



2015개정 통합과학 수업관찰을 통한 실행된 교육과정 분석

곽영순¹, 신영준^{2*}

¹한국교원대학교, ²경인교육대학교

Analysis of Enacted Curriculum through Classroom Observation of Integrated Science Teaching in 2015 Revised Curriculum

Youngsun Kwak¹, Youngjoon Shin^{2*}

¹Korea National University of Education, ²Gyeongin National University of Education

ARTICLE INFO

Article history:

Received 19 February 2019

Received in revised form

18 March 2019

26 April 2019

Accepted 7 June 2019

Keywords:

Integrated science teaching, class observation, curriculum reconstruction, science competencies

ABSTRACT

The purpose of this study is to derive implications for support plans for the settlement of the Integrated Science subject based on observations and analyses of integrated science lessons implemented in schools since 2018. For this purpose, we observed and analyzed the lessons for the same achievement standard [10 Integrated Science 07-01] implemented by four science teachers with different science majors. The features of integrated science classes were analyzed in light of curriculum reconstruction, science competency development, learner-centered participatory instruction, and process-centered evaluation aspects. For example, in terms of curriculum reconstruction, science teachers have been reorganizing achievement standards into three/four lessons, optimizing learning contents based on core concepts, and helping students' understanding of cross-cutting concepts between science areas. Regarding science competency development, teachers focused their instruction on students' cultivation of diverse science competencies closely related to the achievement standard and development of the epistemology of science. In addition, teachers emphasized student activities and teachers' role as facilitator of learning to create learner-centered participatory classes, as well as assessment during lessons with feedbacks, etc. Based on the results, we suggested and discussed ways to support the settlement of the integrated science curriculum including the need for a teacher learning community, support for process-centered assessment, and the need to develop an authentic integrated science curriculum.

I. 서론

2015개정 교육과정에 따라 고등학교 공통과목으로 통합과학 과목이 신설되어 2018년부터 학교현장에서 적용되고 있다. 통합과학은 그 내용에 있어서 종래의 물리학, 화학, 생명과학, 지구과학 과목 내용을 단순하게 발췌해서 정리하는 수준이 아닌 자연의 환경과 맥락, 인류가 만든 과학과 기술의 두 가지를 고려하여 핵심 질문과 핵심 개념을 도출하여 반영한 과목이다(KOFAC, 2015). 통합과학의 영역은 자연은 무엇으로 이루어져있고, 어떤 규칙성을 갖는지에 대한 '물질과 규칙성', 인류는 자연의 시스템을 어떻게 이해하고 있는지를 다루는 '시스템과 상호 작용', 자연을 구성하는 다양한 물질과 생물은 어떻게 변화하고 있으며 인류는 이를 어떻게 이용해 왔는지를 다루는 '변화와 다양성', 인류가 환경에 어떻게 적응하여 살고 있는지를 다루는 '환경과 에너지' 등 4가지 영역으로 구성되어 있다(KOFAC & MOE, 2016)

통합과학은 기본 개념의 통합적인 이해 및 탐구 경험을 통해 과학 교과가 추구하는 교과 역량을 함양하도록 되어 있다. 통합적인 이해는 물리학, 화학, 생명과학, 지구과학을 관통하면서 자연 현상을 설명하는 통합적 접근을 추구하고 있다(MOE, 2015). 이러한 방향은 과학

교사들에게 '누가 이 과목을 가르쳐야 하는가'에 대한 근본적인 문제를 던져주고 있다. 종래의 분과적 접근에 의한 교육이 아닌 통합적 접근에 의한 교수학습이 이루어지는 것은 현안 문제일 뿐만 아니라 미래의 교육 방향에 대해서도 생각해볼 점을 동시에 던져주고 있는 것이라고 할 수 있다(Kwak, Lee, & Lee, 2017). 이는 교사들에게 창의적인 학습자가 되도록 요구하고 있는 시대 정신을 반영한 것이라고도 할 수 있다(Son *et al.*, 2012; Hwang *et al.*, 2014).

창의적인 학습자의 기본 축에는 교수학습 상황에 맞는 교육과정 재구성 능력의 함양도 포함될 수 있을 것이다. 그러나 교육과정 재구성을 통한 교과 역량 함양을 위한 수업에 어려움을 보이고 있는 것이 현실이다(Kim & Jeong). 교육과정 재구성은 핵심 역량 및 성취 기준을 중심으로 수업 목표를 추구한다는 점에서 단순히 단원 순서를 바꾸는 차원에 머물러서는 안된다(Choo & Sin, 2015). 과학교사들은 교육과정 재구성을 위해 과학과의 교과 역량과 성취 기준에 대한 면밀한 이해가 있어야 한다. 신설과목으로서의 통합과학의 기본 취지에 대한 이해를 담보하고 있어야 하며, 이를 토대로 과학과 교과 역량을 반영한 교수학습이 진행되어야 한다.

또한 2015개정 교육과정에서는 학습자 중심의 학생참여형 수업을 통한 교과 역량 함양을 강조한다. 학생참여형 수업은 학생의 주도적

* 교신저자 : 신영준 (amkwak@naver.com;)

** 이 논문은 2018년 대한민국 교육부의 지원을 받아 수행된 연구(교육부-위탁-2018-22)를 발췌, 재구성하였음.

<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2019.39.3.379>

인 참여에 바탕을 두고 배우는 즐거움을 경험할 수 있도록 하는 것을 의미한다. 학생 주도적인 학습을 추구하면 학생들은 수업에 더욱 몰입하게 될 것이다. 학생 주도적인 학습참여 과정은 학생들이 학교생활의 의미를 새롭게 발견함으로써 기존의 학생 소외문제를 해결하고 그들이 더 나은 성취로 나아가게 하는 발판으로 작용할 것이다(KICE, 2014). 학생참여형 수업에서는 학습자가 자신의 학습 과정을 점검하고 개선해볼 수 있는 메타인지 활동을 포함하여, 학습자가 자신이 지식을 형성하고 수정하고 공고히 세워나가는 과정들을 직접 확인하고 책임감을 느낄 수 있도록 기회를 제공할 필요가 있다(Choi, et al., 2015).

학생 참여형 수업은 대개는 활동 중심 수업으로 이어지게 된다. Brown et al.(1989)은 활동중심 수업이란 활동을 통해 맥락들을 구성해가면서 지식을 생산해내는 것이라고 하면서 학교교육에서의 수업 방법의 전환을 강조하였다. Engeström(2015)은 활동 이론에서 활동을 주어진 문제와 같은 객체로부터 기원한 동기에 자극을 받아 집단의 수준에서 이를 해결하기 위해 노력하는 사회적 실천으로 간주하였다. 이러한 맥락에서 학생참여형의 사회적 실천에 초점을 둔 활동중심 수업 방법이 중시된다.

한편, 학생들이 잘 참여하는 수업을 구현하기 위해서는 교사의 관점이 매우 중요하다. 교사는 학생을 위한 교육 경험을 종합적으로 계획하는 주체이고 수업 속에서 학생들과 직접 소통하며 지속적으로 성장하게 되므로, 수업에 관해 학생들에게 더욱 유용하고 현실적인 의사결정을 내릴 가능성이 높다(Ben-Peretz, 1990). 학생들의 수업 참여의 수준이나 양상은 실제로 교사들의 수업 계획과 실행에 의해 크게 좌우된다(Harris, 2011). Jung(2017)은 학생 중심의 참여형 수업 방법과 융합적·창의적 사고력을 향상시킬 수 있는 평가 방안을 구안하였으며, 학생 중심의 참여형 수업을 함께 연구하는 수업 교사 동아리를 구성·운영하여 수업 방법 개선의 성공 경험을 공유하였다. Lee & So(2017)는 학생참여형 수업에서 참여는 학생들이 활동에 얼마나 잘 참가하는지가 아닌, 학습 경험에 얼마나 의미 있게 관여하는지에 달린 것으로 보고 학생들에게 의미 있는 학습 경험의 제공이 중요하다고 주장하였다. 또한, 학생참여형 수업에서 교사의 역할은 기존의 교과 지식의 전달자 역할에서 벗어나, 학생이 중심이 되어 수업을 진행함에 있어서 지원자의 역할을 해야 한다고 주장하였다. 즉, 교사가 수업의 전면에 나서기보다는 적절한 학습환경을 조성해주고 학습의 과정을 안내하고 촉진하는 조력자의 역할을 제대로 수행할 때, 학생들은 더욱 주체성을 발휘하여 능동적이고 주도적으로 수업에 참여할 수 있다. 학생들이 능동적으로 개입할 때 학습이 일어나기 때문에 학생의 참여는 학습이 일어나기 위한 전제조건인 동시에 학습으로 가는 가장 직접적인 경로이다(Skinner & Pitzer, 2012).

학생참여형 수업과 더불어 2015개정 통합과학 교육과정에서는 학습의 과정을 중시하는 방향으로 평가 방법의 전환에 대해서도 그 방향성을 제시하고 있다(MOE, 2015). 과정중심 평가는 교수학습 과정에서 학생의 변화와 성장과 관련된 자료에 기반하여 학생에게 피드백을 줄 수 있는 평가이다(KICE, 2018). 그러나 Shin et al. (2017)의 연구에 따르면 과정중심 평가가 정책적으로 다양한 수준에서 강조되고 있고 이를 위한 정책들이 효과를 보임에도 불구하고, 실제 학교현장에서의 활용도는 아직 낮았으며 정책을 수용하는 데 여러 제약 사항이 있는 실정이다.

수업 및 평가 측면의 변화 요구와 더불어, 신설 과목인 통합과학은 과학 전공영역간 통합적 관점을 지향하면서 핵심개념(big idea)을 중심으로 교육과정이 구성되고, 교과지식과 더불어 과학과 교과역량이 강조되며, 교과역량 함양을 위해 다양한 학생 활동과 경험이 강조되고, 학생의 경험과 성장 과정에 대한 평가가 강조되는 등과 같이 새로운 형태의 과목이라 할 수 있다(Lee et al., 2018). 신설된 통합과학의 성공은 학교현장의 과학교사들에게 달려 있으므로 통합과학을 현장에 안착시키기 위한 교사들의 노력과 더불어 교육 당국의 지원이 절실히 요구된다. 이를 위해, 신설과목인 통합과학이 학교현장에서 교육과정의 취지를 적절하게 구현·실행되고 있는지를 들여다볼 필요가 있다.

이러한 맥락에서 본 연구에서는 학교현장에서 구현되는 통합과학 수업에 대한 관찰과 분석을 토대로 통합과학 안착을 위한 구체적인 지원 방안 및 향후 통합과학 교육과정 개선을 위한 시사점을 도출하고자 한다. 특히 통합과학 과목의 경우 전공배경이 다른 과학교사들이 수업을 진행하기 때문에 실제 수업의 모습을 관찰하고 분석할 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 전공배경이 각기 다른 과학교사들이 진행하는 통합과학 수업을 관찰하고 분석함으로써 통합과학 교육과정의 구현 실태를 점검하고, 나아가 통합과학 교육과정 및 수업의 개선 방안을 도출하고자 한다.

II. 연구 내용 및 방법

본 연구에서는 통합과학 교육과정 운영 질 관리의 일환으로 통합과학의 특정 성취기준에 대한 다양한 수업 사례를 관찰하고 분석하였다. 수업분석은 핵심역량을 반영한 교육과정을 특징으로 하는 2015개정 통합과학 교육과정에 담긴 과학과 교과역량과 과학과 핵심개념을 학교현장의 통합과학 수업에서 어떻게 구현하고 있는지를 살펴보는 것을 목적으로 한다. 수업분석 결과를 통해 통합과학 교육과정의 현장 구현 실태와 현장 적합성을 점검하고, 향후 통합과학 교육과정 개선을 위한 시사점을 도출하고자 한다.

통합과학 수업 관찰 및 분석의 경우 통합과학 성취기준[10통과07-01]에 대하여 전공배경이 물리학, 화학, 생명과학, 지구과학 등으로 각기 다른 4명의 과학교사들이 진행하는 수업을 관찰하고 분석하였다. 통합과학 [10통과07-01] 성취기준의 경우 내용영역 상으로는 지구과학과 밀접한 성취기준으로 “지구의 환경은 지질 시대를 통해 변해왔으며, 이 과정에서 생물이 살 수 있는 환경이 만들어지고 지질 시대를 통해 자연의 변화에 적응하여 생물이 진화하면서 생물다양성이 이루어진 과정을 설명하는” 것을 목표로 한다(교육부, 2015e: 102). 통합과학 7단원 ‘생물다양성과 유지’에서는 [10통과07-01] 성취기준을 출발점으로 하여 지질 시대에 걸친 지구 환경의 변화를 통해 생물다양성이 변천해 온 과정을 파악하고, 나아가 생물다양성의 가치를 인식하는 데 초점을 둔다.

통합과학 수업동영상 촬영에 참여한 과학교사들은 올해의 과학교사상 수상상을 비롯하여 다양한 과학 교과서 저술, 통합과학 선도교원 연수의 강사 활동 등에 참여한 각계각층의 추천을 받은 과학교사들이다. 특히 네 명의 교사들은 통합과학 선도교원 연수의 강사로 활동하면서, 통합과학 교육과정의 취지와 성취기준 해설 등과 관련된 전달 연수를 담당하였다. 수업촬영과 분석에 참여한 네 명의 과학교사들이

[10통과07-01] 지질 시대를 통해 지구 환경이 끊임없이 변화해 왔으며 이러한 환경 변화에 적응하며 오늘날의 생물다양성이 형성되었음을 추론할 수 있다.
 [10통과07-02] 변이와 자연선택에 의한 진화의 원리를 이해하고, 항생제나 살충제에 대한 내성 세균의 출현을 추론할 수 있다.
 [10통과07-03] 생물다양성을 유전적 다양성, 종 다양성, 생태계 다양성으로 이해하고, 생물다양성 보전 방안을 토의할 수 있다.

Table 1. Participants of the classroom observation and analysis

ID	자격증 표시과목	교직 경력	최종 학위	소속 학교
A교사	과학/물리	25년차	석사	일반계고등학교(서울소재)
B교사	과학/화학	19년차	학사	일반계고등학교(경기소재)
C교사	과학/생물	22년차	석사	일반계고등학교(경기소재)
D교사	과학/지구과학	23년차	석사	일반계고등학교(서울소재)
E(연구자)	과학교육	27년차	박사수료	
F(연구자)	과학교육	8년(연구경력 16년)	박사	

모두 통합과학 연수강사 혹은 통합과학 교과서 저자라는 특성을 지니므로, 연구결과 해석과 시사점 도출에서 이런 한계점을 고려할 필요가 있다. 통합과학과 수업 동영상 촬영 및 수업분석에 참여한 연구진을 살펴보면 다음과 같다.

수업 동영상 촬영과 분석에 참여한 네 명의 과학교사들은 모두 서울·경기 지역의 일반계 고등학교에 근무하는 교사들로, 자신이 소속된 학교의 통합과학 수업을 담당하였다. 네 명의 교사들이 소속된 학교들은 모두 일반계 고등학교로, 과학교사의 전공배경을 막론하고 학급단위로 통합과학의 모든 단원 수업을 한 명의 과학교사가 담당하고 있었다. 수업에 참여한 학생들은 수도권 일반계 고등학교 1학년으로, 아직 선택중심 교육과정을 적용받기 이전이어서 통합과학 수업에 대한 준비 상태나 배경지식 등에서 별다른 수준 차이는 없을 것이라고 네 명의 교사들은 판단하였다. 수업을 촬영한 교사 이외에 수업분석 협의회에는 과학교육을 전공한 연구자 2인이 함께 참여하였다. 수업 동영상에 추가하여 수업을 진행한 교사와의 면담을 통해 교사의 수업의도와 구성 방향 등에 대한 정보를 수집하였다. 구체적인 교사 면담 질문은 다음과 같다. 교사 면담 내용은 녹음한 후 전사하여 분석에 활용하였다.

교사 심층면담의 경우 반구조화된 형태로 40~60분 정도에 걸쳐서 실시되었으며, 면담 자료는 녹취·전사한 후 분석하였다. 심층면담 및 수업분석 협의회 자료 등은 전사한 후 2명의 연구자가 각자 코딩 작업을 실시하였으며, 최종 합의된 코드를 활용하여 통합과학 수업의

Table 2. Framework of the analysis and consulting of lessons

구분	빈도
수업 설계 측면	A1. 성취기준 도달을 위해 교육과정 재구성은 어떻게 이루어졌는가?
	A2. 주요 학습 내용과 교수·학습 방법은 무엇인가?
	A3. 어떠한 방식으로 통합적 관점을 함양하고자 하는가?
	A4. 학생들의 성취 정도를 어떻게 평가하고자 하는가?
수업 실행 측면	B1. 수업 중 통합적 관점은 어떠한 방식으로 나타나고 있는가?
	B2. 핵심개념과 원리는 어떠한 방식으로 제시되고 있는가?
	B3. 학생의 삶과 관련된 학습 경험은 어떻게 제시되고 있는가?
	B4. 학생 참여도와 상호작용의 양상은 어떠한가?
	B5. 수업 중 학생의 이해 정도와 성취 수준 도달 정도는 어떻게 확인하는가?
과정중 심 평가 측면	C1. 학생의 반응과 활동에 대한 피드백은 어떻게 이루어지고 있는가? C2. 수업과 연계된 평가를 위해 어떠한 방법을 활용하고 있는가? C3. 교과역량을 평가하고 있는가?

특징을 범주별로 추출하였다. 면담 질문에 따른 면담결과 분석들을 확장한 후, 2인의 연구자가 함께 분석들을 기반으로 전사한 면담 및 수업분석 협의회 자료에서 나타나는 통합과학 수업의 특징을 범주별로 분류하고, 이를 반복함으로써 분석자간 일관성을 높이기 위해 노력하였다. 자료 분석에는 심층면담 전사본을 주요 자료로 활용하고 녹화한 수업 동영상과 교사들이 제공한 수업 계획서와 수업 자료를 교차 비교함으로써 분석의 일관성을 확보하기 위한 삼각검증(triangulation)의 과정을 거쳤다. 수업분석 협의회와 교사면담 등을 토대로, 통합과학 수업의 양태를 교육과정 재구성, 과학과 교과역량 개발, 학습자 중심의 참여형 수업, 과정중심 평가 측면 등의 측면으로 구분하여 전공배경이 다른 과학교사들이 구현하고 있는 통합과학 수업의 특징을 살펴보았다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 교육과정 재구성 측면

첫째, 성취기준 [10통과07-01]을 수업하기 위해 과학교사들은 [10통과07-01]의 수업을 3~4차시로 학습내용을 재구성하고 있었다. A교사는 성취기준 [10통과07-01]을 총3차시 수업으로 재구성하였는데 1차시에는 지질시대 구분기준을 다루고, 2차시에는 화석을 통해 알 수 있는 생물다양성을, 3차시에는 환경변화가 종의 변화에 주는 영향, 대멸종과 미래 종에 대한 토의토론 수업으로 진행하였다. B교사는 총3차시 수업을 구성하였는데 1차시에는 지질시대 생물 다양성 조사, 2차시에는 대멸종과 새로운 생물상에 대한 협력형 토론수업, 3차시에는 대멸종 가설평가가 토론 수업으로 구성하였다. C교사는 총3차시로 구성하였는데 1차시에는 현대의 종변화(아마존, 남극, 고비사막 등 지역별 종별 개체수 데이터 분석), 2차시에는 지질시대의 종변화, 3차시에는 대멸종 가설평가 수업을 진행하였다.

D교사는 성취기준 [10통과07-01]을 총4차시 수업으로 재구성하였는데 1차시에는 지질시대 환경 추론방법과 화석 등에 대해 다루고, 2차시에서는 4개 지질시대의 환경과 생물의 변화 다루고, 3차시에서는 대멸종과 생물다양성 그리고 운석충돌이 일어날 경우 어떻게 되는지 가설을 평가하는 것을 다루고, 4차시에서는 수행평가로 대멸종이 생물다양성에 기여한 것을 정리하는 것을 다루었다.

D교사: 지질시대를 4시간으로 구성했는데 지질시대 환경 추론방법, 화석 등에 대해 이야기하는 거 한 시간, 그 다음에 4개 지질시대의 환경과 생물의 변화를 교과서 보고 요약하는 정도를 다루고, 그 다음에 대멸종과 생물다양성에 대한 이야기, 운석충돌이 일어날 경우 어떻게 되는지 가설에 집중하면서 그때 일어난 스토리를 써보게 했다. 여러 가설을 조사해 봐도 자료도 없고 운석 충돌설에 맞추어 스토리, 과정, 인과관계 등을 구성해보게 했다. 마지막 4차시에 정리하는 의미의 수행평가로 지질시대 환경을 정리하고 운석충돌설을 글과 그림으로 표현해보게 멸종생물과 새로 번성한 생물을 정리해보게 해서 대멸종이 생물다양성에 기여한 것을 정리하게 했다.

둘째, 핵심개념을 중심으로 학습내용을 적정화 한다. 과학교사들은 해당 성취기준에서 다루는 핵심개념을 가르치기 위해 수업내용과 학습경험을 적정화하고 있었다. 학습내용을 핵심개념을 중심으로 적정화하지 않을 경우 지식의 단순암기 위주의 수업이 될 수 있다고 과학교사들은 지적하였다. 일부 교과서와 일부 교사들의 경우 ‘변화와 다양성’이라는 핵심개념을 놓치고 수업을 진행해서 그렇다고 과학교사들은 지적하였다. 핵심개념을 간과할 경우 ‘지층과 화석을 보고 과거 지질시대의 주변 환경을 알아내거나 지구환경변화에 대한 배경지식 습득’ 등과 같은 ‘과거 공통과학 때 하던 수업’이 되기 쉽다고 E교사는 지적하였다. 즉, 과거 공통과학 교육과정에서처럼 핵심개념이나 빅아이디어를 찾아보기 어렵고, 단편적인 사실과 지식 나열 위주의 수업이 되기 쉽다고 주장하였다.

D교사: 교사용 지도서에서도 큰 흐름을 놓친다. 변화와 다양성을 놓치고 집필해서 그렇다. 그렇게 연수를 해도, 아무래도 교사들의 교육 과정에 대한 해석이 부족해서 그렇다.

E교사: 다음 수업에서 지질시대를 통해 지구환경변화를 설명하기 위해 필요한 배경지식을 습득시키는 활동을 이번 시간에 한 것이다. 나중에 시험을 보면 답할 수 있는 수업을 했다. 역량처럼 보이지만 암기이다. 그 지식을 암기하면 말할 수 있고, 암기하지 않으면 말을 못한다.

E교사: 어떤 교사는 지질시대와 관련된 기본개념, 지질시대란? 화석이란? 지질시대 구분 기준 등등 단편적 지식의 암기가 많다. 지질시대를 통해 지구환경이 끊임없이 변해왔음을 설명하는 걸 암기시키는 것에 가깝다. 빅아이디어는 안 느껴진다. 큰 것을 아우르는 핵심개념이 없고 지구과학 수업을 하기 쉽다. 그냥 지층을 봐서 과거에 주변 환경을 알게 하는 예전 교육과정, 공통과학 때 하던 내용의 수업을 했다.

셋째, 성취기준 [10통과07-01] 수업을 통해 과학교사들은 관련된 핵심개념들을 함께 다룸으로써 과학영역간 관통개념 이해를 돕기 위해 노력하고 있었다. 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

먼저, ‘다양성’이라는 핵심개념을 축으로 하여 수업을 이끌어간다. 과학교사들은 생물다양성 개념과 진화란 발전이라기보다는 다양성의 증가임을 강조하였다. 성취기준 [10통과07-01]에서는 대멸종이 생물다양성 유지에 기여한 것, 즉 지질시대 동안 여러 차례 생물은 지구환경변화에 적응, 진화하면서 오늘날 생물다양성을 유지한 까닭을 도출하는 것을 목표로 한다. 성취기준 [10통과07-01]의 특성상 대표적인 지질시대의 화석들을 반대하게 다루거나, 생물종 다양성을 초래한 생태적, 지리적인 요인 등에 초점을 둘 경우 사실이나 지식의 단순암

기 위주의 수업이 되기 쉬우므로, 다양성이라는 핵심개념 파악에 초점을 두고 성취기준을 적극적으로 재구성해야 한다고 과학교사들은 주장하였다.

D교사: 지질시대를 통해 멸종생물과 새로 번성한 생물을 정리해보게 해서 대멸종이 생물다양성에 기여한 것을 정리하게 했다. 시간을 길게 잡아서 대멸종이 일어나도 생물다양성은 유지된다. 잠시 주춤해도 그 과정에서 새롭게 유지되는 것이 있다, 대멸종 이후 다양성이 다시 회복된다는 것, 예전 상태로 돌아간다, 환경변화에 따라 새로운 환경에서 종의 진화가 일어난다, 다양성이 확대된다. 대멸종에서 살아남은 것에겐 기회가 된다. 살아남은 종들이, 멸종한 것들은 끝난 것이고 거기서 살아남은 종이 새로 진화한다. 적자생존이고 살아남은 것들이 확산, 진화한다. 힌트를 주고 진화는 발전이 아니라 다양성의 증가임을 다룬다.

D교사: 고생물 쪽이 부담스럽고 내용이 많아서 거기에 집중하고 시험내긴 좋은데 단순암기에 머물기 쉽다. 대멸종이 생물다양성 유지에 기여한 것을 중심으로 재구성해야 한다. 주가 지질시대 길이가 아닌데 환경변화가 생물대멸종을 초래하는 연관성을 파악하는 것인데 그걸 놓친 것이다.

또한, 생물권과 지구계의 관련성을 통해 ‘시스템’이라는 핵심개념의 이해를 돕는다. 성취기준 [10통과07-01]의 경우 생물다양성과 변화라는 핵심개념에 초점을 두지만 지질시대 생물계 변화와 연계하면서 자연스레 시스템이라는 핵심개념을 다루게 된다. 예컨대 지질시대 대륙분포와 환경변화와 같은 지구계 하위영역의 변화가 생물계 변화에 어떤 영향을 주는지, 운석충돌로 인해 지구계에 어떤 영향을 주는 지 등을 추론하는 과정에서 학생들은 시스템이라는 빅아이디어를 파악할 기회를 가진다.

D교사: 생물은 어떤 상황에서 멸종할지 조사해봅시다. 지진과 화산 활동 등의 지각 변동, 대륙 이동에 따른 수륙 분포의 변화와 해수면의 변화, 소행성의 충돌 등 지구의 환경이 급격하게 변할 때 멸종이 일어난다.

D교사: 지진과 화산 활동 등의 지각 변동, 대륙 이동에 따른 수륙 분포의 변화와 해수면의 변화, 소행성의 충돌 등 지구의 환경이 급격하게 변할 때 멸종이 일어난다.

D교사: 중생대 말 공룡 대멸종의 원인을 설명하는 유력한 가설로 운석충돌설이 있다. 이러한 운석 충돌은 지구계의 하위 권역(기권, 수권, 지권, 생물권)에 어떤 영향을 미칠 것인지 글이나 그림으로 표현하시오.

2. 과학과 교과역량 개발 측면

성취기준 [10통과07-01] 수업을 통해 과학교사들은 과학적 추론능력, 과학지식의 본성, 과학에 대한 인식론 등과 같은 다양한 과학과 교과역량을 개발할 기회를 제공하고 있었다. 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 과학적 추론능력 등과 같은 과학적 사고력을 개발할 기회를 제공한다. 생물대멸종, 특히 공룡대멸종을 초래한 다양한 증거들을 찾아보게 하고, 제안된 설명가설들 중에서 어느 가설이 합당한지를 평가하게 하거나, 지질시대별로 발견되는 표준화석들로 미루어 지질시대환

경을 추론하게 하는 등과 같이 과학교사들은 성취기준 [10통과07-01] 수업을 통해 과학적 사고력과 같은 핵심역량 함양을 강조하였다.

E교사: 지질시대와 지구환경과 관련하여 뭔가를 많이 이야기하게 시켜서 결국은 어떤 이론이 더 옳은지를 따져보고 추론시키는 수업을 했다. 결론이 중요하므로 외우라는 것이 아니라, 추론능력을 강조했다.

D교사: 지질 시대의 화석을 이용하여 지질 시대 생물의 생활환경을 추론하고, 오늘날 이와 다른 환경에서 지질 시대 생물의 화석이 발견되는 까닭을 토의하여 설명할 수 있어야 한다. 지질 시대 동안 여러 차례의 생물 대멸종이 일어났지만, 오늘날 생물 다양성이 유지되는 까닭을 써 보게 한다. 대멸종이 일어난 이후 다시 생물이 번성하게 된 까닭은 무엇인지, 앞으로 대멸종이 일어난다면 어떤 조건을 갖춘 생물이 살아남을지를 생각해보게 한다. 예컨대 지구 온난화로 대멸종이 일어난다면 어떤 조건을 갖춘 생물이 살아남을 가능성이 클까를 토론하게 한다.

A교사: 지질 시대의 환경은 어떻게 알 수 있을까? 산호, 고사리, 참나무는 오늘날 주로 어떤 환경에서 서식하는지 조사해 보고, 산호, 고사리, 참나무 잎 화석이 발견되는 지역은 이 생물이 생존했던 당시에 어떤 환경이었는지 추론해 보게 합니다.

둘째, 과학에 대한 인식론을 개발할 기회를 제공한다. 과학교사들은 관찰의 이론의존성은 물론 증거에 의한 이론의 미결정성 등과 같은 과학지식의 본성이나 과학의 인식론적 특성에 대한 부분을 함께 다루고 있었다. 예컨대 공룡대멸종을 설명하는 가설들 중에서 운석충돌설과 화산분출설이 둘 다 KT 경제층(=중생대 백악기와 신생대 제3기 경계를 이루는 지층)에서 발견되는 이리디움 원소의 집적, 많은 양의 숯검정(그을음) 등과 같은 증거들이 운석충돌설과 화산분출설을 모두 지지하고 있다는 점을 다루면서 C교사는 과학에서 경쟁하는 두 이론이 동일한 증거에 의해 지지될 때 어떤 선택을 해야 하는지에 대한 갈등 상황을 제시함으로써 학생들이 과학에서 가설평가 및 이론의 미결정성 등과 같은 과학의 인식론적 특성에 관심을 갖도록 유도하고 있었다.

D교사: 생물 대멸종의 원인과 그 이후의 변화를 조사하고, 생물 대멸종의 원인을 설명하는 여러 가설들이 과학적으로 타당인지 토론해 봅시다.

C교사: 과학에서 재밌는 현상들은 뭐냐면 어떤 현재 많은 사람들이 동의하는 이론이나 가설이 있고, 그리고 그것하고 경쟁하고 있는 예를 들어 진화론의 경쟁가설로 대표적인 창조론처럼, 지금으로서는 운석충돌설이 대표적인 가설인데, 지구과학에서 생물대멸종을 설명하는 가설인데 경쟁가설은 화산분출이야. 그런데 재밌는 관찰 사실은 이리디움 문제가 운석충돌설의 가장 강력한 근거가 이리디움이 백만 배쯤 많이 발견된다는 건데, 나중에 화산폭발로도 이리디움이 만 배정도 발견된다는 거야. 화산분출로도 이리디움을 공급할 수 있다면 이 가설 말고 다른 가설들을 찾아야 될 거야. 그러면 아까 그을림, 숯검정 문제인데 운석충돌만이 아니라 화산폭발로도 생길 수 있겠지? (...) 똑같은 증거가 두 개의 가설을 지지하면 그걸 증거로 못 쓰겠지? 어떤 근거가 이 이론만 입증하느냐, 아니면 여러 가지 이론을 같이 설명하느냐가 중요해. 우리가 과학을 공부하는 이유는 어떤 주장에 대해 근거를 가지고 판단하는 연습을 하기 위해서야, 이런 사고를 많이 해야 해.

E교사: 진실과 비(非)진실을 가르는데 진실을 알아내기 위한 가설과 경쟁가설에서 어느 것이 옳은지를 찾아나가는 과정을 지질시대란 맥락 하에서 한 것이다. 과학적 추론을 다룬다.

PISA 2015에서는 기존 평가들과는 달리 지식을 내용지식, 절차적 지식, 인식론적 지식 등과 같이 세 가지 유형으로 구분하였다. 기존 PISA 평가들에서는 지식을 과학 내용지식과 과학에 대한 지식으로 구분하고, 과학에 대한 지식을 다시 과학 탐구와 과학적 설명으로 구분하였다. 따라서 PISA 2015에서 인식론적 지식은 ‘과학에 대한 지식’ 중에서 과학적 설명, 즉 과학적 주장에 대한 근거(rationale) 제시와 관련된다고 볼 수 있다. PISA 평가에서는 학생들이 과학적 주장을 해석하기 위해 과학의 수단과 목적에 대한 지식을 활용할 수 있는지를 평가문항을 통해 측정하며, 이러한 문항에서는 무엇이 참으로 평가되는지, 그리고 주장의 타당성을 확립할 수 있는 방법은 무엇인지 등을 측정한다. 이러한 인식론적 지식은 과학교육에서 과학철학을 배우는 이유와도 관련된다. 과학철학이란 과학적 탐구의 특징을 분석하는 작업이다.

2015개정 통합과학과 교육과정에서는 과학 수업을 통해 과학영역별 핵심개념 학습은 물론 과학을 하는 방법, 특히 과학 지식 주장의 근거나 타당성 확보 등과 관련된 부분은 수업에서 직접적으로 수업에서 다루도록 강조된다. 이렇듯 과학지식이란 무엇이며 어떻게 정당화되는지 등과 관련된 인식론적 측면의 지식을 학교 과학수업 및 과학소양으로 강조할 필요가 있다. 물론 학교 평가에서도 과학내용지식, 과학의 절차적 지식 등에 대한 평가와 더불어 PISA 평가들과 문항을 참조하여 인식론적 지식을 포함한 과학과 핵심역량에 대한 평가도 병행할 필요가 있다.

셋째, 인터넷 자료 검색 등을 통해 ICT 역량을 개발할 기회를 제공한다. 성취기준 [10통과07-01]의 특성상 과학교사들은 자료조사 및 발표 등에 초점을 두는 수업을 전개하였다.

D교사: 와이파이가 안 되는 교실에서는 핫스팟을 쏘아주고 자료를 인터넷을 찾게 해서 3명에서 하나만 찾게 해서 진행한다.

E교사: 교양은 인간이 기본적으로 사는데 미땅히 필요한 걸 훈련하는데, 특별히 오늘은 역량증진의 중요성, 대멸종이 무언지, 엘니뇨가 뭔지는 그때그때 검색하면 되고, 여기 [과학실]에 와이파이를 할 수 있는 엄청난 시설을 갖다놨어요. 필요한 지식을 검색하는 사람이 있고 지난여름에 학원 다녀서 미리 배우고 온 사람하고 차이가 없는 시대에요. 옛날 수업방식이면 대멸종을 내가 설명하고 너희는 듣고 암기하려고 노력하겠지? 그런데 여러분이 사회에 나가면 그런 능력은 별로 필요가 없어요. 왜냐면 검색하면 되니까.

10여 년 전의 PISA 평가와 달리, 근래 PISA 평가에서는 에스토니아 국가 최상위 성취 국가 중 하나로 부상하였다. 에스토니아는 ‘인구 130만 명밖에 되지 않는 작은 국가이지만 전 세계 테크산업의 리더’로 주목받는다. 에스토니아는 “1998년에는 모든 학교에 컴퓨터를 도입하고 온라인 수업을 제공했으며, 인터넷 접속을 인권으로 규정하고, 공공장소에서 무료 와이파이를 제공했다”는 기사가 눈에 띈다. 스카이프(skype)도 원래는 에스토니아의 스카이프 테크놀로지사가 개발한 소프트웨어라고 한다. 작은 국가여서 변화를 빨리 이루어낼 수

있고 무엇보다도 정보격차(digital divide) 문제가 드물다는 것을 알 수 있다. 한국은 학교 교문을 경계로 심각한 디지털 디바이드 현상이 발생하며, 학교 안 인터넷 활용이나 디지털 기기 활용을 허용하는 경우라도 학생의 사회경제문화적 배경에 따라 정보격차가 발생하기도 한다. 에스토니아의 경우 “인터넷 접속을 인권으로 규정했다”는 점이 강력하게 와 닿는다. 운석 구덩이를 말로만 혹은 교사가 찾아낸 사진으로만 보여주기보다는 학생들이 실제 과학수업시간에 스스로 검색하고 동영상으로 확인할 수 있다면, 그리고 직접 체험할 수 없는 실험이라면 컴퓨터 시뮬레이션이나 유튜브 동영상으로나마 접할 수 있다면 학생들이 추상과 개념의 바다에서 허우적대지 않아도 될 것이다. 가까운 미래에 우리나라 과학교육에서도 디지털 디바이드 극복 문제가 발생할 것이다. 정보 접근권이 학습권으로 연결될 것이므로, 우리나라 과학교실에서도 모든 학생들이 공평한 정보 접근권을 가져서 과학학습에서 정보격차 문제가 발생하지 않도록 하는 실천적인 제도 마련이 필요할 것이다.

ICT 역량이 주요 역량일 뿐만 아니라 미래사회나 미래 과학교실에서 인터넷 접근권이나 ICT 역량을 필요로 하지 않는 수업은 상상하기 어렵다. 따라서 에스토니아의 정보격차 해소 여정을 벤치마킹할 필요가 있다.

넷째, 의사소통 역량을 개발할 기회를 제공한다. 통합과학 수업을 통해 과학교사들은 증거와 근거를 가지고 자신의 주장을 설득하는 의사소통 역량을 강조하고 있었다. 어떤 수업에서 과학교사들은 의사소통 역량 및 토론 진행 순서, 집단토론의 전략 등을 명시적으로 학생들과 논의하고 있었다.

C교사: 대부분의 수업이 학생들에게 발표하게 하고 설명하게 했다. 조별 발표지만 발표하게 했고 발표를 듣는 학생들은 자연스럽게 어떤 발표가 좋은지 비교가능하고 그 과정에서 자신의 발표능력도 좋아질 수 있는 피드백을 받을 수 있었다.

E교사: 과학지식은 알아서 검색하는 것이고, 그런 소재를 가지고 토론을 잘할 수 있는 훈련을 하는 게 제일 중요합니다. 세상을 살아가면서 차원 높게 살고자 한다면 이런 걸 할 수 있어야 해요. [토론 평가기준 소개] 토론을 하고 평가를 해야 하는데 평가를 해야 더 나아지는 방향을 알 수 있기 때문이에요. 토론하라고 하는데 주제와 관계없는 얘기를 하면 곤란하죠. 또 내가 본 수업 중에 DNA를 종이로 만드는 건데 그런데 DNA는 손으로만 만들고 입은 탄 이야기를 해요. 손만 수업을 하고 입과 뇌는 탄 얘기를 하는 건 안 좋은 것 같아요.

E교사: 토론의 중점사항은 저 사람이 얘기하는 걸 잘 들어야 내 머리에 든 것 플러스알파가 생기는 것이지, 내 생각이 옳다고 절대로 바꿀 계획이 없다고 하면 발전이 없어요. 발전했다면 변화가 있어야 하는데, 그런데 변화할 마음이 없는 사람, 아주 완성되었다고 생각하는 사람, 내가 나를 들여다보니 매우 만족스러워서 아무 변화할 계획 자체가 없다고 하면, 그런 사람은 발전할 수가 없어요. 일일이 다 말하지 않고 핵심만 간단히 하는 것도 능력이에요. 뉴턴이 위대한 게 거거예요. 세상에 우주의 모든 만물은 이런 규칙이 있다고 말해서 사람들이 위대하다고 했죠.

과학교사들은 통합과학에서 다루는 교과내용을 지식의 위계를 따라 체계적으로 접근해서 알게 하려면 “어마어마한 지식을 아이들이 이해하거나 학습해야 하며, 그건 불가능하다.”고 말하며, 의미 있는

통합과학 수업을 하려면 “과학적 판단능력이나 설명력 등과 같은 역량을 증진시키는 데 초점을 두어야 한다.”고 주장하였다.

여섯째, 통합과학 수준과 학생 수준에 적절한 핵심역량 개발이 필요하다. 일부 통합과학 수업의 경우 핵심역량은 찾아보기 어렵고 ‘오리지널 지구과학 수업’을 하고 있다고 과학교사들은 지적하였다. 여기서 오리지널 지구과학 수업이란 ‘공통과학 때부터 하던 활동으로 교과서 내의 지식을 효과적으로 암기시키는’ 수업을 가리킨다. 과학교사들은 고등학생에게 화석그림을 ‘종이에 스케일 계산해서 오려붙이게’하는 것보다는 학생수준에 적절한 역량 개발이 필요하다고 지적하였다.

E교사: 이 수업은 오리지널 지구과학 수업이다. 두 번째 수업도 지식이 해와 암기 위주이지만 지구과학 수업이다. 오리지널 지구과학 수업이란 옛날부터 지구과학 수업, 공통과학 때부터 하던 활동이다. 나중에 지구과학 수업에도 등장하는 형태로 수업한다. 어느 시대에 어느 화석이 대표적인지를 잘 외우게 하는 활동이다. 교과서 안 지식을 효과적으로 암기시키는 활동으로 보인다. 굳이 고등학교에서 화석 그림을 오리고 붙이고 할 이유가 없다. 축적 계산은 초등학교에서 배운다.

E교사: 일상의 삶을 더 좋아지게 하거나 직업전문가가 되는 데 필요한 학생 수준에 적절한 핵심역량을 선정해야 한다. 교과서 지식을 외우게 하는 건 대학진학에 필요한 것이지만 이 학생들이 화석이 많이 나는 지역에 사는 게 아닌 다음에는 그걸 반드시 배워야 할 필요를 못 느낀다. 삶이 더 좋아지지는 않는다.

끝으로, 학부모를 비롯하여 학교현장에는 아직도 지식이 아니라 핵심역량 함양에 초점을 둔 과학수업에 대한 저항이 나타난다. 통합과학을 비롯하여 2015개정 과학과 교육과정에서 역량함양에 초점을 둔 수업을 강조하지만 ‘과학내용과 답 위주의 수업을 선호하는’ 주변이나 사회적 인식에 맞추어 아직은 역량에 초점을 둔 수업을 실행하기에는 무리가 있다고 과학교사들은 지적하였다. 한편, 일부 교사들의 경우에는 교사 스스로의 배경지식의 한계나 학생에게 질문을 받는 것이 두려워 ‘괄호 채우기’ 형태의 안전한 수업을 선호하기도 한다고 과학교사들은 지적하였다.

D교사: 저의 경우 학부모 학생에게 엄청나게 공격을 받아요. [과학내용] 안 가르친다고, 딱딱 답을 안 가르쳐준다고……. 내년에도 지구과학1 선택을 막겠다고 데모를 한다고 하더라고요. 그런 소리를 안 듣기 위해 괄호 채우기가 안전하죠. 학습지가 학생, 학부모 평가에서 안전하죠. 일종의 사회적 인식에 맞추어 새 교육과정에서 지향하는 역량에 관한 오픈된 수업을 하기에는 사회적 인식이 두려워 기존 방식을 유지하는 것 같아요.

E교사: 학생에게 질문을 받으면서 오픈된 수업을 할 것이냐, 질문을 배제하고 있는 텍스트만으로 수업할 것이냐의 문제인데, 일단 교사가 자기 배경지식의 제한에서 수업을 그렇게 하는 것이다.

3. 학습자 중심의 참여형 수업 측면

첫째, 성취기준 [10통과07-01]에 대한 수업을 포함하여 통합과학 수업에서는 학생들이 ‘열심히 깨어서 활동하고 잠을 자지 않도록’ 하기 위해 활동위주의 수업이 강조된다. 학생들의 관심과 참여를 유발하기 위해 활동수업을 강조하지만, 해당 활동을 통해 무엇을 얻을

지, 무엇을 생각할지 등등을 놓치지 않도록 유의할 필요가 있다고 과학교사들은 주장하였다.

A교사: 활동수업이 유명해지는 이유가 일단 일반고 아이들이 잠을 안자니까, 잠을 안 재우기 위해서 무엇이든 한다. 그러다보니 활동만 하다 보니 주를 놓치기도 한다. 교사가 흐름을 이끌어주는 걸 놓친다. 애들은 열심히 깨어서 활동하는데 그걸 통해 무얼 할까 싶을 때도 있다.

둘째, 학생참여형 활동 속에 학생들끼리 의미 있는 대화와 관련된 의미 구성이 가능하려면 정답이 없는 질문, 끝이 열려 있는 질문이 필요하다. 과학교사들은 통합과학 수업에서 활동지가 너무 친절하여 ‘활동지에 이미 지식이 구성되어 있어서, 학생 수준에서 생각하거나 스스로 구성할 여지가 적음’ 수업들이 있다고 지적하였다. 활동지가 너무 잘 구조화되어 있으면 “학생들끼리 더 대화할 필요가 없으며, 대화가 일어나더라도 지식을 정확히 암기하는 데 도움이 되겠지만 새로운 지식구성의 필요는 없다.”고 과학교사들은 주장하였다. 따라서 학생들끼리 의미 있는 대화를 통해 지식구성과 학습이 일어나도록 정답이 없는 질문, 끝이 열린 질문 등을 중심으로 수업을 전개할 필요가 있다고 강조하였다. 달리 말해서 교사가 학생들에게 활동지에 쓰라고 한 답변이 ‘교과서에 있는 것을 그대로 찾아 쓰는’ 수준이 아니라 학생들끼리 의미 있는 대화나 논쟁을 통해 의미 구성이나 결론도출이 가능한 것이어야 한다고 과학교사들은 지적하였다.

E교사: 지식의 쓸모와는 별개로, 이 수업은 지식 구성의 필요가 적은 것이 활동지에 이미 [지식] 구성되어 있다. 주요 포인트, 생각할 것 등이 제시되어 있어서 학생 스스로 구성할 여지는 적다. 교과서에서 해당 내용을 찾아 붙이는 형태여서 학생이 재구성한 건 아니다. 없는 건 아니지만 적다.

C교사: 활동지가 잘 구조화되어 있어서 학생들끼리 더 대화할 필요가 없다. 그 와중에 학생끼리 대화는 지식을 정확히 암기하는데 도움이 되겠지만 새로운 지식구성의 필요는 없다.

E교사: 어떤 수업은 학생들이 진짜 고민해서 결론에 도달하기는 힘들다. 주어진 자료를 인용하는 수준의 재구성이다. 화산폭발설과 운석 충돌 중 어떤 게 더 나은지를 아이들 스스로 생각, 논의하게 하려면 세부항목별로 이리디움에 대해서 논의하고, 날씨가 추워진 것에 대해 논의해보고 등등 항목별로 하면 좋겠다. 그렇다고 너무 열어주기보다는 세부항목을 좀 더 나누어서 위계적으로 자세한 논의를 할 수 있게 해줘야 한다. 정답이 없는 질문들이 있더라. 공통명종을 초래할 수 있는 원인들을 주욱 나열하고 이중 가장 그럴듯하다고 생각하는 것 순위를 매기기 위해 아이들이 나름 순위를 결정하기 위한 대화를 하면 의미 있는 대화가 될 것이다. 의미 있는 학습발생 측면에서 확실히 구분이 된다.

셋째, 학생 참여형 수업을 만들기 위해 교사는 학습의 촉진자로서 교사는 학생들이 의도하는 학습 성과를 얻을 수 있도록 수업을 기획하고 설계해야 한다. 통합과학 수업에서 과학교사들은 여러 양태의 학습의 촉진자 역할을 하고 있었다. 어떤 교사는 필요한 지식암기에 촉진자 역할을 하고, 어떤 주장의 근거를 설명한다는 성취기준에 도달을 위한 촉진자 역할을 하기도 한다. 수업분석에 참여한 과학교사들은 “옳은 방향으로 학습을 촉진해야” 한다고 지적하였다. 즉, 교과서 지식암기나 이해 수준이 아니라 ‘어느 가설이 옳은지를 논쟁하고

논쟁구조를 터득하는 등’과 같이 오랫동안 기억하고 다른 곳에서도 써먹을 수 있는 학습 성과를 얻도록 교사가 촉진자로서 역할을 해야 한다고 주장하였다.

E교사: 어떤 수업은 그다음 수업 활동을 하는데 필요한 지식을 암기하는데 교사가 촉진자 역할을 했다. 지식암기의 촉진자 역할은 했다. 어떤 수업은 성취기준에 도달하도록 촉진자 역할을 했다. 옳은 방향으로 촉진자 역할을 해야 하는데 아쉬운 부분도 있다.

E교사: 대부분의 수업에서 학생은 소통하는데 자유로웠을 것이고 학습이 발생하는 의미 있는 소통여부는 어떤 수업은 교과서 지식을 이해, 암기하는 수준이어서 시간이 지나면 그런 지식은 사라지므로 의미 있다고 말하기는 어려운 소통이다. 어떤 수업은 대멸종의 원인과 결과에 대해서 학생들끼리 어느 가설이 옳은지를 논쟁할 수 있는 구조여서 학생들이 오랫동안 기억하고 다른 영역의 논쟁에도 논쟁구조를 써먹을 것이다.

일부 통합과학 수업에서 ‘대형화면에 교과서를 띄우고 읽는’ 수업 장면이 발견되는데, 이러한 활동의 경우 학생 스스로 교과서를 읽을 기회조차 박탈하는 것이라고 E교사는 지적하였다. 일부 교사들의 경우 핵심역량이나 핵심개념 지도 등과 같은 낯선 과제와 책무가 주어지면 ‘본능적으로 원시적인, 교직초기의 수업형태’로 되돌아가는 경향도 발견된다고 D교사는 지적하였다. 따라서 수업의 목적이나 학생들에게 길러주고자 하는 핵심역량이나 의미 구성에 비추어 수업의 전체 과정을 교사가 미리 걸어가 보고, 이를 토대로 학생들의 유의미한 학습경험이 가능하도록 수업을 기획할 필요가 있다고 수업분석에 참여한 과학교사들은 주장하였다.

E교사: 선생님이 큰 대형화면에 교과서를 띄우고 대표학생에게 읽게 했다. 국어시간도 아니고. 그러면 아이들도 교과서가 있는데 그걸 왜 띄우느냐? 과학책을 읽는 게 중요하다면 어떡하든 아이들이 교과서를 스스로 읽는 활동을 구성해야 한다. 어떤 대목은 선생님이 화면의 교과서를 읽어준다. 그렇다면 아이들이 자기 눈앞의 교과서를 스스로 읽는 능력이나 태도 훈련은 안 된다. 그건 아이들을 더 무능하게 만드는 수업이다.

D교사: 낯선 과제가 나오면 본능적으로 원시적인 수업형태로 되돌아간다. 낯선 수업을 하게 될 때는 교직초기의 수업형태가 나온다. 통합과학이 낯설어서. 역량증진이라는 개념을 이해하지 못했거나 심리적 확신이 없어서 그런 것 같다.

4. 과정중심 평가 측면

첫째, 피드백이 있는 수업과정 중의 평가가 이루어진다. 대부분의 통합과학 수업에서 과학교사들은 교사가 혹은 학생들끼리 피드백이 있는 수업과정 중의 평가를 실시하고 있었다. 과학교사들은 학생 발표에 대한 장단점 코멘트 등과 같이 평가와 더불어 반드시 피드백을 제공할 필요가 있다고 주장하였다.

E교사: 대부분의 수업이 학생들끼리 보는 게 아니라 선생님이 보고 평가를 한다. 수업 중 평가는 피드백이 있느냐이다. 아이들이 한 것에 대해 점수부여는 하는데 어떻게 피드백 되느냐는 안 보인다. 아이들이 쓴 걸 보고 교사가 평가 겸 피드백 해주는 것 같다.

C교사: 학생 발표를 듣는 것 자체가 피드백이 되고 평가라고 할 만하는데,

약하다. 발표에 대해 장단점을 이야기해 주면 좋겠다. 다음 수업에서 오늘해서 제출하고 간 것을 화면에 띄워놓고 이렇게 쓰면 좋고 이걸 아니고 등등 피드백을 해주는 것도 좋다.

둘째, 성취기준 분석을 통해 증진시키고 평가할 교과역량을 끌어내고 교과역량에 대한 과정중심 평가가 이루어진다. 성취기준 [10통과07-01] 수업의 경우 교과서를 읽고 물음에 적절히 답하는 낮은 수준의 독해능력에서부터 가설의 타당성평가와 같은 추론능력에 이르기까지 다양한 과학과 교과역량을 다룬다. 수업에서 다른 과학과 교과역량에 대한 평가를 위해 먼저 성취기준에서 “어떤 교과역량을 다루고 평가할 것인지를 결정해야 한다.”고 과학교사들은 말한다. 이어서 활동지를 해당 교과역량 함양에 초점을 두고 개발하고, 실제 수업을 통해 역량 성취수준을 달리하면서 다양한 활동을 제공하고 평가하면서 학생들에게 적절한 피드백을 제공해야 한다고 과학교사들은 주장하였다. 예컨대 공통대별종을 초래한 원인을 추론하는 교과역량에 초점을 둔 수업에서는 ‘상중하 수준의 3가지 추론 활동’을 순차적으로 제공하고, 추론활동을 경험하게 한 다음에 수업과정 중에 좋은 추론과 그렇지 않은 추론의 다양한 예를 제시하고 피드백을 제공함으로써 학생들의 역량 훈련과 증진이 가능할 것이라고 과학교사들은 주장하였다.

E교사: 과학과 역량이 기본지식, 사고능력 더하기 조작능력 등등이라고 보면, 먼저 성취기준을 보고 성취기준에서 어떤 역량을 증진할 것인지를 판단하고 수업을 구성해야 한다. 지질시대란 맥락에서 해야 한다면 그때 필요한 기본지식을 파워포인트 앞에 넣어 약간 강의를 하고 앞 단계에서 기본지식을 이해했는지에 대해 질문하고 그 다음에 활동을 하게 한다. 추론할 수 있다고 하면 상중하 수준의 3가지 활동, 유치한 추론부터 조금 어려운 것, 그다음에 교육과정에 원하는 추론을 하게 한다. 그다음에 가능하다면 작년 활동지 결과나 다른 반 활동지 결과 일부를 보여주고, 추론이 잘된 것, 잘 안된 것을 질문하고, 문제점을 써보라고 한다. 그렇게 수준 높은 역량 증진 훈련과 평가가 가능하다.

셋째, 학교생활기록부 기재 예시 등을 제공함으로써 학생 스스로 자신의 학습발달과정을 점검하게 한다. 일부 과학교사들은 수업과정 중에 학생들간 동료평가를 통해 모둠원들이 토론에 임하는 자세를 평가하도록 하고, 토론수업 등을 통해 해당차시의 활동을 학교생활기록부에 기재하는 예시를 제공함으로써 학생들 스스로 자신의 발전과정을 점검할 기회를 제공하였다.

E교사: 여러분이 대학을 갈 때 선생님들이 이런 식으로 적어줘요. 이렇게 기록되도록 바라야 해요. 이걸 들고 대학을 가면 서류전형 합격이라고 해서 면접을 보자고 부릅니다. 지식이 많은 건 별로 중요하지 않아요. 무얼 하자고 할 때 열심히 할 수 있는 그런 사람이 필요해요. 이게 좋은 샘플에 해당합니다.

E교사: [오늘 미션이 여섯 개쯤 있어요. 이게 토론을 평가하는 사례인데, 우리가 토론을 해보면 저 친구는 이런 점이 좋아, 아니야 등을 평가해서 써주세요. 좋은 말만 써보세요. 평소 대화를 해보니까 아니면 오늘 대화를 해보니까, 모둠원 모두에 대해 쓰세요. 칭찬도 습관이 되어야 해요.

넷째, 과학교사들은 제대로 된 역량평가가 가능하려면 교사의 평가

자율권이 필요하다고 주장하였다. 통합과학의 경우 전교생을 대상으로 상대평가 성적을 산출해야 하므로 핵심역량을 가르치고 교과목간 조합이나 융·복합 수업을 시도하더라도 ‘결국 평가는 한 줄로 세워야 하므로’ 수업조차도 안전하게 괄호 채우기를 통해 내용전달 위주로 흘러간다고 과학교사들은 지적하였다. 따라서 학생들의 핵심역량을 길러주고 이에 대한 평가가 가능하려면 교사에게 평가의 자율권을 주어야 한다고 교사들은 주장하였다.

D교사: 내신 9등급으로 인해 가르치는 것도 제한되고 평가도 목이다. Pass/Fail로 가면 마음대로 가르치고 융합을 시도해볼 수도 있는데, 지금은 마음대로 섞어서 가르치되 시험문제는 교과서 문장에서 벗어나는 걸 못 내겠더라. 성취평가제가 전제되어야 한다. 학업성취도는 나름 역량을 강화한다고 과목 간 조합도 시도했는데 그 평가형태를 많이 보급해주고 질 중요한 건 평가들을 바꾸어줘야 한다. 평가의 자율권이 주어지면 교사마다 마음대로 가르칠 수 있다. 내가 가르치는 반만 평가하므로, 가르치는 교사마다 각자 평가할 수 있도록 해야 한다. 점수화가 아니라 학교생활기록부 세부특기사항으로 평가하는 것이 우리가 생각하는 이상적인 평가이다.

D교사: 지금은 내신이 상대평가여서, 통합과학은 전교생이 똑같이 성적이 나와야 하므로, 결국 시험문제는 과목별로 내야하고, 지필고사나 수행평가를 통해 한 줄로 세워야 하는데, 그러니까 안전하게 괄호 채우기로 간다. 활동은 괄호 채우기를 한다. 평가형태가 지필고사였다가 학년 전체가 단일성적 체제라서 학교생활기록부에는 성적, 점수와 등급만 남아서 그렇다.

IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 2015 개정 교육과정에서 신설된 통합과학이 실제 학교현장에서 어떻게 수업으로 구현되고 있는지를 관찰하고 분석하였다. 통합과학의 경우 전공배경이 다른 과학교사들이 수업을 진행하기 때문에 실제 수업의 모습을 관찰하고 분석할 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 동일한 성취기준[10통과07-01]에 대하여 전공배경이 물리학, 화학, 생명과학, 지구과학 등으로 각기 다른 4명의 과학교사들이 진행하는 수업을 관찰하고, 이를 수업컨설팅 협의회를 통해 분석하였다. 통합과학 수업의 특징을 교육과정 재구성 측면, 과학과 교과역량 개발 측면, 학습자 중심의 참여형 수업 측면, 과정중심 평가 측면 등으로 구분하여 살펴보았다. 예컨대 교육과정 재구성 측면에서 과학교사들은 해당 성취기준을 3~4차시로 재구성하고, 학습내용을 적정화하며, 관련된 핵심개념들을 함께 다루으로써 과학영역간 관통개념 이해를 돕기 위해 노력하고 있었다. 연구결과를 토대로, 통합과학 교실수업 운영 및 통합과학 교육과정 현장안착을 위한 지원 방안을 제안하면 다음과 같다.

첫째, 교사공동체를 통한 교육과정 전문성 및 수업전문성 제고가 필요하다. 본 연구의 결과에서도 볼 수 있듯이, 학교현장에서 통합과학 교육과정 재구성과 적정화 등이 통합과학 교과목의 취지에 맞게 융통성 있게 이루어지고 있었으며, 특히 이러한 교육과정 읽어내기와 재구성에는 교사 공동체나 교사간 상호작용이 중요한 역할을 하였다. 무엇보다도 분과적 접근에서 필요로 하는 전문성 이외에 통합 과목 지도를 위한 교사 전문성을 향상시키기 위해서는 근본적인 지원이 선행될 필요가 있다. 동일한 성취기준 [10통과07-01]을 각기 다른 전

공배경을 지닌 과학교사들이 수업하는 통합과학 수업에서 다음과 같은 시사점을 찾을 수 있다. 통합과학의 경우 교사의 세부전공에 따라 단위이나 주제를 나누는 분과형 형태로 수업을 담당하지 않으려면 교사 학습공동체나 수업공동체가 활성화되어야 할 것이다. 통합과학의 경우 특정 성취기준을 통합적인 수업으로 구상하는 데는 교사들의 세부전공에 따라 조금씩 접근 방법이 달랐다. 특히 통합과학 1단원의 경우 하나의 성취기준 안에 물리학, 화학, 생명과학, 지구과학이 모여 있어서 “혼자서는 못하므로” 1단원 성취기준으로 수업을 설계할 때는 단위학교 동료 과학교사들과의 협력과 논의가 필요하다고 교사들은 주장하였다. 따라서 단위학교 교사 공동체를 중심으로 집단지성을 발휘하여 통합과학 교육과정을 이끌어내고 재구성하는 등의 활동을 통해, 교육과정 문해력, 수업전문성 등을 심화할 필요가 있다. 예컨대 일본의 수업 연구(lesson study) 전통과 유사하게 단위 학교의 교사들이 교과 혹은 교과 통합의 형태로 교육과정을 함께 읽고 수업을 공동으로 설계하고 그 실행을 함께 관찰한 후 개선된 수업 계획안을 다시 마련하고 이를 재실행하는 전통이 잘 정착되면 교사들의 수업 전문성도 신장시킬 수 있을 것이다.

둘째, 과정중심 평가에 대한 논의와 지원이 필요하다. 특히 통합과학 교육과정 해석과 재구성, 학생참여형 교수·학습 설계 그리고 과정중심 평가까지를 연계하는 논의가 필요함을 알 수 있다. 본 연구에 참여한 과학교사들은 통합과학 교육과정 운영도 결국은 평가가 걸림돌이 될 것이라고 주장하였다. 교육과정 재구성에서 출발하여 학생참여형 교수학습까지는 좋았는데, 평가 때문에 통합과학 교육과정을 원래 취지대로 구현하기 어려울 수도 있다고 지적하였다. 통합과학 교육과정의 특성을 고려할 때 선다형 평가보다는 서·논술형이나 수행평가가 바람직하다고 말하는 과학교사들은 서·논술형이나 수행평가를 실시할 경우 채점 업무량 과다, 채점의 공정성, 나아가 교사의 평가전문성 문제까지 제기될 수 있다고 주장하였다. 무엇보다도 제대로 된 과학과 역량 평가가 가능하려면 교사의 평가 자율권이 필요하며, 이를 위해 고등학교에서도 성취평가제 정착이 필요하다고 주장하였다. 고등학교에서도 성취평가제를 일부 실시하고는 있지만, 실제로는 학생들의 성적을 서열화하고 등급화해야 하는 것이 현실이다. 통합과학을 통해 핵심역량과 핵심개념을 가르치고 융·복합 수업을 시도하더라도 결국은 상대평가로 성적을 산출해야 하므로 수업조차도 안전하게 팔호 채우기를 통한 내용전달 위주로 흘러간다고 과학교사들은 지적하였다. 따라서 학생들의 핵심역량을 길러주고 이에 대한 평가가 가능하려면 교사의 평가 자율권, 성취평가제 안착 등에 대한 폭넓은 의견 수렴과 개선 방향 모색이 필요하다.

셋째, 통합과학 교육과정의 성공적인 안착과 교사들의 수업역량 강화를 위한 연수 프로그램 개발과 공급이 필요하다. 역량기반 교육과정이 새로 시도되는 통합과학의 경우 다양한 연수를 개설하여, 통합과학 교육과정을 학교현장에 제대로 구현할 수 있도록 통합과학을 담당하고 있는 과학교사들의 역량을 강화할 필요가 있다. 2018년부터 통합과학 교육과정을 적용하면서 축적한 현장경험과 연구·개발을 토대로 실천 중심의, 교사 참여형 연수를 개발하여 보급할 필요가 있다. 또한 짧은 기간 동안의 집합 연수의 형식을 넘어서서 집합 연수와 현장 실천을 결합한 형태로 일정 기간 지속되는 새로운 형태의 연수 프로그램을 개발할 필요가 있다. 시도교육청 차원의 연수 지원과 더불어, 단위학교나 지역 차원의 교사 학습공동체를 중심으로 교

육과정-수업-평가를 연계한 일련의 실천 과정을 연수 프로그램화하는 실행 중심의 연수를 운영하는 방안도 고려할 필요가 있다. 단위학교 차원에서 교육과정 문해력 프로그램, 수업 설계 연수, 마이크로티칭 기법을 활용한 수업 실행 연수, 수업 성찰 연수에 이르는 일련의 과정을 반복적으로 수행하는 현장실천 기반의 연수 프로그램이 활성화될 수 있도록 좀 더 많은 관심을 기울여야 할 것이다. 요즘은 많은 교육청에서 학교 단위의 자율연수를 강화하고 있기 때문에, 교사 학습공동체 활동을 자율연수 형태로 운영할 수 있는 제도적 조건이 갖추어져 있다. 따라서 단위학교 차원에서 이러한 제도적 조건을 충분히 활용하여 교사 학습공동체를 촉진하는 연수 프로그램을 개발하고 운영할 수 있는 리더십을 발휘할 필요가 있다. 예컨대 단위학교나 특정 지역의 학습공동체의 형태로 교육과정에서부터 수업과 평가를 연계한 일련의 과정을 연수 프로그램화하는 실천 중심의 연수 프로그램을 운영할 수 있을 것이다.

또한, 본 연구를 기초로 다음과 같은 심층 연구를 진행할 필요가 있다. 첫째, 통합과학 핵심개념과 연계된 그리고 과학과 교과내용과 연계된 역량 개발에 초점을 둔 수업 실행 방안에 대한 심층연구가 필요하다. 통합과학을 비롯하여 2015개정 과학과 교육과정에서 강조하는 다양한 교과역량 함양에 초점을 둔 수업의 이론과 실재를 점검할 필요가 있다. 둘째, 장기적으로는 제대로 된 통합형 과학과 교육과정 개발 방안을 모색할 필요가 있다. 2015 개정 통합과학 교육과정의 경우 핵심개념을 중심으로 과학영역(물리학, 화학, 생명과학, 지구과학)을 관통하는 개념을 중심으로 내용 통합을 시도하였다. 하지만 현장적용 과정에서 통합과학 과목은 여러 가지 긍정적, 부정적 측면을 노정하였다. 고등학교 교육과정에서 오랫동안 지속되어왔던 분과 학문적 접근에 익숙한 상태에서 학교현장에서는 ‘왜’ 통합이 필요한지, ‘어떻게’ 통합적 접근을 통해 지도해야 할지에 대한 이해와 공감의 부족한 실정이며, 그 결과 실제 학교현장에서는 여전히 물리학, 화학, 생명과학, 지구과학 등의 전공영역별로 나누어서 가르치는 경우가 발견된다. 이에 차기 교육과정 개정에서는 현행 통합과학과 같은 교과 내 통합과목의 존속 여부는 물론, 핵심개념의 정선, 통합의 형태와 범위 등에 대한 심층연구를 필요로 한다.

국문요약

본 연구의 목적은 2018년부터 학교현장에서 구현된 통합과학 수업에 대한 관찰과 분석을 토대로 통합과학 안착을 위한 구체적인 지원 방안을 위한 시사점을 도출하려는 것이다. 이를 위해 동일한 성취기준[10통과07-01]에 대하여 전공배경이 각기 다른 4명의 과학교사들이 진행한 수업을 관찰하고 분석하였다. 통합과학 수업의 특징을 교육과정 재구성 측면, 과학과 교과역량 개발 측면, 학습자 중심의 참여형 수업 측면, 과정중심 평가 측면 등으로 구분하여 살펴보았다. 예컨대 교육과정 재구성 측면에서 과학교사들은 해당 성취기준을 3~4차시로 재구성하고, 핵심개념을 중심으로 학습내용을 적정화하며, 과학영역간 관통개념 이해를 돕기 위해 노력하고 있었다. 과학과 교과역량 개발 측면에서는 해당 성취기준과 밀접하게 관련된 다양한 교과역량 함양, 과학에 대한 인식론 개발 등에 초점을 둔 수업을 실천하고 있었다. 학습자 중심의 참여형 수업을 만들기 위해 학생 활동위주로, 그리고 학습의 촉진자로서 교사 역할을 강조하고 있었다. 과정중심

평가 측면에서는 피드백이 있는 수업과정 중의 평가 및 교과역량에 대한 과정중심 평가를 강조하고 있었다. 연구결과를 토대로, 통합과학 교육과정 현장안착을 위한 지원 방안을 교사 학습공동체의 필요성, 과정중심 평가 관련 지원, 진정한 통합형 과학과 교육과정 개발의 필요성 등의 측면에서 제안하였다.

주제어 : 통합과학 수업, 수업관찰, 교육과정 재구성, 과학 역량

References

- Ben-Peretz, M. (1990). *The teacher-curriculum encounter: Freeing teachers from the tyranny of texts*. SUNY Press.
- Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18(1), 32-42.
- Choo, K. & Sin, J. (2015). A Study on Elementary School Teachers' Perception of Curriculum Integration and Types of Restructuring. *Teacher Education Research*, 54(1), 120-137.
- Choi, S., Shin, C., Hwang, E., Lee, S., Kim, E., Yoo, J., Jung, M., & Song, J. (2015). *General manual for the operation of the Free Learning Semester*. Seoul: KEDI.
- Engeström, Y. (2015). *Learning by expanding an activity-theoretical approach to developmental research*(2nd ed). Cambridge University Press.
- Harris, L. (2011). Secondary teachers' conceptions of student engagement: Engagement in learning or in schooling? *Teaching and Teacher Education*, 27(2), 376-386.
- Jung, A. (2017). Increasing Interest and Self-confidence in Math through Student-centered Class. *The Journal of Future Education*, 7(1), 89-109.
- KICE (2014). Seminar on the operational activation plan of the Free Learning Semester.
- Kim, H., & Jeong, E. (2018). How to apply 205 national curriculum at the general high school. *The Journal of Curriculum and Evaluation*, 21(1), 61-77.
- KOFAC (2015). Development research of 2015 revised draft subject curriculum II: science curriculum (Research report BD15110002). Seoul: KOFAC.
- KOFAC & MOE (2016). Development of teaching and learning materials for the 2015 revised curriculum - Integrated Science & Science Inquiry and Experiment. MOE · Daejeon Metropolitan City Office of Education.
- Kwak, Y., Lee, J. & Lee, Y. (2017). Ways to Improve In-Service Science Teachers' Expertise with the Introduction of 'Integrated Science' in the 2015 Revised Curriculum. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 37(2), 263-271.
- Hwang, G., Park, S., Yoon, K., Lee, S., & Choi, E. (2014). Research on teacher education curriculum and certificate standards without examination. MOE & Incheon Metropolitan Office of Education.
- Lee, H., Kwak, Y., Park, Y., Shin, Y., & Lee, H. (2018). A study on ways to improve in-service teacher training system through the analysis of teacher training programs in 2015 revised curriculum. MOE · CNUE.
- Lee, J. & So, K. (2017). Middle School Teachers' Understanding of "Student-Participatory Class". *Journal of educational studies*, 48(2), 141-165.
- MOE (2015). Science Curriculum. MOE Notification No. 2015-74 [supplement 9].
- Shin, H., Ahn, S. & Kim, Y. (2017). A Policy Analysis on the Process-based Evaluation -Focusing on Middle School Teachers in Seoul. *The Journal of Curriculum and Evaluation*, 20(2), 135-162.
- Skinner, E. A., & Pitzer, J. R. (2012). Developmental dynamics of student engagement, coping, and everyday resilience. *In Handbook of research on student engagement*. 21-44. Springer US.
- Son, M., Ahn, Y., Cho, D., Kim, P., & Kim, W. (2012). Research on development of a future curriculum for teacher education institutes. Seoul: Korean Federation of Teachers' Association (KFTA).

저자 정보

곽영순(한국교원대학교 교수)

신영준(경인교육대학교 교수)