

# 중학생의 그래프 능력과 논리적 사고력 및 과학 탐구 능력의 관계

김태선 · 배덕진 · 김범기  
(한국교원대학교)

## The Relationships of Graphing Abilities to Logical Thinking and Science Process Skills of Middle School Students

Kim, Tae-Sun · Bae, Deok-Jin · Kim, Beom-Ki  
(Korea National University of Education)

### ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the relationships of graphing abilities to logical thinking and science process skills of middle school students. The subjects for this study were selected 481 students from four middle schools for TOGS(the Test of Graphing in Science), GALT(Group Assessment of Logical Thinking) and TIPS II (Test of Integrated Process Skills).

This study shows that the correlation coefficient between abilities of students to construct/interpret graphs and the logical thinking was 0.45, and the correlation coefficient between abilities to construct/interpret graphs and science process skills are 0.32. As a result, abilities of students to construct and interpret graphs are more correlate the logical thinking than science process skills.

**Key words:** graphing abilities, logical thinking, science process skills, middle school students

### I. 서론

그래프에 관한 연구 동향을 살펴보면, 학생들은 그래프를 작성하고 해석하는데 많은 어려움을 겪고 있는 것으로 보고되고 있다(Berg & Smith, 1994). 1980년대 초 본격적으로 시작된 그래프에 대한 연구는 '그래프에 대한 학생의 오류 유형', '컴퓨터를 이용한 그래프 능력의 향상(MBL)', '그래프 능력과 논리적 사고력의 관계를 밝히려는 연구' 등으로 구분된

다. 그러나 그래프 능력과 논리적 사고력의 관계를 밝히려는 연구는 많지 않다(Wavering, 1986; Adams, 1988). 그래프 능력과 논리적 사고력의 관계에 대한 선행 연구에서 Wavering(1986)과 Adams(1988)는 그래프를 작성하고 해석하는 능력은 논리적 사고력과 상관이 높다고 주장한 반면, Bohrens(1988)는 그래프를 작성하고 해석하는 능력과 논리적 사고력은 상관이 낮다는 상이한 연구 결과를 제시하였다. 한편, 그래프 능력과 과학 탐구 능력의 관계에 대하여

\*2002.4.15(접수) 2002.10.11(최종 통과)

Brasell(1990)은 “그래프의 작성과 해석 능력은 아주 중요하고도 기본적인 과학 탐구”라고 하였으며, SAPA와 APU에서도 탐구 과정의 하위 기능과 과학 탐구 요소로서 그래프의 중요성을 크게 강조하는 것으로 보아 그래프 능력은 과학 탐구 능력과 밀접한 관련이 있는 것으로 보인다. 따라서 이 연구의 목적은 중학생들이 그래프를 작성하고 해석할 수 있는 능력이 어느 정도인지 알아보고, 그래프 능력과 논리적 사고력 및 과학 탐구 능력의 관련성을 조사하는데 있다. 이를 위한 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

- (1) 중학생의 그래프 능력은 어떠한가?
- (2) 그래프 능력과 논리적 사고력의 상관관계는 어떠한가?
- (3) 그래프 능력과 과학 탐구 능력의 상관관계는 어떠한가?

학생의 그래프 능력에 관한 연구는 국내외의 일부 연구에서 발견할 수 있다. McKenzie 등(1986)은 7-12학년 651명을 대상으로 선 그래프를 작성하고 해석하는 능력에 관한 연구에서 평균 정답률은 50% 정도이며, 11학년 외에 7학년에서 12학년으로 올라감에 따라 점수가 점차적으로 증가한다는 결과를 제시하였다. 또한, 학생들은 하위 요소인 적절한 하나의 선 그리기(26%), 축에 눈금 매기기(32%), 축에 변수 지정하기(40%) 등을 어려워한다고 하였다.

Brasell & Rowe(1993)는 운동에 관련된 그래프 작성 능력을 조사한 연구에서 과학적인 언어로 표현한 것보다는 일상적인 언어로 서술된 문항과 서술식에서 그래프식으로 표상하는 문제의 정답률이 더 낮다는 결과를 제시하였다. 또한, 학생들은 종속 변인과 독립 변인의 축을 반대로 나타내거나 적합하지 못한 눈금 표시 등의 오류가 있으며, 두 변인 사이의 관련성을 인식하거나 그래프에 나타낸 점들의 경향성을 적절한 하나의 선으로 나타내는데 큰 어려움이 있다고 하였다.

김태선(1998)은 고등학생 943명을 대상으로 과학 관련 그래프 해석 능력을 측정한 연구에서 단순한 수학적 알고리즘을 필요로 하는 ‘좌표값 찾기’와 ‘외삽과 내삽’ 등은 우수하였으나, 좀 더 깊은 추상적 사고를 필요로 하는 ‘두 변인 연결하기’와 ‘자료 변환’ 등

의 기능은 매우 부족하다는 것을 지적하였다.

또한 그래프 능력과 논리적 사고력의 관계에 관한 선행연구도 있다. Wavering(1986)은 7학년 93명을 대상으로 실시한 그래프 작성에 관한 연구에서 순차 논리와 비례 논리가 변수의 관계를 이해하는데 필요하며, 그래프에 관련된 단순 논리로부터 복잡한 논리의 진보는 그래프 작성을 지도하는데 중요한 요소로써 그래프를 이해하는데 반드시 고려되어야 한다는 점을 강조하였다. 그리고 학생들이 축에 눈금을 매기지 못하는 것은 논리적 사고력이 발달하지 못하였기 때문이라고 하였다.

Adams(1988)는 7-11학년 학생 350명을 대상으로 그래프 작성 및 해석 능력에 대한 연구에서 그래프를 작성하고 해석하는 능력은 논리적 사고력이 발달한 학생일수록 더 뛰어나며, 그래프의 작성 및 해석 능력은 논리적 사고력과 상관이 높다는 연구 결과를 제시하였다.

Bohrens(1988)는 9학년 학생 13명을 대상으로 논리적 사고력 검사와 그래프 능력 검사를 실시하고, 그래프 문제에 대한 추론 과정을 알아보기 위해 면담을 실시하였다. 연구 결과, 그래프 능력은 논리적 사고력과 상관관계가 낮으며, 학생들은 그래프가 두 변인간의 관계에 대한 수학적인 표상이라는 점을 인식하지 못할 뿐만 아니라 눈금이 그려진 축을 비율로 인식하지도 못하고 있다고 지적하였다.

Berg & Phillips(1994)는 7-11학년 72명을 대상으로 논리적 사고력과 그래프를 작성하고 해석하는 능력사이의 관련성을 조사한 연구에서 공간적 사고나 비례적 추론 같은 논리적 사고 능력이 매우 부족한 학생이 많으며, 이러한 학생들이 그래프를 작성하고 해석하고자 할 때 심각한 어려움이 있다고 하였다.

## II. 연구방법 및 절차

그래프 능력과 논리적 사고력 및 과학 탐구 능력의 상관관계를 조사하고자 선정된 연구 대상은, 대도시 세 곳과 소도시 한 곳에 소재하는 중학교로 4개교(남학교 2, 여학교 2)를 선정하여 각 학년에서 한 학급씩 12학급 총 481명(남 254, 여 227)을 표집하였다.

1. 검사도구

중학생의 그래프 능력과 논리적 사고력 및 과학 탐구 능력의 상관관계를 조사하기 위한 검사도구는 다음과 같다.

1) 그래프 능력 검사지

이 연구에서 사용된 그래프 능력 검사지는 7-12학년 학생의 그래프 능력을 측정하기 위해 McKenzie & Padilla(1986)가 개발한 선다형 평가지인 TOGS(The Test of Graphing in Science)로 소요 시간은 45분 이하이다. TOGS는 그래프 작성 및 해석 능력을 측정하기 위해 9개의 목표에 따라 일상적인 용어를 사용한 총 26문항으로 구성되어 있다. 그래프 능력의 측정 도구인 TOGS의 목표 및 관련 문항은 Table 1과 같다.

이 검사지의 전체 신뢰도(KR-20)는 0.83(작성

0.68, 해석 0.73), 평균 변별도와 난이도는 각각 0.43, 0.51이다.

2) 논리적 사고력 검사지

이 연구에서 사용된 논리적 사고력 검사지는 Roadranka 등(1982)이 개발한 GALT(Group Assessment of Logical Thinking)로, 6개의 하위 논리인 보존 논리, 비례 논리, 변인 통제 논리, 확률 논리, 상관 논리, 조합 논리와 관련된 총 21문항 중 각 논리별 2개 문항씩 모두 12문항으로 이루어진 축소판을 이용하였다.

3) 과학 탐구 능력 검사지

이 연구에서 사용한 과학 탐구 능력 검사지는 Bruns 등(1985)이 7-12학년의 과학 탐구 능력을 측정하기 위해 개발한 선다형 평가지인 TIPSⅡ(Test of Integrated Process Skills)로 소요 시간은 25~

Table 1. The subskills and No. of items of TOGS

Skills tested	Subskills of TOGS	No. of items
Graph construction	Scaling axes	1, 20
	Assigning variables to the axes	8, 10
	Plotting points	6, 7
	Using a best fit line	9, 25
	Translating a graph that displays the data	11, 16, 17, 18, 21, 23
Graph interpretation	Selecting the corresponding value for Y(or X)	3, 12
	Interrelating/extrapolation graphs	2, 5, 14, 15
	Describing the relationship between variables	4, 13
	Interrelating the results of the two graphs	19, 22, 24, 26

Table 2. The process skills and No. of items of TIPSⅡ

Process skills	No. of items
Formulating hypotheses	4, 7, 8, 13, 17, 18, 25, 29, 31
Controlling variables	1, 3, 14, 15, 16, 19, 20, 21, 32, 33, 34, 35
Operational definition	2, 5, 11, 23, 27, 28
Experimenting	10, 22, 24
Graphing & Interpretating data	6, 9, 12, 26, 30, 36

45분이다. TIPS II는 가설 설정, 변인 확인, 조작적 정의, 실험 설계, 그래프화/자료 해석 등의 탐구요소로 구성된 총 36문항(Table 2)이다.

## 2. 결과 분석

표집 대상의 그래프 능력이 남녀와 학년에 따라 통계적으로 유의한 차이가 있는지를 알아보기 위해 t-검증과 일원 분산 분석을 실시하였으며, 사후검증으로 Scheffé검증을 실시하였다. 또한, 그래프 능력과 논리적 사고력 및 과학 탐구 능력의 상관정도를 알아보기 위해 피어슨 상관계수를 구하였다.

### III. 결과 및 논의

그래프 능력 검사와 논리적 사고력 검사 및 과학 탐구 능력 검사의 결과를 기초로 하여 그래프 능력과 논리적 사고력 및 과학 탐구 능력의 관련성을 탐색하였으며, 통계적으로 어느 정도의 상관관계가 있는지를 조사하였다.

#### 1. 중학생의 그래프 능력

중학생의 그래프 작성 및 해석 능력의 획득 정도를 알아보기 위해 그래프 능력 검사지 TOGS를 투입한 결과, 중학생의 TOGS 총점은 2점에서 26점 사이에 분포하며, 전체 평균은 26점 만점에 16.44(63%), 표준편차는 5.13이다. 남녀별 평균은 남학생이 16.22

(62%), 여학생은 16.76(64%)으로 차이가 거의 없는 것으로 나타났다(Table 3).

또한, 학년별로는 3학년이 17.51(67%)로 1학년 16.14(62%), 2학년 15.83(61%) 보다 우수하며, 사후검증 결과 3학년과 2학년 사이에서 평균 점수간 유의미한 차( $p < .05$ )가 있는 것으로 나타났다(Table 4).

Fig. 1은 그래프 능력의 하위 요소별 정답률을 나타낸 것이다. 먼저 그래프 능력을 작성과 해석으로 구분하여 정답률을 비교하면, 해석 능력(68.8%)이 작성 능력(57.8%)보다 우수하였다. 이러한 결과는 과학과 수업 과정에서 그래프를 직접 그려보는 연습이 부족하며, 주로 교과서에 있는 그래프를 해석하는데 중점을 두는 것이 일부 원인이라고 생각한다.

하위 요소별 정답률이 높은 순서는 점찍기/좌표값 찾기(85%), 변수의 대응값 찾기(82%), 내삽과 외삽(71%), 변인간의 관계진술(67%), 자료 변환하기(64%), 종속 변수간 관련짓기(55%), 축에 변수 지정하기(53%), 축에 눈금 매기기(45%), 적절한 하나의 선 그리기(42%) 순으로 나타났다. 특히, '축에 눈금 매기기'와 '적절한 하나의 선 그리기'는 상대적으로 다른 요소에 비해 정답률이 낮은 것으로 보아 학생들이 매우 어려워하는 기능이라는 것을 알 수 있다.

'적절한 하나의 선 그리기' 기능은 과학 실험 과정에서 얻은 자료를 그래프 상에 점을 찍고 적절한 하나의 선으로 나타냄으로써 독립 변인과 종속 변인간의 관계를 예측하는데 매우 중요하다. 그러나 이 문항의 정답률은 26%로 매우 낮은 것으로 나타났다. 많은 학생들이 그래프에서 자료의 경향성을 알기 위

Table 3. Mean and standard deviation of TOGS by gender

Items	Male(N=254)		Female(N=227)		Total(N=481)	
	M	SD	M	SD	M	SD
26	16.22	5.36	16.76	4.86	16.44	5.13

Table 4. Mean and standard deviation of TOGS by grade

Items	Grade 1(N=169)		Grade 2(N=158)		Grade 3(N=154)	
	M	SD	M	SD	M	SD
26	16.14	4.89	15.83	5.20	17.51	5.37

Fig. 1. Corrected rates of graphing abilities by tested skills

Scaling : Scaling axes, Assigning : Assigning variables to the axes, Plotting : Plotting points, Trend : Using a best fit line, Translating : Translating a graph that displays the data, Corresponding : Selecting the corresponding value for Y(or X), Inter/Extra : Interrelating/Extrapolation graphs, Describing : Describing the relationship between variables, Interrelating : Interrelating the results of the two graphs.

해 적절한 선으로 나타내는 방법을 잘 모르며, 심지어 하나의 선으로 왜 나타내야 하는지조차 알지 못하는 것 같다.

‘축에 눈금 매기기’ 기능은 주어진 자료를 그래프에 나타내고자 할 때, 축에 눈금을 적절하게 나타내는가를 평가하는 문항이다. 이 문항의 정답률은 36%이다. 전체 학생의 51%는 그래프 축 상에 주어진 자료가 그대로 표시된 것을 선택한 것으로 보아 학생들은 자료에 맞게 축에 눈금을 일정한 비율로 표시한 후 그래프 상에 자료를 점으로 표시한다는 것을 잘 알지 못하는 것 같다. 또한, 13%의 학생은 표에 있는 독립변인과 종속 변인을 그래프 축에 바꾸어 표시하였다. 이렇게 적절하지 못한 눈금 매기기와 변인의 축을 바꾸어 표시하는 것은 Brasell 등(1992) & Bohrens (1988)의 선행 연구에서도 지적된 오류이다.

Fig. 2는 남녀별 하위 요소의 정답률을 비교한 것이다. 그래프 작성 능력과 해석 능력은 남녀에 따라 거의 차이가 없으며, 하위 요소인 점찍기/좌표값 찾기, 종속 변수간 관련짓기에서 여학생이 남학생보다는 우수한 것으로 나타났다.

Fig. 3은 학년별 하위 요소의 정답률을 비교한 것이다. 모든 학년이 작성 능력보다는 해석 능력의 정답률이 다소 높으며, 작성과 해석의 정답률 차이는 1학년 13%, 2학년 6%, 3학년 5%로 학년이 올라 갈수록 폭이 점점 감소하는 것으로 나타났다.

학년별 작성과 해석의 정답률을 비교하여 보면, 작성은 1학년 56%, 2학년 58%, 3학년 65%로 3학년이 1학년보다 우수한 것으로 나타났다. 반면, 해석은 1학년 69%, 2학년 64%, 3학년이 70%로 1학년이 오히려 2학년보다 다소 높다는 것이 특이하다. 그러나 해

**Fig. 2.** Corrected rates of subskills of TOGS by gender

**Fig. 3.** Corrected rates of subskills of TOGS by grade

석 능력은 통계적으로는 학년에 따라 유의한 차가 없는 것으로 나타났다.

학년별 하위 요소의 정답률을 비교할 때, 통계적으로 유의한 차를 나타내는 기능인 축에 눈금 매기기는 2·3학년이 1학년보다, 변인간의 관계진술과 종속 변수간 관련짓기는 1학년이 2학년보다 높았다. 그리고 자료 변환하기는 3학년이 1학년보다 우수하며, 적절한 하나의 선 그리기는 3학년이 1·2학년보다 매우 높은 것으로 나타났다.

## 2. 그래프 능력과 논리적 사고력의 상관관계

### 1) 중학생의 논리적 사고 수준

Fig. 4는 GALT를 통해 조사한 남녀별 논리적 사고 수준의 분포를 비교한 것이다. Fig. 4에 제시된 결과에 의하면, 중학생의 논리적 사고 수준은 구체적 조작기 37.8%, 과도기 32.7%, 형식적 조작기 29.5%로 아직도 많은 학생이 과도기나 구체적 조작기에 머무르고 있는 것을 알 수 있다.

남녀별 논리적 사고 수준은 남학생의 34.3%, 여학생은 24.2%만이 형식적 조작기에 도달한 것으로 나타났다으며, 여학생은 41.1%가 구체적 조작기이고

34.7%가 과도기로 남학생에 비해 논리적 사고력이 발달하지 못하였다는 것을 알 수 있다.

Fig. 5는 학년별 논리적 사고 수준의 분포를 비교한 것이다. 학년별 논리적 사고 수준은 1학년이 형식적 조작기의 비율이 23.1%로 20.3%인 2학년보다 다소 높지만 32.5%는 아직 과도기에 머무르고 있는 것을 알 수 있다.

1학년은 구체적 조작기의 학생이 44.4%로 가장 많으며, 2학년도 구체적 조작기의 학생이 43.1%를 차지하고 있다. 따라서 1학년(76.9%)과 2학년(79.7%)은 많은 학생들이 아직 구체적 조작기와 과도기에 분포한다는 것을 알 수 있다. 그러나 3학년은 구체적 조작기와 과도기에 분포하는 학생수의 비율이 상대적으로 적은 반면, 46.1%의 학생이 형식적 조작기에 분포하는 것으로 보아 3학년이 1·2학년보다 논리적 사고력이 크게 발달하였다는 것을 알 수 있다.

### 2) 그래프 능력과 논리적 사고력의 상관관계

Table 5는 TOGS 점수에 따라 표집된 학생을 상위 집단(27%)과 하위 집단(27%)으로 구분하여 상·하위 집단별 하위 논리의 정답률과 논리적 사고 수준을 비교한 것이다. 하위 논리별 정답률을 비교하면, 상위

Fig. 4. The level of logical thinking level by gender

Fig. 5. The level of logical thinking by grade

Table 5. Comparison of the group by graph abilities with 5 reasoning types and logical thinking levels

Group by graph abilities	Reasoning types					Logical thinking levels			
	Conservation	Proportional	Controlling variables	Probabilistic	Correlational	Combinatorial	Concrete	Transient	Formal
Upper	78.9	66.0	60.7	64.2	44.8	80.6	12.1	26.7	61.2
Lower	58.6	30.9	19.8	29.3	19.8	53.0	62.1	26.7	11.2

집단은 조합 논리가 80.6%로 가장 높으며 상관 논리가 44.8%로 가장 낮은 것으로 나타났다. 그리고 하위 집단은 보존 논리가 58.6%로 가장 높으며, 변인 통제 논리와 상관 논리는 19.8%로 가장 낮은 것으로 나타났다.

하위 논리별 정답률을 살펴보면 변인 통제 논리(40.9%)와 비례 논리(35.1%)는 비교적 큰 반면, 보존 논리(20.3%)는 가장 적은 것으로 나타났다. 이는 그래프 능력을 향상시키기 위해 변인통제 논리와 비례 논리가 필요하며, 이를 향상시키기 위한 기회가 많이 주어져야 함을 시사해 준다.

집단별 논리적 사고 수준은 그래프 능력이 우수한 상위 집단은 형식적 조작기 61.2%, 구체적 조작기 12.1%로 형식적 조작기가 상대적으로 많은 반면, 하

위 집단은 대조적으로 구체적 조작기 62.1%, 형식적 조작기 11.2%로 많은 학생이 아직 구체적 조작기에 머무르고 있는 것으로 나타났다.

논리적 사고 수준별 TOGS의 정답률을 비교해 보면(Fig. 6), 구체적 조작기의 정답률은 53%이고, 과도기와 형식적 조작기는 각각 64%, 74%로 논리적 사고력이 발달할수록 TOGS의 정답률이 매우 높다는 것을 알 수 있다. 따라서 그래프 능력과 논리적 사고력은 깊은 관련이 있으며, 논리적 사고 수준별 그래프 능력은 통계적으로 유의한 차( $p < .05$ )가 있는 것으로 나타났다.

Fig. 7은 논리적 사고 수준별 하위 요소의 평균과 정답률을 비교한 것이다. Fig. 7을 보면, 논리적 사고 수준별 하위 요소의 정답률은 통계적으로 매우 유의



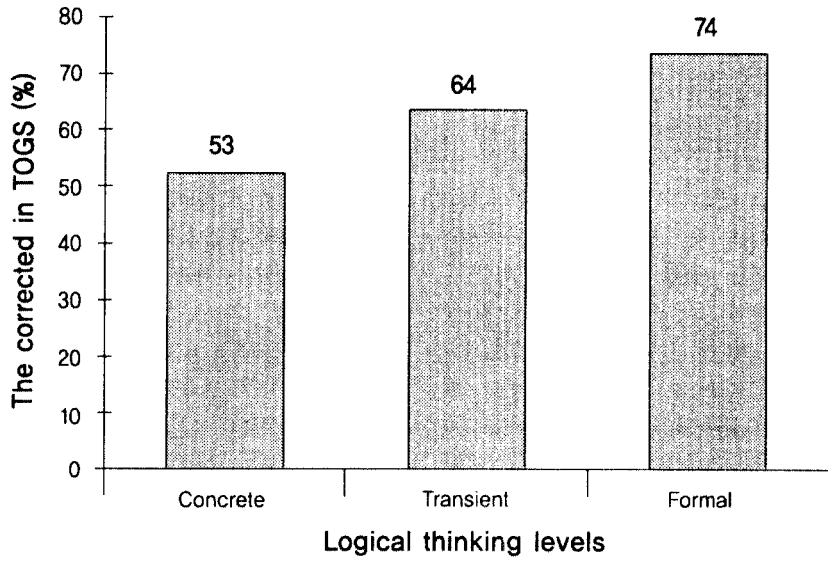


Fig. 6. The rates of Corrected in TOGS by logical thinking skills

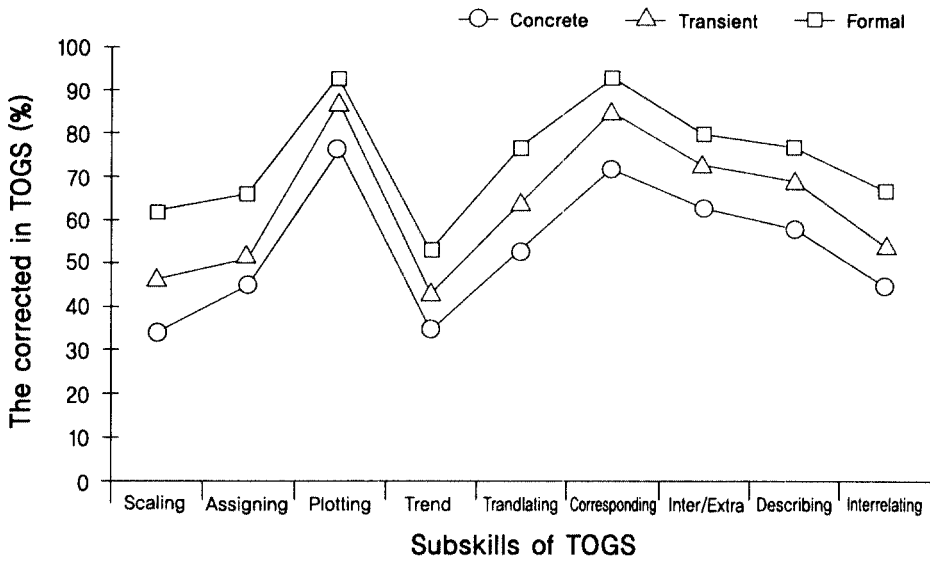


Fig. 7. Corrected rates of subskills of TOGS by logical thinking levels

한 차( $p < .01$ )가 있는 것으로 나타났다. 그리고, 논리적 사고 수준이 높아짐에 따라 작성 능력은 구체적 조작기에서 과도기로 10%, 과도기에서 형식적 조작

기로 12% 상승하였으며, 해석 능력은 구체적 조작기에서 과도기로 10%, 과도기에서 형식적 조작기로 9%로 증가하였다. 또한, 논리적 사고 수준별 하위 요

소의 정답률은 조금씩 다르지만 높은 순서는 비슷하다는 것을 알 수 있다. 즉, 점찍기/좌표값 찾기, 변수의 대응값 찾기, 내삽과 외삽, 변인간의 관계진술 등은 우수하지만 축에 눈금 매기기, 적절한 하나의 선 그리기 등은 상대적으로 부족한 것으로 나타났다. 이는 중학생이 논리적 사고 수준에 관계없이 축에 눈금 매기기, 적절한 하나의 선 그리기 등의 기능을 적절하게 획득하지 못하고 있음을 나타내 준다.

논리적 사고 수준이 높아짐에 따라 하위 요소 중 항상 폭이 가장 크게 증가한 것은 '축에 눈금 매기기'로 구체적 조작기에서 과도기까지 12%, 과도기에서 형식적 조작기로 감에 따라 16% 향상되었다. 이처럼 '축의 눈금 매기기'의 향상 폭이 제일 크다는 것은 이 기능이 논리적 사고력과 관련이 깊다는 것을 의미하며, Wavering(1989)이 "축에 눈금을 매기지 못하는 것이 논리적 사고력의 발달하지 못한 것이 원인"이라고 지적한 것과 일치하는 결과라고 할 수 있다. 반면, 향상 폭이 가장 적은 '점찍기/좌표값 찾기'는 논

리적 사고력이 발달하지 않은 학생도 단순한 수학적 연산에 의해 잘 할 수 있는 기능임을 나타내 준다.

Table 6은 TOGS 하위 요소와 GALT 하위 논리간의 상관관계를 나타낸 것이다. Table 6을 보면, 그래프 능력의 하위 요소와 논리적 사고력의 상관계수는 0.21~0.37로 상관은 낮지만 유의한( $p < .01$ ) 정적 상관을 나타내고 있다. 특히, 하위 요소 중 '자료 변환하기' ( $r = 0.37$ )는 논리적 사고력과 상대적으로 다소 높은 상관을 보이고 있다. 또한, 그래프 능력과 하위 논리의 상관계수는 0.22~0.32로 유의한( $p < .01$ ) 정적 상관을 보이지만 상관은 낮은 것을 알 수 있다. 그러나 그래프 능력은 하위 논리 중 비례 논리( $r = 0.32$ )와 상대적으로 다소 높은 상관을 보이고 있다.

Table 7은 그래프 능력을 작성 능력과 해석 능력으로 구분하여 GALT의 하위 논리와 상관관계를 조사한 것이다.

작성 능력( $r = 0.31$ )은 하위 논리 중 비례 논리와, 해석 능력( $r = 0.25$ )은 변인 통제 논리와 상대적으로

**Table 6.** The correlation between subskills of TOGS and the elements of GALT

Subskills of TOGS	Reasoning types						GALT Total
	Conservation	Proportional	Controlling variables	Probabilistic	Correlational	Combinatorial	
Scaling axes	.12**	.21**	.17**	.23**	.12**	.17**	.30**
Assigning variables to the axes	.17**	.22**	.14**	.18**	.07	.17**	.24**
Plotting points	.13**	.19**	.14**	.09	.08	.21**	.21**
Using a best fit line	.13**	.20**	.11*	.16**	.08	.10*	.21**
Translating a graph that displays the data	.17**	.30**	.27**	.23**	.19**	.29**	.37**
Selecting the corresponding value for Y(or X)	.20**	.17**	.19**	.20**	.16**	.16**	.29**
Interrelating/Extrapolation graphs	.09	.14**	.15**	.11*	.15**	.15**	.25**
Describing the relationship between variables	.11*	.14**	.20**	.15**	.15**	.20**	.24**
Interrelating the results of the two graphs	.14**	.12**	.25**	.12**	.14**	.26**	.28**
TOGS Total	.22**	.32**	.29**	.28**	.22**	.31**	.45**

\* $p < .05$ , \*\* $p < .01$

**Table 7.** The correlation between graph construction/graph interpretation and the elements of GALT

Graph abilities	Reasoning types						GALT Total
	Conservation	Proportional	Controlling variables	Probabilistic	Correlational	Combinatorial	
Construction	.24*	.31*	.28*	.27*	.20*	.30*	.46*
Interpretation	.16*	.23*	.25*	.18*	.19*	.24*	.33*
TOGS Total	.22*	.32*	.29*	.28*	.22*	.31*	.45*

\*p<.01

**Table 8.** Mean and standard deviation of TIPS II

Grade	Male		Female		Total	
	M(%)	SD	M(%)	SD	M(%)	SD
1	49	7.11	50	6.39	49	6.75
2	55	5.91	54	5.98	55	5.93
3	55	6.91	46	8.76	51	7.93
Total	53	6.74	50	7.11	51	6.93

**Table 9.** Comparison of process skills by gender and grade

Process skills	Gender		Grade			Total
	Male	Female	1st	2nd	3rd	
Formulating hypotheses	48	48	44	54	50	48
Operational definition	50	45	43	51	50	48
Controlling variables	47	44	44	50	43	46
Graphing & Interpretating data	51	46	48	52	48	49
Experimenting	61	56	59	60	55	58

다소 높은 상관을 보이며, 작성 능력( $r=0.46$ )은 해석 능력( $r=0.33$ ) 보다 논리적 사고력과 상관이 더 높은 것으로 나타났다. 그리고, 그래프 능력과 논리적 사고력의 상관계수는 0.45로 통계적으로 상관이 있음을 알 수 있다.

### 3. 그래프 능력과 과학 탐구 능력의 상관관계

#### 1) 중학생의 과학 탐구 능력

중학생의 과학 탐구 능력을 알아보기 위해 실시한 TIPS II의 점수를 기준으로 그래프 능력과 과학 탐구

능력의 상관관계가 어떠한지를 조사하였다. Table 8은 과학 탐구 능력 검사의 평균과 표준편차를 나타낸 것이다. Table 8을 보면, 전체 평균은 51%, 표준편차는 6.93으로 중학생의 과학 탐구 능력은 중간 정도의 성취도를 보였다.

탐구 요소별 평균을 남녀별, 학년별로 비교하면 (Table 9), 5개의 탐구 요소 중 가설 설정을 제외한 조작적 정의, 변인 확인, 그래프화/자료 해석, 실험 설계 등의 4개의 탐구 요소에서 남학생이 여학생보다 정답률이 높게 나타났다. 학년별로 비교하면, 2학년이 1·3학년에 비해 일관성 있게 모든 탐구 요소에서 정

답률이 높은 것으로 나타났다.

그래프 능력의 상·하위 집단별 탐구 요소의 정답률을 비교하면(Table 10), 상위 집단은 실험 설계(69.3%)가 가장 높으며, 그래프화/자료 해석(56.3%)이 가장 낮은 것을 알 수 있다. 반면, 하위 집단은 변인 확인(53.6%)이 가장 높으며, 그래프화/자료 해석(41.2%)이 가장 낮은 것을 알 수 있다. 반면 그래프화/자료 해석은 두 집단 모두 정답률이 가장 낮은 것으로 보아 학생들이 가장 어려워하는 기능임을 시사해 준다.

Table 11은 TOGS의 하위 요소와 TIPS II의 탐구 요소의 상관관계를 조사한 것이다. 결과에 의하면, 해석 능력의 하위 요소는 탐구 요소와 대부분 통계적으로 유의한( $p < .01$ ) 정적 상관을 보이고 있지만, 작성 능력에 포함된 하위 요소는 그래프화/자료 해석 이외의 탐구 요소와 상관이 매우 낮거나 거의 없다는 것을 알 수 있다. 반면, 그래프 능력 하위 요소와 과학 탐구 능력의 상관관계를 보면, 점찍기/좌표값 찾기와 적절한 선 그리기는 과학 탐구 능력과 상관이 거의 없는 것으로 나타났다. 그러나 해석 능력에 포함된

**Table 10.** Comparison of the group by graph abilities with process skills(N=260)

Group by graph abilities	Formulating hypotheses	Operational definition	Controlling variables	Graphing & Interpretating data	Experimenting	Total
Upper	56.8	57.5	67.1	56.3	69.3	59.8
Lower	43.3	41.7	53.6	41.2	50.7	46.0

**Table 11.** The correlation between subskills of TOGS and process skills of TIPS II

Subskills of TOGS	Process skills of TIPS II					Total
	Formulating hypotheses	Operational definition	Controlling variables	Graphing (Interpreting data)	Experimenting	
Scaling axes	.15**	.08	.07	.21**(.18**)	.08	.15**
Assigning variables to the axes	.11*	.11*	.12*	.20**(.16**)	.17**	.11*
Plotting points	.12*	.01	.06	.15**(.14**)	.03	.09
Using a best fit line	.11*	.09	.01	.13**(.12*)	.01	.08
Translating a graph that displays the data	.07	.14**	.12*	.24**(.19**)	.15**	.19**
Selecting the corresponding value for Y(or X)	.16**	.12*	.19**	.18**(.20**)	.13**	.19**
Interrelating/Extrapolation graphs	.17**	.14**	.22**	.20**(.24**)	.22**	.24**
Describing the relationship between variables	.18**	.11*	.20**	.21**(.25**)	.16**	.23**
Interrelating the results of the two graphs	.19**	.14**	.16**	.18**(.20**)	.16**	.22**
TOGS Total	.25**	.19**	.23**	.30**	.20**	.32**

\* $p < .05$ , \*\* $p < .01$

**Table 12.** The correlation between graph construction/graph interpretation and process skills of TIPS II

graph abilities	Process skills of TIPS II					TIPS II Total
	Formulating hypotheses	Operational definition	Controlling variables	Graphing (Interpreting data)	Experimenting	
Construction	.21*	.13*	.13*	.25*(.22*)	.15*	.24*
Interpretation	.23*	.15*	.22*	.22*(.27*)	.18*	.29*
TOGS Total	.25*	.19*	.23*	.30*	.20*	.32*

\*p<.01

하위 요소는 과학 탐구 능력과 모두 통계적으로 유의한(p<.01) 정적 상관을 보이고 있다. 그래프 능력과 탐구 요소의 상관계수는 0.19~0.30정도이며, 그래프 능력은 탐구 요소 중 그래프화/자료 해석(r=0.30)과 상대적으로 상관이 다소 높은 것으로 나타났다.

Table 12는 그래프 능력을 작성 능력과 해석 능력으로 구분하여 탐구 요소와의 상관관계를 조사한 것이다. Table 12를 보면, 그래프 작성 능력과 해석 능력은 통계적으로 탐구 요소와 매우 유의한(p<.01) 정적 상관을 나타내고 있지만, 그래프 능력과 과학 탐구 능력의 상관계수는 0.32로 상관이 낮다는 것을 알 수 있다.

그리고 탐구 요소 중 그래프화/자료 해석은 다른 탐구 요소에 비해 상대적으로 그래프 능력과 상관이 다소 높지만 예상보다 낮다는 것이 특이하다.

#### IV. 결론 및 제언

중학생의 그래프 능력은 높은 정답률을 나타낸 '점 찍기/좌표값 찾기'와 '변수의 대응값 찾기'를 제외하면 중간 정도의 성취도를 보였다. 또한, 그래프 능력은 논리적 사고력이 발달한 학생일수록 성취도가 매우 높았으며, 변인 통제 논리와 비례 논리가 그래프 능력과 밀접한 관련이 있는 것으로 나타났다. 이는 그래프 능력의 향상을 위해 변인 통제 논리와 비례 논리의 형성이 필요하며 이를 향상시키기 위한 노력이 필요하다는 것을 시사해 준다. 그리고 '축에 눈금 매기기', '적절한 하나의 선 그리기' 등의 작성 능력은 중학생에게 매우 부족한 것을 알 수 있다. 이는 과학

수업에서 자료를 그래프로 직접 그려보는 연습과 경험이 부족하며, 교사와 학생 모두 교과서에 있는 그래프를 주로 해석하고 그래프로 전달하는 과학적 개념을 이해하는데 중점을 두는 것이 큰 원인이라고 생각한다.

그래프 능력과 논리적 사고력 및 과학 탐구 능력의 상관관계는 모두 유의한 정적 상관을 보이지만, 대체적으로 상관은 낮았다. 또한, 그래프 능력을 작성 능력과 해석 능력으로 구분하여 비교하면, 작성 능력은 해석 능력보다 논리적 사고력과 상관이 더 높으며, 과학 탐구 능력과는 모두 상관이 낮았다. 그리고 전체적으로 그래프 능력은 과학 탐구 능력보다 논리적 사고력과 상관이 더 높아 그래프 능력이 과학 탐구 능력보다 논리적 사고력과 밀접한 관계가 있는 것으로 생각된다.

지금까지 그래프에 대한 연구는 과학적 개념이 포함된 그래프를 작성하고 해석할 때 나타나는 오류 유형에 대한 논의가 주류를 이루고 있다. 그러나 이러한 오류가 학생들이 가지고 있는 오개념, 시각 정보의 오류, 함수의 그래프 표상 등의 변인들 중 어느 것이 영향을 크게 받는지에 대하여 인지심리학적 관점에서 살펴보는 후속 연구가 필요하다.

또한, 아직까지 우리나라는 학생들의 그래프 능력에 대한 관심이 부족한 실정이다. 따라서 교사는 과학 교과서에서 그래프 특히, 선 그래프의 중요성을 인식하고, 학생들이 이와 관련된 그래프 능력을 향상시킬 수 있도록 체계적인 노력을 기울여야 할 것이다.

## 적 요

본 연구의 목적은 그래프를 작성하고 해석할 수 있는 중학생의 능력을 알아보고, 그래프 능력과 논리적 사고력 및 과학 탐구 능력의 관련성을 분석하여 효과적인 수업전략과 교사의 교수 행동에 대한 시사점을 얻는 데 있다. 중학생 481명을 대상으로 그래프 능력 검사지를 이용하여 중학생의 그래프 능력을 알아보고, 논리적 사고력 검사지와 과학 탐구 능력 검사지를 이용하여 그래프 능력과 논리적 사고력 및 과학 탐구 능력의 상관관계를 조사하였다.

그래프 능력과 논리적 사고력 및 과학 탐구 능력의 상관관계를 조사한 결과, 변인 통제 논리와 비례 논리가 그래프 능력과 관련이 깊은 것으로 나타났다. 그리고 그래프 능력은 논리적 사고력 및 과학 탐구 능력과 대부분 유의한 정적 상관을 보이지만, 통계적으로 상관은 낮았다.

이러한 연구 결과에 비추어볼 때, 앞으로 과학 교사는 중학생의 그래프 능력을 향상시키기 위해 그래프의 중요성을 인식하고, 학생들이 그래프를 작성하고 해석할 수 있는 능력과 변인 통제 논리, 비례 논리 등 논리적 사고력을 향상시킬 수 있도록 체계적인 노력과 효과적인 수업전략이 필요하다고 본다.

## 참 고 문 헌

권재술, 김범기, 우종욱, 정완호, 정진우, 최병순(1998). 과학교육론. 교육과학사.

권재술, 김범기(1994). 초·중학생들의 과학 탐구 능력 측정도구의 개발. 한국과학교육학회지, 14(3), 251-264.

김언주(1990). 인지 심리학. 정음사.

김태선(1998). 고등학생들의 과학관련 그래프 해석능력. 한국교원대학교 석사학위논문.

문충식, 김범기(1998). 선 그래프 해석과 이해의 지각·인지과정에 관한 모형. 물리교육, 16(3), 249-259.

조희형(1992). 과학적 탐구의 본질에 대한 분석 및 탐구력 신장을 위한 학습 지도 방법에 관한 연

구. 한국과학교육학회지, 12(1), 61-73.

조희형, 박승재(1995). 과학 학습 지도 -계획과 방법-. 교육과학사.

Adams, D. D.(1988). *The effects of microcomputer-based laboratory exercise on the acquisition of line graph construction and interpretation skills by high school biology students*. Paper Presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, 61st, Lake of the Ozarks, MO.

Bohrens, J.(1988). *Misconceptions of ninth grades surrounding graph construction skills of science data*. Paper presented at the meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Lake of the Ozarks, MO.

Brasell, H. M.(1990). Graphs, graphing, and graphers. *What Research Says to the Science Teacher*, 6, 69-85.

Brasell, H. M., & Rowe, M. B.(1993). Graphing skills among high school physics students. *School Science and Mathematics*, 93(2), 63-70.

Berg, C. A., & Phillips, D. G.(1994). An investigation of the relationship and thinking structures and the ability to construction and interpret line graphs. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(4), 323-344.

Berg, C. A., & Smith, P.(1994). Assessing students' abilities to construct and interpret line graphs: Disparities between multiple-choice and free-response instruments. *Science Education*, 78(6), 527-554.

Bertin, J.(1983). *Semiology of graphics: Diagrams networks maps*(W. Berg, Trans.). Madison, WI: The University of Wisconsin Press.

- Bukard, C.(1985). Mathematical symbols and representations. In P. Wilson(Ed.), *Research ideas for the classroom: High school mathematics*, 78-94.
- Bruns, J. C., Okey, J. R., & Wise, K. C.(1985). Development of an integrated process skill test: TIPS II. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(2), 169-177.
- Clement, J.(1988). *The concept of variation and misconceptions in Cartesian graphing*(Paper No. 175). University of Massachusetts, Scientific Reasoning Research Institute.
- Dibble, E., & Shaklee, H.(1992). *Graph interpretation: A translation problem?* Paper Presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, San Francisco, CA.
- Fisher, M. A.(1992). *Categorization, or schema selection in graph comprehension*. A Paper Presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, San Francisco, CA.
- McKenzie D., & Padilla, M.(1986). The construction and validation of the test of Graphing in Science(TOGS). *Journal of Research in Science Teaching*, 23, 369-383.
- Monk, S.(1992). Students' understanding of a functions given by a physical model. *Aspects of epistemology and pedagogy*, 175-176.
- Padilla, M. J., McKenzie, D. L., & Shaw, E. L.(1986). An examination of the line graphing ability of students in grades seven through twelve. *School Science and Mathematics*, 86(1), 20-26.
- Pinker, S.(1990). A theory of graph comprehension. In R. Freedle(Ed.), *Artificial Intelligence and the Future of Testing*. Hillsdale, N. J. : Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, 73-126.
- Rodranka, V., Yeany, R. H., & Padilla, M. J.(1982). *The Construction and Validation of a Group Assessment of Logical Thinking*. Paper Presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Dolas, Texas.
- Roth, W-M, Bowen, G. M., & McGinn, M. K.(1999). Differences in graph-related practices between high school biology textbooks and scientific ecology journals. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(9), 977-1019.
- Shah, P.(1995). *Cognitive processes in graph comprehension*. Doctoral dissertation, Carnegie - mellon university(UMI Dissertation services NO. 9622441).
- Wavering, M. J.(1986). Performance of students in grades six, nine, and twelve on five logical, spatial and formal tasks. *Journal of Research in Science Teaching*, 3(4), 321-333.
- Wavering, M. J.(1989). Logical reasoning necessary to make line graphs. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(5), 373-379.
- Wilson, J. T.(1974). Process of Scientific Inquiry: A Model for Teaching and Learning Science. *Science Education*, 58, 127-133.