

# 초·중학생들의 과학탐구능력에 미치는 인지적, 정의적 특성에 대한 공변량 구조분석

임청환 · 김승화\* · 양일호\*\*

(대구교육대학교) · (보람원)\* · (한국교원대학교)\*\*

(1996년 11월 13일 받음)

## I. 서 론

탐구능력의 신장을 목표로 하는 학교 과학교육은 복잡한 교수-학습 환경과 다양한 학습자 개인의 인지구조는 물론 다양한 변인들(가치관, 경험, 개념, 태도, 재능, 동기 등)간의 복합적인 체계속에서 이루어지고 있다. 그렇기 때문에 과학교육을 받는 학습자의 다양한 특성 변인들과 과학탐구능력이 전체적인 구조와 맥락 속에서 서로 어떻게 영향을 미치는가를 연구하는 일은 매우 의미있는 일이다.

그러나, 탐구능력과 관련된 연구들의 일반적인 경향은 탐구능력의 신장을 위한 학습 이론을 제시하고, 이에 따르는 효과를 검증하기 위한 실험연구이거나, 탐구능력과 관련된 변인간의 일대 일 상관연구가 대부분이었다. 즉, 특별히 준비된 학습 프로그램에 의해서 탐구능력을 신장시킬 수 있을 것인가에 대한 연구로서, 탐구과정 요소 중의 어느 하나에 초점을 맞추고, 개발된 프로그램의 특수 전이와 일반 전이의 가능성을 탐색한 것이 대부분이다(최병순, 1990).

이들 연구 결과는 준비된 학습 프로그램의 적용이 특수 전이 효과는 있으나 일반적인 효과는 없는 것으로 밝혀지고 있고(Lawson & Woollman, 1976; Lawson & Snitgen, 1982), 탐구능력 신장을 위한 처치 효과는 통제집단과 비교하였을 때, 통계적으로 유의미한 차이가 나타나지 않는 것으로 밝혀지고 있다(양명원, 1988; 최병순, 1989; 최병순, 1990; 송신숙, 1994). 이러한 연구 결과들은 과학탐구능력이 단기간에 또는 특별한 처치에 의하여 쉽게 신장되지 않는 비교적 안정적인 특성을 지니고 있음을 알 수 있다. 임청환(1992), Yeany 등(1986), Yap과 Yeany(1988)는 탐구능력

이 논리적 사고력과 동일한 속성을 지니고 있다고 보고, 이들의 위계적인 관계를 파악하고자 하였다. 또, 인지양식, 인지 발달 수준 등의 변인과 탐구능력과의 상관에 대한 연구 결과(Nakayama, 1988; Devore, 1984; 김현근, 1990; 강심원 · 우종옥, 1995)는  $r=.5$  이상의 높은 상관을 나타내고 있는 것으로 보고하고 있다.

이러한 연구 결과들을 종합해 볼 때, 탐구능력은 비교적 안정적인 특성을 지니면서 다른 인지적 특성들과 밀접한 상관관계를 가지고 있음을 알 수 있다. 그러나, 이들 사이의 단순한 통계적 상관관계가 아니라, 어떤 인과구조를 가지고 있는지에 대하여 밝힌 연구는 찾기 어렵다. 과학 학습 성취도 또는 과학 관련 직업의 선택 등에 미치는 관련 변인들의 효과 분석에 관한 연구(Simpson & Oliver, 1990; Keeves, 1975; Deboer, 1987; Reynolds & Walberg, 1991; Reynolds & Walberg, 1992)가 수행된 바 있으나, 과학탐구능력에 관한 관련 변인들의 직접 효과와 매개 변인의 효과를 검증한 연구는 거의 수행되지 않았으며, 수행된 과학탐구능력에 관련된 학습자 변인들의 효과를 연구한 선행 연구들은 다음과 같은 몇 가지 문제를 가지고 있다.

첫째, 과학탐구능력 또는 과학 성취도에 미치는 학습자 변인의 선정과 그 효과를 검증하는 연구들의 연구 설계상에 문제가 있다. 학습자 특성 변인은 이론적 기초 위에서 구조적 관계를 고려하여 선정되고 측정되어야 한다. 그러나, 많은 연구들은 학습자 특성 변인과 다양한 교수-학습 상황의 상호작용을 고려하지 못한 상태에서 개별적인 학습자 특성 변인이 과학성취도 또는 탐구능력에 단일적인 효과를 미치는 것으로 가정하고 연구하는 연구 설계 방식을 취하고 있다. 그

† 이 논문은 1995년도 한국학술진흥재단의 공모과제연구비에 의하여 연구되었음.

리고 다양한 학습자 특성 중에서, 제한된 변인만을 고려하여 과학 성취도 또는 탐구능력을 설명하려 하였기 때문에 전체 변량의 설명력이 낮게 제시되고 있음을 본다(Sunal, 1991; Foong et al., 1992; Young & Fraser, 1993).

둘째, 과학탐구능력 또는 과학 성취도와 학습자 특성 변인들 사이의 관련성을 탐색할 때 사용되는 통계 기법상의 문제이다. 일반적으로 관찰 변인들간의 관련성을 탐색할 때에는 회귀분석 방법이나 적률상관 기법을 이용하지만, 복잡적이거나 복잡한 현상의 관계 탐색에는 회귀분석이나 상관기법이 부적합한 경우가 많다. 예를 들어, Muthen(1984)의 연구에서 고등학생의 1학기 성취도는 2학기의 성취도에 직접적으로 관련이 되는데, 1학기의 성취도는 가정 환경을 비롯한 인류학적 변인, 학급 유형, 학습 기회 등 여러 변인의 영향을 받는다. 따라서, 이들 변인들의 관계를 모형화 하기 위해서는 2개의 방정식이 필요하다. 첫째는, 1학기 성취도와 2학기 성취도를 관련시키는 회귀방정식이며, 둘째는 1학기 성취도와 관련 변인들에 관한 회귀방정식이다. 이 경우 1학기의 성취도를 관련 변인에 의해 예언하기 위한 방정식을 구안하여 회귀 계수를 산출하고, 그 때 예언된 1학기 성취도를 예언 계수로 활용하여 2학기 성취도를 예언하는데 적용한다. 이러한 분석의 과정을 거쳐서 얻어진 회귀 계수는 2학기 성취도를 예언하기에 부적합하다. 이는 예언된 2학기의 성취도가 오차를 수반한 측정치이기 때문이다. 따라서, 이와 같이 복잡한 관계를 갖는 현상을 분석하기 위해서는 경로분석 모형과 이들 변인의 모변수에 대해서 동시적인 측정을 필요로 한다(김정환, 1993).

셋째, 인과관계 분석에서 표본의 크기에 관한 문제이다. 과학탐구능력에 미치는 학습자 변인들의 효과에 대하여 인과적 분석을 시도한 Germann(1994)의 경우, 67명의 중등학생을 대상으로 연구하였다. 자료가 클수록 모집단에 근접할 수 있고, 틀린 결정을 내릴 가능성이 줄어들지만 현실적으로 모든 경우에 실제 모집단에 근접하기는 어렵다. 따라서, 유한한 크기를 갖는 표본 자료를 이용하게 되지만, 이 표본 자료는 무한한 크기의 모집단과 상이하다. 표본 추출의 오차 가능한 한 줄이기 위해서는 표본의 크기가 미지수 수효의 5배에서 10배가 바람직하다(Bentler & Chou, 1987)는 주장도 있고, 일반적으로 모집단의 크기에 관계없이 표본의 크기가 적어도 200 이상이어야 한다(Silvia, 1988)는 주장도 있다. 표본의 크기가 100이하일 경우에는 모델에 대한 그릇된 결론을 내릴 가능성이 매우 크며, 적어도 100 이상이어야만 부합지수들이 올바른 결론으로 유도할 가능성이 크다는 것이다. 이러한 논의를 바탕으로 볼 때, Germann (1994)의 표본 크기는 결과를 해석하는 데에 한계가 있음을 알 수 있다.

넷째, 측정변수와 이론변수간의 개념 동일시의 문제이다. 예컨대, 이론적 개념에 속하는 지능은 완벽하게 측정할 수 없다. 따라서, 여러 개의 측정 가능한 변인들(수학 능력, 언어 구사 능력, 공간 지각 능력 등)을 측정해서, 그 공통된 부분을 지능이라고 조작적으로 정의한다. 어떤 측정변수든지 이론변수를 측정함에 있어서 완벽하기는 어려우므로, 측정 오차는 대부분의 측정변수에 존재하게 된다. 경로분석 등의 분석 기법에서는 이론변수와 측정변수가 동일시되므로, 보다 순수한 이론변수가 추출되지 않은 상태에서 이론 구조를 측정변수들간의 연결 관계에 의해 가설화하고 검증한다. 따라서, 측정변수와 이론변수를 동일시하여 연구한 기존 연구들은 상당히 많은 오차들을 수반하고 있어, 정확한 이론구조를 탐색하는데 어려움이 있다.

본 연구에서는 이상과 같은 문제점을 해소할 수 있는 통계적 방법인 공변량구조분석(covariance structural analysis)의 방법과 절차에 따라 과학탐구능력과 학습자 특성 변인(과학에 관련된 태도, 과학적 경험, 논리적 사고력, 인지양식)들 사이의 인과구조에 대한 모델을 제시하는데 목적이 있다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구의 설계

본 연구는 선정된 독립변인들을 실험적으로 조작하지 않은 상태에서 이루어진 연구이다. 본 연구는 표집으로부터 모집단의 특성을 파악하고자 하는 조사 연구와 성격을 달리한다. 즉, 이 연구는 선정된 독립변인들의 효과가 이미 일상적 학습 상황에서 작용되었다고 가정하고, 사후에 그 효과를 분석하여 보는 준실험연구의 단일집단 사후검사 설계(one-group posttest-only design)에 준한다고 볼 수 있다.

실험적 처치를 하지 않은 이유는 자연적 상태에서 연구하는 것이 오히려 과학교육 실제의 이해에 보다 유용한 인과적 증거를 파악할 수 있다고 보았기 때문이다. 뿐만 아니라, 본 연구에서 선정된 독립변인(논리적 사고력, 과학적 경험, 과학에 관련된 태도, 인지양식)들이 실험적으로 조작하기 어려운 변인들이기 때문이다. 그리고, 본 연구에서 채택한 공변량구조분석 방법은 비실험적 자료의 인과적 분석을 수행하는데 매우 유용한 통계적 방법으로, 변인들에 대한 실험적 조작이 없이도 수집된 자료의 분석이 가능한 방법이라는 점을 고려하였다.

### 2. 연구절차

과학탐구능력과 학습자 특성 변인들 사이의 인과적 관계에 대한 모델을 탐색하기 위하여 이론적 탐색을 통해 가설적 모델을 설정하고 그 가설적 모델을 검증 및 수정함으로써 최적의 모델을 찾아 이를 검증하고 해석하였다.

먼저, 과학탐구능력과 관련 변인들간의 관계에 대한 이론적 고찰과 선행 연구 결과 분석을 통해서 이론변인들을 선정하였다. 그리고, 이들 이론변인들간의 인과구조에 대한 가설적 명제에 따라 가설적 모델(hypothetical model)을 설정하였다. 다음으로 설정한 가설적 인과 모델을 검증하기 위한 측정 방법 및 도구를 선정하고, 자료 수집 대상을 임의의 군집 표집하였다. 선정된 조사 대상으로부터 측정 도구를 이용하여 자료를 수집하고, 수집된 자료의 통계적 처리 과정을 거쳐 가설적 모델을 검증 및 수정하였으며, 이러한 과정을 통해서 최적 모델을 찾고 결과를 해석하였다.

### 3. 자료 수집

본 연구는 조사 연구, 실험 연구와는 달리 전집을 정의하고 그 특성을 대표할 수 있는 무선 표집의 절차를 밟지 않고 임의적으로 자료 수집 대상을 선정하였다. 본 연구의 자료 조사 대상은 서울특별시 강동구에 소재하고 있는 C초등학교 6학년과 인근에 소재하고 있는 O중학교 2학년 전체 학생이다. 그 중에서 한글 해독 능력, 셈하기 능력 등 기초 학습 능력이 부진하다고 판단되는 특수 학급 학생과 조사에 불성실한 응답을 한 경우를 제외한 초등학교 319명과 중학교 321명이 자료분석 대상이 되었다. 동시에 계속되는 검사로 인한 부정적 효과를 최소화하기 위하여, 자료 조사는 5가지의 검사를 일시에 실시하지 않고 하루에 한 검사씩 총 5일에 걸쳐 담임교사의 감독하에 실시하였다.

### 4. 측정 도구

본 연구에서 선정한 변인들을 측정하기 위하여 사용한 측정 도구는 다음과 같다.

#### 1) 과학탐구능력 측정 도구

본 연구에서 사용한 과학탐구능력 측정 도구는 권재술과 김범기(1994)에 의해 개발된 '과학탐구능력 검사(TSPS)'이다. 이 검사지의 어휘 수준은 국민학교 5학년을 기준으로 기술되었으며, 학교 학습 내용에 직접적으로 의존하지 않는 범내용적인 일상의 소재를 중심으로 초·중 학생들의 탐구능력을 측정하기 위해 개발된 것이다.

TSPS는 일반적으로 통용되는 탐구과정 요소들을 하위 요

소로 구성하였는데, 기초 탐구능력인 관찰, 분류, 측정, 추리, 예상 등의 요소와 통합 탐구능력인 자료변환, 자료해석, 변인통제, 가설설정, 일반화 등 총 10개의 하위 요소로 구성되어 있다. TSPS의 검사 문항은 각 하위 요소별로 3문항씩 구성되어 있어 전체 30문항이며, 문항의 형식은 4지선다형 객관식이다. 전체 검사 시간은 40분이다.

TSPS의 평균 난이도는 58.9이며, 양분점 변별도는 .34이다. TSPS에 대한 Spearman-Brown의 반분 신뢰도는 초등학교 학생에서 .679이며, 내부일치 신뢰도(KR-20)는 초등학교 6학년에서 .744이다.

#### 2) 인지양식 검사 도구

학생의 인지양식을 측정하기 위하여 사용한 도구는 '아동용 집단 잠입 도형 검사(CEFT)'이다. 이 도구는 어린이들의 장의존적/장독립적 인지양식을 측정하기 위한 것으로서, Krap와 Konstadt에 의해 개발된 아동용 숨은 그림 찾기 검사에서 원본의 색깔을 없애고 흑백으로 순서를 재배열하여 사용하였다. CEFT는 여러 가지 복합 도형 속에 숨겨진 단순 도형을 찾아내는 20개의 과제들로 구성되어 있으며, 내적 준거를 이용하여 주위의 방해물 극복할 수 있는 능력을 측정하도록 되어 있다. 검사에 소요되는 시간은 10분이다.

CEFT의 반분신뢰도(Spearman-Brown)는 .97이며, 문항 내적 합치도  $r=.78$ 이다.

#### 3) 논리적 사고력 검사 도구

본 연구에서 사용한 논리적 사고력 측정 도구는 GALT로서, 1982년에 Roadranka 등이 개발한 것을 1983년에 12개 문항으로 축소한 Short Version GALT (Roadranka et al., 1983)를 사용하였다. 이 검사 도구의 내적 신뢰도(Cronbach  $\alpha$ )는 .85이고, 각 논리별 신뢰도는 .37에서 .83의 범위이며, 문항의 난이도는 .02에서 .78이고, 평균 난이도는 .40이다. GALT와 Piaget식 면접법에 의한 성취도 사이의 상관 관계에 의한 전체 검사의 타당도 계수는 .71이다.

#### 4) 과학과 관련된 태도 검사 도구

본 연구에서 사용한 과학에 관련된 태도 측정 도구는 정병석 등(1994)이 개발한 '과학에 대한 인식 설문지'이다. 이 도구는 5단계 Likert 척도이며, 과학에 대한 태도 및 흥미를 측정할 수 있는 9개 문항과 과학적 태도를 측정할 수 있는 15개 문항 등 전체 24개 문항으로 구성되어 있다. 과학에 대한 태도 및 흥미 검사 부분은 과학 및 과학자에 대한 인식, 과학 및 과학자에 대한 가치 부여, 과학에 대한 흥미 등 3개의 하위 요소로 구성되어 있으며, 과학적 태도 검사 부분은 호기

심, 자진성 및 적극성, 솔직성, 객관성, 개방성, 비판성, 판단 유보, 협동성, 준비성, 계속성 및 끈기 등 10개의 하위 요소(행동 영역)로 구성되어 있다. 정병석 등(1994)이 제시한 측정 도구의 신뢰도는 Chronbach's  $\alpha$  .80이다.

5) 과학적 경험 조사 도구

본 연구에서 사용한 과학적 경험에 대한 설문지는 노르웨이와 오스트레일리아에서 개발된 검사 도구와 APU 연구에서 사용된 도구를 기초로 연구자가 재구성한 '과학적 경험에 대한 조사'이다. 본 연구 목적에 맞도록 새로운 설문 내용을 첨가하고, 연구 목적에 부적합하다고 판단되는 일부 문항은 삭제하여 사용하였다.

과학적 경험에 대한 조사지는 학교내 경험 요인과 학교밖 경험 요인으로 나누어 구성되었다. 학교내 경험 요인은 실 수업 활동 빈도, 학교내 과학 관련 활동 등에 대하여 묻고 있으며, 학교밖 경험 요인은 과학도서 독서량, 학교밖 과학 관련 활동, 일상적 생활에서 과학적 활동 등에 대하여 묻고 있다. 대부분의 문항은 Likert식 척도를 사용하였으며, 일부 문항은 보기를 주어 선택하도록 하였다.

5. 자료 분석의 통계적 방법

수집된 학생들의 응답을 모두 IBM PC에 입력하고, 통계적 분석 과정별로 적합한 통계 프로그램을 이용하여 분석하였다. 본 연구에서 설정한 모델의 검증 및 수정을 위하여 실시한 공변량구조분석 IBM PC용 LISREL-7.20 프로그램을 이용하였다.

Ⅲ. 연구결과

1. 확정된 모델

수집한 자료를 토대로 수리적 결과(각종 지수와 계수)를 산출하여, 모델과의 부합 정도를 알아보면서 여러 차례의 모델 수정 과정을 거쳤다. 공변량구조분석에서 입력자료에 해당하는 측정변인들의 공변량 행렬은 <표 1>과 같다.

측정변인들의 공변량 행렬을 기초로 반복되는 모델 찾기 과정에서 이른 변인을 유지하면서 자유 특징수를 고정하게

<표 1> 측정변인들의 공변량 행렬

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. 과학에 대한 태도	18.585									
	19.966									
2. 과학적 태도	14.768	42.506								
	16.978	47.294								
3. 논리적 사고력	1.853	4.923	11.661							
	2.836	8.291	32.164							
4. 과학탐구능력	1.491	5.123	6.418	12.278						
	2.378	4.892	28.312	16.348						
5. 인지양식	.039	.349	.687	2.635	9.936					
	-.132	-1.756	1.823	7.098	7.725					
6. 실험시간 활동 정도	1.322	2.826	.593	.787	-.069	1.172				
	1.212	3.116	1.237	.700	.123	.322				
7. 과학전기 독서량	.746	2.001	.692	.778	-2.44	.339	1.073			
	.906	3.331	1.297	1.332	1.445	.314	2.512			
8. 실험 및 관찰빈도	3.983	8.144	1.879	2.189	.751	1.608	1.149	10.237		
	3.132	8.329	3.247	3.215	1.526	1.326	1.443	8.478		
9. 학교안 과학적 경험	11.944	21.251	5.005	5.625	.516	3.022	2.824	12.207	47.770	
	11.327	23.492	8.254	7.235	.783	2.357	4.103	11.690	41.810	
10. 학교밖 과학적 경험	8.081	14.543	4.111	4.475	.266	2.656	2.583	8.379	27.537	28.900
	7.579	18.210	9.398	4.280	-.431	3.321	2.991	7.473	26.394	30.837

첫째줄: 초등학생, 둘째줄: 중학생

$\eta_1$

$$\begin{aligned} \gamma_e &= .728^* & \beta_e &= .144^* \\ \gamma_m &= .661^* & \beta_m &= .068 \end{aligned}$$

$\xi_2$

$$\begin{aligned} \beta_e &= .279^* & \eta_2 & & \beta_e &= .504^* \\ \beta_m &= .209^* & & & \beta_m &= .600^* \end{aligned}$$

$\eta_3$

$$\begin{aligned} \beta_e &= .212^* \\ \beta_m &= .289^* \end{aligned}$$

$\xi_1$

**<그림 1> 과학탐구능력의 공변량 구조 모형**

\* $p < .05$ , e : 초등학교, m : 중학교  
 $\xi_1$  : 인지양식  $\xi_2$  : 과학적 경험  $\eta_1$  : 과학과 관련된 태도  
 $\eta_2$  : 논리적 사고력  $\eta_3$  : 과학탐구능력

나 추가하면서 부합도 검증을 실시한 결과 경험자료와 모델 사이에 가장 일치하는 모델로 확인된 최적의 공변량구조모형은 <그림 1>과 같다.

**2. 모델의 적절성 검증**

<그림 1>에 제시된 수정모델이 경험적 자료와 부합하는지를 검증한 결과는 <표 2>와 같다.

<표 2>에서  $\chi^2$ 의 값을 보면 수정 모델이 경험 자료와 일치하고 있음을 알 수 있다(초등학교:  $\chi^2=26.78$ , 중학생  $\chi^2=23.25$ ). 기초부합치(GFI, Goodness of Fit Index)가 .90 이상이면 모델에 "큰 문제가 없다"고 할 수 있고, .95 이상이면 "좋은 모델"이라고 할 수 있다(Silvia, 1988). 이러한 통계적 해석에 비추어 볼 때, 초등학교의 경우 .984, 중학생의 경우 .986으로 모두 높은 부합치를 보여주고 있다. 조정부합치(AGFI, Adjusted Goodness of Fit Index)에서도 초등학교의 경우 .970, 중학생의 경우 .974로 그 절대값이 1에 근사하다. 이러한 부합도 지수들로 볼 때, 수정된 모델은 경험적

**<표 2> 수정된 모델의 부합도 지수**

부합도 지수	$\chi^2$	기초부합치	조정부합치
학교급		<GFI>	<AGFI>
초등학교	26.78(p>.05)	.984	.970
중 학생	23.25(p>.05)	.986	.974

자료와 매우 일치하는 좋은 모델이라고 할 수 있다.

수정된 모델의 적절성을 검증하기 위하여 다중상관자승치(SMC, squared multiple correlation)와 결정계수(coefficient of determination)를 산출하였다. <표 3>은 외생변인에 대한 측정변인( $x_1 \sim x_6$ )과 내생변인에 대한 측정변인( $y_1 \sim y_4$ )이 각 이론변인에 의해 설명되는 정도를 나타내는 다중상관자승치와 이에 대한 결정계수를 나타낸 것이다.

**<표 3> 측정 모델에 대한 다중상관자승치 및 결정계수**

측정변인	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$	결정계수
SMC<초>	.409	.675	.987	.979	1.000
SMC<중>	.176	.431	.998	.992	1.000

$y_1$  : 과학에 대한 태도  $y_2$  : 과학적 태도  
 $y_3$  : 논리적 사고력  $y_4$  : 과학탐구능력

측정변인	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	결정계수
SMC<초>	.970	.429	.237	.471	.650	.504	.995
SMC<중>	.981	.797	.053	.207	.434	.341	.999

$x_1$  : 인지양식  $x_2$  : 실험시간 활동정도  
 $x_3$  : 과학도서 독서량  $x_4$  : 학년별 관찰 및 실험횟수  
 $x_5$  : 학교안 과학경험  $x_6$  : 학교밖 과학경험

<표 3>에서 보면, 내생변인에 대한 측정변인( $y_1 \sim y_4$ )이 이론변인에 의해 설명되는 정도는 .176~.988의 범위를 보이고 있다.  $y$ 의 측정변인들 중에서 '과학에 관련된 태도'의 측정변인인 '과학에 대한 태도( $y_1$ )'가 이론변인에 의해 초등학교의 모델에서 전체 변량의 40.9%, 중학생의 경우 전체 변량의 17.6%를 설명하고 있는 것으로 나타났지만, 다른 변인들은 높은 설명력을 지니고 있는 것으로 나타났다. 모델 내에서  $y$  변인들(측정변인)로 이루어지는 측정모델이 예측 변인들 전체에 의하여 잘 설명되는가를 나타내는 결정계수는 모두 1.000으로 매우 우수한 측정모델임을 나타낸다.

외생변인에 대한 측정변인( $x_1 \sim x_6$ )이 이론변인에 의해 설명되는 정도는 전반적으로 양호한 수치를 보여주고 있지만, 측정변인 '과학도서 독서량( $x_3$ )'은 전체적으로 30% 이하의 낮은 설명력을 보이고 있다. 그러나, 모든 외생변인이 갖는 측정변인( $x$ )들 전체가 이루는 외생변인 측정모델의 결정계수가 초등학교와 중학생 모두 .995이상의 매우 높은 수치를 나타내고 있다.

측정 모형에 대한 다중상관자승치와 결정계수에 대한 이상의 결과로 볼 때, 확정된 모델의 측정 모델이 매우 우수하다고 할 수 있다.

### 3. 모델에서 인과효과 크기

수정 모델 내에서 이론변인들간의 인과효과의 크기를 추정하기 위하여 표준화(SS, standardized solution)된 경로 계수를 구하였다. 여기에서 표준화되었다는 것은 모든 변인들의 평균이 '0'이고 변량(variance)이 1.0이 되도록 그 변인이 가지고 있는 원래 척도를 최대우도법으로 재척도화(rescaling) 하였다는 것을 의미한다. <표 4>는 확정된 모델에서 이론변인 사이의 인과관계에 대하여 표준화된 경로 계수를 나타낸 것이다.

<그림 1>에 나타난 수정 모델의 공변량구조모형에 대하여 이론변인들간의 효과를 중심으로 해석하면 다음과 같다.

#### 1) 인지양식

모델에서 외생변인인 인지양식은 과학탐구능력( $\eta_3$ )에만 효과를 주는 것으로 나타났다. 표준화된 경로 계수가 초등학생의 경우 .212, 중학생의 경우 .289로 모두 통계적으로 유의미한( $p < .05$ ) 경로임을 나타낸다. 이러한 경로 계수는 인지양식 변인에서 1 SD(표준편차)만큼의 증가가 일어나면 과학탐구능력 변인은 남학생의 경우 .249 SD의 증가가 일어남을 의미한다. 따라서, 인지양식이 과학탐구능력에 주는 영향은 초등학생의 경우보다 중학생에서 더 큼을 알 수 있다.

#### 2) 과학적 경험

수정 모델에서 외생변인인 과학적 경험이 과학과 관련된 태도에 주는 효과는 전체적으로 매우 크게 나타났다(초등학생: .728, 중학생: .661). 이러한 인과관계는 과학적 경험이 과학과 관련된 긍정적인 태도의 형성에 절대적인 영향을 주고 있으며, 이는 긍정적인 태도의 함양을 위해서는 학생들에

<표 4> 수정 모델의 표준화된 경로 계수

~에서 ~으로	$\xi_1$	$\xi_2$	$\eta_1$	$\eta_2$	$\eta_3$
$\eta_1$ 과학과 관련된 태도	.000	.728* .661*	.000	.000	.000
$\eta_2$ 논리적 사고력	.000	.279* .209*	.000	.000	.000
$\eta_3$ 과학탐구능력	.212* .289*	.000	.144* .068	.504* .600*	.000

\*  $p < .05$ ,  $\xi_1$ : 인지양식,  $\xi_2$ : 과학적 경험

첫째줄: 초등학생, 둘째줄: 중학생

게 풍부한 과학적 경험을 하도록 하는 것이 효과적임을 시사해 준다.

과학적 경험이 논리적 사고력에 주는 효과는 초등학생의 경우 .279, 중학생의 경우는 .209로 나타나고 있다. 이러한 결과로 볼 때, 과학적 경험은 학생들에게 논리적 사고력의 신장에 영향을 주는 변인임을 알 수 있다. 그러나 과학적 경험이 과학탐구능력에 주는 직접적인 효과는 없는 것으로 나타났다으며, 논리적 사고력에 미치는 과학적 경험의 효과 크기도 초등학생보다 중학생이 낮다.

#### 3) 과학과 관련된 태도

모델에서 내생변인인 과학과 관련된 태도가 과학탐구능력에 주는 효과는 초등학생의 경우 .144이고, 중학생의 경우 .068로 나타났는데, 중학생의 경로 계수는 통계적으로 유의미하지 않았다( $p > .05$ ). 과학과 관련된 태도 변인이 과학탐구능력에 주는 효과의 크기를 전체적 구조에서 볼 때, 다른 변인들이 과학탐구능력에 주는 효과에 비하여 미약하다는 것을 알 수 있다.

#### 4) 논리적 사고력

모델에서 내생변인인 논리적 사고력이 과학탐구능력에 주는 효과는 초등학생의 경우 .504, 중학생의 경우 .600의 크기를 나타내었으며, 모두 통계적으로 유의미한 경로임을 보여주고 있다. 이러한 효과의 크기는 논리적 사고력이 과학탐구능력 변인의 50% 이상을 설명하고 있다.

## IV. 논 의

인지양식과 과학탐구능력간의 상관관계에 대한 연구(정진수·정완호, 1994)는 이 두 변인 사이에  $r = .24$ 의 상관관계가 있음을 밝히고 있는데, 이러한 상관관계는 본 연구의 결과에서도 인지양식이 과학탐구능력에 대하여 직접적인 효과를 주는 것으로 확인되었다. 이는 정보처리 과정에서 특정 인지양식의 선호가 과학탐구능력과의 유의한 관계가 있다는 Nakayama(1988)의 연구 결과를 뒷받침한다. 그러나, 인지양식이 논리적 사고력에 미치는 효과가 없는 것으로 나타났는데, 이는 인지양식이 논리적 사고력에 영향을 준다는 Stuessy(1988)의 연구 결과와 상반된 결과이다. 그리고, 인지양식이 과학적 경험에 미치는 효과 또한 통계적으로 의미가 없었다. 정보 지각의 양식이 과학적 경험의 선택이나 논리적 사고력에 직접 미치는 효과는 없는 것으로 나타났지만, 인지양식은 정보처리의 매개 변인으로서 논리적 사고력과는 단순 상관관계가 있는 것으로 보고한 연구 결과(Lawson &

Woolman, 1977; 허형, 1982)와 연결시켜 볼 때, 정보를 받아 들어 문제를 표상하는 차이는 논리적 과정에 간접적인 영향을 줄 수 있을 것으로 생각된다.

장독립적/장의존적 인지양식은 외부로부터 들어오는 자극 형태를 지각하고 분류, 조직하는 방식과 관련되는 개인차로서 매우 안정적인 특성을 지니고 있어서, 인지활동의 내용보다는 인지구조와 관련되어 있으며, 정보처리 과정에서 매개 변인 역할을 한다고 볼 수 있기 때문이다(Brumby, 1982). 그러므로, 과학탐구능력의 신장을 위한 개별 교수 학습 전략을 수립하거나 학습 내용을 조직하는 과정에서 학습자 개인의 인지양식도 함께 고려할 필요가 있다.

학생들의 과학적 경험은 과학과 관련된 태도에 매우 큰 효과(초등학생 : .728, 중학생 : .661)를 주는 것으로 나타났다. 따라서 학생들의 형식적 또는 비형식적인 과학적 경험들이 긍정적인 태도의 형성에 절대적인 기여를 하고 있음을 알 수 있다. 이러한 결과로 미루어 볼 때, 학생들에게 과학반 활동, 과학관 또는 전시회 관람, 과학 관련 독서, 실험 및 관찰 활동, 실험 기구의 직접적인 조작 등의 다양한 과학적 경험이 긍정적인 태도를 길러 주는 중요한 변인으로 작용하고 있음을 알 수 있다. 따라서, 과학 교수학습 과정에서 다양하고 풍부한 과학적 경험을 제공할 수 있는 전략과 기회를 마련하는 것이 무엇보다 중요하다.

과학탐구 행동의 유발은 이에 대한 흥미와 관심에서 비롯된다고 할 수 있다. 문제의 발상, 탐구 수행 과정, 문제의 해결 과정에 과학적 태도와 과학에 대한 흥미와 관심이 탐구 행동을 불러일으키며, 기존 지식과 결합하여 타당한 결론을 도출하기 때문에(허명, 1994) 과학탐구에서 탐구 지향적인 태도가 중요하게 다루어져 왔다. Meng과 Doran(1993)은 과학탐구와 태도 사이에는 공통된 부분이 있다고 주장하였는데, 이러한 주장은 두 변인간에 상관관계가 존재한다는 연구 결과들에 의해 확인될 수 있다(최돈형, 1989; 윤혜경, 1993; 정진수·정완호, 1995). 본 연구 결과에 의하면 과학과 관련된 태도가 탐구능력에 주는 효과는 초등학생에서는 유의한 경로임이 나타났으나, 중학생의 경우는 통계적으로 유의한 경로가 아니었으며, Germann(1994)의 연구에서 얻은  $\beta = -.10$ 과는 차이를 보이고 있다. 과학에 관련된 태도가 과학탐구능력에 미치는 효과가 다른 변인들에 비하여 작게 나타나는 것은 태도와 탐구능력이 정의적 영역과 인지적 영역이라는 행동 특성의 차이에서 비롯된 것으로 판단된다. 그리고, 과학적 경험과 관련하여 남학생이 여학생에 비하여 긍정적인 태도를 지니고 있기 때문에 태도가 과학탐구능력에 영향을 주는 데에도 성차를 보이게 되는 것으로 판단할 수 있다.

다른 변인들간의 관계 연구에 비하여 논리적 사고력과 과학탐구능력과의 관계에 대한 연구가 많이 이루어졌는데, 이들 연구 결과에 의하면 탐구 활동을 수행하는 데 논리적 사고가 바탕이 되며(Lawson, 1995; Tobin & Capie, 1982; Baird & Borich, 1987), 이 두 변인은 위계적 구조를 지니고 있어서 탐구능력을 성취하기 위해서는 논리적 사고력의 발달이 선수 요건이 된다는 것이다(Yeany, et al., 1986; 임청환, 1992). 본 연구 결과에서도 이러한 선행 연구 결과들과 같이 논리적 사고력이 과학탐구능력에 주는 효과가 크게 나타났다. 한편 Padilla 등(1983), Tobin과 Capie(1982), Baird와 Borich(1987) 등에 의하면 과학탐구능력이 논리적 사고력에 영향을 미칠 것이라고 시사하고 있으나, 본 연구의 결과에서는 과학탐구능력이 논리적 사고력에 주는 효과는 통계적으로 의미 없는 것으로 나타났다. 이것은 논리적 사고력이 비교적 순차적으로 발달하는 안정된 능력인데 비하여 과학적 탐구능력은 논리적 사고력을 구사하여 수행하는 긍정적 능력 또는 방법적 능력으로써 통합적인 능력이기 때문이라고 생각된다. 이는 과학 지식의 발견 과정에서 인간의 논리적 사고가 중추적인 역할을 한다는 Popper 관점과 인간의 사고 방식을 과학탐구 과정을 이해하는데 필요한 기초 논리로 생각한 Piaget의 관점에서 보면, 본 연구 결과는 타당한 결과라고 해석할 수 있다.

이러한 연구 결과를 볼 때, 과학탐구능력의 신장에 영향을 주는 학생 변인이 다양함을 알 수 있을 뿐만 아니라, 이들 변인은 상호 인과구조를 가지고 있는 것으로 나타나고 있다. 특히 논리적 사고력의 발달이 과학탐구능력에 미치는 효과가 매우 큰 것으로 나타나고 있지만 논리적 사고력의 발달은 학습자의 과학적 경험의 양과 질에 상당한 영향을 받고 있으며, 과학과 관련된 태도에 과학적 경험이 주는 영향이 매우 큰 것으로 나타나고 있다. 이러한 결과는 과학적 경험의 중요성을 시사하고 있다.

## 참 고 문 헌

- 강심원, 우종욱(1995). 인지양식에 따른 인지수준과 과학탐구능력에 관한 연구. 한국과학교육학회지, 15(4), 404-416.
- 권재술, 김범기(1994). 초·중학생들의 과학탐구능력 측정도구의 개발. 한국과학교육학회지, 14(3), 251-264.
- 김정환(1993). 공변량구조(선형구조방정식) 모형의 원리와 적용 방법의 연구. 한국교원대학교 교수논총, 9(1), 1-34.
- 김현근(1990). 과학적 사고 수준에 따른 국민학생의 과학탐

- 구능력에 관한 연구. 석사학위논문, 국민대학교.
- 송신숙(1994). 피아제의 형식과제 수업이 논리사고력과 과학탐구능력에 미치는 영향. 석사학위논문, 한국교원대학교.
- 양명원(1988). 순환학습모형을 이용한 일반화학 실험이 학생들의 화학수업에 대한 태도와 탐구능력의 신장에 미치는 영향. 석사학위논문, 한국교원대학교.
- 윤혜경(1993). 과학실험수업의 사회심리학적 환경과 성취도 간의 관계조사. 석사학위논문, 서울대학교.
- 임정환(1992). 논리적 사고력과 과학 탐구 기능 요소의 위계적 분석. 박사학위논문, 한국교원대학교.
- 정병석, 이명란, 정진우(1994). 국민학교 학생들의 과학에 관련된 태도와 과학불안에 관한 연구. 한국초등과학교육학회지, 13(1), 19-34.
- 정진수, 정완호(1995). 중학교 과학수업에서 학습자의 특성에 따른 순환학습 모형의 효과. 한국과학교육학회지, 15(3), 284-290.
- 최돈형(1989). 중학생의 과학활동과 과학학습결과의 관계 분석. 박사학위논문, 서울대학교.
- 최병순(1989). 우수한 화학교사 양성을 위한 일반화학 탐구 실험 모형 개발. 화학교육, 16(2), 99-109.
- 최병순(1990). Learning cycle model을 이용한 화학실험이 학생들의 탐구능력 신장에 미치는 영향. 화학교육학회지, 17(1), 6-11.
- 허명(1994). 과학학습방법의 혁신: 과학탐구학습의 본질, 11-21. 월간 과학교육 창간 30주년기념 과학교육세미나 발표유인물.
- 허형(1982). 인지능력과 인지양식과의 관계. 한국교육학회 연차학술발표회 원고.
- Baird, W.E., and Borich, G.D.(1987). Validity considerations for research on integrated science process skills and formal reasoning ability. *Science Education*, 71(2), 259-269.
- Bentler, P.M., and Chou, C.(1987). Practical issues in structural modeling. *Sociological Methods and Research*, 16, 78-117.
- Brumby, M.N.(1982). Consistent differences in cognitive styles shown for qualitative biologics problemsolving. *British Journal of Educational Psychology*, 52:244-257.
- Deboer, G. (1987). Predicting continued participation in college chemistry for men and women. *Journal of Research in Science Teaching*, 24, 527-538.
- Devore, R. N. (1984). Factor related to preservice elementary school teacher's science skills. Unpublished report, Rutgers University.
- Foong, Y., Schultz, K., Fisher, G., and Konick, R. (1992). Factors influencing science learning outcomes for 14-year-old Singaporean students. Paper presented at the Annual Meeting of the New England Educational Research Organization, Portsmouth, NH, May, (ED 357042)
- Germann, P.J.(1994). Testing a model of science process skills acquisition: An interaction with parent's education, preferred language, gender, science attitude, cognitive development, academic ability, and biology knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(7), 749-783.
- Keeves, J.P. (1975). The home, the school, and achievement in mathematics and science. *Science Education*, 59, 439-460.
- Lawson, A.E. (1995). Science teaching and the development of thinking. California: Wadsworth Publishing Company.
- Lawson, A.E., and Snitgen, R. A.(1982). *Journal of Research in Science Teaching*, 9(3).
- Lawson, A.E., and Wollman, W. T.(1976). *Journal of Research in Science Teaching*, 13(5).
- Lawson, A.E., and Wollman, W.T.(1977). Cognitive level, cognitive style, and value judgment. *Science Education*, 61(3): 397-407.
- Meng, E., and Doran, R.L.(1993). Improving instruction and learning through evaluation elementary school science. Ohio State University.
- Muthen, B.(1984). A general structural equation model with dichotomous, ordered categorical, and continuous latent variable indicators. *Psychometrika*, 49, 115-132.
- Nakayama, G.(1988). A study of the relationship between cognitive styles and integrated science process skills. ERIC ED291-592.
- Padilla, M.J., Okey, J.R., and Dillashaw, F.G.(1983). The relationship between science process skill and formal thinking abilities. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(3): 239-246.
- Reynolds, A.J., and Walberg, H.J.(1991). A structural



- model of science achievement. *Journal of Educational Psychology*, 83, 97-107.
- Reynolds, A.J., and Walberg, H.J.(1992). A structural model of science achievement and attitude: An extension to high school. *Journal of Educational Psychology*, 84, 371-382.
- Roadranka, V., Yeany, R.H., and Padilla, M.J.(1983). The construction and validation of Group Assessment of Logical Thinking. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching 56th Conference, Dallas, Texas.
- Silvia, S.(1988). Effects of sampling error and model misspecification on goodness-of-fit indices for structural equation models. Ph. D. Dissertation, Ohio State University, Columbus, Ohio.
- Simpson, R.D., and Oliver, J.S.(1990). A summary of major influences on attitude toward and achievement in science among adolescent students. *Science Education*, 74, 1-18.
- Stuessy, C.L.(1988). Path analysis: A model for the development of science reasoning ability in adolescents. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(1): 41-53.
- Sunal, D.W.(1991). Rural school science teaching : What affects achievement. *School Science and Mathematics*, 91(5), pp 202-210.
- Tobin, K., and Capie, W.(1982). Development and Validation of a Group Test of Integrated Science Processes, *Journal of Research in Science Teaching*, 19: 133-141.
- Yap, C.H., and Yeany, R.H.(1988). Validation of hierarchical relationships among Piagetian cognitive modes and integrated science process skills for different cognitive reasoning levels, *Journal of Research in Science Teaching*, 25(4), 247-281.
- Yeany, R.H., Yap, K.C., and Padilla, M.J.(1986). Analyzing hierarchical relationships among modes on cognitive reasoning and integrated science process skills, *Journal of Research in Science Teaching*, 23 (4), 277-291.
- Young, D.J., and Fraser, B.J. (1993). Socioeconomic Effects on Science achievement : An Australian perspective. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, Atlanta, GA, April, 1993 (ED 379137).

(ABSTRACT)

## Covariance Structure Analysis of Science Process Skills Affected by Students' Cognitive and Affective Characteristics in Elementary and Middle School

Lim, Cheong-Whan · Kim, Seung-Wha\* · Yang, Il-Ho\*\*  
(Dae-Gu Univ. of Edu.) · (Bo-Ram Won)\* · (Korea National Univ. of Edu.)\*\*

The purpose of this study was to analyze the structural model of causal effects of students' variables on science process skills. Student characteristics investigated in the study included attitude related to the science, logical thinking ability, scientific experiences, cognitive style. Covariance structural modeling procedures were used to test causal inferences about hypothesized relationships. The sample consisted of 319 6th grade students and 321 8th grade students in Seoul City, Korea. Five instruments were used in the study, TSPS(test of science process skills), GALT(group assessment of logical thinking), CEFT(children embedded figures test), questionnaire of attitude related to the science, questionnaire of scientific experience. For statistical analysis, the study adopted the structural equation modeling with LISREL, a computer statistical program developed by J reskog and S rbom. Major findings of the study are as follows: 1) Logical thinking ability has a most strong direct effect on science process skills. 2) The structural coefficient of scientific experience influence on attitude related to the science has the greatest direct one than the others in the covariance structural model. According to the results of this study, it is very importance that various scientific experiences, particularly hands-on activity, should be offer to students to improve science process skills. Also, understanding the relationships of student variable to science process skills will be helpful to decision making on the part of curriculum developers, science teachers and researchers.