

과학교육론 < 3 >

과학학습의 내용

朴 承 載 <서울대사대 物理教育科 교수>

1. 머리말

어떤 교육의 이론이나 주장을 막론하고 여러 가지 수식어와 전문적인 용어가 많이 관계 되지만 가장 핵심적인 것으로 여겨온 것이 학습내용, 그 중에서도 특별히 그 교과와 학문적 지식이 아닌가 싶다.

전통적인 대학의 과목 소개도 목표나 교수방법에 대해서는 거의 언급이 없어도 가르칠 지식 내용을 교수요목이란 이름으로 나열하는 것이 보통이다. 초·중·고등 학교의 교육과정도 형식적으로 진술된 것은 여러 국면이 있으나 많은 경우에, 주요 부분으로 논의 되는 것이 이른바 “내용”이라는 범주이다.

그러나 이렇게 전통적으로 그리고 현실적으로 중요시 되어온 내용이, 특별히 과학과목에 있어서 지극히 심각한 사태에 이르게 된 것은 이른바 “폭발적”인 과학지식의 팽창 때문이다. 가속적인 과학의 발전으로 말미암아 과학지식의 양은 10여년도 되지 않아 두곱이 넘게 지수함수적으로 증가 한다는 것이 아닌가?

본질적으로 전문 과학교육에 있어서도 마찬가지 이지만, 특별히 초등 교양과학교육에 있어서 그 광범한 과학지식 체계중에서 어느 부분을 택하여 어떤 구조로 “자연” 또는 “과학”이라는 이름의 과목을 제시 해야 할 것인가?

과거 30여년간에 걸친 전 세계적인 과학교육의 혁신 활동의 근대적 요인중 하나가 바로 이 점이었다는 것을 상기 할 필요가 있다.

본론은 첫째로 과학교육의 목표, 내용 및 경험의 관계에 대해 언급하고, 둘째로 과학학습 내용의 선택과 조직에 대해 논의한 다음, 셋째

로 개편된 초·중·고등학교 과학학습 내용을 소개 하려고 한다.

2. 과학학습 내용의 복합적 위치

과학학습의 내용을 광범하게 정의하고 관찰, 측정, 추리, 조작적 정의, 변인통제, 모델형성 등 과학의 過程을 포함 시키는 경우도 있지만, 논의를 단순하게 하기 위하여, 본론은 질량, 가속도, 에너지 보존 법칙, 상대성 원리등을 비롯한 과학지식체계의 일부를 교육을 위해 선택하고 조직한 개념과 개념체계가 과학학습의 내용을 뜻하는 것으로 정의한다.

(가) 과학교육 목표의 일부로서의 내용

과학교육의 목표는 앞서 논의한 바와 같이 여러 형태로 범주화 할 수 있겠으나 예를 들어 과학지식의 이해, 과학적 능력의 신장, 과학적 태도의 함양 등과 같이 범주화 할 때, 둘째와 셋째 범주의 경우에는 구체적인 어떤 과학지식이 언급되지 않지만, 첫째 범주의 경우에는 구체적으로 선택된 과학의 개념과 개념체계가 포함 되어야 한다. 즉, 목표의 일부로서 과학지식의 이해는 <내용+행동> 다시말해 학습해야 할 과학 내용이 한정 되어야 하고 행동이 명시 되어야 한다.

(나) 과학교육의 목표달성을 위한

수단으로서의 내용

초·중등 과학교육에 있어서 과학적 사고력이나 태도를 함양함에 서로 다른 여러 내용이 거의 같은 목표를 달성 시킬 수 있다는 전제를 긍정 한다면 이론적으로는 목표의 일부로서 선

택된 내용 이외에도 여러 다른 내용이 어떤 다른 이점을 위해 선택 될 수 있다. 이것은 물론 목표의 일부로서 선택되는 내용과 수단으로 채택되는 내용이 근본적으로 다름을 뜻하지는 않는다.

“렌즈 만드는 사람의 공식”은 물리적 현상의 수직화를 연습 시키기 위해 수단으로서 취급될 내용이 될 수도 있고, 응용과학 교육에 있어서 중요한 학습목표의 일부로서 선택될 내용이 될 수도 있다.

그러나 초·중등 과학교육에서 어차피 제한된 내용을 선택함에 그것이 목표의 일부요 동시에 전체 목표달성을 위한 수단으로 채택될 과학의 개념과 개념체계를 과학학습 내용으로 구성하는 것이 바람직하다고 하겠다.

(c) 과학학습활동 조직의 한 근거로서의 내용

과학의 내용이 곧 목표의 전부라는 과학지식 중심경향의 극단적인 주장도 있고, 그와 대조적으로 과학지식의 내용은 교육목표 달성을 위한 순전히 수단에 지나지 않는다는 일반교육론 중심 경향의 극단론도 있다. 또 한가지의 오도 될 편견은 내용이 아니라 학습경험만이 중요하다는 주장이다.

에너지라는 내용으로 읽기, 쓰기, 외우기, 관찰하기, 실험하기, 논의하기등 여러가지 활동을 할 수도 있으며, 또한 한 활동이 여러 다른 학생에게 각각 다른 경험이 될 수도 있다 그렇다고 해서 내용은 관계없거나 필요없고 활동이나 경험만이 중요하다고 할 수 있을 것인가? 에너지라는 내용의 선택 없이 어떻게 여러 가능한 활동을 계획할 것인가?

과학학습의 내용구성은 학습활동 조직을 위한 중요한 증거임에 틀림없다.

이와같이 과학학습의 내용인 과학의 개념과 개념체계는 교육의 과정을 범주화 함에 한 부분에만 한정 되지 않고 다중적인 역할 내지는 위치를 차지한다.

다양하고 복잡한 우주의 사물과 현상, 가속적으로 증가하는 과학지식의 폭발사태, 다인수 학습과 미비한 시설 등의 여건에서 보통의 과학교사가 설정된 목표를 달성하도록 하기 위해서는 어떻게 과학학습의 내용을 선택하고 조직하는 것이 가장 바람직한가? 어떻게 직관만에 의하거나 시행착오에 의해 개편하지 않고 근거있게 의미있는 학습내용을 구성할 것인가?

(7) 기본이념의 구조화

일찌기 「스펜서」가 외친 것과 같이 “어떤 지식이 가장 가치가 있는가?” 「부르너」는 기본이 되는 개념과 개념체계는 보다 많은 것을 설명할 수 있고 轉移와 활용의 가치가 높은 경제적인 것이라고 하면서 신뢰로운 기본 개념과 개념체계를 학습내용으로 구성하는데 가장 크게 공헌할 사람은 전문적인 과학자일 것으로 그들의 교육에의 공헌은 절대로 요청된다고 하였다. 그러나 어느 한 과학자도 과학 전반에 능통할 수가 없다.

「콤포트」로부터 시작 되었다고 생각되는 수학, 물리학, 화학, 생물학 등의 계층화는 그렇게도 오랫동안 학교 과학교육에 영향을 주고 지속되어 온 것은 놀라운 일이다. 근래에 이르러 그들간의 인접 분야에서 눈부신 발전이 이루어졌지만 아직도 이론적인 체계나 실제적인 면에서 그러한 과학분야의 구분은 실용적이고 현실적이라 하겠다. 그리하여 <부록 1, 2>에 제시한 바와 같이 우리나라 초·중등 과학교육과정의 내용부분을 보면 물리, 화학, 생물, 지구과학 등 4 분야로 등분한 것을 볼 수 있다.

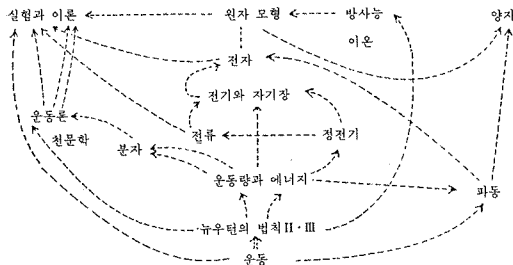
그러나 기본개념들의 선택이나 4 분야의 등분은 그 부분들의 혼합으로 바람직한 내용 구성을 달성하기 어렵다. 「부르너」는 기본 개념들이 서로 의미있게 관련지워져 학습됨으로써, 즉 그의 용어로 말한다면 기본 개념의 구조화를 통해서 학생들은 전체 교과를 보다 통합적으로 파악 하면서도 쉽게 이해할 수 있고, 기억력을 도와 재생산력을 높이며 적절한 훈련의 轉移를 가능하게 하면서 광범한 응용력을 발휘하게 할뿐만 아니라 고등지식과 초보지식의 간격을 좁힐

3. 과학학습의 내용 구성

수 있다는 것이다. 「부르너」는 요약하기를 『한 교과의 교육과정은 그 교과의 구조를 나타내는 일반적인 원리를 가장 잘 이해하고 있는 사람들에게 의하여 구성되어야 한다. 그 학분의 기본 구조와 관련을 맺지 않는 특수 사실이나 기술을 가르치는 것은 몇가지의 근본적인 의미에서 비경제적이다. 첫째로 그런식으로 가르치면 학생들은 이미 학습한 것을 앞으로 당면할 사태에 적용하기가 아주 어려울 것이다. 둘째로 일반적인 원리를 파악하는 데까지 미치지 못하는 학습은 知的인 회열이라는 관점에서 볼 때 아무것도 주는 바가 없다. 교과에 대한 흥미를 일으키는 가장 좋은 방법은 학생들로 하여금 그것이 알 가치가 있는 것임을 느끼도록 하는 것이며, 이것은 다시 학습에서 얻은 지식을 학습사태 이외의 다른 사태에서도 써먹을 수 있도록 할 때 가능하다. 세째로 학습에서 얻은 지식을 서로 엮어매는 구조가 없을 때 그 지식은 쉽게 잊어 버린다. 서로 단절된 일련의 사실들은 그 기억수명이 매우 짧다. 원리나 개념을 중심으로 특수한 사실들을 조직하고 그 원리나 개념에서 다시 특수한 사실들을 추리해 내는 것만이 인간 기억의 급속한 마모율을 감소시키는 것이 현재까지 알려진 방법』이라는 것이다.

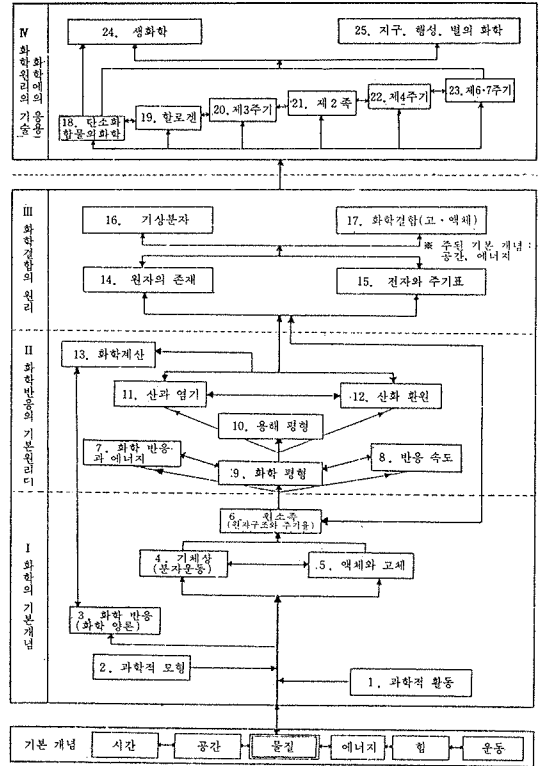
〈그림 1~4〉는 고등학교 물리, 화학, 생물, 지구과학과정을 위한 기본개념의 선택과 그 구조적 관계를 여러가지 방법으로 제시한 예들이다.

〈그림 1〉 Nuffield* 물리과학 내용구성



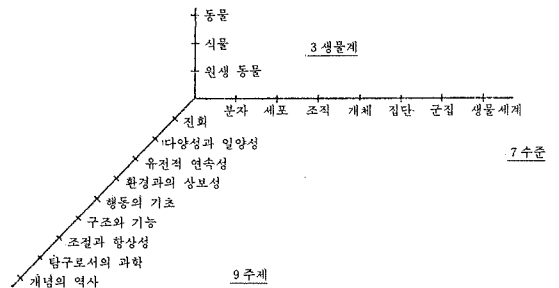
Nuffield : 영국의 과학교육연구를 지원한 재단

〈그림 2〉 CHEM Study* 화학 과정의 내용 구조



CHEM : Chemical Education Material Study

〈그림 3〉 BSCS* 생물 과학 과정의 주제 구성



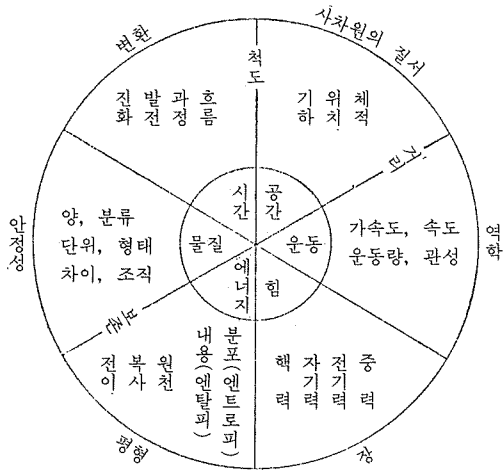
BSCS : Biological Science Curriculum Study

(L) 학생지력에의 타당성

과학학습의 내용이 아무리 과학답고 과학의 기본개념을 구조화하였다고 하여도 학생들의 지력 수준을 넘어서는 내용은 부당하다.

아마도 과학교육의 바람직한 이론, 또는 과학교육의 「과학」은 바로 이런 문제점의 연구로부터 시작되지 않을까 여겨진다. 과학학습 내용과 학습자의 지력과의 적절한 부합이야말로 특별히 초·중등 과학교육의 무모한 주장, 시행착오, 교육력의 낭비를 벗어나는 길이라 생각된다.

〈그림 4〉 ESCP* 지구과학 과정의 기본 개념



ESCP : Earth Science Curriculum Project

「피아제」의 지력발달 이론은 이에 한가닥의 실마리를 제공해 주고 있다는 소리가 자자하다. 인간은 지적발달에 있어서 중요한 몇 단계를 거친다는 것이다. 각 단계의 특징을 고려하지 않고 확실한 근거가 없이 이 내용은 어렵다든가 쉽다는 판단은 무모한 일이다. 내가 어려웠으니 이 아이들도 어려울 것이라든가 이 내용은 우리가 대학에서 처음 배웠으니 으레 그것은 대학에서만 취급해야 된다는 생각을 하기 쉽지만, 「부르너」는 대담하게 가정하기를 『어떤 내용이든지 지적으로 올바르게 적절한 형식으로 표현하면 어떤 발달 단계에 있는 어떤 아동에게도 효과적으로 가르칠 수 있다』는 것이다.

4. 각급학교 과학학습의 내용

1981년도에 개정 공포된 교육과정을 보면 국

민학교 자연교과의 학습내용(부록 1 참조)은 1학년부터 6학년까지 물리, 화학, 생물, 지구과학의 내용을 거의 일정하게 등분하여 취급하게 되어 있으나 단원간에 그리고 분야내에서 학년간에 어떤 관련으로 이러한 내용이 선택되고 조직되었는지는 알기 어렵다.

중학교 과학 과목의 내용(부록 2 참조)도 보면, 각 학년에서 물리, 화학, 생물, 지구과학 관계 단원이 한개씩 있고 중3에서 하나 더 추가하여 자연 보호에 대한 단원이 있을 뿐이다. 이 경우 역시 학년내에서 4~5개 단원들이, 그리고 분야내에서 단원들이 학년간에 어떤 관계로 선택되고 조직되었는지 알기 어렵다. 구체적인 예를 든다면, 개편전에 중학교 3학년 과학에 포함되어 있던 「힘과 운동」 단원이 어떻게 해서 중학교 1학년 과학의 내용으로 되었는지 알기 어렵다.

우리나라 학교 과학교육에 있어서 물리, 화학, 생물, 지구과학 등 4분야가 얼마나 대등하게 등분되었는가? 고등학교에서는 과학 4분야 과목이 모든 고등학생에게 모두 공통필수이며, 자연과정 학생은 모두 물리II, 화학II, 생물II, 지구과학II를 똑같은 단위수만큼 필수로 이수하게 되어 있다.

이러한 내용 구성은 바람직한가? 초·중·고등학교 과학학습의 내용을 선택하고 조직하는 합리성이 무엇인가?

5. 맺는 말

과학교육에 있어서 선택된 과학의 개념과 개념체계는 과학교육 목표의 일부가 되는 동시에 전체 목표를 달성하기 위한 수단으로서의 역할을 한다.

그러나 근래에 이르러 이러한 과학지식의 폭발적 증가는 과학교육 내용 구성을 대단히 어렵게 하고 있다.

과학의 기본적인 개념을 선택하여 구조화 시키는 것이 바람직하다고 하겠는데, 이러한 일을 위해서는 과학자들의 공헌이 계속 필요하다. 또한 학생의 지력에 적합한 내용 구성을 위해

서는 지금까지 별로 연구되지 않은 분야로, 이것을 위해 과학교육자들의 출현과 노력이 시급하다고 하겠다. 아마도 이것이 과학교육연구의 전문성을 확립시키는 중요한 한가지 과제가 아닌가 싶다.

앞으로 초·중·고등학교의 과학학습 내용이 근거있게 의미있는 구성을 도모하기 위해서는 전국 아동의 지적발달 분포에 대한 조사와 과학 지식의 분석이 이루어지는 바탕위에 과학교육의 내용이 연구 검토되어야 할 것이다.

<부록 1> 국민학교 자연교육의 내용

과목 학년	물 리	화 학	생 물	지 구 과 학
1	(나) 여러가지 물체		(가) 우리 주위의 생물	(대) 우리의 자연환경
2	(나) 빛과 그림자 (배) 소리 (아) 자석	(가) 여러가지 물질	(대) 식물의 한살이 (배) 여러가지 곤충	(태) 공기 (사) 낮과 밤
3	(가) 물체의 균형 (사) 전지와 전구 (아) 측정	(태) 물질의 성질	(대) 동물의 한살이 (배) 연못의 생물	(나) 날씨 (배) 들과 흙
4	(가) 빛의 나아감 (사) 열과 물체의 변화 (아) 전기회로	(배) 혼합물의 분리	(대) 작은 생물 (태) 환경과 생물	(나) 강과 바다 (배) 지층과 화석
5	(가) 힘과 연모 (배) 물체의 위치와 운동	(나) 용 해 (아) 분 자	(태) 식물의 구조와 기능 (배) 생태계	(대) 날씨의 변화 (사) 지구와 달의 운동
6	(나) 전자석 (아) 에너지	(대) 산과 염기의 성질 (사) 연 소	(태) 우리의 몸 (배) 환경오염과 자연보존	(가) 화산과 지진 (배) 계절의 변화

<부록 2> 중등학교 과학교육의 내용

중 학 교	고 등 학 교			
	공 통		과 학 과 정	
1학년 (태) 힘과 운동	물 리 I	1. 힘과 운동	물 리 II	1. 운동량과 에너지
2학년 (태) 전 기		2. 전자기		2. 천체의 운동
3학년 (가) 에너지		3. 파동과 빛		3. 분자운동과 열
		4. 현대 물리		4. 열역학의 법칙
1학년 (태) 물질의 특성과 분리	화 학 I	1. 화학-물질의 과학	화 학 II	5. 전자기 유도와 전자기파
2학년 (태) 물질의 입자		2. 물질세계의 규칙성		6. 원자 모형과 스펙트럼
3학년 (나) 물질의 변화		3. 화학 결합과 구조		7. 원자핵과 기본입자
		4. 화학 반응		8. 전이원소와 착이온
1학년 (나) 주변의 생물	생 물 I	1. 생명의 특성	생 물 II	1. 세포
2학년 (나) 물질 대사		2. 사람의 영양		2. 물질 대사
3학년 (태) 생명의 연속성 (배) 자연 보호		3. 생식과 발생 4. 유전과 진화 5. 생물의 다양성 6. 생물과 환경		3. 조절과 항상성 4. 유전
1학년 (가) 대기와 물의 순환	지구과학 I	1. 행성으로서의 지구	지구과학 II	1. 지각의 진화
2학년 (가) 지구의 물질과 변화		2. 대기와 해양의 변화		2. 대기와 해수의 순환
3학년 (대) 지구와 우주		3. 지각의 변화		3. 별과 우주의 진화