

중·고등학생들의 논리적 사고력 형성에 관한 연구 I

최영준, 이원식

서울대학교 사범대학 화학교육과

최병순

한국교원대학교 화학교육과

(1985년 3월30일발음)

I. 서 론

1. 연구의 배경 및 목적

The Post-Sputnik Program이라 불리는 학문중심 교육과정(discipline-centered curriculum)의 도입과 함께, 1950년대 후반 이후 미국은 과학교육의 혁신기를 맞이하였으며, 이 프로그램은 많은 나라에 파급되었다. 미국의 영향을 받은 우리나라의 과학교육에서도 비슷한 파급 효과가 미쳤으며, 그 결과 여러 가지 새로운 상황을 낳게 되었다(김기용, 1975; Cook, 1976).

과학 지식의 폭발과 사회적 기대는 과학교과의 구조화를 요구하였으며, 이에 따라 원리과학 중심의 교과과정이 발달하였다. 이러한 과학자 지향적 교과과정은 많은 장점에도 불구하고 중요한 학습요인의 하나인 학습자의 지적 발달 수준을 간과하는 실수를 범하였다(Lawson & Renner, 1975; Marek, 1981; 이상은, 1979; 한인옥, 1983). 따라서 많은 학습자들이 원리화로 말미암아 추상화된 교과내용을 이해하지 못하고, 과학교과는 어려운 과목으로 인식하게 되었다.

교과내용의 추상화와 학습자의 인지발달 수준과의 차가 야기시킨 문제들은 Piaget의 인지 발달 이론을 배경으로 해결해 보려는 노력이 이 방면에 관한 많은 연구를 낳게 되었다(Renner, 1971; Raven, 1972; Lawson, 1973; 한중화, 1977). 이를 Piaget 이론의 용어로 표현하면, 형식적 조직 수준의 교과내용과 구체적 조직의 학습자를 연결하는 문제로 집약할 수 있다.

본 연구에서는 Piaget 이론의 근거 아래, Road-

angka 등에 의해 개발된 인지 발달 측정용 위한 지필 검사 도구를 이용하여 중·고등학생들의 인지 발달 정도를 확인해 보고, 이로부터 과학학습에의 시사점을 찾고자 한다. 또한 새로 도입된 검사 도구의 개선에도 도움을 얻고자 하는 것이다.

2. 문헌 조사

1) 형식적 사고의 형성 정도

논리적 사고의 측정은 면접, 지필 검사 혹은 시범실험 등을 통해 진행되어왔다. Elkind(1962)나 Towler와 Wheatley(1971)는 대학생의 60%만이 부피보존 개념을 이해한다고 하였으며, Lawson과 Renner(1974)는 7학년의 83%, 8학년의 77%, 9학년의 82%, 10학년의 73%, 11학년의 71%, 12학년의 66%가 구체적 조작기에 있다고 주장하였다.

KEDI의 한중화(1982)가 우리나라 전국의 중·고등학생을 대상으로 실시한 연구에 의하면, 계열화하는 중·고생 모두 90%이상 형성되었고, 조합논리는 중학생이 5%미만, 고등학생이 14.9% 형성된 것으로 보고되었다. 확률논리는 중학생이 4.0~13.0%, 고등학생이 30%, 가설 연역적 논리는 중학생이 1.8~6.1%, 고등학생이 12.0% 형성되었고, 이원추리는 중학생이 3.8~7.5%, 고등학생이 11.9~18.5%, 그리고 비례논리는 중학생이 5.8~30.8%, 고등학생이 41.0~53.0% 형성되었다고 밝혔다.

2) 성별 및 연령에 따른 형식적 사고의 형성 정도의 차

성차에 관해서는 Schwebel(1972), Graybill(1975), Renner et al(1976), Piburn(1977), Marek(1981),

Hernandez, Marek, Renner(1984) 등의 연구가 있다. 이들에 의하면 형식적 조작의 발달 정도가 남·녀간에 의미있는 차이를 나타낸다는 것을 알 수 있다. 그러나 Saarni(1973), Maccoby & Jacklin ((1974)은 성차에 의한 차이가 없다고 주장하였고, Neimark(1975)와 한종하(1982)의 연구에서는 경우에 따라서 달라진다고 하였다.

연령차와 인지 발달의 관계에 관해서는 Tomlison & Keasey (1972), Coleman(1973), Bady(1977) 등의 연구가 있는데, 이들에 의하면 모두 의미있는 증가를 나타내고 있다는 것을 알 수 있다.

3. 연구를 위한 질문

본 연구에서는 아래 질문들을 중심으로 연구를 수행하였다.

- 1) 학년에 따른 중·고등학생들의 논리적 사고 형성율은 어떠한가?
- 2) 성별에 따른 중·고등학생들의 논리적 사고 형성율은 어떠한가?
- 3) 나이의 학년 중, 어느 변인이 논리적 사고의 형성을 보다 타당하게 설명하는가?
- 4) 논리적 사고력의 예연에서 성별, 학년, 그리고 이들의 상호작용의 영향은 의미있는가?
- 5) 고등학교 학생들의 논리적 사고 형성율은 문·이과반 사이에 차이가 있는가?

4. 연구의 제한점

본 연구에서는 지필 검사만으로 실시하는 도구를 채택하여 Piaget가 제시한 형식적 사고의 형성율을 측정하였다. 본 도구의 신뢰도와 타당도가 이미 외국에서 검증된 바 있기 때문에 재차 확인하지는 않았다(Roadrangka et al, 1983). 또한 도구의 번역과정에서 단어와 문장의 선택에 유의하였으나, 피검사자의 언어 수준에 의한 영향을 전혀 무시할 수는 없을 것이다(Blake, 1980).

검사 대상은 서울 강북지역의 중동부에 위치한 학교에서 한 학급씩만을 대상으로 표집하였기 때문에, 우리 나라 전체로 확대 해석하기에는 어려움이 있을 것이다. 그리고 9학년(중3) 남자의 경우는 학교측 사정에 의해 검사하지 못하여 본 연구에서 제외되었습니다.

·형식적 사고를 구성하는 개개의 형식적 조작들(보존논리, 비례논리, 변인통제논리, 조합논리, 확률논

리, 상관논리)에 관한 형성율과 그에 관련된 연구 및 학교 성적과의 관계에 관한 연구를 현재 계속 중이므로 이 논문에 이어 곧 보고될 것이다.

II. 연구 방법 및 절차

1. 연구 대상

연구 대상자는 중학교 1학년에서 고등학교 2학년까지의 남자 157명, 여자 183명으로 총 340명이었다. 이들은 서울시 강북지역의 중동부에 위치해 있는 중·고등학교에서 학년당 한 학급씩, 고등학교 2학년의 경우는 문·이과에서 각 남·녀별 한 학급씩을 무작위로 선택하고, 다시 각 학급에서 30명 가량을 무작위로 선발하였다. 표집에 관한 자료는 표 1과 같다.

2. 검사 도구

본 연구에서 사용한 인지 발달 측정 도구는 미국 Georgia대학의 Roadrangka, Yeary, 그리고 Padilla가 1982년에 개발한 것으로, 1985년에 서울대학교 화학교육과에서 번역과 수정 작업 끝에 논리적 사고력 검사*라는 이름으로 펴낸 것이다.

이 도구는 아래와 같은 특징을 가지고 있다.

- 1) 6가지 하위 논리적 조작들로 구성되어 있다: 보존논리, 비례논리, 변인통제논리, 조합논리, 확률논리, 상관논리.
- 2) 선다형 문제로서 답과 그 답을 선택한 이유를 따로 고르게 되어 있다.
- 3) 실제 대상물의 조작 그림을 모든 문항에 삽입하였다.
- 4) 국민학교 6학년 이상이면, 읽고 이해하기에 충분한 단어와 문장으로 이루어져 있다.
- 5) 구체적 조작기와 전환기, 그리고 형식적 조작기에 분포된 학생들을 구별하기에 충분한 신뢰도와 타당도를 지니고 있다. 신뢰도는 Cronbach's alpha를 이용한 내적 신뢰도를 이용하여 전체 alpha 계수가 .85이고, 각 하위 조작들의 계수는 .37에서 .83으로 밝혀졌다. 타당도는 Piaget 면접법과의 수렴적 타당도를 조사하여, 전체 타당도 계수 .71을 얻었다. 또한 요인분석(Factor Analysis)에서는 모든 하위 조작들이 loading .44에서 .70까지 보였다(Roadrangka, et al, 1983).

*자료는 서울대학교 화학교육과에서 보관하고 있으며, 관련 연구는 최종 보고서에 공개할 예정이다.

표 1 연구 대상자들에 관한 기초 자료

학 년	성 별	인 원 수	나 이		I	Q
			평 균	표 준 편 차	평 균	표 준 편 차
7	F	29	13.3	0.48	106.5	11.96
	M	33	13.4	0.55	109.0	11.94
8	F	32	14.3	0.54	110.0	10.63
	M	35	14.4	0.50	104.8	13.50
9	F	32	15.3	0.44	109.2	14.79
	M
10	F	30	16.2	0.43	106.8	11.14
	M	30	16.3	0.55	108.6	13.86
11 (문 과)	F	30	17.1	0.35	106.0	13.90
	M	29	17.0	0.50	116.2	16.24
11 (이 과)	F	30	17.0	0.56	122.6	15.02
	M	30	17.3	0.53	114.0	12.16
11	F	60	17.1	0.46	114.3	16.63
	M	59	17.2	0.53	115.1	14.23
전 체	F	183				
	M	157				

6) 한 두 사람의 담당자에 의해 한학년 규모를 한 시간 정도에 마칠 수 있다.

이 논리적 사고력 검사의 총 문항은 21개이며, 1번-4번이 보존논리, 5번-10번이 비케논리, 11번-14번이 변인통제논리, 15번-16번이 확률논리, 17, 18번이 상관논리, 19번-21번이 조합논리로 구성되어 있다.

3. 실험 절차

1985년 11월 중 각 학교에서 무작위로 선발한 학생들에게 연구자와 담당 교사가 함께 논리적 사고력 검사를 실시하였다. 시간은 50분을 원칙으로 하고, 필요한 경우 10분 정도를 더 주어, 충분히 답할 수 있게 하였다. 검사에 관계된 학생과의 접촉은 미리 훈련받은 연구자만으로 이루어졌으며, 매번 실시에서 동일한 환경을 만들도록 하였다.

4. 채점 및 통계 처리

1번에서 18번까지는 답과 이유를 각각 선택하는 선다형 문제이므로, 답과 이유가 모두 맞는 경우를 옳은 답으로 하였고, 19번에서 21번까지는 가능한 조합을 모두 쓰는 문제로, 19번은 1개, 20번, 21번은 2개까지 틀린 것도 옳은 답으로 처리하였다.

전체 맞은 갯수가 8개 이하이면 구체적 조작 단계

로, 9개에서 15개이면 전환기로, 16개에서 21개이면 형식적 조작 단계로 처리하였다(Roadrangka, et, al, 1983).

이렇게 채점된 자료는 서울대학교 전자계산소의 computer VAX-11/780의 SAS(Statistical Analysis System) 통계 Package를 이용하여 ANOVA등의 필요한 통계 처리를 하였다.

III. 결과 및 해석

1. 인지 발달 수준

학년 및 성별에 따른 학생들의 인지 발달 수준을 도표화하면 표 2와 같다.

7학년은 전체의 68%가 구체적 조작기에 있으며, 남자가 여자에 비해 약간 높은 점수를 보이고 있다.

8학년은 전체의 64%가 구체적 조작기에 있으며, 남녀가 거의 비슷한 경향을 보이고 있다.

9학년은 13%가 형식적 조작기에 있으며, 37%가 구체적 조작기에 있다. 9학년에서는 남자의 자료가 없어, 성별의 비교는 할 수 없었다.

10학년은 23%가 형식적 조작기에 있으며, 단지 25%만이 구체적 조작기에 있고, 남자가 약간 높은 점수를 나타내었다.

11학년은 20%가 형식적 조작을 하며, 48%가 구체적 조작기에 있어, 10학년에 비해 인지 발달 수준이 낮은 것으로 나타났으며, 성차에 있어서는 남자가 높은 형성율을 보이고 있다. 11학년에 문·이과별 인지 형성율을 비교해 보면, 여자 문과의 경우는 53%가 구체적 조작기에 있으나, 여자 이과는 단지 14%만이 구체적 조작기에 있고, 무려 33%가

형식적 조작기에 있다. 남자 문과는 24%가 형식적 조작기에 있고, 남자 이과는 23%가 형식적 조작기에 있어, 비슷한 양상을 보이고 있다. 이러한 현상은 IQ분포와 함께 고려해 볼 때, 우수한 여학생들이 이과를 지망하는 경향을 말해 주는 것으로 해석되며, 학습하는 과목이나 적성 등이 인지 형성에 미치는 영향을 찾기에는 미흡하다고 하겠다.

표2 학년, 성별 및 문·이과에 따른 인지 발달 수준

사고 조작 수준	7 학 년			8 학 년			9 학 년			10 학 년		
	F	M	전 체	F	M	전 체	F	M	전 체	F	M	전 체
형식적 조작기	1 (3%)	1 (3%)	2 (3%)	1 (3%)	1 (3%)	2 (3%)	4 (13%)		4 (13%)	6 (20%)	8 (27%)	14 (23%)
전 환 기	7 (24%)	11 (33%)	18 (29%)	10 (31%)	12 (34%)	22 (33%)	16 (50%)		16 (50%)	15 (50%)	16 (53%)	31 (52%)
구체적 조작기	21 (73%)	21 (64%)	42 (68%)	21 (64%)	22 (63%)	43 (64%)	12 (37%)		12 (37%)	9 (30%)	6 (20%)	15 (25%)
합	29 (100%)	33 (100%)	52 (100%)	32 (100%)	35 (100%)	67 (100%)	32 (100%)		32 (100%)	30 (100%)	30 (100%)	60 (100%)
전 체 평균	6.4	7.8	7.2	8.4	8.2	8.3	10.6		10.6	10.5	11.6	11.1
표 준 편 차	3.71	4.15	3.99	4.28	4.15	4.18	4.37		4.37	4.21	4.67	4.44
범 위	0-16	1-16	0-16	3-19	1-17	1-19	1-18		1-18	3-17	2-18	2-18
사고 조작 수준	11학년 문과			11학년 이과			11 학 년					
	F	M	전 체	F	M	전 체	F	M	전 체			
형식적 조작기	0 (0%)	7 (24%)	7 (12%)	10 (33%)	7 (23%)	17 (28%)	10 (17%)	14 (24%)	24 (20%)			
전 환 기	14 (47%)	15 (52%)	29 (49%)	6 (20%)	12 (40%)	18 (30%)	20 (33%)	27 (46%)	47 (39%)			
구체적 조작기	16 (53%)	7 (24%)	23 (39%)	14 (47%)	11 (37%)	25 (42%)	30 (50%)	18 (30%)	48 (41%)			
합	30 (100%)	29 (100%)	59 (100%)	30 (100%)	30 (100%)	60 (100%)	60 (100%)	59 (100%)	119 (100%)			
전 체 평균	9.3	11.7	10.5	12.9	10.7	11.8	11.1	11.2	11.1			
표 준 편 차	2.95	4.34	3.86	4.07	4.98	4.65	3.96	4.66	4.31			
범 위	5-14	4-19	4-19	4-21	2-18	2-21	4-21	2-19	2-21			

2. 연령 및 학년에 따른 인지 발달 수준

독립변인으로서 연령보다 학년을 위주로 본 연구를 진행하게 된 데는 몇가지 이유가 있다. 우리나라의 경우는 일정한 나이에 입학하여 유급없이 수학하고 졸업하므로, 같은 학년 안에서는 나이 차가 없는 셈이다. 나이와 학년의 상관은 $r=.95$ 를 이루며, 논리적 사고력이나 IQ 모두 나이 보다는 학년

과 더 높은 상관을 보이고 있음은 표3에서 알 수 있다.

먼저 연령을 독립변인으로 하고, 종속변인으로 논리적 사고력 검사 점수를 선택하여 ANOVA로 처리했을 때, 연령은 12세부터 19세까지 8 단계의 수준으로 구별된다. 이때 12세와 19세의 사례수가 너무 적어* 실제 나이의 영향은 13세부터 18세까지만으로 결과를 해석해야 한다.

*12세는 7학년에 1명, 19세는 11학년에 1명뿐임.

표3 학년, 나이의 상관 관계*

	1	2	3	4
1. 나 이	1.000			
2. 학 년	0.947	1.000		
3. 논리검사	0.311	0.345	1.000	
4. I Q	0.155**	0.190	0.586	1.000

*: P<0.001

** : P<0.005

ANOVA의 Summary Table은 표4와 같다. F값은 6.06으로 P<0.0001이며, 이때의 R²는 0.113으로 논리적 사고력의 11.3%를 연령에 의해서 설명할 수 있음을 알 수 있다.

다음, 학년을 독립변인으로 한 경우는 7학년부터 11학년까지 5단계로 구별된다. 이 때의 ANOVA Summary Table은 표5와 같다. F값은 12.55이고 P<0.0001이며, R²는 0.130으로 논리적 사고력의 13%를 학년에 의해 설명할 수 있음을 알 수 있다. 표

표4 논리적 사고력의 연령에 따른 ANOVA Summary Table

SOURCE	DF	SUM OF SQ	MEAN SQ	F-VALUE	PR>F	R-SQ
MODEL	7	790.521	112.932	6.06	0.0001	0.113340
ERROR	332	6184.232	18.627			
TOTAL	339	6974.753				

표5 논리적 사고력의 학년에 따른 ANOVA Summary Table

SOURCE	DF	SUM OF SQ	MEAN SQ	F-VALUE	PR>F	R-SQ
MODEL	4	908.952	227.238	12.55	0.0001	0.130320
ERROR	335	6065.801	18.107			
TOTAL	339	6974.753				

4와 표5를 비교하여 볼 때, 독립변인으로서 연령과 학년 중 학년이 논리적 사고를 보다 많이 설명하고 있음을 알 수 있다. 곧 F값에서 연령은 6.06인데 비해, 학년은 12.55이며, R²에서도 연령은 0.113인데 비해, 학년은 0.130으로 학년이 논리적 사고력의

설명에 연령보다 우세함을 알 수 있다. 그러므로 우리나라의 교육연구에 있어서 연령대신 학년을 사용하여도 무방하다고 할 수 있다.

표6 학년에 대한 Tukey's multiple comparison of means.

학 년 차	신 퇴 구 간	평균의 차	유의도
11-10	-1.76~1.94	0.0929	
11-9	-1.78~2.87	0.5491	
11-8	1.08~4.64	2.8593	***
11-7	2.14~5.79	3.9654	***
10-9	-2.10~3.01	0.4563	
10-8	0.69~4.84	2.7664	***
10-7	1.76~5.99	3.8726	***
9-8	-0.20~4.82	2.3102	
9-7	0.88~5.96	3.4163	***
8-7	-0.95~3.16	1.1062	***

*** : P<0.05

표7 학년간 평균치의 유의도(α=0.05)

학 년	7	8	9	10	11
7	.				
8	×	.			
9	○	×	.		
10	○	○	×	.	
11	○	○	×	×	.

○ : 차이 있음.

× : 차이없음.

이어서 Post hoc test로서, 논리적 사고력 검사에 대한 학년차를 보다 자세히 비교하기 위해 Tukey's multiple comparison of means test를 실시하였다. 이는 각 학년의 평균간의 차가 의미있는 지를 알아보기 위함이다.

표6을 보면 α=0.05수준에서의 차는 7학년은 9,

10, 11학년과, 8학년은 10, 11학년과, 9학년은 7학년과, 10학년은 7, 8학년과 11학년은 7, 8학년과 의미있게 나타낸다. 주 바로 위·아래 학년 사이에는 별 의미가 없으며, 중학교 3학년부터는 비슷한 점수를 나타내고 있음을 볼 수 있다(표7).

학년차에 의한 영향을 원점수와 함께 종합적으로 살펴 볼 때, 논리적 사고력 검사는 상당히 의미있는 경향을 보이는데, 이는 학년 혹은 연령의 증가에 따라 논리적 사고력이 발달하는 것을 의미하는 것으로 해석된다. 이와 같이 연령보다는 학년에 의해 더 많은 영향을 받는 점으로 미루어 보아, 단순한 성장뿐만 아니라, 학습에 의해 인지 형성이 촉진됨을 확인할 수 있다.

3. 학년 및 성별에 의한 논리적 사고력 설명

2개 독립변인으로서 학년과 성차를 선택하여, 서로의 상호 작용 영향까지 고려한 ANOVA를 구상하였다. 종속변인인 논리적 사고력에 대해 학년, 성차, 그리고 이들의 상호 작용이 독립변인으로 작용하여 아래의 model을 만들게 된다.

$$CD-G, SEX, G*SEX$$

여기서 CD(Cognitive Developmental Level)는 논리적 발달 단계들, G(Grade)는 학년, SEX는 성차, G*SEX는 둘의 상호 작용을 뜻한다.

이 경우, ANOVA Summary Table은 표8과 같다. F값은 6.58로서 $P < 0.0001$ 이고, R^2 값은 0.137이다. 학년과 성별의 합에 의한 논리적 사고력의 설명은 앞서 한가지 변인인 학년만에 의한 설명에서와 별 다를 바 없으며, 오히려 F값이 12.55에서 6.58로감

표 8 IQ와 문·이과의 ANCOVA 요약표

SOURCE	DF	SUM OF SQ	MEAN SQ	F-VALUE	PR>F	R-SQ	
MODEL	2	552.05	276.03	19.92	0.0001	0.255663	
ERROR	116	1670.24	13.86				
C-TOTAL*	118	2157.29					
SOURCE	DF	TYPE I SS	F-VALUE	PR<F	TYPE III SS	F-VALUE	PR>F
MJ	1	57.65	4.16	0.0436	4.26	0.31	0.5801
IQ	1	494.40	35.68	0.0001	494.40	35.68	0.0001

* Corrected Total

표10의 LSMEAN이란 공변량을 고려해 조절된 평균값을 말하는 것이므로 순수 문·이과만의 영향을 반영한 것이다. 따라서, 표10은 IQ의 공변량을

소를 보이고 있다. 비록 R^2 값에 따른 설명의 백분율은 13%에서 14%로 1%가량 증가했으나, 성차 변인의 F값은 0.17로 $\alpha = 0.05$ 수준에 훨씬 못미치고 있으며, 학년과 성차의 상호 작용 변인에서도 F값이 0.83으로 $\alpha = 0.05$ 수준에 못미치고 있다(표9). 이로써 학년의 증가에 따라서도 성별의 영향이 없음을 확인할 수 있다.

4. 논리적 사고력의 형성에서 문·이과 사이의 차이

통상적으로 11학년이 되면 나누어지는 문·이과에 따른 논리적 사고력의 차이를 IQ와 문·이과를 변인으로 하는 ANCOVA(Analysis of Covariance) 로써 처리하여, 문·이과 변인에서 IQ의 공변량을 제외한 문·이과만의 효과를 알아 보았다. 이러한 통계 처리법을 택한 것은 문·이과의 논리적 사고력 점수의 평균이 각각 10.5과 11.8로서 이과가 1.3점의 우위를 보이나, 양 집단의 IQ를 고려하면 이 차이를 순수한 문·이과에 의한 영향으로 해석할 수 없기 때문이다. 곧 IQ의 평균에서 문과는 111.0이며 이과는 118.3으로 이과가 7.3점 높으므로, 논리적 사고력에 미치는 전공의 영향을 생각할 때 IQ를 통한 간접 영향을 고려함이 타당하다.

표9의 TYPE I Sum of Square는 논리적 사고력의 예언에서 전공(M, T)의 영향을 모두 반영한 것이며, TYPE III Sum of Square는 IQ의 공변량을 제외한 순수 전공만의 영향을 반영한 것이다. 따라서 TYPE I의 전공의 F값은 $P < 0.05$ 인데 반해, TYPE III의 전공의 F값은 $P < 0.05$ 이므로, 이러한 결과로부터 앞서 제시한, 전공의 IQ를 통한 간접 영향을 확인할 수 있다.

제외한, 문·이과 사이의 논리적 사고력의 차이와 관련된 확률값을 나타낸 것으로, 58%의 가능성에서 문과와 이과가 동일한 평균값을 지녔음을 뜻한다.

표 9 전공에 따른 Least Squares Means.

MJ	GALT LS MEAN*	PROB>1T1 ^①	PROB>1T1 ^②
NON-SCIENCE	10.98	0.0	0.58
SCIENCE	11.37	0.0	

*Least Squares Means

① Ho : LSMEAN=0

② Ho : LSMEAN(Non-Science) - LSMEAN(Science)

따라서 문과에 비해 수학과 과학교과의 비중이 높은 이과의 학습이 논리적 사고력에 두드러진 영향을 미치지 못했음을 알 수 있다. 이는 논리적 사고력이 수학이나 과학교과 뿐만 아니라 기타 교과와도 연관이 있으며, 따라서 기타 교과의 학습에서도 논리적 사고력이 요구됨을 시사하는 것으로 해석된다.

IV. 결 론

인지 발달의 측정을 위한 지필 검사도구의 사용과 그 결과가 이상에서 살펴 본 바와 같이 학생들의 형식적 조작 여부와 몇몇 독립 변인들의 효과를 보여 주었다. 학년과 연령에 의한 인지 형성의 증가를 보았으며, 성별 및 문·이과의 영향도 살펴 보았다.

결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 중학교 1,2학년은 60% 이상이 구체적 조작기에 있으며, 중3에서 고2까지는 대체로 20% 이상이 형식적 조작을 할 수 있으나 40%가량은 여전히 구체적 조작기에 있다.
- 2) 성차에서는 남자가 다소 우세한 경향을 보이나, 통계적 유의($\alpha=0.05$)는 없다.
- 3) 나이보다는 학년에 따라 인지가 발달하며, 이는 교육의 중요성을 시사하는 것으로 해석된다.
- 4) 학년에 따른 성차의 경향은 보이지 않는다.
- 5) 문·이과의 차이는 우수한 남·녀학생들의 선호 경향이나, IQ에 의한 간접 영향으로 해석되며, 통계적 유의($\alpha=0.05$)는 없다.

이러한 결과로부터 우리 학생들의 인지 수준을 파악하는 데 도움을 얻을 수 있으며, 또한 본 지필 검사도구의 타당성과 신뢰성을 확인하는 데도 이전의 연구와 비교하여 간접적 도움을 얻을 수 있다.

V. 과학 학습에의 시사점

교과내용의 추상화와 학생들의 인지 수준 사이의 차가 과학 학습에 부정적 결과를 미쳐왔으며 (Lawson & Renner, 1975, 한인옥, 1983), 이를 극복하기 위해 여러 가지 방법들이 시도되었다.

첫째로 교과내용을 학습자의 인지 수준에 맞게 재구성하는 방안(Herron, 1975; Cantu & Herron, 1978; Goodstein & Hown, 1978)과, 다음으로 학습자의 인지수준을 형식적 조작 단계까지 이르도록 돕는 방안이 주장되었다(Herron, 1975; Johnson & Home, 1978; Cantu & Herron, 1978).

이러한 논의에 비추어 볼 때, 교사가 과학 학습자의 인지 수준을 파악하는 것은 과학 학습의 효율화를 위한 기초이며, 이를 위해 Piaget 이론에 비전문 가일지라도 학습자의 인지 수준을 쉽게 파악할 수 있는 도구의 필요성은 절실한 것이다. 그러므로 본 연구 과정에서 도입하여 이용한 도구를 활용하면, 쉽게 학습자의 인지 수준을 알고, 이에 따라 앞서 제시한 방안을 통해서 과학 학습에 유익을 줄 수 있을 것이다.

그뿐 아니라 미국의 Educational Polices Commission(EPC, 1961)이 미국의 주요 교육 목표를 생각하는 능력의 개발(the development of the ability to think)이라고 언급하였음을 고려한다면, 인지 수준의 향상이 바로 교육의 목표가 될 수 있음을 시사한다고 하겠다. 이러한 보다 진보된 관점에서 볼 때, 학습자의 사고 능력을 측정한다는 것은 보다 중요한 문제이며, 본 논리적 사고력 검사는 이를 위한 하나의 도구로서 교육에 많은 시사점을 제공하리라 기대된다(Morgenstern & Renner, 1984).

이와 함께 본 연구의 결과가 비록 서울의 일부 지역의 학생들을 대상으로 한 것이기는 하나, 우리의 중·고등학교 현장 교육에 참고한다면 보다 적절한

학습 방안을 찾는 데 도움이 될 것으로 생각한다.

참 고 문 헌

1. Cook, W. B., Chemical education responds to changing world priorities. 화학교육(대한 화학회), 1976, 3(1), 45-49.
2. 김기웅, 고등학교 화학교육에 나타난 최근의 경향. 화학교육(대한화학회), 1979, 6(1), 27-30.
3. Marek, E. A., Correlations among cognitive development, intelligence quotient, and achievement of high school biology students. Journal of Research in Science Teaching, 1981, 18(1), 9-14.
4. Lawson, A. E. & Renner, J. W., Relationship of science subject matter and developmental levels of learners, Journal of Research in Science Teaching, 1975, 12(4), 347-358.
5. 한인옥, 우리나라 중학생들의 지적발달 단계-학생들이 과학을 어려워하는 요인을 분석하기 위하여- 석사학위 논문, 서울대학교, 1983.
6. 이상운, Piaget 발달단계 이론과 화학교육, 석사학위 논문, 서울대학교, 1979.
7. Lawson, A. E., Relationships of science subject matter and developmental level of learners (Doctoral dissertation, University of Oklahoma, 1973). Dissertation Abstracts Internal, 1973, 34A, 3179 (Univ Microfilm, No. 73-31481).
8. Renner, J. W., Evaluating intellectual development using written responses to selected science problems. A report to the National Science Foundation, No. EPP 75-19596, 1971.
9. Raven, R. J., A multivariate analysis of tasks dimensions related to science concept learning difficulties in primary school children. Journal of Research in Science Teaching, 1972, 9(3), 207-212.
10. 한중화, An analysis of the second year Korean science textbook using Piagetian concrete and formal operational thinking patterns 서울대학교 화학교육논총, 1977, 2(2), 1-56.
11. Elkind, D., Quantity conceptions in college students. Journal of Social Psychology, 1962, 57, 459-465.
12. Towler, J. O. & Wheatley, G. H., Conservation concepts in college students: A replication and critique. Journal of Genetic Psychology, 1971, 118, 265-270.
13. Lawson, A. E. & Renner, J. W., A quantitative analysis of responses to Piagetian tasks and its implications for curriculum. Science Education, 1974, 58(4), 545-559.
14. Lawson, A. E. & Blake, A. J. D., Concrete and formal thinking abilities in high school biology students as measured by three separated instruments. Journal of Research in Science Teaching, 1976, 13(3), 227-235.
15. 한중화, 중·고등학교 학생의 과학적 사고 발달에 관한 조사 연구. 한국교육개발원 연구보고 RR82-24, 1982.
16. Hernandez, L. D., Marek, E. A., and Renner, J. W., Relationships among gender, age, and intellectual development. Journal of Research in Science Teaching, 1984, 21(4), 365-375.
17. Piburn, M. D., Sex, field-independencies and formal thought. Paper presented at NARST Convention, Cincinnati, OH, March 22-24, 1977.
18. Graybill, L., Sex differences in problem-solving ability. Journal of Research in Science Teaching, 1975, 12(4), 341-346.
19. Renner, J. W., et al., Research teaching and learning with the Piaget model. Norman, OK: Univ. of Oklahoma Press, 1976, chap. 2.6.
20. Maccoby, E. & Jacklin, C., The psychology of sex differences. Stanford, CA: Stanford Univ. Press, 1974.
21. Saarni, C. I., Piagetian operations and field independence as factors in children's problem-solving performance Child Development, 1973, 44, 338-345.
22. Neimark, E. D., Intellectual development during adolescence. Review of Child Development Research, 1975, 4, 541-594.
23. Bady, R., Logical reasoning abilities in male high school science students. Cincinnati, OH: NARST, March 22, 1977.
24. Tomlinson-Keasey, C., Formal operations in

- females from eleven to fifty-four years of age. *Development Psychology*, 1972, 6(2), 364.
25. Coleman, S. B., The effect of aging on Piaget's developmental stages: A study of cognitive decline. *Dissertation Abstracts International*, September 1973, 34(3), 1122A
 26. Lawson, A. E., The development and validation of a classroom test of formal reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, 1978, 15(1), 11-24.
 27. Blake, A. J. D., The predictive power of two written tests of Piagetian developmental level. *Journal of Research in Science Teaching*, 1980, 17(5), 435-441.
 28. Roadrangka, V., Yeany, R. H., and Padilla, M. J., The construction and validation of group assessment of logical thinking. Paper presented at the annual meeting of the NARST, April 1983.
 29. Ray, A. A., et al., *SAS User's guide: Statistics*. 1982Ed, Cary, NC: SAS Institute Inc., 1982.
 30. Renner, J. W. & Stafford, D. G., *Teaching science in the secondary schools*. New York: Harper and Row, 1972, 291-296.
 31. Kohlberg, L. & Gilligan, C., The adolescent as a philosopher. *Journal of the American Academy of Arts and Science*, 1975, 1051-1086.
 32. Cantu, L. L. & Herron, J. D., Concrete and formal Piagetian stages and science concept attainment. *Journal of Research in Science Teaching*, 1978, 15(2), 135-143.
 33. Herron, J. D., Piaget for Chemist-Explaining what good students can not understand. *Journal of Chemical Education*, 1975, 52(3), 146-150.
 34. Goodstein, M. P. & Howe, A. C., Application of Piagetian theory to introductory chemistry instruction. *Journal of Chemical Education*, 1978, 55(3), 171-173.
 35. Johnson, J. K. and Howe, A. C., The use of cognitive conflict to promote conservation acquisition. *Journal of Research in Science Teaching*, 1978, 15(4), 239-247.
 36. Educational Polices Commission, *The central purpose of American education*. Washington, DC.: National Education Association, 1961.
 37. Morgenstern, C. F. & Renner, J. W., Measuring thinking with standardized science tests. *Journal of Research in Science Teaching*, 1984, 21(6), 639-646.
 38. 정범모, 일반 지능검사표 요강. 코리아 테스트 센터, 1970.

ABSTRACT

It is apparent to anyone who has taught science in secondary schools that a substantial percentage of students find the subject difficult: What is the cause of difficulty? There is reason to believe that part of this difficulty is associated with students' intellectual development as described by Piaget. To investigate the difficulty students face with learning science in the light of Piagetian developmental theory, the stages of the intellectual development of the secondary school students were assessed in this study using the instrument called Group Assessment of Logical Thinking (GALT).

The results of this study showed that more than 60% of 7th and 8th grade students were Classified as concrete operational level. It was also found that only 20% of the students from 9th through 11th grade were formal operational stage, while about 40% of them were still at concrete operational stage. This study showed that there was a significant main effect on the intellectual development of the students by grade. However, it showed that at 0.5 level of significance there was no main effect by sex although mean scores of male on the assessment were higher than those of female.