

국·내외 초등학교 융합 과학 교육 프로그램 탐색 - 한국, 미국, 영국을 중심으로 -

나상훈 · 권난주[†]
(갈담초등학교) · (경인교육대학교)[†]

Exploring Domestic and International Elementary School Convergence Science Education Program - Korea, the U.S., and the U.K. -

Na, Sanghoon · Kwon, Nanjoo[†]
(Galdam Elementary School) · (Gyeongin National University of Education)[†]

ABSTRACT

This study is subject to compare the STEAM and the STEM education of Korea, the U.K., and the U.S. to find their differences and similarities, as well as the implications in implementing the STEAM education in Korea. In order to accomplish this, the educational objectives, contents and topics, teaching and learning methods, subjects and timing for education, and convergence curriculum were compared; also, after choosing the representative program of each country, a cross-comparative analysis was done for the teaching and learning method distribution ratio, content element distribution ratio, program distribution ratio, STEAM domain ratio, curriculum structure and domain ratio, frequency of inquiry process, basic inquiry, integrated inquiry frequency, hourly basic inquiry, and integrated inquiry process. As a result, it was possible to obtain 77 programs, a total of 656 class hours of Korea, 65 programs and 846 class hours of the U.S., and 75 programs and 774 class hours of the U.K. The results are as follows: Korea's STEAM and the U.K. and the U.S.' STEM all include science, technology, engineering, arts, and mathematics, but in terms of frequency, Korea's STEAM has higher figure in arts. However, the U.K. and the U.S. have higher frequency of debate and discussion, and there were many cases of a student, after receiving feedback from other students, modifying the work.

Key words : STEM education, STEAM education, interdisciplinary, converging, consilience, elementary science education, convergence science education

I. 서 론

20세기에 지식혁명시대, 정보시대, 과학기술시대에 접어들며 지식의 양이 기하급수적으로 증가하였으며, 이에 따라 각각의 영역이 세분화 되었고, 다른 의미에서는 영역간의 단절을 초래하였다. 이와 같은 영역의 세분화는 하나의 틀에서 사물이나 문제에 접근하려는 관습에 빠지게 되었다.

그런데 20세기 후반에 이르러 과학과 기술의 분화 추세가 변화하기 시작하였다. 디지털 컴퓨터의 출현 및 인공지능 및 디지털 사회의 떠오름, 마이크로 수준의 물질세계 연구 부각, 유전자 연구, 생명과학의 발전, 복잡계 이론의 발전, 인지과학의 출현 및 발전, 로봇틱스 발전, 자연과학의 총아로서의 신경과학의 떠오름 등의 변화는, 학문의 분화로서의 추세보다는 학문간 수렴, 또는 융합이 이루어지

는 경향이 시작되게 하였다(Lee, 2010).

이와 같은 학문 간의 수렴, 또는 융합의 경향은 미국에서 국가적 과학기술 정책을 발표하면서 공식화 되었다. 2002년에 미국의 과학재단이 융합(수렴) 테크놀로지 틀을 제시하였고, 이어 2004년 유럽 공동체는 융합테크놀로지의 틀인 CTESK를 제시하였다. 미국과 유럽공동체는 공통적으로 융합의 틀을 제시하였으나 차이점도 보이는데, 미국이 융합의 개념을 정립하고, 궁극적 목표를 인간수행의 향상에 두었다고 한다면, 유럽에서는 사회과학적 측면과 인문학적 측면의 영향을 강조하고(Lee, 2010), 사회적 협동에 의한 공동체 사회의 형성과 협동에 초점을 두었다.

이어 2005년 최재천, 장재익 교수가 2005년에 윌슨(E. O. Wilson)의 'Consilience' 개념이 소개된 이후, 융합과 관련된 저서 출판과 구체적인 제도적 구현 노력(예: 대학 교양교육과정 개편, 한국연구재단과 교과부의 학제간·학문간 융합연구지원 사업 등) 및 다양한 학술적 논쟁이 학문 발달과 지식 생성에 대한 거시적 사회현상으로 발생(Park, 2010) 하고 있으며, 융합을 통하여 이질적인 요인들이 서로 녹아 새로운 것을 생성하는 것으로 생각할 수 있다. 이에 지식융합과 학문융합은 21세기의 '새로운 가치창조의 원동력'으로서 주목받고 있다(Lee, 2008).

미국과 한국의 이러한 변화가 우연이라 하기에는 지나치게 유사한 점이 많다. 대학교와 대학원의 '융합' 관련 학과 및 학부 신설, 융합 관련 분야에 대한 대대적인 지원, STEM과 STEAM 교육 실시 등이 모든 것을 정부가 주도적으로 이끌고 있다. 그렇다면 교육의 차원에서 STEM과 STEAM 교육에 따라 어떤 차이가 있을까? 어떤 공통점이 있을까?

20세기의 문화 트렌드를 이끌었던 미국이 PISA 수학, 과학 분야 학력 지수가 낮은 점과 이공계 지원 학생 수의 급감을 지적하며, STEM 교육을 시작하였다. 미국의 STEM 교육은 한편으로는 이공계 분야로 진출하는 인적자원의 확대와 동시에 급격히 변화하는 시대를 이끌어 나갈 성장 동력을 확보하고자 하는 철저히 경제적인 측면에서 교육 분야의 변화를 이끌어 나가고 있다. 하지만 T와 E 영역은 초등학교 수준에서는 기존에 없던 교과이기 때문에, 수준에 맞도록 학년별 교육 기준을 설정하고, 각 영역이 유기적으로 통합될 수 있도록 지원하고 있다.

우리나라도 이 분야에 대한 이론적 연구와 동시

에 STEAM(융합인재교육) 교육 프로그램 개발을 위하여 리더스쿨을 선정하는 등 변화하는 시대에 맞춘 교육 프로그램을 개발하기 위하여 노력하고 있다(KOFAC, 2011). 언론 매체 등을 통하여 새로운 융합형 교육프로그램이 소개되고 있으며, 융합카페에서는 과학 분야의 다양한 융합현상에 대한 담론이 활발하게 이루어지고 있다.

하지만 개선을 바라는 시각에서 통합교육과정은 각 교과 의 틀을 인정한 것(Kwak, 2009), 미래형 초등통합교육과정이 과거처럼 탈학문적이지 않다(Kang & Jung, 2009)와 같은 비판도 적지 않다. 또한 T와 E 영역이 초등학교에 존재하지 않던 과목이기에 Ahn and Kwon(2012)은 기술과 공학 분야의 인식의 문제를 지적하기도 하는 등, 교사가 각 분야를 정확히 인지하여야 한다는 논의도 이루어지고 있다.

각 사회의 문화적 차이가 교육의 양상에 대한 차이로 나타날 수도 있으며, 그리하여 혹시나 간과할 수도 있는 '그 어떤 것'을 찾아 보려고 한다. 그리고 그 시선의 초점을 STEM 및 STEAM 교육 프로그램에 두었다. 또한 비교의 기준이 되는 대상은 한국, 미국, 영국으로 하였다.

이에 기존의 교과중심의 통합교육 프로그램과 차별화되는 '융합형 과학교육 프로그램'을 조사하여, 각각의 프로그램 특징과 공통적인 요소를 추출하고 차이점을 살펴보면서 미래시대를 준비하기 위한 융합형 과학교육 프로그램의 개발 시 고려할 만한 시사점을 도출하고자 한다.

본 연구에서는 초등학교 단위에서 융합 과학 교육 도입을 위하여 국내외 융합 과학 교육과정 및 프로그램을 탐색하기 위해 다음과 같은 네 가지 연구 문제를 설정하였다.

- 가. 미국, 영국의 STEM 교육과 STEAM 교육을 위한 융합교과와 교수학습방법은 어떠한가?
- 나. 프로그램의 내용 요소와 차시 수에서 어떠한 차이를 보이는가?
- 다. STEAM과 STEM의 각 분야에 따른 지식의 구조와 영역은 어떠한 차이를 보이는가?
- 라. S(Science)의 영역에서 기초, 통합탐구의 기능의 활용은 어떠한가?

II. 연구 방법

1. 연구 절차

Table 1. Procedures of the study

Step	Contents
Basic research	<ul style="list-style-type: none"> · Design of the study · Search for previous studies and related papers
Data collection	<ul style="list-style-type: none"> · Analyzed data collection · Review and selection criteria · Analysis of target Selection
Data analysis	<ul style="list-style-type: none"> · Analysis framework compliant and production · Analysis framework established through the second review · Ensure reliability · Detailed analysis of data · Data coding and validation
Conclusions	<ul style="list-style-type: none"> · Analysis process · Final confirmation and conclusion

본 연구는 STEM과 STEAM교육을 비교 분석하고자 Table 1과 같은 연구 절차를 거쳤다.

2. 자료 수집 및 연구대상

자료 수집 기간은 2011년 3월부터 2012년 8월까지이며, STEM과 STEAM에 해당하는 교육 사례를 조사하였다. 최우선적으로 RISS(학술연구정보서비스)와 ERIC(Educational Resources Information Center)에서 ‘융합, 통합, 통섭, STEM, STEAM, interdisciplinary, converging, consilience, fusion’을 주제어로 한 과학 교육 관련 논문과 학술지 검색을 시도하였으나, 그 결과는 미미하였다.

동일한 검색어를 사용한 인터넷 검색에서는 보다 다양한 프로그램의 정보를 얻을 수 있었으며, 융합 과학과 관련하여 실시한 일회성의 프로그램이나 전시활동, 대회 등을 제외하여 소수의 프로그램을 추출할 수 있었다. 연구대상 선정 조건은 Table 2와 같다.

이외에 국내, 미국, 영국의 정부에서 발행한 교육 정책 연구물, 공공기관 운영 융합프로그램, 언론에서 다루었던 프로그램을 역추적하여 연구대상에 포함시키기도 하였다. 연구대상에 포함한 융합 과

Table 2. Study selection criteria

Educational institutions	Representation, compliance with national standards
Program	<ul style="list-style-type: none"> · Unit configuration, the configuration section · The use of the term (STEM, STEAM) · Teacher, student activities presented · Classification of areas

Table 3. Data of each country study

Korea	<ul style="list-style-type: none"> · Target: Leaders school, teacher study group, institute of natural history · Number of programs: 77 · Number of periods: 656 periods
U.S.	<ul style="list-style-type: none"> · Target: I3 (Invention-Innovation-Inquiry), EIE (Engineering is Elementary®), STC (Science Technology Concepts Program-TM), IMSA (Illinois Mathematics and Science Academy®) Fusion, Ceder Park Elementary School · Number of programs: 65 · Number of periods: 846 periods
U.K.	<ul style="list-style-type: none"> · Target: CREST Star, CREST Award, Nuffield Foundation, Young engineers · Number of programs: 75 · Number of periods: 774 periods

학 프로그램 및 교육과정은 광범위한 정보를 얻을 수 있는 것에 한정하였으며, 정보가 부족한 프로그램은 제외하였다. 개발한 프로그램에 따라 다르게 지칭하는 경우(유닛, 단원, 프로그램 등)는 모두 ‘프로그램’으로 통일하였고, 수업에 필요한 시간 수는 ‘차시 수’로 기재하였다. 최종적으로 연구 대상으로 삼은 사례들은 Table 3과 같다.

3. 자료분석 및 분석준거

분석 준거 및 분석 틀을 제작하고, 2차 검토를 통해 분석 준거 및 분석 틀을 확정하였으며, 이 내용은 과학 분야 전문가 3인과 협의를 통해 신뢰도를 확보하였다. 이후에 자료를 세부 분석하고, 이 자료를 이용하여 데이터 코딩을 하였으며, 2회에 걸쳐 데이터 검증을 하였다.

1) 과학탐구 능력 평가 틀

과학 탐구 능력 평가 틀은 NAEP(National Assessment of Educational Progress) 분류 기준과 우종욱 등이 1993년, 1995년에 발표한 과학탐구능력평가틀을 이용하여, 하나의 프로그램이 구성될 때 맥락(context) 중심인지, 내용(concept) 중심인지로 구분하였으며, 과정은 기초 탐구 과정 5개, 통합 탐구 과정 6개로 구분하여 데이터화 하였다.

세부 내용을 표로 정리하면 Table 4와 같다.

2) 지식구조와 영역 분석 준거

지식 구조와 영역의 분석 틀은 Table 5와 같이 문대영의 STEM 통합 접근의 사전 공학 교육 프로

Table 4. Details of the scientific inquiry process, context, concept

	Contents
Process	<ul style="list-style-type: none"> · Fundamental Inquiry Process: observation, classification, measurement, and expected, reasoning · Integrated Inquiry Process: problem recognition, hypothesis, control variables, data analysis, conclusions, generalizations
Context	<ul style="list-style-type: none"> · It applies to the concept of process. ex) Information, objects, events, or materials.
Concept	<ul style="list-style-type: none"> · Introduce students to the specific knowledge. · The process used to resolve the problem with. · Depending on the subject and grade.

Woo, 1993

그램 모형 개발에서 제시한 과학, 기술학, 공학, 수학 분야의 지식 구조와 영역을 선정하고, 예술 분야는 야크만이 2007년에 발표한 모형에서 예술 분야의 지식구조와 영역으로 선정하였다(Yakman & Kim, 2007; Yakman, 2008).

III. 연구 결과

1. 한국, 미국, 영국의 STEM, STEAM 교육 비교

1) 융합 교과

융합 교과에서 국가에 따라 특징적인 차이점은 Table 6과 같다. 이 비교에서는 융합 교과 수의 차이를 볼 수 있다. 미국과 영국에서는 융합 교과 수의 평균을 비교하면 한국은 거의 4개 교과를 골고루 융합하는데 반하여, 영국은 채 3개가 되지 않는 2.77개의 분야를 융합하고 있다. 미국은 한국과 영국의 중간 정도이지만, 3.13개의 융합 수준을 보이

Table 6. Average convergence subjects per STEM, STEAM programs

	Korea	U.S.	U.K.
Number of programs	77	65	75
The total number of subjects	297	204	208
Average per program subjects	3.85	3.13	2.77

고 있으나, 프로젝트 형태 학습을 통하여 다양한 분야의 융합을 시도하고 있었기 때문에, 이를 제외하면 실제로는 영국과 비슷한 2개 정도의 분야를 융합하고 있다. 미국과 영국의 경우는 여러 분야의 융합을 시도할 경우, 수업 디자인의 복잡성과 혼란성을 우려하고 있다(Sanders, 2006; Sanders, 2009).

2) 프로그램의 교수학습 방법 구성 비

프로그램의 교수학습 방법의 구성 비는 Table 7과 같이, 영국과 미국은 PBL(Problem-Based Learning) 학습방법의 비율이 각각 52%와 59%로 가장 높게 나타났으며, 한국은 주제통합 학습이 60%로 가장 높은 것으로 나타났다.

한국과는 달리 미국, 영국의 교수학습 방법의 특

Table 7. The proportion of teaching and learning methods (#: Frequency)

		PBL	Research-based science	Self-directed learning	Project	Topics integrated learning
Korea	#	16	0	0	15	46
	%	21	0	0	19	60
U.S.	#	34	20	7	4	0
	%	52	31	11	6	0
U.K.	#	44	0	15	16	0
	%	59	0	20	21	0

Table 5. Structures and areas of knowledge in the field of STEAM

	S (Science)	T (Technology)	E (Engineering)	A (Arts)	M (Mathematics)
Structures and areas of knowledge			- Mechanical car, shipbuilding aerospace		
		- Manufacturing	- Metals and materials electrical, electronics, information and communication	- Art	- Number and operation
	- Physics	- Construction	- Computer science	- Language	- Character and expression
	- Chemistry	- Transportation	- Construction, civil	- Humanity	- Geometric shapes and measurement
	- Biology	- Information and communication	- Chemical polymer fiber environment, resource and energy	- Music	- Function
	- Earth science	- Biotechnology	- Agriculture. Fisheries marine biological	- Exercise, physical	- Probability and statistics
			- Industrial engineering		

정으로는 자기주도 학습을 찾아볼 수 있었다. 미국과 영국에서는 STEM 학습을 할 수 있는 웹 페이지를 구축하여, 가정이나 방과 후 시간을 활용하여 웹 상에서 학습자가 자기주도적으로 학습을 진행해 나갈 수 있도록 하였다.

프로젝트 학습은 한국, 미국, 영국 세 국가 모두에서 STEM과 STEAM 교육에서 적용하고 있는 학습방법이며, 그 비율은 영국과 한국은 각각 21%, 19%로 비슷한 양상을 보이고 있었으며, 미국은 6% 비율을 보이고 있었다.

미국의 특징적인 부분은 NSRC(National Science Resources Center)에서 개발한 Research-Based Science의 적용으로 STEM 교육을 위해 새롭게 고안한 학습방법이며, 학습자가 직접 조사 활동을 해 나가면서 과제를 해결하고 지식을 구성하도록 안내하고 있다.

2. 내용 요소와 시수 비교

1) 내용 요소 구성 비

프로그램을 구성하는 내용 요소는 Table 8과 같이, 한국과 영국은 맥락과 내용의 비율이 완전히 반대 양상을 보이고 있으며, 미국은 맥락과 내용이 비슷한 비율로 혼합된 비율을 보이고 있었다.

한국은 내용 중심의 프로그램이 대부분을 차지하고, 일부 맥락 중심의 프로그램 구성을 하고 있으나, 영국은 반대로 대부분이 맥락 중심의 프로그램을 구성하고, 일부 내용 중심으로 프로그램을 구성하고 있었다. 조금 구체적으로 진술하면, 한국은 개념이나 원리를 중요한 축으로 설정해 놓고, 그 개념에 합당한 생활 주변의 다양한 문제나 실제적인 상황을 끌어와서 프로그램을 구성하는 반면에, 영국의 경우에는 생활에서 부딪힐 수 있을만한 문제

를 상황으로 제시하고, 이 문제를 해결하기 위해서 필요한 과학적 지식이나 원리, 개념을 적용하여 해결하는 방법으로 프로그램을 구성하고 있었다.

미국은 내용과 맥락 중심의 프로그램 구성방법이 비슷한 비율로 존재하고 있었으며, 이 두 가지 프로그램 구성방법에서는 다소 맥락 중심의 프로그램 구성이 많은 것으로 나타났다.

2) 프로그램 구성 시수

STEM과 STEAM 프로그램에서 차시 수는 Table 9와 같다.

조사한 프로그램의 수는 한국 77개, 미국 65개, 영국 75개로 한국이 가장 많았으나, 총 차시 수는 오히려 한국이 가장 적었다. 프로그램 개수가 비슷한 영국과 비교하면, 한국 656차시, 영국 774차시로 118차시 가량 영국이 더욱 많은 학습 시간을 요구하고 있었다. 반면, 미국은 프로그램 수가 65개로 가장 적은 프로그램 수에도 불구하고, 학습 시 필요 요로 하는 차시 수가 846시간에 이르러 프로그램당 가장 많은 차시 수를 요구하고 있었다.

미국과 영국은 하나의 프로그램을 학습하는데 10시간 이상의 차시 수로 구성하고 있었으며, 한국은 8시간 정도를 요구하고 있었다. 한국의 프로그램당 차시 수가 낮게 나타난 것은 일부 프로그램에서 4시간 정도로 학습을 마칠 수 있도록 구성했기 때문으로 보이며, 한국 역시 최대 16시간까지 학습 시간을 요구하는 프로그램이 있었다.

3. STEM과 STEAM의 분야별 비율 비교

1) STEAM 분야별 비율

프로그램 내에서 STEAM 각 분야별 비율은 Table 10과 같다. 한국, 미국, 영국 모두 과학 영역의 비율이 가장 높았다. 미국은 100%로 모든 프로그램에 과학의 개념과 원리를 포함하고 있었으며, 한국과 영국 역시 90%의 비율을 보였다. 이는 과학 이외의

Table 8. The proportion of content elements
(#: Frequency)

		Context	Concept
Korea	#	17	60
	%	22	78
U.S.	#	37	27
	%	57.8	42.2
U.K.	#	65	10
	%	86.6	13.4

Table 9. Period numbers of the program
(#: Frequency)

	Period numbers	Program numbers	Average period numbers
Korea	656	77	8.52
U.S.	846	65	13.01
U.K.	774	75	10.32

Table 10. The proportion of fields(STEAM, STEM)
(#: Frequency)

		S	T	E	A	M	n
Korea	#	74	49	49	70	56	77
	%	96	64	64	91	73	
U.S.	#	65	60	33	18	28	65
	%	100	92	51	28	43	
U.K.	#	69	45	50	23	21	75
	%	92	60	67	31	28	

다른 영역에 비하여 과학 영역이 프로그램을 이끌어가는 주된 영역임을 보여주는 결과라 할 수 있다.

각 국의 특징적인 부분을 살펴보면, 한국은 과학을 제외한 기술, 공학, 예술, 수학 각 영역이 60% 이상의 비율을 보이고 있으며, 이는 미국, 영국에 비하여 비교적 골고루 다양한 영역과 융합을 시도하고 있음을 알 수 있었다. 또한 기술, 공학, 수학 영역보다 오히려 예술 영역의 비율이 높았으며, 이는 만들거나 조작활동을 주로 미술의 영역으로 구분하여 적용하였기 때문으로 보인다.

미국은 과학과 함께 기술의 영역의 비율이 매우 높았다. 미국은 프로그램 내에서 주로 다양한 정보통신 기기를 활용한 정보의 재생산 활동이 많은 특징을 보였다.

영국은 과학 이외의 영역에서 높은 비율을 보이는 영역은 없었으나, 기술과 공학의 비율이 60% 정도의 비율을 보이고 있다.

미국과 영국 모두 STEM이라는 이름 아래 교육이 실시되고 있기 때문에, 예술은 완전히 배제하였을 것이라 생각할 수도 있지만, 이들 국가에서도 전체 프로그램 중 30% 프로그램에 예술 요소가 포함되어 있었다. 물론 앞서 논의한 바와 같이 한국과 비교하면 약 3배 가량 낮은 비율이다.

영역별 비율에 있어서 특징적인 부분은 수학 영역의 비율로, 미국과 영국의 비율이 한국에 비하여 매우 낮은 수준을 보인다는 점이다. 이유를 살펴보면, 미국과 영국의 프로그램에서는 STEM 수업을 진행함에 있어서 수학적 개념이 요구되지 않는 단순한 통계나 측정과 같은 부분은 수학의 영역으로 구분하지 않고 과학의 영역으로 포함했기 때문으로 보인다. 이러한 점은 수학과 과학의 영역에 있어서 상충되는 부분을 어떻게 구분하고, 분류할 것인지에 대한 논의가 필요하다는 점을 보이는 결과이다.

2) STEAM 분야별 지식 구조와 영역 비율

STEAM 분야별 지식 구조와 영역 비율은 Table 11과 같으며, 세부 영역에서 2가지 영역을 포함하는 경우 중복하여 계산하여 Table 10에 비해 총 빈도수는 높게 나타났다. 과학 영역에서 지식의 구조와 영역 비율은 한국, 미국, 영국 세 국가 모두에서 물리 영역인 운동과 에너지의 비율이 가장 높았다.

세 국가의 지식의 구조와 영역을 상대적으로 비교했을 때, 주목할 부분으로는 한국의 경우는 4개 영역의 비율이 비슷하게 균형을 이루고 있는 점이다. 반면에 영국은 운동과 에너지의 영역 비율이 60%에 이를 정도로 높은 반면에 화학 영역인 물질은 10%를 겨우 넘기고 있다. 미국은 4개 영역 모두에서 한국과 영국의 중간 정도로 평균적인 비율을 보인다.

특이한 점은 영국의 지구과학 분야인 지구와 우주 영역의 비율이 지나치게 낮다는 점이다. 화학 분야보다 더 낮은 비율을 보이는 점이 주목할 만하다.

기술 분야에서는 정보통신기술 영역의 비율이 한국, 미국, 영국 모두 가장 높았으며, 가장 낮은 영역은 수송-건설 기술 영역으로 나타났다.

정보통신기술 영역에 이어 높은 비율을 보이는 영역은 제조 기술이었으며, 이 분야의 비율이 높은 이유는 다양한 도구를 활용한 조작 활동을 하는 경우에 주로 제조 기술로 분류를 하고 있기 때문으로 보인다.

수송기술과 건설기술은 세 국가 모두 10% 미만의 낮은 비율을 보였으나, 상대적으로 미국은 여러 기술 분야의 여러 영역을 폭넓게 다루고 있는 특징을 보였다.

기술 분야의 정보통신기술 영역에서 3개 국가 중 한국이 그 비율이 가장 높았으나, 이는 그만큼 다른 영역의 비율이 낮다는 것을 의미하여, 정보통신기술 영역에서도 주로 웹을 이용한 정보 찾기 활동이 많았다. 기술 분야에서 미국은 세 국가 중 정보통신기술 영역의 비율이 가장 낮지만, 이 영역의 활동 내용은 한국, 영국에 비하여 다양했다. 예를 들면, 카메라와 캠코더를 이용하여 대상을 기록하고, 메신저를 이용한 의사교환과 토론 및 토의 활동, 파워포인트를 활용하여 발표를 하고, 이후에 피드백을 받아 결과물을 재생성하는 과정까지를 모두 정보통신기술 영역으로 분류하였다.

공학 분야의 구조와 영역 비율을 살펴보면, 한국

Table 11. The proportion structures and areas of knowledge in the field of STEAM (#: Frequency)

Field	Structures and areas of knowledge	Korea		U.S.		U.K.		
		#	Ratio%	#	Ratio%	#	Ratio%	
S	Physics	27	34	30	43	42	56	
	Chemistry	11	14	10	14	11	15	
	Biology	21	26	16	23	14	19	
	Earth science	21	26	14	20	8	11	
T	Manufacturing technology	14	22	15	22	16	33	
	Construction technology	3	5	6	9	2	4	
	Transportation technology	1	2	5	7	2	4	
	Information and communication technology	37	59	26	38	23	48	
	Biotechnology	8	13	16	24	5	10	
E	Mechanical car shipbuilding aerospace engineering	11	20	6	17	16	30	
	Metals and materials engineering	3	5	1	3	10	19	
	Electrical, electronics, information and communication engineering	8	15	3	9	1	2	
	Computer science	1	2	0	0	0	0	
	Construction, civil engineering	6	11	2	6	5	9	
	Chemical polymer fiber engineering	4	7	2	6	5	9	
	Environment, resource and energy engineering	13	24	12	34	11	21	
A	Agriculture, fisheries marine biological engineering industrial engineering	9	16	9	26	5	9	
	Art	59	61	12	52	12	32	
	Language	5	5	6	26	12	32	
	Humanity	11	11	3	13	7	19	
	Music	14	14	2	9	3	8	
	Exercise, physical	8	8	0	0	3	8	
	M	Number and operation	15	19	9	16	2	6
		Character and expression	0	0	0	0	1	3
		Geometric and shapes	19	25	16	28	16	47
		Measurement	31	40	21	36	13	38
Function		2	3	2	3	0	0	
Probability and statistics		10	13	10	17	2	2	

은 컴퓨터 공학과 금속 재료 공학이 낮은 비율을 보이고 있으나, 다른 6개 영역에서는 대동소이한 비율을 보이고 있다. 반면에, 미국은 농, 수산공학과 환경, 자원공학 영역에서 20%를 크게 상회하는 비율을 보이고 있으며, 영국은 기계, 자동차 공학 영역에서 높은 비율을 보이고 있다.

기술 분야와는 현격한 차이를 보이는 분야는 컴퓨터 공학으로 한국, 미국, 영국 세 국가 모두에서 매우 낮은 비율을 보이고 있는데, 이는 일반적인 초등학교의 수준을 고려한데 따른 것으로 보인다. 그리고 금속, 재료 공학은 한국과 미국은 낮은 비율을 보이는데 반하여, 영국은 20%에 가까운 비율을 보

이고 있는데, 금속 영역보다는 재료 공학 쪽의 소재를 택하고 있었다. 특히나 영국은 기계, 자동차, 항공 우주, 재료 공학 영역을 교육함에 있어서 키트를 활용한 조작 활동을 많이 선택하고 있었다.

세 국가 모두 높은 비율을 차지하는 영역은 환경과 자동차 공학 영역으로, 현재 주변에서 가장 많이 접할 수 있고, 이슈가 만들어지는 분야라는 점에서 STEM과 STEAM 교육이 일정 부분 공통적인 카테고리 지니고 있음을 알 수 있다.

예술 분야는 미국, 영국보다 한국의 적용 비율이 3배 이상 높은 분야이다. 하지만 세부적인 내용을 살펴보면 공통점과 차이점을 살펴볼 수 있는데, 우

선 세 국가 모두 미술 영역이 가장 높은 비율을 보이고 있다. 이는 초등학교 단계에서 손으로 조작하는 활동을 많이 하기 때문으로 보이는데, 실제 활동을 보면, 한국의 경우는 그리거나 만들기 활동을 하면 미술 분야와 공학 분야 모두 융합하는 형태로 분류한 반면에, 영국과 미국은 미술과 공학을 구분하는 모습을 보인다. 영국과 미국은 제품과 관련하여 디자인을 하는 경우는 미술 분야보다 공학 분야로 분류하는 경향이 있었다.

또 다른 특징 중의 하나는 바로 언어 영역이다. 한국은 예술의 적용 비율이 높기는 하지만, 언어 분야의 비율은 10%도 되지 않는 미미한 비율을 보이는 반면에, 미국과 영국은 20%를 상회하는 비율을 보이고 있다. 그 내용을 살펴보면, 미국과 영국은 Language Art로 구분하여 토론, 토의와 같은 상호작용을 통하여 진행되는 수업의 빈도가 높기 때문으로 보인다. 하지만, 과학 실험 후에 결과를 데이터화 하여 통계를 낸 뒤, 그 내용을 해석하는 과정에서 이루어지는 토론, 토의 활동은 별도의 Language Art로 구분하지 않았으며, 통합 탐구 활동의 의사소통으로 구분하고 있었다. 이런 점을 살펴볼 때, 전체 수업 중에 이루어지는 토론, 토의 활동의 비율이 미국, 영국은 매우 높을 수 있음을 미루어 짐작할 수 있다.

이 외의 운동, 신체 영역, 음악, 인문학 영역은 세 국가 모두 10% 내외의 낮은 비율을 보이고 있었으며, 미국은 운동, 신체 영역은 단 한 개의 융합 내용을 찾아볼 수 없었다.

수학 분야의 구조와 영역 비율을 살펴보면 한국, 미국은 모두 통계, 측정, 도형, 연산 부분의 비율이 높고, 함수와 문자와 식의 비율은 낮게 나타났다.

영국의 경우에는 한국과 미국에 비하여 기하와 도형 영역의 비율이 거의 50%에 가까운 정도로 높은 비율을 보이는 데, 이는 공학 분야의 활동에 있어서 실제적인 키트를 사용하기 전에 단순화된 모

형을 통한 사전 학습을 하는 것과 학습자가 실제로 제작하는 과정을 거치게 되는데, 이러한 전 과정에서 모형을 그려보고, 실제 모형을 만드는 과정에서 측정의 활동까지 겸하는데, 이러한 활동을 수학과 공학의 융합으로 분류했기 때문으로 보인다.

측정의 활동은 탐구 과정에서 중요한 부분의 하나로 세 국가 모두 40%를 넘는 높은 비율을 보이고 있으며, 특이한 점은 영국에서 수와 연산 영역의 비율이 매우 낮은 것을 볼 수 있다. 이는 미국, 한국과는 달리 측정, 통계 중에 필요한 연산 과정을 연산의 영역으로 구분하지 않았기 때문으로 보인다.

4. 기초탐구, 통합탐구 기능의 활용

1) 탐구과정 빈도 수

Table 12에서 보듯이, 탐구 과정의 빈도는 세 국가 모두 기초 탐구 과정을 많이 사용하는 것으로 나타났으며, 한국은 기초와 통합 탐구 과정의 차이가 2.5배에 이를 정도로 차이가 컸다. 영국과 우리나라를 비교하면, 우리나라는 총 시수는 영국보다 더 적음에도 불구하고, 기초탐구과정의 빈도 수가 높은 반면에, 통합탐구 과정에서는 50% 정도의 빈도 수를 보이고 있다. 이 점은 영국에 비하여 한국의 STEAM 교육 활동이 기초탐구 활동에 집중하고 있다는 점을 반영하고 있다.

비록 전체 프로그램의 차시수가 한국이 100차시 이상 적었음을 고려하더라도 통합탐구과정이 미국, 영국에 비하여 2배 이상 낮은 것은 분명 논의의 대상이 될 수 있을 것으로 보인다.

2) 기초탐구과정 빈도 수

Table 13에서 보듯이, 기초탐구과정의 빈도 수는 세 국가 모두 관찰, 분류, 측정의 탐구 과정이 추리, 예상보다 훨씬 높은 빈도를 보였다. 국가 간 비교를 하면 한국은 다른 기초탐구과정에 비해 예상만

Table 12. Compare the frequency inquiry process

	Fundamental inquiry	Integrated inquiry	Inquiry process per program		Inquiry process per program period		Total period
			Fundamental inquiry	Integrated inquiry	Fundamental inquiry	Integrated inquiry	
Korea	167	63	2.17	0.82	0.25	0.09	667
U.S.	191	106	2.94	1.63	0.23	0.13	821
U.K.	163	103	2.36	1.49	0.31	0.20	522

Table 13. Compare the frequency : Fundamental inquiry process, integrated inquiry process (#: Frequency)

	Fundamental inquiry process					Integrated inquiry process						
	Observation	Classification	Measurement	Forecast	Reasoning	Problem recognition	Hypothesis	Control variables	Data interpretation	Conclusions	Generalization	
Korea	#	65	33	37	18	14	11	8	9	16	14	5
	%	38.9	19.8	22.2	10.8	8.4	17.5	12.7	14.3	25.4	22.2	7.9
U.S.	#	51	50	45	17	28	19	13	16	26	25	7
	%	26.7	26.2	23.6	8.9	14.7	17.9	20.6	25.4	41.3	39.7	11.1
U.K.	#	66	35	42	8	12	23	16	13	23	24	4
	%	40.5	21.5	25.8	4.9	7.4	22.3	15.5	12.6	22.3	23.3	3.9

낮은 빈도를 보였을 뿐, 이외의 4개 과정에서는 비교적 비슷한 빈도를 보였다. 반면에, 영국은 관찰, 분류, 측정의 과정은 높은 빈도를 보이고 있으나, 예상과 추리의 빈도는 매우 낮은 수치를 보인다. 이는 영국의 프로그램들이 자동차, 건설 등의 공학과 관련하여 키트를 활용한 교육 활동이 많은 것을 보여주는 결과로 보인다. 미국은 한국과 영국에 비하여 추리의 과정이 2배 가량 많은 것이 특징이다.

3) 통합탐구과정 빈도 수

통합탐구과정은 세 국가 모두 공통적으로 결론 도출과 자료해석의 과정이 다른 과정에 비하여 빈도 수가 높았으며, 일반화는 가장 적었다. 이는 실험과정이 아니라 하더라도 생활주변의 사례를 모아 자료를 해석하고, 토론, 토의를 통해 결론을 내리는 과정이 다수 있었기 때문으로 보인다.

전 과정에 걸쳐서 한국의 통합탐구과정 빈도 수가 작은 점은 앞서 살펴보았듯이, 빈도의 총합에 있어서 절대적으로 낮았던 점을 고려해야 할 것이다. 그렇다 하더라도 문제인식, 가설설정, 변인통제, 자료해석, 결론도출의 모든 과정에서 2배 정도 미국, 영국에 비해 낮은 점은 과학 교과에 입장에서 우려스러운 부분이다.

또한 기초탐구과정도 그러하였지만, 통합탐구과정 역시 프로그램에 따라서 일부 특정 탐구과정만 활용하는 경우가 많았다. 프로젝트 학습으로 진행하는 경우에는 가설설정부터 일반화의 과정까지 통합탐구과정 전체를 아우르기도 하지만, 대부분의 프로그램은 필요한 경우에 탐구과정의 일부를 활용하였다.

4) 프로그램에 따른 기초, 통합 탐구과정 수

하나의 프로그램 내에서 기초, 통합탐구과정의 사용 빈도를 살펴보면, 미국과 영국은 1개의 주제에 4-4.5개의 탐구 과정, 한국은 2.7개 정도로 나타났다. 미국과 영국은 한국에 비하여 1.5배 수준의 탐구 과정을 사용하였다.

기초탐구과정과 통합탐구과정을 합하면 차이가 줄지만, 통합탐구과정을 떼 놓고 비교하면 한국은 프로그램당 0.7개 수준, 미국과 영국은 1.5개 이상의 수치를 보여 그 차이는 더욱 커진다. 이는 미국, 영국이 프로그램당 교육 활동하는 시간 수가 2시간 이상 많기 때문으로 생각할 수 있으나, 이점을 고려하더라도 한국의 수치는 낮은 수준이다.

5) 시간당 기초, 통합 탐구 과정 수

시간당 기초탐구과정과 통합탐구과정 수는 영국이 한국 미국에 비하여, 시수당 과학 탐구 활동 요소가 가장 높은 것으로 나타났다. 미국, 한국은 0.25개, 0.24개로 비슷한 수준의 기초탐구과정 활동 수를 보이고 있으나, 한국은 통합탐구과정 활동이 미국보다 시간당 0.4개 정도 적었다. 반면에, 영국은 기초탐구과정과 통합탐구과정 모두에서 한국과 미국에 비하여 압도적으로 높은 수치를 기록하고 있다.

IV. 연구 결론

1. 결론

이 연구의 결과를 기초로 하여 얻은 결론은 다음과 같다.

첫째, 교수학습 방법의 측면에서 세 국가 모두 팀원 간의 협동을 요구하고 있었으며, 한국은 주제 중심이, 미국과 영국은 PBL의 비율이 가장 높았다. 융합교과의 수를 고려한다면, 한국은 하나의 주제

를 중심으로 각 교과에서 내용을 추출하여 프로그램을 구성하는 프로그램이 지나치게 많다. 이는 교육과정을 함께 운영해야 하기에 도출되는 문제점으로 보인다.

둘째, 실생활과의 접목이라는 측면에서 한국은 맥락 중심의 프로그램 개발이 필요하다. 프로그램 당 적은 차시 수에 내용 중심의 프로그램 구성은 교육과정을 고려한 것으로 보이지만, 충분한 토론이나 토의 시간을 확보하지 못하였다.

셋째, 세 국가 모두 과학 분야가 중심 축이었으며, 융합의 특징으로 한국은 기술, 공학, 예술, 수학 전 분야에서 60% 이상의 비율을 보일 만큼 고르게 융합하는 양상을 보였고, 특히 미국, 영국에 비하여 예술 분야의 빈도가 높았다. 한국과 비교했을 때, 미국은 기술 분야에서, 영국은 기술과 공학 분야에서 높은 융합 빈도를 보였다. 비록 융합의 빈도 결과는 한국이 높을 지라도 한국은 프로그램 구성 측면에서 과학 교과 본연의 역할에 약점을 지닐 수 있다. 평균적으로 미국, 영국에 비해 시수가 적고, 다양한 분야의 융합을 시도하면서도, 보다 적은 탐구 과정이 포함되는 것으로 나타났기 때문이다.

넷째, 기초, 통합탐구과정의 빈도 수가 미국, 영국에 비하여 절대적으로 낮은 수준의 결과를 토대로 하였을 때, 한국의 STEAM 교육은 다양한 분야의 융합을 시도하였지만, 결과적으로 과학 본연의 탐구과정은 오히려 소홀히 다루고 있음을 보여준다.

이상을 통해 살펴보면, 우리나라의 STEAM 교육 프로그램은 전체적으로 지나치게 교육과정에 얽매어 있는 것처럼 보인다. 이로 인해, 주제 중심의 교수학습 형태를 띠고, 차시 수의 제한이 생기고 있었다. 또한 과학 분야가 STEAM 교육에서 중심 축을 이룬다면, 기초, 통합탐구과정이 보다 높은 비율을 보여야 할 것이다.

2. 제언

이 연구의 결과를 토대로 다음과 같이 제언한다.

첫째, STEAM 교육과 관련하여 개발된 프로그램과 활동 내용을 공유하고 발전시킬 수 있는 수단이 필요하다. 영국의 STEM Club이 참고할 만한 수단이 될 수 있을 것으로 보인다. 다양한 활동 내용과 학습 내용을 네트워크상에서 교수자와 학습자는 물론 일반인들까지 접속할 수 있는 공유의 장을 구축하여 상호간의 피드백이 이루어진다면, STEAM과

STEM 교육에서 목표로 삼고 있는 과학적 소양을 향상시킬 수 있는 좋은 수단이 될 것으로 보인다.

둘째, STEAM 교육의 프로그램 구성에 있어서 적절한 구성 시수와 과목 수의 조정이 필요하다. STEAM 교육의 프로그램당 시수는 미국, 영국에 비하여 상대적으로 적으며, 포함하고 있는 분야 수는 1개 이상 많다. 이는 기초탐구, 통합탐구 활동의 빈도와 연결이 되면서 미국, 영국에 비하여 2배 정도 낮은 탐구활동의 빈도 수를 보이고 있다. 또한 자신의 생각을 표현하고 피드백을 받아 수정하는 활동과 같이 시간이 필요한 활동이 절대적으로 부족한 결과를 나타내었다.

셋째, 내용 요소의 재구성이 필요한 지에 대한 논의가 필요하다. 한국은 내용 요소 구성 시 내용 중심의 구성 비율이 70%에 이르지만, 영국은 맥락 중심의 구성 비율이 80%를 초과한 결과를 보였다. 미국은 60% 정도로 맥락 중심의 구성 비율을 보이고 있다. 이러한 내용 구성의 문제가 생기는 원인은 영국과 미국은 상황을 제시하고, 그 상황에서 발생하는 문제를 해결하기 위해 수단으로써 각 과목의 요소를 적용하는데 반하여, 한국의 경우에는 개념이나 원리를 중심으로 하여 각 과목에 흩어져 있는 상황과 내용을 단순히 모아놓기 때문으로 보인다. 그에 따라 우리나라는 개념과 관련한 다양한 상황이나 발생할 수 있는 요소를 폭넓게 접할 수 있는 반면에, 심도 있는 학습이 가능할 지에 대해서는 의문이 생긴다. 이는 빈약한 탐구활동의 빈도 수로도 확인이 가능하다.

참고문헌

- Ahn, J. & Kwon, N. (2012). The analysis on domestic research trends for convergence and integrated science education. *Journal of Science Education*, 32(2), 265-278.
- Cedar Park Elementary School, Retrieved February 17, 2012, from <http://www.district196.org/cp/>
- CREST, Retrieved April 8, 2012, from <http://www.britishscienceassociation.org/creststar>
- EIE (Engineering is Elementary®), Retrieved March 24, 2012, form <http://www.mos.org/eie/>
- Gwak, B. (2009). Knowledge fusion era and integrated curriculum. *Journal of Curriculum Integration*, 4, 1-13.
- 13 (Invention-Innovation-Inquiry), Retrieved October 24,

- 2011, from <http://www.iteea.org/i3/index.htm>
- IMSA Fusion, Retrieved September 8, 2011, from <http://www3.imsa.edu/programs/fusion>
- ITEA (International Technology Education Association). (2000). Standards for technological literacy : Content for the study of technology. Boston, VA: Author.
- Kang, C. & Jung, K. (2009). The direction for the future elementary integrated curriculum. *Journal of Curriculum Integration*, 3(2), 19-42.
- KOFAC (Korea Foundation for The Advancement of Science & Creativity). (2011). International seminar on STEM education & workbook of STEAM teacher study group orientation. [STEN 교육 국제 세미나 및 STEAM 교사연구회 오리엔테이션 자료집]. <http://www.kofac.re.kr/com/jsp/board>
- Lee, I. (2008). The great convergence of knowledge [지식의 대융합]. Seoul: Godswin.
- Lee, J. (2010). The cognitive science and the convergence of interdisciplinary principles and practices. *Journal of Social Sciences*, 32(1), 3-46.
- Ministry of Education & Human Resources Development (2001). Elementary science teacher commentary [초등학교 교사용 과학 지도서], Seoul: Author.
- Ministry of Education (1997). Elementary curriculum commentary [초등학교 교육과정 해설서], Seoul: Author.
- Moon, D. (2008). The development of pre-engineering educational program model based on STEM integration approach. *Journal of Engineering Education*, 11(2), 90-101.
- Moon, D., Choi, U. & Lee, J. (2007). Analysis and selection of learning activities to develop creative problem solving based workbook of technology education. *Journal of Practical Arts Education*, 20(2), 217-235.
- NCTM (National Council of Teacher of Mathematics). (1989). Curriculum and evaluation standards for school mathematics. Reston, VA: Author.
- NHRI (Natural History Research Institute), Retrieved December 15, 2011, from <http://www.nhri.re.kr/>
- NRC (National Research Council) (2011). A framework for K-12 science education practices, cross cutting concepts, and core ideas. National Academy of Science. Nuffield Foundation, Retrieved July 9, 2011, from <http://www.nuffieldfoundation.org/teachers>
- Park, S. (2010). Understanding of knowledge management on knowledge fusion. *Korean Journal of Educational Research*, 48(1), 83-101.
- Sanders, M. (2006). A rationale for new approaches to STEM education and STEM education graduate programs. 93rd Mississippi Valley Technology Teacher Education Conference, Nashville, TN. (Nov. 3, 2006). 1-17.
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEM mania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20-26.
- Science Technology Concepts Program™, Retrieved August 7, 2011, from <http://www.carolinacurriculum.com/stc/>
- Woo, J. & Lee, H. (1995). The development of a test of earth science inquiry skills for high school student. *Journal of Science Education*, 15(3), 91-103.
- Yakman, G. (2008). STΣ@M education : An overview of creating a model of integrative education, PATT. http://www.stamedu.com/2088_PATT_Publication.pdf
- Yakman, G. & Kim, J. (2007). Using BADUK to teach purposefully integrated. STEM/STEAM education. 37th Annual Conference International Society for Exploring Teaching and Learning, Atlanta, Georgia, (Oct. 11-13, 2007).
- Young engineers, Retrieved November 9, 2011, from <http://www.youngeng.org/home.asp>