Doctor's Thesis, Korea national University of Education, Chung-Buk, Korea, August, 2002.
5. Bae, T. S. An Analysis on Misconception of Secondary School Students and Science Teachers about Atoms and Molecules. Master's Thesis, Korea national University of Education, Chung-Buk, Korea, December, 1990.
6. Kang, B. M. A Study on Middle School Students' Conceptual Problem Realted to Laws of Chemistry and Algorithmic Problem Solving Ability. Master's Thesis, Korea national University of Education, Chung-Buk, Korea, February, 1998.
7. Cachapuz, A. F.; Paizão, F. *Proceedings of 10th IOSTE symposium*, Vol. II, Rethinking Science and Technology Education to Meet the Demands for Future Generations in a Changing World, Foz do Iguaçú,

Brazil, July 28-Aug 2, 2002; *International Organization for Science and Technology Education*: Sao Paulo, 2002, p. 10.
8. Han, J. Y.; Lee, J. Y.; Kwack, J. H.; Noh, T. H. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2006**, *26*, 9.
9. Lee, W. S.; Cho, S. Y.; Kim, D. W. *Journal of Chemical Education* **1996**, *23*, 451.
10. Liu, X.; Lesniak, K. *Journal of Research in Science Teaching* **2006**, *43*, 320.
11. Stains, M.; Talanquer, V. *International Journal of Science Education* **2007**, *29*, 643.
12. Ahn, Y. M.; Kim, C. J.; Choi, S. U. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2006**, *26*, 691.
13. Cho, H. H.; Ko, Y. J. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2008**, *28*, 269.
14. Kang, D. H.; Paik, S. H.; Park, K. T. *Journal of the Korean Chemical Society* **2004**, *48*, 399.
15. Paik, S. H.; Song, J. H. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2002**, *22*, 240.
16. Hosson, C.; Kaminski, W. *International Journal of Science Education* **2007**, *29*, 617.
17. Tsai, C. C. *Teaching and Teacher Education* **2006**, *22*, 363.
18. Matthews, M. R. *Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science*; Routledge: N. Y., U. S. A., 1994.
19. Kim, S. N. A Study on the Conceptual Understanding of Ninth-Grade Middle Schoolers about the Composition of Matter. Master's thesis, Sookmyung Women's University, Seoul, Korea, December, 2007.
20. 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, February, 2009.
21. Park, C. Y.; Min, H. J.; Paik, S. H. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2008**, *28*, 641.
22. Bang, E. J. Science teacher's Pedagogical Content Knowledge(PCK) Represented in Teaching Practice at Middle School's classroom. Master's thesis, Korea national University of Education, Chung-Buk, Korea, February, 2009.