

# 고등학교 과학, 화학 I 및 화학 II에 나타난 무기화합물의 표기 분석

최지혜<sup>1</sup>, 남미자<sup>2</sup>, 문경아<sup>2</sup>, 채희권<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>중포중학교, 경기도 467-802

<sup>2</sup>서울대학교 화학교육과, 서울특별시 151-748

## Diagnosis of Expression of Inorganic Compounds in the Korean High School, Chemistry I and Chemistry II Textbooks

JiHye Choe<sup>1</sup>, Mi-Ja Nam<sup>2</sup>, Kyung-Ah Moon<sup>2</sup> and Hee K. Chae<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Jeungpo Middle School, Kyunggido 467-802, Korea

<sup>2\*</sup>Department of Chemistry Education, Seoul National University, Seoul 151-748, Korea

### 요 약

이 연구는 고등학교 1-3학년용 과학 및 화학 I과 II 교과서 13종을 택하여 무기 화합물의 표기 및 표현 방법을 조사한 것이다. 각 학년의 교과서를 비교하여 무기 화합물의 종류, 쪽 당 화합물의 수, 표기법을 분류하였다. 분석결과 무기 화합물 표기의 평균 수와 표기 방법의 수는 과학에서 49.6과 89.8, 화학 I에서 69.0과 98.3 그리고 화학 II에서 100.0과 164인 것으로 각각 조사되었다. 그러나 쪽당 화합물의 숫자는 화학 I과 II에서 공교롭게도 각각 0.28이었으며 과학에서는 0.68이었다. 이러한 결과로 미루어 학생들이 과학의 교과내용을 읽는 것은 화학 I과 II의 경우보다 버거울 수 있음을 시사한다. 그리고 가장 많이 등장하는 화합물인 염산, 수산화 나트륨 및 염화 나트륨의 세 가지 화합물에 대하여 Jonstone의 삼각형 모델을 토대로 표현을 분석하였다. 이 세 화합물에 대한 학년간 표현 방법의 차이는 미미한 것으로 밝혀졌다.

**주제어** : 무기 화합물, 교과서 분석, 표기 방법, Jonstone의 모델

### 서 론

화학은 실험실이나 자연세계에서 관찰할 수 있는 물질의 변화를 가상의 분자 수준에서 분자 구조나 과정의 보이지 않는 변화의 항목을 해석하고 설명하는 학문으로서 만질 수 없고 볼 수 없는 원자와 분자를 다루고 있다 (Tasker and Dalton, 2006). 따라서 학생들은 볼 수 있는 자연 세계와 상상의 원자 또는 분자의 세계가 서로 어떻게 연관되어 있는지 혼란스러워하고 있다 (Gillespie, 1997). 학생뿐만 아니라 교사들도 이러한 화학의 교수-학습에 대한 어려움을 겪고 있지만 이러한 어려움은 개념, 내용의 과도함, 수학, 어휘, 문화, 개인차, 및 교재를

포함하는 여러 가지 원인에 기인한다고 알려져 있다 (Gilbert, 2006).

소양을 습득한다는 것은 기본적으로 자연의 세계를 관찰하는 특별한 방법을 이용하여 화학을 학습하는 것으로 일상생활에 직접 응용할 수 있도록 첫째, 화학의 지식을 습득하고 둘째, 화학 기술의 특성을 배우고 셋째, 화학의 언어로 화학에 대해 읽고 쓸 수 있는 능력을 키우는 것이다 (Gilbert and Treagust, 2009). 이 중에서 화학의 언어에 대한 연구를 살펴보면 언어의 사용이 대부분 맥락을 이해하고 쓰기에 초점을 두고 있는 반면 읽기에 대한 연구는 제한적인 것으로 알려져 있다 (Schwartz et al., 2006). 또 Ben-Zvi와 Hofstein(1996)에 따르면 화학 학습 장애의 하나는 화학세계에서 서로 소통할 수 있는 과학 용어에서 출발하는 것으로 알려져 있다. 따라서 화학 명명법이 화학

\*교신저자: hkchae1@snu.ac.kr

•2009년 5월 15일 접수, 2009년 7월 2일 수정, 2009년 7월 15일 통과.

학습에서 중요한 역할을 담당하는 것으로 인식되어 국제순수·응용화학연합회(International Union of Pure and Applied Chemistry, IUPAC, 1990)에서 그 명명법의 기준을 영어로 제시하고 있다. 그러나 학문이 발전함에 따라 배위화학과 유기금속 화합물을 포함하는 무기화합물은 특히 기하급수적으로 늘어나고 있어 영어로 표현된 화학 명명법을 외국어 특히 한글 용어로 명명하고 번역하기가 쉽지 않다 (대한화학회, 2003). 실제로 Chavkin(1997)과 남미자와 채희권(2008)에 따르면 고등학교 1학년 과학교과서에 무기화합물의 다양한 표기 방법이 등장하고 또 처음 대하는 무기 화합물의 수가 중학교에 비해 갑자기 많아져서 교과서 읽기에 어려움을 줄 수 있다고 제안한 바가 있다.

화학 교육은 화학 지식을 발견하는 과정, 과정에서 정립된 개념, 개념을 포함하는 화학 지식의 응용 및 개인과 사회에 미치는 의미 등 4가지를 종합적으로 포괄한다 (Gilbert and Treagust, 2009). 화학은 물질의 분자의 세계를 다루는 학문인데 반해 화학 교육은 학생들의 눈높이로 눈으로 볼 수 없는 미시적인 분자 세계와 겉으로 드러난 거시적인 세계를 어떻게 연결 지을 수 있는 지를 고민하는 학문이라 할 수 있다 (Johnstone, 2000). 이 연결과정에서 사용되는 화학적 표현이란 것도 사실은 물질 그 자체라기보다는 정신적인 이미지일 수 있으므로 화학교육자들의 화학적 표현에 대한 정의가 조금씩 다르다. Johnston(1982)은 학생들이 화학의 생각을 표현하는 방법으로 macroscopic representation, formal or representational representation과 molecular submicroscopic representation 등 세 가지 표현이 있다고 주장하였으며 Andersson(1986)은 단순히 매크로 세계와 원자 세계로 나누었다가 두 세계의 연결 고리로서 기호가 필요하다고 인식하였다. 이와 같이 세 가지 혹은 네 가지 표현 수준이 도입되어 학자마다 그것을 표현하는 용어가 다양하나 그 중에서 대표적인 것은 그림 1에 나타난 macro(M), submicro(SM) 및 representational(R)로 나타낸

Johnstone(2000)의 삼각형 표현법을 들 수 있다. 그리고 거의 같은 의미의 용어로 Treagust 등은 거시와 미시 화학세계를 연결하기 위해 화학 원소, 화학식 그리고 화학반응식에 대한 이해가 필요하므로 macroscopic, submicroscopic 및 symbolic 의 용어 도입을 주장하였다 (Treagust et al., 2003).

우리나라의 경우 화학적 표현에 대한 연구는 물질의 입자성에 대한 글, 그림, 동화상, 그래프, 실험 등 외적 표상을 함께 제공하는 다중표상 학습이 중학교 과정을 중심으로 활발히 연구되고 있다 (강훈식 등 2007). 반면 화학적 표현 그 자체를 다루는 연구나 고등학교 과정에서의 표현 연구는 상대적으로 미미한 실정이다. 그리고 2007년 개정 과학교육과정에 따르면 중학교 2학년 때 원소 기호와 주기율표를 학습하게 되어 있으나 (교육부, 2007) 고등학교 3학년 때에 비로소 화학 명명법을 배우게 되어 있다. 화학 교육에 있어서 화학 물질을 정확하게 나타낼 수 있는 화합물의 명명법을 통일하여 사용하는 것은 중요하다 (Ben-Zvi and Hofstein, 1996). 또한 대부분의 화학 술어와 화합물 이름이 외래어라는 점에서 화학술어와 화합물 이름을 통일하여 사용하지 않을 경우 화학을 학습하는 학생들에게 혼란을 줄 수 있다 (Gillespie, 1997). 낮은 화합물을 접하게 되는 학생들은 낮은 용어의 등장에 의해 비록 학습 내용이 쉽더라도 학습하는데 곤란을 겪게 되므로 교과서에 새로운 화합물을 소개하는 경우 화합물의 교과 내용 연계성이 가장 중요하지만 그러한 화합물 개수의 적정성과 아울러 화합물을 표시하는 방법도 중요하다 (Chavkin, 1997). 따라서 교과서를 중심으로 중학교 1학년과 고등학교 3학년 사이의 교육과정에서 쓰이고 있는 화학의 기호 및 언어에 대한 표현 연구가 필요하며 이를 토대로 학년별로 적절한 화학적 표현을 교육과정에 반영할 필요가 있다. 이러한 연구의 일환으로 남미자와 채희권(2008)은 고등학교 1학년 과학교과서를 Johnstone의 표현법에 따라 분석하였다. 하지만 과학교과서는 물리·화학·생물·지구과학 네 영역을 모두 같은 비율로 다루고 있어 과학교과서에서의 ‘물질’ 단원에 한정된 화학적 표현의 연구는 교과서의 쪽수나 내용 면에서 제한적일 수 밖에 없다. 따라서 화학적 표현에 대한 연구를 화학 I 및 II 교과서에 확장시킬 필요가 있다. 그리고 학년이 올라감에 따라 물 개념이나 화학반응식 등 화학적 지식의 수준이 높아지므로 물질의 화학적 표현이 교육과정에 따라 어떻게 변하는지를 살펴볼 필요가 있다. 전체적으로 이러한 교과서 분석을 통하여 교육과정 개편 시 교과서 내용을 교수학습자의 수준에 맞춰 표현의 난이도를 조절할 필요가 있다.

따라서 이 논문에서는 첫째, 고등학교에서 화학을 다루는 교

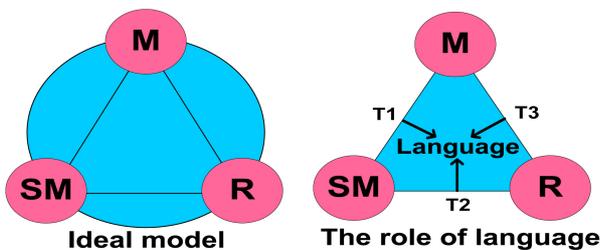


Figure 1. The relationship of chemical representations between symbols and languages.

과서인 과학, 화학 I 및 II에 나타난 무기 화합물의 수와 그것의 화학적 표기방법을 비교하고 둘째, 쪽 당 화합물의 수와 표기의 숫자를 학년간·저자간 비교를 통해 교과서 읽기의 어려움 정도를 예측하고 셋째, 자주 등장하는 대표적인 화합물 3종을 선택하여 그림 1의 오른쪽 모델과 같이 언어적 표현을 통해 변형·세분화된 Johnstone 표현법에 따라 학년간·저자간 교과서의 화합물의 표현 형태를 비교 분석하고자 한다.

## 연구내용 및 방법

### 연구 내용

학년별로 교과서의 화학내용에 대한 읽기의 어려움과 화학 언어 표기법에 대한 연구를 위하여 과학, 화학 I, 화학 II 교과서에 나타난 무기 화합물의 이름과 등장 빈도수를 조사하였다. 특별히 무기 화합물을 대상으로 한 것은 중등학교 과학교과서의 탐구 실험 활동에서 유기 화합물이 대부분 제외되어 있고 탄화수소에 대한 단원도 화학 II로 제한되어 있기 때문에 초등학교부터 익숙해진 금속과 염 등 수용성 물질로 통일성을 기하고자 무기 화합물로 제한하였으며 물(H<sub>2</sub>O)은 거의 모든 단원에서 언급되고 있기 때문에 제외하였다. 교과서 선택에 대한 기준은 과학, 화학 I, II 교과서를 모두 출판한 6곳 중에서 임의로 4곳을 택하였으며 차세대 과학교과서는 기존의 검인정 교과서와 내용을 비교하기 위해 선택하였다. 연구에 사용된 교과서는 모두 13종이며 표 1에 정리하였다.

### 연구방법

13종의 교과서를 학부 4학년생, 대학원생 및 교육 전문가가 한 조가 되어 수작업으로 무기 화합물의 표기 및 표현방법을 분류·분석하였으며 자료 정리의 신뢰도를 높이기 위해 과학교육 전문가의 검토를 받았다. 고등학교 과학 교과서는 ‘물질’ 단원만을 살펴보고, 화학 I과 II 교과서에서는 모든 단원을 살펴보고, 교과서에서 살펴본 부분은 각 단원의 본문, 보충학습, 심화학습, 연구문제, 단원종합문제 등 한 단원에 포함된 모든 부분이고, 부록은 살펴보지 않았다. 본문의 한 문단이나 하나의 탐구활동, 하나의 문제 내에서 한 종류의 화합물이 여러 번 제시되면 한번 제시된 것으로 간주하였다. 교과서에 제시된 무기 화합물의 종류, 빈도수, 표기방법에 따라 분류하여 총 무기 화합물의 종류 수(TN<sub>1</sub>), 표기 종류의 수(TN<sub>2</sub>), 모든 표기의 합인 총 등장 횟수(TN<sub>3</sub>)로 정리하였으며 무기 화합물의 이와 같은 표기 방법은 남미자와 채희권(2008)의 분류에 따라 한글, 번역표기, 한글(번역표기), 번역표기(화학식), 화학식으로 나눴다.

## 연구 결과 및 논의

### 무기화합물의 종류와 표기 방법의 수

#### (1) 교과서 전체 분석

고등학교 과학, 화학 I 및 II 교과서에 나타난 무기 화합물의 종류, 빈도수 및 표기방법을 표 2에 나타내었다.

과학 교과서에서 제시된 화합물의 수는 출판사 별로 차이가

Table 1. Lists of the selected Korean high school textbooks.

Symbol	Authors	Subject(Level)	Page	Publishing Company
A <sub>0</sub>	Lee, Kyu-Suk <i>et al.</i>	Science	63	Daehan Printing & Publishing Co., Ltd. (2007)
A <sub>1</sub>	Lee, Duck hwan <i>et al.</i>	Chemistry I	239	Daehan Printing & Publishing Co., Ltd. (2007)
A <sub>2</sub>	Lee, Duck hwan <i>et al.</i>	Chemistry II	391	Daehan Printing & Publishing Co., Ltd. (2007)
B <sub>0</sub>	Kim, Hie-Joon <i>et al.</i>	Science	66	Chunjae Education Co., Ltd. (2007)
B <sub>1</sub>	Kim, Hie-Joon <i>et al.</i>	Chemistry I	247	Chunjae Education Co., Ltd. (2007)
B <sub>2</sub>	Kim, Hie-Joon <i>et al.</i>	Chemistry II	351	Chunjae Education Co., Ltd. (2007)
C <sub>0</sub>	Suh, Jung Sang <i>et al.</i>	Science	65	Kum Sung Publishing Co., Ltd. (2007)
C <sub>1</sub>	Suh, Jung Sang <i>et al.</i>	Chemistry I	247	Kum Sung Publishing Co., Ltd. (2007)
C <sub>2</sub>	Suh, Jung Sang <i>et al.</i>	Chemistry II	343	Kum Sung Publishing Co., Ltd. (2007)
D <sub>0</sub>	Woo, Kyu Hwan <i>et al.</i>	Science	63	Institute for Better Education Co., Ltd. (2007)
D <sub>1</sub>	Woo, Kyu Hwan <i>et al.</i>	Chemistry I	239	Institute for Better Education Co., Ltd. (2007)
D <sub>2</sub>	Woo, Kyu Hwan <i>et al.</i>	Chemistry II	343	Institute for Better Education Co., Ltd. (2007)
E <sub>0</sub>	Hyun, Jong-Oh <i>et al.</i>	Science (SNG)	106	The Ministry of Science and Technology (2007)

Table 2. Total numbers of inorganic compounds appeared in the Science, Chemistry I and II textbooks.

Subject	Grade	Author	TN <sub>1</sub>	TN <sub>2</sub>	REPRESENTED METHODS						
					Korean	Korean (English)	Korean (formula or conversion)	conversion of formula to Korean	Conversion (formula)	chemical formula	TN <sub>3</sub>
Science	10	A <sub>0</sub>	39	71	8	-	2	61	46	27	144
		B <sub>0</sub>	38	97	7	-	2	94	37	57	197
		C <sub>0</sub>	29	52	10	-	-	75	27	7	166
		D <sub>0</sub>	52	83	4	-	-	61	23	52	200
Science for the New Generation	10	E <sub>0</sub>	90	147	43	2	6	223	8	76	358
Chemistry I	11	A1	73	101	24	-	3	60	36	32	155
		B1	67	92	10	-	1	43	42	19	115
		C1	68	99	15	-	1	52	62	21	151
		D1	68	101	12	-	2	43	69	22	148
Chemistry II	12	A2	99	166	19	-	-	93	119	228	459
		B2	102	153	6	-	-	66	123	111	306
		C2	94	159	11	-	-	103	103	163	380
		D2	105	178	7	-	-	78	152	181	418

TN<sub>1</sub>: total species of inorganic compounds, TN<sub>2</sub>: total numbers of all represented methods of inorganic compounds, TN<sub>3</sub>: total numbers of appearance of inorganic compounds repeatedly.

나가는 하지만 평균적으로 39.5개의 화합물이 등장하는데 반해 차세대 과학 교과서에서는 90개의 화합물이 등장한다.

그러나 차세대 과학 교과서에서는 이온 단원에서 이온이 포함된 보석 20개를 예를 들어 설명하고 산과 염기 단원에서 중화반응과 염의 생성에 대해 설명하면서 여러 가지의 염의 예를 들고 각각의 특성에 대해 설명하고 있다. 여기서 설명되고 있는 염 화합물만 40개에 달한다. 이 두 단원에서 등장한 화합물 60개를 제외하면 과학 교과서보다 오히려 더 적은 화합물이 표현되고 있음을 알 수 있다. 차세대 과학 교과서를 포함하여 과학 교과서에서 등장하는 화합물의 평균적인 개수는 49.6종이며 표기방법도 89.8개에 이르고 있다.

화학 I 교과서에서는 평균적으로 69개의 화합물이 98.3개의 표현으로 표기되었으며 화학 II 교과서는 평균적으로 100개의 화합물이 164개의 표현으로 표기되었다. 학년이 높아지면서 교과서에 등장하는 화합물의 종의 수도 함께 증가하는 것을 볼 수 있다. 화학 I 교과서에서 일상용어의 사용이 많아지고, 번역 표기(화학식)도 과학 교과서보다 많다. 이것은 과학에서의 화학 내용은 과학 교과서의 1/4에 불과하지만 화학 I 교과서에는 전체 교과서에서 화학의 내용을 다루고 있으며 실제로 거시적

인 관찰로부터 미시적인 세계에 대한 화학개념을 처음 배우게 되므로 심도 있는 화학의 내용의 경우는 화학 I 교과서에 처음 다루어진다. 따라서 화학 I 교과서에서는 과학 교과서에서만큼 일상용어의 사용이 많고 번역표기와 함께 화학식이 많다. 하지만 화학 II 교과서에서는 화학 지식의 양이 많아지고 몰 개념과 화학 당량 같은 화학적 지식을 학습하므로 화학식만의 표기가 급격히 증가함을 볼 수 있다. 과학 교과서와 화학 I 교과서에서 화학식의 표현이 36개, 24개인데 비해 화학 II 교과서에서는 화학식이 171개로 3배 이상 증가했음을 알 수 있다.

과학 교과서에서는 일상에서 쓰이는 용어의 사용이 10개 미만인데 반해 차세대 교과서의 경우에는 과학교과서보다 4배 가량 많은 40개가 일상에서 쓰이는 비전문적인 용어로 사용되었다. 이러한 비전문적인 용어의 사용은 화학을 처음 접하는 학생들에게 화학이 어려운 학문이 아니고 일상생활과 밀접한 관련이 있다고 느낄 수 있도록 도울 것이며, 명명법을 배우기 전의 학생들에게 외국어처럼 느껴지는 화합물을 친숙하게 느낄 수 있도록 하는데 도움이 될 것이다(Johnstone and Selepeng, 2001). 화학 I, II 교과서의 경우에도 일상용어의 사용이 줄어들지 않고 과학 교과서에서와 비슷한 수준을 유지하고 있다.

(2) 과학과 화학 I 와 II 비교

(a) 화합물의 수

고등학교 과학, 화학 I 및 II 교과서에 나타난 무기 화합물의 쪽 당 무기 화합물의 수를 비교하였다. 표 2의 결과를 보면 평균 화합물의 개수는 과학교과서, 49.6에서 화학 I, 69로 그리고 화학 II, 100으로 학년이 올라감에 거의 선형으로 증가함을 알 수 있는데 이것을 쪽 당 화합물로 계산하여 보았다. 과학교과서의 쪽 당 평균 화합물의 개수는 0.68이었고 화학 I과 II는 교과서의 지면의 수가 평균 243쪽과 357쪽으로 114쪽 차이가 남에도 불구하고 평균 쪽 당 무기 화합물의 개수는 0.28이었다. 과학 교과서를 다시 차세대 교과서와 나머지 4개의 교과서로 분리하였을 때 쪽 당 화합물의 수는 0.85와 0.61이었다. 이것은 과학교과서가 화학 I 및 II에 비해 새로운 화합물을 많이 소개하고 있다는 증거가 될 수 있는데 화합물의 수가 증가하면 그만큼 학생들의 책 읽기가 어려울 수 있다 (남미자와 채희권, 2008). 화학은 물질의 자체와 구조 및 특성을 다루는 학문이므로, 어떤 화학 개념을 설명하기 위하여 화합물의 사용은 불가피하며 개념의 이해를 돕기 위해 다양한 예시로 화합물을 사용할 수 있다. 화학 I, II 교과서에 비해 과학교과서에 쪽 당 등장한 화합물이 많은 것은 두 가지로 설명할 수 있다. 하나의 화학 개념을 설명하기 위해 다양한 화합물을 예를 들어 사용했거나 과학 교과서에서 화학 I, II에 비해 깊이는 덜하더라도 많은 화학 개념을 소개했다면 그 개념들을 설명하기 위한 화합물의 수도 많아졌을 것이다. Bruner(1977)에 따르면 학생들은 일련의 단계를 거치면서 성숙, 발달하기 때문에 교과교육과정은 사회의 구성원이 관심을 가질 가치가 있다고 생각하는 사회적 논쟁점, 원리, 가치를 학교 급 별로 되풀이 하여 제시하는 형식으로 구성해야 한다고 말했다. 예를 들어, 수, 측정, 확률 등과 같은 개념이 과학에 필수적이라고 판단되면, 이러한 개념들은 가능한 조기에 가르치고 고학년에 올라가면서 점차적으로 세부적이고 심도 있는 내용으로 다시 제시해야 한다는 나선형 교육과정을 제시하였다. 따라서 과학교과서에 비해 화학 I, II 교과서에서 어떠한 화학 개념을 설명하고자 제시된 화합물의 수가 학년이 높아짐에 따라 한 지면당 차지하는 화합물의 수가 줄어든 것도 학년이 높아지면서 점차적으로 세부적이고 심도 있는 내용을 제시하면서 한 가지 개념을 더 깊이 있게 제시하기 때문이라고 보여진다. 하지만 Johnstone과 Selepeng(2001)의 연구에 의하면 같은 단어임에도 불구하고 과학 용어와 일상 생활에서의 용어가 의미의 차이가 있음을 깨닫지 못하는 경우가 많았고 영어

를 모국어로 사용하는 학생이 아닌 경우에는 영어로 된 낱말 또는 표현에 대해 더욱더 이해를 하지 못한다는 결과로 미루어 볼 때 영어 어원에서 파생된 새로운 화합물 용어의 도입은 신중을 기할 필요가 있을 것으로 여겨진다.

(b) 표현 비교

무기 화합물의 다양한 표기법들을 교과서 별로 비교하기 위하여 전체 표기수를 그림 2에 나타내었다. 과학 교과서와 화학 II 교과서의 경우에는 일상용어의 사용이 4.80%, 2.75%로 극히 제한적이었다. 화학 I 교과서와 차세대 과학 교과서에서는 일상용어의 사용이 각각 10.72%와 12.01%를 차지하고 있다. 화학식(한글) 또는 번역표기(한글)는 과학 교과서와 화학 교과서에서 모두 매우 적은 비율을 나타내고 있으며 화학 II 교과서에서는 그런 표현이 전혀 없었다. 번역표기의 사용이 학년이 높아질수록 과학에서 화학 II 교과서로 갈수록 48%에서 21%로 줄어들었다. 그리고 번역표기(화학식) 사용은 과학 교과서에서 22.02%, 차세대 과학 교과서에서 2.23%, 그리고 화학 I 교과서에서 36.73%, 그리고 화학 II 교과서에서 31.8%로 학년이 증가함에 따라 번역표기(화학식)의 비율은 점차적으로 늘어났다.

특히 차세대 교과서의 경우에는 번역표기(화학식)의 표현 대신 번역표기를 더 선호하는 경향이 있다. 화학식만으로 표기한 화합물의 개수는 과학교과서에서 23%였던 것이 화학 II 교과서에서는 43.7%로 두 배 가량 증가함을 볼 수 있다. 인지구조의 발달 수준과 지식의 구조 및 표현양식을 활용하여 학습 준비도의 숙성을 특징짓고, 그것은 교육과정 내용을 선정, 조직하는 준거로 이용된다고 말한 Bruner(1977)의 나선형 교육과정에 의하면 교육과정의 구조가 학년이 올라감에 따라 표현 양식이 겹으로 드러나는 행동을 통해 지식을 표상하는 작동적 표상에서부터 점점 상징적인 언어인 상징적 표상으로 변화되어야 한다. 따라서 물 개념과 화학 당량 같은 화학적 지식을 전수하는 화학 II로 갈수록 상징적 표상인 화학식의 사용이 증가했다고 볼 수 있다.

(c) 사용된 원소의 수

교과서에 제시된 여러 가지 화합물을 이루고 있는 원소의 평균 종류와 수를 비교한 것은 다음 표 3과 같다. 교과서에 등장한 화합물속의 원소를 그 수와 특징에 따라 과학 교과서와 화학 교과서로 나눌 수 있다. 고등학교 과학의 경우에는 금속원소와 비금속, 전이금속의 수가 각각 8, 9, 10개로 유사하며 차세대 과학 교과서의 경우에는 금속과 비금속의 수는 9, 8개로 유사하고 전이금속의 수는 6개로 상대적으로 적다. 반면에 화

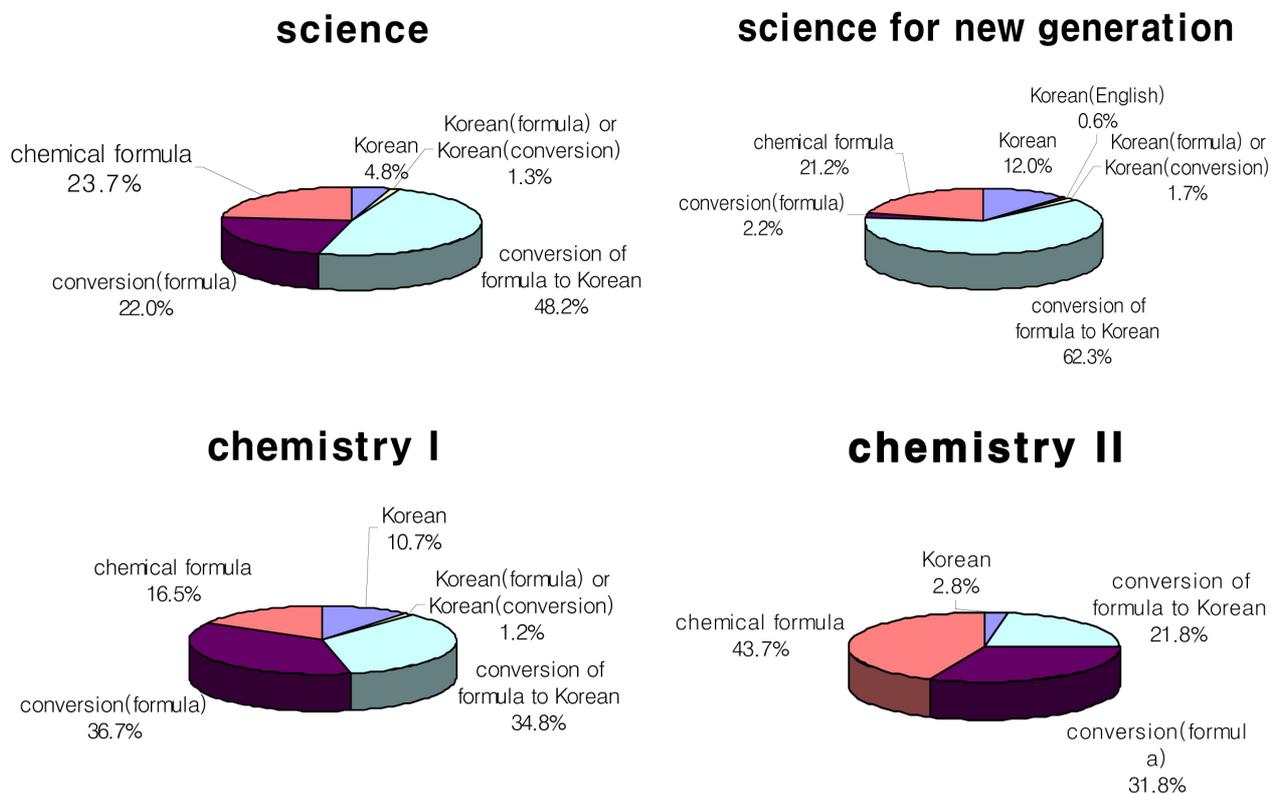


Figure 2. Representations of inorganic compounds in the Science, Chemistry I and II textbooks.

Table 3. Average species and numbers of elements appeared in Science, Chemistry I and II textbooks.

Element	Science	Science (New)	Chemistry I	Chemistry II
Metal	8	9	10	13
Non-metal	9	8	15	13
Transition metal	10	6	11	9
Total	27	23	36	35

학 I 교과서에서는 금속원소와 비금속, 전이금속의 수가 10, 15 및 11이고 화학 II에서는 13, 13 및 9개이었다. 과학 교과서보다 화학 교과서에서 전체적인 원소의 평균 수가 증가했으며, 전이 금속의 숫자는 거의 비슷했으나 비금속 원소의 등장이 증가했음을 알 수 있다.

### NaCl, HCl 및 NaOH의 표현 방법에 따른 분류

과학 교과서와 화학 교과서 모두에서 가장 많이 등장한 세 가지 화합물, NaCl, HCl과 NaOH에 대해서 좀 더 구체적으로

교과서에서 어떻게 설명하고 있는지를 조사해보았다. 화학적 표현에 대한 기본적인 구성은 Johnstone의 삼각형 모델 (Johnston, 1982)과 이것을 변형시켜 세분화한 그림 1의 남미자와 채희권의 모델을 따랐다 (남미자와 채희권, 2008).

T1(M-SM)은 Macro-level과 Submicro level을 연결하여 표현한 것이고 T2(SM-R)는 submicro level과 symbolic Representation level을 연결하여 표현한 것을 나타내며, T3(R-M)은 symbolic Representation level과 Macro level을 연결하는 것으로 그림 2에서 나타낸 것이다. NaCl의 예를 들면 ‘소금’이라는 단어(M)와 NaCl의 격자구조 그림(SM)을 함께 나타낸 것을 T1으로, 격자구조(SM)와 NaCl이라는 symbol(R)이 함께 쓰인 표현을 T2, 그리고 NaCl이라는 Symbol(R)과 소금이라는 비전문적 용어(M)가 함께 쓰인 것을 T3이라고 말할 수 있다.

등장한 횟수에 따라서 상위 세 번째까지의 화합물-NaCl, HCl 그리고 NaOH-은 일상생활에서 비교적 접하기 쉬운 화합물이다. 이들 화합물에 어떤 용어를 사용하고 어떻게 표현하는가 대하여 교과서 및 화합물 별로 비교한 것을 그림 3에 나타내었으며 학년과 화합물의 종류를 막론하고 화학식으로 표현한 것

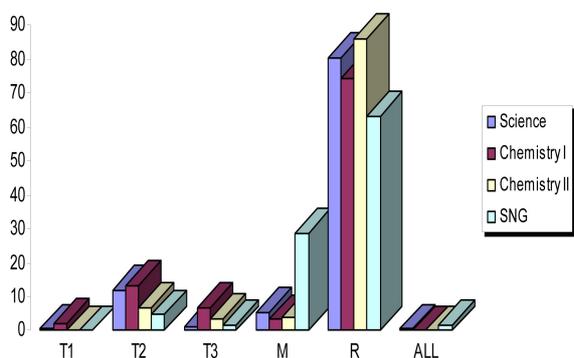


Figure 3. Representations of top 3 chemicals appeared in Science, Chemistry I and II textbooks. ('All' represents the use of all representations referred)

이 80% 이상을 차지하고 있다.

과학, 화학 I과 II 교과서 모두 각 level을 연결하는 T1, T2, and T3와 같은 표현은 T2만 10%정도를 차지할 뿐 T1과 T2는 5%미만이다. 학년이 증가함에 따라 지식이 양이 늘어나고 깊이가 깊어지면서 일상용어의 사용은 점차 줄어들고 Submicro-level과 Symbolic Representation을 연결하는 T2의 표현이 점점 늘어나야 함에도 불구하고 화학 I과 II 교과서에서 T2의 비율은 13.3%과 6.65%로 4.7%의 차세대 과학 교과서보다는 약간 높지만 12.0%의 과학 교과서와 거의 비슷한 수준이다. T1의 경우에는 과학과 화학 I 교과서에만 등장할 뿐 화학 II 교과서에서는 Macro-level과 Submicro-level을 연결하는 T1은 존재하지 않는다. Macro-level과 Representation level을 연결하는 T3은 과학 1.1%, 차세대 과학 1.8%, 화학 I 6.5%, 그리고 화학 II 3.6%로 화학 교과서가 과학 교과서보다 약간 많지만 모든 교과서에서 5% 미만을 나타내고 있다.

화학을 전문적으로 배워보지 못한 상태의 10학년 학생들에게까지도 T2의 표현이 T1이나 T3보다 적다는 것은 추상적인 화학 개념을 더욱 이해하기 어렵게 할 수 있다. 화학 개념을 처음 배우는 학생들에게는 Macro-level 중심의 언어를 사용하는 것이 학생들의 흥미와 이해를 돕는데 더 유용하다 (Gilbert and Treagust, 2009).

과학 교과서와 차세대 과학 교과서에서 모두 매크로 표현의 비율이 가장 높지만 차세대 과학 교과서의 경우에 R의 표현이 약간 줄어든 대신 M의 비율이 과학교과서에 비해 상대적으로 높아졌다. 이것은 학생들에게 친숙한 화합물을 먼저 제시함으로써 화학이 일상생활에서 접하는 물질의 화학임을 알게 하고 쉽게 화학 개념에 접근하도록 도울 것이다.

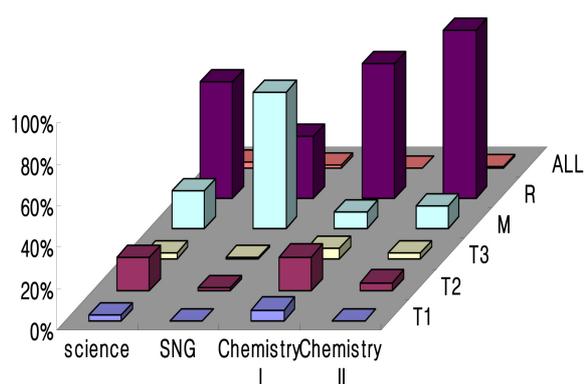


Figure 4. Representations of NaCl in appeared in Science, Chemistry I and II textbooks. ('All' represents the use of all representations referred)

그림 4는 세 가지 화합물 중 우리 주변에서 가장 쉽게 볼 수 있는 NaCl의 경우를 보여주고 있는데 다른 두 화합물, HCl 과 NaOH의 경우에는 기호적인 표현이 80% 이상을 차지하고 있어서 따로 그림으로는 표현하지 않았다.

화학 I과 화학 II 교과서에 나타난 매크로 표현은 각각 8%, 11%이며 과학 교과서에서는 19%, 차세대 과학 교과서에서는 66%이었다. 차세대 교과서에서 NaCl, HCl, NaOH 세 가지 화합물의 다양한 표현 중 특히 NaCl의 경우는 M의 비율이 66%를 차지한다. 즉, 교과서에 소금이라는 용어를 많이 사용하였음을 알 수 있다. 이는 HCl과 NaOH에 비해서 NaCl은 우리에게 훨씬 친숙하고 쉽게 접할 수 있는 물질이므로 10학년 학생들에게 기호적인 표현인 염화나트륨이나 NaCl 보다 소금이라는 용어를 선택함으로써 학생들에게 NaCl로 설명할 수 있는 여러 가지 화학 개념을 좀 더 친숙한 언어로 설명할 수 있을 것이다. 다른 과학 교과서에서도 화학 I이나 화학 II교과서에 비해 M의 표현, 소금의 사용 빈도가 증가했음을 그림 4를 통해서 알 수 있다.

HCl이나 NaOH의 경우에도 마찬가지로 우리가 학교에서 배우기 이전에 이미 알고 있는 화합물이긴 하지만 소금처럼 우리가 직접 사용하고 쉽게 볼 수 있는 화합물은 아니기 때문에 NaCl 보다 상대적으로 M의 비율이 적다.

같은 화합물을 선택하여 화학 개념을 설명함에도 불구하고 다른 용어를 사용한다면 학생들은 다른 개념, 다른 화합물처럼 인식하고 같은 화합물로 인식하지 못하게 될 것이다. 예를 들면, 용해의 설명을 위해 소금이 물에 녹는 것을 설명하고 격자 에너지를 설명할 때 염화나트륨의 격자구조를 설명한다면 학생들은 소금과 염화나트륨이 같은 물질이라고 여기지 못할 수도

있다. 이와 같이 단편적인 지식의 기억은 한계가 있으며 이를 하나로 연결하여 학습한다면 학생들이 효과적으로 학습할 수 있다.

## 결론 및 제언

본 연구에서는 과학, 화학 I, II 교과서에서 각각의 교과서에 다루고 있는 무기화합물의 표기 및 표현을 조사하였다.

먼저 전체 화합물의 수와 표기방법을 과학과 차세대 과학 교과서에 대해서 비교하였는데 4종의 과학 교과서에서는 평균적으로 39.5개의 화합물의 종을 75.5개의 표기로 사용하였으며, 차세대 과학 교과서에서는 과학 교과서에서보다 많은 90개의 화합물의 종을 147개의 표기로 나타내고 있다. 과학 교과서의 대부분에서 번역표기가 가장 많은 비율을 차지하고 있었으며 특히 차세대 교과서의 경우에는 한글표기가 기존의 과학 교과서에 비해 약 3배 가량 많았다.

화학 I 교과서에서는 평균적으로 69개의 화합물을 98.2개의 표기로 사용하였으며 화학 II 교과서는 평균적으로 100개의 화합물을 164개의 표기로 사용하였다.

또한 한 페이지 당 화합물의 개수는 과학 교과서가 0.68, 화학 I 교과서 0.28, 그리고 화학 II 교과서 0.28로 과학 교과서가 분량에 비해 가장 많은 화합물을 표기하고 있음을 알 수 있다.

화합물을 이루는 원소들을 금속, 비금속, 전이금속 나누어 각각의 교과서에서 나타나는 원소들의 수를 조사해보았다. 과학과 차세대 교과서에서는 금속 원소의 개수가 가장 많았고 화학 I, 화학 II 교과서로 갈수록 비금속원소의 수가 증가하였으며 전이금속의 경우는 과학, 화학 I, 화학 II 교과서에서 비슷한 정도의 수를 나타내고 차세대 과학 교과서의 경우에만 약간 적은 수를 나타내었다.

그리고 각각의 교과서에서 가장 많이 등장하는 세 가지 화합물 NaCl, HCl과 NaOH에 대하여서 Johnstone's 삼각형 모델을 수정한 새로운 모델에 기초하여 교과서에서 각각의 화합물에 대한 표현을 구체적으로 조사해보았다. 그 결과 학년과 화합물의 종류를 막론하고 화학식으로 표현되는 표현이 80% 이상을 차지하였다. 그리고 세 화합물 중에 NaCl의 경우에만 Macro 표현의 사용이 두드러졌는데 화학 I과 화학 II 교과서에 나타난 마크로 표현은 각각 8%, 11%이며 과학 교과서에서는 19%, 차세대 과학 교과서에서는 66%이었다.

현재 우리나라의 학교 교육은 국가 중심의 교육체제 내에서 동일한 교육과정과 같은 내용을 다루는 교과서를 통해 지도된

다. 학교 교육에 있어서 학습 지도는 교과 교육 활동을 일컫는데, 교과서는 학습 지도 영역의 기본 단위로서 교육 내용의 거의 대부분은 교과서 속에 담겨 전달되게 된다. 따라서 교과서는 학교 교육의 핵심이라고 할 수 있다 (지영은과 조인진, 2001; 배장오, 2005). 그러므로 교과서는 학생들의 학습을 도울 수 있도록 학생들이 쉽게 읽고 쓰고 이해할 수 있게 쓰여져야 한다. 과학, 차세대 과학, 화학 I, 화학 II 교과서에 제시된 무기 화합물의 등장 빈도수 및 표기법을 분석한 본 연구 결과가 학생들이 용어에 대한 혼돈과 어려움을 덜어줄 수 있는 좋은 교과서를 만드는 데 기여할 수 있기를 바란다.

## ABSTRACT

This study aimed to investigate the transcription and representation of inorganic compounds in selected 13 science and chemistry textbooks for the 10-12th grades. Based on the comparison of each grade textbook, the species, the number of the chemical per page, and the transcription method of inorganic compounds were listed. Results found that the average numbers of inorganic compounds and the transcription method are 49.6 and 89.8 in Science, 69.0 and 98.3 in Chemistry I, and 100.0 and 164 in Chemistry II, respectively. The numbers of the chemicals per page in Chemistry I and II, however, were 0.28 unexpectedly, while one of the compounds in Science was 0.68. From these results we glimpse that the text of Science appears to be much heavier than ones of Chemistry I and II for the student to read the content. In addition, the most representative inorganic compounds, hydrochloric acid, sodium hydroxide and sodium chloride were selected and analyzed by the expression modes from the modified Johnstone's triangle model. The descriptive difference of three complexes between grades was found to be negligible.

**Key words:** inorganic compounds, textbook analysis, transcription method, Johnstone's model

## 참고문헌

- 강훈식, 김유정, 노태희 (2007) 제7차 중학교 1학년 과학 교과서의 물질 단원에서 외적 표상들의 활용 실태 분석. 한국과학교육학회지. 27(3): 190-200.
- 교육부 (2007) 과학과 교육과정. 교육인적자원부 고시 제 2007-79호 (별책 9).
- 남미자, 채희권 (2008) 고등학교 과학 교과서에 제시된 무기화

- 합물의 표기 및 표현 분석. *대한화학회지*. 52(4): 394-403.
- 대한화학회 (KCS) (2003) *화학술어집 제 5판* 서울: 자유아카데미.
- 배장오 (2005) *교과교육론*. 서현사.
- 지영은, 조인진 (2001) *교과교육의 이해*. 학지사.
- Andersson B (1986) Pupils' explanations of some aspects of chemical reactions. *Science Education* 70: 549-563.
- Ben-Zvi R and Hofstein A (1996) Strategies for remediating learning difficulties in chemistry. In D. F. Treagust, R. Duit & B. J. Fraser (Eds), *Improving teaching and learning in science and mathematics*, (pp. 109-119). New York: Teachers College Press.
- Bruner JS (1977) *The process of education*, Harvard University Press: Cambridge, MA.
- Chavkin L (1997) Readability and reading ease revisited: state-adopted science textbooks. *Clearing House* 70(3): 151-154.
- Gillespie RJ (1997) Reforming the general chemistry textbook. *Journal of Chemical Education* 74(5): 484-485.
- Gilbert JK (2006) On the nature of context in chemical education. *International Journal of Science Education* 28(9): 957-976.
- Gilbert JK and Treagust D (2009) Introduction: macro, submicro and symbolic representations and the relationship between them: key models in chemical education. In Gilbert JK and Treagust D (Eds), *Multiple representations in chemical education*, (pp. 1-8). Springer.
- International Union of Pure & Applied Chemistry (1990) *Nomenclature of inorganic chemistry*. In Leigh GH (Eds) *Recommendations 1990*. Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Johnstone AH (1982) Macro-and micro-chemistry. *School Science Review* 64: 377-379.
- Johnstone AH (2000) Teaching of chemistry: logical or psychological? *Chemical Education: Research and Practice in Europe* 1(1): 9-15.
- Johnstone AH and Selepeng D (2001) A language problem revisited. *Chemical Education: Research and Practice in Europe* 2(1): 19-29.
- Schwartz Y, Ben-Zvi R and Hofstein A (2006) The use of scientific literacy taxonomy for assessing the development of chemical literacy among high-school students. *Chemistry Education: Research and Practice* 7(4): 203-225.
- Tasker R and Dalton R (2006) Research into practice: visualization of the molecular world using animations. *Chemistry Education Research Practice* 7(2): 141-159.
- Treagust DF, Chittleborough G and Mamiala TL (2003) The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. *International Journal of Science Education* 25(11): 1353-1368.