

학문 중심 과학 교육의 문제점과 생활 소재의 과학 교재화 방안

권 재 술

(한국교원대학교 물리교육과)

(1991년 4월 15일 받음)

I. 서 론

1950년대 PSSC위원회 활동으로 시작되는 학문 중심 교육 철학은 1960년 이후 우리나라 과학 교육에 큰 영향을 끼쳐왔다. 학문 중심 교육 사조는 학교 과학 교육에서 과학을 과학답게 다루어야 한다는 말로 요약할 수 있을 것이다. 과학을 과학답게 다루어야 한다는 말은 과학자들이 생각하고, 과학자들이 탐구하는 방법을 학생 수준에 적합하게 번역하여 제시하는 것을 의미한다. '번역'이라는 말은 학생에게 적합하게 바꾸어 표현한다는 뜻으로서 어려운 것을 좀 쉽게, 시간이 많이 걸리는 것을 좀 시간이 적게 걸리게, 돈이 많이 드는 실험을 좀 값싼 실험으로 바꾸는 것을 의미하나 본질적으로는 과학자들이 하는 활동과 유사하며, 과학자들의 활동에 들어 있는 기본 정신은 그대로 나타내야 한다는 것을 의미한다.

70년대 이후, 특히 80년대에 들어와서는 미국과 유럽에서 학문 중심 교육 철학에 대한 비판이 강하게 일어났다. 이는 과학 교육이 과학자 양성만을 위한 것이 아니라 모든 사람을 위한 과학(science for all)이어야 한다는 인식과 병행하여 기존 학문 중심 과학교육에 대한 수정이 가속화 되었다.

이러한 인식이 우리나라 5차 교육과정에 반영되기는 하였으나 일반 목표 수준의 반영에 머물렀고, 구체적인 교육현장에서는 아직 제대로 반영 되지 않았다. 이러한

시점에서, 새로운 교육 사조를 우리나라 과학교육에 반영할 필요가 있는지, 있다면 그 구체적인 방안은 무엇이며, 그것이 가져다 줄 과학 교육적 의의를 찾아 보자 한다.

II. 학문 중심 교육 철학의 문제점과 새로운 방향의 필요성

1. 학문 중심 교육 과정

Bruner가 요약한 우즈 홀 회의 결과 보고서인 교육의 과정(Process of Education)에서 제시하는 철학에 입각하여 많은 새로운 과학 교육 과정과 이에 따른 과학 교육 자료가 개발되었다. 이렇게 개발된 교육 과정과 교육자료는 전통적인 것과는 현격한 차이가 있었다.

우선 과학 교육 과정의 측면에서 보면, 해당 교과목의 기본 개념을 잘 구조화하여 표현 하였다는 점이다. 개념의 논리적 순서에 입각하여 개념을 도입하였으며, 개념을 정선하여 과학의 기본이 되는 기본 개념을 강조하고 그렇지 않은 개념은 과감히 교육 과정에서 제외시켰다. 과학적 개념이라고 하더라도 과학의 본질적 체계를 파악하는데 필수적이지 아닌 내용은 약화하거나 제외하였다. 예컨대, 광학 기계를 설계하거나 다루는 데 중요한 초점, 상이 생기는 위치, 배율 등은 별로 다루

지 않았다. 또한 전자기에서 전자기 유도 현상을 강조 하였으나 이를 활용하는 변압기에서 입력 전압, 출력 전압 등은 그렇게 중요시 하지 않았다.

학문 중심 교육 과정에서는 과학의 탐구 과정을 강조하였다. 과학적 탐구 과정은 과학자의 활동에 매우 중요하기 때문에 과학의 본질을 이해하는 데 탐구 능력의 습득이 필수적이라고 믿었기 때문이다. 이 탐구 과정은 과학자들의 실험과 같이 잘 통제된 이상적인 상태에서 할 수 있도록 교묘히 고안 되었다. 그렇다고 하여 과학자들이 사용하는 것과 같은 매우 정교하고 복잡한 장치는 아니었다. 예컨대, 마찰이 없는 상태의 운동을 관찰할 수 있게 하기 위해서는 이산화탄소 기체 분사 장치(dryice puck)를 사용하는 것이 그 한 예이다.

학문 중심 교육 철학에 입각하여 개발된 실험 기구는 몇 가지 특징이 있다. 전통적인 과학 교육에서는 실생활에서 사용하는 연모나 장치를 그대로 과학 교육에 사용하였다. 예컨대, 자전거를 사용하여 힘의 전달, 각 운동량, 힘의 능률 등을 가르쳤다. 그러나 학문 중심 교육에서는 실제 연모는 너무 복잡하고, 매우 많은 과학적 개념이 관련 되어 있기 때문에 특정 개념을 도입하고 이해시키기 위해서는 부적합하다고 주장한다. 각 운동량을 가르치기 위해서 자전거를 사용한다면, 자전거 바퀴만 필요하지 손잡이, 체인, 페달 등은 필요없는 것들이 된다. 이렇게 필요없는 요소들을 과감히 제거하고 오직 각 운동량만 관계되는 장치를 고안할 필요가 있었다. 이를 위해서 개발한 것이 회전 장치(turn table)위에 원판을 얹은 각운동량 실험 장치이다. 수면파 실험 장치(ripple tank)도 같은 이유에서 개발된 것이다. 실제 호수나 바다에서의 파동 현상은 너무 복잡하여 파의 전파, 간섭, 회절, 굴절을 탐구하기에 적합하지 않다는 것이다.

이렇게하여 개발된 실험 기구는 단순하고, 저렴한 것이 특징이다. 또한 이렇게 고안된 실험 기구는 학생들이 학교에서나 볼 수 있지 자기의 일상 생활에서는 볼 수 없는 것이었다. 그러나 이 실험 기구로 실험한 결과는 비교적 교과서에 제시되어 있는 이론치와 잘 일치하는 특성이 있어서 기본 개념들을 이해하는 데에는 매우 효과적이었다고 본다.

학문 중심 교육에서 개발된 실험 기구의 특징을 다음과 같이 요약할 수 있다.

첫째, 과학 실험만을 위해서 특별히 고안 되었다.

둘째, 목표로 하는 개념만 사용하여 설명할 수 있는 장치이다.

셋째, 실험실에서나 볼 수 있고, 일상 생활에서는 볼 수 없다.

넷째, 기구가 간단하다.

다섯째, 실험 결과가 이론과 잘 일치한다.

2 학문 중심 교육 과정의 문제점

논리적인 측면에서 볼 때, 학문 중심 철학에 입각한 과학 교육은 완벽한 것처럼 보인다. 이러한 논리적 완벽성은 60년대 미국 과학 교육의 황금기를 맞게 하였다고 본다. PSSC가 개발된 이래, CHEM STUDY, BSCS, ESCP, IPS 등 중등 과학 교육 과정은 물론 ESS, SCIS, SAPA, COPEs 등의 초등 과학 교육 과정도 쏟아져 나왔다. 이러한 붐은 우리나라에도 물려와서 3차 교육 과정(1973년 개정)에서 학문 중심 과학 교육을 대폭적으로 수용하였다.

그러나 1970년대에 들어와서 미국에서 학문 중심 교육 과정에 대한 비판이 일어났다. 그 원인은, 막대한 국가적 예산을 투입하여 개발된 교육 과정이 일선 학교에서 채택되지 못하고 점차 배척되는 현상과, 과학 기술의 발달로 인한 공해 문제, 월남 전쟁에서의 대량 살상 그리고 미국의 국가적 교육평가(NAEP)결과 과학에 대한 학생의 실력이 전혀 상승되지 못하고 오히려 내려가고 있으며, 과학 과목을 선택하는 학생 수도 줄어 들고 있다는 사실에 있었다.

학문 중심 철학에 입각하면, 새로운 과학교육의 결과는 분명히 기본 개념 이해의 증가로 나타났어야 하고, 학생들의 탐구 능력의 향상이 있어야 할 것이다. 그러나 그러한 가정을 뒷받침할 만한 증거는 나타나지 못했던 것이다.

뿐만아니라 60년 후반의 월남 전쟁, 심각해진 공해 문제 등은 일반인들로 하여금 과학의 발달이 궁극적으로 가져다 준 것이 무엇인가에 대한 강한 회의를 불러 일으키게 하였다. 이렇게 하여 나타난 운동이 소위 STS(Science, Technology and Society) 운동이다.

3 새로운 개혁의 필요성

우리나라에서는 70년대 학문 중심 교육 사조를 채택한 이래 지금까지 교육 과정이나 교과서에 있어서 별다른 변화가 없었다. 70년대 3차 교육 과정에서 혁신적이고도 급진적으로 채택하였던 학문 중심 과학 교육은 몇 차례의 교육 과정 개편에서도 그 기본 정신이 바뀌지 않았다. 이는 학문 중심 과학 교육의 허실이 체대

로 평가 되지 않았음에도 원인이 있지만, 더 중요한 것은 입학 시험 위주의 교육이 교육의 모든 것을 압도해 왔기 때문이다. 우리나라 학생들의 과학 능력이 외국에 비해서 뒤진다는 것은 여러 연구에서 밝혀졌었다(중앙 교육 평가원, 1989 ; 김범기, 1989). 그러나 그 원인이 입학 시험 제도에 둘러지고 여타 과학 교육 과정의 문제에 대해서는 간과되어 왔다.

이미 미국과 유럽 여러 나라에서는 학문 중심 과학 교육에서 탈피하여, STS운동, Project 2061, 모든 사람을 위한 과학(science for all), 영국의 SATIS(Science and Technology in Society) 과정 등 과학 교육의 새로운 방향을 제시하고 있다. 이 운동은 이미 1970년대 초에 시작되어 지금은 매우 보편화 된 상황이라고 생각된다. 1970년대 초에 우리나라에서 미국의 학문 중심 과학 교육을 그렇게 빨리, 그리고 과감히 수용하였던 것과 STS의 철학에 대한 현재의 대응 방법은 매우 대조적이지 아닐 수 없다.

1970년대에는 PSSC, CHEM STUDY, BSCS, ESCP, IPS 등의 중등 과학 교육 과정과 ESS, SCIS, SAPA, 등의 초등 과학 교육 과정과 교과서가 번역되고 이의 실험적 적용 연구를 매우 활발히 전개 하였다. 그 당시 우리나라의 경제 규모가 지금과 비교하여 열악한 상황이었음에도 국가적 지원이 있었으며 수적으로 적은 연구 인력이었으나 연구 활동은 활발하였다.

새로운 과학 교육 운동이 1970년대에 시작하여 상당히 많은 연구가 외국에서 이루어지고 있으나 국내에서는 이러한 운동에 대한 연구가 거의 없는 실정이다. 이러한 과학 교육 철학을 우리 나라 과학 교육에 수용하는 일과는 별도로 외국에서 이루어지고 있는 연구의 성격과 그 공과에 대한 연구는 이루어져야 한다고 본다.

본 연구에서는 학문 중심 과학 교육에서 탈피하여 생활 현장의 문제가 과학교재로 활용되어야 할 필요성을 다음 몇 가지 관점으로 제시하고자 한다.

첫째, 학문 중심 과학 교육 방법으로 과학 교육이 별로 개선되지 않았다. 그 원인이 어디에 있었던지 간에 지금의 과학 교육은 학생들의 과학 개념 이해 측면에서나 탐구 능력의 함양에 효과적이지 못했음이 여러 연구에 의해서 입증되었다. 물론 그 원인이 학문 중심 과학 교육에 있었던 것만은 아니다. 사실, 우리나라에서는 도입 초기를 제외하고 학문 중심 과학 교육이 제대로 시행 되지도 못했던 것이 사실이다. 학문 중심 과학 교육에서 그토록 강조하는 기본 개념의 이해와 탐

구능력의 함양을 위한 교육은 시행되지 않고 단편적인 지식의 암기에만 급급한 것이 오늘의 우리 나라 과학 교육 현실인 것이다.

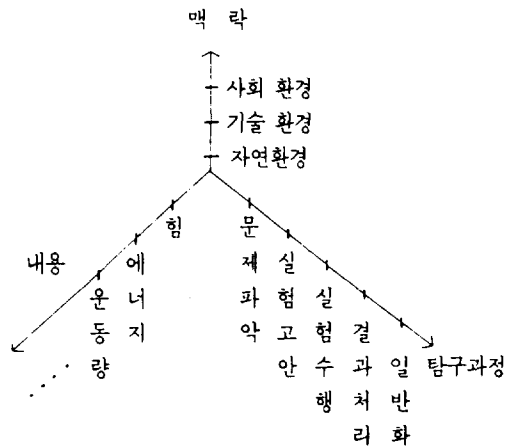
비록 오늘의 과학교육의 실패 원인이 학문 중심 과학 교육 때문이라는 증거가 없다고 하더라도, 지금의 과학교육에서 그 철학이 구현 되지 않고 있다면 그러한 교육 방법은 최소한 현실적 타당성을 잃게 되는 것이다. 따라서 학문 중심 과학 교육에 대한 비판적 분석이 불가피한 것이다.

둘째, 이미 서구에서는 학문 중심 과학 교육에 대한 대안이 제시 되고 이와 관련된 많은 자료가 개발 되었다는 점이다.

새로운 개혁의 필요성이 있다고 해서 개혁이 가능한 것은 아니다. 새로운 대안이 있을 때 개혁이 가능한 것이다. STS 운동이나 '모든 사람을 위한 과학', SATIS 등은 이러한 대안 중의 하나이다. 이러한 대안들에 대한 집중적인 검토와 연구를 통하여 우리 나라에 적용 가능한 방안을 모색할 수 있을 것으로 본다.

Ⅲ. 과학 교육 맥락으로서 생활 소재의 본질과 구조

과거 2차원적 목표 분류에서는 내용과 행동(탐구과정)으로 과학교육의 구조를 나타내었다. 그러나 근래에 와서는 여기에 과학교육의 맥락(context) 차원을 하나 더 추가하여 3차원적 구조로 제시하는 것이 보통이다.



(과학 교육의 3차원적 구조)

맥락 차원이 과학 교육의 중요 요소로 부각하게 된 것은 STS 운동의 영향이라고 볼 수 있다. 지금까지는 개념과 탐구능력을 습득하게 하면 과학 목표가 도달된

다고 보았으나 복잡한 사회 문제에 과학과 기술의 역할과 책임이 증대됨으로 인하여 과학 교육을 어떤 맥락에서 수행하느냐 하는 문제가 중요한 문제로 부각되었다. 과거에는 맥락을 단지 과학 교육의 장(場)을 제공하는 것이므로 단지 목표 도달을 보다 더 효율적으로 도달시키는 수단으로서 인식하였으나 근래에 와서는 맥락 자체를 수단의 역할 뿐만 아니라 그 자체를 목표로서 인식하게 되었다.

여기서는 맥락 차원의 구조에 대해서 간략히 논의하고자 한다. 맥락 차원을 구분하는 방법에는 여러 가지가 있겠으나 여기서는 자연 환경, 기술 환경, 사회 환경의 세 가지 요소로 구분할 수 있을 것 같다.

이것은 포퍼(Popper and Eccles, 1981)가, 우리가 사는 세계를 세 가지로 구분한 것과 유사하다. 그는 세계를 물질 세계(World 1), 인지적 세계(World 2), 인간이 만든 세계(World 3)로 구분하였다. 예컨대, '책'은 World 1로 구성 되어 있다. 책을 이루고 있는 본질이 바로 World 1이다. 다음은 책에 담겨 있는 내용이다. 이 내용은 인간의 인지 구조 속에 있는 것으로서 물질적인 존재가 아니다. 이것이 World 2이다. 또한 '책'은 책을 이루고 있는 물질, 내용만 있는 것이 아니다. 인간이 창조해 낸 것이다. 인간이 이 책을 이루는 물질을 창조해 낸 것이 아니라 책의 모양, 체계를 창조한 것이다. 이것이 World 3이다.

완전한 일치는 아니지만 여기서 제시하는 세 가지 환경은 이 세 가지 World와 일맥 상통한다. 여기서는 이 세가지 요소를 간략히 살펴 보기로 한다.

1. 자연환경

자연 환경은 인간의 영향이 가해지지 않은 환경으로서 자연 과학의 주된 탐구 대상이다. 자연 환경 맥락은 50년대 생활 중심 과학의 주 대상이었다고 볼 수 있다.

과거에는 자연환경을 쉽게 접할 수 있었으나, 산업과 기술이 발달된 현대에는 인간의 기술이 미치지 않는 자연 환경을 접하기가 매우 어렵다. 그러나 자연과학의 주된 탐구대상이 자연 현상임을 생각하면, 과학 교육에서 자연 환경은 매우 중요한 소재라고 할 수 있다. 자연 환경을 대상별로 관련 과학 개념과 활동 방법을 간략히 요약하면 다음 표와 같다.

(표 1) 자연 환경 요소와 관련 과학 개념

자연환경	관련 소재	관련 과학 개념
산	산의 지형, 산의 동물, 산의 식물, 고도에 따른 기상변화	지질, 지형, 등고선, 동식물, 기상, 생태계, 기압과 관련된 물리 화학적 개념, 중력
들	들의 지형, 들의 동식물, 논과 밭, 농작물 재배	동식물, 생태계, 지질, 오염
강	강물의 흐름, 강물의 새기	유체 역학, 강의 작용, 동식물
바다	파도, 조석, 해변의 지형, 해안의 동식물, 해저 지형, 바다의 역할	해류, 조석, 파동, 유체역학, 해변지형, 동식물, 기상, 수압, 전향력, 정화작용, 오염, 기상, 해저지진
대기	대기의 구조, 기후, 기상	대기의 조성, 강우, 기상, 대기압, 전향력, 대기 오염, 유체 역학
지구	지구의 구조, 지각의 변천	관구조론, 대륙 이동, 지구 내부구조 중력, 지자기, 탄성과 소성, 화석, 지형학
천체	태양계, 은하계, 우주, 별의 관측, 우주론	우주의 구조, 우주 창조, 시공간, 상대론, 중력, 망원경, 분광학, 별의 특성, 소립자 우주 핵반응

2. 기술환경

기술환경은 자연환경과는 달리 인간이 만든 유형적 환경(man-made-world)이다. 이 맥락은 현재, 공학이라고 불리는 학문 영역의 주 대상이고 우리의 일상 생활과 밀접한 관계가 있다.

자연환경이 인간의 노력과 관계 없이 주어진 환경이라면 기술환경은 인간의 노력에 의해서 창조된 환경이다. 이 인간의 노력 중의 중요한 부분이 과학적 지식 즉, 자연환경의 탐구를 통해서 얻은 과학적 지식을 자연환경에 재적용하여 변형하거나 그 과학지식을 이용하여 새롭게 만들어 낸 것이 기술환경이라고 볼 수 있다.

3. 사회환경

사회환경이 과학교육의 맥락으로 들어오는 것을 학문 중심 과학 교육에서는 매우 생각하기 어려운 일이

〈표 2〉 기술환경 요소와 관련 과학개념

기술환경	관련 소재	관련 과학 개념
일상생활	전기, 조명, 수도, 냉난방, 에너지절약, 공해, 조리(부엌), 교통, 통신, 병원	역학, 전자기, 화학변화, 광학, 공해관련 과학개념
정보산업	컴퓨터, 통신, 레이저	전자, 광통신, 전자파
신소재	기억소자, 플라스틱, 세라믹, 금속, 합금	물질의 구조, 물질의 특성, 초전도
군수산업	총, 대포, 유도탄, 전투기, 핵무기	역학, 전자기, 광학, 화학, 연료, 유체역학, 핵물리
우주탐험	우주선, 전파망원경	역학, 전자기, 광학, 중력

었다. 그러나 STS 운동은 오히려 이점에 상당한 중점을 두고 있다. 현재의 많은 사회문제는 과학기술과 밀접한 관계가 있다. 국가의 여러 가지 제도, 규정 등은 과학적인 분석을 통해서 고안, 제정되어야 한다. 사회문제도 첨단과학기술의 힘을 빌려야 해결이 가능하다. 따라서 이러한 사회환경적 맥락에서 과학 교육이 이루어져야 한다.

사회환경의 요소와 이와 관련된 과학개념을 정리하면 다음 표와 같다.

〈표 3〉 사회환경 요소와 관련 과학개념

사회환경	관련 소재	관련 과학 개념
제도	정부기관, 공공단체, 학교	활용 방법에 따라 다양한 방법으로 관련될 수 있음
법규	공해, 보건, 위생, 식품, 교통, 통신, 정보, 면허, 특허, 국제법 (해양, 통신, ...)	
사회문제	공해, 인구, 최루탄, 남북관계, 경제성장, 입시	
과학사	과학개념 발달사, 과학자의 생애와 철학	

IV. 생활 소재의 과학 교재화가 주는 과학 교육적 의의

1. 과학 활동의 본질적 측면

과학 연구활동의 시작은 문제의 발견에서 이루어진다. 문제의 발견은 조건이 통제된 상황에서 이루어지는 것이 아니라 전혀 통제되지 않은 상황에서 이루어진다.

문제 발견이 이루어진 후 그것을 해결하기 위한 실험을 할 때 조건을 통제하고 이상화 시킨 상황을 만들게 된다. 학문 중심 교육에서는 처음부터 이상화된 조건하에서 시작하기 때문에 실제 과학자들이 직면하는 통제되지 않는 상태에서의 문제발견 경험을 할 수 없게 하고 있다. 과학 교육에서의 문제의 발견은 개념을 아는 것이나 문제를 해결하는 것보다 더 중요할 수 있다. 문제가 학습자에게 의미있게 전달되어야 학습이 이루어지는 것이다. 문제가 학습자에게 인식되지 않은 과학 교육은 불가피하게 주입식일 수 밖에 없다. 통제되지 않은 있는 그대로의 자연현상에서 탐구문제를 발견하는 능력을 함양하기 위해서는 실생활 소재가 과학 교육의 교재로 활용되어야 한다.

2. 학습 이론적 측면

학문 중심 과학 교육에서는 개념의 도입을 논리적인 위계에 맞게 조직하였다. 그 논리적 위계는 과학이 가지고 있는 논리적 위계, 또는 과학자들이 생각하는 논리적 위계이었다. 물론 브루너는 학습자의 인지수준에 맞게 번역되어 제시되어야 한다고 주장하였으나 실제 교육과정에서는 학문체계에 입각한 위계가 지배적이었다.

인간의 사고활동이 논리적인 것만은 아니라는 것은 많은 인지심리학의 연구와 두뇌연구에서 밝혀진 사실이다. 어떤 개념, 법칙, 이론을 논리적으로 옳다고 수긍한다고 해서 그 학습자가 그 개념을 의미있게 받아들이는 것은 아니다. 새로운 개념은 학습자의 기존 인지구조에 의해서 재해석되어서 받아들여진다. 따라서 교육과정에서 제시하는 개념의 논리적 위계가 학습자의 인지구조에 의해서 수용되지 않을 때는 올바른 학습이 이루어지지 못한다. 오히려 오개념을 형성할 뿐이다.

최근에 와서 활발히 연구되고 있는 과학 오개념에 관한 연구결과를 보면 학습자가 가지고 있는 과학에 관한 개념과 교과서 또는 학교에서 가르쳐지고 있는 과학개념과는 너무나 거리가 멀다. 그 원인은 여러가지가 있겠으나 그 중 중요한 요인의 하나는 과학 교육이 실생활과 유리되어 있다는 점이다. 오개념의 근원을 실생활 경험에서 찾는 연구가 많다. 학교에서 학습한 상황과 실생활 상황이 너무나 차이가 있기 때문에 학교에서 학습한 과학개념은 잘 통제된 실험실 맥락의 문제만 해결할 때 사용하고 실생활 맥락의 문제를 해결하는데에는 비과학적이고 직관적인 개념을 사용하게 된다.

학교에서 배운 과학개념을 실생활 맥락에 적용하기에는 실생활 문제가 너무나 복잡하다. 학생들은 통제되지 않는 상황을 과학적으로 분석하고 발견하는 능력이 없기 때문이다.

아무리 간단한 과학개념이라도 그것이 반복학습, 반복적용이 되지 않으면 학습자의 인지구조 속에서 소멸되기 마련이다. 특히 일상경험과 잘 맞지 않는 추상적인 과학개념을 수업시간에만 배우고 가정 생활에서나 사회 생활에서는 그와는 상반된 사고를 할 때, 학교에서 배운 개념의 학습량이 일상 생활에서 그릇되게 사용하는 오개념의 학습량에 비해서 너무나 적을 수밖에 없다. 학습자가 가지고있는 오개념은 일상 생활 경험과 최소한 겉보기로는 잘 일치되기 때문에 실생활 장면에서 계속 인지적 혼련이 이루어지고 있기 때문에 오개념이 학교교육에 의해서 교정되지 못하는 것이다.

과학의 오개념을 극복하기 위해서는 과학적 개념을 실생활 맥락에서 도입하고 과학개념을 실생활 현상을 설명하는데 활용해야 한다. 과학개념을 실생활 문제를 해결하는데 사용한다면 학습자는 학습한 개념을 복습하는 기회가 많아질 것이다. 그 개념이 학습자가 빈번히 접하는 생활 맥락과 관계된다면 더욱 그 복습 기회가 많아질 것이다.

또한 과학개념을 실생활 맥락에서 도입을 하게 되면 그 개념이 학습자에게 보다 더 의미있게 된다. 의미있다는 말(meaningful)은 새로운 개념이 학습자의 기존 인지구조와 통합(integrate) 된다는 뜻이다. 학습자의 기존 인지구조는 오랜 경험과 학습에 의해서 구조화되어 있다. 따라서 이 인지구조는 학습자의 일상 생활 경험과 밀접히 관계되어 있다고 볼 수 있다. 새로 배우는 개념이 이 기존 인지구조에 의해서 해석될 수 있을 때 그 개념이 그 학습자에게 의미있게 되고 그렇게 되지 못할 때는 그 개념은 기존 인지구조와 통합되지 못하고 단지 기존 인지구조와 병치(juxtaposition) 상태에 있게 된다. 이렇게 기존 인지구조와 통합되지 못하고 병치상태에 있는 개념은 쉽게 망각되거나 엉뚱하게 잘못 해석되어(오개념으로 변하여) 기존 인지구조에 통합되게 된다. 이러한 통합은 기존 인지구조가 가지고있는 잘못된 구조를 고치지 못하고 오히려 더 강화하는 결과를 초래하여 교육적으로 큰 역효과를 가져오게 된다. 고등학교에서 잘못 개념화된 과학개념을 대학에서 다시 가르치는 경우 경험하는 것으로서 배우지 않은 학생(예컨대, 중학생)을 가르치는 것보다 더 어려운 경우가 있다.

과학개념을 학습자에게 의미있게 전달할 수 있기 위

해서는 학습자에게 이해가 용이하고 의미있는 상황과 관련하여 새로운 개념을 도입하여야 한다. 그 가장 효과적인 방법중의 하나가 학습자가 쉽게 그리고 자주 직면하는 실생활 맥락에서 과학개념을 도입하고 활용하는 일이라고 생각된다.

3. 통합 과학적 측면

사물의 원인과 그 본질을 밝히는 일은 자연과학의 중요 목표중의 하나이다. 물리학, 화학, 생물 등의 학문 분화는 자연사물을 보는 관점과 이해를 위하여 접근하는 방법의 차이에서 온 것으로 볼 수 있다. 자연 사물 자체는 순수 물리학적인 것도 화학적인 것도, 생물학적인 것도 아니다. 같은 사물을 이해하는 데에도 여러 가지 접근 방법이 있을 수 있다. 예컨대, 인간 두뇌의 기능을 이해하기 위해서 물리학, 화학, 생물학, 심리학 등 다양한 개념적, 방법론적 접근이 가능하다. 뇌신경 세포에서 전기적인 신호가 전달되는 현상은 물리적인 현상으로, 신경과 신경 사이의 신호전달에서 물질의 이동과 반응은 화학적인 현상으로, 정보를 저장하고 회상해내는 일은 정보처리 이론으로 접근이 가능하다. 이와 같이 한 가지 자연현상이 다양한 과학적 개념과 관련이 되어 있기 때문에 하나의 자연현상을 어느 한 측면만 보는 것은 바람직하지 않다. 한 자연현상의 여러 측면들은 고립되어 있는 것이 아니라 상호 유기적인 관계가 있기 때문에 한 측면만 분리하는 것이 불가능하기도 하다.

과학 교육에서는 한 가지 자연현상을 여러 측면에서 분석할 때에도 각 관점이 항상 원래의 대상인 자연현상의 이해라는 목표에서 벗어나지 않아야 한다. 예컨대, '살아 있는 나무는 전기가 통하는데 죽어서 마른 나무는 왜 전기가 통하지 않는가'라는 문제를 해결하기 위해서는 생물학적, 물리학적, 화학적 탐구가 모두 필요하나 각 탐구과정에서 원래의 문제가 실종되어서는 안된다. 원래의 문제가 모든 학습 활동에서 중심 문제로 존재할 때 그 탐구활동이 학습자에게 의미있다고 할 수 있다.

학문 중심 과학 교육에서는 개념의 체계를 너무 강조한 나머지 사물의 이러한 통합적인 안목을 갖게하는 데에는 그렇게 성공적이지 못하였다. 생활소재를 과학 교육에 도입하면 이러한 통합과학적 접근이 보다 더 용이해질 것으로 생각된다.

4. 사회문화적 측면

자연과학의 급속한 발달로 인하여 과학과 기술은 우리의 일상생활에 직접적이고도 강력한 영향을 끼치게 되었다. 과학기술의 발달이 우리의 일상생활을 편리하게도 하였지만 한편으로는 공해문제, 대형 안전사고, 전쟁과 같은 크나큰 위험을 제공한 것도 사실이다. 옛날에는 과학적 개념을 몰라도 큰 불편이나 위험은 없었다. 그러나 현대사회에서는 과학적 기초 개념을 모르면 매우 위험할 수 있다. 예컨대, 전기합선이 무엇인지 모른다면 생명의 위협을 받을 수 있다. 아마 미래 사회에서는 이러한 위험이 더욱 가중될 것이다.

공해문제의 경우, 그 위험을 막연하게 인지하지만 그 구체적인 파급효과에 대한 과학적 이해 부족으로 문제를 더 심화시키고 있다. 중금속이 어떤 경로로 우리 몸에 들어오며 그것은 왜 우리 몸에서 축적되며 그 결과로 어떤 결과가 나타나는가에 대한 과학적인 이해가 부족하기 때문에 중금속 배출에 무관심해 질 수가 있다. 만약, 수은 10kg을 한강 상류에 쏟아 붓는 것과 목탄 하나를 광화문 네거리에서 터트리는 것을 비교하여 수은 방류가 더 크고 심각한 피해를 준다는 사실을 안다면 공해문제 해결은 보다 용이해질 수 있다.

과학의 발달이 공해문제와 같은 많은 사회적 문제를 야기하였지만 이 문제를 해결하기 위해서는 어쩔 수 없이 과학의 힘을 빌릴 수 밖에 없다. 과학 교육에서 이러한 책임의식을 심어주는 일은 매우 중요하다. 실험실 상황에서 수은의 영향을 연구하는 것만으로는 과학의 사회적인 책임을 다 할 수 없다. 실제 사회적인 문제가 바로 과학 교육의 교재가 될 때, 그 문제가 의미 있게 부각되고 의미있는 탐구활동이 될 수 있으며 탐구결과에 대한 일반인의 이해가 가능할 것이다.

과학 교육은 과학 탐구와 밀접한 관계가 있지만 과학자를 양성하는 것만이 목적이 아니기 때문에 과학의 사회 문화적 측면에 대한 이해를 학생들에게 심어주어야 한다. 생활소재를 교재화 함으로써 사회적인 문제를 과학적으로 탐구하고 해결방안을 찾는 범국민적 태도를 함양할 수 있을 것이다.

V. 생활소재의 교재화 방안

1. 과거의 경험이 주는 교훈

듀이(J. Dewey)는 좋은 경험과 그렇지 않은 경험을 선별하는 두 가지 기준을 제시한 바 있다(Dewey,

1938). 그것은 연속성의 원리(Principle of continuity)와 상호작용의 원리(Principle of interaction)이다. 연속성의 원리란 경험이 하나의 경험에서 끝나지 않고 그 다음 경험과 연결이 되어야 한다는 뜻으로 경험이 지속적이고 보다 차원 높은 경험으로 발전해야 한다는 것이다. 상호작용의 원리는 다양한 경험이 상호 관련되어 있어야 한다는 뜻으로 다양한 교과에서 제공하는 경험이 상호 유기적인 관계에 있어야 한다는 것이다. 연속성의 원리가 중적인 상호관계를 강조한다면 상호작용의 원리는 경험의 횡적인 상호관계를 강조한 것이다.

과거를 돌아보면 듀이의 철학에 입각한 소위 생활 중심 과학 교육에서 듀이가 제시한 이 두가지 경험의 선택 준거가 지켜지지 않고 생활 소재는 아무것이나 체계도 없이 교재화 되었다. 이 때문에 학교교육이 비체계적이고 산만하여 많은 비판을 받았다. 그 반발로 학문 중심 과학 교육이 나타나게 되었다고도 볼 수 있다. 생활중심 과학 교육에 대한 주된 비판은 과학의 기본 개념이해에 비능률적이고, 과학적 탐구능력이 체계적으로 이루어지지 않고 산만한 단편적 경험만이 강조되었다는 점일 것이다. 이러한 비판은 당시의 교육이 듀이가 제시한 준거에 의해서 경험(교육자료, 교육내용 등)을 선정하지 않았는데 그 원인이 있다. 듀이가 제시하는 두 가지 원리가 시행된다면 경험이 과학적 개념 구조에 입각하여 체계화 될 수 있었을 것이다. 또한 듀이가 탐구과정을 강조하지 않은 것이 아니다. 오히려 전통적인 교육에서 탐구적 접근이 약함을 지적하고 이를 강조하였다고 볼 수 있다. 그러나 실제에 있어서는 과학의 기본 개념이해와 탐구능력의 습득에 있어서는 실패했다.

물론 그 원인이 듀이가 제시한 철학과 교육적 방법을 잘 수용하지 않는데 있음은 사실이나 생활중심 교육이 이를 수용하지 못하도록 하는 요인을 내포하고 있었을지도 모른다. 이제 학문중심 과학 교육으로부터 새로운 방향으로 전환하려고 하는 시점에서 과거의 전철을 다시 밟아서는 안될 것이다. STS 운동은 과거의 생활중심 과학 교육보다 더 포괄적인 문제를 과학 교육의 맥락으로 포함 시키고 있다. 예컨대, 일상 생활의 문제 뿐만 아니라 사회 문화적인 측면이 과학 교육의 맥락이 되어야 한다고 주장한다. 예컨대, 공해문제와 산업기술의 문제는 50년대의 생활중심 교육에서는 큰 고려 대상이 아니었으나 지금은 이 문제가 과학 교육의 중요한 문제로 부각 되고 있다. 이것은 그만큼 사회 환경의 변화가 있었기 때문이라고 볼 수도 있다. 또한

STS 운동에서는 사회 윤리적 문제 예컨대, 동물을 사용한 생체 실험, 전쟁에서의 대량 살상용 무기 사용 등 과학 기술이 정치, 문화, 사회 환경에 미치는 영향을 과학 교육의 맥락으로 부각 시키고 있다.

비록 STS 운동이 옛날 생활중심 과학 교육에서 다루지 않았던 더 다양하고 복잡한 문제들을 과학 교육의 맥락으로 포함시킨다고 하더라도 듀이가 주장하던 “교육은 생활 자체이어야 한다”는 말로 대표되는 그의 철학에서 그렇게 멀리 떨어져 있는 것은 아니라고 본다. 현재의 STS 운동의 기본 정신이 듀이의 사상과 일맥 상통한다고 본다면, 현재의 STS 운동과 그 정신을 과학 교육과정 개편이나 과학 교육 활동에 반영시킬 때는 과거 생활 중심 교육이 저지른 과오를 다시 범하지 않도록 세심한 주의와 노력을 기울일 필요가 있다.

2 생활 소재의 과학 교재 선정 기준

듀이가 경험의 선정 준거로 연속성의 원리와 상호작용의 원리를 제시하였으나 그것은 다분히 본질적이고 원론적인 제시 수준이라고 본다. 여기서는 그러한 원론적인 준거보다는 보다 실질적인 소재 선정 기준을 제시하고자 한다.

첫째, 다양한 과학 개념과 관련된 소재를 선택해야 한다.

학문 중심 과학 교육에서는 가급적이면 가르치고자 하는 개념 이외의 개념이 관계되지 않는 자료를 좋은 교육 자료로 취급하였다. 그러나 STS 정신에 입각한 과학 교육에서는 반대로 한 교재에 다양한 과학 개념이 관련되어 있을 수록 좋은 교재로 인정한다. 그 이유는 한 가지 현상을 다양한 각도에서 분석하는 것이 탐구의 본질일 뿐만 아니라 다양한 과학 개념을 서로 잘 연관 시키는 데에도 도움을 주기 때문이다.

다양한 과학개념과 관련된 소재의 예로서 ‘자동차’를 들 수 있다. 자동차는 역학과 관계되는 개념은 물론 전기, 연소 대기오염과 같은 문제와 밀접한 관계가 있다. 따라서 비록 관계가 적은 것으로 보이던 과학개념들이 서로 연관되어 회상될 수 있고 한 가지 문제를 해결하기 위해서 다양한 과학 개념을 활용하는 능력을 키울 수 있다. 반면에 ‘타구공’과 같은 소재는 자동차에 비해 제한된 과학개념이 관련되어 있기 때문에 자동차 만큼 좋은 소재라고는 할 수 없다.

둘째, 고강도 경험이 가능한 소재를 선택해야 한다.

학교에서 배운 개념이 계속적으로 연습이 되기 위해서는 그 개념이 적용되는 현상을 자주 접할 수 있어야

한다. 사실, 우리가 접하는 자연 환경이나 일상생활은 어느 것이나 우리가 배운 모든 과학 개념이 관련되어 있다고 할 수 있다. 그러나 그러한 관련을 깨닫는 것은 쉬운 일이 아니다. 학교에서 과학개념을 학생이 쉽게 접하는 맥락 속에서 가르치지 않으면 그 개념을 학생의 일상 경험 상황에서 사용하지 못한다. 학문 중심 과학 교육에서는 기본 개념을 구조적으로 이해하면 일상 생활에 자동적으로 적용할 수 있다는 소위 학습 전이 효과를 가정하고 있으나 많은 연구 결과에 의하면 학습의 전이는 내용 의존적일 뿐만 아니라 맥락 의존적이기도 하다. 상당히 우수한 학생들에게는 타 맥락에 학습한 개념과 탐구능력을 적용하는 학습전이 능력이 나타나지만 대부분의 학생에게는 이러한 전이가 어렵다. 따라서 보통 교육기관인 일반 학교에서는 학생이 쉽게 접하는 상황 속에서 과학이 지도 되어야 한다.

기억에 관한 많은 연구 결과를 보면 학습된 내용의 이해 정도는 시간이 지남에 따라 감소 된다. 이것은 학습한 내용의 반복적 연습이 필요함을 입증하는 것이다. 따라서 학습 소재가 일상 생활에서 자주 접하는 것일수록 학습한 과학 개념을 회상하고 연습할 수 있는 기회가 많아진다. 교통 문제, 공해 문제, 가정 생활과 관계된 문제(전기, 밥짓기, 냉온방 등)는 학생이 매일 접하기 때문에 이러한 대상을 자연과학 개념과 관련 지우는 것이 매우 효과적일 것이다.

셋째, 고강도 경험이 가능한 소재를 선택해야 한다.

학생들이 자기 주변의 여러 현상을 설명하기 위해서 사용해 온 그릇된 개념(오개념)을 고쳐 주기 위해서는 학생들이 평소에 사용해 온 직관적인 생각으로는 설명이 되지 않는 현상을 보여 주어야 한다(Hashweh, 1986; 권재술, 1989). 예컨대, 힘이 작용하는 방향으로 물체가 운동한다는 생각을 가지고 있는 학생에게는 힘이 작용하는 방향과 운동 방향이 일치 하지 않는 운동 현상을 보여 주어야 한다. 그렇게 되면 학생은 인지적 갈등을 경험하게 되어 자기의 잘못된 개념을 보다 더 효과적으로 극복할 수 있다.

고강도 경험이란 이러한 인지적 갈등 상황을 보다 더 극적으로 야기시키는 학습 경험을 의미한다. 그러기 위해서는 보다 더 친숙한 현상이면서 약간의 조작을 통해서 학생의 예측과 어긋나는 현상을 보여주는 일이다. 그것이 학생의 생각과 극적으로 다르면 다룰수록 강렬한 인지적 갈등 상태가 야기될 것이다. 이러한 상황에서 학생은 고강도 경험을 하게 된다.

넷째, 직접적(감각적) 경험이 가능한 소재를 선택해야 한다.

직접 경험이란 우리의 오관을 통해서 하는 경험이다. 대부분의 과학 개념은 추상적이기 때문에 개념의 이해가 어렵고 또 오개념으로 형성 될 소지가 많다. 이러한 추상적인 개념을 직접 경험과 관련 시킴으로써 오개념으로의 전환을 막을 수 있다. 예컨대, 관성 능력은 매우 추상적인 개념이다. 그러나 질량은 같으면서 관성 능력이 다른 물체를 회전 시켜서 그 차이점을 느껴보도록 한다면 관성 능력을 보다 더 의미 있게 이해할 수 있을 것이다.

직접 경험은 일상 생활에서는 물론 어린이 놀이터나 회전 목마, 롤러 코우스터와 같은 어린이를 위한 공원에 설치된 장치를 많이 이용할 수 있다. 관성에 대한 실험도 자동차를 타고서 직접 경험해 볼 수 있다. 학생들이 직접 타거나 조작할 수 있는 장치가 시범 장치보다 더 효과적일 것이다. 직접 경험은 오관을 이용한 다양한 경험을 포함하는 것이 효과적이다. 너무 시각적인 경험에만 치중하지 않는 것이 좋다.

다섯째, 학생에게 흥미 있는 경험이 가능해야 한다.

흥미는 단순히 즐기는 것 만을 의미하는 것은 아니다. 지적인 회열을 느낄 수 있는 내용도 포함된다. 흥미는 동기 유발을 위해서 필수적인 것이다. 앞에서 열거한 조건들을 만족하면 대부분은 흥미있는 소재가 될 것으로 본다. 동기 유발은 바로 학습 목표 제시를 효과적으로 하는 방법이 될 수 있다. 학습 목표 인식이 없이 학습이 이루어지지 않는다. 따라서 아무리 좋은 내용이라도 학습자에게 의미있는 동기 유발이 되어야 한다. 이것은 학생들의 관심사와 일치할 때 가능한 것이다.

VI. 결 론

지금까지 실생활 맥락에서 과학 교육이 이루어져야 하는 이유와 그 방안을 살펴 보았다. 우리나라 과학 교육의 문제점이 제기 되어온 것이 어제 오늘의 일이 아니지만 그 구체적 추진은 이루어지지 않았다. 격변하는 우리 사회의 영향으로 교육의 문제는 뒤로 미루어져 온 것이 사실이다. 그러나 사회가 어려움에 직면할 때 일수록 교육의 문제는 더욱 중요하고 가장 우선적으로 고려되어야 할 것이다. 우리 사회에 일어나는 그 많은 문제의 해결을 위해서는 합리적인 사고 방식, 보다 더 비판적이고 분석적이고 창의적인 사고 방식이 요구된

다.

과학 교육이 이러한 사회 제반 문제와 관계를 끊고 있는한 문제 해결은 더욱 어렵게 될 것이다. 문제 해결을 위해서 인간이 찾아낸 많은 방법중에서 과학적 방법은 가장 우수한 것이다. 우리는 이 방법이 모든 학문 분야와 사회의 모든 영역에서 활용되도록 노력해야 할 것이다. 선진 외국에서 강력하게 추진하고 있는 STS 운동은 이러한 목적에 부합되는 운동으로서 우리가 면밀히 검토하고 연구하여 우리 나라에 맞는 방안을 찾아야 할 것이다.

이 논문에서 제시한 것은 STS 운동의 지극히 이론적인 합리화와 그 실행을 위한 기본적인 방안이다. 이와 관련하여 제6차 교육과정 개편에서는 이 문제에 대한 보다 실질적이고 구체적인 연구가 있어야 할 것으로 본다.

참 고 문 헌

- 권재술 (1989) 과학 개념 형성의 한 인지적 모형, 한국물리학회지 "물리교육" 7(1) : 1-9.
- 권재술 외 8명(1987) 중학교 과학과 교육과정 및 그 운영진단, 한국교원대학 교육연구원 연구 보고 87-1.
- 김범기(1989) 물리 교육의 한-일 비교 연구, 일본 히로시마대학교, 박사 학위 논문.
- 박승재 외 6인(1986) 고등학교 과학 교육의 실태 분석과 진흥 방안 및 점진 체제 연구, 연구 보고서, 문교부.
- 중앙교육 평가원(1989) 세계의 교육 격차 - 중학교 수학·과학 학력 평가 국제 비교 연구 - 중앙교육 평가원.
- 브루너(1973) 교육과정, 이홍우 역, 배영사.
- Dewey, J.(1938), Experience and Education, Kappa Delta Pi, MacMillan Pub. co, Inc New York, N. Y.
- Hashweh, M.(1986) Toward an explanation of conceptual Change. *European Journal of Science Education*, 8(3) : 229-249.
- Nellist, J. and Nicholl, B.(1986), ASE Science Teachers' Handbook, Hutchinson and Co., Ltd., London.
- Popper, K. and Eccles, J.(1981) THE Self and Its Brain ; An Argument for Interactionism. Springer-Verlag, Berlin, Germany.

ABSTRACT

Problems of Discipline Centered Science Education and a Method of the Utilization of Everyday Materials in Science Education

Kwon, Jae Sool

(Korea National University of Education)

The new movement in science education in America and Europe has been heavily oriented into technological and societal aspect of science since 1970. However, this spirit has not been well informed in Korea and not adapted in science education. This paper aimed to arouse Korean science educators attention to everyday situation as a science education context.

In this paper, the discipline centered science education was briefly reviewed and problems related to the philosophy was pointed out. At the same time the researcher introduced STS context as a science education objective, and elaborated the three elements(physical situation, technological situation, and societal situation) of the context.

In the paper, the advantages of the use of everyday context in science education were examined. The advantages were analysed in terms of the nature of science, learning psychology, integrated science, and societal aspect of science education.

The paper also suggested the criteria to select teaching materials from STS context. The suggested criteria were the degree of science concepts involvement, frequency of experience, strength of experience, and possibility of direct experience.