

외국 과학교육과정의 관찰과 측정 기준 분석

이봉우 · 김희경[†]

(단국대학교) · (강원대학교)[†]

An Analysis of Observation and Measurement Standards in Foreign National Science Curriculums

Lee, Bong-Woo · Kim, Hee-Kyong[†]

(Dankook University) · (Kangwon National University)[†]

ABSTRACT

The purpose of this study was to examine the features of the standards of observation and measurement in foreign national science curriculums. For the purpose of this study, we analyzed the science standards of the USA (National Science Education Standards, the Science Standards of the State of California, Massachusetts, Colorado, Nebraska, Virginia and Florida), the United Kingdom (England), Singapore, Canada (the State of Alberta), Australia (the State of Victoria) and New Zealand. The results of the study indicated that foreign national science curriculums put an emphasis on accurate and systematical observation, usage of the five senses, usage of observation tools, and an understanding of observation. Regarding the 'measurement' factors, foreign national science curriculums emphasized systematic and accurate measurement. Measurement targets and tools were presented for each grade. The usage of appropriate units was also included in the foreign national curriculums which we examined.

Key words : national science curriculum, inquiry standards, observation, measurement.

I. 서 론

탐구란 과학자들이 자연 세계를 연구하고 자신들의 활동을 통해 얻어진 증거를 토대로 설명을 제안하는 다양한 방법을 뜻하며, 자연 세계에 대한 과학자들의 연구 방법을 이해하고 과학적인 아이디어에 대한 지식과 이해를 증진시키기 위한 학생들의 활동을 의미한다(NRC, 1996, 2000). 탐구는 과학교육에서 가장 중요한 것 중 하나로 학생들은 탐구 기능의 발달을 통해서 과학적 개념과 탐구의 과정을 이해할 수 있을 뿐만 아니라 과학의 본성을 이해하고, 과학에 대한 긍정적인 자세를 갖출 수 있다(Abd-El-Khalick *et al.*, 1998).

수십 년간 과학 교육학자들은 학생들에게 올바른 탐구의 기회를 제공해 주어야 한다고 주장하였지만,

최근의 학교에서 이루어지고 있는 실험들은 너무나 단순화되어 있기 때문에 학생들에게 의미 있는 학습을 제공하지 못하며(Hodson, 1998; Wellington, 1998), 학생들은 과학적인 추론을 경험하지 못하고 실험적인 측면과 지적인 측면을 결합하는 과정으로 탐구를 바라보지 못하고 있다(Chinn & Malhotra, 2002)는 비판이 있다.

이를 해결하기 위해서 최근의 과학 교육 개혁(AAAS, 1994; NRC, 1996, 2000)에서는 과학적 탐구를 통하여 과학의 본성에 대한 학습을 할 수 있도록 교육 환경을 설계하도록 권장하고 있다. 우리나라의 교육과정에서도 탐구의 중요성을 제시하고 있다. 3차 교육과정(문교부, 1973)부터 탐구 방법을 강조하여 교과서 속에서도 탐구 활동을 통한 과학의 개념이나 법칙을 알아내도록 하였고, 5차 교육과정(문교

부, 1987)과 6차 교육과정(교육부, 1992)에서는 내용 체계를 지식 영역과 과정 영역으로 나누어 탐구 활동을 통해서 실생활 문제를 해결하는 능력을 키우도록 하고 있다. 7차 교육과정(교육부, 1997)에서는 과학 학습에서 탐구의 중요성을 강조하여 내용 체계를 지식과 탐구로 나누고 탐구를 탐구 과정과 탐구 활동으로 구분하여 학년급에 적합한 활용빈도를 제시하였다.

그러나 우리나라의 7차 교육과정을 보면 성격과 목표에서 탐구의 중요성을 제시하고 학년별 성취 기준 속에서 인지적인 내용을 언급하면서 탐구에 대한 내용을 일부 포함하고 있지만, 어떻게 탐구를 학습해야 하는 지에 대한 내용을 명시적으로 제시하고 있지 않다. 그러나 외국의 교육과정에서는 탐구 기준을 학년급에 따라서 제시하고 있는 나라가 많다. 예를 들어 미국의 국가과학교육기준(National Science Education Standards)에는 학생들이 탐구와 관련된 사고와 행동 능력을 얻을 수 있게 하기 위한 여러 가지 기준들을 명시하고 있다(NRC, 1996). 과학적 탐구를 수행하는데 필요한 능력을 갖추기 위한 탐구로서의 과학의 내용 기준, 과학적 탐구에 대한 이해를 위한 기준, 교사들을 위한 교수 기준 등이 그 예이다. 또한 각 단계에 따라서 다른 기준을 제시하여 학생들의 인지적 단계에 따라서 갖추어야 할 세부적인 탐구 능력의 성취 수준을 정하여 제시하고 있다. 주별 교육과정으로 내려가게 되면 좀 더 상세하게 제시되는데 예를 들어 캘리포니아 주 교육과정에 따르면 유치원(K)부터 8학년까지 각 학년에 맞는 탐구 기준을 제시하고 있다.

우리나라에서 탐구에 대한 연구(박원혁과 김은아, 1999; 박효순과 조희형, 2003; 심규철 등, 2004; 최선영과 강호감, 2002; 하소현 등, 2001)는 그동안 많이 수행되었지만, 대부분 교과서 속에 나타난 탐구 내용을 분석하는 것이나 탐구 능력을 신장시키기 위한 프로그램의 개발과 효과에 대한 연구가 주를 이루고 있다. 외국의 교육과정을 분석하여 탐구 기준이 어떻게 제시되었는지를 밝혀주는 연구(이봉우, 2005)도 있지만, 실제로 탐구 과정 기능별 기준들이 어떤 내용으로 구성되었는지는 밝히지 못했다.

본 연구에서는 외국의 교육과정에서 탐구 과정 기능별 기준들이 어떤 내용으로 제시되어 있는지를 구체적으로 비교하여 분석하는 것을 목적으로 한다. 그 첫 번째 연구로 기초 탐구 과정을 중심으

로 분석하고자 한다. SAPA(AAAS, 1967)에서는 단순 탐구 능력으로 관찰, 분류, 시공간 관계 사용, 의사 소통, 수사용, 측정, 예상, 추리의 8가지를 제시하였고, 우리나라의 제7차 교육과정에서는 기초 탐구 과정으로 관찰, 분류, 측정, 예상, 추리의 5가지를 제시하였는데, 기초 탐구 과정은 탐구의 가장 기초적이고 초보적인 탐구 요소로 탐구 과정의 바탕을 이루며, 3학년부터 10학년까지 여러 과학 학습 활동에서 모두 강조해야 한다고 제시하며 특히 초등학교와 중학년 과정에서 중점적으로 지도하는 것이 바람직하다고 하였다.

특히 관찰과 측정은 기초 탐구 과정 중에서 가장 중요한 부분으로 많은 연구자들이 관찰과 측정 능력 신장에 대한 연구를 수행하였다. 과학적 탐구 활동 중에 자연 현상에 대한 관찰 및 측정은 자연 법칙에 대한 과학자의 개념을 검증하여 진보하게 하는 수단이다(Physical Science Study Committee, 1996). 관찰은 과학적 탐구의 출발점으로 인식되어 왔다. 관찰은 과학적 개념의 변화에까지 영향을 미치는 중요한 부분으로 받아들여 왔으며(Malcolm, 1987), 클로퍼(Klopfer, 1990)의 탐구 기능 분류에서도 가장 처음에 제시되어 있다. 측정은 탐구의 과정을 통해서 증거를 수집하는 가장 대표적인 방법으로 실험의 필수 불가결한 요소이다(Baird, 1995). 이에 국내외의 여러 연구자들(서정아, 2002; 이재봉과 이성득, 2006; Buffler et al., 2001; Lubben et al., 2001)도 탐구에 대한 연구로 측정 요소를 대상으로 연구를 진행했으며, 영국의 GCE A-Level의 평가 목표(CIE, 2005)에서도 측정에 대한 상세한 평가 목표를 제시하고 있다.

따라서 본 연구에서는 외국의 과학 교육 과정 속에 나타난 탐구 기준 중에서 기초 탐구 과정인 관찰과 측정에 관련된 항목을 분석하여 기준이 어떻게 제시되고 있으며 어떠한 측면들이 강조되고 있는지 살펴보았다.

II. 연구 방법

본 연구에서는 여러 나라의 교육과정에 나타난 탐구 기준에 해당하는 내용이 어떻게 제시되어 있는지를 분석하였다. 분석 대상의 외국 교육과정은 영국 교육과정(INCA, 2004), 일본 교육과정(文部省, 1998a, 1998b), 미국 과학교육기준(NRC, 1996), 미

국 캘리포니아주 교육과정(California Department of Education, 2000), 미국 매사추세츠주 교육과정(Massachusetts Department of Education, 2001), 미국 콜로라도주 교육과정(State of Colorado, 1995), 미국 텍사스주 교육과정(Texas Education Agency, 2005), 미국 네브라스카주 교육과정(Nebraska State Department of Education, 1998), 미국 버지니아주 교육과정(Board of Education, 2003), 미국 플로리다주 교육과정(Florida Department of Education, 1996a, 1996b), 캐나다 앨버타주 교육과정(Government of Alberta, 1996), 호주 빅토리아주 교육과정(Victorian Curriculum and Assessment Authority, 2002), 뉴질랜드 교육과정(Ministry of Education, 1993), 싱가포르 교육과정(Singapore Department of Education, 2004)으로 총 14개의 나라(주)의 교육과정이다. 이 중에서 일본은 우리나라와 같이 탐구에 대해서 명시적으로 제시하지 않았고, 미국 과학 교육 기준과 싱가포르의 교육과정은 탐구에 대해서 제시하고 있지만 기초 탐구 과정을 세부적으로 분석할 수 없어 모두 11개의 나라(주)의 교육과정을 분석하였다.

11개의 나라(주)의 교육과정에서 기초 탐구 과정 중 제7차 교육과정에서 제시한 관찰, 측정, 분류, 예상, 추리 등의 기능별 기준을 추출하여 학년에 따라 어떻게 제시되어 있는지 살펴보고, 이 중에서 관찰과 측정 기준의 제시 방법과 내용상 특징을 분석하여 관찰 기준을 5가지, 측정 기준을 4가지로 제시하였다.

III. 연구의 결과 및 논의

1. 기초 탐구 과정 기능별 기준

탐구 과정 기능별 기준을 나타내는 방법은 나라(주)마다 다르다. 미국의 캘리포니아주, 네브라스카주, 버지니아주, 플로리다주, 캐나다 앨버타주에서는 유치원부터 8학년까지 매 학년마다 탐구 과정 기능별 기준을 제시하고 있는데 반하여, 다른 나라(주)에서는 여러 학년을 통합하여 그 속에 탐구 과정 기능별 기준을 제시하고 있다. 또한 제시하는 탐구 과정 기능들도 나라(주)별로 다르다. 영국, 미국(7개 주), 캐나다, 호주, 뉴질랜드 등의 5개 나라, 총 11개의 교육과정 속에서 관찰, 측정, 분류, 예상, 추리 등의 5가지 기초 탐구 영역을 학년(학년급)별로 어떻게 포함하고 있는지를 표 1에 제시하였다.

많은 나라(주)에서는 관찰과 측정 및 예상의 기준을 많은 학년에서 포함하고 있지만, 분류와 추리의 기준을 포함하고 있지 않은 나라(주)가 많았다. 물론 통합 탐구에 해당하는 기준들을 달성하기 위해서는 기초 탐구 과정의 모든 탐구 기능들을 기본적으로 숙지하고 있어야 한다. 그렇기 때문에 분류와 추리의 기준이 명시적으로 제시되지 않았다고 해서 분류와 추리를 중요하게 생각하지 않는다고 말할 수는 없다. 그러나 기초 탐구 과정의 중요성을 생각해볼 때, 어떻게 학습해야 하는지를 명시적으로 제시하는 것이 바람직하다.

표 1. 각국(주)의 기초 탐구 과정 기능별 기준

학년 나라(주)	K	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
영국	OMCP		OM				OMP			OMP		X		
미국(캘리포니아주)	OC	O	OMCP	OP	MPI	MC	M	M				M		
미국(매사추세츠주)	MC			MC			OMI							
미국(콜로라도주)	OMP					M					M			
미국(텍사스주)	M	M	M	M	M	M	M	M	M	X				
미국(네브라스카주)	OM		M			MP					M			
미국(버지니아주)	OMCP	OMCPI	OMC	OMCPI	OMPI	MCP	OMCPI	MP	M	MP				
미국(플로리다주)	O	OM	OMP	OMP	OMPI	M				X				
캐나다(앨버타주)	O	OP	P	OMI	OMPI	OMPI	OMPI			OMP	MP	MPI	X	
호주(빅토리아주)	OC	OMCP		MC		OMPI			OMPI	MC		X		
뉴질랜드	OMP					OMP					OMP		OMP	

* O:관찰, M:측정, C:분류, P:예상, I 추리

상대적으로 관찰과 측정 부분의 탐구 기준들은 다른 기준들에 비해서 많은 나라(주)에서 상세하게 그 기준들을 제시하고 있었다. 이것은 관찰과 측정이 과학의 탐구 과정 중에서 가장 기초적인 것이며, 달성해야 할 목표를 제시하기 쉽기 때문이라고 생각할 수 있다.

2. 관찰 기준 분석

기초 탐구 과정 중 관찰의 기준을 살펴보면, 공통적으로 나타나는 몇 가지 특징을 발견할 수 있다. 첫째, 관찰의 정확성을 강조하고 있다. 관찰을 할 때 한 번의 관찰로 그치는 것이 아니고 반복적으로 관찰을 함으로써 반복의 정확성을 높이려고 한다. 영국에서는 2학년부터 5학년까지 과정에서 ‘반복적으로 수행함으로써 관찰을 확인하기’로, 미국 캘리포니아주에서는 1학년 과정에서 ‘같은 물체나 현상에 대한 두 개의 표현에 모순이 있을 때 새로운 관찰하기’, 3학년 과정에서 ‘정확성을 증가시키고 유사한 과학 연구의 결과들은 연구되는 대상, 연구 방법, 관찰에서의 불확실성 때문에 정확하게 같지 않다는 것을 알기 위하여 반복하여 관찰하기’를, 미국 버지니아주에서는 2학년 과정에서 ‘정확성을 높이기 위해서 관찰을 반복하기’를 기준으로 제시하고 있다.

둘째, 관찰과정에서 신중함과 체계적이어야 함을 강조하고 있다. 영국에서는 2학년부터 5학년까지의 과정에서 ‘체계적인 관찰하기’를, 6학년에서 10학년까지의 과정에서 ‘시행 착오를 줄이고, 믿을 만한 증거를 얻기 위해 충분히 적절하게 관찰하기’를, 미국 네브라스카주에서는 유치원부터 1학년까지의 과정에서 ‘신중한 관찰로부터 과학적 정보를 모으기’를, 캐나다 앨버타주에서는 4학년부터 6학년까지의 과정에서 ‘관찰 결과를 정확하게 기록하기’를, 뉴질랜드에서는 11학년부터 12학년까지의 과정에서 ‘체계적이고 경제적으로 관찰 결과를 기록하기’를 기준으로 제시하고 있다.

셋째, 관찰에서 오감의 사용을 강조하고 있다. 영국에서는 유치원에서 1학년까지의 과정에서 ‘적합한 시각, 청각, 후각, 촉각, 미각 등을 이용하여 탐색하기, 관찰하여 기록하기’를, 미국 캘리포니아주에서는 유치원에서 ‘오감을 사용하여 일반적인 물체를 관찰하기’를, 미국 버지니아주에서는 유치원에서 ‘오감을 사용하기’, 1학년에서 ‘감각을 사용하

여 물질의 차이를 관찰하기’를, 미국 플로리다주의 유치원에서는 ‘오감은 우리에게 정보를 얻고 반응할 수 있게 해준다는 것을 알기’를 기준으로 제시하고 있다. 관찰 과정에서 오감의 사용은 가장 기본적인 것이기 때문에 오감의 사용을 제시하고 있는 4개의 나라(주)에서는 유치원과 1학년 과정에서 제시하고 있다.

넷째, 보다 상위 학년에서는 관찰 과정에서 도구의 사용을 제시하고 있다. 영국 교육과정에서는 6학년부터 8학년까지의 과정에서 ‘데이터를 기록하는데 정보 통신 기술을 사용하여 관찰하기’를, 미국 캘리포니아주에서는 2학년 과정에서 ‘작은 물체나 물체의 작은 특징을 관찰하고 묘사하기 위하여 돋보기나 현미경을 사용하기’를, 미국 버지니아주에서는 1학년에서 ‘관찰을 증진시키기 위해서 간단한 도구를 사용하기’를, 호주 빅토리아주에서는 1학년부터 2학년의 과정에서 ‘관찰을 하는데 데이터를 저장하는 센서를 사용하기’를, 7학년부터 8학년의 과정에서 ‘현미경을 사용하여 관찰하기’를, 뉴질랜드에서는 4학년부터 7학년의 과정에서 ‘관찰을 증진시키기 위해서 적합한 도구를 사용하기’를, 8학년부터 12학년의 과정에서 ‘정성적이고 정량적인 관찰을 하기 위해서 측정 도구를 선택하고 사용하기’를 기준으로 제시하고 있다.

다섯 번째, 많은 나라(주)에서는 관찰에 대한 이해에 대한 내용을 포함하고 있다. 영국 교육과정의 9학년부터 10학년 과정에서는 ‘관찰에서 불명확한 정도를 판단하기’를, 미국 버지니아주에서는 유치원 과정에서 ‘직접적인 관찰로부터 물체의 기본적인 성질을 확인하기’, ‘다양한 관점을 얻기 위해서 여러 측면에서 관찰하기’를, 2학년에서 ‘관찰은 개인적인 해석과 구별되고, 결론은 관찰에 기초하여 얻어지는 것’을, 4학년에서 ‘관찰, 결론, 추론, 예측 사이의 구별하기’를 제시하고 있다. 그리고 미국 플로리다주에서는 유치원에서 ‘학습은 신중한 관찰로부터 얻어짐’, 2학년에서 ‘확인된 관찰과 개인적인 해석 사이의 차이를 알기’를, 3학년에서 ‘관찰과 결론을 비교하고 대조하는 것은 본질적인 능력’, 4학년에서 ‘관찰, 결론, 추론, 예측 사이의 차이를 알기’를 기준으로 제시하고 있다.

관찰 기준에 대한 5가지 공통사항을 각 나라(주)에서 어떻게 포함하고 있는지를 표 2에 나타내었다.

3. 측정 기준 분석

많은 나라에서는 측정 기준을 자세히 제시하고 있다. 일부 나라(주)에서는 정량적 관찰이라는 표현으로 측정을 관찰의 상위 수준으로 이해하고 있기도 하였지만, 대부분의 나라(주)에서 측정 기준을 제시하고 있음을 볼 수 있다. 본 연구에서는 측정 기준에 나타난 특징을 측정의 정확성과 정밀성, 측정 대상, 측정 도구 사용, 단위와 표준단위의 4가지 측면에서 살펴보았다. 나라(주)별 어떻게 측정 기준을 포함하고 있는지를 표 3에 나타내었다.

측정 기준에 나타난 특징으로 첫째, 많은 나라

(주)에서는 측정 단계에서 정확성과 정밀성을 강조하여 제시하고 있다. 영국 교육과정에서는 2학년부터 5학년 과정에서 ‘반복적으로 수행하여 측정을 확인하기’, 6학년부터 8학년 과정에서 ‘시행착오를 줄이고, 믿음만한 증거를 얻기 위해 충분히 적절하게 측정하기’, 9학년부터 10학년 과정에서 ‘측정에서 불확실한 정도를 판단하기’를 제시하고 있다. 미국 버지니아주에서는 7학년 과정에서 ‘실험의 오차의 근원을 확인하기’를, 캐나다 앨버타주의 9학년 과정에서는 ‘측정 단계에서 오차의 양을 정하기’, 호주의 빅토리아주 교육과정에서는 1학년부터 2학

표 2. 각국(주)의 관찰 기준

나라(주)	학년													
	K	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
영국	c		a, b				b, d			b, e		 		
미국(캘리포니아주)	c	a	d	a	-	-	-	-	-	-				
미국(메사추세츠주)	-			-				-			-			
미국(콜로라도주)	-			-				-			 			
미국(텍사스주)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	 				
미국(네브라스카주)	b		-				-			-				
미국(버지니아주)	c,e	c,d	a,e	-	e	-	-	-	-	-				
미국(플로리다주)	c,e	-	e	e	e	-	-	-	-	 				
캐나다(앨버타주)	-	-	-	-	b	b	b	-	-	-	-	 		
호주(빅토리아주)	d			-				-			d		 	
뉴질랜드	-			d				d			b, d			

a: 반복하여 관찰하기, b: 신중하고 체계적으로 관찰하기, c: 오감을 사용하여 관찰하기, d: 도구를 사용하여 관찰하기, e: 관찰에 대한 이해

표 3. 각국(주)의 측정 기준

나라(주)	학년													
	K	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
영국	-		a, c				a, c			a, c		 		
미국(캘리포니아주)	-	-	b, d	-	b	cl	cl	cl	-	cl				
미국(메사추세츠주)	cl			cl				cl			-			
미국(콜로라도주)	b, cl				c, d				c					
미국(텍사스주)	cl	cl, d	cl, d	cl	cl	cl	cl	cl	cl	 				
미국(네브라스카주)	cl		c			c				c				
미국(버지니아주)	d	b, d	b, d	d	b, d	b, cl	a, d	a, d	b, d	b, d				
미국(플로리다주)	-	cl, d	b, d	cl	d	d	-	-	-	 				
캐나다(앨버타주)	-	-	-	-	a	a	a	-	c	a, c	c	 		
호주(빅토리아주)	-	a, d		cl, d		b, c, cl, d		b, cl		b, cl		 		
뉴질랜드	-			c				a, c			c			

a: 측정의 정확성과 정밀성, b: 측정 대상, c: 측정 도구 사용(cl: 측정 도구를 명시), d: 측정에서 단위와 표준 단위

년 과정에서 ‘다양한 방식으로 측정 결과를 기록하기’, 7학년부터 8학년 과정에서 ‘정확성을 증진시키기 위해서 측정 과정을 설계하여 창안하기’를, 뉴질랜드 교육과정에서는 8학년부터 12학년의 과정에서 ‘체계적으로 측정 결과를 기록하기’를 기준으로 제시하고 있다. 즉 측정 단계에서 반복적으로 수행함을 강조하며 측정에서 오차를 이해하고 오차를 줄이기 위한 방법을 생각해 보게 한다.

대부분의 나라(주)에서는 측정을 해야 하는 대상과 도구를 기준에 포함하여 제시하고 있는데, 이 부분이 두 번째와 세 번째 특징이다. 과학에서는 여러 가지 측정해야 될 대상이 있는데, 이는 과학에서 배워야 할 학문적인 내용과도 관련이 되어 있다. 따라서 무엇을 측정해야 하는 것을 아는 것은 상당히 큰 의미가 있다. 여러 나라(주)의 교육과정에서 제시하고 있는 측정 대상을 표 4에 나타내었다.

대부분의 나라에서는 과학에서 다루는 기본적인 측정량인 길이, 부피, 질량, 온도 등에 대하여 측정하고 어렵할 수 있는 능력을 갖추어야 함을 제시하고 있는데, 보통 2학년 수준에서 제시하는 경우가 많았다. 미국의 캘리포니아주에서는 부피에 있어서 액체의 부피는 2학년에서 제시하고 고체의 부피 측정은 4학년에서 제시하고 있다. 미국 버지니아주에서는 1학년에서 길이, 부피, 질량의 측정을 제시하고, 2학년부터 온도 측정을 포함하였으며, 5학년에서야 시간 측정을 제시하고 있다. 이는 길이, 질량,

부피보다 흐르고 있는 변화 시간을 측정하는 것이 더 고난도의 측정 단계이기 때문이라 생각할 수 있다. 미국 버지니아주와 호주 빅토리아주의 교육과정에서와 같이 상위 학년으로 올라가면서 증가하는 학습 개념에 맞는 측정대상이 정해져 이를 제시하기도 하였다. 일부 학년에 대해서 측정 대상을 정해 놓기는 하였지만, 다른 나라(주)에서도 측정 대상에 대한 체계적인 제시는 하지 않고 있음을 볼 수 있다. 학생들의 조작 능력과 학습 단계에 맞추어 학년별 측정 대상을 제시한다면 탐구 과정에서 측정의 중요성을 고려해 보았을 때 상당히 큰 의미가 있다고 할 수 있다.

많은 나라(주)에서는 측정의 대상뿐만 아니라 측정 도구를 분명하게 제시하고 있다. 미국 캘리포니아주에서는 5, 6, 7, 9~12학년의 과정에서, 미국 텍사스주에서는 K~2, 3~5, 6~8학년의 과정에서, 호주 빅토리아주에서는 3~4, 5~6, 7~8, 9~10학년의 과정에서 각각 측정 도구를 명시하고 있고, 미국 텍사스주에서는 유치원부터 8학년까지 매 학년마다 구별하여 측정 단계에서 사용될 도구들을 구체적으로 제시하고 있다. 유치원에서는 돋보기, 양팔 저울, 컵, 그릇 등과 같이 정성적인 측정 도구를 사용하지만, 1학년에서 시계와 온도계, 2학년에서 자, 미터자, 눈금컵 등이 새로 제시되면서 정량적인 측정이 시작되게 된다. 3학년부터 안전 안경이 추가되는데 이때부터 제시되는 탐구 활동에는 학생들의 안전 사고가 예상되는 것이 포함될 수 있기 때문이다. 물론 2학년 이하에서도 활동 중에 안전을 위하여 주의해야 한다는 기준이 명시되어 실험에서의 안전을 강조하고 있다. 또한 3학년에 현미경, 자석과 나침반, 4학년에 시간 조절 기구, 5학년에 채집 그물, 6학년에 비커와 페트리 접시, 낱새 도구, 망원경 등이 새로 추가되는 것은 해당 학년의 내용 표준에 이 도구를 사용하는 내용이 포함되어 있기 때문이다. 예로 자석에 대한 내용은 2학년까지 과정에는 나오지 않고 3학년 과정에서 물질의 특성 중 하나로 자기 특성을 살펴보는 내용이 나온다. 따라서 자석과 자기장의 방향을 알려주는 나침반의 사용은 3학년부터 제시되는 것이 바람직하여 텍사스주 교육과정에서는 나침반을 3학년부터 다루도록 하고 있는 것이다. 이처럼 학년이 올라가면서 추가적으로 제시되는 측정 도구를 살펴보면 어느 학년에서 어떤 측정 도구를 사용하는 탐구 활동이 제

표 4. 각국(주)의 교육과정에 제시된 측정 대상

나라(주)	학년	측정 대상
미국 (캘리포니아주)	2	길이, 무게, 온도, 액체의 부피
	4	L무게, 길이, 부피
미국 (콜로라도주)	K-4	길이, 부피, 질량
	1, 2, 4	길이, 질량, 부피, 온도
미국 (버지니아주)	5	길이, 질량, 부피, 시간
	8, 9~12	길이, 질량, 부피, 밀도, 무게, 힘, 질량, 부피, 온도, 열, 에너지, 운동, 장, 전하량
미국 (플로리다주)	2	크기, 질량, 온도, 색, 위치, 소리, 운동
호주 (빅토리아주)	5~6	질량, 길이, 부피, 온도, 녹는점, 끓는점, 운동
	9~10	저항, 힘, 가속도

시 가능한지를 유추할 수 있다. 반대로 말하면 탐구 기준 속에는 각 학년에 맞는 탐구 활동에 적합한 측정 도구를 명시할 필요가 있고, 이는 과학의 학문적 위계와 학생들의 수준에 맞추어서 제시해야 한다.

측정과 관련된 탐구 기준은 과학 내용의 포함 여부에 따라서 구분할 수도 있다. 두 번째 특징에 해당하는 측정 대상에 대한 기준은 일반적으로 과학 내용을 포함하지 않은 측정이라고 볼 수 있고, 측정 도구에 대한 내용을 포함한 세부 기준은 과학 내용을 포함한 측정을 많이 제시하고 있다. 이러한 구분은 학년에 따라서도 구분할 수 있다. 초등학교 수준의 저학년에서 제시하는 측정 도구는 ‘자, 저울, 메스실린더, 온도계’ 등을 통해서 길이, 무게, 질량, 부피, 온도 등과 같이 기본적인 양을 측정하는 내용을 제시하고 있다. 외국의 교과서에는 뒷부분에 탐구 능력 신장을 위한 여러 가지 자료를 제시하고 있는데, 그 중에서 길이 재기, 부피 재기, 질량 재기와 같은 측정 도구의 사용법에 대한 내용을 강조하고 있음을 볼 수 있다. 반면 학년이 높아지면서 제시되는 측정 도구는 ‘자석, 현미경, 나침반, 전류계, 전압계, 다이오드, 축전지 등’과 같이 측정 도구를 통해서 학습 내용을 유추할 수 있는 도구들의 사용을 탐구 기준 속에 제시하고 있다.

또한 측정 과정에서 정보 통신 기술을 사용하도록 제시하고 있으며 측정 도구 중에는 첨단 장비를 포함하고 있다. 영국 교육과정에서는 6~10학년의 과정에서 ‘정확하게 데이터를 기록하기 위하여 정보 통신 기술을 사용하여 측정하기’를, 미국 캘리포니아주에서는 6학년과 7학년에서 ‘컴퓨터의 사용’을, 9학년에서 12학년의 과정에서는 ‘컴퓨터 탐침, 스프레드시트, 그래프 계산기 등의 사용’을 제시하고 있다. 미국 콜로라도주, 텍사스주, 호주 빅토리아주에서도 컴퓨터, 센서 등의 사용을 제시하고 있다.

측정에서 적합한 단위의 사용은 측정 도구 못지않게 상당히 중요하다. 많은 나라(주)에서는 단위에 대한 내용으로 기준을 제시하고 있는데 이것이 측정과 관련된 네 번째 특징이다. 저학년에서는 클립, 손, 연필 등의 비표준 단위를 이용하여 측정하도록 하고 있다. 미국 텍사스주(1~2학년), 버지니아주(유치원~1학년), 플로리다주(1학년)에서 제시하고 있다. 학년이 올라가면서는 표준 단위를 사용하도록 하고 있는데, 미국 캘리포니아주(2학년), 콜로라도

주(5~8학년), 텍사스주(2학년), 버지니아주(1~7학년), 플로리다주(1~2학년)에서 세부 기준을 제시하고 있다. 특히 미국 버지니아주에서는 여러 학년에 걸쳐 표준 단위 사용에 대한 자세한 기준을 제시하고 있다. 또한 미국 버지니아주(8학년)와 호주 빅토리아주(3~4학년)에서는 단위 사이의 변환(밀리, 킬로 등)의 중요성을 제시하고 있다. 단위사용에 관련된 측정 세부 기준을 표 5에 제시하였다.

IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 외국 교육과정에 나타난 탐구 기준 중에서 기초 탐구 과정의 관찰과 측정의 기준이 어떻게 제시되어 있는지 분석하였다. 많은 나라에서 학년별로 관찰과 측정의 기준을 제시하고 있다. 관찰 기준의 특징은 첫째, 관찰의 정확성을 강조하고, 둘째, 관찰 과정에서 신중함과 체계적이어야 한다고 제시하며, 셋째, 관찰에서 오감의 사용을 강조하고, 넷째, 상위 학년으로 올라가면서 도구의 사용을 제시하고, 다섯 번째로 관찰에 대한 이해에 대한 내용을 포함하고 있다.

측정 기준에서는 첫째, 측정의 정확성과 정밀성을 강조하고, 둘째, 측정의 대상을 명시하였으며, 셋째, 측정도구를 기준 속에 학년별로 제시하였고, 네 번째로 측정에서 적합한 단위의 사용을 제시하고 있다.

현재 우리나라에서는 교육과정의 개정이 이루어지고 있어 7차 교육과정의 시행 과정에서 나타난 여러 가지 문제점들을 개선하려는 노력이 이루어지고 있다. 과학에서 탐구의 중요성은 보다 더 강조되어 새 교육과정에서는 창의성 추구를 위해서 자유 탐구 과정을 과학과 교육과정에 시수로 포함하여 실행하게 되었다. 그러나 교육과정 개정의 대부분의 노력은 물리, 화학, 생물, 지구과학의 내용을 학년에 따라서 어떻게 구성하는 지에 대한 논의에 집중되어 있다. 탐구의 중요성을 고려하면 탐구 기준에 대한 논의는 물론 탐구 기준의 필요성에 대한 논의도 심도 깊게 이루어져야 할 것이다.

특히 기초 탐구 기준인 관찰과 측정은 탐구에서 가장 필수적이고 기초적인 부분이기 때문에 초등학교에서 체계적으로 강조하여 학습이 이루어져야 할 것이다. 따라서 본 연구는 교육과정과 교육과정

표 5. 단위의 사용과 관련된 측정 기준

나라(주)	학년	내용	
미국(캘리포니아주)	2	길이, 무게, 온도와 액체의 부피를 적합한 도구를 사용해 측정하고 이 측정량을 표준 미터 단위로 표현하기	
미국(콜로라도주)	5~8	측정할 때 미터 단위를 사용하기	
미국 (버지니아주)	1	클럽, 손, 연필과 같은 비표준 단위 사용하기	
	2	표준 단위와 비표준 단위를 사용하기	
	K	물체를 측정할 때 비표준 단위를 사용하기	
	1	표준단위와 비표준단위를 사용하여 길이, 질량, 부피를 측정하기	
	2	길이, 부피, 질량, 온도를 미터 단위(센티미터, 미터, 리터, 섭씨온도, 그램, 킬로그램)와 표준 영식 단위(인치, 피트, 야드, 컵, 핀트, 쿼트, 갤런, 화씨온도, 온스, 파운드)를 사용하여 측정하기	
	3	부피는 가장 가까운 밀리리터와 리터로 측정하기. 길이는 가장 가까운 센티미터로 측정하기. 질량은 가장 가까운 그램으로 측정하기. 온도는 가장 가까운 섭씨 온도로 측정하기. 시간은 가장 가까운 분으로 측정하기	
	4	데이터를 모으고, 기록하고 보고하기 위하여 적합한 미터 측정량을 사용하기	
	6	적합한 미터 측정량을 사용하여 데이터를 모으고, 기록하고, 분석하고 보고하기	
미국 (플로리다주)	7	미터 단위(국제 표준 단위)를 사용하기	
	8	미터 단위(국제 표준 단위)를 사용하여 길이, 질량, 부피, 밀도, 온도, 무게, 힘을 정확하게 측정하고 보고하기 적합한 접두사를 적용하여 미터단위 사이에서 변환하기	
	9~12	모든 측정과 계산에서 미터 단위를 사용하기	
	1	물체를 측정하기 위해서 표준 단위(예: 센티미터)와 비표준 단위(예: 종이클럽, 손, 연필)를 사용하기	
	2	길이, 부피, 질량, 온도를 측정하기 위해서 미터 단위와 표준 영식 단위를 사용하기	
	4	미터법 도구를 사용하여 데이터를 측정하고 기록하고 해석하기	
	오스트레일리아 (빅토리아주)	1~2	적합한 비공식 측정 단위를 선택하고 사용하기
		3~4	기본 단위와 그들의 곱(예로 그램과 킬로그램, 센티미터와 미터)의 친밀함을 설명하기
5~6		미터, 센티미터, 밀리미터, 킬로그램, 그램, 시, 분, 초와 같은 단위를 사용하기	

을 바탕으로 제작되는 교과서 속에서 관찰과 측정에 필요한 기준들이 학생들의 나이에 따라 어떻게 제시될 것인지 명시하는데 참고 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대한다. 예를 들어 표 4에서 제시한 것처럼 학년별로 기본적으로 측정할 대상이 정해진다면 교과서 속에서 관련된 내용에서 또는 별도의 시간을 할애하여 기본적인 측정 능력을 신장시킬 수 있도록 하는 것이 바람직하다.

본 연구에서는 일부 제한된 나라의 교육과정을 분석하였고, 또한 분석한 교육과정도 미국에 집중적으로 제한되어 있다는 문제점이 있다. 또한 모든 나라에서 관찰과 측정에 대한 세부기준을 제시하고 있지는 않다. 그렇지만 본 연구의 목적은 여러 나라의 교육과정에 나타난 탐구의 기준을 분석함으로써 우리나라의 과학교육에서 탐구 교육에 시사점을 주기 위한 것이기 때문에 제한된 나라의 교육과정에서 나타난 특징들만으로도 시사점을 얻을

수 있을 것이다. 이 연구는 과학 교육에서 탐구 기준을 세우는데 필요한 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

V. 국문초록

이 연구의 목적은 외국의 과학 교육에 나타난 탐구기준 중 관찰과 측정 기준을 분석하는 것이다. 이를 위하여 미국 과학 교육 기준, 미국 캘리포니아주, 메사추세츠주, 콜로라도주, 텍사스주, 네브라스카주, 버지니아주, 플로리다주, 영국, 싱가포르, 캐나다 앨버타주, 호주 빅토리아주, 뉴질랜드의 과학 교육 과정에 나타난 탐구 기준을 분석하였다. 분석 결과 다음과 같은 것을 발견하였다. 외국 교육 과정은 관찰 요소에서 관찰의 정확성, 관찰 과정에서 신중함과 체계성, 오감의 사용, 관찰 도구의 사

용, 관찰에 대한 이해의 5가지 특징적인 세부 기준을 포함하고 있었다. 또한 측정 요소에서는 측정의 체계성과 정확성을 강조하고, 측정 대상을 명시하였으며, 측정 도구를 학년별로 제시하였고, 측정에서 적합한 단위의 사용을 강조하는 4가지 특징을 가지고 있었다.

주제어 : 국가 과학교육과정, 탐구 기준, 관찰, 측정

참고문헌

- 교육부(1992). 국민학교, 중학교, 고등학교 교육과정. 대한교과서주식회사.
- 교육부(1997). 초등학교, 중학교, 고등학교 교육과정. 대한교과서주식회사.
- 문교부(1973). 국민학교, 중학교, 고등학교 교육과정. 교학도서주식회사.
- 문교부(1987). 국민학교, 중학교, 고등학교 교육과정. 대한교과서주식회사.
- 박원혁, 김은아(1999). 제 6차 교육과정에 따른 고등학교 공통과학 교과서의 탐구영역 분석, 한국과학교육학회지, 19(4), 528-541.
- 박효순, 조희형(2003). 중학교 2학년 과학 교과서의 탐구영역 분석. 한국과학교육학회지, 23(3), 239-245.
- 서정아(2002). 측정이론에 관한 중학교 1학년 학생의 선개념 조사. 한국과학교육학회지, 22(3), 455-465.
- 심규철, 안중임, 김현섭(2004). 국민공통기본교육과정 과학과 생명영역 물질대사 관련 탐구활동 분석. 한국과학교육학회지, 24(2), 202-215.
- 이재봉, 이성목(2006). 학생들의 측정불확실도 개념의 결핍으로 인한 물리탐구과정에서의 어려움 분석. 한국과학교육학회지, 26(4), 581-591.
- 이봉우(2005). 외국 과학교육과정의 탐구기준 비교 분석. 한국과학교육학회지, 25(7), 873-884.
- 최선영, 강호감(2002). 제 6차와 7차 초등학교 과학과 교과서에 제시된 탐구기능과 교수-학습 방법의 비교 분석. 한국과학교육학회지, 22(4), 706-716.
- 하소현, 광대오, 성민용(2001). 초·중·고등학교 탐구기능 요소에 대한 6차와 7차 과학 교육과정의 비교. 한국과학교육학회지, 21(1), 102-113.
- 文部省(平成 10年-1998a). 小學校學習指導要領. 文部省.
- 文部省(平成 10年-1998b). 中學校學習指導要領. 國立印刷局
- Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L. & Lederman, N. G. (1998). The nature of science and instructional practice: Making the unnatural. *Science Education*, 82, 417-436.
- American Association for the Advancement of Science (1967). *Science - A Process Approach*. Xerox Co.
- Baird, D. C. (1995). *Experimentation, an Introduction to measurement theory and experiment design*, 3rd ed. Prentice-Hall. N.J.
- Board of Education(2003). *Science standards of learning for virginia public schools*.
- Buffler, A., Allie, S., Lubben, F. & Campbell, B. (2001). The development of first year physics students' ideas about measurement in terms of point and set paradigms. *International Journal of Science Education*, 23(11), 1137-1156.
- California Department of Education (2000). *Science Content Standards for California Public Schools. Kindergarten through Grade Twelve*.
- Chinn, C. A. & Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: a theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86, 175-218.
- CIE(University of Cambridge International Examinations) (2005). *Physics AS Level and GCE A-Level syllabus*. Online Available: <http://www.cie.org.uk>.
- Florida Department of Education (1996a). *Sunshine State Standards*.
- Florida Department of Education (1996b). *Sunshine State Standards with Grade Level Expectations*.
- Government of Alberta (1996). *Curriculum and Program Resources: Science*.
- INCA(2004). *England Curricula(age 3-19)*.
- Klopfer, L. (1990). Learning scientific inquiry in the student laboratory. In E. Hegarty-Hazel(Ed.), *The student laboratory and the science curriculum* (p.101). London: Routledge.
- Hodson, D. (1998). Is this really what scientists do? Seeking a more authentic science in and beyond the school laboratory. In J. J. Wellington (Ed.), *Practical Work in School Science*(pp. 93-108). NY: Routledge.
- Lubben, F., Campbell, B., buffler, A. & Allie, S. (2001). Point and set seasoning in practical science measurement by entering university freshman. *Science Education*, 85(4), 311-327.
- Massachusetts Department of Education (2001). *Massachusetts Science and Technology/Engineering Curriculum Framework*.
- Malcolm, C. (1987). *The science framework P-10: Science for every child*. Melbourne, Australia: Ministry of Education.
- Ministry of Education (1993). *Science in the New Zealand Curriculum*.
- National Research Council (1996). *National Science Education Standards*. Washington, D.C, USA: National Aca-

- demy Press.
- National Research Council (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards*. Washington, D.C, USA: National Academy Press.
- Nebraska State Department of Education (1998). *Nebraska Science Standards*. ERIC Document Reproduction Service, ED 454 044.
- Physical Science Study Committee (1996). PSSC 물리. PSSC 번역위원회 역. 탐구당. 189-199.
- Singapore Department of Education (2004). *Science Syllabus*.
- State of Colorado (1995). *Colorado Model Content Standards for Science*.
- Texas Education Agency (2005). *Texas Administrative Code Chapter 112 Texas Essential Knowledge and Skills for Science*.
- Victorian Curriculum and Assessment Authority (2002). *Curriculum and Standards Framework II*.
- Wellington, J. J. (1998). Practical work in science: time for a reappraisal. In J. J. Wellington(Ed.), *Practical work in school science* (pp. 3-15). NY: Routledge.