

과학과 국가수준 학업성취도 평가 틀 개발

최 원 호(한국교육과정평가원, 부연구위원)*

이 인 호(한국교육과정평가원, 부연구위원)**

김 진 국(전남대학교 박사과정)

정 은 영(전남대학교 조교수)

《요약》

이 연구에서는 기존 국가수준 학업성취도 평가의 과학과 평가 틀이 가지고 있는 문제점을 내용 영역, 행동 영역으로 구분하여 분석하고, 외국의 학업성취도 평가 및 국제 학업성취도 평가의 평가 틀에 대한 고찰을 통해 얻은 시사점들을 바탕으로, 새로운 과학과 학업성취도 평가 틀을 내용 영역, 행동 영역으로 구분하여 제안하였다.

우리나라의 기존 학업성취도 평가의 과학과 평가 틀은 다음과 같은 문제점들을 가지고 있었다. 첫째, 중복되는 성취기준이 있다. 둘째, 교육과정의 개정에 따라 내용 영역의 일관성을 유지하는 데 어려움이 있다. 셋째, 교육과정에 제시된 목표 성취 정도를 보다 정확하게 파악하기 위해 행동 영역을 수정할 필요가 있다. 넷째, 결과 분석 시 유사한 문항들을 통합적으로 분석할 수 없어서 성취수준 진술의 일관성을 확보하기 어렵다.

외국의 학업성취도 평가 및 국제 학업성취도 평가의 평가 틀에 대한 고찰을 통해 얻은 시사점은 다음과 같다. 첫째, 내용 영역을 대영역 수준 뿐만 아니라 중영역 수준도 제시할 필요가 있다. 둘째, 행동 영역의 구성에서 '기억'을 포함하는 것이 필요하다.

이 연구에서 개발한 과학과 평가 틀의 특징은 다음과 같다. 첫째, 교육과정이 개정되더라도 내용 영역의 일관성을 유지할 수 있도록 대영역별 중영역을 설정하였다. 둘째, '태도'나 '적용'과 관련한 성취기준은 제외하였다. 셋째, 중영역별로 내용적으로 유사한 성취기준을 통합하여 성취기준의 수를 줄였다. 넷째, 행동 영역의 '지식'에 '기억'을 추가하였다. 다섯째, 중영역 중심으로 문항을 통합적으로 분석함으로써 의미있는 평가 결과를 제공할 수 있도록 하였다.

주제어 : 평가 틀, 학업성취도 평가, 성취기준, 내용 영역, 행동 영역, 성취수준

본 논문은 한국교육과정평가원에서 수행한 '정은영 외(2010). 국가수준 학업성취도 평가의 교과별 평가 틀 개발 연구' 내용 중 과학과 내용 일부를 수정·보완한 것임을 밝힙니다.

* 제1저자

** 교신저자, kinelee@kice.re.kr

I. 서론

세계 여러 나라들은 국가 수준에서 학교 교육의 질을 관리하고 학교 교육의 책무성을 강화하기 위해 국가 수준의 학업성취도 평가를 주기적으로 실시하고 있다. 미국은 NAEP(National Assessment of Educational Progress), 영국은 NCA(National Curriculum Assessment), 호주는 NAP(National Assessment Programme), 일본은 '전국학력·학습상황 조사'를 통하여 학교 교육의 성과를 확인하고, 교육과정 개정과 교수·학습 개선을 위한 자료를 제공하고 있다(정은영 외, 2008).

우리나라도 국가 수준에서 학교 교육의 질을 관리하고, 교육의 성과를 체계적으로 평가하기 위하여 2003년부터 '국가수준 학업성취도 평가'(이하 학업성취도 평가)를 시행하고 있다¹⁾. 학업성취도 평가의 목적은 첫째, 초·중·고등학교 학생의 학업성취도를 진단하여 연도간 변화 추이를 파악하고, 둘째, 교육과정에 규정된 교과별 교육목표에 대한 학생들의 학업성취도를 파악함으로써 교육과정의 문제점과 정착 정도를 분석하여 교육과정 개선을 위한 기초 자료를 제공하며, 셋째, 문항 내용 및 답지 반응 분석, 학업성취도와 배경변인과의 관련성 분석 등을 통해 교수·학습 방법 개선 및 교육환경 개선을 위한 기초 자료를 산출하는 것이다(양길석 외, 2008). 또한 2008년부터는 학생 개인의 학업성취도를 파악하여 기초학력수준 이상을 성취하였는지 점검하는 것이 목적으로 추가되었다. 이는 모든 학생들의 기초학력 보장이라는 학교 차원의 책무성을 강화하기 위해 국가 수준에서 학교 교육의 질 관리를 개인 학생 수준으로 확대한 것으로 해석할 수 있다.

이러한 목적을 달성하기 위해 과학과 국가수준 학업성취도 평가는 교육과정의 단원별로 제작된 성취기준(김주훈 외, 2000)을 이용하여 내용 영역을 구성하고, 행동 영역은 크게 지식과 탐구로 구분하여 문항을 개발하고 있다(최원호 외, 2010). 지식 영역은 과학과 교육과정의 목표(교육부, 1997) 중 지식 측면인 '자연의 탐구를 통하여 과학의 기본 개념을 이해하고, 실생활에 이를 적용하는 능력'을 평가하기 위해 이해와 적용을 하위 영역으로 두고, 탐구 영역은 과학과 교육과정의 목표 중 탐구 측면인 '자연을 과학적으로 탐구하는 능력을 기르고, 실생활에 이를 활용하는 능력'을 평가하기 위해 제7차 교육과정에 명시된 통합 탐구 능력인 문제인식 및 가설설정, 탐구설계 및 수행, 자료분석 및 해석, 결론도출 및 평가를 하위 영역으로 두고 있다.

일반적으로 학교 교육의 질을 관리하기 위한 모니터링 체제로서의 국가수준 학업성취도 평가는 납세자들의 교육에서의 책무성 규명에 대한 요구 만족, 새롭게 시도되는 교육 프로그램의 효율성 점검, 학교 교육과정을 개정하기 위한 성취수준에 대한 객관적 자료의 확보, 교육 기회의

1) 준거참조 평가의 형태로 국가수준 학업성취도 평가는 2001년 '국가수준 교육성취도 평가'의 이름으로 처음 실시되었으나 2003년부터 '국가수준 학업성취도 평가'의 이름으로 동등화 기법을 처음 적용하여 연도별 비교를 시작하였다.

평등을 실현하기 위해 지역별, 성별, 인종간 격차 파악과 이 격차가 인적 물적 자원 배분과 어떤 관계를 가지는가의 파악, 국가수준의 학업성취도 평가도구 개발과정을 통해 평가에 대한 전문성 향상 등의 공통적인 기능을 한다(Livingstone, 1990). 우리나라의 학업성취도 평가도 이러한 공통적인 특성에 근거하여 다섯 가지의 목적을 지향하고 있지만, 2007년 개정 교육과정이 적용되는 전환기에 즈음하여 과학과의 평가 틀이 학업성취도 평가의 본래 목적과 위의 기능들을 수행하기에 적절한지 점검하고 개선 방안을 모색할 필요가 있다.

2003-2009년 사이 시행된 학업성취도 평가는 교육과정을 준거로 한 준거 참조 평가의 형태이지만 출제 문항 수에 비해 교과에서 평가해야 할 성취기준의 수가 지나치게 많아 학생들의 성취수준을 매년 동등하게 분석하는 데 어려움이 있으며(정은영 외, 2010), 학업성취도 평가의 평가 틀에 사용되는 과학과 성취기준(김주훈 외, 2000)과 성취기준이 포함된 내용 영역의 구조가 단위별로 구성되어 있어 평가 결과를 학생들의 성취수준에 맞춰 해석하기 어려운 문제점이 있었다. 또한 학업성취도 과학과 평가는 2011년까지 제7차 교육과정에 근거한 성취기준(김주훈 외, 2000)으로 문항을 개발하여 시행하지만 2012년부터는 2007년 개정 교육과정에 근거한 성취기준(김주훈 외, 2008)으로 문항을 개발하여 시행하기 때문에 현재 내용 영역의 구조로는 연도별 비교를 위한 동등성 확보가 어려운 실정이다.

이 연구에서는 학업성취도 평가의 과학과 평가 틀의 문제점을 분석하고, 외국의 학업성취도 평가 및 국제 학업성취도 평가의 과학과 평가 틀의 고찰을 통하여 교육과정 변화에도 연도별 비교에 문제가 없으며, 학업성취도 평가의 성격과 목적에 부합되는 새로운 과학과 평가 틀을 개발하고자 하였다.

II 우리나라의 과학과 학업성취도 평가의 평가 틀 고찰

과학과 학업성취도 평가의 평가 영역은 제7차 과학과 교육과정에 맞춰 개발되었으며, <표 1>과 같이 크게 내용 영역과 행동 영역의 두 범주로 구성되어 있다(최원호 외, 2010). 본 연구진은 한국교육과정평가원에서 2003년을 기준 연도로 매년 실시하고 있는 학업성취도 평가의 평가 틀을 학업성취도 평가의 목적에 근거하여 내용 영역, 행동 영역으로 구분하여 학업성취도의 목적과 성격 관점에서 고찰하였다. 고찰한 내용은 아래에 제시되었으며, 고찰 결과에 대하여 초·중등학교 과학 교사 및 과학교육 전공 대학 교수들로 구성된 전문가 집단의 검토를 받았다.

〈표 1〉 기존 과학과 학업성취도 평가의 평가 영역

내용 영역 \ 행동 영역	지식		탐구			
	이해	적용	문제인식 및 가설설정	탐구설계 및 탐구수행	자료분석 및 자료해석	결론도출 및 평가
에너지						
물질						
생명						
지구						

1. 내용 영역

기존 과학과 학업성취도 평가의 평가 틀 중 내용 영역을 고찰하고 내용 영역이 가진 문제점을 분석하였다. 기존 과학과 학업성취도 평가 틀에서 내용 영역의 첫 번째 문제점은 태도 관련 성취기준의 진술이 내용 관련 성취기준의 진술과 중복되는 경우가 많다(최원호, 2009)는 것이다. 기존 과학과 학업성취도 평가 틀의 내용 영역은 에너지, 물질, 생명, 지구의 4영역으로 나누어져 있다. 각 영역은 학년별 대단원 순서에 따라 성취기준이 제시되어 있는데, 특히 과학적 소양의 함양이라는 제7차 과학과 교육과정(교육인적자원부, 1997)의 취지를 반영하여 초·중·고등학교의 모든 단원에 과학적 태도와 관련된 성취기준이 포함되어 있다(교육인적자원부, 2001a, 2001b, 2001c, 2001d, 2001e). 실제로 2009년까지 사용한 기존 학업성취도 평가의 성취기준 중 태도 관련 성취기준은 초등학교는 24%, 중학교는 14%, 고등학교는 7.8%였다(〈표 2〉 참조)

〈표 2〉 기존 과학과 학업성취도 평가의 태도 관련 성취기준 수와 비율

초등학교			중학교			고등학교		
전체	태도 관련	태도 제외	전체	태도 관련	태도 제외	전체	태도 관련	태도 제외
182	44 (24%)	138 (76%)	206	28 (14%)	178 (86%)	272	21 (7.8%)	251 (92.2%)

그런데 〈표 3〉에 제시된 것처럼 네 번째의 ‘환경이 생물에 미치는 영향을 이해하여 환경을 보존하려는 마음을 갖는다’라는 성취기준은 태도 관련 성취기준으로 첫 번째 제시된 ‘온도, 빛, 물 등의 환경조건이 생물의 생활에 미치는 영향을 말할 수 있다’ 성취기준과 내용적으로 중복된다. 또한 ‘~ 마음을 갖는다’, ‘~ 흥미를 갖는다’, ‘~ 태도를 갖는다’ 등과 같은 태도 관련 성취기준은 학생들의 수행을 직접 관찰하지 않고서는 평가할 수 없기 때문에 지필 평가의 형태로 실시되는 학업성취도 평가에서는 구현할 수 없다. 이와 같은 문제가 발생한 이유는 교수·학습을 위해

개발한 성취기준을 평가를 위한 성취기준으로 사용하기 때문에 나타나는 것으로 학업성취도 평가를 위한 성취기준을 따로 개발할 필요가 있으며, 이때 태도 관련 성취기준을 포함시키지 않는 것이 바람직하다.

〈표 3〉 기존 과학과 학업성취도 평가 틀의 초등학교 생명 영역에서 '태도' 관련 내용이 포함된 성취기준 예시

학년	단원	성취기준
5	환경과 생물	온도, 빛, 물 등의 환경조건이 생물의 생활에 미치는 영향을 말할 수 있다.
		환경조건에 따라 적응된 동물의 몸 색깔과 형태를 조사하여 말할 수 있다.
		환경조건에 따라 적응된 식물체의 색깔과 형태를 조사하여 말할 수 있다.
		환경이 생물에 미치는 영향을 이해하여 환경을 보존하려는 마음을 갖는다.

두 번째 문제점은 '일상생활 소재를 활용한 적용 관련' 내용이 포함되어 있다는 것이다. 〈표 4〉의 내용처럼 일상생활 소재 중 동일한 원리가 적용되는 예나 현상을 찾는 내용의 성취기준은 문항 출제 과정에서 행동 영역을 고려할 경우 '이해' 영역과 '적용' 영역의 문항을 차별화하여 출제할 수 없다(최원호, 2009). 따라서 평가 틀의 내용 영역 성취기준에서 '적용' 관련 성취기준을 제외하는 것이 바람직하다.

〈표 4〉 기존 과학과 학업성취도 평가 틀의 중학교 물질 영역에서 '일상생활에서의 적용' 관련 내용이 포함된 성취기준 예시

학년	교육과정 대단원	성취기준
7	분자의 운동	온도에 따라 기체의 부피가 변하는 예를 들고, 이를 분자 운동으로 설명할 수 있다.
	상태 변화와 에너지	상태 변화가 일어날 때의 온도 변화를 열에너지와 관련지어 설명하고, 이를 일상생활 현상을 설명하는 데 적용할 수 있다.
9	물질 변화에서의 규칙성	화합물에서 성분 원소의 질량비가 일정함을 모형을 써서 말할 수 있고 이를 폭넓게 적용할 수 있다.

내용 영역의 세 번째 문제점은 교육과정 변화에 따라 성취기준이 변하면 학업성취도 평가의 일관성을 유지하기 어려워진다는 점이다. 학업성취도 평가는 학생들의 교육과정 도달 정도를 확인하는 것과 함께 학생들의 연도별 성취수준 변화를 조사하는 것이 주요 목적이다. 〈표 5〉에서 보듯이 기존 학업성취도 평가는 학년별로 제시된 단원에 맞춰 문항을 출제하기 때문에 매년 출제되는 문항의 단원의 일관성을 유지하기 어렵다. 출제되는 단원에 따라서 문항의 성격이 달라지기 때문에 검사지의 동등성이 확보되기 어렵다. 또한 교육과정이 바뀌게 되면 제외되는 내용과 새로 추가되는 내용이 생기면서 그에 맞춰 평가 틀을 구성하는 성취기준을 매년 바뀌어야 한

다. 이때 연도별로 시행하는 학업성취도 평가의 문항이 서로 성격이 다른 성취기준으로 출제된다면 연도별 학생들의 성취수준 비교라는 학업성취도 평가의 목적을 달성하기 어렵게 된다. 따라서 내용 영역의 성취기준은 교육과정의 변화에 상관없이 지속적으로 사용할 수 있도록 개발할 필요가 있다.

〈표 5〉 2008, 2009년 학업성취도 평가 문항의 구성 비교

	2008년 학업성취도 평가			2009년 학업성취도 평가		
문항 번호	내용 영역	성취기준 코드	단원	내용 영역	성취기준 코드	단원
1	에너지	40121	수평잡기	에너지	40122	수평잡기
2	에너지	41421	열의 이동	에너지	41421	열의 이동
3	에너지	40112	수평잡기	에너지	50311	물체의 속력
4	에너지	41631	전구에 불 켜기	에너지	50512	거울과 렌즈
5	에너지	50311	물체의 속력	에너지	51221	전기회로 꾸미기
6	에너지	61121	전자석	(이하 생략)		
7	에너지	51211	전기회로 꾸미기			
8	에너지	51512	에너지			
(이하 생략)						

(최원호 외, 2009; 최원호 외, 2010)

내용 영역의 네 번째 문제점은 내용 영역의 구조가 단원이나 개별 성취기준을 묶어주는 상위의 기준없이 구성되어 있기 때문에 〈표 6〉의 2008년과 2009년 초등학교 과학과 우수학력 수준에 해당하는 성적표 진술문의 일부에서 보듯이 학생에게 제공되는 평가 결과표가 연도별로 비교할 수 있는 근거가 없다는 것이다. 성적 진술문은 해당 연도에 출제된 문항의 성취기준에 근거하여 해당 연도의 전국 평균적인 학생들의 능력으로, 연도별로 비교할 수 있는 공통 기준이 없어 학생들의 능력을 교과 내용적으로 비교하기 어려운 문제점을 가지고 있다. 이런 문제점을 극복할 수 있도록 내용 영역의 구조를 개선할 필요가 있다.

〈표 6〉 과학과 학업성취도 평가(6학년)의 학생 제공용 성적표 진술문 예시

	2008년 성적표	2009년 성적표
우수 학력	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수평잡기에서 물체의 무게와 받침점으로부터의 거리 사이의 관계를 정량적으로 이해하고 수평 조건을 안다. ○ 물체가 이동한 거리와 걸린 시간으로 물체의 속력을 계산할 수 있다. (이하 생략)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 물체의 운동에서 시간과 거리의 관계를 알고, 전류가 흐르는 도선 주위에 자기장이 생기며, 전류의 방향이 바뀌면 자기장이 바뀐다. (이하 생략)

내용 영역의 다섯 번째 문제점은 성취도 평가 응시 학생들의 학년과 검사를 구성하는 문항의 교육과정 시기가 불일치하여 결과 해석을 문항의 해당 학년의 수준으로 해석하기 어렵다는 것이다. 즉, 초등학교의 경우 학업성취도 평가가 6학년 학생들을 대상으로 하기 때문에 4학년 내용의 성취기준으로 문항이 출제되었더라도 4~6학년 내용을 다 배우고 난 뒤 문항을 해결한다. 예를 들어 초등학교 6학년 ‘편리한 도구’ 단원에 나오는 내용은 4학년 ‘수평잡기’ 단원의 내용을 기초로 하고 있다(〈표 7〉 참조). 그래서 6학년의 ‘편리한 도구’ 단원의 문제나 4학년의 ‘수평잡기’ 단원의 문항을 해결할 때는 다른 학년의 관련 단원에서 배운 내용이 서로 영향을 주기 때문에 해당 문항의 정답률은 해당 학년이나 해당 문항만 독립적으로 해석할 수 없다는 것이다. 따라서 초등학교 4~6학년, 중학교 1~3학년 교육과정 중 유사한 내용들을 묶고 유사한 성취기준을 묶어 포괄적으로 문항을 분석할 수 있는 내용 영역 구성 방안이 필요하다.

〈표 7〉 기존 학업성취도 평가 틀에서 에너지 영역에서 관련 있는 단원

내용 영역	학년	단원	관련 단원
에너지	4	수평잡기	6학년 ‘편리한 도구’
		용수철늘이기	6학년 ‘물 속에서의 무게와 압력’
		열의 이동	-
		전구에 불켜기	5학년 ‘전기 회로 꾸미기’
	5	물체의 속력	-
		거울과 렌즈	-
		전기 회로 꾸미기	4학년 ‘전구에 불켜기’
		에너지	-
	6	물 속에서의 무게와 압력	4학년 ‘용수철늘이기’
		편리한 도구	4학년 ‘수평잡기’
		전자석	-

2. 행동 영역

기존 과학과 학업성취도 평가 틀에서는 학생들이 과학과 교육과정에 명시된 지식을 어떻게 이해하고 있는지 알아보기 위해 크게 지식과 탐구로 구분된 행동 영역을 설정하고 있다. 그 중 ‘지식’은 과학과의 세부 목표 중에서 과학 지식 측면인 ‘자연의 탐구를 통하여 과학의 기본 개념을 이해하고, 실생활에 이를 적용하는 능력’(교육부, 1997)을 평가하기 위한 영역으로, 과학의 사실, 개념, 원리, 법칙, 이론 등의 의미를 이해하는 지식의 ‘이해’ 능력과 다른 상황에 포함된

사실, 개념, 원리, 법칙, 이론 등을 파악할 수 있는 지식의 '적용' 능력을 평가하고 있다(최원호 외, 2010). '탐구'는 과학과의 세부 목표 중에서 탐구 과정 측면인 '자연을 과학적으로 탐구하는 능력을 기르고, 실생활에 이를 활용하는 능력'(교육부, 1997)을 평가하기 위한 영역이다. 학업 성취도 평가에서는 관찰, 분류, 측정, 예상, 추리 등의 기초 탐구 능력을 포함하는 통합 탐구 능력에 한정하여 탐구 영역을 '문제 인식 및 가설 설정', '탐구 설계 및 수행', '자료 분석 및 해석', '결론 도출 및 평가'로 설정하고 있다(최원호 외, 2010).

그런데 학업성취도 평가는 학생을 선발할 목적으로 실시하는 것이 아니라 교육과정에 대한 학생들의 도달 정도를 확인하여 학교 교육과정을 개정하기 위한 객관적 자료 확보(Livingstone, 1990)가 중요한 목적 중의 하나이기 때문에 학생들이 교육과정 내에 제시된 중요 개념의 정의나 의미를 기억하고 있는지 검증할 필요가 있다.

〈표 8〉은 2004-2009년 과학과 학업성취도 평가 문항에 대하여 학업성취도 평가 출제의 경험이 많은 초등학교 교사 4명, 중학교 교사 4명에 의해 '이해'로 분류된 문항을 '기억'과 '이해'로 재분류를 실시하였다. 기존 평가 틀에서 '이해'로 분류한 문항은 한국교육과정평가원(2004)의 기준을 사용한 것이고 재분류 작업에 사용한 '기억'은 krathwohl(2002)에서 제안한 '어떤 문제를 해결하기 위해 용어나 특정 사실 알기'를 사용하였다.

〈표 8〉 2004-2009년 과학과 학업성취도 평가의 행동 영역 '이해' 문항의 재분류 결과

연도	초등학교			중학교		
	기존 분류	재분류		기존 분류	재분류	
	이해	기억	이해	이해	기억	이해
2004년	13	4	9	13	4	9
2005년	14	6	8	18	4	14
2006년	13	5	8	19	4	15
2007년	14	6	8	14	4	10
2008년	13	4	9	14	4	10
2009년	10	2	8	15	6	9
합계	77	27(35%)	50(75%)	93	26(28%)	67(72%)

기존 학업성취도 평가에서 지식의 이해로 분류되었던 문항 중 초등학교는 35%, 중학교는 26%가 기억에 해당하는 문항이 포함된 것으로 보아 이미 기억에 해당하는 문항이 출제되고 있었으나 분류의 근거가 없어 제대로 문항의 특성을 표시하지 못했던 것으로 보인다. 따라서 학업 성취도 평가에서 '기억'에 해당하는 행동 영역의 도입 필요성을 점검할 필요가 있다.

Ⅲ. 외국의 국가수준 학업성취도 평가의 과학과 평가 틀 고찰

국가 수준에서 과학과 학업성취도 평가를 실시하고 있는 국가들로는 미국, 영국, 호주 등을 들 수 있다. 이 연구에서는 미국의 국가교육향상평가(NAEP), 호주의 국가수준 평가 프로그램(NAP)의 과학 소양 영역 평가인 NAP-SL에서 내용 영역, 행동 영역, 평가 결과 제공 방식을 중심으로 고찰하였다. 또한 ‘수학·과학 성취도 변화 추이 국제비교 연구(the Trends in International Mathematics and Science Study; TIMSS 2007)’와 OECD 학업성취도 국제비교연구(Programme for International Student Assessment; PISA 2009)의 평가 틀도 함께 고찰하였다. 미국의 NAEP 2009, 호주의 NAP-SL, 그리고 국제 학업성취도 평가인 TIMSS 2007과 PISA 2009의 과학과 평가 틀에서 내용 영역과 행동 영역으로 구분하여 고찰한 결과를 바탕으로 우리나라 학업성취도 평가 틀의 개선 방향을 다음의 두 가지로 정리하였다.

첫째, 교육과정의 변화에 영향을 받지 않도록 평가 틀의 내용 영역을 재구성하는 것이다.

NAEP, NAP-SL, TIMSS, PISA에서는 내용 영역을 대영역으로 나누고, 대영역을 다시 하위 영역인 중영역으로 구분하고 있다. 특히 NAEP의 대영역별 중영역은 모든 학년에서 동일하게 사용되고 있다. 우리나라 학업성취도 평가의 성취기준이 학년별 내용 중심으로 구성되어 있어 위계가 약한 것에 비해 NAEP의 내용 진술문은 동일한 중영역 내에서 학년별로 서로 위계를 가지도록 되어 있는 것이 특징이다(〈표 9〉 참조). 호주의 NAP-SL도 이와 유사하게 중영역에 해당하는 주요 과학 개념으로 대영역을 구성하고 있다(〈표 10〉 참조).

〈표 9〉 NAEP의 ‘물질’ 영역 구분 및 내용 진술문 예시

대영역	중영역	구분	학년		
			4학년	8학년	12학년
물질	물질의 성질	주요 내용 요소	모든 물체와 물질에 공통적인 물리적 성질과 고체, 액체, 기체에 공통적인 물리적 성질	화학적 설질, 물질의 입자성, 원소의 주기율표	원자를 구성하는 입자의 성질, 원자의 구조
		내용 진술문	물체와 물질은 성질을 가지고 있다. 질량, 부피는 적당한 도구로 측정할 수 있는 성질이다.	고체, 액체, 기체의 성질은 움직이는 작은 입자로 구성된 물질 모형으로 설명될 수 있다.	고체, 액체, 기체의 물리적 성질의 차이를 원자, 이온, 분자의 배열과 입자간 힘으로 설명할 수 있다.
	물질의 변화	〈생략〉			

(NAGB, 2008)

〈표 10〉 NAP의 초등학교 6학년 평가 틀의 내용 영역

대영역	중영역(주요 과학 개념)	중영역별 의미
지구와 우주	지구, 하늘과 사람	우리의 생활은 공기, 물, 땅으로부터 얻은 물질들에 의존한다; 우리가 살아가는 방법은 풍경, 날씨, 기후에 의존한다.
	변화하는 지구	지구는 표면과 안이 힘에 의해 변하는 물질들로 이루어져 있다.
	우주에서 우리의 위치	지구와 지구에 살고 있는 생명은 우주라고 부르는 거대한 계의 일부이다.

(ACARA, 2010)

TIMSS는 일부 용어는 다르지만 동일한 의미의 중영역을 4, 8학년에 설정하고 있다. 대영역에서, 4학년의 경우에는 생명과학, 물상과학, 지구과학으로 나누고 있으며, 8학년의 경우에는 생물, 화학, 물리, 지구과학으로 나누고 있다. 또한 중영역별로 평가 목표를 제시하고 있다(〈표 11〉, 〈표 12〉 참조).

〈표 11〉 TIMSS 2007의 대영역 중 물상과학 내에서 학년별로 제시되는 중영역

4학년		8학년	
대영역	중영역	대영역	중영역
물상과학	물질의 성질과 분류	화학	물질의 분류와 조성 물질의 성질 화학 변화
	물질의 물리적 상태와 변화	물리	물질의 물리적 상태와 변화
	에너지 자원, 열, 온도		에너지 전환, 열, 온도
	빛과 소리		빛 소리
	전기와 자기		전기와 자기
	힘과 운동		힘과 운동

(김경희 외, 2006)

〈표 12〉 TIMSS 2007의 8학년 물리 영역의 '물질의 물리적 상태와 변화' 중영역의 평가 목표 예시

1. 고체, 액체, 기체의 물리적 특성(부피, 모양, 밀도, 압축률)의 차이를 설명하기 위하여 입자의 운동과 입자 사이의 거리에 관한 지식을 사용한다.
2. 가열과 냉각에 의해서 용해, 응고, 기화, 응결이 일어나는 과정을 설명한다. 물리적 요인(표면적, 용질, 온도, 고도와 압력)과 이러한 과정이 일어나는 정도나 빠르기를 관련짓는다.
3. 물리적 변화(상태 변화, 고체의 용해, 열팽창)를 하는 동안 질량이 보존된다는 것을 안다.

(김경희 외, 2006)

이와 같이 서로 다른 학년에 동일한 중영역을 설정하는 것은 학생들의 성취수준을 하위영역 별로 파악할 수 있는 장점이 있을 뿐만 아니라 연도가 지남에 따라 중영역을 구성하는 세부 내용 요소들이 바뀌더라도 중영역 수준에서 평가 결과를 일관되게 해석할 수 있는 장점이 있다.

우리나라는 교육과정의 변화에 따라 학년별 내용 요소가 변하는 구조이다. 따라서 교육과정의 변화에 큰 영향을 받지 않으면서 학업성취도 평가 결과를 일관성 있게 해석하기 위해서는 평가 틀의 내용 영역에 교육과정의 변화에 영향을 받지 않는 대영역과 중영역을 설정하고, 교육과정에 제시된 세부적인 내용 요소들을 중영역 아래에 포함시키는 것이 필요하다.

이와 같은 내용 영역의 구성으로 과학 교과를 구성하는 학문의 구성 방식에 근거하여 평가 결과를 해석할 수 있으며, 여러 학년에 걸쳐서 동일한 잣대로 개념의 이해 수준을 위계적으로 분석 비교가 가능하게 한다. 또한 중영역의 설정과 중영역에 맞는 문항 출제 방식은 교육과정의 변화로 중영역 내의 성취기준에 일부 변화가 있더라도 중영역 수준에서 평가 검사지의 동등성을 유지할 수 있기 때문에 학생 성취수준의 연도별 변화 추이 조사를 목적으로 하는 국가수준 학업성취도 평가에 적합하다.

둘째, 평가 틀의 행동 영역 구성 요소를 국제적인 추세에 맞게 개선하는 것으로 행동 영역의 지식 영역에 ‘기억’을 추가하는 것이다.

NAEP는 ‘과학 수행 영역’에서 크게 과학 원리 확인하기, 과학 원리 사용하기, 과학 탐구 사용하기, 기술적 설계 사용하기를 제시하고 있다. 이 중에서 과학 원리 확인하기는 모든 다른 과학 수행의 필수 요소로 과학 원리의 이해하기, 기억하기, 정의하기, 관련짓기, 표현하기 등의 학생 능력에 초점을 맞추고 있다. TIMSS의 인지 영역은 알기, 적용하기, 추론하기 영역으로 구분되고, 알기 영역은 다시 회상하기/인식하기, 정의하기, 기술하기 등으로 세분화 되어있다(〈표 13〉 참조). 이 중에서 회상하기/인식하기는 과학적 사실, 개념 등에 대해서 진술하거나 물질 등의 성질, 특징 등을 아는 것으로 ‘기억’과 같은 의미로 볼 수 있다. 우리나라 학업성취도 평가의 현재 행동 영역에서는 ‘기억’에 관한 분류가 없다. ‘기억’ 요소를 평가 틀에 포함시켜 학생들의 교육과정 도달 정도 확인을 더욱 상세하게 확인할 필요가 있다.

〈표 13〉 TIMSS 2007 인지 영역 중 ‘알기’의 하위 요소 및 평가 목표

인지 영역	하위 요소	평가목표
알기	• 회상/인식하기	<ul style="list-style-type: none"> 과학적 사실, 관계, 과정과 개념에 대하여 정확하게 진술한다. 특정 생물체나 물질, 과정의 성질이나 특징을 안다.
	• 정의하기	<ul style="list-style-type: none"> 과학 용어들의 정의를 알고, 과학적 단어와 부호, 약자, 단위, 척도를 알고 관련된 상황에서 사용한다.

인지 영역	하위 요소	평가목표
	• 기술하기	• 생물체나 물질, 과학적 과정에 대해서 인식하거나 기술하는 것을 통하여 성질, 구조, 기능과 관계에 대한 지식을 나타낸다.
	• 예를 이용하여 설명하기	• 적절한 예를 가지고 사실이나 개념에 대한 진술을 지지하거나 명확하게 한다. • 일반적인 개념 지식을 설명하기 위하여 특정한 예를 찾아내고 제시한다.
	• 도구의 사용 및 절차	• 실험 장비, 도구, 설비, 측정 등의 사용법에 대하여 알고 있다.

(김경희 외, 2006)

IV. 새로운 과학과 학업성취도 평가의 평가 틀 개발

기존 학업성취도 평가의 평가 틀과 외국의 학업성취도 평가의 평가 틀에 대한 고찰 결과를 토대로, 우리나라 학업성취도 평가의 목적에 적합한 새로운 과학과 평가 틀 초안을 연구진이 개발하였고, 이에 대해 초·중등학교 과학 교사 13명, 과학교육 전공 대학교수 및 연구원으로 구성된 6명의 전문가 검토진의 검토를 거쳐서 새로운 과학과 평가 틀을 개발하였다²⁾. 개발한 평가 틀은 내용 영역, 행동 영역 순으로 제시하였다.

1. 내용 영역

가. 대영역 및 중영역의 설정

일반적으로 과학의 학문 영역은 크게 물리학, 화학, 생물학, 지구과학으로 구분하고 있다. 우리나라 과학과 교육과정에서는 이를 제7차 교육과정에서는 각각 ‘에너지’, ‘물질’, ‘생명’, ‘지구’로 표현하였으며, 2007년 개정 교육과정과 2009 개정 교육과정에서는 각각 ‘운동과 에너지’, ‘물질’, ‘생명’, ‘지구와 우주’로 표현하였다. 이로부터 지금까지 여러 번의 교육과정 변화 속에서도 과학의 학문 영역 분류는 변하지 않았음을 알 수 있다. 이를 근거로 2009 개정 교육과정의 영역 구분에 맞추어 과학과 평가 영역의 내용영역을 4개의 대영역으로 구분하였다.

2) 본 연구에서 개발한 성취기준, 중영역의 성취수준별 진술문은 정은영 외(2010)의 연구를 참조하기 바란다.

기존 학업성취도 평가 틀(양길석 외, 2008; 정은영 외, 2009)에서는 내용 영역의 구성을 학년별, 단원별로 구성하였기 때문에 교육과정의 변화로 성취기준이 변경될 경우 검사 도구의 동등성을 확보하기 어렵고 매년 문항 분석에 근거하여 제공하는 학생 제공용 성적표 진술문의 연도별 비교가 어렵다는 점과 함께 학업성취도 평가가 각 학교급의 마지막 학년인 초등학교 6학년과 중학교 3학년에 실시되기 때문에 기존 학업성취도 평가의 문항을 초등학교 4, 5학년 단원의 문항과 중학교 1, 2학년 단원의 문항으로 해석하기 어렵다는 한계를 가지고 있었다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 기존 제7차 교육과정(교육부, 1997)과 2007년 개정 교육과정(교육인적자원부, 2007)의 단원과 내용을 비교 분석하여 공통적이면서도 핵심적인 내용 요소를 추출하여 대영역의 하위 영역인 중영역을 구성하였다(〈표 14〉 참조). 구성된 중영역은 운동과 에너지, 물질, 생명, 지구와 우주의 학문 영역을 구성하는 하위 영역에서 크게 벗어나지 않았다.

〈표 14〉 과학과 내용 영역의 대영역과 중영역

대영역	운동과 에너지	물질	생명	지구와 우주
중영역	<ul style="list-style-type: none"> • 힘과 운동 • 열 • 전기와 자기 • 빛과 파동 	<ul style="list-style-type: none"> • 물질의 상태와 상태 변화 • 물질의 특성과 혼합물의 분리 • 물질의 구조 • 화학 반응 	<ul style="list-style-type: none"> • 동물 • 식물 • 생물과 환경 • 생물의 구성과 다양성 	<ul style="list-style-type: none"> • 지질 • 대기와 해양 • 천문

나. 세부 성취기준과 성취기준의 구성

이 연구의 내용 영역을 구성하는 대영역은 기존 학업성취도 평가 틀에도 포함된 형식이지만 새로 도입된 중영역은 매년 실시되는 학업성취도 평가의 동등성을 높이고 평가 결과 해석시 공통된 기준을 제공하기 위해 도입된 개념이다. 중영역 도입의 목적 달성을 위해 본 연구진은 중영역의 하위 성취기준을 구성하기로 하였다.

기존 학업성취도 평가는 제7차 교육과정에 근거한 성취기준(김주훈 외, 2000)을 사용하고 있었으나, 2007년 개정 교육과정 이후 수시로 개정되는 교육과정에 맞춰 학업성취도 평가의 성취기준을 매년 바꾸는 것은 현실적으로 어렵다는 판단하에 본 연구진은 제7차 교육과정에 근거하여 개발된 성취기준과 2007년 개정 교육과정에 근거하여 개발된 성취기준을 비교하여 공통적인 성취기준을 추출하기로 하였다. 그리고 공통된 성취기준이 아니더라도 배경 학문의 위계상 중요하다고 판단되는 성취기준은 포함시켜 성취기준을 재구성하였다.

하지만 제7차 교육과정에 근거한 성취기준(김주훈 외, 2000)과 2007년 개정 교육과정에 근거한 성취기준(김주훈 외, 2008)은 ‘수업이나 평가에서 실질적인 기준이나 지침의 역할을 할 수 있도록, 현행 교육과정상의 목표와 내용을 분석하고 세분화하여 상세화한 목표나 내용의 진술문’이라고 정의하여(허경철 외, 1997), 학년별 단원별로 세분화하였기 때문에 여전히 교육과

정 개정 시의 동등성 확보와 매년 발표되는 학업성취도 평가 성적 진술문의 공통 기준을 제시하지 못한다는 판단하에 김주훈 외(2000)와 김주훈 외(2008)의 성취기준을 바탕으로 재구성한 성취기준을 '세부 성취기준'으로 명명하고 세부 성취기준을 포괄하면서 중영역의 하위 영역을 구성하는 수준의 진술문을 개발하기로 하고 그 진술문을 '성취기준'으로 명명하였다. <표 15>는 초등학교 '물질의 상태와 상태 변화' 중영역에서 제7차 교육과정에 근거한 성취기준과 2007년 개정 교육과정에 근거한 성취기준을 비교하여 재구성한 세부 성취기준과 세부 성취기준을 포괄하는 성취기준 예시 중 일부를 제시한 것이다.

〈표 15〉 초등학교 '물질의 상태와 상태 변화' 중영역의 세부 성취기준과 성취기준 예시

성취기준	세부 성취기준	7차 성취기준	2007개정 성취기준
물질의 상태 변화에서 무게와 부피 변화가 어떠한지 안다.	온도 변화에 따른 물의 상태와 물의 모습을 안다.	4151-1. 물을 얼음으로 변화시킬 때의 모습과 온도 변화를 알아낼 수 있다. 4152-1. 물을 가열하여 온도 변화에 따른 물의 상태 변화를 관찰하고, 증발과 끓음을 구분할 수 있다.	46(가). 물의 상태 변화를 설명할 수 있다.
	물과 얼음의 상태변화에서 무게와 부피의 변화가 어떠한지 설명할 수 있다.	4151-1. 물을 얼음으로 변화시킬 때의 모습과 온도 변화를 알아낼 수 있다.	46(나). 물과 얼음의 상태 변화에서 무게와 부피의 변화가 어떠한지 설명할 수 있다.
힘을 가하거나 온도를 변화시킬 때 기체의 부피 변화를 설명할 수 있다.	기체에 가한 힘과 기체 부피 사이의 관계를 정성적으로 설명할 수 있다	6031-2. 기체에 가한 힘의 크기에 따라 기체의 부피가 변한다는 사실을 알 수 있다.	65(가). 기체에 가한 힘과 기체 부피 사이의 관계를 정성적으로 설명할 수 있다
	온도에 따른 기체의 부피 변화를 정성적으로 설명할 수 있다.	4132-2. 실생활에서 열에 의한 물체의 부피 변화가 이용되는 예를 찾을 수 있다.	65(나). 온도에 따른 기체의 부피 변화를 정성적으로 설명할 수 있다.

이 연구에서는 교육과정이 바뀌어 적용되고 있는 현재의 과도기적 상황을 고려하여 제7차 교육과정과 2007년 개정 교육과정에 공통적으로 해당하는 내용을 중심으로 성취기준과 세부 성취기준을 구성하였으나 추후 개정되는 교육과정에서 위계상 중요한 내용이 포함될 경우 관련 중영역과 성취기준 내에 세부 성취기준을 포함시킬 수 있다. 이 연구에서 구성한 초·중학교의 대영역별 성취기준 수는 <표 16>과 같다.

〈표 16〉 새 학업성취도 평가 틀에서 초·중학교의 대영역 및 중영역별 성취기준 수

대영역	중영역	성취기준 수	
		초등학교	중학교
운동과 에너지	힘과 운동	4	3
	열	1	1
	전기와 자기	3	3
	빛과 파동	2	3
	소계	10	10
물질	물질의 상태와 상태 변화	4	3
	물질의 특성과 혼합물의 분리	4	2
	물질의 구조	-	6
	화학 반응	3	5
	소계	11	16
생명	동물	4	8
	식물	4	2
	생물과 환경	2	-
	생물의 구성과 다양성	-	2
	소계	10	12
지구와 우주	지질	4	4
	대기와 해양	4	4
	천문	2	4
	소계	10	12
합계		41	50

기존 학업성취도 평가에서는 실제 이용되는 문항 수에 비해 성취기준 수가 지나치게 많아 문항 개발에 이용되지 못하는 성취기준이 많았다. 학업성취도 평가의 중요한 목적 중 하나가 교육 과정에 대한 학생들의 도달 정도를 확인하여 교육과정 개정의 방향을 제시하는 것이기 때문에 문항 개발에 이용되지 못하는 성취기준이 존재하는 것은 학업성취도 평가의 목적에 적합하지 않다. 따라서 새 학업성취도 평가 틀에서는 내용적으로 유사한 성취기준을 통합하고 기존의 성취기준을 세부 성취기준으로 명명하여 새 학업성취도 평가 틀의 성취기준으로 묶어 제시하면서 성취기준 수를 줄였고, 문항의 다양성은 세부 성취기준을 이용하여 열어 두었다. 〈표 17〉은 기존 학업성취도 평가와 새 학업성취도 평가의 성취기준 수를 비교하여 제시한 것이다.

〈표 17〉 기존 학업성취도 평가와 개발된 학업성취도 평가의 성취기준 수 비교

구분	초등학교			중학교		
	성취기준 수	문항 수	비율	성취기준 수	문항 수	비율
기존	182	28	15.4%	206	40	19.4%
개발	41	28	68.3%	50	40	80.0%

다. 성취기준 진술 방식의 개선

기존 학업성취도 평가 틀에서는 성취기준에 태도 관련 진술과 적용 관련 진술이 포함되어 있어서 ‘개념에 대한 이해’를 목적으로 한 성취기준과 내용적으로 중복되는 문제점이 있었다. 태도 관련 성취기준은 지필 평가 문항을 개발하는 데 이용될 수 없기 때문에 실제로 이용되지 않거나 또는 포함된 개념을 이용하여 문항을 출제할 경우 개념적으로 유사한 성취기준과 내용적으로 중복되는 문제점이 있었다. 적용 관련 성취기준은 ‘개념에 대한 이해’를 목적으로 한 성취기준을 이용하여 행동 영역의 ‘적용’으로 문항을 출제할 경우 내용적으로 중복되는 문제점이 있었다. 그래서 새로운 학업성취도 평가 틀에서는 태도나 적용과 관련한 성취기준은 진술은 제외하고, ‘~ 말할 수 있다’, ‘~설명할 수 있다’, ‘~알아낼 수 있다’, ‘~정보를 얻을 수 있다’, ‘~나타낼 수 있다’, ‘~이해한다’, ‘~안다’, ‘~인식한다’, ‘~추리(추론)할 수 있다’, ‘~수행할 수 있다’, ‘~조사할 수 있다’, ‘~관찰할 수 있다’, ‘~만들 수 있다’, ‘~구할 수 있다’, ‘~나눌 수 있다’, ‘~분류할 수 있다’, ‘~비교할 수 있다’, ‘~구별할 수 있다’, ‘~나열할 수 있다’ 등으로 진술하였다(〈표 15〉 참조).

라. 중영역 중심으로 문항 분석 결과의 통합 진술

기존 학업성취도 평가에서는 평가 대상이 각 학교급의 마지막 학년이면서 결과 분석은 문항별로 실시하였기 때문에 문항 분석을 통한 결과를 각 학교급의 마지막 학년의 특성으로 총체적으로 해석하기 어려운 한계를 가지고 있었다. 새롭게 설정한 중영역은 각 학교급의 학년별로 흩어져 있던 성취기준을 서로 묶어줄 수 있기 때문에 각 학교급의 마지막 학년을 대상으로 실시하는 학업성취도 평가의 결과를 각 문항이나 학년이 아닌 중영역별로 해석이 가능하다. 〈표 18〉은 새 학업성취도 평가 틀에서 초등학교 ‘물질의 상태와 상태 변화’ 중영역을 구성하는 성취기준과 관련 단위명으로 학업성취도 평가의 문항이 각 학년별 단원에 따라 출제되지만 결과 해석은 중영역을 구성하는 성취기준별로 해석이 가능하다.

〈표 18〉 새 평가 틀의 초등학교 ‘물질의 상태와 상태 변화’ 중영역의 성취기준 및 단원명 예시

성취기준	단원명 (2007년 개정 교육과정)
물질의 상태를 특징에 따라 분류할 수 있다.	3학년 ‘물체와 물질’
기체가 공간을 차지하고 무게가 있음을 안다.	3학년 ‘액체와 기체’
물의 상태 변화에서 무게와 부피 변화가 어떠한지 안다.	4학년 ‘물의 상태 변화’
힘을 가하거나 온도를 변화시킬 때 기체의 부피 변화를 설명할 수 있다.	6학년 ‘여러 가지 기체’

마. 중영역별 기술된 성취수준을 통한 연도별 비교 가능

새 학업성취도 평가 틀에서는 내용이 유사한 개념을 묶어 중영역을 설정함으로써 문항 출제의 실제 기준이 되는 세부 성취기준이 다르더라도 중영역을 기준으로 결과 해석을 함으로써 연도별 능력 진술의 비교가 가능해진다. 〈표 19〉는 초등학교 ‘운동과 에너지’ 대영역의 중영역별 해당 단원명을 제7차 교육과정과 2007년 개정 교육과정별로 제시한 것으로, 〈표 20〉과 같이 ‘힘과 운동’ 중영역의 성취기준을 이용하여 학생들의 능력을 중영역별로 매년 일관성 있게 비교가 가능하다.

〈표 19〉 초등학교 ‘운동과 에너지’ 대영역의 중영역별 해당 단원명

중영역	포함 단원(7차)	포함 단원(2007년 개정)
힘과 운동	수평잡기, 용수철 늘이기, 물속에서의 무게와 압력, 물체의 속력, 편리한 도구, 에너지	무게, 물체의 속력, 에너지
열	열의 전달	열전달
전기와 자기	전구에 불 켜기, 전기회로 꾸미기, 자석놀이, 전자석	전기회로, 자기장
빛과 파동	거울과 렌즈	빛

〈표 20〉 초등학교 ‘힘과 운동’ 중영역의 성취기준

중영역	성취기준
힘과 운동	물체의 무게와 관련된 현상을 설명할 수 있다.
	물체의 빠르기를 나타낼 수 있다.
	도구를 사용할 때의 이로운 점을 설명할 수 있다.
	에너지의 의미와 에너지 사이의 전환 과정을 설명할 수 있다.

기존 학업 성취도 평가에서 학생에게 제공되는 평가 결과는 출제된 문항 분석 결과에 한정된 성취수준별 평균적인 능력 뿐이었다. 새 학업성취도 평가 틀에서는 문항 출제의 준거에 해당하는 세부 성취기준과 성취기준들을 중영역별로 통합하여 중영역 수준에서 각 성취수준별 도달 가능한 일종의 도달점(benchmarks)에 해당하는 성취수준을 <표 21>과 같이 개발하였다. 중영역 수준에서 개발한 각 성취수준은 7차 교육과정에 근거한 평가기준(김주훈 외, 2000)과 2007년 개정 교육과정에 근거한 평가기준(김주훈 외, 2008)을 참조하여 개발한 것으로 우수학력, 보통학력, 기초학력별로 도달할 수 있는 중영역별 수준을 파악할 수 있다. 이 도달점은 본 연구진이 초안을 작성하고 세부 성취기준 구성 및 성취기준 개발에 참여한 교사 및 교수 그리고 연구원들의 검토를 거쳐 확정되었다.

<표 21> 초등학교 ‘운동과 에너지’의 성취수준별 능력 진술문 예시

중영역	성취수준 진술문		
	우수학력	보통학력	기초학력
힘과 운동	물체의 무게가 힘의 작용과 관련됨을 이해하고, 물체의 속력을 구하고 다양한 에너지 전환 과정을 설명할 수 있다.	물체의 무게 및 빠르기를 비교하고 에너지의 전환 과정을 이해한다.	간단한 상황에서 물체의 무게 및 빠르기를 비교하고 여러 가지 형태의 에너지가 있음을 안다.
열	다양한 열전달 방법의 특징과 예를 설명할 수 있다.	열이 전달되는 방법을 구별하고, 열전달이 일어날 때의 변화를 이해한다.	열이 전달될 수 있음을 안다.
전기와 자기	다양한 전기 회로를 꾸미고 전구의 밝기를 설명할 수 있으며, 전기와 자기가 관련되어 있음을 안다.	간단한 전기 회로를 꾸밀 수 있고, 전자석에서 전류가 흐를 때 자석의 성질이 나타남을 안다.	전기 회로도의 기호의 의미를 안다.
빛과 파동	빛이 진행할 때 나타나는 직진, 반사, 굴절 현상을 설명하고, 빛의 진행 경로를 표현할 수 있다.	빛이 진행할 때 나타나는 직진, 반사, 굴절 현상을 구별할 수 있다.	우리 주위에는 빛에 관련된 여러 현상이 일어남을 안다.

<표 21>의 중영역별 성취수준은 선행연구를 기반으로 전문가 집단의 의견 및 기존의 학업성취도 평가 결과를 종합하여 잠정적 성격의 성취수준 진술문을 제시한 것이기 때문에 출제되는 문항의 성취기준과 세부 성취기준을 참조하여 일부 조정함으로써 학생들의 중영역별 성취수준을 지속적으로 보완할 필요가 있다.

2. 행동 영역

지식의 ‘기억’ 추가

기존 과학과 학업성취도 평가 틀에서는 행동 영역을 크게 지식과 탐구로 나누고, 지식을 이해와 적용으로 구분하였다. 학업성취도 평가의 목적 중 하나인 ‘교육과정에 대한 학생들의 도달 정도 확인’을 위해 중요 개념의 이름, 정의, 의미를 기억하는 능력을 검증할 필요성이 있다. 그래서 새로운 학업성취도 평가 틀의 지식에 해당하는 행동 영역에 ‘기억’을 추가하였다. ‘기억’은 blooms의 평가목표분류들의 ‘지식’에 해당하는 것으로, 현재 ‘기억, 이해, 적용’을 총괄하는 용어로 ‘지식’을 사용하기 때문에 혼란을 피하기 위해 ‘기억’의 용어를 사용하였다. 기억은 인지적인 수준에서 낮은 단계에 있어 고차원적 사고력을 묻는 선발 시험에서는 주로 제외하지만 학업성취도 평가는 초·중등 교육과정의 도달 정도를 확인하는 점을 고려하여 중요 개념을 기억하는 능력도 확인할 필요가 있다.

IV. 결론

이 연구에서는 기존 국가수준 학업성취도 평가의 과학과 평가 틀이 가지고 있는 문제점을 분석하고, 외국의 학업성취도 평가 및 국제 학업성취도 평가의 과학과 평가 틀에 대한 고찰을 통해 시사점을 얻어서, 우리나라 학업성취도 평가의 성격과 목적에 부합하는 새로운 과학과 평가 틀을 개발하였다.

우리나라의 기존 국가수준 학업성취도 평가의 과학과 평가 틀은 다음과 같은 문제점을 가지고 있었다. 첫째, 중복되는 성취기준이 있었다. 둘째, 내용 영역이 교육과정의 변화 시 일관성을 유지하기 어렵도록 구성되어 있었다. 셋째, 지식 영역에 ‘기억’에 해당하는 행동 영역이 없어 교육과정에 제시된 목표 성취 정도를 확인하는 데 정확성이 다소 부족하였다. 넷째, 결과 분석 시 유사한 문항별로 통합적으로 분석하기 어려웠다. 다섯째, 출제된 문항에 근거한 결과 진술로 인해 학생들에게 실질적으로 도움이 되는 평가 결과를 제공하기 어려웠다.

한편 외국의 학업성취도 평가 및 국제 학업성취도 평가의 평가 틀에 대한 고찰을 통해 얻은 시사점은 다음과 같다. 첫째, 내용 영역을 모든 학교급이나 학년에 동일하게 사용할 수 있는 중 영역 수준으로 구분하고, 각 학교급이나 학년에 해당하는 성취기준을 동일한 중영역 내에 위계를 가지도록 제시하면 평가 결과 학생들의 도달 수준을 중영역별로 파악이 가능하며, 학교급이나 학년별 성취 수준을 중영역 수준에서 위계적으로 파악이 가능하다. 둘째, 행동 영역의 구성에서 ‘기억’을 포함하는 것이 필요하다. 과학과 교육과정별 학생들의 도달 정도를 파악하는 학업

성취도 평가의 성격상 중요 과학 개념이나 원리의 기억 능력 파악도 중요하다.

이 연구에서 우리나라 기존 국가수준 학업성취도 평가의 평가 틀과 외국의 학업성취도 평가 및 국제 학업성취도 비교 평가의 평가 틀에 대한 고찰을 통하여 제안한 새로운 과학과 학업성취도 평가 틀의 특징은 다음과 같다. 첫째, 내용 영역에서 중영역을 설정함으로써 교육과정이 개정되더라도 내용 영역의 일관성을 유지할 수 있게 하였다. 둘째, 태도나 적용과 관련한 성취기준은 제외하여 성취기준이 중복되지 않도록 하여 모든 성취기준이 출제에 활용되도록 하였다. 셋째, 중영역별로 내용적으로 유사한 성취기준을 통합하여 진술하여 성취기준 수를 줄여 매년 출제의 동등성을 확보하였다. 넷째, 지식에 해당하는 행동 영역에 '기억'을 추가하여 과학과 교육과정에서 중요하게 제시되는 개념 및 원리 등의 확인도 가능하게 하였다. 다섯째, 중영역 중심으로 문항을 통합적으로 분석함으로써 매년 제공하는 평가 결과의 일관성 확보와 함께 학생들에게 제공하는 성적 진술도 중영역 수준에서 내실있게 제공할 수 있도록 하였다.

새로운 학업성취도 평가 틀을 적용하면 교육과정의 개정에 따라 학업성취도 평가에 활용할 수 있는 세부 성취기준은 변하더라도 중영역 수준에서는 변화가 없기 때문에 내용 영역에서 일관성 있는 출제가 가능하다. 이는 일관성 있는 결과 해석으로 이어지며, 학업성취도 평가 결과의 추이 변화를 보다 정확하게 살펴볼 수 있게 된다.

또한 행동 영역을 구성하는 하위 요소로 '기억'을 추가함으로써 학생들의 교육과정 목표 성취 정도를 좀 더 다양하게 확인할 수 있게 된다. 과학에서 개념에 대한 이해나 적용이 가능하기 위해서는 개념의 정의나 의미를 정확히 아는 것이 필요하다. 학업성취도 평가는 학생들의 능력을 성취수준별로 파악하고 해석하기 때문에 행동 영역을 다양하게 구성함으로써 학생들의 성취수준을 좀 더 정확하게 해석할 수 있게 될 것이다.

마지막으로 중영역 수준에서 문항을 분석하고 해석하여 성취수준별로 결과를 보고하는 체제는 결과 해석의 동등성을 확보하여 매년 학생들의 능력이 어떻게 달라지는지 비교하는데 기여할 것이다. 그리고 매년 중영역 수준에서 결과를 해석하기 때문에 성취수준의 특징을 중영역 수준에서 일관성 있게 진술하며 비교할 수 있다. 중영역 수준에서의 성취수준별 능력 진술은 학교급별 교육과정 내용 수준의 적절성을 검증하는 데 도움을 줄 수 있을 것이다.

이 연구에서 개발한 중영역별 성취수준은 교과교육 연구자와 현장 과학 교사들이 제작한 내용으로 실제 성취수준별로 학생들이 도달하는 수준과 다를 수 있다. 그러므로 앞으로 학업성취도 평가 결과 학생들의 실제 성취수준별 대표문항을 분석하여 성취수준별 특징에 대한 서술 내용을 지속적으로 수정·보완해 나가야 할 것이다. 또한 과학과 학업성취도 평가를 구성하는 문항 수가 모든 중영역은 포괄하지만 모든 성취기준을 포괄하지 못하기 때문에 학생들의 연도별 능력 비교나 학생들의 성취수준별 능력 진술 시 충분한 정보를 담지 못하는 한계가 있다. 진수 형태로 실시하는 학업성취도 평가가 충분히 담지 못하는 정보의 한계를 극복할 수 있도록 문항 수의 증가나 표집 형태로 학업성취도 평가 시행을 확대할 수 있도록 각계 각층의 관심과 노력이 필요하다.

참 고 문 헌

- 교육부(1997). 제7차 교육과정-과학과 교육과정. 교육부 고시 제 1997-15호.
- 교육인적자원부(2001a). 제 7 차 교육과정에 따른 성취기준 평가기준-초등학교 4학년-. 교육인적자원부 홈페이지(<http://cutis.mest.go.kr/교육과정/자료실>).
- 교육인적자원부(2001b). 제 7 차 교육과정에 따른 성취기준 평가기준-초등학교 5학년-. 교육인적자원부 홈페이지(<http://cutis.mest.go.kr/교육과정/자료실>).
- 교육인적자원부(2001c). 제 7 차 교육과정에 따른 성취기준 평가기준-초등학교 6학년-. 교육인적자원부 홈페이지(<http://cutis.mest.go.kr/교육과정/자료실>).
- 교육인적자원부(2001d). 제 7 차 교육과정에 따른 성취기준 평가기준-중학교 과학-. 교육인적자원부 홈페이지(<http://cutis.mest.go.kr/교육과정/자료실>).
- 교육인적자원부(2001e). 제 7 차 교육과정에 따른 성취기준 평가기준-고등학교 과학-. 교육인적자원부 홈페이지(<http://cutis.mest.go.kr/교육과정/자료실>).
- 교육인적자원부(2007). 2007년 개정 교육과정-과학과 교육과정. 교육인적자원부 고시 제 2007-79호.
- 교육과학기술부(2009). 2009 개정 교육과정-과학과 교육과정. 교육과학기술부 고시 제 2009-41호.
- 김경희·홍미영·김선희(2006). **수학·과학 성취도 변화 추이 국제비교 연구(TIMSS 2007) - 예비검사 시행 보고서**. 한국교육과정평가원 연구보고 RRE 2006-4.
- 김경희·김수진·김미영·김남희·김선희(2009). **OECD 학업성취도 국제비교 연구(PISA 2009) -본검사 시행 보고서**. 한국교육과정평가원 연구보고 RRE 2009-7-1.
- 김주훈·이범홍·이양락(2000). **제7차 교육과정에 따른 성취기준 및 평가기준 개발 연구-중학교 과학**. 한국교육과정평가원 연구보고 CRE 2000-3-5.
- 김주훈·홍미영·정은영·곽영순·최원호·김미영·이인호(2008). **2007년 개정 교육과정에 따른 과학과 성취 기준과 평가 기준 개발 연구**. 한국교육과정평가원 연구보고 CRC 2008-6.
- 양길석·송미영·최인봉·김희경·유진은·남민우·김도남·박은아·김혜숙·고정화·서보익·최원호·이인호·김미경·조보경(2008). **국가수준 학업성취도 평가 결과 추이(2003년~2007년) -중학교 3학년**. 한국교육과정평가원 연구보고 RRE 2008-4-2.
- 정은영·김명화·상경아·김지아(2008). **국가수준 학업성취도 평가 체제 개선 연구(I)**. 한국교육과정평가원 연구보고 RRE 2008-2.
- 정은영·최인봉·김희경·김소영·유진은·남민우·김도남·김혜숙·박가나·이봉주·권점례·최원호·이인호·조보경·송민영(2009). **국가수준 학업성취도 평가 결과 추이(2004년~2008년) -중학교 3학년**. 한국교육과정평가원 연구보고 RRE 2009-8-2.

- 정은영 · 남민우 · 김도남 · 김혜숙 · 박가나 · 이봉주 · 권점례 · 최원호 · 이인호 · 조보경 · 송민영 · 최인봉 · 김희경 · 김소영(2010). **국가수준 학업성취도 평가의 교과별 평가 틀 개발 연구**. 한국교육과정평가원 연구보고 CRE 2010-7.
- 최원호(2009). 제7차 교육과정에 근거한 중학교 화학 영역의 성취기준과 평가기준 분석. **교육과정평가연구**. 12(1), 171-197.
- 최원호 · 이인호 · 김미영 · 신석주(2009). **2008년 국가수준 학업성취도 평가 연구-과학-**. 한국교육과정평가원 연구보고 RRE 2009-9-4.
- 최원호, 이인호, 이창훈, 정은영, 박재근, 신명경(2010). **2009년 국가수준 학업성취도 평가 연구-과학-**. 한국교육과정평가원 연구보고 RRE 2010-6-5.
- 한국교육과정평가원(2004). 대학수학능력시험 출제 매뉴얼 과학탐구 영역.
- 허경철 · 백순근 · 김신영 · 채선희 · 유균상 · 이인제 · 박경미 · 김정호 · 이찬희 · 최돈형 · 조미혜 · 장기범 · 박소영 · 최진황(1997). **국가 공통 절대 평가 기준 교과별 모형 개발 연구**. 한국교육개발원 수탁연구, CR 97-18.
- IEA(2005). *TIMSS 2007 Assessment Frameworks*. MA: Boston College.
- Krathwohl, D. R. (2002). A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview. *theory into practice*, 41(4), 212-218.
- Livingstone, I. D. (1990). *Monitoring national standards*. In H. J. Walberg, & G. D. Haertel, International Encyclopedia of Educational Evaluation.
- National Assessment Governing Board (2008). *Science Framework for the 2009 National Assessment of Educational Progress*.
- Australian Curriculum, Assessment and Reporting Authority (2010). *National Assessment Program-Science Literacy Year 6 Report 2009*. Australian Curriculum, Assessment and Reporting Authority 2010.

· 논문접수 : 2011-05-01 / 수정본 접수 : 2011-06-08 / 게재승인 : 2011-06-21

ABSTRACT

Development of Science Assessment Framework for National Assessment of Educational Achievement

Won-Ho Choi

(Associate Research Fellow, Korea Institute for Curriculum and Evaluation)

In-Ho Lee

(Associate Research Fellow, Korea Institute for Curriculum and Evaluation)

Jin-Kuk Kim

(Graduated Student, Chonnam National University)

Eun-young Jeong

(Assistant Professor, Chonnam National University)

The purpose of this study is to develop science assessment framework for National Assessment of Educational Achievement(NAEA). In order to develop it, this study analyzed the problems of science assessment framework of NAEA and reviewed the science assessment frameworks of national assessment in other countries such as United States and Australia, and those of international study such as PISA and TIMSS.

Some problems of science assessment framework of NAEA are as follows. First, there are some overlapping achievement standards. Second, it is difficult to keep the consistency of content domain depending on the revision of curriculum. Third, behavior domain has to be modified to monitor students' academic achievement more accurately. Forth, it is difficult to present the description of achievement level coherently.

Some implications of science assessment frameworks of NAEP, NAP-SL, TIMSS 2007 and PISA 2009 are as follows. First, it is needed to present sub-areas in the content domain. Second, it is needed to include 'memory' in the behavior domain.

The features of science assessment framework that are developed in this study are as follows. First, sub-areas are presented to keep the consistency of content area. Second, some achievement standards that are related to 'attitude' and 'application' are excluded. Third, the number of achievement standards is decreased. Forth, 'memory' is

added in the behavior domain. Fifth, the test items can be analyzed in the respect of sub-area to provide the meaningful result.

Key Words : assessment framework, assessment of achievement, achievement standards, content domain, behavior domain, achievement level