

중등학교 과학 교사의 밀도에 관한 내용교수지식 수준과 그에 따른 내용 표상의 구성 요소별 특징

곽상원 · 최병순*

한국교원대학교 화학교육과
(접수 2011. 10. 19; 게재확정 2011. 12. 19)

The Level of Secondary School Science Teachers' PCK on Density and the Characteristics of Eight Aspects of CoRe by the Level of PCK

Sang-Won Kwak and Byung-Soon Choi*

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

*E-mail: bschoi@knue.ac.kr

(Received October 19, 2011; Accepted December 19, 2011)

요 약. 이 연구에서는 중등학교 과학 교사 20명을 대상으로 밀도에 대한 내용 표상을 조사하여 각 교사의 밀도 수업과 관련된 내용교수지식 수준을 판단하고, 그에 따라 내용 표상의 구성 요소별로 어떤 특징이 있는지를 분석하였다. 연구 결과, 과학 교사들의 내용교수지식 수준은 전반적으로 보통 수준으로 판명되었다. 교사들의 내용교수지식 수준에 따라 나타나는 내용 표상의 구성 요소별 특징은 ‘학습자의 선개념에 대한 이해’를 제외한 7개의 구성 요소에서 차이가 크게 나타남을 알 수 있었으며, 이 연구에서는 그 차이를 구성 요소별로 분석하고, 그 특징을 추출하였다. 또한, 내용교수지식 수준이 중간인 교사들에게서 나타난 내용 표상의 구성 요소별 특징은 내용교수지식 수준이 높은 교사들 보다는 낮은 교사들과 대부분의 구성 요소에서 비슷한 것으로 밝혀졌다.

주제어: 내용교수지식, 내용 표상, 밀도

ABSTRACT. The purposes of this study were to evaluate the level of PCK which middle school science teachers have on the concept of density and to analyze the characteristics of science teachers' content representation on the concept of density by their PCK level. For that purpose, 20 science teachers were selected and asked to answer the questionnaire on the eight aspects of CoRe. Results of this study indicated that the science teachers' PCK levels were low in general and evaluated as below average. The differences among the characteristics of science teachers' content representation by their PCK level were high in seven aspects of CoRe but the one aspect of the understanding of learner's preconception. These differences were analyzed and the patterns shown by the science teachers in eight aspects of CoRe were drawn in this study. It was also found that the characteristics drawn in eight aspects of content representation shown by the teachers whose PCK level was medium were close to those whose PCK level was low rather than high in most aspects of CoRe.

Key words: pedagogical content knowledge, content representation, density

서 론

교실 수업의 세 가지 요소인 교사, 학생, 교과 내용 중 교사 변인이 갖는 중요도는 점차 강조되고 있고¹, 최근의 연구 동향도 교사 변인과 교사의 수업 전문성에 관심이 집중되는 추세이다.^{2,3} 과학 교육에 있어서도 예외는 아니다. 과학 교사의 전문성은 과학 단위수업의 충실함을 그 핵심으로 한다.^{4,5} 민윤¹에 의하면 수업에서 교사는 교육 이론이나 교과 내용을 학습자에게 그대로 전달하는 것이 아니라 나름대로 지식을 재구성한다. 교사가 수업에서 사

용하는 지식의 이러한 구성주의적인 성격은 학습자에 대한 이해 및 사회적·문화적·자연적 환경에 대한 이해를 토대로 교사가 교실 수업에서 어떤 내용을 어떠한 방법으로 다루고 있는가를 면밀히 들여다볼 때 알 수 있다.

교사의 전문성을 상정함에 있어 현대 과학 교육에서는 수업에 직접 관련된 교사의 실제적 지식으로 PCK (pedagogical content knowledge, 내용교수지식)를 꼽는다.⁶ 내용교수지식은 Shulman^{7,8}에 의해 최초로 언급되었는데, ‘특정 교과 내용을 특정 학생들의 이해를 촉진할 수 있도록 가르치는 방법에 대한 교사의 지식’이다. 이는 내용 지식이나 교

육학 지식과는 다른, 교과 내용의 표상들, 학생의 개념, 그리고 특정한 학습의 어려움에 대한 이해로 이루어져 있어,⁹ 과학자나 교육학자와 구분되는 교사의 전문성을 나타내는 핵심 지표로 대두되었고, 경쟁력 있고 자질 있는 교사가 갖추어야 할 필수 요건으로 간주되고 있다.^{2,6,10} 과학 교육에서 내용교수지식은 교사들이 가지고 있는 과학 내용 지식을 적절한 교육학적 기능을 통하여 다양한 수준과 여건의 학생들에게 어떻게 이해 가능하고 유의미하게 전환시키느냐 하는 것으로, 주제 한정적인 특징을 지닌다.^{11,12}

그러나 내용교수지식은 교사의 여러 지식 기반-교과 내용 지식, 일반 교육학 지식, 상황 지식-의 통합 혹은 변형으로 나타나는 것이라 그 특성이 복합적이고 암묵적이다.¹³ 따라서 Loughran 등^{13,14}은 과학교사들의 교수에 대한 전문적인 지식을 포착하고 기술하기 위한 CoRe(content representation, 내용 표상)를 개발하였다(Table 1). 내용 표상은 특정 영역이나 주제에 대해 서술적 기술을 하는 것으로, 과학 교사들이 특정 영역이나 주제의 내용을 개념화하는 방식에 대한 개관을 제공한다. Table 1에 나타난 내용 표상을 위한 8가지 관점들은 교사의 교육과정에 관한 지식, 학생 이해에 대한 지식, 교수 전략에 대한 지식, 평가에 관한 지식으로써, 내용교수지식의 구성 요소로 받아들여진다.^{6,15}

내용교수지식의 발달 과정에 대한 연구는 다양하다. 특히 많은 연구자들이 교수 경험으로부터 내용교수지식이 발달함을 보였다.^{8,9,12,16-20} 이들은 초보 교사와 경력 교사를 구별 짓는 가장 큰 특징으로 현장에서의 적용 경험을 강조하였다. 그러나 경력과 내용교수지식이 비례하는 것만은 아니라는 연구 결과^{21,22}도 있다. 박성혜²³⁻²⁵는 초등교사의 내용교수지식 예측 변인을 분석하였는데, 그 결과 높은 과학 교수 자기 효능감, 학생 탐구 중심의 비지시적 교수법, 과학 교수에 대한 긍정적 태도, 경력이 유의미한 예측 변인임을 보였다.

그러나 이러한 많은 연구에도 불구하고, 중등 과학 교사 대상의 내용교수지식 연구는 많지 않고, 그동안 이루어진 연구들도 가르치는 주제와 무관한 과학 내용교수지식을 측정하고 있어, ‘주제 한정적’ 내용교수지식의 특성을 잘 반영하지 못하였다. 따라서 이 연구에서는 과학 교사 전문성의 주 영역을 교사의 ‘특정 주제에 대한 내용교수지식’으로 보고, 중학교 2학년 과정의 밀도 개념에 대한 중등 과학 교사의 내용교수지식의 수준을 분석하고 내용교수지식 수준에 따라 내용 표상의 구성 요소별 특징은 어떠한가를 알아보았다.

연구 방법

연구 절차

연구 대상 내용은 밀도 개념으로 선정하였다. 밀도 개념에 관한 과학 교사들의 내용교수지식 수준을 판단하기 위하여 연구자는 선행연구^{13,14}에 바탕을 두고 밀도에 대한 표준 내용 표상을 작성하고, 과학교육 전문가 및 석사 과정의 중등학교 과학 교사 4인과의 협의를 통해 이를 수정·보완하였다(부록). 그 후, 20명의 중학교 과학 교사를 연구 대상으로 선정하여, 내용 표상의 구성 요소별 질문에 응답하도록 하였다. 연구자가 작성한 밀도에 대한 내용 표상을 토대로 석사 과정 이상의 과학 교사 3인이 교사별 내용 표상의 구성 요소별 수준을 판단하고, 그 결과로부터 내용교수지식 수준이 비교적 높은 그룹, 중간인 그룹, 그리고 낮은 그룹의 세 그룹으로 나누었다. 다음으로 내용 표상의 구성 요소별로 응답 유형을 정리한 후, 내용교수지식 수준에 따라 내용 표상의 구성 요소별 응답에 어떤 차이가 있는지를 분석하였다. 응답을 분석하는 과정에서 불분명한 내용은 해당 교사와의 면담을 통하여 분명히 하였다. 그리고 분석 결과에 바탕을 두고 결론을 도출하였다.

Table 1. Eight aspects of CoRe(content representation)(Loughran *et al.*, 2004; 2006)

Eight aspects of content representation	big idea			
	A	B	C	D
1. what do you intend the students to learn about this idea?				
2. why it is important for students to know this?				
3. what else do you know about this idea (that you do not intend students to know yet?)				
4. difficulties/limitations connected with teaching this idea				
5. knowledge about students' thinking, which influences your teaching of this idea				
6. other factors that influence the teaching of this idea				
7. teaching procedures (and particular reasons for using these to engage with this idea)				
8. specific ways for ascertaining students' understandign or confusion around this idea (include probable range of responses)				

연구 대상

연구 대상 교사: 연구 대상 교사는 중등학교 과학 교사 20명으로, 대부분이 서울·경기 지역에서 근무한다. 이들은 밀도에 대한 교수 경험, 학력, 교과 모임 참여 여부가 상이한데, 이처럼 연구자의 배경을 다양하게 선정한 것은 특정 변인에 의한 지배적인 영향의 가능성을 최소화하기 위한 것이었다. 연구 참여 교사들의 프로필은 질문지를 통해 수집하였다.

연구 대상 개념: 내용 표상 대상 개념은 밀도 개념인데, 밀도 개념은 중학교 2학년 과정에서 물질의 특성 중 하나로 도입되어 있다. 밀도 개념은 물질의 부피, 질량, 구성 입자, 물질의 특성, 물질의 상태 등에 대한 기본적인 이해를 바탕으로 하고 있는 관계 개념이다. 또한 질량과 부피를 동시에 고려해야 하는 점과 생활 속에서의 다양한 경험들로 인해 학생들의 이해 수준이나 선개념이 다양하다. 따라서 교사의 내용교수지식이 학생들의 개념 학습에 중요하게 작용할 것이라는 판단 때문에 밀도 개념을 연구 대상 개념으로 선정하였다.

자료 수집

교사 질문지는 크게 연구 대상 교사들의 기초 배경 조사, 밀도에 대한 내용 표상, 내용 표상의 구성 요소별 질문에 답하는데 영향을 준 요인을 알아보기 위한 문항의 세 부분으로 이루어져 있다.

응답자의 인적사항을 비롯한 배경 정보로는 교육 경력, 최종 학력, 전공교과, 자격연수 이수 여부, 자신의 수업에 대한 피드백 횟수와 방법, 밀도를 가르친 수업 경험 등을 질문하였다. 그리고 본 질문지는 밀도 개념의 내용 표상을 위한 8개의 구성 요소별 질문으로 구성되어 있다. 여기에 각 질문에 대한 답변에 영향을 준 요인을 묻는 5개의 질문을 추가하여 총 13문항으로 구성하였는데, 5개의 추가 질문은 구성 요소별 질문에 대한 답변의 근거를 묻는 것으로 내용교수지식 수준을 판단하는데 참고하였다. 질문지의 개발을 위해서, 우선 연구자가 작성한 초기 질문지를 중등교사 3명에게 투입하여 문항 이해의 용이성이나 타당도를 검토하고, 석사 과정의 중등교사들과 과학 교육 전문가의 조언을 토대로 각 질문에 대한 답변이 주요 개념(big idea)별로 기술될 수 있도록 형태를 수정하였다. 마지막으로 수정된 질문지 문항의 타당성을 과학교육 전문가와 함께 재검토하였다.

면담은 질문지 분석으로 알기 어려운 부분에 대한 자료의 확보를 목적으로 진행하였으며, 내용교수지식 수준이 높거나 낮은 교사, 선행 연구 결과와는 달리 밀도 개념을 가르친 경험에 비추어 수준이 낮게 나타난 특정한 몇 명의 교사에 대하여 반구조화된 개인 면담을 실시하였다.

면담 자료는 녹음한 후, 이를 전사하였다.

자료의 분석과 해석

교사들의 밀도에 관한 내용교수지식 수준을 알아보기 위해, 밀도에 대한 내용 표상의 표준안과 평가 척도를 토대로, 교사들이 작성한 내용 표상의 구성 요소별 응답이 핵심 내용을 얼마나 포함하고 있는가의 관점에서 평가하였다. 평가는 연구자를 포함하여 과학 내용교수지식 관련 연구를 수행하고 있는 석사 과정 이상의 현직교사 3인이 실시하였으며, 평가 결과는 평가자 3인이 각 구성 요소별로 0~5점으로 평가한 것을 평균한 값이다. 3인의 평가 결과가 같은 경우에는 그 결과를 그대로 받아들였고, 평가 결과가 상이한 경우에는 함께 협의하여 합의된 평가 결과를 이끌어 내었다. 평가 결과로부터 연구 대상자를 내용교수지식 수준이 상대적으로 높은 그룹(6명)과 중간인 그룹(8명), 그리고 낮은 그룹(6명)으로 분류하였다. 이는 연구 목적에 비추어 교사들의 내용교수지식 수준을 상대적으로 범주화한 것이다. 밀도에 대한 내용교수지식은 내용 표상의 각 구성 요소별 질문에 대한 응답을 유형화하여 정리하였고, 내용교수지식 수준에 따라 응답에 어떤 공통점과 차이점이 있는가를 분석하였다.

연구 결과 및 논의

중학교 과학 교사의 밀도에 대한 내용교수지식 수준

연구 대상 교사들이 밀도에 대해 작성한 내용 표상에 대한 평가 결과를 Table 2에 나타내었다. Table 2에서 보는 바와 같이, 교사들의 내용교수지식 수준은 평균값이 3.0점 이상으로 비교적 높은 그룹(6명)과 2.3점 이상 3.0점 미만의 중간인 그룹(8명), 2.3점 미만의 낮은 그룹(6명)으로 범주화 하였다. 이는 평균값에 의한 상대적 수준을 나타낸 것이며, 그 수준이 높다고 해서 각각의 구성 요소별 질문에 대한 응답 수준이 높은 것은 아니다. 과학 교사들의 내용교수지식 수준은 평균 2.60점이어서, 100점 만점으로 환산했을 때 52점으로 보통 수준이었으며, 최고점수는 3.34점, 최하점은 1.96점이었다. 내용 표상의 구성 요소별로 분석한 결과를 보면, 밀도에 관한 수업에서 가르쳐야 할 주요 개념을 명시하는 항목에서 가장 높은 점수(3.70점)를 나타내었으며, 학생의 선개념에 대한 이해(2.05점)와 선개념 이외에 학습에 영향을 미치는 요인(1.84점)을 제시하는 항목에서 매우 낮은 점수를 나타내어, 과학 교사들이 가르치는 학생에 대한 이해도가 낮음을 보여주었다. Table 2에서 알 수 있는 바와 같이, 과학교사들의 내용교수지식 수준은 평균 2.60점으로 전반적으로 보통 수준으로 판명되었다.

Table 2. Scores of eight aspects of CoRe on density of science teachers and their level of PCK

teacher	recognition of key ideas	importance of learning	related knowledge	difficulties/ limitations	knowledge about students' thinking	other factors	teaching procedures	assessments	average scores	level of PCK
A1	4.7	3.7	3.3	3.3	1.7	1.7	4.3	0	2.84	M
A2	3.3	2.0	2.3	1.7	1.3	0.7	2.7	3.0	2.13	L
B1	3.3	2.3	2.3	2.3	1.7	0	2.3	2.0	2.03	L
B2	4.7	4.3	3.7	4.0	3.3	2.3	4.3	0	3.33	H
C1	4.3	3.0	0	3.0	3.0	2.0	3.7	2.3	2.66	M
C2	3.3	1.7	2.3	3.7	2.7	4.0	4.0	3.0	3.09	H
D1	4.7	2.7	2.3	4.3	1.7	2.0	3.0	2.0	2.84	M
D2	4.0	2.7	2.7	0	1.0	1.7	2.7	1.7	2.06	L
E1	4.0	3.3	3.3	3.0	3.0	2.3	2.7	3.7	3.20	H
E2	3.3	3.7	2.0	2.0	1.3	1.7	2.7	3.0	2.46	M
F1	3.3	3.0	2.3	4.7	1.7	1.7	4.0	3.3	3.00	H
F2	3.3	2.7	1.7	2.3	1.7	1.3	3.3	2.7	2.34	M
G1	4.3	2.3	1.3	2.7	1.7	2.0	3.0	2.7	2.50	M
G2	2.7	2.3	1.3	1.7	1.0	1.3	2.7	2.7	1.96	L
H1	3.0	2.3	2.0	1.7	2.0	1.0	2.3	2.3	2.08	L
H2	2.7	2.7	3.7	2.3	2.3	1.0	3.7	2.0	2.55	M
I1	3.0	3.0	2.0	3.7	3.3	3.3	3.7	3.0	3.13	H
I2	4.0	1.3	2.0	2.0	1.3	2.0	4.0	3.3	2.49	M
J1	4.3	3.7	2.0	2.7	3.3	2.7	4.3	3.7	3.34	H
J2	3.7	1.7	2.3	0	2.0	1.0	2.3	2.7	1.96	L
average	3.70	2.72	2.24	2.56	2.05	1.84	3.29	2.46	2.60	

Notes: H; high, M; medium, L; low

**내용교수지식 수준에 따른 내용 표상의 구성 요소별 특징
주요 개념의 명시**

특징: 교사들이 선정한 주요 개념은 표현이나 세분화 정도에 다소의 차이가 있으나, ‘(1) 어떤 물질의 밀도는 그 물질 단위 부피가 갖는 질량이다’, ‘(2) 밀도는 물질마다 고유한 값을 가지므로 그 물질의 특성이다’, ‘(3) 물질의 밀도는 조건에 따라 달라질 수 있다’ 의 세 가지로 종합할 수 있었다. 주요 개념 (1)의 ‘단위 부피당 질량’이라는 밀도의 정의는 여러 교사들이 제시한 질량, 무게(가법다/무겁다)와 밀도의 구분, 뜨고 가라앉는 현상과 밀도를 관련지어 설명하고 예측하는 활동을 포함하며, 질량과 부피를 측정하여 밀도를 알아내는 실험이나 계산을 모두 포함한다고 볼 수 있다. 주요 개념 (2)의 ‘밀도는 그 물질의 특성임’은 물질에 대한 입자적 관점에서의 접근, 밀도는 모양이나 크기와 관계없이 세기 성질로 일정한 값을 갖는다는 점, 물질 간의 밀도 값을 비교하거나 밀도 차에 따라 물질을 구별하는 활동을 포함하고 있다. 또한 물질 간 밀도의 차이로 일어나는 자연 현상이나 생활 속 현상을 설명하고 예측하는 활동도 포함하며, 이는 주요 개념 (1) 다음으로 많은 교사들이 제시하였다. 주요 개념 (3)의 ‘밀도가 조건에 따라 달라짐’은 동일 물질도 조건(상태, 온도, 압력 등)에 따라 밀도가 다르게 나타난다는 내용이

다. 다소 다른 관점에서 혼합물의 혼합 비율이나 농도를 조절하여 밀도를 조절하는 내용을 주요 개념으로 제시하며 이를 밀도의 확장된 개념으로 보는 것이 더욱 타당하다고 주장하는 경우도 있었다. 그러나 밀도가 순물질의 특성인 점에서 볼 때 이러한 주장은 정확한 개념이라고 말할 수 없다. 이러한 혼란 때문에 ‘조건에 따른 밀도의 변화’를 중학교 2학년 수준에서 주요 개념에 포함시키기 보다는 상위 교육과정에서 다루어야 한다는 의견을 제시한 교사들도 있었다.

내용교수지식 수준에 따른 특징: 내용교수지식 수준이 높은 교사들은 주요 개념을 풍부하게 제시하며, 실생활과의 관련성을 주요 개념으로 명시한 비율이 높았다. 내용교수지식 수준이 중간인 교사들은 한 가지 주요 개념을 세분화하여 나누어 서술하는 경향이 강한 편이고, 주요 개념을 2~3가지로 제시하는 경향을 보였다. 한편, 내용교수지식 수준이 낮은 교사들은 대체로 두 가지 주요 개념을 제시하고 있어, 학습할 개념의 선정에 있어 필수적인 최소의 개념을 택하고, 선택 개념의 폭도 비교적 좁은 것을 알 수 있었다.

개념 학습의 중요성

특징: 교사들은 주요 개념 (1)인 ‘밀도의 정의’는 밀도

가 과학을 이해하는 기본 개념이고, 부피나 질량과 밀도를 구분하게 됨으로써 복합 개념 이해의 시초가 되기 때문에 중요하다고 주장하였다. 주요개념 (2)인 ‘밀도가 물질의 특성이 됨’은 밀도를 입자 관점에서 이해하도록 하고, 물질을 구분하는 기준이 되며, 순물질과 혼합물을 구별하는 기준으로 활용될 수 있다는 점에서 중요성을 표현하였다. 주요개념 (3)인 ‘조건에 따른 밀도의 변화’는 밀도를 확장시켜 이해하고, 밀도가 변화하거나 조절될 수 있음을 알게 되므로 중요하다고 인식하였다. 그리고 공통적으로 밀도 개념이 일상의 경험으로 인해 무게(질량)나 부피와 혼동하는 비과학적 개념으로 자리 잡혀 있는 경우가 많으므로, 현상을 과학적으로 설명하고 이를 응용할 수 있는 탐구 능력을 기르는 것이 중요함을 언급하여 밀도 개념의 이해를 중시하고 있었다. 그러나 정량적 계산을 강조하는 관점과 강조하지 않는 관점이 교사 간에 달리 존재하기도 하였다.

내용교수지식 수준에 따른 특징: 내용교수지식 수준이 높은 교사들은 밀도에 대한 입자적 접근을 강조한 비율이 상대적으로 높았고, 중간인 교사들은 밀도 개념을 스스로 형성해 가는 과정을 중시하고, 과학적 사고나 정량적 사고의 시작이 된다는 점에서 중요성을 강조한 비율이 높았다. 이에 비해 내용교수지식 수준이 낮은 교사들은 차후 과학 수업과의 연계를 위해 필요한 개념임을 강조한 비율이 높았고, 교육과정에서 제시되어 있기 때문이라는 응답도 있어, 개념 자체가 교육과정에서 갖는 위치에 대한 이해가 부족함을 알 수 있었다.

관련 개념에 대한 지식

특징: 관련 개념에 대한 응답은 밀도와 비슷하거나 혼동될 수 있는 개념 즉 부력, 비중, 용액의 농도 등을 제시한 경우가 많았고, 밀도가 조건에 따라 달라지는 점이나 입자적 관점의 접근을 차후 다루어야 할 내용으로 인식하는 경우도 많았다. 또한, 밀도차를 이용한 혼합물의 분리, 고체 순물질의 밀도를 알아내는 법, 지구과학 관련 현상을 제시한 교사도 있었다. 이와 같이, 관련 개념에 대한 지식은 밀도의 관련 개념과 밀도 개념 학습을 위한 심화 혹은 확장된 학습이 혼재되어 있었다.

내용교수지식 수준에 따른 특징: 내용교수지식 수준이 높은 교사의 경우 부력, 입자간의 인력이나 결합을, 중간인 교사의 경우에는 비중을 관련 개념으로 제시한 경우가 많았다. 한편, 내용교수지식 수준이 낮은 교사들은 밀도가 달라지는 조건을 관련 개념으로 제시하였다. 이로 보아 내용교수지식 수준이 낮은 교사는 밀도 개념 학습을 위한 확장된 학습을 관련 개념으로 오인하는 경향이 있음을 확인할 수 있었다.

어려움과 한계점에 대한 인식

특징: 밀도 개념을 가르칠 때 느끼는 어려움과 한계점에 대하여 교사들은 밀도와 무게(질량)를 혼동함으로써 생기는 학생의 오개념, 단위 변환과 같은 수학적 능력, 밀도를 공식 암기 위주로 공부하려는 경향, 밀도의 정성적 개념과 정량적 이해 간의 괴리, 조건에 따른 밀도의 변화를 가르치는 수준, 입자의 관점에서 밀도를 설명함에 따르는 어려움을 제시하였다. 또한 관련 개념에 대한 교사의 이해 부족이나 교과서의 오류, 무지개 탐 실험에서 농도와 밀도의 혼동, 탐구 과정 체험의 환경적 제약, 이해수준이 낮은 학생들이 복합 개념인 밀도를 이해하는데 겪는 어려움, 자료의 부족 등을 들었다.

내용교수지식 수준에 따른 특징: 내용교수지식 수준이 높은 교사들은 밀도 수업에서 밀도 관련 탐구 활동의 체험보다 밀도 관계식이나 계산 문제를 강조하는 경향을 개념 이해의 어려움이나 한계로 본 비율이 높았다. 한편, 내용교수지식 수준이 낮거나 중간인 교사들은 분수식의 이해와 같은 수학적 개념의 이해 부족이 밀도 개념의 이해를 어렵게 만든다고 지적하였다. 또한 내용교수지식 수준이 높거나 중간인 교사들은 교수 상황의 어려움이나 한계점을 매우 다양한 측면에서 고려하고 있었으나, 낮은 교사들은 이에 대해 충분히 고려하지 않았다. 이는 내용교수지식 수준이 높은 교사들이 낮은 교사들에 비해 학습의 어려움에 대한 원인을 보다 다각적으로 검토하며, ‘교수 전략’ 요소의 분석 결과에서 알 수 있듯이 이러한 다각적인 검토 결과가 효과적인 교수전략이나 방법을 찾는 데 밑바탕이 됨을 알 수 있었다.

학습자의 선개념에 대한 이해

특징: 밀도와 관련된 학생들의 선개념으로 교사들은 밀도와 무게(질량)의 차이를 잘 구분하지 못하고, 뜨고 가라앉는 현상을 무게나 부피로 설명하는 경우를 가장 많이 꼽았다. 이 외에도 밀도가 다르면 물질이 서로 섞이지 않을 것이라는 오인, 고체의 밀도는 무조건 액체보다 크다는 오인 등을 들었다.

내용교수지식 수준에 따른 특징: 내용교수지식 수준에 관계없이 대부분의 교사들은 학생들이 무게(질량)와 밀도를 동일시한다고 인식하였다. 밀도와 관련하여 학생들이 갖고 있는 다른 선개념에 대한 이해에서도 교사들의 내용교수지식 수준에 따른 차이는 나타나지 않았다.

선개념 이외에 학습에 주는 영향을 주는 요인 파악

특징: 선개념 이외에 학습에 영향을 주는 요인으로 교사들은 밀도 개념을 질량과 부피의 관계식으로 나타낼 때 비례와 반비례 관계를 이해하는데 있어서의 어려움,

물질의 상태에 따른 결합과 인력의 변화, 화학이나 지구 과학 단원에서 다루는 대류 현상, 농도 조절에 의한 ‘무지개 탑 쌓기’ 활동과 같이 순물질이 아닌 예로 밀도를 설명하는 경우 생기는 오개념 등을 제시하였다.

그 밖에 밀도 학습에 영향을 주는 요인으로 일상생활에서 접하는 경험들, 밀도 학습에서 수식을 강조하는 경향, 학생의 성숙도, 다양한 학생들을 동시에 가르쳐야 하는 학습 환경, 학생들을 참여시키는 방법, 학생들이 선호하는 활동, 실험 오차, 학생 수준에 맞는 자료의 선택 등, 매우 다양한 요인을 들었다.

내용교수지식 수준에 따른 특징: 내용교수지식 수준이 높은 교사들은 밀도 개념의 학습에 영향을 주는 요인들을 비교적 다양하게, 그리고 구체적이고 분석적으로 지적한데 반해, 낮거나 중간인 교사들은 수식 계산을 강조하는 경향, 학생들의 인지 수준 등의 소수 요인에 집중하여 지적하는 경향을 보였다. 밀도 개념의 학습에 영향을 주는 또 다른 요인으로, 내용교수지식 수준이 높은 교사들은 일상적 현상과의 연계나 학습내용의 유용성에 대한 학생들의 인식을 들었다.

교수 전략

특징: 교사들이 가장 선호한 교수 전략은 ‘밀도와 관련한 생활 속 현상의 활용’이었는데, 도입부에서 흥미 유발과 문제 인식을 위해 자료 제시의 형태로 사용하거나, 전개 단계에서 밀도 개념의 설명이나 활동의 소재로 이용하거나, 정리 단계에서 개념 확인과 확장 및 적용의 목적으로 활용하였다. 또한 여러 가지 형태의 실험을 각 단계에서 활용하였는데, 도입 단계에서는 갈등을 유발시킬 목적으로 시범실험을, 전개 단계에서는 밀도의 개념을 발견하고 확인하기 위한 활동으로써의 실험을 활용하였다. 이 밖에 도입 단계에서 질량이나 부피의 개념, 측정 방법 등 선행 학습 내용의 확인을 위한 퀴즈의 이용, 전개 단계에서 추상적인 내용을 구체화 혹은 시각화하기 위한 그림이나 모형의 활용, 정리 단계에서 개념 확인을 위한 문제 풀이 혹은 모듈별 토의 등의 전략을 제시하기도 하였다.

내용교수지식 수준에 따른 특징: 교수 전략은 교사들의 내용교수지식 수준에 따라 두드러진 차이가 나타났다. 내용교수지식 수준이 높은 교사들은 대부분 도입 단계에서 시범실험을 실시하면서 학생들이 자신의 선개념에 입각하여 결과를 예상하게 함으로써 갈등이나 흥미를 유발하고 문제를 인식하게 하는 전략을 쓴 반면, 낮거나 중간인 교사들은 설명이나 간단한 발문 혹은 퀴즈 형태의 문제 풀이를 실시하여 부피와 질량 등에 대한 선행 학습을 점검하는 것으로 도입 단계를 끝내는 비율이 높았다. 정리 단계에서도 내용교수지식 수준이 높은 교사들은 대부분

밀도 개념을 적용·확장한 사례를 들어 설명하도록 요구하거나 밀도 비교·조절 등의 적용 실험을 실시한 비율이 높았으나, 낮거나 중간인 교사들은 다른 상황에서의 적용이 적은 반면, 개념을 정리 혹은 적용하기 위한 문제 풀이를 제시한 경우가 많았다.

전개 단계에서는 대부분의 교사들이 실험 활동을 제시하였으나 실험의 성격은 내용교수지식 수준에 따라 차이가 나타났다. 즉, 내용교수지식 수준이 높은 교사들은 모두 도입 단계의 활동을 통해서 유발된 인지갈등을 일련의 구성주의적 탐구 활동으로 해결하도록 실험 과정을 제시하였으나, 낮거나 중간인 교사들은 질량과 부피 측정을 통해 제시된 물질의 밀도를 구하고, 이를 통해 밀도가 물질마다 다른 고유의 값이며 질량이나 부피가 커져도 밀도가 일정함을 알도록 하는 실험을 제시한 경우가 많아, 실험의 성격에 큰 차이를 보였다.

이러한 차이는 앞서 살펴본 바와 같이, 학습의 어려움과 학생들의 오개념 요소들을 다양하게 고려하고, 학습한 개념의 실제 현상과의 연계를 중시하였던 내용교수지식 수준이 높은 교사들의 내용 표상 구성 요소별 특징과 질량이나 부피, 혹은 계산 능력과 같은 선수 개념의 이해 부족이나 학습자의 낮은 이해 수준을 개념 학습의 어려움이나 한계로 제시하였던 내용교수지식 수준이 낮은 교사들의 특징이 교수 전략에 구체화되어 드러난 것으로 볼 수 있다.

교수 활동의 효과성 점검

특징: 교사들은 교수 활동의 효과를 확인하는 방법으로, 일상생활의 경험이나 사례를 설명하게 하는 방법, 실험 과정에서 결과를 예상하게 하거나 그렇게 예상한 이유를 설명하게 하는 발문, 밀도의 개념에 대한 정성적 수준의 설명 요구 등의 형성평가를 제시하였다.

내용교수지식 수준에 따른 특징: 교수활동의 효과를 점검하는 방법으로 내용교수지식 수준이 낮은 교사들은 개념 확인을 위한 발문이나 문제풀이를 제안하였고, 내용교수지식 수준이 중간 이상인 교사들은 실험과정에서 시행되는 수행 평가 혹은 실험을 통한 학습 내용 확인 방법을 가장 많이 제안하였다.

결 론

이 연구에서는 학력, 교과 모임 참여 여부, 밀도에 대한 교수 경험이 다양한 중학교 과학 교사 20명을 대상으로 밀도에 대한 내용 표상을 조사하여 각 교사의 밀도 수업과 관련된 내용교수지식 수준을 판단하고, 내용교수지식의 수준에 따라 내용 표상의 구성 요소별로 어떤 특징이

있는지를 분석하였다.

연구 결과, 과학 교사들의 내용교수지식 수준은 전반적으로 보통 수준으로 판명되었다. 내용 표상의 구성 요소별로 보면, 밀도 수업에서 ‘가르쳐야 할 주요 개념’과 ‘교수 전략’에서는 보통 이상의 수준으로 평가된 반면에 ‘학생의 선개념에 대한 이해’와 ‘선개념 이외에 학습에 영향을 미치는 요인의 파악’은 낮은 수준으로 평가되었다.

교사들의 내용교수지식 수준에 따라 나타나는 내용 표상의 구성 요소별 특징은 ‘학생들의 선개념에 대한 이해’ 이외의 모든 구성 요소에서 잘 드러났다. 일반적으로 내용교수지식 수준이 높은 교사들은 밀도 개념을 가르치면서 다루어야 할 주요 개념들을 폭넓게 잘 이해하고 있었으며, 입자적 접근을 통한 학습을 강조함으로써 밀도 개념의 본질적인 측면의 이해를 강조하는 경향을 보였다. 밀도 개념을 가르칠 때 느끼는 어려움이나 한계점으로 이들은 밀도 학습에서 관계식이나 문제 풀이를 강조하는 경향을 지적하였으며, 어려움을 극복하는 대안으로 학생들이 밀도 관련 탐구활동을 직접 체험하는 것이 필요하다고 제안하였다. 실제 이들이 제시한 교수전략은 구성주의적 학습관에 근거하고 있어, 이러한 그들의 생각이 잘 반영된 것으로 판단된다. 반면에 내용교수지식 수준이 낮거나 중간인 교사들은 학습할 주요 개념의 선정에 있어 필수적인 최소의 개념을 선택하고, 일부 주요 개념은 관련 개념으로 간주하는 오류를 범하기도 하였다. 밀도 개념을 가르칠 때 느끼는 어려움이나 한계점으로 이들은 분수식, 비례, 반비례 등과 같은 수학적 개념에 대한 학생들의 이해 부족을 들었다. 이는 학습에 영향을 주는 요인으로 학생들의 인지 수준을 제시한 것과 맥을 같이하는 것이다. 이들이 제시한 교수 전략은 간단한 발문이나 퀴즈를 통한 선행 학습의 점검, 질량과 부피 측정을 통한 밀도 구하기와 같은 확인 실험의 수행, 개념 정리 혹은 적용 활동으로서의 문제풀이 등을 제시하여 학생들의 선개념 결핍이나 낮은 이해 수준을 보완하기 위한 새로운 교수 전략이나 방법을 찾는 노력이 부족함을 알 수 있었다. 이러한 연구 결과로부터 내용교수지식 수준에 따라 과학 교사들의 밀도 개념에 관한 내용 표상이 구성 요소별로 차이가 크게 나타남을 알 수 있었고, 내용교수지식 수준이 중간인 교사들의 구성 요소별 특징은 내용교수지식 수준이 높은 교사들 보다는 낮은 교사들과 대부분의 구성 요소에서 비슷한 것을 알 수 있었다.

밀도 개념에 대한 내용 표상에서 나타난 이러한 차이는 과학교사들이 진행하는 밀도 개념 학습에서 그대로 반영될 가능성이 높다. 그럴 경우, 내용교수지식 수준이 높은 교사와 그렇지 못한 교사가 진행하는 수업의 질은 매우 다를 것으로 예상된다. 따라서 질 높은 과학 수업을 담보

하기 위해서는, 특정 과학 개념에 대한 과학교사들의 내용 표상에 대한 연구와 더불어 교사에 따라 나타나는 내용 표상의 구성 요소별 차이의 원인에 대한 연구가 필요하다.

Acknowledgements. 이 논문은 한국교원대학교 2010학년도 KNUE 학술연구비 지원을 받아 수행하였음.

REFERENCES

1. Min, Y. *Journal of Korean Social Studies* **2001**, 8, 171.
2. Kwak, Y. S. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education* **2006**, 26(4), 527.
3. Jeon, J. H.; Choi, M. J. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction* **2011**, 11(2), 187.
4. Kwak, Y. S. *The Journal of Yeolin Education* **2005**, 13(1), 47.
5. Hong, S. I. *An Analysis of Teaching Strategies of Secondary School Science Teacher according to Teacher Variables*; Korea National University of Education: Korea, 1996.
6. Lim, C. H. *Journal of the Korean Earth Science Society* **2003**, 24(4), 235.
7. Shulman, L. S. *Educational Researcher* **1986**, 15(2), 4.
8. Shulman, L. S. *Harvard Educational Review* **1987**, 57, 1.
9. Van Driel, J.; Verloop, N.; De Vos W. *Journal of Research in Science Teaching* **1998**, 35(6), 673.
10. Kwack, B. S. *The Journal of Korean Teacher Education* **2001**, 18(1), 5.
11. Veal, W. R. The Evolution of the Pedagogical Content Knowledge in Chemistry and Physics Prospective Secondary Teachers. Unpublished Dissertation, University of Georgia, 1997.
12. Van Driel, J.; De Jong; Verloop, N. *Science Education* **2002**, 86, 572.
13. Loughran, J.; Mulhall P.; Berry, A. *Journal of Research in Science Teaching* **2004**, 41(4), 370.
14. Loughran, J.; Berry A.; Mulhall, P. *Understanding and Developing Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge*; Sense Publishers: Rotterdam, 2006.
15. Jang, H. S.; Choi, B. S. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education* **2010**, 30(6), 870.
16. Jeong, Y. M.; Kim, H. N. *Journal of Chungnam Science Education* **2004**, 14(1), 102.
17. Barnett, F.; Hodson, D. *Science Education* **2001**, 85, 426.
18. Dawkins, K.; Dickerson, D.; Bulter, S. *Pre-service teachers' pedagogical content knowledge regarding density*, The 84th Annual Meeting of the American Educational Research Association, Chicago, Illinois, 2003.
19. Lee, Y. S. *The Definition of PCK and PCKr & Development of an Instrument for Analyzing Them: Focusing on the cases of preservice science teaching 'Force & Energy'*; Seoul National University of Education: Korea, 2006.

20. Park, K. M. *A Study of the Secondary Science Prospective Teachers' Perception on Pedagogical Content Knowledge*; Seoul National University of Education: Korea, 2003.
 21. Park, J. W. *The Analysis of Instruction According to Elementary School Teachers' Pedagogical Content Knowledge on the Unit of Weight and Pressure in Water*; Korea National University of Education: Korea, 2006.
 22. Lim, C. H. *Journal of the Korean Earth Science Society* **2003**, 24(4), 258.
 23. Park, S. H. *Journal of the Korean Society for the Study of Teacher Education* **2003**, 20(1), 105.
 24. Park, S. H. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education* **2003**, 23(6), 671.
 25. Park, S. H. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education* **2006**, 26(1), 122.
-

부록 . 밀도 개념에 대한 내용 표상의 일부 예시

내용 표상의 관점	Big idea 1 어떤 물질의 밀도는 그 물질 단위 부피가 갖는 질량이다.	Big idea 2 밀도는 물질마다 고유한 값을 가지므로 그 물질의 특성이다.	Big idea 3 물질의 밀도는 조건에 따라 달라질 수 있다.
1. 이 내용에 대하여 학생들에게 무엇을 가르치려 합니까? (선생님은 이 내용에 대해 학생들이 무엇을 학습하기를 바라십니까?)	<ul style="list-style-type: none"> · 밀도의 정의(개념) : 단위부피당 질량 · 질량, 무게(가볍다/무겁다)와 밀도의 구분, 뜨고 가라앉는 현상은 밀도 때문인가, 무게 때문인가? 뜨고 가라앉는 현상과 밀도 관련지어 설명하고 예측하기 · 밀도측정, 단위이해 (부피와 질량 측정, 정량적 계산) 	<ul style="list-style-type: none"> · 밀도는 물질의 특성임 : 물질에 따라 분자, 분자간 거리(인력) 다르며 일정한 값을 가짐, 모양이나 크기와 관계 없이 일정한 세기 성질 · 밀도 차이로부터 물질 구별하기 · 물질간 밀도 비교하기 · 물질간 밀도차로 생기는 생활 속 현상을 설명하고 예측하기 	<ul style="list-style-type: none"> · 밀도에 영향을 주는 요인(밀도의 변화) : 동일물질도 조건(상태, 온도, 압력)에 따라 밀도가 다르게 나타남 (분자간 거리, 부피 변화) · 예> 물과 얼음, 찬물과 따뜻한 물 · 조건에 따라 밀도가 다르게 나타나는 생활 속 현상 설명하고 예측하기
1-1. 1항에서 답변하신 내용들을 학생들이 학습하는 것이 왜 중요한가요? 1-1. 1항에서 답변하신 내용들을 학생들이 학습하는 것이 왜 중요한가요?	<ul style="list-style-type: none"> · 과학을 이해하는 기본 개념임 · 무게(질량)와 구분 (무게(질량)는 정량적 변인이며 물체의 속성은 밀도임) · 복합개념 이해의 시초가 됨 	<ul style="list-style-type: none"> · 밀도를 입자 관점에서 이해 (분자, 원자 개념 학습의 적용, 확장) · 밀도가 물질의 고유 특성을 확인함으로써 물질을 구분하는 기준으로 활용할 수 있음 · 순물질과 혼합물을 구별할 수 있으므로, 물질의 순도를 밝힐 수 있음. 	<ul style="list-style-type: none"> · 밀도가 조건에 따라 다르게 나타나는 것으로부터 밀도를 확장시켜 이해하며, 밀도를 조절할 수 있음 · 밀도를 입자 관점에서 이해
2. (아직 학생들이 학습해야 될 내용은 아니지만) 이 개념에 대해 선생님께서는 그 외에 알고 있는 것은 무엇입니까?	<ul style="list-style-type: none"> · 일상생활의 경험을 설명/응용할 수 있음(탐구능력의 향상) · 비중 : 표준물질(1 atm, 4의 물, 1 atm, 0의 공기)와의 비, 단위 무차원 · 부력 · 일반적으로 한 물질의 밀도는 부피 변화로 인해 고체>액체>기체이지만, 물의 경우 액체>고체>기체인 이유를 분자구조, 분자간 인력(수소결합)으로 설명 · 밀도차를 이용한 혼합물 분리 · 혼합물의 농도 조절 · 혼합용액의 혼합비율 조절하여 고체물질의 밀도 측정하기 · 밀도예측(분자량) · 밀도차로 인한 해류/대기 순환 (대류), 판구조론 · 농도와 밀도의 차이 · 기체의 밀도는 온도, 압력, 몰 질량에 따라 변함 		
3. 이 개념(concept)을 가르칠 때 어려운 점이나 한계점을 다음 범주를 고려하여 적어주세요. (내용/학생/교사/평가/환경측면)	<ul style="list-style-type: none"> · 내용 1) '밀도'를 왜 단위부피당 질량으로 계산, 정의하는가에 대한 이해 부족 2) 두 변인(부피, 질량)을 모두 고려해야 함 3) 교육과정에서 밀도가 질량/부피의 수학적 비례로만 정의되고, 뜨고 가라앉는(유체정역학적)현상에 대해 밀도와 질량의 개념 분화에 다소 무관심함 4) 아르키메데스의 일화 : 부력에 대한 설명도 필요함. 5) 뜨고 가라앉는 현상의 중력-무중력과의 혼돈 · 학생 : 변인통제가 잘 되지 않음. 복합개념을 받아들이기 어려워 함. 단위변환의 어려움, 정량적 이해와 정성적 이해 사이의 괴리감 · 교사 : 학생 개개인의 오개념 확인 및 교정, 개념적 이해보다는 개념 도입과 수식에 치중하게 되는 면이 있음 · 평가 : 밀도=질량/부피 라는 계산에 치중하게 되는 면. 밀도를 이해했는가에 대한 다양한 측면의 평가방안 필요 · 환경 1) 뜨고 가라앉는 현상에서 무게와 밀도를 구분하여 사용하지 않는 일상용어가 혼돈을 야기함 2) 실례를 모두 들기 어려움(실제 경험할 수 없는 것이 많음) 	<ul style="list-style-type: none"> · 내용 1) 거시적 성질(특성)이 미시적 입자 배열에 의한 결과임을 설명하는 어려움. 눈에 보이지 않는 분자 배열을 고려해야 함. 오개념 생기기 쉬움 2) 기체의 밀도 확인, 섞이는 액체의 밀도 비교가 어려움(온도와 압력의 영향)고체의 밀도에 대해 더 많이 다루게 됨 3) 혼합물의 농도를 조절(변화)할 수 있는 것과 순물질의 밀도가 일정한 것 간의 혼돈 4) 원자, 분자, 물질의 개념 어려움. (단원자물질, 이원자 물질, 다원자 물질. 즉, 순수한 물은 두 가지가 섞인 혼합물인가 순물질인가) · 학생 : 질량과 부피를 측정하여 알아내는데 어려움을 겪음 · 교사 : 학생 개개인의 오개념 확인 및 교정보다는 개념 도입에 치중하게 되는 면이 있음 · 평가 : 밀도가 순물질의 특성이 됨을 이해했는가에 대한 다양한 측면의 평가방안 필요 	<ul style="list-style-type: none"> · 내용 1) 조건(상태, 온도, 압력)에 따른 분자 배열 변화를 고려해야 함. 오개념 생기기 쉬움 2) 얼음과 물의 밀도 비교 설명시 분자 배열 언급 정도 결정 어려움 3) 각 변인에 대한 심화된 내용을 다루기 어려움. 가르칠 수준을 가능하기 어려움 · 학생 : 변인통제가 잘 되지 않음. 밀도가 물질의 고유한 특성인 점과 혼돈할 수 있음. · 교사 : 변인들간 관계를 먼저 제시하기 보다는 사례로부터 학생들이 스스로 변인들을 이끌어 내도록 해야 함 · 평가 : 변인-밀도의 관계를 이해했는가에 대한 다양한 측면의 평가방안 필요 · 환경 : 변인별 밀도 변화 탐구과정 체험의 환경적 제약 (실험실에서 온도나 압력을 달리하면서 밀도(질량, 부피)를 측정하거나 비교하는 것이 쉽지 않음)
	<ul style="list-style-type: none"> · 환경 1) 탐구과정 체험의 시간적, 환경적 제약 2) 체계화, 구체화된 자료 개발 및 보급 부족 · 학생 자연 현상을 과학적으로 설명하고 이해하고자 하는 태도와 성숙도 부족 		