

고등학생들의 그래프 능력과 과학 탐구 능력 및 과학 학업 성취도의 관계

김태선* · 고수경 · 김범기¹

노스캐롤라이나주립대학교* · 능곡고등학교 · 한국교육대학교¹

Relationships of Graphing Ability to Science-Process Skills and Academic Achievement of High School Students

Kim, Tae Sun* · Ko, Su-Kyung, Kim, Beom-Ki¹

North Carolina State University* · Nunggok Hihg School · Korea National University of Education¹

Abstract: Line graphs are frequently used to communicate data and basic concepts in classroom activities. Science teachers often assume that students are able to interpret the symbolic meaning of the graphs, but such an assumption is not based on sufficient evidence. The purpose of this study was to investigate the relationships of graphing ability to science-process skills and academic achievement of high school students: With regard to science-process skills, graphing ability was found to have a slight correlation with science-process skills (.41). Among the sub-skills of the science-process, graphing ability was seen to have a relatively high correlation with basic science-process skills such as 'measuring', 'inferring', 'predicting', while having relatively low correlation with integrated science-process skills such as 'formulating hypothesis' and 'generalization'. With regard to academic achievement, graphing ability appeared to have no correlation with academic achievement (.06). Hence, a correlation between graphing ability and science-process skills was proved. It can also be concluded that improving graphing ability will greatly support students with their science study and, therefore, organized efforts and efficient educational methods should be developed in order to overcome the insufficient graphing ability among high school students.

Key words: Graphing Abilities, Science Process Skills, Academic Achievement, Correlation

I. 서 론

그래프를 구성하거나 해석하는 기능은 과학교육과 수학교육에서 일상적인 주요한 기능으로 인정되고 있다(Gallagher, 1979; McKenzie & Padilla, 1983; Brasell, 1990). 과학 탐구 능력의 요소에서도 그래프 능력과 관련된 자료 해석, 자료 변환, 기호 사용 등의 요소가 포함되어 그래프의 중요성이 강조되고 있다. 고등학교 과학 교과서를 보면 탐구 활동의 실험이나 자료 해석 부분에서 실험 결과를 그래프로 작성하도록 하거나, 제시된 자료를 이용해 그래프를 작성하여 과학적인 규칙성을 찾으려는 과정이 제시된다. 그리고 과학적 개념이나 현상을 설명하는 부분에서도 그래프를 이용하여 제시함으로써 그래프의 해석을 통

해서 개념을 습득할 수 있도록 되어 있다(Roth & McGinn, 1997; Roth *et al.*, 1999). 과학 학습 후의 성취도 평가에서도 그래프를 이용한 문항을 빈번히 출제하고 있으며, 대학 입시에서 치르는 수학 능력 시험의 자료 해석 능력 중에서도 그래프에 대한 해석 능력을 묻는 문항은 자주 출제된다(송진웅, 1993).

그러나 학생들은 그래프의 작성과 과학 관련 그래프의 해석에 큰 어려움을 느낀다. 특히 선 그래프의 해석을 통해 물체의 운동을 파악하는 힘과 운동에서는 높이/기울기 혼동, 그래프를 그림으로 인식하는 등 어려움을 보인다(Berg & Smith, 1994; Bowen & Roth, 1998; Leinhardt *et al.*, 1990). 이러한 문제점들을 해결하기 위해서는 먼저 학생들의 그래프 작성 및 해석 능력을 알아보는 것이 필요하다. 그리고 그것

*교신처: 김태선(scienceeducation@hanmail.net)

**2005.1.21(접수) 2005.5.25(1심통과) 2005.8.29(2심통과) 2005.9.16(최종통과)

을 바탕으로 학생들에게 적절한 학습방법이 개발되어 그래프를 이용한 과학 학습이 효율적으로 이루어질 수 있도록 해야 할 것이다. 따라서 본 연구에서는 과학적 용어를 사용하지 않고 일상적인 용어로 기술된 검사도구를 사용하여 그래프의 작성과 해석 능력을 알아본 후, 과학 탐구 능력 및 과학 학업 성취도에 따른 상관관계를 분석하여 효과적인 학습 지도 방안 모색에 시사점을 얻고자 한다.

본 연구에서는 고등학생의 과학적 용어를 사용하지 않고 일상적인 용어로 기술된 검사도구를 이용하여 그래프 작성 및 해석 능력을 조사하고, 그래프 능력과 과학 탐구 능력 및 과학 학업 성취도와의 관계를 분석하기 위하여 다음과 같은 연구 문제를 해결하고자 한다.

첫째, 고등학생의 그래프 능력은 어떠한가?

둘째, 고등학생의 그래프 능력과 과학 탐구 능력과의 상관관계는 어떠한가?

셋째, 고등학생의 그래프 능력과 과학 학업 성취도와의 상관관계는 어떠한가?

본 연구에서의 과학 학업 성취도란 연구 대상 학생의 공통과학 과목 1년 동안의 4회 지필 평가 성적과 2회 수행 평가 성적을 의미한다.

우리나라 고등학교 과학 교과서에서 사용하는 그래프는 주로 선 그래프이며 특히 직선형 그래프가 많이 나온다(Kim *et al.*, 2002). 그래프를 구성하는 기본 요소들은 제목, 범례, y축 라벨, x축 라벨, y축 눈금, x축 눈금, 자료 영역으로 구성된다(Jones *et al.*, 1999). 그러나 우리나라 교과서에 제시된 그래프는 범례를 대체적으로 사용하지 않으며 그래프의 제목은 그래프 아래에 보통 표시된다.

6차 교육과정에서 우리나라 고등학교 1학년 학생들이 학습하는 공통 과학 교과서에 사용된 그래프는 물리 관련 단원인 “힘”에서 가장 많다. 공통 과학 교과서 7종을 선택해 교과서 내에 제시된 그래프의 개수를 조사한 결과(Kim *et al.*, 2002)에 따르면, 공통과학 교과서에 제시된 그래프들 중 물리 관련 단원의 그래프 수가 37.3%로 가장 많으며 지구과학(35.5%), 생물(16.7%), 화학(10.5%) 순서로 그래프를 사용해 개념을 설명하고 있음을 볼 수 있다.

그래프 능력에 관한 선행연구를 살펴보면, 김태선(1998)은 고등학생 943명을 대상으로 과학 관련 그래프 해석 능력을 측정하였다. 김태선(1998)은 단순한 수학적 알고리즘을 필요로 하는 ‘좌표값 찾기’와 ‘의삼과 내삼’ 등은 우수하였으나, 좀 더 깊은 추상적인 사고를 필요로 하는 ‘두 변인 연결하기’와 ‘자료 변환’ 등의 기능은 매우 부족하다는 점을 지적하였다.

또한 우리나라 7학년에서 12학년까지 학생들을 표집하여 그래프 구성 및 해석 능력을 알아본 김태선·김범기(2002)의 연구에서는, 7학년에서 12학년까지 학년이 올라갈수록 학생들의 그래프 능력이 전반적으로 향상됨을 보였다. 이 연구에 따르면 그래프를 해석하는 능력보다 그래프를 구성하는 능력에서 더 낮은 성취도를 보여주었으며, 7학년에서 9학년까지보다 10학년에서 12학년까지 더 급격한 향상을 보였다. 특히 ‘축에 눈금 매기기’기능, ‘축에 변수 지정하기’기능 그리고 ‘적절한 하나의 선 그리기’기능은 다른 기능들에 비하여 정답률이 전 학년에 걸쳐서 낮았고, 75% 이상의 정답률을 보였던 상급집단 학생들의 경우에는 이러한 현상이 더 두드러지게 나타났다.

이러한 그래프 능력이 논리적 사고력 및 과학 탐구 능력과 어떠한 상관이 있는지 살펴보는 연구도 있다. 김태선·배덕진·김범기(2002)는 중학생의 그래프 능력과 논리적 사고력 및 과학 탐구 능력의 상관관계에 대한 연구를 수행하였다. 이 연구에 의하면 중학생의 그래프 능력 중 작성 능력은 해석 능력보다 논리적 사고력과 상관이 높지만, 과학 탐구 능력과는 모두 상관이 낮다고 하였다. 그리고 그래프 능력은 통계적으로 과학 탐구 능력보다는 논리적 사고력과 상관이 더 높다고 지적하였다.

반면 Adams(1988)는 그래프 능력이 인지발달단계에 따라 어떻게 달라지는지 연구하였는데, 높은 인지 발달 단계의 학생들이 낮은 인지 발달 단계의 학생들보다 그래프 구성과 해석에 더 뛰어난 능력을 알아내었다. 또한 McKenzie와 Padilla (1986)도 피아제의 발달단계에 기초하여, 논리적 사고력이 과도기적인 단계에 있거나 또는 형식적인 단계에 있는 8학년 학생들이 구체적 조작단계에 있는 학생들보다 그래프 성취 결과가 더 높은 경향이 있다고 하였다.

따라서 본 연구에서는 고찰된 선행 연구들을 바탕으로 우리나라의 고등학생들의 그래프 능력을 알아보고, 과학 탐구 능력 및 과학 학업 성취도와의 관계를 알아보고자 한다.

II. 연구방법 및 절차

연구의 대상 학생은 공통 과학을 이수한 일반계 고등학교 1학년 학생으로 도시(경기도 고양시)에 소재하는 학교 입학 성적이 중위권인 한 학교에서 4학년 총 160명을 표집하여 공통 과학 학습이 끝난 2002년 2월에 4~5일 정도의 간격을 두고 그래프 능력 검사와 과학 탐구 능력 검사를 실시하였다. 총 160명의 자료

중 결측치가 있는 자료를 제외한 148명(남 60, 여 88)의 자료가 분석되었다.

그래프 능력 검사 도구로 사용된 그래프 능력 검사지는 McKenzie와 Padillar (1986)가 개발한 선다형 평가지 TOGS(Test Of Graphing Skills in science)를 사용하였다. 어려운 과학적 개념이 포함되어 있는 그래프인 경우는 과학적 개념이 학생의 그래프 작성 및 해석 능력에 영향을 줄 수 있으므로 과학적 개념이 배제되고 일상적인 용어로 서술되어 있는 표준화된 검사지 TOGS가 투입되었다. TOGS는 개발자들 (McKenzie & Padilla, 1986)에 의해 과학전문가 집단으로부터 내용 타당도가 입증되었고, 신뢰도는

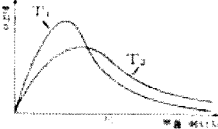
0.83(KR-20)이었다. 그리고 본 연구에서 TOGS 검사의 신뢰도 값을 알아보기 위해 산출한 Cronbach α 값은 0.73으로 나타났다.

과학 탐구 능력 검사 도구로 사용된 검사지는 한국 교원대학교 물리교육연구실에서 초·중등학생을 대상으로 개발된 과학 탐구 능력 검사지인 TSPS(Test of Science Process Skills)를 이용하였다(권재술 & 김범기, 1994). 본 연구에서 이 검사 도구의 신뢰도를 알아보기 위해 산출한 Cronbach α 값은 0.71로 나타났다.

본 연구에서 과학 학업 성취도는 연구 대상 학생들이 응시한 공통 과학 평가 성적을 이용하였다. 과학 학업 성취도는 지필 평가 성적과 수행 평가 성적으로 나눠 각 상·하위 집단별 그래프 능력 하위 요소의 정답률을 비교 분석하고, 그래프 능력과 과학 학업 성취도가 통계적으로 어느 정도 상관관계가 있는지를 조사하였다.

Fig. 1은 고등학교 1학년 학생들에게 1년에 4회 평가된 지필 평가 문항의 샘플이며, Fig. 2는 동일한 학생들에게 수행 평가한 내용들 중 하나의 샘플을 보여주고 있다. 고등학교 1학년 학생을 대상으로 1년 동안 공통 과학 과목에 대하여 교과 내용을 4회 평가하여 얻은 성적의 총점을 지필 평가 성적으로 하였으며, 탐구 활동과 과제 해결 및 평소 학습 태도를 2회 평가한 성적의 총점을 수행 평가 성적으로 구분하였다.

Fig. 1. 다음 그래프를 본도 T₁과 T₂에서 일정한 열의 에너지를 운송하는데 필요한 분자수 분포를 나타낸 것이다. (Ea = 활성화에너지)



- 다음 중 그래프를 바르게 해석한 것일까?
- ① 온도는 T₂ > T₁이다.
 - ② 활성화 에너지의 크기는 T₁ > T₂이다.
 - ③ 반응속도는 T₁ > T₂이다.
 - ④ 분자간의 충돌 횟수는 T₁ > T₂이다.
 - ⑤ 활성화 에너지 이상의 에너지를 갖는 분자수는 T₁ > T₂이다.

Fig. 1 An example of the paper-pencil test that extracted from the final test of the first semester

제 1학년 반 번 이름: 점수:

다음 문제를 잘 읽고 각 단계별로 물음에 알맞은 답을 적으시오. (총 5점)

다음은 간이 열량계로 에탄올의 연소열을 측정하는 실험이다.

(가) 물 100g을 정확하게 측정하여 그림과 같이 실험 장치에 넣고 물의 온도를 측정하였다. : 15°C

(나) 에탄올이 들어있는 알코올 램프의 뚜껑을 닫은 채로 처음 중량을 측정하였다. : 178g

(다) 알코올 램프에 물을 붙여 얼마동안 가열한 후 강통 속의 물의 온도를 측정하였다. : 35°C

(라) 연소 용기를 식힌 다음 알코올 램프의 질량을 뚜껑을 닫은 채로 측정한다. : 180g

(마) 물의 비열을 조사하였다. : 4.2J/g · °C

위 실험 결과로부터 에탄올의 연소열을 구하시오.

① 계산과정 (1점)

② 연소열 () ※ 단위까지 기록하시오.(2점)

위 실험을 통해 얻은 에탄올의 연소열 값은 항상 실제 에탄올의 연소열값 보다 훨씬 적게 측정된다. 그 이유를 설명하시오. (2점)

공통과학(1학년) 수행평가

Fig. 2 An example of the performance test that extracted from the final test of the first semester

III. 결과 및 논의

먼저 고등학생의 그래프 능력에 관한 결과를 알아보고, 이 그래프 능력이 과학 탐구 능력 및 과학 학업 성취도와 어떠한 상관관계가 있는지 결과를 분석하였다.

1. 고등학생의 그래프 능력

Table 1 Mean and standard deviation of TOGS by skills tested

| Skills | Mean(%) | SD |
|----------------------|--------------|------|
| Graph construction | 11.05(76.40) | 3.92 |
| Graph interpretation | 9.48(77.25) | 2.86 |
| Total | 20.53(79.00) | |

Table 1은 고등학생들의 그래프 능력을 그래프 작성 능력과 그래프 해석 능력으로 나누어 평균과 표준편차를 보여준다. Table 1에 제시된 검사 결과에 의하면 고등학생의 그래프 능력은 전체 26점 만점에 평균 20.53으로 정답률 79%를 보였다.

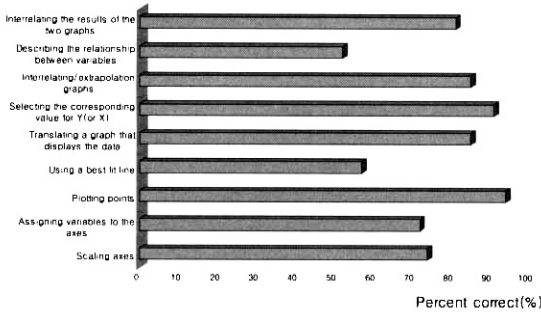


Fig. 3 Percent correct by sub-skills of TOGS

동일한 그래프 능력 검사도구를 사용한 김태선 등 (2002)의 선행 연구(중학생-63%)와 Table 1의 결과를 비교하여 보면, 학년이 높아질수록 정답률이 높아짐을 알 수 있다. 이것은 학년이 올라갈수록 사고력이 높아지고 그래프를 이용한 학습 기회가 많아지기 때문이라 생각되어진다.

또한 Fig. 3의 그래프 능력 하위 요소별 정답률을 보면 그래프 작성 능력인 ‘점찍기/좌표값 찾기’(94%)와 그래프 해석 능력인 ‘변수의 대응값 찾기’(91%)는 높게 나타났으나 그래프 작성 능력 중 ‘적절한 하나의 선 그리기’(57%)와 그래프 해석 능력인 ‘변인간의 관계 진술’(52%)은 정답률이 낮게 나타났다.

또한 Table 2는 하위요소별 남녀 정답률을 비교한 것이다. 동일한 그래프 능력 검사도구를 사용한 선행 연구와 비교하여 보면, 남학생이 평균 20.37(78%), 표준편차 5.03이며 여학생이 평균 20.64(79%), 표준편차 3.88로 나타나 거의 차이가 없다. 기존의 선행 연구에서 분석된 결과처럼, 그래프 작성 능력 및 해석

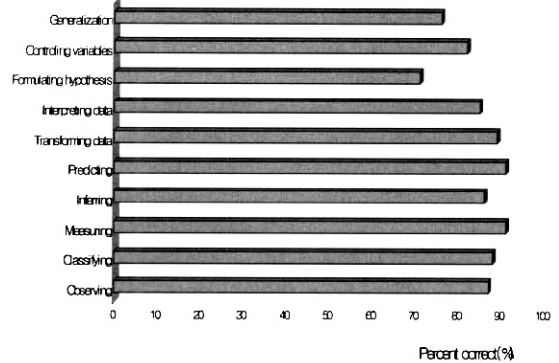


Fig. 4 Percent correct by sub-skills of TSPS

능력의 정답률은 남녀 차이없이 비슷하였으며 그래프 하위 요소 중 그래프 작성 능력인 ‘적절한 하나의 선 그리기’와 그래프 해석 능력인 ‘변인간의 관계 진술’은 남녀 학생 모두 낮게 나왔다. 이처럼 학생들의 부족한 그래프 능력은 과학 학습에 제시된 그래프를 학생들이 작성하거나 해석할 때 장애로 작용할 것으로 생각된다.

2. 고등학생의 그래프 능력과 과학 탐구 능력의 상관관계

먼저 고등학생들의 과학 탐구 능력의 결과를 분석한 후, 그래프 능력과 어떤 상관관계가 있는지 그 결과를 제시하고자 한다.

1) 고등학생의 과학 탐구 능력

고등학생들의 과학 탐구 능력에 대한 검사결과를

Table 2
The comparison of graphing sub-skills by gender

| Sub-skills of Graphing | M(n=60) | | F(n=88) | | t | |
|------------------------|---|------|---------|------|-------|--------|
| | Mean(%) | SD | Mean(%) | SD | | |
| Construction | Scaling axes | 78 | .70 | 72 | .77 | .859 |
| | Assigning variables to the axes | 73 | .72 | 72 | .66 | .159 |
| | Plotting points | 93 | .52 | 95 | .38 | -.491 |
| | Using a best fit line | 57 | .75 | 57 | .74 | .067 |
| | Translating a graph that displays the data | 84 | 1.47 | 86 | 1.22 | -.542 |
| Interpretation | Selecting the corresponding value for Y(or X) | 89 | .52 | 92 | .43 | -.735 |
| | Interrelating/extrapolation graphs | 82 | 1.12 | 86 | .80 | -1.191 |
| | Describing the relationship between variables | 51 | .47 | 53 | .40 | -.401 |
| | Interrelating the results of the two graphs | 82 | 1.07 | 81 | .99 | .163 |
| Total | 78 | 5.03 | 79 | 3.88 | -.368 | |

Table 3

The comparison of science-process skills by gender

| Science-process skills | M(n=60) | | F(N=88) | | t |
|------------------------|---------|------|---------|------|----------|
| | Mean(%) | SD | Mean(%) | SD | |
| Observing | 92 | .53 | 84 | .57 | 2.634 * |
| Classifying | 85 | .83 | 90 | .51 | -1.403 |
| Measuring | 91 | .64 | 92 | .46 | -0.368 |
| Inferring | 88 | .64 | 85 | .60 | .849 |
| Predicting | 90 | .62 | 92 | .46 | -.563 |
| Transforming data | 89 | .73 | 89 | .58 | -.141 |
| Interpreting data | 85 | .72 | 85 | .59 | .042 |
| Formulating hypothesis | 72 | .82 | 71 | .76 | .191 |
| Controlling variables | 76 | .82 | 86 | .60 | -2.677 * |
| Generalization | 73 | .86 | 78 | .75 | -.969 |
| Total | 84 | 4.77 | 85 | 2.79 | -.537 |

* $p < .05$

그래프로 나타내면 Fig. 4와 같다. 고등학생의 과학 탐구 능력 검사에 의하면 전체 30점 만점에 평균 25.40으로 정답률 85%를 보이며, 표준 편차는 3.71이다. 과학 탐구 능력 하위 요소의 정답률을 보면 기초 탐구 요소인 ‘측정’(91%)과 ‘예상’(91%)은 높게 나타났으나 통합 탐구 요소인 ‘가설 설정’(71%)과 ‘일반화’(76%)는 상대적으로 정답률이 낮게 나타났다.

또한 남녀 성별에 따른 과학 탐구 능력의 t-검증 결과는 Table 3에 제시되어 있다. 남녀 성별에 따라 과학 탐구 능력 하위 요소의 정답률을 비교하면 남학생이 평균 25.21(84%), 표준 편차 4.77이며 여학생이 평균 25.54(85%), 표준 편차 2.79로 거의 차이가 없었다.

남녀 성별에 따른 과학 탐구 능력 하위 요소의 정답률을 비교한 결과, 탐구 능력 요소 중 기초 탐구 요소인 ‘관찰’ 능력에서는 남학생이 높고, 통합 탐구 요소인 ‘변인 통제’ 능력에서는 여학생이 높아 남녀별 유의미한 차를 보여주고 있다. 과학 탐구 능력 하위 요소 중 ‘관찰’과 ‘변인 통제’ 능력에서는 $p < 0.05$ 수준에서 유의미한 차이를 나타냈지만 전체적으로는 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한 Table 3은 남녀에 상관없이 모든 학생들이 과학 탐구 능력 하위 요소 중에서 ‘가설 설정’에서 가장 낮은 점수를 보여준다.

탐구능력 검사도구 중 TIPS II를 이용하여 중학생의 그래프 능력과 논리적 사고력 및 과학 탐구 능력의 관계를 조사한 김태선 등(2002)의 연구에 의하면, 중학생의 과학 탐구 능력은 51%의 정답률을 보였다.

중학생의 과학 탐구 능력을 검사한 소원주(1993)의 연구에서도 동일한 검사도구를 사용하여 학생들의 과학 탐구 능력을 조사한 결과 57.3%의 정답률을 보였다. 또한 고등학생들의 계열 선택 집단에 따라 과학 탐구 기능 검사(TSIS)를 실시한 우종욱·이경훈(1993)의 연구에 의하면 고등학생들의 과학 탐구 능력은 67.05% ~ 69.44%의 정답률을 보였다. 본 연구 결과의 고등학생들 탐구 능력 검사 결과는 인문계 고등학생들만을 대상으로 하여 조사되었는데 Table 3과 같이 84%의 정답률을 보여준다.

2) 그래프 능력과 과학 탐구 능력의 상관관계

Table 4는 그래프 능력의 하위 요소와 과학 탐구 능력의 하위 요소간의 상관관계를 조사한 것이다. 과학 탐구 능력 하위 요소 중 그래프 능력과 가장 유의한($p < .01$) 상관관계를 보이는 것은 ‘추리’이고, 그 다음이 ‘예상’과 ‘측정’이다. 전체적으로 과학 탐구 능력 하위 요소는 그래프 능력과 유의한($p < .01$) 상관관계를 보이나 ‘가설 설정’과 ‘일반화’는 상관관계가 낮게 나타나고 있다.

그래프 능력의 하위 요소 중 과학 탐구 능력과 유의미한($p < .01$) 상관관계를 보이는 것은 그래프 해석 능력인 ‘대응값 찾기’에서 가장 높게 나타났다. 그리고 그래프 작성 능력인 ‘자료 변환하기’, 해석능력인 ‘종속변수간 관련짓기’에서도 높게 나타나고 있다. 그러나 그래프 해석 능력의 ‘변인간의 관계 진술’과 그래프 작성 능력의 ‘눈금 표시’는 상관관계가 다소 낮

Table 4
The correlation between sub-skills of TOGS and process skills of TSPS

| TOGS \ TSPS | Scaling | Assigning | Plotting | A best fit | Translating | Corresponding | Inter/extra | Describing | Interrelating | TOGS Total |
|------------------------|---------|-----------|----------|------------|-------------|---------------|-------------|------------|---------------|------------|
| Observing | .12 | .12 | -.03 | .17* | .14 | .12 | .08 | .08 | .24** | .20** |
| Classifying | -.05 | .23** | .15 | .12 | .21* | .27** | .22** | .04 | .13 | .24** |
| Measuring | .10 | .10 | .26** | .29** | .24** | .29** | .20** | .16 | .24** | .33** |
| Inferring | .23** | .20* | .30** | .13 | .29** | .25** | .20* | .05 | .43** | .39** |
| Predicting | .16* | .22* | .08 | .11 | .24** | .41** | .15 | .16 | .31** | .33** |
| Transforming data | .01 | .11 | .17* | .13 | .25** | .28** | .18* | .14 | .16 | .25** |
| Interpreting data | .09 | .07 | .25** | .07 | .22** | .31** | .15 | .11 | .16* | .24** |
| Formulating hypothesis | .07 | .08 | -.03 | -.03 | .05 | .14 | -.02 | .05 | .09 | .07 |
| Controlling variables | .20* | .06 | .01 | .17* | .29** | .23** | .09 | .17* | .17* | .26** |
| Generalization | .04 | -.05 | .14 | .12 | .08 | .17* | .08 | .05 | .07 | .12 |
| TSPS Total | .16* | .19* | .22** | .21** | .34** | .42** | .22** | .17* | .33** | .41** |

* p < .05, ** p < .01

Scaling : Scaling axes, Assigning : Assigning variables to the axes, Plotting : Plotting points, A best fit : 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

게 나타났다. 이러한 결과는 선행연구(김태선·김범기, 2002; 김태선 등, 2002)에서 학생들이 어려워하는 기능과 관련지어 볼 때, 유사성을 발견할 수 있다. 그래프 능력 중에서 학생들의 정답률이 비교적 낮은 하위 요소들이 과학 탐구 능력과 비교적 높은 상관관계를 보임을 알 수 있다.

전체적으로 그래프 능력의 하위 요소와 과학 탐구 능력이 유의미한 상관관계를 나타내고 있으며, 그래프 작성 능력보다는 그래프 해석 능력이 과학 탐구 능력과 상관이 다소 높은 것으로 나타났다. 그래프 능력과 과학 탐구 능력은 전체적으로 유의미한(p<.01) 정적 상관을 나타내고 있으며, 상관 계수가 .41로 나타났다. 김태선 등(2002)에서 연구된 중학생들의 그래프 능력과 과학 탐구 능력 사이의 상관관계는 .32(p<.01)이었다. 따라서 선행연구와 본 연구의 결과에 비추어 볼 때, 그래프 능력과 과학 탐구 능력 사이의 상관은 비교적 적은 정적인 상관관계를 보임을 알 수 있다.

3. 고등학생의 그래프 능력과 과학 학업 성취도의 상관관계

먼저 고등학생들의 그래프 능력과 과학 학업 성취도 사이의 관계를 알아보고, 과학 학업 성취도에 따라 상급 집단과 하급 집단으로 나누어 집단에 따라 그래프 능력이 어떻게 다르게 나타나는지 분석한 결과는 다음과 같다.

1) 그래프 능력과 과학 학업 성취도의 상관관계

그래프 능력의 하위 요소와 과학 학업 성취도의 상관관계가 Table 5와 같이 나타났다. 결과를 보면 그래프 능력과 과학 학업 성취도는 상관 계수가 .06으로, 통계적으로 상관관계가 거의 없음을 볼 수 있다. 그래프 능력이 과학 학습에서 기본적인 도구가 되고 있으나 이러한 결과로부터, 과학적 개념이 배제된 일반적인 용어(Fog index : 6.2)를 사용하여 개발된 표준화된 검사지 TOGS는 과학적인 개념이나 현상의 이해 정도와 적용 능력, 과학 탐구 능력 등의 성취 정도를 평가하는 데 쓰인 평가 문항 및 평가 방법과 관련성이 없다고 볼 수 있다.

2) 과학 학업 성취도 상·하급 집단별 그래프 능력

Table 5
The correlation between sub-skills of TOGS and academic achievements

| TOGS Achievement | Scaling | Assigning | Plotting | A best fit | Translating | Corresponding | Inter/extra | Describing | Interrelating | TOGS total |
|-------------------|---------|-----------|----------|------------|-------------|---------------|-------------|------------|---------------|------------|
| Multiple choice | .07 | .06 | .05 | .08 | .06 | -.05 | -.04 | -.07 | .08 | .05 |
| Performance | .05 | .10 | .12 | .01 | .08 | .13 | .05 | -.01 | .06 | .10 |
| Achievement total | .07 | .06 | .06 | .08 | .06 | -.05 | -.04 | -.07 | .08 | .06 |

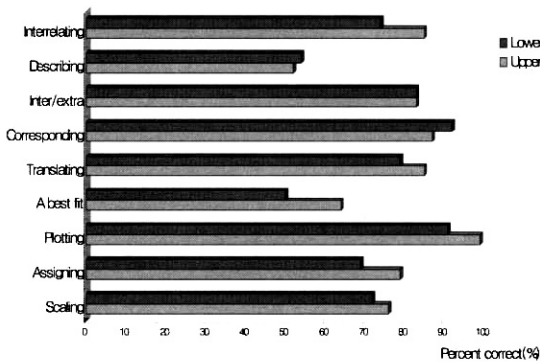


Fig. 5 The comparison of TOGS percent correct by multiple-choice level

Scaling : Scaling axes, Assigning : Assigning variables to the axes, Plotting : Plotting points, A best fit : 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

과학 학업 성취도 전체 자료와 그래프 능력은 상관관계가 없는 것으로 나타났다. 그러나 이러한 결과가 학업 성취도 중 4회에 걸친 지필평가의 영향에 의한 것인지 혹은 수행평가와 그래프 능력은 상관이 있는지 파악하고자, 과학 지필평가 성적과 수행평가 성적에 따라 각각 상위 집단과 하위 집단으로 나눠 집단별 그래프 능력을 비교하였다.

먼저 과학 학업 성취도 중에서 지필평가 성적에 따라 상위 집단과 하위집단별 그래프 능력을 비교한 결과가 Fig. 5로 주어진다. Fig. 5를 보면, 과학 지필평가 성적 상위 집단 학생의 그래프 능력이 하위 집단 학생에 비해 높았으나 전체적으로 유의미한 차를 나타내지는 않았다. 이러한 결과는 선행연구의 결과와

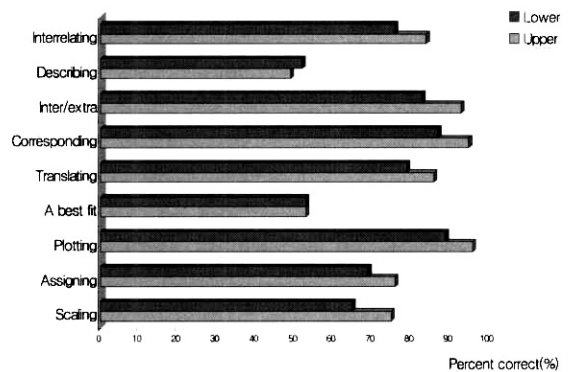


Fig. 6 The comparison of TOGS percent correct by performance level

Scaling : Scaling axes, Assigning : Assigning variables to the axes, Plotting : Plotting points, A best fit : 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

본 연구의 그래프 능력 조사에서 밝혀진 것처럼, 학년이 올라갈수록 초, 중, 고를 거치며 학습 경험에 의해 학생별 그래프 능력의 차가 줄어들었다는 견해를 지지해준다.

그래프 작성 능력은 지필 평가 성적 상위 집단 학생이 하위 집단보다 비교적 높게 나타났으나 그래프 해석 능력은 큰 차이가 없었다. 오히려 그래프 해석 능력에서 ‘변수의 대응값 찾기’와 같은 쉬운 요소에서는 하위 집단이 상위 집단 보다 높은 정답률을 나타내고 있다. 상·하위 집단 모두 ‘적절한 하나의 선 그리기’와 ‘변인간의 관계 진술’에서는 낮은 정답률을 보이고 있다. 그러나 그래프 작성 능력인 ‘적절한 하나의 선 그리기’는 상위 집단이 하위 집단에 비해 상

대적으로 높은 정답률을 나타낸다. 학생들이 과학 학업 성취도의 수준에 관계없이 그래프 능력 하위 요소 중 그래프의 경향성을 찾는 ‘적절한 하나의 선 그리기’나 ‘변인간의 관계진술’을 어려워하고 있음을 알 수 있다.

다음으로 과학 수행 평가 성적에 따라 상위 집단과 하위 집단별로 그래프 능력 하위 요소의 정답률을 비교해 보았다. 이 결과는 Fig. 6으로 주어진다. 수행 평가 성적 상위 집단 학생이 하위 집단에 비해 그래프 능력이 높은 것으로 나타나고 있으나 전체적으로는 유의미한 차이가 없었다. 상위 집단과 하위 집단 모두 ‘적절한 하나의 선 그리기’와 ‘변인간의 관계진술’ 부분은 다른 하위 요소에 비해 정답률이 극히 낮고 두 집단간의 차이도 거의 없다. 수행 평가 상·하위 집단 모두 그래프 해석 능력보다 작성 능력이 낮게 나왔다. 이것은 과학 수행 평가의 탐구 활동 과정에서 학생들이 느끼는 과학 관련 그래프 작성의 어려움에 기본적인 그래프 작성 능력의 부족이 큰 영향을 미치고 있음을 보여준다.

IV. 결론 및 제언

본 연구를 통하여 얻은 자료의 분석한 결과 및 논의를 바탕으로 결론과 제언을 제시하면 다음과 같다.

1. 결론

일반계 고등학생을 대상으로 과학적 개념이 거의 포함되지 않고 일상적 용어로 서술된 그래프 능력 검사지(TOGS)와 과학 탐구 능력 검사지(TSPS)를 이용하여 고등학생의 그래프 능력과 과학 탐구 능력을 측정하고, 상관관계를 알아보았다. 또한 과학 학업 성취도와 그래프 능력의 상관관계를 알아보았다.

본 연구에 참여한 대상학생들의 그래프 능력은 TOGS로 알아본 결과 정답률 79%를 보였으며 작성 능력과 해석 능력의 차이가 거의 없었다($t(148) = 0.368, p < .05$). 그래프 능력의 하위 요소 중에는 ‘점 찍기/좌표값 찾기’, ‘변수의 대응값 찾기’와 같은 기본 능력의 정답률이 높았고, ‘변인간의 관계진술’, ‘적절한 하나의 선 그리기’ 순서로 가장 낮은 정답률을 보였다. 즉 학생들은 x 축 좌표값에 대응되는 y 축 좌표값을 찾는 간단한 하위 요소는 잘 하지만, 변인들 사이의 관계나 그래프가 표현하는 경향을 그래프로부터 분석하는 능력은 많이 부족하다. 그래프 능력에서 부족한 부분의 향상을 위해서는 과학 학습에서 그래프를 직접 작성하고, 그것을 해석하는 학습 기회를 많이

가져야 할 것이다. 그리고 그래프가 제시된 과학 개념 학습에서도 과학적 개념을 먼저 익히고 그래프를 이해하는 학습보다는, 그래프의 해석을 통해 그 안에 담긴 과학적 개념과 현상을 직접 찾아내고 이해하는 학습이 이루어져야 한다고 생각한다.

고등학생의 과학 탐구 능력을 조사한 TSPS의 정답률은 85%였다. 과학 탐구 능력의 하위 요소 중에는 기초 탐구 요소인 ‘측정’, ‘예상’에서는 높게 나타났으나 복합적이고 전체적으로 사고해야 하는 통합 탐구 요소인 ‘가설 설정’과 ‘일반화’ 능력은 낮게 나타났다. 이는 ‘가설 설정’이나 ‘일반화’의 과학 탐구 능력이 그래프 능력으로부터 기인되거나 혹은 그래프 능력에 영향을 미치는 것이 아님을 시사하고 있다. 남녀별 과학 탐구 능력은 전체적으로 유의한 차를 보이지 않았지만, 하위 요소 중 ‘관찰’과 ‘변인 통제’에서는 유의미한 차가 있었다. 고등학생의 그래프 능력과 과학 탐구 능력은 상관 계수 .41로 나타났다. 그래프 능력 하위 요소 중에는 ‘변수의 대응값 찾기’, ‘자료 변환’, ‘종속 변수간 관련짓기’가 과학 탐구 능력과 상관관계가 높았으며, 과학 탐구 능력 요소 중에는 기본 탐구 요소인 ‘추리’, ‘측정’, ‘예상’이 그래프 능력과의 상관관계가 높게 나타났다. 이것은 그래프 능력과 과학 탐구 능력이 하위 요소에 따라 부분적으로 정적인 상관이 있음을 보여준다. 따라서 학생들의 그래프 능력 향상이 과학 탐구 능력의 신장에도 도움을 줄 것이라는 기대감을 가질 수 있게 한다. 그러나 본 연구의 결과는 몇몇 그래프 능력의 하위요소가 과학 탐구 능력과 관련된 영역이 있음을 지지해주는 하지만, 그래프 능력의 하위 요소가 과학 탐구 능력의 하위 요소와 상관이 높다고 해서 그래프 능력이 과학 탐구 능력과 높은 상관관계가 있다고 볼 수는 없음을 알 수 있다 (Table 4 참조).

고등학생의 과학 학업 성취도 상·하위 집단간의 그래프 능력을 비교한 결과 상위 집단이 하위 집단보다 높았으나 유의미한 차이는 없었으며, 그래프 능력 하위 요소 중에 수행 평가 성적 상·하위 집단간에는 ‘적절한 하나의 선 그리기’와 ‘변인간의 관계진술’이, 지필 평가 성적 상·하위 집단간에는 ‘변인간의 관계진술’이 정답률의 차가 가장 적으며, 다른 하위 요소의 정답률보다도 극히 낮았다. 이는 고등학생들이 과학 학업 성취도 수준과 관계없이, 수행 평가의 경우, 자료를 그래프화 한 후 그래프의 경향성을 나타내는 것과 작성된 그래프에서 변인간의 관계를 진술해내는 것을 어려워하고 있음을 말해 주며, 지필 평가에서도 제시된 그래프의 해석에서 변인간의 관계를

찾아내는 데 어려움을 느끼고 있다는 것을 나타내 주고 있다.

고등학생의 그래프 능력과 과학 학업 성취도는 상관 계수가 .06으로 통계적으로 거의 상관이 없는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 두 가지로 해석될 수 있다. 먼저, 본 논문에서 사용된 과학 학업 성취도 평가 문항이 단순한 암기식 평가문항으로 과학 개념 및 현상의 이해 정도를 평가하는 데 한계성이 있기 때문이라고 본다면, 과학 학업 성취도 평가를 보다 다양한 방향에서 이루어지도록 하여야 한다고 볼 수 있겠다. 또는 그래프 능력 표준화 검사지 TOGS가 내용 독립적인 검사도구로 개발되었으므로 구체적인 과학 현상 및 개념을 평가하는 학업 성취도 평가와 관련이 무관하다고 볼 수도 있다. 이러한 경우 그래프 능력이 과학 탐구 능력과 정적인 .41의 상관을 보인다는 점에서 그래프 능력은 과학 학업 성취도보다 탐구 능력과 좀 더 높은 상관관계를 가지고 있다고 볼 수 있다. 실제 수행 평가의 탐구 활동에서 이러한 그래프 능력은 그래프 작성에 기본이 되며 중요시되고 있다.

2. 제언

본 연구에서는 고등학생의 그래프 능력과 과학 탐구 능력을 알아보고 그들의 상관관계와 그래프 능력과 과학 학업 성취도와와의 상관관계를 알아보았다. 지금까지의 연구 결과를 토대로 다음과 같은 제언을 하고자 한다.

첫째, 그래프 능력의 하위 요소 중에서 고등학생들은 '적절한 하나의 선 그리기'와 '변인간의 관계 기술'을 가장 어려워하고 있는 것으로 나타났는데 그 원인이 그래프에 관한 학습 기회의 부족이나 학습자의 기본 능력의 차이에서 나타난 것인지 아니면 발달 단계에 따른 어려움인지에 관하여 좀 더 구체적으로 연구해 볼 필요가 있다.

둘째, 고등학생들의 그래프 능력을 바탕으로 그래프를 활용한 과학 학습의 효율적인 지도 방안이 연구되어야겠다. 외국에서는 그래프 작성 능력을 향상시키기 위해 실험 결과를 실시간 컴퓨터 모니터를 통해 보여주는 MBL(Micro-Based Laboratory)이 과학 실험 수업에 많이 활용되고 있다. 첫 번째 제언에서 언급된 인지적인 발달 단계에 따른 어려움이 아니라면 이러한 방법이 그래프 작성 능력에 효과가 있을 수 있다는 긍정적인 연구가 나오고 있다. 우리나라 고등학생들에게 적절한 학습 지도 방법이 연구되어야겠다.

셋째, 이 연구에서는 공통 과학의 학습 내용을 바탕으로 한 과학 학업 성취도와 그래프 능력과의 관계를

알아보았는데 그래프의 활용이 가장 많은 물리 교과에서의 학업 성취도와 그래프 능력의 상관관계에 관한 연구가 필요하다고 생각된다. 또한 본 결과는 중소도시의 학교 입학 성적이 중위권인 일반계 고등학교 1학년 4개 학급의 학업 성취도 자료를 이용하였으며 일반화를 위한 후속연구가 뒤따라야 할 것으로 보인다.

적 요

본 연구는 그래프 능력과 과학 탐구 능력 및 과학 학업 성취도의 상관관계를 알아본 것이다. 그래프 능력과 과학 탐구 능력은 정적인 .41의 상관을 보였으며 이러한 결과는 선행연구의 결과들을 지지하는 것이다. 또한 그래프 능력은 과학 학업 성취도와 거의 통계적으로 상관이 없는 것으로 밝혀졌다.

그래프는 과학 학습에서 중요한 의사소통의 도구이다. 또한 그래프 능력은 과학 탐구 능력과 어느 정도 상관관계도 보이고 있다. 따라서 고등학생들의 그래프 능력의 부족한 부분을 신장시켜 과학 학습에 장애가 되지 않도록 해야 될 것이다.

참고 문헌

- 권재술, 김범기 (1994). 초·중학생들을 위한 과학 탐구 능력 측정 도구 개발. 한국과학교육학회지, 14(3), 251-264.
- 김태선 (1998). 고등학생들의 과학관련 그래프 해석 능력. 한국교원대학교 석사학위 논문.
- 김태선, 김범기 (2002). 중고등학생들의 과학 그래프 작성 및 해석 능력. 한국과학교육학회지, 22(4), 768-778.
- 김태선, 배덕진, 김범기 (2002). 중학생의 그래프 능력과 논리적 사고력 및 과학 탐구 능력의 관계. 한국과학교육학회지, 22(4), 725-739
- 소원주 (1993). 중학생의 논리적 사고력과 통합적 탐구능력에 관한 한일 비교연구. 한국교원대학교 대학원 석사학위논문.
- 송진웅 (1993). 대학수학능력시험과 물리교육. 물리교육 자료집. 대구대 물리교육과 물리교육 연구실
- 우종옥, 이경훈 (1993). 과학적 탐구 능력 성취의 종단적 연구. 한국과학교육학회지, 13(3), 317-326.
- 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(ERIC Document

Reproduction Service NO. ED 292652).

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.

Bowen, G. M., & Roth, W. -M. (1998). Lecturing graphing: What features of lectures contribute to student difficulties in learning to interpret graphs? *Research in Science Education*, 28(1), 77-90.

Jones, R. W., Warner, J. W., & Fankhauser, S. G. (1999). Investigating Student Understanding of Graphs: A Successful Methodology and Results of a Study. Paper presented at the Conference of the National Association for Research in Science Teaching, Boston.

Kim, T. & Beichner, R.J. (2004). Cognitive processes in interpretation of kinematics graphs. Paper presented at the American Association of Physics Teachers (130th).

Kim, T. & Kim, B. (2002). Posing students' cognitive processes for the line graph. Oral presented at the American Association of Physics Teachers (125th).

Kim, T. & Kim, B. (2002). Secondary students' cognitive processes for the line graph from graph components.

Paper presented at the Phys. Education Research of American Association of Physics Teachers (125th).

Kim, Tae-Sun, Kim, Eun-Mi, & Kim, Beom-Ki. (2002). Students' reading order and viewing time in the line graph. Proceedings of selected research papers presented at the International Conference on Physics Education in Cultural Contexts.

Leinhardt, G., Zaxlavsky, O., & Stein, M.K. (1990). Functions, graphs, and graphing: Tasks, learning, and teaching. *Review of Educational Research*, 60(1), 1-64.

McKenzie, D.L., & Padilla, M.J. (1986). The construction and validation of the test of graphing in science (TOGS). *Journal of Research in Science Teaching*, 23, 571-580.

Roth, W-M., & McGinn, M.K. (1997). Graphing: Cognitive ability or practice? *Science Education*, 81(5), 91-106.

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, 977-1019.