

과학교육연구에 기초한 현장 적용

박종원 (전남대)

I. 서론

과학교육 연구가 현장을 외면한 연구라는 지적이 그동안 많이 있어왔다. 그러한 비판에 대해 과학교육을 전공하는 한 사람으로서 부족한 점을 인정하지 않을 수 없다. 그러나 학교와 교실 현장을 강조하기 위해 개발에만 치중하는 것도 시행착오의 위험에 처할 수 있다. 그러한 점에서 연구와 현장 적용간의 적절한 균형이 이루어지는 것이 중요하다고 하겠다. 즉 현장 적용을 외면한 추상적이고 이론적이기만 한 연구도 반성해 볼 필요가 있고, 연구에 전혀 기반을 두지 않은 직관적이고 경험적인 현장 적용도 반성해 볼 필요가 있다. 본 발표에서는 이러한 점에서 연구와 현장적용간의 긴밀한 연관성에 대해서 논의해 보고자 한다. 본 논의는 학술적인 문헌 연구에 기초하였다기보다는 개인적인 연구 경험에 의존하고 있다는 점에서 제한점이 많이 있다고 하겠다.

II. 본론

1. 경험과 직관에 의한 개발 사례

본 발표자는 한 연구비를 수혜받아 현장 적용을 위한 자료를 개발한 바 있다. 주제는 일상적 상황에서 과학을 지도하기 위한 자료였다. 이러한 자료는 국내외적으로 과학을 흥미롭게 지도하기 위해, STS 교육을 위해, 그리고 과학적 소양을 위해 필요하다는 강조들이 있어왔다. 그러한 배경에 따라 빛 분야에서 총 20개 주제에 대한 일상적 상황에서의 물리지도 자료를 개발하였다. 개발내용은 표 1과 같고, 각각의 주제는 크게 상황과 개념으로 나누었고, 각 상황과 개념 속에 어떤 활동과 개념이 포함되어 있는지를 명시하였다 (표 2).

표 1. 일상적 상황에서의 물리지도 자료 목차

- | |
|--|
| 1. 야간 도로 표지판 (상황) - 빛의 반사와 반사의 법칙 (개념) |
| 2. one-way 거울(상황) - 평면거울의 상 작도하기 (개념) |
| 3. 자동차 백미러 (상황) - 볼록거울에 의한 허상 (개념) |
| 4. 떠 보이는 물체 (상황) - 오목거울에 의한 작은 실상 (개념) |
| 5. 신기루 (상황) - 빛의 굴절(개념) |
| 6. 눈 (상황) - 렌즈에서의 굴절 (개념) |

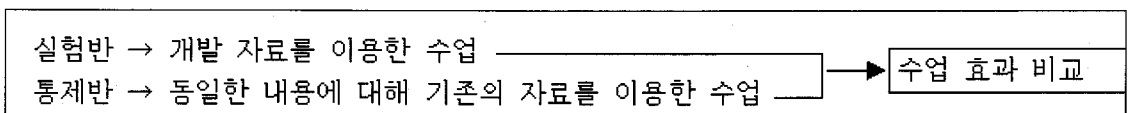
7. 카메라 (상황) - 볼록렌즈에 의한 작은 실상 (개념)
8. 광섬유 (상황) - 전반사 (개념)
9. 귀 (상황) - 소리의 파장, 진동수, 압력 (개념)
10. 초음파 (상황) - 음파의 속도와 진동수 및 파장과의 관계 (개념)
11. 귀와 악기 (상황) - 관에서의 공명 (개념)
12. 컵 연주 (상황) - 정상파 (개념)
13. 대포 소리 (상황) - 소리의 속도 (개념)
14. 난청 (상황) - 소리의 세기 (개념)
15. 전자 렌지 (상황) - 전자기파의 발생과 검출 (개념)
16. 리모컨 (상황) - 여러 가지 전자기파 (개념)
17. 액정 (상황) - 빛의 편광 (개념)
18. CD(Compact Disc) (상황) - 빛의 보강간섭 (개념)
19. 레이저 (상황) - 원자에서 빛의 흡수와 방출 (개념)
20. 칼라 TV (상황) - 빛의 합성과 분해 (개념)

표 2. 일상적 상황에서의 물리지도 자료 구조 예

제목 : 리모컨 (상황) - 여러 가지 전자기파 (개념)			
16	상황	내용	·리모컨의 간단한 구조 - 적외선 다이오드
		활동	·적외선 신호 소리로 듣기 ·적외선 신호 눈으로 확인하기
	개념	내용	·전자기파의 속도와 파장과 진동수와의 관계 ·전자기파의 종류 : 파장과 진동수별 명칭 ·지표면에서의 전자기파의 전달과 반사
		활동	·VCR전파를 잡아라

그러나 위 개발은 연구에 기반한 개발이 아니라, 그 동안 연구자의 경험과 직관에 의한 개발이었다. 여기에서 중요한 것은 자료의 내용과 구성 및 체제뿐 아니라, 실제 개발된 자료가 학생들에게 어떤 도움을 주는지에 대한 연구가 필요하다는 것이다. 이러한 측면에서 실시하는 대표적인 연구방법은 다음과 같다.

그림 1. 개발자료의 효과를 보기 위한 전통적인 연구방법



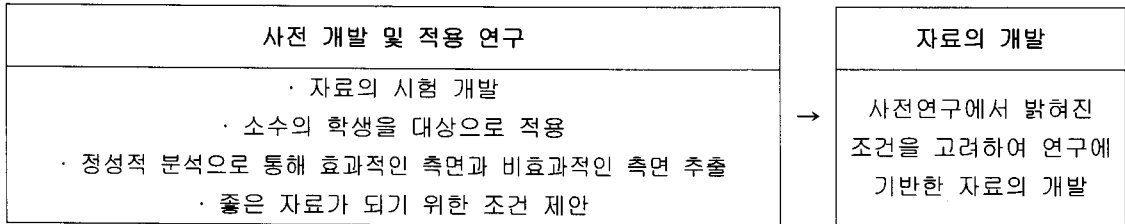
<그림 1>에서 수업 효과를 알아보기 위해 전통적으로 통계적인 비교를 사용한다. 그러나 이 방법에는 여러 가지 한계가 있다. 예를 들면 결과적으로 효과가 있는 것으로 나타난다고 하더라도, 개발자

료의 어떤 측면이 구체적으로 어떻게 영향을 주어 효과적인 영향이 나타나는지 알기 어렵다는 것이다. 또한 전체 학생에게 모두 효과적인 것은 아니므로 효과를 얻지 않은 학생의 경우에 어떠한 문제점 때문에 효과가 나타나지 않은지를 이해할 수 없다는 것이다.

2. 사전 개발 및 적용 연구에 기반한 자료의 개발

위에서 지적된 문제를 해결하기 위해서는, 개발 이전에 시험적으로 소수의 자료를 개발하여 먼저 소수의 학생을 대상으로 정성적인 연구를 시행하여 개발자료의 어떤 측면이 실제로 효과적인지, 또는 예상치 못한 어려움이 무엇인지 등을 구체적으로 밝혀서 어떤 점을 고려하여 자료가 개발되어야 하는지를 탐색할 필요가 있다 (그림 2).

그림 2. 사전 연구 통한 자료 개발을 위한 조건 탐색



예를 들어 Jeong and Park (under review)이 위의 주제로 개발된 자료를 4시간 동안 수업에 적용하고 설문을 통해 학생의 반응을 분석하였다. 분석결과, 학생들은 이러한 수업을 흥미로와 하였으며, 난이도도 적절하였고 앞으로도 계속 이러한 자료로 공부하고 싶어 하는 것으로 나타났다. 그리고 실제 학생의 반응을 분석하고 면담을 통해 자료개발에 필요한 조건을 알아낼 수 있었다. 예를 들어, 학생의 흥미를 돕기 위해 신기루라는 일상적 상황을 도입하였으나, 실제로 학생들은 신기루를 경험한 적이 없었고 따라서 이 자료에 대해 특별한 흥미를 보이지 않았다. 따라서 일상적 상황을 도입할 때 먼저 학생들이 그러한 상황을 (직접 또는 간접적으로도) 경험할 수 있도록 개발해야 한다는 가이드를 제안하였다 (그림 3). 이와 같이 실제 일상적 상황에서의 자료가 효과적이기 위한 조건을 5가지로 정리할 수 있었다 (표 3).

그림 3. 신기루에서와 같이 빛이 쬐는 현상과 관련된 관찰 시범

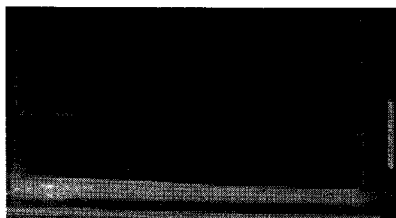


표 3. 일상적 상황이 효과적이기 위한 조건

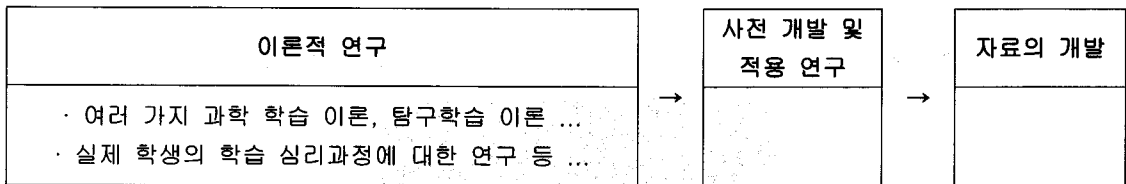
조 건
조건 1: 학생들이 경험하지 않았거나 친숙하지 않은 상황에 대해서는 흥미를 보이지 않을 수 있다. 따라서 학생들에게 새로운 상황을 경험하거나 탐색할 수 있는 기회를 제공해 주어야 한다.
조건 2: 실제 상황은 추상적인 상황에 비해 매우 복잡하기 쉽다. 따라서 학생들이 쉽게 상황을 관찰하거나 경험할 수 있도록 도울 수 있는 구체적인 전략이 필요하다.
조건 3: 일상적 상황이라고 하더라도 읽기 형식으로 자료로 제공한다면 학생들의 흥미를 불러일으키지 않을 수 있다. 따라서 일상적 상황 속에 탐구할 수 있는 활동이 포함되어야 한다.
조건 4: 일상적 상황 자체에 대해서도 학생들은 오개념을 가질 수 있다. 따라서 일상적 상황에 대한 학생의 오개념도 사전에 조사하고 밝힐 필요가 있다.
조건 5: 종종 학생들은 추상적인 개념을 이해한 후에 일상적 상황에 흥미를 보이기도 한다. 따라서 일상적 상황이 반드시 추상적 개념학습 이전에 제시될 필요는 없다.

이와 같이 자료를 개발하기 전에 먼저 사전연구를 통해 어떤 측면이 효과적인지, 보다 더 효과적이기 위해 고려해야 할 사항이 무엇인지를 밝혀낸다면, 이는 보다 좋은 자료의 개발을 위한 밑거름이 될 것이다. 그러나 <표 1>과 같이 개발한 자료는 이러한 사전연구에 기초한 것이 아니었고 현재에도 현장에 널리 보급되어 사용되고 있지는 않은 편이다.

3. 이론적 연구에 기반한 자료의 개발

본격적인 자료의 개발에 앞서 소수의 자료를 시험 개발하여 시험적으로 소수의 학생에게 적용하여 정성적으로 학생의 반응과 학습활동을 관찰하고, 면담을 통해 학생의 사고과정을 분석하면 보다 효과적인 자료가 되기 위한 조건을 탐색할 수 있었다. 그러나 이러한 자료의 시험개발을 위해서는 자료개발의 근거가 되는 이론적 연구가 필요하다. 즉 학습이론, 학생의 심리학적 기작, 개념이해과정에 대한 이론, 탐구학습이론 등의 이론 등이 그것이다(그림 4).

그림 4. 자료 개발을 위한 이론적 연구의 수행



예를 들어 박종원 (1998)은 이론적으로 과학적 설명이 연역적 구조로 되어 있다는 이론적 논의를 한 바 있다. 박종원은 Hempel (1965)의 과학철학적 논의에 따라 3단논법의 구조를 갖춘 과학적 설명 자료를 개발하였다 (그림 5).

그림 5. 3단 논법 구조를 갖춘 과학적 설명자료의 구조

전제 1: 물체의 속력이 점점 줄어든다면, 이 물체에는 운동 반대방향으로 힘이 작용한다.
 전제 2: 수직 위로 던진 물체는 위로 올라가는 중, 물체의 속력이 점점 줄어든다.
 결론: 수직 위로 던진 물체는 위로 올라가는 중, 그 물체에는 운동 반대방향(아랫방향)으로 힘이 작용한다.

그리고 Park and Han (2002)은 위의 자료를 27명의 학생에게 적용하여 학생의 실제 사고과정을 조사하였다. 조사 결과 학생이 논리적인 사고를 통해 개념적 이해를 하는데 방해가 될 수 있는 요소들을 발견하였다 (그림 6).

그림 6. 논리적 설명 자료의 이해를 방해할 수 있는 요소

<i>Type</i>	<i>Prohibiting factor</i>
P1:	They don't read the premises carefully or drew conclusion based on their own preconception rather than based on the given premises.
P2:	They can't understand the meaning of the two premises.
P3:	They can't relate the deductive explanation task with the syllogism, therefore, they can't recognize which part of the premises corresponds to the antecedent or the consequent of the syllogism.
P4:	They reject the logical conclusion even though they obtain the logically correct conclusion.

이러한 문제점을 면담을 통해 알아내고 간단하게 필요한 지도를 한 결과 27명 중에서 26명의 학생이 모두 올바르게 개념을 이해할 수 있게 된 것을 관찰할 수 있었다 (Park and Han, 2002).

이러한 이론적 논의에 기초하여 Lee and Park (2007)은 실제 수업 자료를 개발하여 고등학교 2개 반 수업에 적용하였다. 적용결과, 여러 가지 물체 운동에 대해 전반적으로 사전에 24%~28%의 개념적 이해수준에서 사후에 55%~68%의 개념적 이해수준으로 증가한 것을 볼 수 있었다 (표 3).

표 3. 삼단논법을 이용한 논리적 설명을 적용한 수업 결과

class	context	Pre-test (%)	Post-test (%)	t	p
A	Linear uniform motion	38.3	85.9	6.765	P<.01
	Linear acceleration motion	30.0	71.9	7.093	P<.01
	Circular uniform motion	3.1	28.4	4.921	P<.01
	Circular acceleration motion	15.6	32.8	2.292	P<.05
	Total test	24.0	55.2	6.624	P<.01
B	Linear uniform motion	34.4	90.1	7.856	P<.01
	Linear acceleration motion	36.6	83.9	10.187	P<.01
	Circular uniform motion	6.3	38.4	5.624	P<.01
	Circular and curvilinear acceleration motion	21.1	30.5	1.538	P>.05
	Total test	27.8	61.7	10.571	P<.01

이러한 이론적 논의와 시험적용 결과에 기초하여 실제로 학습에 활용할 수 있는 자료로 박종원과 이강길 (2005)은 “새로운 물리탐구의 세계” (그림 7)에 논리적 설명에 의한 과학적 설명자료를 포함시켰고, 서울대학교 자기주도형 과학교과서 연구 개발위원회에서 개발한 2005년 대안적 물리 I 교과서에 이 방법을 적용하였다 (그림 8).

그림 7. “새로운 물리탐구의 세계” 개발자료 표지

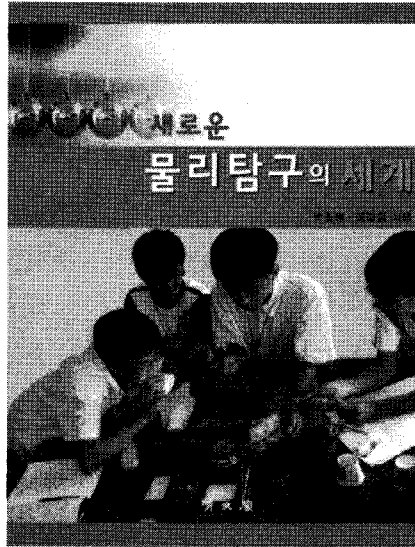


그림 8. 대안적 교과서 물리 I에 적용한 논리적 설명자료의 일부

예제 5·14 | 진자가 내려오는 동안에 진자에 작용하는 힘의 방향을 3단 논법을 이용해서 논리적으로 찾아 보시오.

풀이 진자가 내려오는 중, 진자는 속력이 빨라지면서 운동 방향이 변한다. 따라서, 왜 이렇게 운동이 변화하는지 설명하기 위해서는 법칙 IV가 필요하다.

전제 1: 만일 물체의 속력이 빨라지고 운동 방향이 변한다면, 그 물체에는 '운동 방향과 같은 방향과 수직인 방향(구심 방향)으로 각각 힘이 작용하고 있다.'

전제 2: 진자가 내려오는 중, 진자의 속력은 빨라지고 운동 방향은 변한다.

결론: 진자가 내려오는 중, 진자에는 운동 방향과 같은 방향과 수직인 방향(구심 방향)으로 각각 힘이 작용하고 있다.

4. 연수의 필요성

이론적 논의에 기초하고, 시험적용을 통해 학생의 실제 사고과정을 이해한 후에 실제 자료를 개발하면 현장에 보다 신뢰롭고 효과적으로 적용될 수 있을 것이다. 그러나 여기서 또 한 가지 필요한 조건은 교사의 연수이다. 새롭게 개발된 자료의 구조의 특성, 의도와 구체적인 지도방법에 대한 교사의 이해와 훈련이 있어야 실제 현장에 효과적으로 적용될 수 있기 때문이다. 따라서 과학연구에 기반한 현장적용의 과정은 다음과 같이 4단계로 확장될 수 있다(그림 9).

그림 9. 과학연구에 기반한 현장 적용 과정 모형

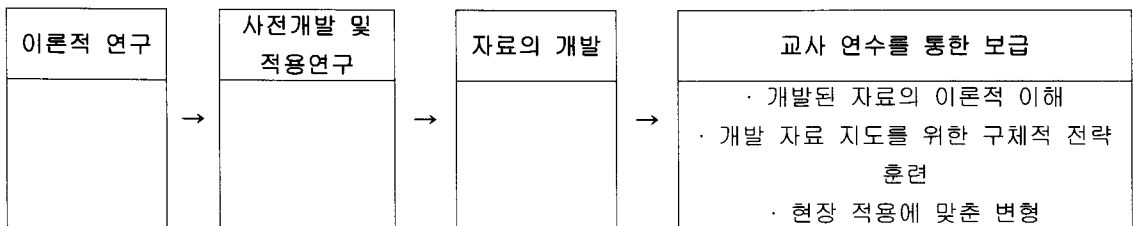
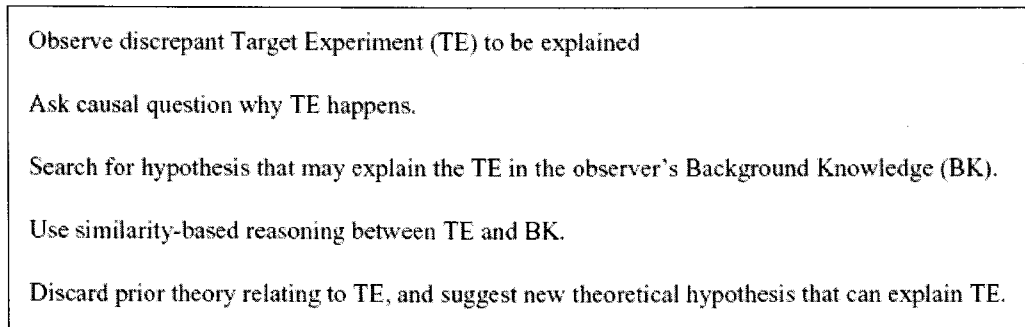


그림 10. 과학적 가설의 제안과정



구체적인 개발 자료에 앞서 이론적 연구를 수행한 다음 예로 과학적 가설의 제안에 대한 연구가 있다. 먼저 Park (2006)은 6명의 학생을 대상으로 구리봉에서 떨어지는 자석 현상을 이용하여 학생들이 가설을 제안하는 심리적 과정을 면담으로 밝혀내고 사고과정을 모형으로 제안할 수 있었다 (그림 10, 그림 11).

그림 11. 과학적 가설제안과정에 유용한 유사성에 기초한 추론 모형

Background Knowledge (BK) has properties α , β , and γ .

Target Experiment (TE) also has similar properties α' , β' , and γ' .

Then, the BK and TE share similar properties with each other.

The BK has another property δ .

Therefore, it is worth inferring that TE will also have property δ' ,

even though δ' has not yet been confirmed.

이러한 이론적 논의에 기초하여 박종원과 김두현은 과학영재아를 대상으로 시험적으로 적용하였다 (박종원과 김두현, 심사중). 시험적용 결과, 학생들이 흥미롭다고 한 내용, 배웠다고 한 내용, 탐구활동에 도움이 된다고 한 내용, 그리고 창의성에 도움이 된다고 한 내용을 다음과 같이 언급한 것으로 나타나 널리 확대 적용이 가능하다고 판단할 수 있었다.

표 4. 가설제안 활동에 대한 학생의 반응

흥미롭다고 한 내용	<ul style="list-style-type: none"> · 기존의 알은 지식이라도 그 지식들을 이용해서 새로운 아이디어를 낼 수 있다는 점 · 유사성을 찾는 것이 (그렇게 생각해 본 적이 없어서) 우습기도 했지만 독창적인 유사성을 찾을 수 있었던 점 · 관련 없어 보이는 것에서 유사성을 찾아본 점
배웠다고 정리한 내용	<ul style="list-style-type: none"> · 공통점이 있는 다른 현상을 이용하여 (새로운) 현상을 설명하는 것 (2명) · 아는 지식으로 대상을 설명하는 것
탐구활동에 도움이 된다고 한 내용	<ul style="list-style-type: none"> · 볼 수 없고 측정할 수 없어도 비슷한 대안물을 찾는다면 설명할 수 있다. · 새로운 이유를 찾는 것보다 알고 있는 사실을 이용하면 쉬워진다. · 공통점을 찾아서 (전기줄로 줄넘기할 때) 새로운 것을 설명하면 쉽다.
창의성 개발에 도움이 된다고 한 내용	<ul style="list-style-type: none"> · 한 면만 보고는 유사성을 찾을 수 없다. 끊임없이 파헤쳐야 한다. · 유사성을 찾을 때 창의적으로 생각해야 독창적인 것을 찾을 수 있다.

그러나 실제 소요시간이 예상보다 많이 걸린 단점이 관찰되었고, 학생들이 가설을 제안하기 보다는 옳은 답을 찾으려는 태도를 보여, 가설제안활동에서 이러한 태도의 변화를 위한 지도가 포함될 필요가 있다는 것을 알 수 있었다.

현재 이러한 이론적 논의와 시험적용 결과를 바탕으로 박종원과 김두현(2007)은 과학의 본성 지도

자료 속에 가설제안과정 활동 자료를 포함시켰다 (그림 12).

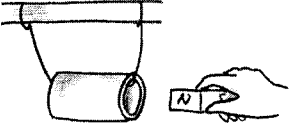
그림 12. 과학의 본성 지도자료 속에 포함된 가설제안활동 일부

기존의 것으로 새로운 것 설명하기

과학적 본성: 귀추적 사고의 본성
과학적 탐구기능: 관찰, 가설설정
과학개념: 전자기 유도, 전기저항, 소리의 진동수

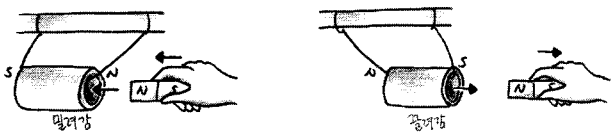
■ **활동** ■

1. 그림과 같이 구리봉 안으로 자석을 넣다 뺐다가 하면, 자석에 힘이 작용하는 것을 느낄 수 있다. 즉 자석을 넣을 때에는 자석을 밀어내는 힘이 느껴지고, 자석을 뺄 때에는 자석을 당기는 힘이 느껴진다. 그 이유는 자석을 넣다가 뺐다가 할 때, 구리봉에 유도전류가 생기고 그 유도전류 때문에 자기장이 생기면서 자석을 밀거나 당기기 때문이다.



이때, 철수는 다음과 같이 질문하였다.

“왜 N극을 넣으면 구리봉에 N극이 생겨서 자석을 밀려고 하고, N극을 빼면 구리봉에 S극이 생겨서 자석을 당기려고 하지? N극을 넣을 때 구리봉에 S극이 생겨서 더 당길 수도 있잖아?”



여러분은 왜 N극을 넣으면 구리봉에 N극이 생겨서 자석을 밀려고 하고, N극을 빼면 구리봉에 S극이 생겨서 자석을 당기려고 한다고 생각하는가?

2. 이때 영호가 다음과 같이 말했다고 하자.

“관성의 법칙이라는 것이 있잖아. 운동하는 물체는 계속 운동하려고 하고, 정지한 물체는 계속 정지해 있으려는 성질. 이 경우 역시 관성의 법칙처럼 자석이 들어오려면 자석이 못 들어오게 하는 것이고, 자석이 나가려고 하면 자석이 나가지 못하게 하는 것이 아닐까?”

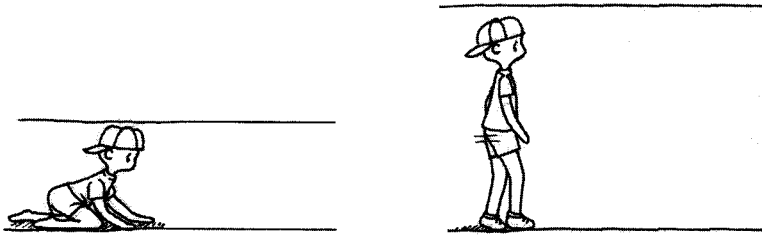
여러분은 영호의 생각에 동의하는가? (동의한다, 동의하지 않는다)

그 이유는 ? _____

3. 새로운 현상(구리봉에 생기는 자기장의 방향)에 대한 질문에 답하기 위해 영호는 다른 지식(관성

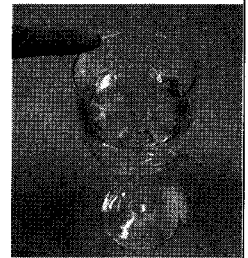
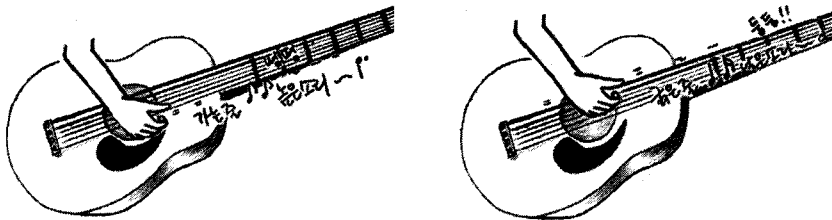
의 법칙)을 이용하여 설명하였다. 즉 모르는 현상을 이해하거나 설명하기 위해, 다른 경우에서 알고 있는 지식을 빌려오는 방법을 사용하였다. 이러한 사고 방법을 귀추적 사고라고 한다. 다음 경우에 대해 귀추적 사고를 이용하여 답을 해 보자.

- ① 저항의 단면적을 작게 하면, 저항이 커진다. 왜 그런지 설명하기 위해 긴 통로에서 사람이 빠져 나가는 경우를 이용하여 설명해 보아라.



저항의 단면적을 작게 하면 저항이 커진다. 왜냐하면 _____

- ② 유리컵에 물을 넣고 손가락으로 문질러 소리를 내어보자. 그리고 물을 더 많이 넣으면 낮은 소리가 난다. 왜 물이 많으면 낮은 소리가 나는지 설명하기 위해, 굵은 기타줄과 가는 기타줄에서 나는 소리의 경우를 이용하여 설명해 보아라.



컵에 물이 많으면 낮은 소리가 난다. 그 이유는? _____

... 계속

현재 박종원, 최재혁, 김정자(미발행)는 과학영재교사 연수자료에 적용하였고 교사로부터 반응을 얻어 분석 중에 있다.

또 다른 예로는 문제인식하기 활동자료의 개발을 들 수 있다. 박종원 (2005)은 대학생들 대상으로 면담을 실시하여 탐구문제를 제안하는데 활용되는 사고전략과 다양한 탐구문제 유형을 밝혀냈다. 밝혀진 결과를 보다 일반화하기 위해 다른 주제와 다른 학생(중학생)을 대상으로 하여(윤혜영과 박종원, 2007) 이전 연구에서 밝혀진 사고전략(그림 13)과 탐구문제 유형(그림 14)을 수정 보완할 수 있었다.

그림 13. 탐구문제를 제안하는 데 활용되는 사고전략

Example of Thinking Strategies
Strategy I: Exploring the given problem situation (e.g.) The shape of cub is similar to the convex lens, ...
Strategy II: Changing the given situation Strategy II-1: Replacing the given materials with others (e.g.) If pure water is changed to salt water ... Strategy II-2: Extending the given situation (e.g.) If I put the rod outside the cup, ...
Strategy III: Relating the given situation to his/her background knowledge/experience Strategy III-1: Using background knowledge and experience (e.g.) Because the velocity of light decrease inside the water ... Strategy III-2: Recognizing conflict between the given situation and background knowledge/experience (e.g.) I know that light is refracted downward in the water, but here, the rod is refracted upward ...
Strategy IV: Inferring the hidden variables which can effect the given situation (e.g.) Can amount of water affect the degree of refraction?
Strategy V: Reflecting the purpose of investigating the given situation (e.g.) This situation seems to investigate the phenomena about refraction ...

그림 14. 다양한 탐구문제 유형

Example of IP types
Type I: New result IP (i.e., IP for obtaining new results) (e.g.) (If the color of water or rod is changed) ... what different (or new) observations can be possible (obtained)?
Type II: Relationship IP (i.e., IP for identifying relationship between variables) (e.g.) Will the degree of refraction be proportional to the density of water?
Type III: Why-How IP (i.e., IP for searching answers for why-how questions) (e.g.) Why the thickness of rod is varied according to the observer's position?
Type IV: Application IP (i.e., IP for applying results to new situations) (e.g.) If I make interesting something by applying the refraction in an everyday life?
Type V: Experimental method IP (i.e., IP for developing new experimental methods) (e.g.) Is it possible that light is not refracted between the air and water?

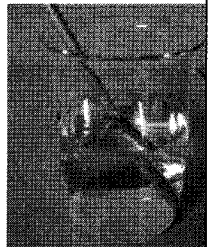
Park and Kim (under review)는 이러한 이론적 연구에 기초하여 시험 자료를 개발하여 영재학생을 대상으로 시험 적용하였다. 시험적용 결과, 학생들의 탐구문제 수는 98%~128% 증가하였고, 탐구문제의 유형도 44%~85% 증가한 것으로 나타나, 학생의 유창성과 융통성 개발에 도움이 될 것으로 기대되었다.

현재는 과학영재교육 프로그램으로 개발하여 적용하고 있으며, 교사 연수 프로그램에도 적용 중이다(박종원, 최재혁, 김정자, 미발행) (그림 15). 앞으로 교사 응답을 분석한 결과가 발표될 예정이다.

그림 15. 탐구문제 인식하기 활동지도를 위한 연수 프로그램의 일부

1단계: 직접 창의적 활동 수행하기

<활동 1>
 다음은 물이 든 컵에 막대기를 넣은 사진이다.
 실제로 물이 든 컵에 막대기를 넣고 다양한 관찰을 해 보아라. 그리고 탐구할 만한 가치가 있다고 생각하는 탐구문제를 제안해 보자.



탐구문제 ①: _____
 탐구문제 ①의 근거: _____
 (계속)

2단계: 수업 적용하기 위한 안내/방법 연습하기, 또는 미완성된 수업자료 완성하기

많은 다양한 탐구문제를 제안하도록 지도하기

학생들이 우선 다양한 탐구문제를 많이 제안해 보도록 지도할 필요가 있다. 물론 좋은 탐구문제가 되기 위해서는 또 다른 지도가 필요하지만, 여기에서는 먼저 많은(유창성), 그리고 다양한(융통성) 탐구문제를 제안하도록 해보자.

<활동 2>
 1. 건전지에 꼬마전구를 연결하고 꼬마전구에 걸린 전압과 꼬마전구에 흐르는 전류, 그리고 꼬마전구의 밝기를 측정하였다.

전압 (V)	전류 (mA)	전구의 밝기 (Lux)
1.5	198	45
2	232	170
3	283	752

위 측정결과로부터 탐구할 만한 가치가 있다고 생각하는 탐구문제를 제안해 보자. 이때 다음과 같이 생각하면 탐구문제를 제안하는 데 도움을 줄 수 있다.

- (1) 주어진 정보가 어떤 특징이 있는지 먼저 살펴본다.
 - * 전압이 1.5v에서 3v로 2배 증가하니까 전류는 ...
 - (2) 주어진 정보와 관련해서 자신이 알고 있는 배경지식이나 경험을 떠올려 본다. 특히, 자신이 알고 있던 지식과 불일치하는 측면이 있는지 살펴본다.
 - * 전력은 전압 곱하기 전류이니까....
 - * 옴의 법칙에 의하면 전류는 전압에 비례해야 하는데...
 - (3) 주어진 정보의 상황을 바꾸어 본다. 즉, 측정방법이나 도구 등을 다른 경우로 바꾸어 보거나, 측정범위나 조건 등을 확장해 본다.
 - * 꼬마전구 대신에 발광다이오드나 형광등으로 바꾸어 본다면...
 - * 전압을 계속 10V까지 올려본다면 ...
 - (4) 주어진 정보에 영향을 줄 것으로 생각되는 숨겨진 변인들을 추정해 본다.
 - * 전구에서 발생하는 열이 영향을 주지 않을까
- 그럼, 각 경우에 해당되는 생각을 각자 적어봅시다.

- (1)번 방법
(2)번 방법
(계속)

이제 위와 같은 방법으로 생각하면 다음과 같은 유형의 탐구문제를 만들어 볼 수 있다.

- (A) 새로운 결과를 알아보기 위한 탐구문제
 - * 전구에서 발생하는 열의 양을 측정해 보면 얼마일까?
- (B) 변인들간의 관계를 알아보기 위한 탐구문제
 - * 전력과 빛의 밝기와의 관계는 어떻게 될까?
- (C) 왜-어떻게 현상이 일어나는지 알아보기 위한 탐구문제
 - * 왜 또는 어떻게 전구에서 빛이 발생할까?
- (D) 다른 상황에 적용해 보기 위한 탐구문제
 - * 이 결과로 빛의 효율을 높이는 방법을 알아볼 수 있을까?
- (E) 실험방법을 고안하거나, 새로운 실험방법을 적용해 보기 위한 탐구문제
 - * 전구에서 발생하는 빛의 파장별 빛의 세기를 측정하려면 어떻게 해야 할까?

이제 스스로 각 유형의 탐구문제를 제안해 보자. 물론, 이때 앞에서 연습한 (1), (2), (3), (4)번 식

의 생각방법을 활용해 보도록 하여라.

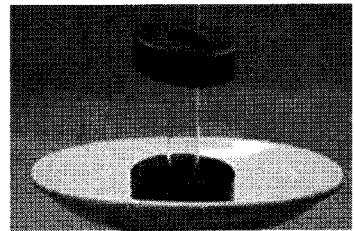
(A)형 탐구문제

(B)형 탐구문제

(계속)

<활동 3>

다음은 2개의 고리 자석을 같은 극끼리 마주보게 하여 하나의 자석이 공중에 뜨도록 한 장치이다.



이 장치를 관찰하고 탐구할만한 가치가 있다고 생각되는 탐구질문들을 다양하게 많이 제안해 보아라. 이때 어떤 사고전략을 썼는지, 어떤 탐구문제 유형인지 써 보아라.

탐구문제 ①: _____

사용한 사고전략: _____

탐구문제 유형: _____

(계속)

<활동 4>

제안한 탐구질문들 중에서 좋은 탐구문제를 결정하는 일은 어려운 일이다. 어떤 탐구문제가 좋은 탐구문제라고 생각하는가? 좋은 탐구문제의 기준을 각자 제안해 보자.

기준 1: 얼마나 독창적인 탐구질문인가? (5% 안에 들어가는 독창적인 탐구질문인가?)

기준 2: 탐구질문이 해결되면 과학적으로 의미있는 결과가 예상되는가?

기준 3: 어떤 불일치를 인식하고 제안한 탐구질문인가?

기준 4: 특정한 과학지식에 근거하며, 과학지식을 잘 활용하고 있는가?

기준 5: 질문이 구체적인가?

기준 6: 탐구를 통해 해결될 수 있는 질문인가?

(1) 활동 3에서 제안한 탐구질문들 중에서 위 기준에 맞도록 수정해 보아라.

수정된 탐구질문 번호: _____

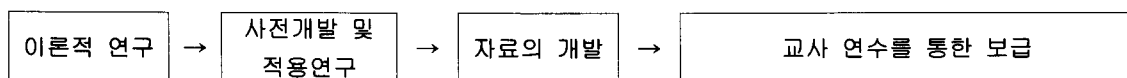
수정된 탐구질문 내용: _____

(계속)

III. 결론 및 제언

현장 적용을 위한 구체적인 지도자료의 개발은 개인적인 경험과 직관에만 의존할 수는 없다. 물론 직관과 경험도 실제 지도에서는 매우 중요한 요소이지만, 널리 일반화되어 보급되기에는 한계가 있기 마련이다. 또한 주어진 상황에 따른 영향도 클 것이다.

그러나 면에서 현장 적용을 위한 자료는 철저하게 이론에 기반할 필요가 있다. 그러나 지금까지 이러한 개발과정에 대해서 체계적인 논의가 부족했던 것도 사실이다. 이러한 점에서 본 발표에서는 개발과정을 4단계로 나누어 실제 개발된 사례 중심으로 논의해 보았다.



그러나 이러한 사례들은 본인의 연구에만 한정이 되어 있어 연구자들에 따라 다른 관점과 사례가 가능할 것이다. 본 발표가 하나의 시작점이 되어 다양한 관점과 사례가 모여, 앞으로 현장 적용을 위한 개발단계에 대한 논의가 보다 더 체계화되기를 기대해 본다.

참고문헌

- 서울대학교 자기주도형 과학교과서 연구 개발위원회 (2005). *고등학교 물리 1*. 교육인적 자원부, 서울특별시 교육청.
- 박종원, 김두현 (심사중). 과학의 본성 자료 개발과 과학영재아를 대상으로 한 시험적용. *한국과학교육학회지*.
- 박종원, 이강길 (2005). 새로운 물리탐구의 세계. *청문각*.
- 박종원 (2005). 학생의 과학적 탐구문제의 제안과정과 특성 분석. *새물리* 50(4), 203-211.
- 박종원. (1998). 과학활동에서 연역적 사고의 역할. *한국과학교육학회지*, 18(1).
- 박종원, 김두현 (2007). 2006년도 교과교육공동연구 결과 보고서: 과학적 탐구상황에서 과학의 본성 이해를 위한 포괄적인 학습 자료의 개발. 과제번호, KRF-2006-721-B00029.
- 박종원, 최재혁, 김정자 (미발행). 새로운 유형의 과학영재심화연수 자료의 개발과 효과 분석.
- 윤혜영과 박종원 (2007). 관찰결과로부터 중학생들이 제안한 과학적 탐구문제의 유형과 사고전략. 제 51차 한국과학교육학회 동계학술대회 및 정기총회 발표, 한국교육대학교.
- Hempel, C. G. (1965) *Aspects Of Scientific Explanation* (New York: The Free Press).
- Jeong, Hyun Suk & Park, Jongwon (under review). Guideline and recommendations for the effective use of an everyday context in teaching physics. *Asia-Pacific Education Review*.
- Lee Han Su & Park, Jongwon (2007). Students' Conceptual Understanding about Force and Motion Using Deductive Explanation Task. Paper presented at the The 10th Asia Pacific

Physics Conference.

- Park, Jongwon & Kim, Doohyun. (under review). Helping gifted students to generate scientific inquiry problems by themselves. *Journal for the Education of the Gifted*.
- Park, Jongwon (2006) Modelling analysis of students' processes of generating scientific explanatory hypothesis. *International Journal of Science Education*, 28(5), 469-489.
- Park, Jongwon, & Sooja, Han (2002). Deductive reasoning to promote the change of concept about force and motion. *International Journal of Science Education*, 24(6), 593-610.

연구에 기반을 둔 과학 교수학습 자료의 개발과 현장 적용

류성철 (서울 노원고)

현장의 과학교사는 수업 연구를 하면서 기존의 학습 자료를 찾는다. 그리고 찾은 자료들 중에 좋은 학습 자료라고 선택한 것을 약간 수정해서 사용한다. 필요한 자료가 없을 때에는 학습 자료를 직접 만들게 된다. 이러한 과정에서 학습 자료가 어떤 기준에서 최종적으로 수업에 사용되었는지 분명하게 근거를 갖고 있는 경우는 드문 것 같다. 교사 개인의 경험과 직관에 의해 선택되고 사용된다. 그리고 수업을 한 후 학습 자료에 대한 평가도 수업분위기와 몇몇 학생들의 태도에 의해 막연하게 평가를 한다. 학습 자료가 학습에 어떤 영향을 미쳤는지 얼마만큼의 효과가 있는지를 확인하는 것은 현장 교사에게 사실 너무 힘든 일이다. 교수 학습 자료의 개발과 현장 적용의 문제를 개인적인 경험과 관점에서 진술하고, 연구에 기반을 둔 과학 교수학습 자료가 그런 문제를 어느 정도 해결할 수 있는지 논의해보고자 한다.

1. 교수 학습 자료의 개발과 현장 적용의 문제점

기본적인 학습 자료는 교과서이다. 교사는 교과서에 있는 자료와 내용을 학생들에게 학습하게 한다. 새로운 교수학습 자료의 개발은 교과서가 모든 것을 채워 주기에는 부족하다는 것이다. 학생들 개인의 특성과 수준의 차이, 교사의 성향, 특별한 목적(연구 등)에 따라 교과서 외의 학습 자료를 사용하게 된다. 그리고 기존의 것보다 새로운 것에 대한 욕구 때문에 새로운 교수학습 자료를 찾기도 한다.

연구자나 현장 교사가 새로운 교수 학습 자료를 개발하게 되는 동기를 보면,

- 가. 개인적인 필요에 의해 수업 자료를 개발하는 경우
 - 나. 교사 모임 등에서 발표하기 위해 수업 자료를 개발하는 경우
 - 다. 연구학교 및 시범학교 운영을 위해 수업 자료를 개발하는 경우
 - 라. 시도교육청 및 공공기관으로부터 수업 자료 개발을 요청받은 경우
 - 마. 연구를 위해 수업 자료를 개발하는 경우
- 로 나눌 수 있다.

이러한 과정을 통해 모든 영역을 포함하는 것은 아니지만 매우 많은 수업 자료가 해마다 개발되어 사용되고 있다. 대개 수업 자료를 개발하는 과정에서 대부분 공동 연구 작업을 하기 때문에 개별적인 자료의 개발에 앞서 수업 자료 개발의 목적과 대상, 수준 등이 논의되고 기존의 연구 자료를 참고하여 기존의 자료와는 형식과 내용에서 차별이 있는 수업 자료를 개발하려고 노력한다. 사전 개발과 시범 적용을 통해 수업 자료의 틀을 정하고, 본격적인 수업 자료를 개발하게 된다. 그렇지만 모든 수업 자료가 시범 적용을 통해 자료가 수정 보완되는 것은 아니다.

해마다 개발되는 콘텐츠의 차별성은 크지 않다. 자료의 개발에 있어서 자료의 소재와 내용에 대한 양의 한계는 분명하기 때문에, 자료의 소재와 내용의 중복이 많다. 그러나 수업 자료가 적극적으로 공개되고 홍보되는 경우가 적기 때문에 그러한 중복이 두드러지게 드러나는 것은 아니다.

수업 자료의 개발에 대한 동기가 사라지면, 개발된 수업 자료의 보급과 수정이 이루어지지 않는다. 개발된 교수 학습 자료의 완성도를 높여가는 연구가 이루어지지 않고, 다시 새로운 교수 학습 자료를 개발하는데 더 노력을 기울이게 된다. 연구를 통해 자료를 수정하고 지속적인 보급을 위한 재원을 지원해주는 체제가 마련되어 있지 않기 때문이다. 개발을 위한 개발이 반복되고 있다. 그렇기 때문에 교수 학습 자료의 보급에 적극적이지 않게 되고 개발된 교수 학습 자료의 효과와 검증이 제대로 이루어지지 않게 되며, 교사는 교수 학습 자료를 어떤 기준에서 선택해야 하는지를 알 수 없다. 교사는 교수 학습 자료가 요구하는 평균적인 수준 이상의 학습 효과가 이루어졌는지를 스스로 평가할 수 없다. 그러므로 교사는 자신의 수업이 어떤 문제가 있는지 어떻게 개선해야 하는지를 알 수 없다. 기준이 없기 때문이다.

2. 연구에 기반을 둔 교수 학습 자료의 개발과 현장 적용

교수 학습 자료의 개발은 학습 자료가 달성하고자 하는 목표가 분명히 있다. 그리고 목표의 타당성은 이론적 연구가 뒷받침되어야 한다. 그러한 점에서 이론적 연구, 사전 개발 및 적용 연구, 자료의 개발, 연수를 통한 보급의 단계를 통해 개발과 적용이라는 문제를 체계적으로 정리할 필요가 있다는 것에 동의한다. 그리고 새로운 이론적 연구가 필요한 경우가 있을 수 있다. 현장 교사들의 직접적인 경험이 교수 학습 자료의 개발로 이어지는 경우는 경험을 토대로 한 직관적인 자료의 개발이 선행되고, 자료의 효과가 검증되고 확산되면서 이론적인 연구가 뒤따르는 형태도 진행될 수 있을 것이다.

교수 학습 자료의 개발은 연구를 통해서든, 전문가들의 경험을 바탕으로 합의된 것이든 효과가 있음을 전제로 한다. 보통 과학교육연구는 교수 학습 자료의 효과 분석에 있어서 유의미하다는 통계적 결과에 만족한다. 물론 학습 효과를 정량으로 나타내는 것이 어렵다는 것이 연구의 한계일 것이다. 실험집단과 비교집단으로 나누어 수업 결과를 표준화된 검사로 사전사후 비교하는 방법도 연구의 한계일 것이다.

연구에 기반을 둔 교수 학습 자료이든 교사의 직관적인 경험을 바탕으로 한 교수 학습 자료이든 간에 개발된 교수 학습 자료를 사용하여 학습 효과를 거두고 나아가 효과를 신장시키기 위해 교사 학습 자료를 개발한 것이다. 그리고 어느 정도 효과가 입증된 교수 학습 자료를 많은 현장 교사들이 사용할 수 있도록 보급되어야 한다. 그래서 교사 연수를 통해서 교수 학습 자료들이 안내되고, 보급된다. 그런데 보통 여기에서 끝이다. 연수나 연구 발표를 통해서 보급되는 정도는 전체 과학교사의 수에 비하면 그렇게 크지 않다. 교수 학습 자료의 개발에 있어서 가장 필요한 부분이 피드백이라고 생각한다. 교실에서의 수업 환경은 매우 다양한 요인이 존재한다. 효과도 그런 요인의 유무에 따라 다양할 것이라고 추측할 수 있다. 그런 점에서 연수나 연구 발표를 통해 보급하고 교사들이 수업에 적용한 결과들이 다시 연구되는 일련의 순환 과정이 지속적으로 이루어지고, 평가된 결과가 알려짐으로 해서 좋

은 교수 학습 자료와 방법이 현장에 빨리 확산될 것이다.

교수 학습 자료를 평가하는 도구가 필요하다. 시그마6의 생산 공정에서 불량품을 줄이려는 노력처럼 효과적인 교수 학습 자료를 개발하기 위한 체계와 교수 학습 자료를 활용한 수업을 평가하기 위한 도구가 필요하다. 효과적인 교수 학습 자료를 개발하기 위한 체계는 박종원의 개발 4단계를 구체화시키고 연구를 통해 각 단계별 검증 절차를 도입함으로써 만들어질 수 있을 것이라 생각된다. 교수 학습 자료를 활용한 수업을 평가하기 위한 도구는 교사가 자신의 수업이 어느 정도 수준인지 평가할 수 있는 척도를 제공해 줄 수 있다. 현재 교사들은 자신의 수업을 평가할 수 있는 일반적인 도구가 없다. 교수 학습 자료의 효과 자체를 정량으로 검증하는 것은 어렵지만, 학생들의 만족도 및 교사 자신의 만족도, 수업 준비 과정에서의 절차적 준수 여부 등을 평가할 수 있는 도구가 있다면, 교수 학습 자료의 효과에 대한 자료로 활용할 수 있을 것 같다. 같은 교수 학습 자료를 사용한 교사들이 수업 평가 자료를 공개하고 공유한다면, 교수 학습 자료에 대한 효과 분석이 간접적으로 이루어질 것이고, 좋은 교수 학습 자료를 개발하기 위한 자료가 되고, 교사 자신이 하고 있는 수업에 대한 평가를 비교할 수 있으므로 해서 더 좋은 수업을 할 수 있는 계기를 만들 수 있을 것이다. 웹이라는 공간을 통해 많은 자료들이 공개되고 공유되고 있지만, 자료가 분산되어 있는 관계로 자료에 접근하는 것이 쉽지 않으며, 시도교육청 또는 국가에서 교수 학습 자료를 모으고 있지만, 아직 그 수준은 미흡하다. 단순히 자료를 모으는 것보다 교수 학습 자료를 활용한 수업에 대한 교사 자신들의 평가를 반영할 수 있는 시스템이 필요하며, 새로운 교수 학습 자료 및 방법이 개발되었을 때, 이 시스템을 통해 평가받음으로써 해서 더 좋은 교수 학습 자료를 개발할 수 있을 것이다.

이론과 실제 사이의 간격 줄이기

한재영 (충북대)

1. 들어가며

내가 얼마 전에 받은 논문 심사 결과에 다음과 같은 문구가 있었다. ‘연구를 위한 연구...’ 저자가 논문의 취지를 제대로 기술하지 않아 생긴 오해일 수 있으나, 그 표현은 나에게 많은 생각거리를 제시하였다. ‘과학교육 연구에서 연구를 위한 연구가 가능한가?’, ‘그러한 연구의 이미지는 어떻게 생겨나는 것일까?’, ‘왜 과학교육 연구가 현장에 잘 연결되지 못하는 것일까?’ 이들 질문은 ‘이론과 실제 사이의 간격’이라는 오래된 주제와 연결되며, 이번 한국과학교육학회의 주제인 ‘연구에 기반한 과학 교수학습 자료의 개발과 현장 적용’에 핵심적인 논의 사항이 된다. 이에 앞선 두 주제발표 내용을 검토하며, 내가 조금씩 생각해 왔던 이론과 실제 사이의 간격에 대한 글을 정리해 보고자 한다.

2. 논의

강순희 교수는 새로 개정된 과학과 교육과정의 시행에 필요한 내용으로 창의적 문제 해결력이 있음을 지적하며, 창의적 사고력과 비판적 사고력을 실용적으로 정의하고 그것을 평가하는 도구를 개발한 내용과, 사고력 신장 교수학습 모형을 개발하고 적용한 내용, 그리고 개발한 자료의 예들을 제시하였다. 새로운 수업 전략에 있는 ‘조그마한 차이’가 큰 효과를 낼 수 있음을 강조하며, 현장 적용에 용이한 자료임을 주장하고 지속적인 연구의 필요성을 제기하였다.

강순희 교수 연구실의 구성원은 대부분 현장 교사이며, 교수학습 자료를 개발할 때 항상 현장에 적용해 보는 검토 과정을 거치는 것으로 알고 있다. 즉, ‘중학교에 비해 가르칠 개념과 이론이 많아 실험 수업에 대해 시간적 부담을 느끼는 고등학교 현장 교사들의 상황을 고려’하거나, ‘실험을 현실적으로 하기 힘든 고등학교’에 유용하게 활용할 수 있는 자료들을 개발하는 등, 현실의 여건을 반영한 자료를 개발하여 적용하고 있음을 알 수 있다. 따라서 강순희 교수의 발표 내용은 이론적인 연구와 논의 내용이 실제적인 자료 개발로 이어진 사례를 잘 보여준다고 볼 수 있다.

한편 박종원 교수는 이론과 실제 사이의 간격에 대한 반성에서 출발하여, 연구와 현장 적용이 긴밀한 연관성을 가지기 위한 4가지 단계로 ‘이론적 연구’, ‘사전개발 및 적용 연구’, ‘자료의 개발’, ‘교사 연수를 통한 보급’을 제안하였다. 또한 각 단계에 해당하는 실제 연구 사례를 제시하고 구체적으로 논의하여, 현재 과학교육 연구에서 이루어지는 결과물들을 한 눈에 조망할 수 있는 틀을 제시하였다고 할 수 있다.

이러한 두 주제발표 내용을 통해서 과학교육 연구가 현장에 잘 연결될 수 있으며, 과학교육에서 이론과 실제 사이의 간격이 상당히 줄어들 것 같은 느낌이 든다. 그런데 과연 그럴까? 무엇이 부족하고 어떠한 지원이 더 있어야 할까?

내가 생각하기에 교수학습 자료의 개발과 적용은 끊임없는 순환 과정이어야 하며, 그러한 피드백-수정 과정에 대한 지원과 연구에 더 많은 초점이 놓일 필요성이 있다. 물론 강순희 교수와 박종원 교수의 연구개발 과정에서 현장 적용을 통한 피드백이 있었으며, 박종원 교수는 마지막 단계인 교사 연수를 통한 보급에서 '현장 적용에 맞춘 변형'을 언급하기도 하였다. 그러나 나는 어떠한 자료도 그 자체로 모든 상황에 적용될 수는 없으며, 모든 자료는 개별적인 교실 상황에 맞춰 끊임없이 수정되어야 한다고 생각한다. 아래의 긴 인용글을 보자.

교육 연구는 크게 세 가지로 분류가 가능하다(de Jong 등, 1999): learning에 대한 연구, teaching에 대한 연구, educational context에 대한 연구. 그런데 문제는 연구를 통해 일반화한 내용이 어떻게 특수한 개별적 상황에 적용이 되는가이다. 따라서 특정 (화학) 내용에 관련된 연구가 수행될 필요가 있다.

연구를 하는 사람과 실제 가르치는 사람 사이의 간격이나 불만의 원인을 세 가지 측면에서 살펴볼 수 있다(de Jong, 2000).

1) 서로 시간이 부족하다: 교사는 이미 가르치는 것을 준비하기에 너무 바쁘다. 연구자들도 살아남기 위해서는 랭킹이 높은 저널에 투고를 해야 하는데, 그런 저널은 교사들이 잘 안보는 것이다.

2) 서로 기대치가 다르다: 교사는 연구자들이 현장의 어려움을 해소해 주는 연구를 하기를 바라지만, 연구자들은 교사가 자신들의 연구를 변형해서 사용할 수 있다고 생각한다.

3) 연구의 배경이 되는 패러다임 문제: 오랜 기간 교육 연구는 일반적인 심리학 이론에서 출발하는 경우가 많았다: 행동주의, 인지심리학 등. 그래서 이렇게 일반적인 연구는 내용과 무관(content-free)하며 일반적인 문제를 다루기 때문에 특수한 상황에 있는 교사의 문제를 해결해주지 못한다.

특정 내용에 관련된 연구(domain-specific research)를 하는 가장 좋은 방법은 수업 현장을 녹화-녹음해서 세세하게 분석하는 것이다. 교사의 개별적인 경험을 연구 대상으로 삼아야 하고, 연구 결과를 계속적으로 적용하는 발달적 연구(developmental research)를 하는 것이 좋다.

과학교육 연구를 통해 일반화한 내용을 적용하는 것이 결코 쉬운 일이 아닐뿐더러, 적용하였을 때 항상 결과가 동일하게 나오지 않는 것은 각각의 적용 상황이 다르기 때문이다. 마찬가지로 과학교육 연구에 기반한 교수학습 자료를 적용할 때에도 상황에 맞게 변형되어야 하며, 그 결과가 다시 자료 개발에 피드백되어야 하며, 이 과정은 계속 반복될 수밖에 없다. 박종원 교수도 이러한 '상황의 영향'을 분명히 언급하였다.

그런데 이러한 순환 과정이 지원되는 경우가 별로 없다는 것이 문제라고 생각된다. 과학교육 연구를 통해 개발한 자료에 대한 교사 연수는 종종 이루어지는데, 그 효과에 대해서 논란이 많다. 교사 연수의 현장성에 대한 문제가 많은 연구에서 지적되고 있는데, 이 문제를 해결하기 위한 방안으로 한양대학교 과학교육연구센터에서 교사 연수에 대한 연구를 수행하였다.(이번 학회 중 워크샵으로 발표될 예정임) 그 연구의 핵심 내용은, 연구 개발한 실험 자료 중에서 그것을 한번도 해보지 않은 현장 교사가 직접 해당 실험을 자신의 수업에 활용해 보고, 그 과정에서 문제점을 발견하고 해결해 나가며, 동

료 교사와 함께 현장 적용에 대해 논의를 하고, 자신의 수업을 비디오로 촬영한다. 그리고 실험을 처음 적용해 본 교사는 다른 교사에게 자신의 경험을 전달해 주는 연수의 강사가 된다. 이처럼 개발된 자료를 현장 적용하고 그에 따라 또 다시 자료가 변형되며 다른 교사에게 전달되는 과정이 새로운 교사 연수의 특징이며, 현장 교사들은 자신의 노력에 대한 행정적, 재정적 지원을 받았다. 이 과정에서 연구에 참여한 교사들의 수업의 질도 향상될 수 있다. 즉, 과학교육 연구가 현장에 직접적으로 연결되었다.

- 과학교육 연구의 결과물은 대부분 학술지의 용어로, 제한된 사람들에게만 보고된다. 정작 연구 대상의 '삶'에 직접적인 변화를 주는 경우가 많지 않다. 오히려, 대부분의 연구는 연구 대상의 '삶'을 변화시키지 않으려 애써 노력한다.
- 모든 연구는 연구 참여자(교사, 학생, 교수, 대학원생, 교과서, 교장, 교감 등등)의 삶을 변화시키는 방향으로 진행되어야 하며, 그렇지 않은 연구는 필요 없다는 생각을 실천해야 한다.

과학교육 연구 논문만을 보고 과학 교사가 변하리라 기대하는 것은 무리다. 학술지에 실린 논문이나 개발된 자료가 '이론'이라면, 그것을 비판적으로 적용할 수 있는 사람은 현장 교사이며, 과학교육 연구자는 그러한 현장 교사의 적용 활동에 도움을 주어야 한다고 생각한다. 그렇게 함으로써 동시에 과학교육 연구와 자료 개발에 피드백을 받을 수 있다. 이론과 실제 사이에 거리가 발생한 이유에 대하여 다음 글을 보자.

- 실제로 가르치는 일을 하는 사람과 가르치는 것에 대한 지식을 만들어내는 사람이 다르기 때문, 즉, 이론과 실제가 역할분담이 되었기 때문.
- 전통적으로 대학 교수는 "더 많이 아는 사람"으로, "조금 덜 아는" 교사에게 무엇인가를 주려는 관계를 가졌기 때문.
- 전통적으로 교사 교육의 틀은 이론을 습득한 후 -> 실제에 적용하는 형태였기 때문.

과학교육 연구에서 이론과 실제 사이에 다리를 놓는 것은 매우 어렵다. 그러나 그것은 놓을 수 없는 끈이며 많은 사람이 노력하고 있는 내용이기도 하다. 과학교육 연구에 기초한 교수학습 자료가 현장에 잘 활용되기 위해서는 현장과의 끊임없는 피드백과 그에 대한 지원이 요구된다고 하겠다.

3. 나가며

손석희 교수는 지난 2004년 3월 22일(그 당시 아나운서) 서울대학교 특별강의에서 "오랫동안 토론 프로그램을 진행하면서 자신의 지지계층 등 특정 집단에만 통하는 이른바 '카타르시스 커뮤니케이션'이 우리 사회에 횡행하는 점을 느꼈다"고 털어냈다고 한다. 나는 지금 내가 하는 논의가 대학 교수의

입장에서 이론-상아탑의 편만을 들어주는 것은 아닌지, 또는 현장 교사의 입장인 실제-학교의 편만을 대변하는 것은 아닌지 경계한다. 이 둘 사이의 관계는 항상 섞일 수밖에 없는 변증법적 관계라는 말로 마무리하는 것도 약간 어색하다.

철학자는 이런저런 방식으로 이 세상을 해석(기술)해 왔다. 문제는 그것을 변화시키는 것이다. - 칼 맑스.

참고한 문헌(일부)

- Roth, W.-M., & D. R. Lavoie (2001). Introduction. In D. R. Lavoie & W.-M. Roth (Eds.), *Models for science teacher preparation: Bridging the gap between research and practice* (pp. 1-8). Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Roth, W.-M. (2001). *Becoming-in-the-classroom: Learning to teach in/as praxis*. In D. R. Lavoie & W.-M. Roth (Eds.), *Models for science teacher preparation: Bridging the gap between research and practice* (pp. 11-30). Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

과학 교수·학습 자료 개발 및 적용을 위한 학계와 현장의 협력방안

이 화 성 (교육부)

‘연구에 기반한 과학 교수·학습 자료의 개발과 현장 적용’이라는 주제에 대한 토론을 위해 두 분 교수의 발표자료에서 공감하는 부분을 발췌해 보았다. 교수학습 자료 개발을 위한 순환형 모형을 제안하고 이러한 순환형 모형을 실현하기 위해 학계와 현장의 협력을 이끌어 내는 몇 가지 방안을 생각해 보았다.

1. 강순희 교수님 원고 중 공감하는 부분

- …에 대한 오해들을 과감히 버려야 한다. …에 대한 이론이나 실재를 잘 모른다 라는 솔직하고 겸허한 태도를 가져야만 한다.
- 그래야만 현장에서 잘 이루어지지 못하는 …교수·학습 전략에 대한 개발의 필요성을 유의미하게 인식하게 되고, 그에 관한 연구물들도 유심히 살펴보게 되고, ~ 수업전략을 개발하게 될 것이고, 결국에는 그러한 교수 전략을 ~ 현장교육에 적용하게 되리라고 생각된다.
- 과학 교육을 관장하는 교사는 ~ 교수 전략을 잘 숙지하고 있어야 하고, 그러할 때 해당 교수 전략을 적절하게 개발하게 될 것이며, 현장 수업에 해당 교수 전략을 적용하게 될 것이다.
- 교사들 또는 과학교육 연구자들의 드러나지 않은 내적인 요인인 자신감 부족과 준비성 결여를 조금이나마 해결해 보려는 관점으로 ~
- 실제로 고등학교에서는 실험 수업이 많이 이루어지지 못하고 있으며 따라서 활용도가 떨어지는 탐구 실험 자료를 많이 개발하는 것보다 현장 교사들이 실질적으로 사용할 수 있는 교실에서 활용할 수 있는 과학수업 지도 자료를 개발하는 것이 필요하다. 자료 해석을 활용한 교실용 과학수업 지도자료에서는 중학교에 비해 가르칠 개념과 이론이 많아 실험 수업에 대해 시간적 부담을 느끼는 고등학교 현장 교사들의 상황을 고려하여 ~

2. 박종원 교수님 원고 중 공감하는 부분

- 학교와 교실 현장을 강조하기 위해 개발에만 치중하는 것도 시행착오의 위험에 처할 수 있다. 그러한 점에서 연구와 현장 적용 간의 적절한 균형이 이루어지는 것이 중요하다고 하겠다. 즉 현장 적용을 외면한 추상적이고 이론적이기만 한 연구도 반성해 볼 필요가 있고, 연구에 전혀 기반을 두지 않은 직관적이고 경험적인 현장 적용도 반성해 볼 필요가 있다.
- 자료의 시험개발을 위해서는 자료 개발의 근거가 되는 이론적 연구가 필요하다.
- 이론적 논의에 기초하고 시험적용을 통해 학생의 실제 사고과정을 이해한 후에 실제 자료를 개발

하면 현장에 보다 신뢰롭고 효과적으로 적용될 수 있을 것이다.

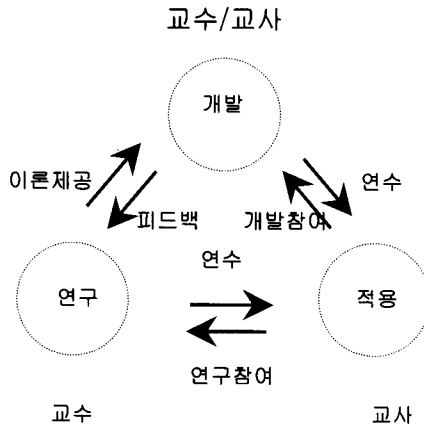
- 한 가지 필요한 조건은 교사의 연수이다. 새롭게 개발된 자료의 구조의 특성, 의도와 구체적인 지도방법에 대한 교사의 이해와 훈련이 있어야 실제 현장에 효과적으로 적용될 수 있기 때문이다.

3. 이론적 연구와 현장 적용이 균형을 이룬 자료개발 모형 제안

박종원 교수님이 제안하신 4단계 자료 개발 모형(그림1)에 대체로 공감을 한다. 다만, 이 모형에서 아쉬운 것은 이론적 연구, 자료 개발, 현장적용의 흐름이 한쪽으로만 이루어진다고 가정한 점이 아쉽다. 따라서 이론적 연구, 자료개발, 현장적용 등이 서로에게 피드백을 줄 수 있는 순환형 모형(그림2)을 제안하고자 한다.



<그림 1> 4단계 자료 개발 모형(박종원)



<그림 2> 순환형 자료 개발 모형

이 모형의 장점은 자료 개발의 궁극적인 목표를 연구 또는 현장적용에만 두는 것이 아니라 이러한 연구·개발·적용 과정 참여를 통해 교사의 전문성을 신장하는 데 두고 있다는 것이다. 교사의 연구·개발·적용의 전문성은 결국 학생들의 학습성취도 또는 흥미 유발에 기여하게 될 것이기 때문에 교수·학습 자료 개발에 대한 교사와 교수의 협동과 역할을 강조하는 이러한 순환 모형이 바람직하다고 본다.

4. 학계와 현장의 협력을 이끌어내는 방법

우선, 학회가 주관하는 학술대회에 교사의 참여를 높이는 방안이 필요하다. 현장을 잘 알고 연구문제를 발굴할 수 있는 현장 교사가 학회의 학술대회에 참여하여 과학교육 연구의 이론적 동향을 파악하고 관심이 유사한 연구자들과 교류하는 것은 연구에 기반한 교수·학습 자료 개발을 활성화하는 데

도움이 되리라고 생각한다.

둘째로, 교육청 또는 교육청 소속 연구원 등에서 연수 또는 장학 활동 등에 과학교육 연구를 수행하고 있는 교수들의 협력을 이끌어 내는 것이 필요하다. 현재에도 이러한 활동이 이루어지고 있지만 일방적인 강의 중심으로 운영하는 데에서 벗어나 교수와 현장 교사들이 공통의 과제를 해결하기 위해 토론하거나 협력하는 마당을 제공하는 것도 연구에 기반한 교수학습 자료 개발의 활성화에 도움을 줄 것이라고 본다.

자생적으로 만들어진 시도별 학교급별 교과교육연구회들이 많이 있는데, 이러한 교과교육연구회 활동에 교과교육 연구자들의 참여를 높이기 위하여 교육청 등에서 교과교육연구회를 지원할 때 재정 지원 이외에 교과교육 연구자를 연구회에 자문교수로 위촉해 주거나 교과교육 연구자 인력풀을 교과교육연구회 활동에 연계시켜 주는 것을 고려해 보면 좋겠다.

이번 한국과학교육학회가 계기가 되어 실제 교육 현장에서 필요한 교수학습 자료 개발에 현장 교사와 과학교육 연구자들의 협력이 활성화되기를 바라고, 이를 통하여 우리나라 과학교육이 한 단계 더 발전되기를 기대해 본다.