

# 과학 심화 학습 프로그램의 개발

김 명 환(KIM 연구소)

## 1. 들어가는 말

과학을 가르치는 일은 오랜 역사를 지니고 있지만 과학 혁명 이후에 과학이 변화해 온 것처럼 질적인 발전을 하고 있지는 않았다. 과학이라는 학문을 전수하는 데에는 도제적인 방법이 주로 이루어져 왔는데 이는 단순히 전문가로서의 과학자를 양성하는데 그 목적이 있었다. 전문가 교육 이전 단계의 교육인 초·중등학교에서는 일반론적인 교육학이 우세하여 교육사조의 변화에 따른 교육 방법론적인 측면이 주를 이루었을 뿐이다. 1980년대 이전까지만 하더라도 과학교육은 교육학에서 이론을 빌려 오고, 학문은 전문가 수준에서 자문하는 형식을 띠 뿐이었다. 즉, 일반 교육학 이론에 따라 각 전공과목은 그 내용을 채우기에 급급한 실정이었다. 그러나, 1980년대 이후부터는 각 전공과목의 특성에 맞는 교육 방법 및 교육 과정이 필요하다는 인식을 교과 교육자들이 인식하여 활발한 연구가 이루어지고 있다.

교과 교육으로서 과학교육에 대한 연구가 활발히 이루어지게 된 배경에는 다음과 같은 여러 가지 이유가 있었다. 첫째로, 과학교육을 과학을 제대로 이해하지 못하는 비전문가로서 일반 교육학자들이 제시하는 이론에 맞추어 교육한 결과, 그 성과가 미흡했기 때문이었다. 교육학자들이 제시하는 교육 방법이나 학습 모형들은 과학이라는 학문의 정수를 알지 못한 채 만든 것이라서 과학 학습에는 그리 효과적이지 못했다. 둘째로는, 과학교육을 전문 과학자들이 제시하는 검증되지 않은 이론만으로 초·중등 학생들을 교육하는데 한계가 있었다. 대학 이상의 전문가를 기르는데 필요한 교육 내용과 교육 방법들

교양으로서 과학을 배우는 초중등 학생들에게 그대로 가르치려는데 무리가 있어 과학 분야로 나가는 극히 일부분의 학생 외에게는 과학을 배운다는 것이 큰 의미가 없었고 오히려 과학의 본질을 학생들이 외면한 채 어려워하는 것으로 나타났다. 셋째로는, 교육 연구자들이 연구하는 이론들이 실제 현장인 학교에서 적용하는데 문제가 있었다. 다른 학문과는 다르게 교육 분야의 연구는 연구를 위해 존재하는 것이 아니라 실제로 학교 현장에 적용할 수 있는 것이어야 의미가 있는데 그 동안의 교육 연구는 다분히 이론적이고 현실감이 없는 연구가 대부분이었다. 넷째로, 1960년대 이전에도 아동 중심 교육사조가 대두되어 왔지만 실제로는 아동의 입장에서 모든 교육과정과 방법이 연구되어 오지 못하였다. 새로운 교육과정이 나올 때마다 아동의 입장에서 교육 내용과 교육 방법을 중시한다고 했지만 실제로는 교육의 대상인 아동의 입장이 아닌 교육을 전수하는 교사 내지는 교육자의 입장에서 프로그램이 만들어져 왔을 뿐이었다. 이러한 이유에서 과학교육뿐만 아니라 다른 교과에 대한 교육도 각 교과의 전문성을 살리고 가르칠 대상인 아동의 입장을 고려하여 교과 교육의 측면에서 재조명하려는 운동이 일어나게 되었다.

우리나라에서도 1981년에 처음으로 한국과학교육학회가 만들어져 일반 교육학에서 주도하던 교육과정 및 교육 평가, 학습 지도에 대한 연구가 시작되어 1996년에는 각 과목의 교과 교육자들이 모여서 협동적으로 연구하는 한국교과교육학회가 만들어지게 되었다. 아직은 그 활동이 기대한 바에 비해 미흡하지만 교과 교육으로서 과학교육의 중요성을 교육에 직간접적으로 관련된 교육자들에게 인식된 것이라고 볼 수 있다.

무언가를 새로이 시작한다는 것은 매우 어려운 일이다. 특히, 교육은 새로운 특허를 얻거나 발명품을 만드는 것과는 달리 그 동안 축적되어 온 많은 자료들을 얼마나 새로운 시각에서 조명하여 창의적이고 효과적으로 사용할 수 있는가가 중요한 영역 중의 하나이다. 과학교육에서는 이러한 측면이 더욱 그러하다. 서양에서 거의 대부분이 밀려들어온 과학 이론과 교육학 이론이기 때문에 우리 고유의 전통적인 것보다는 외국에서 유입된 것이 전부라고 해도 과언이 아닐 것이다. 따라서, 본 논고에서는 외국에서 그 동안 새로운 시각으로 개발된 몇 가지 과학 프로그램을 소개하고 이를 재고찰하고자 한다.

## 2. 몇 가지 새로운 과학 프로그램

외국의 모든 과학 프로그램을 모두 고찰하는 것은 복잡하고 어려운 일이지만 그 중에서도 특히 기존의 과학 프로그램과 차별성을 두고 개발된 것들을 세 종류로 나누어 살펴보고자 한다. 먼저는 우리나라의 제 5차 교육과정에서부터 고려되기 시작한 과학과 기술, 사회의 관련성을 중요한 주제로 한 소위 STS 또는 SATIS 교육과정이고, 둘째로는 과학의 탐구 과정을 강조하여 개발한 위익 과정 과학(WPS)이고, 셋째로는 대학생을 중

심으로 개발한 한 모듈 형식의 학습 프로그램(PI)이다.

## 1) STS 또는 SATIS

### 가) 사회적 배경

과학과 사회가 서로 어떻게 작용하며, 서로 어떻게 영향을 미치고 있는가를 밝히는 일은 현대를 살아가는 우리들이 가장 시급히 해야 할 일이라는 인식과 20세기 이후에는 과학과 기술이 상호보완적 관계를 넘어 통합적 관계가 있는 것이라는 인식이 STS 교육이 일어나게 된 배경이다. 즉, 현대의 과학은 과학이 적용되는 적용되는 기술은 물론이고 그 산물이 이용되는 사회적 상황에서 이해되어야 한다는 점에서 STS 교육에의 접근은 의미있다 하겠다.

### 나) STS 교육의 목적

수없이 많이 쏟아지고 있는 정보의 홍수 속에서 의사 결정 능력을 키우고 과학적인 소양(STS 소양)을 키우는데 그 목적이 있다. 여기서 STS 소양이란, 과학과 기술, 사회의 상호 작용에 관해서 이해하고 의견을 교환할 수 있는 능력과 과학적 기술의 효용성과 타당성을 평가할 수 있는 능력, 민주 사회에서 시민권의 권리와 책임을 의미있게 활용할 수 있는 능력 등이 통합된 종합적인 능력을 말한다. 즉, STS 교육을 통하여 과학 및 과학기술로부터 야기된 문제를 원만히 해결하고 그 결과를 합리적으로 판단할 수 있는 능력을 키우는데 그 목적이 있다.

### 다) STS 교육의 특징

STS 교육은 학문과 학문 사이의 연계를 필요로 하는 것이 가장 큰 특징 중의 하나이다. STS 교육과정 속에서는 물리, 화학, 생물과 같은 과학 과목뿐만 아니라 기술, 수학, 사회, 언어, 윤리, 예술까지도 함께 고려되어야 한다.

STS 교육은 문제 위주의 접근법으로 진행된다. 교육에 접목되는 문제들은 학생들이 생활 속에서 가까이 접근할 수 있는 지역적인 주제로 시작하여 이를 확장하는데 그 특성이 있다.

STS 교육의 또 다른 특징은 각 주제에 대한 학습 방법으로 소집단 토의 학습과 역할극을 이용한 수업을 제시한다는 점이다.

### 라) STS 교육 내용

14세에서 16세(한국의 중학교 3학년에서 고등학교 2학년 연령)를 위해 개발된 SATIS는 모두 12단원이며, 각 단원에 10개의 주제를 포함하고 있어 가르칠 수 있는 주제는 모두 120개가 있다. 14세에서 16세를 대상으로 한 SATIS의 1단원에서 7단원까지는 1986년에 출판되었고, 8단원에서 10단원까지는 1988년에, 11단원과 12단원은 1991년에 출판되었다.

16세에서 19세(한국의 고등학교 3학년에서 대학교 2학년)를 위한 SATIS는 50개의 주

체가 있으며 1990년과 1991년도에 출판되었다.

SATIS의 교육 내용은 부록 1에 각 주제에 대한 목차로 정리하였다.

## 2) 위익 과정 과학

### 가) 위익 과정 과학의 목적

위익 과정 과학의 목적은 11~16세의 학생들에게 가르쳐 왔던 지식 중심의 교육과정과 대비되는 "과정 중심 과학 교육과정"을 만드는 것이다. 물론 5~16세의 학생들에게 과학의 과정을 가르치기 위해서 어린 학생들에게는 과정 중심의 교육과정에서 시작하여 연속적인 교육이 되도록 교육부에서 명문화하고 있다.

WPS의 교사진은 여러 연령의 학생들과 능력에 따른 학생들의 요구를 잘 알고 있는 고등학교, 종합 학교, 초급 대학의 교사들로 이루어졌다. 과학을 분리하여 가르치기보다는 학생들의 필요성에 더 만족시킬 수 있는 통합 과학으로 가르치는 것이 공통 목표이지만, 새로운 GCSE 16+ 시험에서 두 과목을 판정하도록 되어 있으므로 전 과학 과목이 포함되었다.

사실과 지식의 회상을 가르치는데 치우쳤던 반면에 다양한 능력을 지닌 학생들의 필요성에 의해 과학 교수 요목과 평가에 대한 새로운 국가 수준의 도입으로 인하여 GCSE에 변화를 주었으며 과학교육 종사자들도 스스로의 입장을 재고해야만 했다. 즉, 이해와 기능, 과정, 적용, 의사 소통과 같은 내용이 평가에서 다루어지게 되었다.

지식이 폭발적으로 증가하는 것은 사실을 가르치는데 회의를 가져오게 하였다. 정보와 그 평가 방법의 성장은 지난 30년간 기하급수적으로 증가해 왔다. 10년에 2배 정도나 되는 정보의 증가는 극히 예외적인 사람만이 특정 영역의 사실들에 정통할 뿐이라는 것을 명백하게 보여주는 것이다. 이럴 때 과학교육에서 요구되는 것은 평가하고, 사용하고, 정보를 처리하는 능력이다. 이때 제한된 사실만을 가르치고 평가하는 것은 전체의 극히 일부분을 다루는 것이 되며, 가르칠 당시에는 현실에 맞지만 조금 후에는 시대에 뒤떨어진 것이 되고 만다. 즉, 지식 중심의 교육과정은 더 넓은 상황에 적합하지가 않다. 또한 학교를 졸업하는 학생들의 직업적인 포부와 기회도 변하기 때문에 사실 체계를 아는 것에 기초를 둔 교육은 변화하는 미래에 학생들을 준비시키기에 최선은 되지 못한다.

과학교육에서 가장 중요한 것은 어떤 사실을 잊은 후에도 남아 있는 것이라고 말할 수 있다. 그러므로 교사들도 이러한 변화에 맞추어 학생들을 준비시켜야 한다. 사실 이 시대에 뒤떨어지거나 잊혀진 후에도 가치있는 "기본적이거나 일반적인 특성"을 지닌 과학의 특성에 맞는 "과정 중심 교육과정"을 개발하려는 것이 바로 WPS이다. 어떤 특성이나 일반적인 기능이 전이 가능한 과정으로 기본틀을 만들어야 한다. 그렇다고 지식을 경시하거나 불필요하다는 것은 아니다. 과정은 백지상태에서 가르쳐질 수는 없다. 즉, 과학적인 상황을 통해서 경험되어야 한다. 과학의 이해에 필수적인 것으로 여겨지는 기본 개

념들이 있다. 최소한 이러한 기본 지식은 이해를 위해서 가르칠 필요가 있다.

#### 나) 위익 과정 과학에서의 과정

위익에서 개발한 과정은 교육과정 연구팀에 의해 중요하다고 생각된 과정이며 영국의 교육부에서 제시한 것은 아니다. 위익을 전적으로 받아들이지 않는 교사들이라도 이 자료의 중심이 되는 생각을 통해 자신의 교육과정을 세울 수 있다.

연구자들이 과학 활동을 할 때 다루게 되는 일련의 문제들을 사고 과정을 개발하는데 다룰 수 있다. 위익에서 특징적인 과정들은 문제 해결을 위한 지적인 때대를 세우는 것이다. 사용되고 개발되지만 명백하지 않은 과정과 기능들도 있다. 쉽게 만들어질 수 있는 것은 "관찰"과 "추론", "분류", "예측", "변인 통제", "가설 형성" 등이 있다. 이 순서는 지적 활동과 의존의 수준이 증가하는 순서와 위계로 되어 있다.

##### (ㄱ) 관찰

관찰 과정은 다른 과학 활동에 기본이 되는 것으로 보인다. 다양한 관찰을 하고, 이 관찰을 적절하게 측정하거나, 변화를 관찰하고, 선택하여 관찰하는 능력은 기본적인 것이다. 하나의 흉당무에 대해서 50가지나 되는 관찰을 하는 것은 바람직하지 못하다고 말할 수 있다. 그러나, 초기에는 학생들이 가능한 많은 관찰을 하도록 격려하고, 나중에 선택하도록 격려하여야 한다. 부적절하다고 생각되는 관찰을 계속하여 얻어진 정보들은 과학을 어수선하게 한다. 학생들과 활동하는데 느껴지는 어려움은 이들이 제한적인 관찰을 하는데 있지 않고 더 많은 감각을 모두 사용하도록 격려하는데 있다. "관찰"이라는 말은 단순히 보는 것을 의미하는 것으로 보이지만 모든 감각, 특히 듣고, 만지고, 냄새맡는 것도 활동에 관련된 중요한 정보를 줄 수 있다. 어떤 과학 연구가 초기의 관찰도 없이 시작된다면 의심스럽다. 이전의 관찰이나 경험도 없이 깜깜한 밤중에 어떤 가설이 말해질 수 있는가? 동굴에 사는 장님인 천문학자에게 먼저 태양과 행성, 별의 존재를 이야기하고 행성의 운동을 설명하는 수학적인 가설을 말한 후 그가 "나도 그렇게 생각한다"라고 그 가설에 동의한다는 것을 생각할 수 있는가? 중요한 과학적 연구에 기저가 되는 가설이 있지만 어떤 관찰과 경험에 의거한 분석에 기초를 둔다. 그러나 일련의 연구가 일단 이루어지면 더 나아간 관찰은 그 가설을 지지하거나 지지하지 않게 될 수 있다. 관찰은 과학의 실행에 기초가 되며 어린 학생에게 이 과정을 개발하는 것은 과학의 과정이 진보하는데 필수적이다. 관찰 과정에 직접 관련되는 과정으로는 서로 독립적인 분류와 추론이 있다.

##### (ㄴ) 분류

분류는 어떤 목적으로 물체들을 무리 지우는 것이다. 책은 독자들에게 사용하기 쉽게 도서관에서 분류된다. 유리그릇은 용도나 모양에 따라 분류될 수 있다. 위익에서 사용되는 분류는 학생들이 분류할 수 있도록 되어 있음에도 불구하고 자연 관계에 의존하고 진화론에 의해 뒷받침되는 생물의 분류에 대해서는 개념적으로 어려워 다루지 않는다. 분류의 과정은 자세한 관찰의 필요성을 보여주고 있다.

(ㄷ) 추론

추론을 하는데 있어서 학생들은 자신의 이전에 겪었던 경험들을 관찰과 연결한다. 이전의 경험이 다를 때에는 비슷한 관찰에서 다양한 추론을 하게 된다. 위익에서 다루는 추론의 과정은 추론이라는 단어를 포함해서 사용하고 가르치게 한다. 학생들에게 직접 "그 관찰에서 어떤 추론을 할 수 있는가?" 라고 질문하면, 학생들은 약간의 경험으로 쉽게 이를 받아들인다. 과학에서 결론을 질문할 때에도 "결론"이라는 말을 사용하지 않는다. 학생들에게 관찰로부터 추론하도록 묻는 것은 어떤 방법을 제한하는 것이 아니다. 사실, 거의 모든 관찰로부터 여러 추론이 가능하다. 어떤 추론은 다른 것보다 더 설득력이 있지만 학생들이 여러 가지의 추론을 하는 것을 격려할 필요가 있다. 옳거나 받아들일 만한 답이 있다는 생각은 매우 일찍부터 행동 양식을 구축하게 한다. 관찰을 사용하여 더 개방되고 창조적인 추론을 하도록 자연스럽게 학생들을 이끌어야 한다. 추론은 변화의 증거에 많이 의존하므로 매우 주의 깊은 관찰이 필요하다. 그렇지 않으면 중요한 증거가 빠질 수 있다.

(ㄹ) 예측

예측은 분류와 추론에 이어지는 과정이다. 일련의 관찰이나 추론으로부터의 예측은 패턴을 아는데 도움이 된다. 패턴이 있다는 것을 알기 위해서는 여러 번 기록하거나 관찰하는 것이 필요하다. 주어진 읽을거리에서 예측하는 것은 단지 추론하는 것이지만 읽으면서 패턴을 알면 예측은 더 신빙성이 있게 된다. 예측은 학생들에게 지적으로 매우 필요하다라는 것이 증명되어 왔다. 자료가 간단한 수학적인 틀로 제시되면 패턴을 알 수 있지만 자료의 성질을 예측하고 어떤 형태의 패턴을 만드는 것은 더 어려운 일이다. 예측은 관찰이나 추론을 통해서 패턴을 찾는 데 기초하므로 처음에는 관찰이나 추론, 분류에 의존하는 것으로 보인다.

(ㄱ) 변인 통제

변인 통제는 "좋은 검증"을 하는데 사용되며 이 상황에서 대부분 쉽게 받아들여지는 과정이다. 그 과정이 실험을 계획하고 고안하는데 필수적이지만 활동하는데 포함된 많은 변인들을 식별하는 것은 지적으로 어려운 일이다. 학생들은 다양한 변인들을 인식해야 하며, 활동에 영향을 주는 다른 변인들을 찾으려고 시도해야 한다. 실험을 개발하고 "좋은 검증"을 고안하는데 있어서 결과에 영향을 주는 요소가 가르쳐질 수 있도록 우선 관찰을 하고, 추론을 하도록 해야 한다.

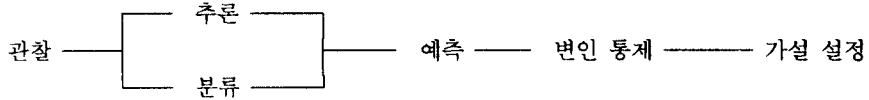
(ㄴ) 가설

관찰, 분류, 추론, 예측, 변인 통제의 과정에 관한 의미와 논리, 본성에 대해서는 거의 애매함이 없지만, 모든 사람들은 자신의 관점으로 가설을 세운다. 어떤 사람들은 가설을 증거 없이 추측하는 것으로 본다. 가설은 증거를 검증할 수 있는 형태로 주어져야 한다. 추론이 가설과 혼동될 때 문제가 생길 수 있다. 추론은 관찰자의 경험에 의한 관찰로부터 생긴다. 검증할 수 있는 예측이 수행되고 지지된다면 추론은 가설이 될 수 있다. 추

론은 처음에는 가설이 될 수 없지만 확인이 될 때 가설이 된다.

(八) 각 과정에 대한 위계

과정에 대한 위계는 다음과 같이 생각될 수 있다.



그러나, 이 과정들이 이루어지면 과학의 과정은 순환이 될 수 있다. 가설은 더 나은 관찰이나 추론, 예측 등을 다른 차원으로 할 수 있게 한다. 가설은 종합적인 사고이며 지적으로 필요한 것이다. 용어의 사용에 있어서의 혼란을 없애기 위해서 "일반화할 수 있는 생각"은 가설이라는 용어를 사용하기로 한다.

(다) 위익의 특징

위익을 사용하여 가르치는데 다음과 같은 여러 가지 특징이 고려되어야 한다.

(ㄱ) 의사 소통

의사 소통에는 정보를 받아들이고 정보를 보내는 두 가지 방법의 과정이 있다. 과정 교육의 활동에는 연구의 결과를 어떻게 의사 소통을 하는지에 대한 제시가 들어 있다. 학생들이 노트 정리를 하고 기록된 노트를 통해서 평가할 수 있다는 것은 적절하지 않은 방법이다. 의사 소통의 수단으로 노트의 정리는 외부 생활의 준비를 위해서는 매우 낮은 수준의 특성일 뿐이다. 의사 소통에는 보고서의 작성과 활동의 준비, 그래프와 표의 제시, 예시, 토론, 논쟁, 구두보고, 음성의 녹음, 비디오 녹음, 집단의 표현 등이 있다. 마찬가지로 정보를 받아들이는 데에는 듣기 능력과 책을 통하여 정보를 연구하는 능력, 실험 기구나 측정 기구를 통하여 정보를 얻는 능력이 있다. "학생들은 실험실에서 많은 것들을 쓰지 않지만 그들의 활동을 보아야 한다" 라는 것을 WPS를 사용하는 학교에서 이야기하고 있다. 학생들이 잘 정리한 노트를 보고 교사가 만족을 해 온 것처럼 학부모들도 그렇게 기대를 한다. 교사가 잘 가르친다는 것을 깔끔하게 잘 정리된 노트와 너무 관련시키고 있으므로 과정 교육과정을 가르칠 때에는 교사들에게도 교육을 시킬 필요가 있다.

(ㄴ) 집단 활동

집단 활동은 4명의 학생 중에서 한 학생을 평가한다는 이유에서가 아니고, 집단의 구성원으로서 활동하는 능력의 개발이 앞으로 나아가야 할 학생들에게 중요한 교육의 일 부분이라는 이유 때문에 제안되었다. 혼자 앉아서 일을 하는 직업은 거의 없다. 한 집단의 일원이 되고, 일을 나누어 하고, 각자의 능력을 사용하고, 협조하는 일은 일상생활의 한 부분이며 학교에서의 교육도 이를 준비하여야 한다. 과학에서의 집단 활동은 학생의 사회성 개발을 위해서 중요한 것으로 밝혀져 왔다. 문제 해결은 다양한 방법으로 접근될 수 있으며, 집단에서도 다르게 나타날 것이다. 집단 내에서 학생들은 서로의 생각을 살펴보기 시작하며, 정보를 교환하여 집단의 결정을 하게 된다. 그러므로 책임을 나누어

갖게 된다. 이와 같은 활동은 주의 깊은 준비를 필요로 한다. 처음에는 집단의 구성원들이 각자가 기여할 수 있는 기회를 갖도록 다양한 활동 과제로 구성되어야 한다. 즉 어떤 학생은 기록을 하고, 다른 학생은 시간을 재고, 또 다른 학생은 실험을 하는 등의 역할을 할 수 있도록 고안되어야 한다. 집단 활동을 한다는 것은 새로운 것이 아니지만 제시된 자료들은 활동을 실행하는 것보다 더 강조를 해서 꾸며졌다. 집단 토의와 발견된 것의 집단 발표는 학생 각자가 집단 전체의 활동에 참여하고 책임이 있다는 생각을 하게 한다. 원래 독단적인-공간과 기구, 기록을 혼자서 하려는- 학생은 협동적으로 활동한다는 것에 처음에는 어려움이 있겠지만, 곧 활동 결과에 대한 집단적인 책임을 기꺼이 받아들일게 될 것이다. 집단 활동은 어린이들에게 더 긍정적인 태도를 기를 수 있는 것으로 보이며, 놀랍게도 더 많은 자각과 자신감을 갖게 한다. 경쟁적인 면은 억압될 필요가 없다.

(ㄷ) 능력에 따른 과정 과학

과정을 중심으로 하는 과학은 다양한 능력의 학생들에게 적합하다. 능력이 부족한 학생들에게는 자극을 줄 수 있으며, 능력이 뛰어난 학생들에게는 지식 위주의 수업에서 얻을 수 없는 도전과 만족을 준다. 능력이 뛰어난 학생들에게는 변인 통제와 같은 수준의 학습이 이루어지고, 반면에 능력이 뒤진 학생들에게는 관찰과 분류, 추론, 예측 등의 학습이 이루어질 수 있다. 즉, 많은 지식이 없어도 과학의 과정을 학습할 수 있다.

(ㄹ) 과정 과학이 태도를 바꿀 수 있는가?

과정을 가르치는 것이 과학에 대한 여러 가지의 태도를 기를 수 있다. "결론"이라는 말을 사용하지 않고 학생들에게 추론을 하게 할 수 있다. 이런 방법은 다음의 두 결과를 얻게 한다.

- (1) 창조적인 방법을 고무시킨다. --- 결론은 활동이 끝났다는 것을 의미하지만 여러 추론은 더 나아간 조사를 하게 한다.
- (2) 관찰에 의한 추론은 더 검증을 거치지 않는다 하여도 잘못될 수 있다. 이런 경우 추론에서의 실패가 아니고 성공이다.

라) 위익 과정을 가르치는데 교사가 고려해야 할 것

- (1) 활동을 수행하는데 어떤 단계가 있는가?
- (2) 각 단계에 어떤 과정이 사용되었는가?
- (3) 과정을 강조하기 위해서 각 단계는 어떻게 수정되어야 할 것인가?
- (4) 학생이 어떤 점에서 더 나아간 예측을 하기 위한 추론을 할 수 있는가?
- (5) 결론이 필요한가?

마) 위익 과정 과학의 교육 내용

WPS는 11세에서 16세까지 5년 과정을 이수할 수 있도록 1986년부터 1989년까지 개발된 것으로 크게 세 영역으로 나누어져 있다. 첫째 영역은 중학교 1학년인 11세~12세를 위한 1년 과정으로 과정적인 지식에 대한 7개의 단원으로 이루어져 있다. 둘째 영역은 중학교 2학년과 3학년을 위한 2년 과정으로 모두 28개 주제에 대한 내용을 소재를 중심



으로 다루고 있다. 셋째 영역은 고등학교 1학년과 2학년을 위한 2년 과정으로 20개의 주제를 과학의 개념 영역으로 나누어 정해서 다루고 있다.

자세한 내용의 목차는 부록 2에 소개하였다.

### 3) 탐구로 배우는 물리 (Physics by Inquiry: PI)

탐구로 배우는 물리(PI)는 미국의 워싱턴 대학에서 물리 교육학자들이 개발한 프로그램이다. PI는 학생들이 물리의 기초 개념을 잘 이해하도록 하고, 이 개념을 실세계에 잘 적용할 수 있는 과학적 추리 기능을 습득할 수 있도록 의도하고 만든 모듈 형식의 프로그램이다. PI는 몇 가지 주제를 심도있게 학습하여 이러한 목적을 달성할 수 있도록 한 것이다.

PI의 모든 모듈은 전형적인 교과서와는 다르게 과학의 내용만큼이나 과학의 과정을 강조하여 꾸며졌다. 모듈의 과정을 학습하면서 능동적인 학습을 할 수 있도록 고안되어 있다. 관찰이나 조사 활동이 학생들에게 스스로 물리학 개념을 구성하는 기초가 될 수 있다. 모듈에 제시된 실험이나 연습 문제, 실전 문제를 통해서 과학 활동에서 중요한 추리를 다룰 수 있도록 고안되어 있으며, 그래프나 그림으로 자신이 얻은 결과를 다양하게 표현할 수 있는 기회를 가질 수 있다.

PI의 모듈들은 가르치는 교사나 교수가 설명하고 설득하는 형태로 수업이 진행되는 것이 아니고, 학생들의 활동을 권장하고 학생들의 생각을 표현하도록 질문을 던지는 것으로 이루어져야 한다. 즉, 학생과 의사 소통하면서 안내하는 역할로 수업이 이루어지는 것이다. 이러한 관점에서 수업을 하려면 마치 소크라테스 대화법과 같이 수업을 진행하는 것이 가장 유사한 방법이 될 수 있다. 이러한 수업이 이루어지면 학생들이 어떤 생각을 갖고 있는지 알 수 있기 때문에 전통적으로 가장 충실한 구성주의적인 학습 프로그램이라 할 수 있다.

PI 프로그램은 대학교에서 사용하는 교재와 학습 방법으로 꾸며져 있지만 그 내용과 수준을 조절하면 중학교나 고등학교 프로그램으로도 충분히 전이가 가능하다.

PI 프로그램은 대학교 일반 역학 수준에서 동역학에 대한 자료 등이 소개되어 있으며 아직도 계속 개발되고 있는 중이다.

## 3. 새로운 과학 심화 학습 프로그램의 개발에 대한 생각

학습의 주체를 학생에게 둔 몇 가지 프로그램에 대한 고찰을 통해서 시도해 볼만한 과학 심화 학습 프로그램을 구성해 보려면 프로그램 개발 시 다음과 같은 몇 가지 특성

을 고려해야 한다.

첫째, 학습 프로그램의 목표를 명확히 정해야 한다. 어떤 의도로 만들어야 하는 프로그램인지가 분명히 제시되어야 한다.

둘째, 프로그램이 적용될 대상을 구체적으로 정해야 한다. 프로그램을 어떤 학생에게 적용할 것인지가 구체적으로 제시되어야 한다.

셋째, 가르칠 학생의 수준을 고려해야 한다. 학생의 수준이란, 학생의 연령과 능력 등의 모든 배경 지식을 의미한다. 프로그램이 적용될 대상이 정해진다 하더라도 모든 집단에는 다양한 학생이 있으므로 개별적인 학습이 이루어지도록 하려면 많은 프로그램이 필요하다. 따라서, 가르칠 학생의 수준을 정해 두고 프로그램을 개발해야 한다.

넷째, 프로그램을 적용할 때 필요한 모든 가능성을 염두에 두어야 한다. 모든 학습 프로그램은 개발과 적용이 함께 이루어지는 것이 바람직 하지만, 대부분은 개발하고 난 후 적용하기 때문에 그 시차에 따라 변수가 생길 수 있으므로 가능한 한 모든 조건들을 염두에 두고 개발하여야 한다.

## 1) 과학 심화 학습 프로그램의 특징

과학 심화 학습 프로그램은 과학의 특성과 학습자의 특성, 교육의 목적에 의해 구성되어져야 한다. 이와 같은 기본적인 틀을 갖추게 되면 다양한 능력의 학생이 존재하는 일반 학교에서도 적용할 수 있으며, 속진이나 심화 학습에 적용할 수도 있다.

여기서 제시하는 새로운 과학 심화 학습 프로그램(Snow Ball Program: SBP, 눈덩이 프로그램)은 과학의 내용과 과정, 과학적 상황의 3차원으로 구성되어 있다. 3차원으로 구성된 과학 심화 학습 프로그램은 프로그램의 기본 성격에 따라 각 차원에 해당하는 요소를 강조할 수 있다. 각 요소를 어떻게 강조하는지 예를 들어 살펴보면 다음과 같다. 초등학교에서는 과학 내용과 과학 과정보다는 상황을 더 강조하여 중심으로 하는 모듈을 만들 수 있다. 즉, 초등학교 학생들이 충분히 흥미를 느낄 수 있도록 주변에서 소재를 찾아서 프로그램을 꾸미는 것이다. 이러한 프로그램의 목표는 과학의 내용이나 기능과 같은 탐구 능력을 키우는 것보다는 과학에 대한 흥미나 태도를 가르치는데 두는 것이다. 초등학교에서도 고학년으로 올라가면 과학의 과정인 추리 기능을 추가로 더 강조하는 프로그램을 구성할 수 있다. 과학의 과정에 대한 기능을 강조하는 프로그램은 중학교 수준까지 연계될 수 있다. 고등학교 수준에서는 과학적 상황과 과정뿐만 아니라 과학의 개념까지도 강조하는 프로그램을 적용할 수 있다. SBP는 저학년에서 고학년으로 올라갈수록 3차원을 이루고 있는 영역이 점차로 확장되므로 마치 눈덩이를 굴리면 굴리면서 점점 더 커지는 것과 유사하여 눈덩이 프로그램이라고 할 수 있다. 어느 한 쪽 방향으로만 굴리면 둥글게 되지 않듯이 과학 심화 프로그램도 한 차원의 요소만을 강조해서는 균형있게 과학을 가르치지 못할 것이다. 흥미있는 소재로 상황을 설정하여 만든 프

로그그램으로 접근하여 과학의 과정 요소를 차분하게 다루고 나서 과학 개념을 심도있게 다루는 것이 SBP의 특징이라 할 수 있다.

## 2) 과학 심화 학습 프로그램의 구성

1차적 요소인 과학적 상황은 흥미를 유발할 수 있는 소재와 우리 주변에서 쉽게 접해 볼 수 있는 소재로 꾸며져야 한다. 특히, 어린 나이의 학생들에게는 자연 현상을 경험하는 것이 무엇보다도 중요하므로 자연 현상을 쉽게 접해 볼 수 있는 소재를 선택할 때, 친숙한 소재로 접근하는 것이 무엇보다도 중요하다. 예를 들면, 놀이터에서의 놀이 기구 라든지, 부엌에서의 요리 기구라든지, 주위에 있는 장난감 같은 것들을 소재로 하여 활동할 수 있는 프로그램을 만들면 효과가 있을 것이다. 이러한 측면을 강조하는 프로그램의 이점은 SATIS 교육이 지향하는 것과도 같은 맥락을 지니고 있다.

2차적 요소인 과학의 과정은 관찰과 분류, 예측, 추리, 변인 통제, 가설 설정 등의 과학적 추리 기능을 강조하는 요소로 이루어져 있다. 과학의 과정 요소는 과학적 활동을 하는데 필요한 기본적인 요소라 할 수 있으므로 다양한 소재를 다루면서 강조해야 할 부분이라고 할 수 있다. 과정 요소가 중요하게 다루어져야 할 대상은 초등학교 고학년과 중학교 학생들이다. 과정의 측면이 강조되어야 하는 철학적인 배경은 위익의 과정 과학에서 지향하는 것과 맥락을 같이 한다.

3차적 요소인 과학의 내용은 과학을 가르칠 때 빠질 수 없는 가장 중요한 요소이다. 오랫동안 과학의 내용이 중요한가 과정이 더 중요한가에 대한 논란이 많았지만 아직도 그에 대한 결론은 나지 않았다. 다만, 과학의 내용인 개념이나 법칙을 너무 강조하다 보면 그 학습 방법이 주입식이 되거나 극히 일부분의 학생들에게만 교육이 이루어지는 결과를 얻게 되고, 과학의 과정을 너무 강조하다 보면 실제로 가르쳐야 할 과학의 내용을 제대로 가르치지 못하게 된다는 결과로 이어지게 된다는 경험이 있을 뿐이다. 따라서, 보다 효과적으로 과학을 가르치기 위해서는 가르쳐야 할 과학의 내용을 되도록 줄이거나 압축하여 가르치도록 과학의 개념과 법칙, 이론 등을 선정하는 일이다. 과학 개념의 선택은 프로그램의 목적이 어떤가에 따라 달리 선정할 수 있다.

과학 프로그램에서 각 요소가 강조되더라도 하나 하나의 프로그램에는 세 가지 요소가 다 포함이 된다. 상황을 강조할 때에는 과학의 과정과 내용에 대한 요소에 비중을 덜 둔다는 것이지 이러한 요소들이 빠진 채 프로그램이 구성되지는 않는다. 마찬가지로 과학의 과정이 강조될 때에는 몇 가지의 과학 내용만을 선정하여 다양한 상황에서 각 과정 요소를 가르칠 수 있는 프로그램을 구성하는 것이다.

## 3) 과학 심화 학습 프로그램의 활용

모든 교육 프로그램이 그러하듯이 프로그램을 어떻게 운영하는가에 그 성과가 달려

있다. 프로그램을 적용할 때에는 가르치는 대상의 특성을 고려하여야 하며, 교육을 담당하는 교사는 각 프로그램의 목표와 프로그램을 운영할 때의 기본적인 교육 철학을 정확히 인식해야 한다.

SBP 프로그램을 적용할 때, 학년이 낮거나 학습 능력이 다소 떨어지는 학생들에게는 과학 내용보다는 과정적인 지식과 흥미를 유발하는 다양하고 친숙한 소재를 통해 교육하고, 고학년으로 올라가거나 같은 집단에서도 학습 능력이 뛰어난 학생들에게는 과정적인 지식보다는 과학의 고급 개념을 학습할 수 있도록 활동을 꾸며서 교육하면 다양한 수준의 프로그램이 될 수 있다.

<웍샵 1> STS 관련 프로그램의 예  
소음 & 자동차는 얼마나 안전한가?

<웍샵 2> WPS 프로그램의 예  
오감 (맛보기) & 분류 (지문) & 소리

<웍샵 3> SBP 프로그램의 예 (과학심화프로그램/사이언스 월드)  
완구를 이용한 과학 프로그램 (SCIENCE WORLD)  
소용돌이의 비밀, 증기압 분수펜, 한없는 돌이, 뒤집히는 팽이, 벽대고 돌이, 신기루 보물단지, 한방향 돌이