

창의적 사고 지향 과학 교수 모델 개발 및 적용

강순희 (이화여대)

1. 서론

교육인적자원부는 현행 제7차 교육과정을 개정하여 ‘2007년 개정 과학과 교육과정’을 발표하였다(2007a). 과학과 총괄 목표를 보면 “자연 현상과 사물에 대하여 흥미와 호기심을 가지고 탐구하여, 과학의 기본 개념을 이해하고 과학적 사고력과 ‘창의적 문제 해결력’을 길러, 일상생활 문제를 과학적으로 해결하는데 필요한 과학적 소양을 기른다”(교육인적자원부, 2007b)라고 하고 있다. 자세히 보면 제7차 교육과정의 큰 틀은 대부분 유지하고 있었으며, “창의적 문제 해결력”이라는 부분만이 제7차 교육과정과 차이를 보이고 있다. 과학과 개정 교육과정의 평가에서도 “과학에 대한 흥미와 가치 인식, 과학 학습 참여의 적극성, 협동성, 과학적으로 문제를 해결하는 태도, 창의성 등을 평가 한다”라는 점이 현행 제7차 교육과정과 차이를 보이고 있다.

우리 주변에서 흔히 사용하는 용어(개념)들 중에서 잘 알고 있는 것 같으면서도 쉽게 설명하지 못하는 용어들이 더러 있는데, 설명하기가 쉽지 않다는 것은 그 개념을 잘 이해하지 못하고 있다는 증거이다. “창의성이나 창의적 사고력” 또는 “비판성이나 비판적 사고력” 등의 용어들이 우리 주변에서 흔하게 사용하면서도 만족스럽게 설명을 잘 하지 못하는 예로 들 수 있다. 이러한 용어들의 경우 항상 나름 데로의 오해와 받아들이기 어려운 제반 수용의 문제가 스며들어 있다. 창의성에 대하여 많은 연구를 해온 김영채(2004a, p. 116)에 의하면, “창의성에 대한 오해에는 창의성이란 특별한 재능을 가진 사람의 것이라고 보는 것, 별나게 행동하는 것이라고 보는 것, 특별한 부서의 사람만이 필요로 하는 것으로 보는 것 또는 반대나 반발로 보는 것 등이 있다. 창의성의 중요성을 인정하면서도 실제로 수용하기 어려워하는 데는 변화에 대한 두려움, 가치 있다고 보지만 좋아하지는 않는 것 또는 하던 대로 하는 것이 편하다고 생각하는 것 등이 있을 수 있다”라고 말하고 있다. 교실의 학생들은 성적이 목적이 되는 저급의 활동이나 해야 하고, 창의성은 “혼란”으로 치부(Deming, 1982)해 버리는 창의성 교육에 대한 현장에서의 강한 반감도 방해 요인이다. 또한 사고력(창의적, 비판적, 탐구적) 교육이 잘 안 되는 이유에 대하여 교사들의 반응을 보면 첫째는 대학 입시 때문이고, 둘째는 학생이 제대로 하지를 못하기 때문이고, 셋째는 여건이 안 되어 있기 때문이고, 마지막으로 잘 몰라서 못하기 때문이라고 한다(김영채, 2004b, p. 18-19).

초·중등 과학 교육 현장에서 창의력을 신장시키기 위한 과학 교육을 담당하거나 연구하는 교사들과 과학 교과 교육 관련 연구자들은 앞에서 열거한 창의성에 대한 오해들을 과감히 버려야 할 뿐만 아니라, 우리들 자신이 창의성에 대한 이론이나 실재를 잘 모른다 라는 솔직하고 겸허한 태도를 가져야만 한다. 그래야만 현장에서 잘 이루어지지 못하는 사고력 신장을 고려한 교수·학습 전략에 대한 개발의 필요성을 유의미하게 인식하게 되고, 그에 관한 연구물들도 유심히 살펴보게 되고, 이러한 자세가 되었을 때 우리는 전통적인

학교 교육에서의 수업 전략을 넘어 새로운 사고력 신장을 위한 수업 전략을 개발을 하게 될 것이고, 결국에는 그러한 교수 전략을 학생들의 사고력 신장을 위하여 현장 교육에 적용하게 되리라고 생각 된다.

더불어 우리가 명심해야 할 것으로 새로운 수업 전략에는 이전의 그 것보다 “조그마한 차이”만이 있으나, 그러한 “조그마한 차이”가 있는 전략이 때로는 결정적이기도 하고, 때로는 유의미한 효과를 보여주기도 한다는 사실을 알아야 할 것이다. 본 연구는 학습 내용을 잘 가르치면 사고력은 저절로, 자동적으로, 부수적으로 개발된다고 믿는 전통적인 견해(오류)를 부인하고, 사고력 신장을 목표로 개발된 교수·학습 전략이 유의미함을 보여 주고 있다. 국가 교육 과정인 우리나라 초·중등학교 과학과 총괄 목표에서 우리는 이미 사고력 교육을 표방하고 있으며, 과학과 목표 “나”에는 사고력 교육을 과학 교육의 구체적인 목표로 삼고 있다(교육부, 1997; 교육인적자원부, 2007b).

그러므로 과학 교육을 관장하는 교사는 먼저 학생들의 사고력 신장에 기여하는 교수 전략을 잘 숙지하고 있어야 하고, 그러할 때 해당 교수 전략을 적절하게 개발하게 될 것이며, 현장 수업에 해당 교수 전략을 적용하게 될 것이다. 따라서 학생들이 그렇게 만들어진 교수 전략을 경험하게 되었을 때, 학생들의 사고력은 신장 될 것이라는 가설을 설정하여 다음과 같이 진행하였다.

첫째, 본론에서 사고력 교육이 잘 안 되는 이유 중의 하나인 “사고력(창의적, 비판적, 탐구적) 교육이 어떠한 것인지 잘 몰라서 못한다”는 교사들 또는 과학교육 연구자들의 드러나지 않은 내적인 요인인 자신감 부족과 준비성 결여를 조금이나마 해결해 보려는 관점으로, 먼저 과학 교육 측면에서 필요로 하는 사고력을 정리하여 본론에 제시하고자 한다. 사고력을 정의하는 데 있어서 광의적인 측면 보다는 협의적인 측면에 초점을 맞추려고 한다. 왜냐하면, 일반적으로 협의적인 관점은 광의적인 관점보다 구체성이 보다 높기 때문에 효율성의 수준이 높아지게 된다. 이러한 견해는 Dale의 경험의 원추와 Bruner의 지식 표상 양식에 대한 그림(Dale, 1969; 김신자 등, 2001, p. 32)으로부터 쉽게 알 수 있다.

둘째, 학생들의 사고력이 신장되었는지를 평가할 수 있는 여러 가지 사고력 검사 도구를 소개함과 동시에 우리나라 과학 교육 현장에 용이하게 적용할 수 있도록 개발한 창의적 사고력 검사 도구와 비판적 사고력 검사 도구를 제시하려 한다.

셋째, 창의적과 비판적 사고력에 초점을 맞춘 “조그마한 차이”를 보이는 사고력 신장 교수·학습 모델을 만들어 제시하려고 한다.

마지막으로, 창의적과 비판적 사고력 신장 모델을 활용하도록 하여 부분적으로 수정·보완한 교수 전략을 학교 현장에 적용한 결과와 함께 창의적과 비판적 사고력 신장 모델을 활용한 몇 가지 사례를 제시하려 한다. 이러한 사례들은 사고력 신장 모델을 활용하려는 현장 교사들에게 실질적인 도움이 될 것으로 사료된다.

II. 본론

1. 창의적 사고력(Creative Thinking Skill)

여기에서는 “창의적 사고력”이나 “창의성” 두 용어를 구분 없이 상황에 따라 사용하나 내포하는 의미는

같다. 먼저, 창의성은 광의적으로 새롭고(new: novelty) 유용한(usefulness) 어떤 것을 생산해 내는 행동 또는 정신과정이다(김영채, 2004a, p. 4). 창의성 연구의 대가인 Sternberg와 Davidson(1995)이 편집한 통찰의 본성에 창의적 사고 과정에 대한 연구들이 집대성되어 많이 실려 있다. 뿐만 아니라, 박종원(2004)의 논문을 보면 “과학적 창의성 에 대한 인지적 모델”을 제안하면서 더불어서 광의적 창의성에 대한 논의가 되는 좋은 자료들이 잘 정리되어 있다. 본 논거에서는 더 이상 광의적인 접근은 하지 않기로 한다. 왜냐하면, 광의적 정의로 창의성을 측정하는데 합당한 검사 도구는 만들기가 용이하지 않기 때문이다. 물론, 광의의 창의적 아이디어를 생성하는 능력을 측정하려는 수행 평가 도구가 있기는 하나 그리 많지 않다(김영채, 2004a, p. 553-554).

창의성을 협의적으로 정의하면 “발산적 사고(divergent thinking)” 또는 “확산적 사고” 라고 한다(Guilford, 1950; 김영채, 2004a). 이와 같은 협의적 정의에 의하면 사고의 수가 얼마나 많은지(many; fluency; 다양성), 사고의 수가 얼마나 다양한지(varied: flexibility; 융통성), 사고의 수가 얼마나 독특한지(unusual: originality; 독창성)를 알아낼 수 있는 검사 도구를 만들기가 용이하므로 해서 지금까지 널리 사용하고 있다. 예를 들면, 많이 사용하는 토란스의 창의적 사고 검사(Torrance Tests of Creative Thinking, TTCT; Torrance, 2002/2004)는 협의의 창의성인 다양성, 융통성, 독창성을 평가하는 상업용 표준화 검사지이다(김영채, 2004a, p. 523-531). 이 외에 국내·외로 창의성 관련 검사(김영채, 2004a, p. 534-551; 김영채, 2004b, p. 332)들이 많이 개발 되어있다. 대부분의 이러한 검사들은 상업용이어서 한정된 특정 연구소에서만 해당 검사지를 판매하고, 무단 전재 또는 무단 복제가 금지되어 있고, 채점도 해당 연구소에서만 하도록 되어 있어서 소요되는 비용이 대단히 비싸다는 단점이 있다. 다시 말하면 대상의 수가 대량인 현장 학교 집단에 사용하기에는 비용 면에서 가용하지 않으며, 또한 검사 문항의 수도 많아서 한정된 시간에 다수의 학생들에게 적용하기에는 어려움이 많다.

유창성이 창의적인 과정에서 별로 중요하지 않다(Mansfield & Busen, 1981, p. 104)라고 하기도 한다. 그러나 Runco(1999)는 발산적 사고로 유창성, 융통성, 그리고 독창성을 고려하여 미래의 창의적 행동에 대한 발산적 사고 검사의 예언 타당도는 0.55로서 예측 타당도가 있다고 하고 있다. 발산적 사고 검사에서 높은 점수를 획득한 학생이 미래에 창의적으로 행동할 것이라고 예측할 수 있다는 것이다. 즉 협의의 창의적 검사에 의하여 미래의 “창의적 잠재력”을 예측 할 수 있다는 것이다. 이 외에도 창의성과 발산적 사고가 상관이 있다는 연구 들이 많이 있다(Harrington *et al.*, 1983; Feldhusen & Clinkenbeard, 1986). 이어서 본 연구진이 연구한 결과에서도 “가설생성능력 검사지”와 “TTCT 검사지” 그리고 “과학적 가설생성능력 검사도구”와 “TTCT 검사지” 모두 유의미한 정적 상관 관계를 보여주는 결과로부터 발산적 사고로 발현되는 가설 생성 능력과 발산적 사고인 협의로 정의하는 창의적 사고력은 의미 있게 상관이 있음을 볼 수 있었다(강순희 등, 2007a).

2. 창의적 사고력 검사 도구

과학 교육 연구자인 박종원(2004)의 논문에서 제시하는 Fig.1을 보면 과학 지식과 과학적 탐구력이 창의적 사고력과 함께 융합되어야 한다는 “과학적 창의성에 대한 인지적 모델”을 제시하고 있다. 인지적 측면

의 창의성에 대한 그의 모델은 과학 내용을 학습하면서 창의성도 신장하도록 하는데 초점을 두는 과학 교육 연구에 큰 도움이 되는 이론을 제시하고 있다. 특히 과학 내용을 포함하고 있다는 관점이 과학 교육 관련 창의성 연구에 실질적인 도움이 되고 있다. 그의 “과학적 창의성”에 대한 정의에는 발산적 사고와 더불어 수렴적 사고, 연관적 사고가 포함되어 있어서, 앞에서의 협의적 관점 보다는 더 광의적이다. 역시 박종원의 정의도 광의적어서 그의 과학적 창의성을 합리적으로 평가할 수 있는 검사 도구를 만들려는 관점에서는 적용하기가 쉽지 않다.

따라서 본 연구실에서는 다음과 같은 세 가지 전제를 두고 현실적으로 현장 연구에 사용하기 용이한 창의적 사고력 검사 도구를 개발하게 되었다(박은미, 2006, 부록-2; 박은미, 강순희, 2006). 첫째, 창의력을 평가하는 검사지를 개발하는데 있어서 과학 내용을 사용하기로 하였다. 이러한 전제는 박종원(2004)의 “과학적 창의성에 대한 인지적 모델”에서도 쉽게 알 수 있다.

둘째, “협의적 창의성”인 발산적 사고인 많고(다양성), 다양한 사고(융통성)의 수를 평가하도록 하는 검사 도구를 만들어서 창의성을 협의적이거나 평가하는 도구를 만들기로 합의하였다. 왜냐하면 협의의 창의적 검사는 미래의 “창의적 잠재력”을 예측 할 수 있기 때문이다(Runco, 1999). 생생해 낸 아이디어가 남들이 흔히 만드는 것이 아닌 기발하고 독특한 것(독창성)이라고 판단하는 “독특한 응답”들을 가려내는 작업은 무척이나 애매모호하고 어려웠다. Runco(1999)도 독창성에 대한 응답은 전체 응답자의 5%이고, 대부분인 95%를 유창성과 융통성으로 분류한다고 하였다. 실제 우리 과학과에서는 전통적으로 당대의 과학자들에 의하여 이미 용인된 과학 개념들을 학생들은 모를 것이라고 전제하에 가르치고 있다. 그렇기 때문에 학생들에게 독창성이 발현되는 과제를 제시하는 것도 어렵고, 또한 독창적인 응답들을 기대하기도 어려운 것이 우리의 중등 과학 교육 현실이다. 또한 과학 개념을 교수(학습)하는 데 있어서 의문점에 대한 응답의 대부분이 1 : 1 대응비를 따르게 되는 경우들이 허다하다. 본 연구에서는 이 독특한 범주에 속할 것 같은 응답들은 오히려 다양하다는 융통성 범주에 포함시키는 방법이 현실적이고 나름 대로 타당하다고 전제하였다.

이러한 여러 가지 이유에 의하여 본 연구에서 개발한 검사 도구로는 많고, 다양한 사고의 수를 알아내는 것으로 창의적 범주를 조금 더 좁혔다고 할 수 있다. 다시 전제하면, “다양성과 융통성” 측면으로 “협의의 창의성”을 측정할 수 있는, 그리고 학교 교육의 장에 실제적으로 가용할 수 있는 검사 도구의 개발이 나름 대로 유의미하다는 항의에 이르게 되었다. 앞으로는 광의의 창의성과는 구별하기 위하여, 때로 창의성 앞에 “협의의 또는 협의적”이라는 단어를 붙여서 사용하나 그렇지 않은 경우에도 해당 의미를 내포하는 경우가 있을 것이다.

셋째, 많고, 다양하고, 독특함의 수를 나타내게 할 수 있는 과학적 탐구 기능 요소들은 어떤 것들이 가능할 것인가이다. 이에 대한 가능한 한 예로, “왜 이럴까?”라는 “의문점”에 대하여 학생들이 응답하는 잠정적인 설명(잠정적인 해답; 가설 설정)에는 사고의 수가 많을 수도 있고 또한 다양할 수가 있다고 생각 하였다. Thagard(1996, p. 85, 153)도 귀추적 설명이나 비유적 설명에서 인간의 창의성이 발현될 수 있다고 하는 것을 보면 가설을 만들게 하는 과정으로부터 창의성을 알아 낼 수 있을 것으로 생각된다. 또 다른 예로는 주어진 과학적인 현상에서 다양한 변인들을 찾아내도록 하는 활동도 가능할 수도 있으며, 다양한 의문점을 산출해 내는 활동도 가능할 수도 있으며, 다양한 가정들(postulates) 또는 다양한 이론들(theories)

을 산출하는 활동에도 가능할 것이다.

본 연구에서는 협의적 창의성인 많고 다양한 사고의 수를 표출할 수 있는 탐구 기능으로 “가설 생성 기능”이 합당하다고 결정하였다. 그래서 이 검사지는 피검사자들로 하여금 주어진 과제 “왜 그럴까?”라는 질문에 해당하는 가능하다고 생각하는 잠정적인 응답(가설)을 모두 서술하게 하는 형식으로 개발 하게 되었다. 그래서 본 연구실에서 개발한 연구용 창의성 검사 도구명은 “가설 생성 능력 검사지”라고 명명하게 되었다(박은미, 2006, 부록-2; 박은미, 강순희, 2006). 다시 말하면 이것은 가설 생성 과제로 만들어진 학생들의 협의적 창의성을 측정할 수 있는 검사지인 것이다. 이 검사지는 세 개의 과제(강남콩 과제, 빗면 과제, 고래 과제)로 이루어져 있으며, 각 과제에 대하여 피검사자들로 하여금 가능한 응답(가설)들을 여유를 갖고 마음대로 많이 쓰도록 하였다. 피검사자들이 응답한 자료들을 채점 기준은 잘 설정되어 있으며, 그 기준을 토대로 하여 유창성(많고)과 융통성(다양하고) 두 요소로 나누어 분석하도록 하였다. 피검사자들로 하여금 시간에 쫓기 도록해서는 안 되기 때문에, 각 과제당 10분씩 비교적 충분한 시간을 배정하였다. 검사에 대한 안내와 진행시간을 포함하여 총 40분이면 만족하게 진행할 수 있다. 우리나라 중·고등학교 총 534명의 학생에게 적용한 결과, 이 “가설 생성 능력 검사지”에 대한 Cronbach α 는 0.73으로 나타났다.

이번에 발표한 2007년 개정 과학과 교육과정(교육인적자원부, 2007b)의 평가 영역을 보면, 창의성도 평가해야 한다라고 되어 있어서, 시기적으로 보더라도 현장 과학 교사나 과학 교육 연구자들이 학생들의 창의성을 보다 용이하게 평가하는 검사지가 필요하다고 생각된다. 따라서 본 연구실에서는 창의적 사고력의 신장을 평가할 수 있는 도구로 박은미의 “가설 생성 능력 검사지”를 사용할 수 있는지를 표준화된 검사지와 비교해 보았다(강순희 등, 2007a). 먼저, 창의성에 관련된 세 종류의 검사지인 박은미의 “가설 생성 능력 검사지”, 정진수의 과학적 가설 생성 능력 검사 도구(2004), 그리고 표준화 검사지인 토란스의 TTCT(언어) A형 세 가지를 선정하였다. 연구 대상 집단(중1, 중2, 중3, 고1)에 세 종류 검사지를 각각 모두에게 적용한 후에 얻어진 피검사자들의 응답 내용을 채점 기준에 준하여 앞에서 전제된 대로 유창성 요소와 융통성 요소로 분석하였다. 토란스의 TTCT(언어)는 총 7개의 과제로 구성되어 있으나, 본 연구에서는 현장 연구에서 사용하기 쉽게 하기 위하여 한 차시인 45분 안에 검사하도록 임의적으로 4 과제(과제1, 과제2, 과제3, 과제7)를 선정하여 사용하였다. 정진수의 과학적 가설 생성 능력 검사 도구도 총 4문제 중에서 유창성과 융통성을 보여줄 수 있는 문제 1-1과 문제1-2를 선택하여 사용하였다.

박은미의 “가설 생성 능력 검사지”와 토란스의 TTCT(언어)가 유의미하게 상관이($r=.612$) 있게 나타난 것으로 보아($p<.001$), 본 검사지는 협의적 창의성을 검사하는 도구인 상업용인 토란스의 TTCT(언어)를 대체해서 사용해도 될 것으로 사료된다(강순희 등, 2007a). 더 나아가서 박은미의 “가설 생성 능력 검사지”와 정진수의 과학적 가설 생성 능력 검사 도구와도 유의미하게 상관이($r=.655$) 있는 것으로 나타났다($p<.001$). 또한 정진수의 과학적 가설 생성 능력 검사 도구와 토란스의 TTCT(언어)와도 유의미하게 상관이($r=.643$) 있는 것으로 나타났다($p<.001$). 결과적으로 현실적으로 사용하기에 비용도 많이 들고 용이하지 않은 상업용 표준화된 토란스의 TTCT(언어)를 대신하는 “협의적 창의성 검사지”로 박은미의 “가설 생성 능력 검사지”와 정진수의 과학적 가설 생성 능력 검사 도구 모두 가능하다고 본다. 단, 본 연구에서 사용한 해당 과제를 선택해야 하며, 채점 방법도 본 연구의 방법을 따라서 검사지들을 분석

해야 할 것이다. 다시 말하면, 이 두 검사지를 사용하면, 유창성과 융통성의 협의적 측면으로 학생들의 과학적 창의적 사고력이 향상 되었는지를 판단해 내려고 하는 과학 교육 연구에 용이하게 활용 할 수 있을 거라고 사료 된다. 박은미의 “가설 생성 능력 검사지”와 그에 대한 채점 기준은 본 연구실에 소장 하고 있다.

3. 비판적 사고력(Critical Thinking Skill)

여기에서도 “비판적 사고력”이나 “비판적 사고”를 상황에 따라 같은 의미로 사용할 것이다. 비판적 사고는 어떤 주장(추리)에 대하여 “더 낮게”, “더 생각해보고”, 그리고 “더 합리적으로” 판단하기 위한 사고이다(김영채, 2004b). 즉 자신이나 남의 사고에 대한 사고이기 때문에 비판적 사고는 인지적 측면의 사고력과 정의적 측면의 태도 그리고 지적 수행의 준거를 평가하는 측면도 포함 되어야 하며, 그러기 위해서 반드시 적극적인 경청과 비판적인 질문을 하여야 한다.

다시 말하면, 창의적 사고 전략으로 만들어 놓은 그 어떤 것을 깊게 이해한 다음에, 한 발짝 뒤로 물러서서 이리 따져보고, 저리 따져 보면서, 적극적으로 경청하고 비판적으로 질문하면서, 여러 가지 중에서 어느 것을 기각 할 것인지, 어느 것을 수용(선택)할 것인지 를 결정하는 수렴적 사고력이 필요로 하는 사고이다. 이어서 이러한 비판적 사고의 소산(물)들은 다시 또 다른 창의적 사고의 출발점이 되어 또 한 번의 문제 해결 과정을 거치게 되는 것이다. 이러한 사고의 과정은 항상 능동적이어야 하고, 적극적이어야 하고, 그리고 자기 주도적인 과정이 되도록 하여야 한다. 따라서 창의적 사고력과 비판적 사고력은 서로 상호보완적으로 앞서거나 뒤서거나 하면서 서로 연결되어 사용되어 진다는 것이다. 이와 같이 비판적 사고력은 창의적 사고력과 떼어 내려고 해도 떼어 낼 수 없는 불가분의 관계이다.

Lawson(1995, p. 49)은 과학적 탐구 과정에서의 탐구 사고력을 아예 창의적이고 비판적인 사고력이라고 하고 있다. 이러한 Lawson의 정의를 역으로 보면, 과학 탐구 과정은 반드시 창의적 사고력과 비판적 사고력이 신장될 수 있도록 구성되어야 한다는 의미가 내포되어야 함을 Lawson은 강조하고 있는 것이다. 다시 말하면, 인지적인 탐구 사고력에 정의적인 태도와 지적 수행 준거까지 포함한 탐구 과정을 경험하는 학습자들은 창의적 사고력과 비판적 사고력이 신장될 것이다.

Paul(1990)에 의하면 이기적으로 비판적인 사람(the self serving critical person)들이 개인 자신의 이익이나 욕망을 변호하고 정당화시키는 목적으로 사용하는 “약한 의미의 비판적 사고”가 있고, 이와는 달리 공평하게 비판적인 사람(the fair minded critical person)들이 균형 있는 진리, 합리성, 자율 그리고 자기 통찰을 이루는데 사용하는 “강한 의미의 비판적 사고”가 있다. 본 논거에서는 당연히 후자인 강한 의미의 비판적 사고를 지칭한다.

이와 같이 강한 의미의 “비판적인 사람들의 사고의 과정”으로 첫 번째 단계는 항상 이해하면서 시작하려는 “깊은 이해의 단계”, 두 번째 단계는 결론을 뒷받침 할 수 있는 자료, 정보, 진술, 가정, 등의 이유들이 적절한지, 신뢰로 운지, 타당한지, 등을 확인해보는 “좋은 이유의 단계”, 세 번째 단계는 결론은 타당하게 도출되고 있는지를 논리적으로 질문해 보는 “논리적 추리 단계”, 마지막으로 적극적으로 판단을 내리는 “적극적 판단의 단계”로 이루어진다(김영채, 2004b, p. 184, p. 209). 이러한 과정에서 다음과 같은 네 가

지 차원의 구성 요소들을 융합적으로 사용하는 총체적인 비판적 사고력을 정의해 보겠다.

첫째는 하위 요소로서 목표 요소, 과제 요소, 증거 요소, 개념 요소, 가정 요소, 해석과 추론 요소, 견해 요소, 함의와 결말 요소 등 8가지의 하위 요소가 사용된다.

둘째는 정의적 측면인 사고력의 태도 요소로 지적인 호기심도 갖게 해야 하고, 참을성도 갖게 하고, 책임도 갖게 하고, 지적인 용기도 갖게 하고, 지적인 겸손도 갖게 해야 하고, 독립적인 사고도 갖게 해야 하는 등등으로 적극적인 경청과 비판적인 질문들을 하게하는 토론을 하도록 하여야 한다.

셋째는 비판하는 사고력을 평가하는 수행 준거 측면으로 되도록이면 분명하게, 정확하게, 엄밀하게, 적절하게, 논리적이게, 깊게, 넓게 등등이 되도록 수행하여야 한다.

넷째는 인지적 측면의 비판적 사고력은 앞에서 열거한 요소들을 포함하여 진행되는 사고의 과정을 거치는 사고력이다. 앞의 8가지 요소 각각에 대하여 질문해 보고 논리를 발견하는 사고력들로서 이를 구체적으로 서술하면 다음과 같다. 즉, 비판적 사고력에는 목표를 분명하게 진술하는 사고력, 과제의 이슈가 되는 문제를 분명하게 진술하는 사고력, 증거를 분명하게 진술하는 사고력, 개념들을 정의하는 사고력, 결론에 중요한 가정을 확인하고 타당한지를 체크하는 사고력, 증거에 따라 결론에 이르는 추론, 자신의 견해와 그 한계를 검토해 보는 사고력, 결론에 따라 여러 가지 시각에서 결말들을 예상하는 사고력 등등이 있다.

한국교육과정평가원(2002)의 연구보고에 의하면 총체적인 비판적 사고력의 하위 기능을 대안적 사고, 분석적 사고, 추론적 사고, 그리고 종합적 사고라고 포괄적으로 정의하고 있다. 여기에도 역시 인지적인 측면과 정의적인 측면 그리고 수행 준거의 측면을 모두 포함하는 고차원 사고 능력이라고 정의하고 있다. 과학을 교수·학습하는 과정에서 과학적 탐구 방법 또는 과정에서 설정된 가설(들)을 검증해나가는 탐구 과정에 사용되어지는 탐구 사고력이 바로 인지적 측면의 비판적 사고력이다. 따라서 인지적인 과학적 탐구 사고력 측면과 더불어서 정의적인 태도 측면과 사고력에 대한 수행 준거 측면까지 합당하게 포함되어 있는 수업 전략이 되어야 만이 비로서 총체적인 비판적 사고력을 고려한 과학 탐구 수업 전략이라고 말할 수 있는 것이다.

4. 비판적 사고력 검사 도구

앞 절에서 보았듯이 창의적 사고력을 측정할 수 있는 대부분의 검사 도구로는 협의의 창의성의 구체적인 하위 기능들을 측정하고 있다. 비판적 사고력을 용이하게 측정할 수 있는 도구들은 국내에서 개발되어 있는 않아 보이며, 외국의 상업용 검사 도구들(김영채, 2004b, p. 400-402)이 있다. 본 연구실에서는 "Watson-Glaser Critical Thinking Appraisal(WGCTA) Short Form"(Watson & Glaser 1994)을 번역하였다(박은미, 2006). 이 검사지는 측정하는 비판적 사고력의 하위 기능으로 추론(inference) 7문항, 가정의 인지(recognition) 8문항, 연역(deduction) 9문항, 해석(interpretation) 7문항, 논거의 평가(evaluation of argument) 9문항인 5개 요소로 나뉘어져 있으며 총 40문항이다. 모두 선다형으로 구성되어 있어서 점수의 합으로 하위 기능의 점수도 되고 전체 총점·이 된다. 이 검사지의 검사 문항의 내용 구성을 보면 앞의 5개의 하위 인지적 사고 기능에 정의적 영역인 태도 영역과 수행 준거를 포함하여 만들어진 검사 문항들이다. 구체적으로 살펴보면, 추리가 분명한지 그렇지 않은지, 미리 전제되는 가정이 당연한지 그렇지 않은

지, 연역되는 결론이 성립되는지 성립되지 않는지, 전제로부터 얻어지는 결론이 성립되는지 성립되지 않는지, 그리고 제기되는 논거가 강한지 약한지를 응답하도록 구성 되어 있다. 이 검사지는 상업용이어서 9학년 이상의 학생들에게 적용 가능한 것으로 보아 우리나라의 경우는 중학교 3학년 학생, 고등학생, 그리고 대학생의 경우 사용 가능하며, 그 어떤 논문에도 해당 검사 문항들을 게재 할 수 없다는 경고를 지켜야 하는 제한점이 있다.

미국의 Lawson(1995, p. 436)은 과학적인 소재를 사용하고 6개의 논리를 사용하여 “과학적 추리 검사지”를 개발하였다. 앞에서 언급하였듯이 비판적 사고력이란 추리를 통한 판단이기 때문에 Lawson의 “과학적 추리 검사지”로서 학생들의 비판적 사고력을 측정할 수 있는 것이다.

5. 창의적 사고력 신장 교수·학습 모델

앞에서 논의한 바와 같이 창의적 사고력과 비판적 사고력이 서로 상호·보완적으로 앞서거나 뒤서거나 하면서 서로 연결되어 사용되어 진다고 하였는데, 그 절차를 살펴보면, 바로 과학 탐구 과정임을 알 수 있다. 즉, 가설 연역적인 탐구 과정이 수용될 때 까지 몇 번이나 탐구 과정이 연속적으로 반복되어 지는 절차인 것이다. 제7차 과학과 교육과정에서는 과학적 탐구 과정 기능(scientific process skills)으로 관찰, 분류, 측정, 예상, 추리, 문제 인식, 가설 설정, 변인 통제, 자료 변환, 자료 해석, 결론 도출, 일반화 등등이라고 제시하고 있다. 미국의 과학 교육 연구자 Lawson(1995)의 저서인 “과학 교수 전략과 사고력 신장 (Science teaching and the development of thinking)”에는 탐구 과정 기능을 비교적 긴 문장으로 “창의적이고 비판적인 사고 기능(creative and critical thinking skills)”이라고 명명하고 있으며(Lawson, 1995, p. 49-53), 그 하위 요소를 보면 우리가 잘 알고 있는 앞에서 제시한 탐구 과정 기능들과 같다.

현행 제7차 교육과정과 차이를 보이는 다음의 2007년 개정 교육과정(교육인적자원부, 2007b)에서 “창의적 문제 해결력”을 특별히 강조하고 있다. 이제는 과학 교육 현장에서 학생들로 하여금 창의적 사고력이 신장되도록 지도해야하고 또한 신장되었는지를 평가도 해야 하는 이 시점에서, 과학 교육을 담당하고 있는 우리 모두에게 다음의 네 가지 관점으로 논의를 할 필요가 있다고 여겨진다.

첫 번째 관점, 과학 교육 연구자인 Lawson이 어떠한 이유 때문에 탐구 과정 기능을 창의적이고 비판적인 사고 기능이라고 명명하고 있는지를 다시 한 번 곰곰이 재고해 보아야 하겠다.

두 번째 관점, 그가 탐구 과정 기능을 대신하여 사용하는 창의적 사고력과 비판적 사고력은 과학을 탐구할 때 어떤 탐구 기능 요소에서 어떠한 형태로 발현되고 있는지를 구체적으로 살펴봐야 하겠다.

세 번째 관점, 그가 제창하는 창의적 사고력과 비판적 사고력을 신장하게 하는 “know-how”가 숨어 있는 중요한 전략에 대하여 교사들은 물론 우리나라 과학 교육 관련 연구자들이 얼마나 잘 알고 있는가이다.

네 번째 관점, 과거 또는 현재 우리가 교수하는 과학 교수 전략에 의하여 우리의 학생들은 얼마만큼 창의적 사고력과 비판적 사고력이 신장될 수 있었는가를 되짚어서 생각해 보도록 하겠다.

Lawson은 “가설 설정하기”를 표현할 때에, “making alternative hypotheses”라고 표현하지 않고, “creating alternative hypotheses”라고 하고 있다(Lawson, 1995, p. 49-53). 얼핏 보면 두 표현이 비슷해 보이나, 앞의 사고력에 대한 논의에 의하면 뚜렷한 차이가 내재되어 있음을 알 수 있다. 과학 교육학자

인 Lawson과 같은 대학에 있는 화학자 Birk(1994)와 공동으로 제작한 고등학생용 화학 탐구 실험서와 교사용 지도서를 보면, 학생들로 하여금 적극적이고, 자기 주도적으로, 의문점(질문)에 대한 설명(가설)들을 많이 그리고 다양하게 만들도록 하는 교수 전략을 보여 주고 있다. 다시 말하면, 반드시 “한 가지 이상으로 설명(가설)들을 하도록 학생들에게 요구하는 교수 전략”인 것이다. 바로 이러한 과정을 경험하는 학생들이 보다 더 창의성이 신장될 거라고 Lawson은 주장하고 있다. 다시 말하면, 의문점에 대한 설명을 한 가지 이상 많이 하게 할 때에, 학생들의 창의성이 효과적으로 신장된다는 점이 바로 Lawson이 주장하는 창의성 신장에 대한 “know-how” 임을 우리는 알아야 한다.

그러므로 인과적 질문에 대한 설명(가설)을 한 가지로 응답하도록 구성되어 있는 수업 전략들은, 가설을 포함하고 있음에도 불구하고, 창의성 신장을 고려한 수업 전략으로는 흡족하지 못하다는 것을 알아야 한다. 다시 말하면 이 부분에 대한 Lawson(1995, p. 6-8, 49-50, 83-87, 149-150, 201-202)의 의도를 간과해서는 창의성 신장을 충분히 고려한 수업 전략이 아니라는 것을 알아야 한다. 미국의 학생들도 이러한 전략에 필수적인 자기들에게 제기되는 인과적 질문에 대하여 다양하게 설명(가설)하는 상황을 대단히 싫어하고, 힘들어 할 뿐만 아니라, 미국 교사들도 똑같이 그런 상황을 지도하기가 힘들고 싫다고 한다. 우리나라의 교사나 학생들도 똑같이 그런 과정을 힘들어 하고 싫어하는 것은 마찬가지이다. 최근에 본 연구실에서도 우리나라 과학 교사들의 탐구 과정의 활용 정도와 가설에 대한 인식을 조사 하였는데, 활용 빈도가 가장 낮은 요소가 가설 설정으로 나타났고 그리고 가장 활용하기 힘들다고 생각하는 탐구 과정 요소도 가설 설정으로 나타났다(김지영, 강순희, 2006).

이제부터 우리나라에서 흔히 사용되고 있는 탐구 학습 전략에서 창의성을 신장하게 하기 위한 수업 전략이라고 여기기에 부족한 부분이 무엇인지를 분석해 본 후에, 이어서 어떠한 점들이 수정되거나 보완되어야 하는가를 논의하고자 한다. Lawson(1995, p. 201-202)은 가설 연역적인 탐구 학습 전략을 지도할 때에 교사들에게 필수적으로 다음에 제시하는 8가지 과제가 도움이 된다고 제안하고 있다. 교사들 또는 연구자들이 창의적 사고력의 신장을 위한 교수 전략을 개발하는 과정에서는 과제 1, 2, 3, 4, 5를 반드시 참고하여 각 과제가 의도하는 목적이 발현되도록 해야 한다. 그리고 나머지 과제 6, 7, 8은 창의적 사고력의 신장을 위한 교수 전략을 학생들에게 적용하는 학교 현장 실험 수업 또는 교실 수업에서 참고하여 실행해야 하는 교사들이 갖추어야 하는 행동 과제들이다.

과제 1: 인과적 질문이 명확해야 한다.

과제 2: 인과적 질문에 대한 설명(가설)을 하나만 하게 해서는 안 된다.

과제 3: 교사가 미리 가능한 인과적 질문에 대한 설명(가설)들을 만들어야 한다.

과제 4: 비록 그럴듯하지 않은 가설(설명)까지도 포함한 가설(설명)들을 모두 그럴듯한 가설(설명)들로 수용하여야 한다.

과제 5: 실험에 대한 평가에는 반드시 탐구력과 창의력을 알아보는 것으로 구성하여야 한다.

과제 6: 인과적 질문에 대한 설명(가설)을 학생들을 일일이 지적하면서 대답하도록 하는 것이 좋다.

과제 7: 합당해 보이는 특정 설명(가설)에 대하여 특이한 태도를 보여서는 안 된다.

과제 8: 가설 연역적 탐구 수업에서 반드시 가설(설명)을 만든 후에, 이어서 자료들을 수집하도록 해야 한

다.

현재 우리의 학생들에게 적용하고 있는 과학 탐구 교수 전략에도 “인과적 질문에 대한 설명”들은 상당히 많이 들어 있다. 이 시점에서 우리는 현재 사용하는 우리의 교수 전략에서 학생들이 하여금 옳은 설명 한 가지만을 서술하도록 요구하고 있는 것은 아닌지를 반성하여야 할 것 같다.

따라서 본 연구실에서는 학생들로 하여금 조 별 활동으로 서로 머리를 맞대어서 적극적인 경청과 비판적인 질문들을 하면서 한 가지 이상으로 설명(가설)들을 만들어서 서술하게 한 후에, 이어서 다시 조 별로 의논하여 그 중 바람직한 하나의 가설(설명)을 선택하게 하는 “창의적 사고력 신장 모델”을 만들어서 다음의 Fig. 1에 제시 하였다.

이 “Fig. 1의 창의적 사고력 신장 모델”과 같이 조 별로 많고 다양하게 설명(가설)들을 세 가지로 설정한 이유는 간단하다. 발산적으로 설명(가설)들을 무한히 많이 할 수도 있으나, 우리의 현장 교실 수업 전략으로 사용하는 데는 세 가지이면 무리 없이 사용 가능 할 것 이라고 함의가 되었을 뿐이다. 그렇기 때문에 연구자의 의도에 따라서 얼마든지 설명(가설)들의 수는 세 가지 이상으로 증가하여도 무방하다.

이렇게 진행하는 교수 전략을 경험하는 학생들은 Fig. 1에서 제시한 바와 같이 발산적인 사고력과 수렴적 사고가 신장되리라고 여겨진다. 이때의 발산적 사고는 협의의 창의적 사고력을 의미하며, 수렴적 사고는 강한 의미의 비판적 사고력을 의미한다. 아래의 “Fig. 1의 창의적 사고력 신장 모델”은 단순해 보이나, 앞서 언급했듯이 인과적 질문에 대하여 한 가지 설명(가설)만을 하게 했던 기존의 탐구 수업 전략을 적어도 세 가지 측면으로 설명(가설)하도록 하는 “조그마한 차이”로 수정·보완 하는 목적으로 기존의 탐구 수업 전략에 용이하게 적용 할 수 있다.

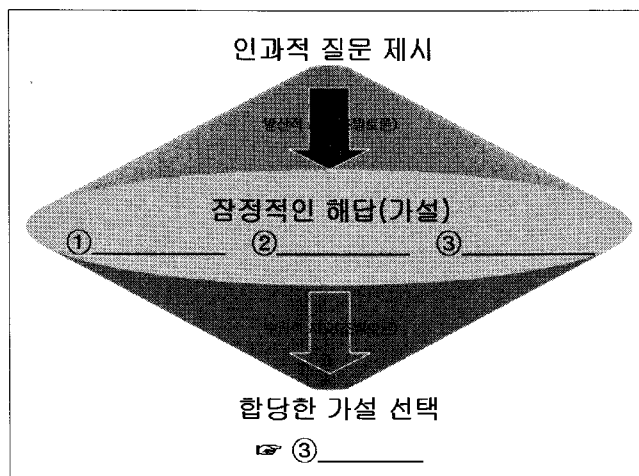


Fig. 1. 창의적 사고력 신장 모델: 발산적 사고와 수렴적 사고 과정

III. 적용 결과와 실례: 창의적 사고력 신장 모델 활용

최근에 본 연구실에서는 앞으로 예비 과학 교사가 될 사범대학 과학교육과 1학년 학생들이 수강하는 탐구적 일반 화학 실험에 “Fig. 1의 창의적 사고력 신장 모델”을 적용해 보았다(강순희, 임정은, 2007). 한 학기 동안에 진행되는 총 10개의 탐구 화학 실험서 안에 있는 “인과적 질문”에 대한 “설명(가설)”을 하는 대목들을 조사했더니 총 31회로 집계 되었다. 따라서 기존 31회의 “인과적 질문”에 대해서 “설명(가설)”하는 부분에서 모두 “Fig. 1의 창의적 사고력 신장 모델”로 대체하여 사용하기로 하였다. 다시 말하면, 기존 실험서에서 인과적 의문점에 대한 설명의 개수를 정하지 않고 그냥 “설명(가설)하여라” 했던 부분을 모두 잠정적인 응답(가설)들을 3개로 만든 후에 다시 조 별로 의논하여 한 개로 결정하도록 수정·보완한 실험서를 사용하도록 하였다. 한 학기 동안에 총 31회의 “Fig. 1의 창의적 사고력 신장 모델”을 사용한 결과, 사용하지 않은 비교반과 비교했더니 유의미하게 창의성이 신장($p < 0.05$) 되었음을 알 수 있었다. 동시에 과학적 태도 검사(김효남 등, 1998)의 하위 범주로도 호기심과 창의성에서 유의미한 차이를 보여 주었다.

또한 중학교 2학년 학생들에게 15차시로 구성된 탐구 수업 전략에 “Fig. 1의 창의적 사고력 신장 모델”을 총 9회 사용하게 하였을 때에도 비교반과 비교했을 때 유의미하게 창의성이 신장된 결과(강순희, 윤이진, 2007)가 나타남을 알 수 있었다.

앞에서 언급 한 바와 같이 “Fig. 1의 창의적 사고력 신장 모델 적용”으로 수정·보완한 새로운 수업 전략이 이전의 그 것보다 비록 “조그마한 차이”이지만, 그러한 “조그마한 차이”를 보이는 전략이 유의미한 효과를 보여주기도 한다는 사실을 알게 되었다. 현재 본 연구실에서는 집단들을 다양하게 선정하여 “Fig. 1의 창의적 사고력 신장 모델”로 수정·보완한 전략의 효과를 다양하게 알아보려 하고 있다. 이러한 연구에서 창의성 신장을 알아볼 수 있는 검사가 필수적으로 필요하다. 이때에 본 연구실에서 개발한 박은미의 “가설 생성 능력 검사지”를 용이하게 사용할 수 있었다. 그러나 박은미(2006)가 번역한 WGCTA Short Form 검사지는 중학교 3학년 이상의 학생들에게만 사용 가능할 뿐만 아니라, 상업용이기 때문에 지켜야 하는 제한점이 많아서 사용하기가 용이하지 않아서 아쉬운 상황이다. 지금까지의 논거에 의하면 “협의의 창의적 사고력”의 신장을 알아보는 본 연구 절차와 같은 연구 방법은 용이해 보이나, 비판적 사고력을 알아보려는 연구 방법은 그리 용이하지 않은 것으로 사료된다.

우리나라에서도 그 동안 훌륭한 탐구 수업 전략들이 많이 있으나, 비교적 최근인 2003년부터 2007년 까지 5차년도 사업을 5년 동안 계속적으로 교육인적자원부의 지원으로 연구되어 발표한 자료들을 소개 하면 다음과 같다(교육인적자원부·서울대학교 과학교육연구소, 2004, 2005, 2006, 2007). 중·고등학교용 과학 탐구수업 지도자료들은 서울대의 교육종합연구원 과학교육연구소가 중심이 되어 개발되어 왔으며, 그리고 초등학교용 과학탐구수업 지도자료들은 교원대의 과학교육연구소가 중심이 되어 개발 되어 전국적으로 배포하고 있다. 전체 연구자들의 과반수 이상이 현장 교사들이며 연구자들의 소속도 전국 규모일 뿐 아니라, 연구의 자료들도 전국적으로 배포되고 있으며, 연구의 결과물들도 학생용과 교사용 지도서로 나누어져 있으며, 또한 해당 책자들과 학생용 탐구수업 지도자료가 들어있는 CD가 함께 배포되고 있다. 예를 들어, 2006년에 개발되어 배포된 고등학교 과학과에 대한 과학탐구수업 지도자료는 각 단원이 약 100쪽

으로 구성된 단일 책자로 되어 있어서 총 13단원이므로 총 13권으로 이루어진 방대한 자료집이다(교육인적자원부·서울대학교 과학교육연구소, 2006). 각 자료의 제2부에는 해당 단원에 속하는 탐구 수업 자료들이 수십개씩 들어 있으며, 제1부에는 다양한 탐구 수업 전략들을 소개 하고 있다. 2007년에 개발된 고등학교 2학년과 3학년용 물리, 화학 생물, 지구과학에 대한 과학탐구수업 지도 자료는 각 전공 분야별 약 300쪽 한 권으로 구성되어 있으며, 2008년부터 현장 고등학교에 배포될 예정이다.

따라서 위 책자들에 들어 있는 다양한 탐구 수업 전략들에 의한 교수 자료들은 현장 탐구 과학 교육을 담당하는 교사들에게 큰 도움이 될 것이기 때문에 자세하게 소개 하였다. 이 들 탐구 학습 지도 자료들을 앞에서 제시한 “Fig. 1의 창의적 사고력 신장 모델”을 활용하여 수정·보완하여 사용한다면 학생들의 창의력 신장에도 큰 도움이 되리라 여겨진다. 다음에 소개하는 여덟 개의 실례들(Fig. 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9)은 본 연구실에서 개발한 “Fig. 1의 창의적 사고력 신장 모델”을 활용한 탐구 수업 지도 자료에서 발췌하였다.

1. 경험 귀추 과정에서 활용한 실례

다음의 Fig. 2는 중학교 2학년 “물질의 특성” 단원 자료에서 발췌한 것이다. 탐구 수업 전략으로는 경험 귀추적 수업 전략이었으며, 탐색 단계에 속하는 귀추 과정에서 발췌한 실례이다. 학생들은 직전 실험에서의 경험을 바탕으로 새로운 가설을 설정하게 된다. 가설을 설정할 때에는 3가지 이상 적어보도록 하여 ‘발산적 사고’를 유도하고, 모동별 토의를 통하여 위의 가설 중 가장 합당한 가설을 한 가지 선택하게 함으로써 ‘수렴적 사고’를 유도한다. 즉 이 가설을 설정하는 단계에서 학생들은 제시된 인과적 질문에 대해 이전의 실험 과정과 결과를 되돌아보고 자료를 재해석함으로써 귀추적으로 해답을 얻게 된다. 마지막으로 인과적 질문에 대한 해답으로 얻어진 가설을 바탕으로 이전 실험 자료를 재해석하여 결론을 도출하게 된다.

인과적 질문
제시

가설설정

발산적
사고

수렴적
사고

※ 아래의 과정을 거쳐 다음의 질문을 해결해 보자.

어는 온도로 물질의 종류를 구별할 수 있는 이유는 무엇인가?

① 앞의 실험 결과를 토대로 하여, 어느 온도로 물질의 종류를 구별할 수 있는 이유에 대한 설명(가설)을 3가지 이상 적어 보자.

① _____

② _____

③ _____

② 모동별 토의를 통하여 위의 가설 중 가장 합당한 가설을 한 가지 선택해 보자. (㉠, ㉡, ㉢ 중 하나 선택)

어는 온도로 물질의 종류를 구별할 수 있는 이유는

Fig. 2. 경험 귀추 전략에서 창의적 사고력 신장 모델 활용한 중학교 2학년용 실례(강순희, 윤이진, 2007)

다음의 Fig. 3은 중학교 3학년 학생들을 위한 “물질 변화에서의 규칙성” 단원 자료에서 발췌한 것이다 (강순희 등, 2006a; 교육인적자원부·서울대학교 과학교육연구소, 2006). 탐구 수업 전략으로는 경험 귀추적 수업 전략이며 해당 탐색 단계서 속하는 귀추 과정에서 “창의적 사고력 신장 모델”을 사용한 실례이다. 여기에서는 “볼트(B)의 질량이 일정할 때, 너트(N)의 질량을 계속 증가시켜도 BN_2 의 질량이 더 이상 증가하지 않는 이유는 무엇일까?”라는 인과적 질문을 제시하였다. 귀추적 과정을 거쳐 인과적 질문에 대한 잠정적 해답인 가설들을 바로 직전에서 실험한 자료를 보면서 적어도 세 가지 정도(발산적 사고)로 만들게 한다. 이어서 모둠별 토의 하여 가장 합당한 가설을 한 개 선택(수렴적 사고)하게 하고 있다.

인과적
질문 제시

가설설정

발산적
사고

수렴적
사고

※ 아래의 과정을 거쳐 다음의 질문을 해결해 보자.

볼트(B)와 너트(N)로 BN_2 를 만들려고 한다. 볼트(B)의 질량이 일정할 때, 너트(N)의 질량을 계속 증가시켜도 BN_2 의 질량이 더 이상 증가하지 않는 이유는 무엇일까?

① 앞에서 실험한 자료를 토대로 하여, BN_2 의 질량이 더 이상 증가하지 않는 이유에 대한 설명(가설)을 3가지 이상 적어 보자.

① _____

② _____

③ _____

② ①에서 세운 다양한 가설 중에서 모둠원들과 토의를 통하여 가장 적합하다고 생각되는 것을 선택하자. (①, ②, ③ 중 하나 선택)

너트(N)의 질량을 계속 증가시켜도 BN_2 의 질량이 더 이상 증가하지 않는 이유는

Fig. 3. 경험 귀추 전략에서 창의적 사고력 신장 모델을 활용한 중학교 3학년용 실례(강순희 등, 2006a, p. 92)

2. 가설 연역 과정에서 활용한 실례

다음의 Fig. 4에 실려 있는 실례는 고등학교 1학년 학생들을 위하여 개발한 “산과 염기의 반응” 단원 자료에서 발췌한 것이다(강순희 등, 2007b; 교육인적자원부·서울대학교 과학교육연구소, 2007). 탐구 수업 전략으로는 가설 연역적 수업 전략이며 탐색 단계에서 가설을 설정하는 과정에서 발췌한 실례이다. 이 단계에서 교사는 인과적 질문에 앞서 산성 용액(HCl, H_2SO_4), 염기성 용액(NaOH, NH_4OH)과 리트머스 종이, 지시약, 금속을 반응시켜 나타나는 변화를 관찰하고 공통적인 반응을 보이는 용액끼리 분류하도록 한다. 이어지는 활동에서 학생들은 용액의 액성에 따라 보이는 반응이 달라지는 현상을 이용하여 미지 용액의 액성을 알아내기 위한 방법을 다양하게 설정하게 된다. 이 때 모둠별 토론 과정에서 되도록이면 모둠원들 간에 다양한

실험 방법(발산적 사고)을 고안할 수 있도록 하고 그 중 가장 적합한 실험 방법(수렴적 사고)을 선택하는 과정 거치도록 하고 있다.

가설설정

발산적 사고

수렴적 사고

※ 이전의 시범 실험을 보고 아래의 의문점에 대해 답해보자.

비커 A와 B에 액성을 모르는 용액이 각각 들어있다.

① 용액의 액성을 어떻게 알아낼 수 있을지(의문점)에 대해 가능한 방법(가설설정)을 다양하게 고안해 보자.

㉠ _____

㉡ _____

㉢ _____

② 위에서 세운 다양한 방법들 중에서 모둠원들과 토의하여 한 가지를 선택해 보자. (㉠, ㉡, ㉢ 중 하나 선택)

미지 용액의 액성을 알아내기 위해서는

Fig. 4. 가설 연역적 전략에서 창의적 사고력 신장 모델을 활용한
고등학생 1학년용 실례(강순희 등, 2007b, p. 49-50)

다음의 Fig.5은 대학교 1학년 학생들을 위하여 기존의 실험 전략(강순희, 2005)을 토대로 하여 수정·보완하여 다시 재개발한 것이다. 가설 연역적 실험으로서 “액체나 고체의 밀도는 어떻게 측정하나?” 과제에 속하는 실례이다. 알루미늄 캔의 표면에 그려진 페인트에 의하여 밀도가 실제로 순수한 알루미늄의 밀도 (2.70g/mL) 보다 클 것인지 아니면 작을 것인지도 궁금할 것이다. 그 값이 대략 얼마일 것인지도 궁금한 상황에 대하여 가능한 설명(가설)들을 설정하게 하는 과정에서 발산적 사고력과 수렴적 사고를 사용하도록 하고 있다. 물론 이 다음 과정은 선택한 가설을 검증하게 하는 실험을 설계하고, 진행하고, 얻어진 결과를 앞에서 예측한 결과와 비교하면서 결론을 내게 하는 가설 연역적 과정의 실험이다.

즉시현상

의문점/
가설설정

발산적
사고

수렴적
사고

※ 아래의 과정을 거쳐 다음의 질문을 해결해 보자.

시중에서 판매되는 알루미늄 음료수 캔의 표면에는 일반적으로 다양하게 패턴으로 그림들이 그려져 있다.

① 이 알루미늄 음료수 캔의 밀도가 순수한 알루미늄(밀도 2.70g/mL)보다 얼마나 클 것인지 또는 얼마나 작을 것인지(**의문점**)를 예측하고, 그 이유를 구체적으로 설명(**가설설정**)하시오.

㉠ _____

㉡ _____

㉢ _____

② ①에서 세운 다양한 가설 중에서 모둠원들과 토의를 통하여 가장 적합하다고 생각되는 것을 선택하자. (㉠, ㉡, ㉢ 중 하나 선택)

그 이유는

Fig. 5. 가설 연역적 전략에서 창의적 사고력 신장 모델을 활용한 대학생용 사례(강순희, 2005, p.47)

3. 시범 실험 과정에서 활용한 사례

과학 실험이나 탐구 교수 전략에서 흔하게 사용하는 시범 실험을 보여준 후에, 학생들로 하여금 의문점을 갖게 한 다음, 곧 이어서 해당 의문점에 대한 설명을 다양하게 하도록 하는 교수 전략에 활용한 사례이다. 시범 실험(Fig. 6)을 진행하면 실험 플라스크에서 흡열 반응이 일어나기 때문에 플라스크 표면의 물이 얼게 되어, 무거운 아연판이 함께 얼어붙게 되는 현상이 관찰된다. 이러한 현상을 보고 난 후에, 대학생 수준에서 다양하게 가능한 설명(가설)들이 있을 수 있다.

즉시현상

가설설정

발산적 사고

수렴적 사고

※ 아래의 과정을 거쳐 다음의 질문을 해결해 보자.

100mL 삼각 플라스크에 염화암모늄 NH_4Cl 7g과 수산화바륨 $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 20g을 넣고 유리막대로 잘 섞은 뒤, 약간의 물이 고여 있는 얇은 아연판(나우판) 위에 삼각 플라스크를 올려놓고 1-2분 후에 삼각 플라스크를 들어 올린다.

① 어떤 결과가 나타나는가?

② 위와 같은 결과가 일어나는 이유(의문점)에 대하여 설명(가설 설정)하십시오.

㉠ _____

㉡ _____

㉢ _____

③ ②에서 세운 다양한 가설 중에서 모둠원들과 토의를 통하여 가장 적합하다고 생각되는 것을 선택하자. (㉠, ㉡, ㉢ 중 하나 선택)

위와 같은 결과가 일어나는 이유는

④ _____

Fig. 6. 시범 실험 활용 과정에서 창의적 사고력 신장 모델을 활용한 대학생용 실례(강순희, 2005, p. 79)

4. POE 과정에서 활용한 실례

다음 Fig. 7의 실례는 Prediction Observation Explanation(POE) 과정에서 마지막 단계인 학생 자신이 예상한 결과와 관찰한 결과를 비교해 보면서 3가지 측면으로 설명해보게 하는 과정을 발산적 사고력과 수렴적 사고를 하도록 하고 있다. 이러한 POE 과정은 실험실 뿐만 아니라 교실 수업에서도 간단하게 활용할 수 있기 때문에, 실험을 현실적으로 하기가 힘든 고등학교용 탐구 수업 전략에 유용하며 실제로 유용하게 사용하고 있다(강순희 등, 2006b).

① 만일 한쪽 거름종이에 아세톤을 몇 방울 떨어뜨린 후 5분 정도 지난 후에 저울은 어떻게 될 것인지 예상하여 적어보자.

첫점시 저울의 양쪽에 거름종이를 올려놓고 수평을 이루게 한 다음, 한쪽 거름종이에 아세톤을 몇 방울 떨어뜨렸더니 아세톤을 떨어뜨린 거름종이 쪽으로 저울이 기울었다.

② 그렇게 생각한 이유에 대하여 설명(가설)을 3가지 이상 적어보자.

㉠ _____

㉡ _____

㉢ _____

③ 모동별 토의를 통하여 위의 가설 중 가장 합당한 가설을 한 가지 선택해 보자.(㉠, ㉡, ㉢ 중 하나 선택)

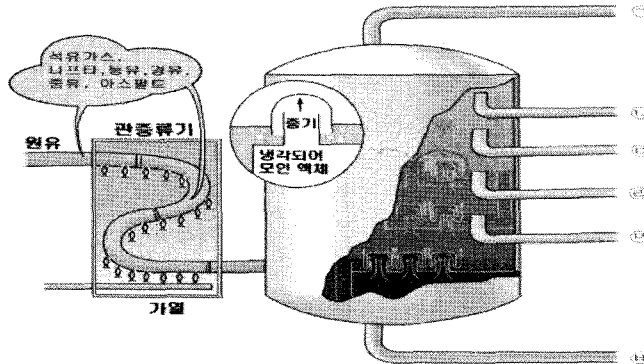
Fig. 7. POE 과정에 창의적 사고력 신장 모델을 활용한 중학교 1학년용 실례(강순희 등, 2006b)

5. 자료해석을 활용한 귀추적 과정에서 활용한 실례

실제로 고등학교에서는 실험 수업이 많이 이루어지지 못하고 있으며 따라서 활용도가 떨어지는 탐구 실험 자료를 많이 개발하는 것보다 현장 교사들이 실질적으로 사용할 수 있는 교실에서 활용할 수 있는 과학수업 지도자료를 개발하는 것이 필요하다. 따라서 현장에서 실질적으로 활용될 수 있도록 실험실이 아닌 교실에서 사용할 수 있는 자료해석을 활용한 교실용 과학수업 지도자료를 개발하였다.

자료 해석을 활용한 교실용 과학수업 지도자료에서는 중학교에 비해 가르칠 개념과 이론이 많아 실험 수업에 대해 시간적 부담을 느끼는 고등학교 현장 교사들의 상황을 고려하여 수업 내용과 관련된 자료를 제시하고 학생들의 발산적 사고와 수렴적 사고를 자극할 수 있는 질문을 던짐으로써 교실에서 탐구수업을 진행할 수 있도록 하였다. 교실 수업에서도 간단하게 활용할 수 있기 때문에, 실험을 현실적으로 하기가 힘든 고등학교용 탐구 수업 전략에 유용하며 실제로 유용하게 사용하고 있다(강순희 등, 2007c).

[자료1] 증류탑의 구조



자료 해석

원유는 [자료2]의 석유가스, 나프타, 등유, 경유, 중유, 아스팔트 등의 물질이 섞여있는 액체 상태이다. 이러한 원유를 관증류기에서 가열하면 원유의 모든 성분이 증기 상태로 된다. 이렇게 증기 상태가 된 원유의 성분들이 증류탑 안으로 들어가면 각각의 물질로 분리된다. 이처럼 증류탑은 액체 혼합물을 여러 번 증류하여 혼합물을 효과적으로 분리할 수 있도록 설계되어 있다.

[자료2] 원유의 분별 증류시 분리되는 물질의 특성

물질	탄소 수(n)	끓는점(°C)	용도
석유 가스	1 ~ 4	25°C 이하	가정용 연료
나프타	4 ~ 10	40 ~ 160 °C	자동차 연료(가솔린) 화학 공업 원료
등유	10 ~ 16	160 ~ 250 °C	항공기 연료, 가정용 난방 연료
경유	16 ~ 20	250 ~ 300 °C	버스나 트럭의 연료
중유	20 ~ 25	300 ~ 350 °C	선박용 연료, 화력 발전소의 연료
아스팔트	25 이상		도로 포장재의 원료

가설 설정

① [자료1]의 증류탑에서 가장 윗부분(㉠)에서 분리되는 물질을 [자료2]의 6가지 성분 중에서 선택하고, 그렇게 생각한 이유를 세가지 이상 적어보자.

·가장 윗부분에서 분리되는 물질은 : _____

·그렇게 생각한 이유는 :

- ㉠ _____
- ㉡ _____
- ㉢ _____

발산적 사고

② 모둠별 토의를 통하여 가장 합당한 한 가지를 선택해보자 (㉠, ㉡, ㉢ 중 한 가지 선택).

수렴적 사고

Fig. 8. 자료해석을 활용한 귀추적 과정에 창의적 사고력 신장 모델을 활용한 고등학교 화학 I에서의 실례(강순희 등, 2007c, 인쇄중)

6. 차세대 중학교 1학년 교과서에서 활용한 실례

<창의력 한 걸음> 우리들의 분자 모형 만들기

상태에 따라 물질을 이루고 있는 분자와 분자의 운동은 어떻게 다른지 토의해보자. 물질의 세 가지 상태를 잘 설명하려면 어떤 분자 모형이 좋을까? 고체 상태, 액체 상태, 기체 상태를 표현할 수 있는 우리만의 분자 모형을 만들어보자.

우리 모형 만들기

1. 물질의 상태를 나타낼 수 있는 방법을 세 가지 이상 다양하게 생각해 보자.
 (1) 분자를 어떤 모형으로 표현할 수 있을까?

①

②

③

(2) 분자의 운동은 어떻게 표현할까?

①

②

③

2. 앞의 세 가지 의견 중에서 물질의 상태를 가장 잘 설명할 수 있는 모형을 선택하자.(①, ②, ③ 중 한 가지 선택).

(1) 이 모형을 선택한 이유를 적어보자.

(2) 우리 모둠에서 만든 분자 모형을 사용하여 물질의 세 가지 상태를 표현해보자.

<고체 상태>

<액체 상태>

<기체 상태>

우리 모형을 설명하고 다른 모형과 비교하기

우리 모둠에서 만든 모형의 장단점을 설명하고 다른 모둠의 모형과 비교하여 보자.

- 우리 모둠에서 만든 분자 모형은 이런 장점이 있어요. 이런 점은 표현할 수 없어요.
- 다른 모둠에서 만든 분자 모형은 이런 장점이 있어요. 이런 점은 표현할 수 없어요.

가설
설정

발산적
사고

수렴적
사고

Fig. 9. 차세대 교과서에서 창의적 사고력 신장 모델을 활용한 중학교 과학 1에서의 실례(강순희, 박은미, 이윤하, 2008, 인쇄중)

IV. 결론 및 제언

본 주제 발표에서는 먼저 과학 교육 측면에서 필요로 하는 사고력을 정리하여 제시하였다. 창의적 사고력은 협의의 측면으로 자세하게 정의하여 제시하였고 그리고 비판적 사고력은 강한 의미의 측면으로 정의하여 제시한데 이어서 각 각의 사고력을 측정할 수 있는 검사 도구를 소개하므로 해서 현장 과학 교사와 과학 교육 연구자들의 이해를 높이는데 도움을 주려고 하였다. 이러한 연구가 시기적으로 필요한 이유는 이번에 개정된 새로운 과학과 교육과정에서 창의적 문제 해결력의 신장이 목표에 추가되어 있을 뿐만 아니라 동시에 평가도 해야 하기 때문이다.

이어서 현행 탐구 교수 전략을 수정·보완하는데 활용할 수 있는 간단한 “창의적 사고력 신장 모델”을 개발하여 Fig. 1에 제시하였다. 이 모델에는 학습을 하는 학생들로 하여금 교사가 물어보는 인과적 질문에 대하여 협의의 창의성인 발산적 사고력을 사용하여 잠정적 설명인 가설들을 한 가지가 아니라 적어도 세 가지로 다양하게 조 별 활동하면서 응답하게 한 후에, 이어서 조 별로 논의하면서 보다 더 나은 설명(가설)을 선택하도록 하는 과정에서 비판적 사고인 수렴적 사고력을 사용하도록 구성되어 있다.

이와 같은 “창의적 사고력 신장 모델”을 활용한 탐구 교수 전략을 중학교 2학년 학생들과 사범대학교 1학년 대학생들에게 적용한 결과에 의하면 비교반과 비교하였을 때 유의미하게 창의력이 신장되었음을 알 수 있었음을 보여 주었다.

더 나아가서 본 연구실에서는 이러한 연구를 할 때에 반드시 필요로 하는 연구용 창의적 사고력 검사지(가설 생성 능력 검사지)를 개발하여, 누구든지 사용할 수 있게 하기 위하여 사용 방법까지 자세하게 제시하였다.

마지막으로, 본 연구실에서 제시하는 “창의적 사고력 신장 모델”을 누구나 쉽게 활용하게 하는데 실질적인 도움을 주기 위하여 본 연구실에서 실제로 개발한 자료에서 필요한 다양한 실례들을 발췌하여 제시하였다. 본 논문에 제시하는 일곱 가지 실례들은 기존의 탐구 교수 전략에 들어 있는 인과적 질문에 대한 설명(가설)을 하도록 하는 기존의 탐구 기능을 대치하여 수정·보완하여 사용할 수 있음을 보여주는 구체적인 사례들이다.

결론적으로 본 연구에서 제시하는 실질적인 실례들을 보면 알 수 있는 것처럼 본 연구의 “창의적 사고력 신장 모델”은 “조그마한 차이”를 주는 모델이다. 우리가 개발하여 제시하는 새로운 수업 모델에는 이전의 그 것보다 아주 “조그마한 차이”만을 보여주나, 그러한 “조그마한 차이”가 있는 전략이 실제로 유의미한 효과를 보여주기도 한다는 사실을 알 수 있었다. 이러한 연구 결과로부터 우리는 누구나 어느 정도는 “창의적 잠재력”을 가지고 있고, 이러한 잠재력은 과학 교육에 의하여 개발될 수 있다고 말할 수 있다.

이어서 본 연구실에서는 이와 같이 유의미한 효과를 보여주는 “조그마한 차이”가 있는 “창의적 사고력 신장 모델”을 학교 급 별 그리고 학년 별로 다양하게 적용해 보는 연구들을 계속적으로 진행하려 하고 있다. 또한 본 연구 결과와 같이 학생들의 창의적 사고력을 신장하게 하는 전략인 “창의적 사고력 신장 모델”이 우리나라 과학 교육 현장에 실질적으로 그리고 어렵지 않게 사용되어 우리 학생들의 “창의적 잠재력”이 과학 교육을 통하여 많이 신장되기를 기대한다.

참고 문헌

강순희(2005). 탐구적 일반 화학 실험 - 우수한 과학 교사 양성을 위한. 개정판. 서울: 자유아아카데미.

강순희, 김덕희, 김효진, 박인숙, 윤이진, 이선향, 이윤하, 이은주, 홍혜인(2006a). 물질 변화에서의 규칙성, 중학교 3학년 과학탐구수업 지도자료-⑤. 서울, (주)서울멀티넷.

강순희, 박인숙, 양정은, 이윤하, 홍혜인(2006b). 가설적 사고력이 신장되도록 개발된 경험 귀추적 실험을 활용한 탐구 교수 전략의 개발 및 적용 효과, 2006년도 한국학술진흥재단 교과교육공동연구 연구보고.

강순희, 박은미, 박인숙, 안진아, 양정은, 이윤하, 홍혜인(2007a). The method of analysis on hypothetical thinking skill, 한국과학교육학회 제51차 동계학술대회 학술발표.

강순희, 박혜진, 윤현정, 이윤하, 이은주, 임정은(2007b). 산과 염기의 반응, 고등학교 1학년 과학탐구수업 지도자료-⑤. 서울, (주)서울멀티넷.

강순희, 박혜진, 윤현정, 이은주, 홍성희(2007c, 인쇄중). 고등학교 화학, 과학탐구수업 지도자료-⑤. 서울, (주)서울멀티넷.

강순희, 윤이진(2007). 가설적 사고력을 중시한 경험 귀추적 탐구 수업 전략의 적용 효과, 한국과학교육학회 제51차 동계학술대회 학술발표.

강순희, 임정은(2007). 대학교 탐구 화학 실험에서 창의적 사고력 신장 모델의 적용 효과. 한국과학교육학회 제52차 하계학술대회 학술발표.

강순희, 박은미, 이윤하(2008). 차세대 교과서 중학교 과학 1, 물질의 상태-열에너지와 분자의 운동 단원. 서울, (주)교학사.

김신자, 이인숙, 양영선(2001). 교육공학의 이론과 실제. 서울, 문음사.

김영채(2004a). 창의적 문제 해결: 창의력의 이론 개발과 이론. 서울, 교육과학사.

김영채(2004b). 사고력: 이론, 개발과 수업. 서울, 교육과학사.

김지영, 강순희(2006). 우리나라 과학 교사들의 탐구 과정의 활용 정도와 가설에 대한 인식, 한국과학교육학회지. 26(2), 258-267.

김효남, 정완호, 정진우(1998). 국가 수준의 과학에 관련된 정의적 특성의 평가 체제 개발. 한국과학교육학회지, 18(3), 357-369.

교육부(1997). 과학과 교육 과정- 제7차 교육과정-교육부 고시 제1997-15호 [별책 9]. 서울: 대한교과서 주식회사.

교육인적자원부(2007a). 초·중등 교육 과정-교육인적자원부 고시 제2007-79호. 서울: 대한교과서 주식회사.

교육인적자원부(2007b). 과학과 교육 과정-교육인적자원부 고시 제2007-79호 [별책 9]. 서울: 대한교과서 주식회사.

교육인적자원부-서울대학교 과학교육연구소(2004). 중학교 1학년 과학탐구수업 지도자료-①②③

④⑤⑥⑦⑧⑨⑩⑪⑫. 서울, (주)서울멀티넷.

교육인적자원부·서울대학교 과학교육연구소(2005). 중학교 2학년 과학탐구수업 지도자료-①②③

④⑤⑥⑦⑧. 서울, (주)서울멀티넷.

교육인적자원부·서울대학교 과학교육연구소(2006). 중학교 3학년 과학탐구수업 지도자료-①②③

④⑤⑥⑦⑧. 서울, (주)서울멀티넷.

교육인적자원부·서울대학교 과학교육연구소(2007). 고등학교 1학년 과학탐구수업 지도자료-①②

③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩⑪⑫⑬. 서울, (주)서울멀티넷.

교육인적자원부·서울대학교 과학교육연구소(2008, 인쇄중). 고등학교 2학년 과학탐구수업 지도자료-①②③④⑤. 서울, (주)서울멀티넷.

박은미(2006). 귀추에 근거한 가설-연역적 수업 프로그램이 창의적 사고와 비판적 사고 및 과학적 태도에 미치는 영향. 이화여자대학교 박사학위 논문, 부록 2.

박은미, 강순희(2006). 과학적 태도와 과학적 가설 생성 능력의 관계 분석. 교육과정평가연구. 9(2), 357-371.

박종원 (20004). 과학적 창의성 모델의 제안-인지적 측면을 중심으로. 한국과학교육학회지. 24(2), 375-386.

정진수(2004). 과학적 가설 생성에 대한 삼원 귀추 모형의 개발과 적용. 한국교원대학교 박사학위 논문, 부록 8.

한국교육과정평가원. (2002) 사고력 검사 개발 연구(II), 연구보고 RRE 2002-3.

Dale, E.(1969). Audio-visual methods in teaching(3rd ed). New York: Holt, Reinhart and Winston.

Deming, W. E. (1982). Quality, productivity, and competitive position. Cambridge, MA: MIT.

Feldhusen, J. F., & Clinkenbeard, P. R.(1986). Creativity instructional materials: A review of research. Journal of Creative Behavior, 20, 153-182.

Harrington, D. M., Block, J., & Block, J. H.(1983). Predicting creativity in preadolescence from divergent thinking in early childhood. Journal of Personality and Social Psychology, 45, 609-623.

Lawson, A. E. (1995). Science teaching and the development of thinking. Belmont, CA: Wadworth Publishing Company.

Lawson, A. E., Birk, J.P.(1994). CHEMISTRY; A Critical Thinking Approach, National Science Foundation. Printed in the United States of America.

Mansfield R. S., & Busse, T. (1981). The psychology of creativity: scientists and their work. Chicago: Nelson-Hall.

Paul, R. (1990). Critical thinking: What, Why, and how. In C. A. Barnes(Ed.). Critical thinking: Educational Imperative, ERIC.

Runco, M. A.(1999). Divergent thinking. In M. A. Runco & S. R. Pritzker(Eds.) Encyclopedia of Creativity (pp. 577~582). London: Academic Press.

Sternberg, R. J. & Davison J. E. (1995). The nature of insight(Ed.). A Bradford Book The MIT Press Cambridge, Massachusetts London, England.

Thagard, p. (1996). *Mind - Introduction to Cognitive Science*. A Bradford Book The MIT Press Cambridge, Massachusetts London, England.

Torrance, E. P. (2002/2004). Torrance TTCT(언어) A형 (김영채 역). 대구: 토란스 창의력 한국 FPSP/현곡 R&D(원저 2002).

Watson, G. & Glaser E. (1994). *Watson-Glaser Critical Thinking Appraisal*. Harcourt Brace Jovanovich, Inc.