

과학영재 교육에서 자율탐구활동의 의미와 중요성에 대한 이론적 고찰*

이효녕¹⁾ · 조현준²⁾**
(경북대학교¹⁾ · 한국교원대학교²⁾)

Theoretical Review on the Meaning and Importance of Autonomous Inquiries for the Gifted in Science Education

Hyonyong Lee¹⁾ · Hyunjun Cho²⁾
(Kyungpook National University¹⁾ · Korea National University of Education²⁾)

(Abstract)

This study was designed to raise the quality of education programs for those gifted students in science education. The authors suggest the importance of autonomous inquiries amongst various activities for those gifted in this study. For this purpose, we identified the meaning of autonomous inquiry by comparison with the open inquiry and presented the importance of the autonomous inquiries with the aim of the gifted in science education. From this, we emphasized the necessity of program development to cultivate the gifted adolescents' independence, creativity, and autonomy beyond previous programs.

Key words : gifted in science, aim of the gifted in science education, autonomous inquiry

I. 서 론

세계화와 지식정보화 사회에 접어들면서, 과학기술분야의 국가 경쟁력을 확보하기 위하여 과학 기술 분야에 창의적인 능력을 가진 인재를 필요로 하고 있다. 이에 과학 영재의 발굴과 체계적인 교육에 관심이 증대됨에 따라, 2000년에 영재교육진흥법,

2002년 4월에 영재교육진흥법 시행령이 제정되면서 과학 영재를 위한 교육이 25개 대학교 부설 영재교육원과 20개 과학고등학교를 중심으로 운영되고 있다. 또 일반학교에 설치·운영되고 있는 영재학급, 대학교 및 지역교육청에 설치·운영되고 있는 영재교육원, 영재학교의 3개 형태가 운영되고 있다(국가인적자원위원회, 2007).

* 이 논문은 2008 경북대학교 과학교육연구소의 지원을 받아 수행된 연구임.

** 교신저자 조현준(altair93@hanmail.net)

이에 만족하지 않고 국가인적자원위원회는 각 분야별 잠재능력이 큰 학생을 조기 발굴하여 체계적인 교육을 제공함으로써 국가 경쟁력을 강화하기 위해 제2차 영재교육 진흥 종합계획(안)(국가인적자원위원회, 2007)을 보고하면서, 고등학생 중심의 영재학교를 2012년까지 권역별로 4~5개로 확대 운영할 것이라 하였으며, 중학생을 중심으로 하는 영재교육원을, 초등학생을 중심으로 하는 영재학급도 각각 확대 적용하기로 하였다.¹⁾ 이에 따라, 서울시교육청도 2008년 현재 전체 학생의 0.36%인 4천9백여 명 정도의 학생에서 2012년까지 그 폭을 넓혀 1.07%선인 1만 3천 여 명 이상에게 확대 시행할 방침이라고 했다(서울특별시교육청, 2008).

이렇듯 국가·사회적 요구에 따라 영재교육기관의 팽창은 결과적으로 더 많은 프로그램의 개발을 요구하게 된다. 즉 영재가 자신의 자아실현은 물론 국가와 사회의 발전에 자신의 능력을 활용할 수 있도록 정교교육기관에서 제공되는 것 이상의 차별화된 교육 프로그램이 제공되어야 하며(권치순, 2005), 과학영재들의 교육적 요구는 물론 그들의 잠재능력(potential)이 충분히 발휘될 수 있는, 양질의 체계적인 교육프로그램이 제공되어야 한다(박수경과 김광휘, 2005; Watters & Diezman, 2003).

1) 영재학교, 영재학급에 대한 정확한 수치는 영재교육진흥종합계획(안)(국가인적자원위원회, 2007)의 p. 17을 참고하기 바람.

그러나 현재까지 과학 영재를 위한 교육기관의 양적 팽창에 관심의 초점을 두었으며 그 결과로 교육프로그램이 어떤 목적으로 어떻게 개발되고 운영되는지, 과학 영재들의 학습에 어떤 요소들이 포함되어 있는지에 대한 보고는 거의 이뤄지지 않고 있다(박지영 외, 2005). 또한, 과학 영재 교육기관에서 사용되어야 할 교육 프로그램의 목표와 내용체계 개발의 원칙, 과학 영재들에게 적합한, 제공되어야 할 방향에 대한 체계적인 연구결과들은 거의 찾아보기 힘든 것이 사실이다.

과학적 탐구활동이 영국의 Schemes of work(2002), 미국 과학교육기준(NRC, 1996, 2000) 등 세계 주요 국가들의 과학교육 핵심주제로 다뤄지고 있는 만큼, 과학 영재를 위한, 그들의 잠재능력을 발전시킬 수 있는 교육 프로그램을 개발하기 위해서는, 과학자가 실제 세계에서 발견된 의문 현상을 탐색·실험하고 보고하는 것처럼, 과학자와 같은 탐구를 할 수 있는 과학적 탐구활동에 관심을 가질 필요가 있다.

미국 과학교육기준(NRC, 1996)은 과학교육에서의 탐구가 지니는 성격을 다음과 같이 규정하고 있다.

"Scientific inquiry refers to the diverse ways in which scientists study the natural world and propose explanations based on the evidence derived from their work. Inquiry also refers to the activities of students in which they

develop knowledge and understanding of scientific ideas, as well as an understanding of how scientists study the natural world. (p. 23)"

위에서 지적하고 있는 것처럼, 과학적 탐구는 과학자들이 자연현상을 다양한 과정과 방법을 통해 나타나는 활동, 탐구를 통해 얻은 증거를 기반으로 하는 과학적 설명을 제안하는 활동이다. 또한, 학생들이 과학적 개념을 이해하고 지식을 확장시켜 나가는 활동을 의미할 뿐만 아니라, 자연현상에 대해 과학자들이 어떻게 연구하는가에 대한 이해하는 활동도 포함하고 있다. 따라서 학생들에게 자연현상을 탐색하는 과학자들의 탐구활동과 사고과정을 접할 수 있는 많은 기회를 제공하여야 한다(NRC, 2000).

그러나 과학 영재들을 위한 탐구활동은 어떠한지, 과학 영재들을 위한 과학 탐구활동의 목적은 무엇이어야 하는지에 대한 논의는 아직 활발히 이뤄지지 않고 있다.

따라서 과학영재들을 위한 교육의 질적 제고를 위해, 연구자는 이 글을 통해 과학 영재들에게 적합한 교육프로그램의 하나로 자율탐구활동의 중요성을 제안하고자 한다. 자율탐구활동의 의미를 개방형 탐구활동과의 비교를 통해 규정하고, 과학 영재의 교육목적과 관련하여 영재들을 위한 자율탐구활동의 중요성을 제시하고자 한다. 이를 통해, 과학 영재들을 위한 교육이 기존의

프로그램의 답습에서 벗어나 영재들의 독립성, 창의성, 자율성을 향상시킬 수 있는 자율탐구활동을 활용한 교육프로그램 개발의 필요성을 강조하고자 한다.

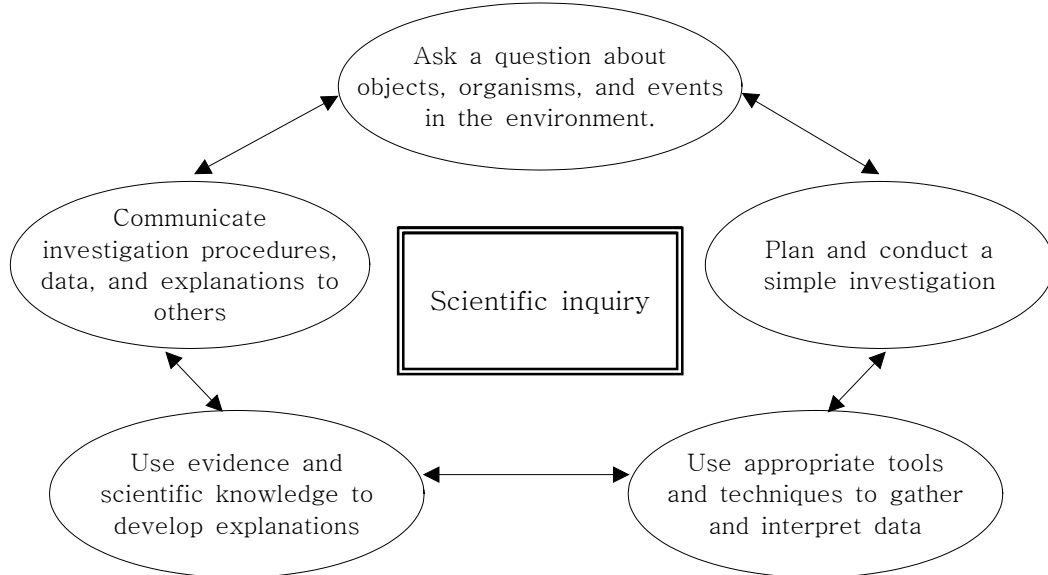
II. 개방형 탐구활동과 자율탐구활동

1. 개방형 탐구활동의 의미

미국의 『과학교육 기준』(NRC, 1996)에 따르면, 과학 탐구에 참여하는 학생들은 다섯 가지의 활동들에 참여하게 되는데 이를 도식으로 표현하면 Fig.1과 같다. 『과학교육 기준』에서는 이 활동들을 단계적 순서나 단순한 과학적 방법으로 해석되어서는 안된다고 표현하고 있으며, 오히려 과학자들이 하는 것과 같은 동료와의 토론, 관찰 등 실제적인 연구과정의 성격을 띠고 있음을 이해하여야 한다고 강조하고 있다(NRC, 1996, p. 121).

그러나 과학자가 자연세계를 연구하는 것과 같은 탐구의 형태는 매우 다양하게 나타나며, 또한 교실에서 나타날 수 있는 탐구의 형태도 매우 다양하다. 이러한 탐구의 다양한 형태는 『탐구와 과학교육 기준』에서 Table 1과 같이 제시하였다.

Table 1에서 보면, 각 영역에서 왼쪽으로 갈수록 자기주도적인 탐구의 형태를 띠고 상대적으로 교사 등 외부로부터 주어지는



<Fig. 1> Tasks of scientific inquiry (Carin et al., 2005, p. 21)

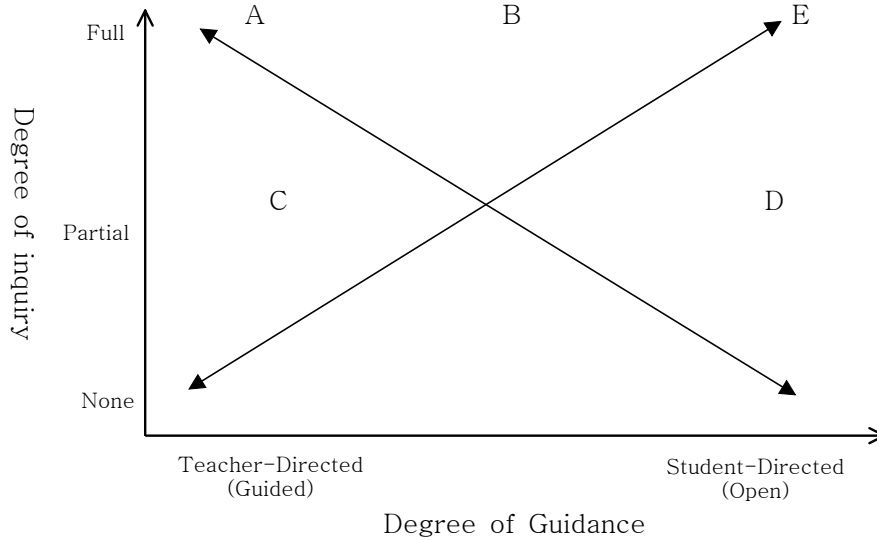
방향 지시 등의 정보가 적게 주어진다. 반면 오른쪽으로 갈수록 이와 상반되는 형태의 탐구의 형태를 띤다. 또한 “완전한(full)” 탐구의 형태와 “부분적인(partial)”인 탐구의 형태를 다음과 같이 정의하였다. 이것은 완전 탐구의 형태와 부분적인 탐구의 형태는 탐구 중심의 과학수업에 제공되는 학습 경험의 연속적 비율로 정해진다. 예를 들면, 교사교과서(또는 텍스트 자료)가 학생들의 설명을 반영하지 않고 실험을 진행한다면, 탐구의 필수적 요소가 반영되지 않은 것이므로 부분적인 탐구의 형태로 진행되는 것이다. 마찬가지로, 학생들이 의문을 생성하고 의문에 대한 설명을 만들지 않고 교사가 실험을 통해 입증하고 설명한다면 이러한 탐구도 부분적인 탐구의 형태이다.

만일, 탐구활동에서 Table 1의 탐구의 필수적 특징 다섯 가지가 모두 나타난다면, 그것을 완전한 탐구의 형태라 한다.

Brown et al.(2006)은 『과학교육 기준』과 『탐구와 과학교육 기준』에서 제시된 내용을 기준으로 탐구에 대한 다양한 측면을 제시하기 위해 Fig.2와 같이, 학교과학 탐구에 다양한 측면을 제안하였다.

<Table 1>. Essential features of classroom inquiry and their variations (NRC, 2000, p. 29)

Essential Feature	Variations				
1. Learner engages in scientifically oriented questions	Learner poses a question	Learner selects among questions, poses new questions	Learner sharpens or clarifies question provided by teacher, materials, or other source	Learner engages in question provided by teacher, materials, or other source	
2. Learner gives priority to evidence in responding to questions	Learner determines what constitutes evidence and collects it	Learner directed to collect certain data	Learner given data and asked to analyze	Learner given data and told ho to analyze	
3. Learner formulated explanations from evidence	Learner formulated explanation after summarizing evidence	Learner guided in process of formulating explanations from evidence	Learner given possible ways to use evidence to formulate explanation	Learner provided with evidence	
4. Learner connects explanations to scientific knowledge	Learner independently examines other resources and forms the links to explanations	Learner directed toward areas and sources of scientific knowledge	Learner given possible connections		
5. Learner communicate and justifies explanations	Learner forms reasonable and logical argument to communicate explanations	Learner coached in development of communication	Learner provided broad guidelines to sharpen communication	Learner given steps and procedures for communication	
	More	Amount of Learner Self-Direction	Less	Less	
	Less	Amount of Direction from Teacher or Materials	More	More	



<Fig. 2> Inquiry continuum (Brown et al., 2006, p. 799)

Fig.2에서 보는 바와 같이, 그래프의 가로축은 안내의 정도에 따라 학생주도형(개방형)과 교사주도형(안내형)으로, 세로축은 Table 1에서처럼 탐구의 필수적 특징의 반영 정도에 따라 완전 탐구의 형태(full)와 부분적 탐구의 형태(partial)로 나누었다. Fig.2의 E 지점은 거의 학생이 주도적으로 진행되는 완전한 탐구의 형태를 띠고 있다. 이 지점에서 학생들은 주제 선정, 연구 방법, 결과 해석의 모든 단계를 스스로 해 나가야 하며, 이러한 형태는 Schwab(1962)과 Herron(1971), Colburn(2000)이 제안한 개방형 탐구의 형태와 같다²⁾.

2) Domin(1999)은 결과가 미리 예측되지 않은 형태의 활동을 개방형 탐구활동(open inquiry)이라고 정의했듯이 ‘개방형 탐구’의 의미는 학자들마다 매우 다양하게 정의되며, 때론 이러한 ‘다양한’ 의미가 용어 사용의 혼란을 주기도 한다(Berg et al., 2003). 여기

이러한 형태의 탐구는 교사의 지시가 거의 없기 때문에, 학생들의 통찰과 창의적 사고에 의존되며, 학생 주도적인 활동을 하게 됨으로서 학생의 자발적인 인지 전략 및 자기 조절전략을 적극적으로 사용하여야 한다(윤초희와 정현철, 2006).

그러나 Colburn(2000)이 정의내리고 있는 개방형 탐구에 대한 속성을 살펴보면, 학교 과학교육(school science)의 속성이 분명하게 드러난다.

- Guided inquiry – The teacher provides only the materials and problem to investigate. Students devise their own procedure to

에서는 Herron(1971)의 의미로, 탐구문제, 절차와 방식, 답이 개방된 형태(Level 3)를 개방형 탐구활동이라고 보았다.

solve the problem.

- Open inquiry—This approach is similar to guided inquiry, with the addition that students also formulate their own problem to investigate. Open inquiry, in many ways, is analogous to doing science. Science fair activities are often examples of open inquiry (p. 42).
- Open inquiry—Students are given batteries, bulbs, wires, and other materials. They are instructed to investigate how bulbs light in electrical circuits (p. 43).

Colburn(2000)의 정의를 구체적으로 살펴보면, Schwab과 Herron이 정의한 형태의 학교과학교육에서의 개방형 탐구활동과 형태가 같지만, 도구나 재료가 주어진다든 점, 교실(실험실)환경에서 진행된다는 점이 전제되어 있다. 이러한 지적은 Chinn과 Malhotra(2002)에서도 뒷받침되는데, 이들은 교과서에서 발견되는 탐구의 형태는 과학 수업에서 사용되는 많은 재료와 도구들이 많이 제공된다고 하였다.

개방형 탐구활동에 대해서 알아본 것과 같이, 학교과학교육에서 일반적으로 정의되는 개방적 탐구의 의미를 영재들을 위한

자율탐구활동(autonomous inquiry)에 개방형 탐구활동이 그대로 적용되기에는 다음과 같은 한계가 있다.

2. 실제 과학탐구와 자율탐구활동

실제 과학 탐구(authentic scientific inquiry)는, 이미 서론부의 미국 과학교육기준의 예를 들어 설명했듯이, 과학자가 실제로 자신의 연구를 수행하는 동안 나타나는 탐구 활동으로서(Dunbar, 1995; Latour & Woolgar, 1986; Chinn & Hmelo-Silver, 2002) 과학교육과정에서 발견되는 탐구의 형태와는 차이가 있다(Chinn & Malhotra, 2002). 실제적인 과학 탐구는 정교한 절차와 이론을 활용하며 자료 분석과 모델링에 필요한 진보된 테크닉과 고도와 전문성이 나타나는 복잡한 형태들로 나타난다. 그들은 교과서에 제시된 탐구와 비교하기 위해 실제 탐구의 특징을 ‘자기 스스로 연구 문제를 생성하는가’에서부터 전문가가 작성한 보고서를 참고·활용하는가에 이르기까지 모두 14개의 비교되는 특징을 분석하여 제시하였다.³⁾

Table 2에서 보는 바와 같이, 실제 세계에서 탐구문제는 잘 정의되지 않은 것이며, 영재 스스로가 중요하다고 생각되는 것을 스스로 탐색해서 정의해야한다. 또한 실제

3) Chinn & Malhotra(2002)가 제시한 Table 4를 보면, 교과서 기반 탐구과제와 연구자가 개발한 탐구과제를 14개 항목별로 비교하여 실제 탐구의 특징을 제시하고 있다(pp. 201-203).

세계에서의 탐구는 새로운 이론이나 과학적 설명을 만드는데 초점이 있으며, 이에 따라 시행착오에서 나타나는 실패의 경험은 매우 중요한 의미를 가진다. 또한 실제 세계에서 탐구에 활동되는 내용과 지식들은 매우 통합적이어야 하는 특징이 있으며, 사회·경제·도덕적 이슈가 중요하게 고려될 수 있다. 따라서 이러한 구별되는 특징으로 인해 제한된 환경에서 진행되는 개방형 탐구의 형태만으로는 과학영재들을 위한, 그들의 잠재성을 키우기에는 한계가 있다.

Ⅲ. 영재들을 위한 자율탐구활동의 필요성

자율탐구활동(autonomous inquiry)은 과학철학자들 사이에서 이미 오래전부터 사용된 듯하다. 과학철학자 Windelband(1848-1915)는 자율적인 탐구활동(autonomous inquiry)로서의 철학과 사유의 중요성을 역설하였으며(Windelband & Oakes, 1980), 이 주장은 과학자의 영역에서도 그대로 적용될 수 있으며, 현재학생들에게 지식만을 전수하는 교육이 빠르게 변화하는 지식정보화 사회에서 스스로 합리적인 판단을 내릴 수 있는 시민을 양성하는 데에는 많은 한계가 있다.

따라서 과학탐구활동을 통해서 학생들에게 단순히 자연사물들이 존재하는 것을 관찰하는 것에서 벗어나 학생들이 관찰한 것

<Table 2> Comparison of school science and genuine science
(Watters & Diezman, 2003, p. 48.)

School Science	World Science
Problems are well defined and devised by teachers, curriculum designers or publishers	Problems are ill-defined and identified by practitioners—problem identification is as important as problem solution
Focus is on communicating content, facts or on testing established theories	Focus is on finding out the unknown or generating theory
There is assumed to be a right answer to a problem (failures are attributed to methodology)	Failure is important as an outcome of testing a theory—experience is the greatest teacher.
Science content is discrete based on technical rationality with systems being considered in isolation or clustered as traditional disciplines	Content is integrated and wholistic. Social, economic and ethical issues are significant considerations with reliance on skills of persuasion and argument
Individualistic focus, competitive, normative assessment	Group focus, teamwork, collaboration, authentic performance assessment
Extrinsic motivation, rewards as grades	Intrinsic motivation, joy of discovery, social status

에 대한 창의적인 설명을 하게 하는, 그러한 설명을 만들어가는 과정에서 다양한 아이디어를 생성하고 문제를 스스로 해결하게 하는 활동을 할 수 있게 하는 프로그램들에 개발되어 제시되고 있다(e.g., Bandiera & Bruno, 2006; Linn et al., 2000, 2003; Windschitl & Buttemer, 2000). 특히 Linn et al.(2000)은 과학탐구활동 개발의 원리에서 ‘자율탐구활동 촉진하기 위해서’라는 문장을 명시함으로써 스스로 탐구를 수행할 수 있는 능력을 향상시킬 것을 강조하고 있다.

특히, Hickey(1988)가 델파이연구를 통해 11개의 초등수준에서의 영재교육 목표 중에서 세 개의 합의된 영재들을 위한 상위의 교육목적을 국제적인 학술지에 제안한 이후 관련 연구들이 꾸준히 발표되고 있는데, 이들을 요약하자면, 영재 교육의 목적은 과학자와 같은, 실제 탐구(authentic inquiry)활동에서 독립적(independence)이며 창의적(creativity)이며 자율적(autonomy)으로 탐구할 수 있는 능력을 갖춘 학습자를 양성하는 것에 초점을 두고 있다(Treffinger, 1975; Betts, 2004; Watters & Diezmann, 2003). 이러한 영재의 잠재능력 개발을 위한 교육적 목적과 필요성을 바탕으로 영재들의 자율성 향상을 위한 프로그램 개발에 관한 노력은 더욱 절실하다 하겠다.

특히 Betts & Neihart(1988)는 몇 년간에 걸쳐 영재에 관한 문헌과 그들의 행동특성을 분석한 결과, 영재들의 6개 유형을 발견

하였다. Betts과 Neihart의 연구결과에 따르면, 그중 가장 많은 비율을 차지하는 Type I (The successful)의 영재학생들은 학교에서 제공되는 교육과정에 충실히 적용하고 높은 성취를 보이지만, 자율성에 필요한 기능과 태도를 학습하는 데에는 실패한다. 오히려 거의 소수에 불과한 Type VI (The autonomous learner)의 영재학생들은 Type I의 학생들처럼 높은 성취와 흥미를 보이지만, Type I의 학생들과는 달리 자기 스스로 새로운 기회를 만들기 위한 다양한 노력들을 보이며, 자신의 생활 속에서 자기 스스로 변화할 수 있는 것들을 스스로 변화시키며 적절하고 자유롭게 자신의 목표를 이뤄나가는 특성이 있다. 이러한 연구결과를 바탕으로 Betts과 그 동료들은 자율적 연구능력을 갖춘 영재들을 키우기 위해 자율적 학습자 모델(The Autonomous Model) 프로그램을 꾸준히 제기하고 있다(e.g. Betts, 1985, 1986, 2004; Betts & Kercher, 1999; Betts & Neihart, 1986, 1988).

따라서 영재들은 그들이 타고난 잠재능력을 발휘할 수 있도록, 스스로 관찰된 현상에 대해 의문을 품고, 그 의문에 대해 자발적이며 능동적으로 독립적인 탐구활동을 통해 의문을 해결할 수 있는 능력을 발전시킬 기회가 제공되어야 하며, Perelman (1992)이 말한 것과 같이,

“Research proves that the most effective human learning actually takes

place in the context of real-life experience, not in classroom(Perelman, 1992, p. 129)”

영재들에게 필요한 탐구의 세계는, 학교 과학탐구와 실제 세계에서 탐구는 Table 2와 같은 차이가 있으므로, 실제 세계에서 진행되는 탐구활동이어야 한다.

Watters와 Diezman(2003)은 과학 영재들의 독립성, 창의성, 자율성을 기르기 위해 Collins et al.(1989)의 전략을 수정하여 Table 3과 같은 인지적 도제 프로그램을 제안하였다. Table 3을 보면, 과학 전문가로서의 교사를 모델링함으로써 과학적 탐구에 대한 기초적인 방향을 설정하도록 도움을 제공한다. 그리고 지속적인 지도

(coaching)와 스캐폴딩(scaffolding)을 제공한다. 그 이후 학생이 자신의 영역에서 알게 된 지식과 과정을 분명하게 표현할 수 있도록 지도하며(articulation), 다른 학생들의 탐구과정과 비교하여 반성하는 기회를 제공하고(reflection) 궁극적으로 학생이 독립적으로 새로운 문제에 대해 탐구할 수 있는 능력을 키우도록 하게 하는 전략이다.

따라서 과학영재들에게 제공되는 자율탐구활동은 학교에서 제공되는 탐구활동처럼 영재들이 실제 세계에서 탐구할 수 있도록 적절한 안내와 모델링, 스캐폴딩(scaffolding)을 제시해 주어야 하며, 궁극적으로 실제 세계에서 스스로 탐구할 수 있도록 적용할 수 있는 기회, 그리고 궁극

<Table 3> Elements of cognitive apprenticeship (Watters & Diezman, 2003, p. 50.)

Modelling	teacher demonstrates the thought processes in expert performance	Teacher: <i>I think that I would do it this way, let's try this, I know how to do it... I wonder why it is like that?</i>
Coaching	teacher focuses on helping with problems while students are in the process of problem solving	Teacher: <i>You are going well, Nearly there,</i>
Scaffolding	teacher provides external problem solving support which is slowly withdrawn as students become more competent	Teacher: <i>Well first what do we know? The first step is to check...</i>
Articulation	students verbalize or demonstrate their own knowledge and processes in a domain	Teacher: <i>Tell me about what you have done? Why is it like that? How do you know that is right?</i>
Reflection	students compare problem solving processes with peers or adult model	Students: <i>How did you do it? I did it this way</i>
Exploration	students seek out independently new problems	Opportunity and encouragement to explore

적으로 자신이 직접 설계하여 진행하는 능력을 기를 수 있는 형태로서, 영재가 자율적으로 연구를 계획하고 진행하는 활동이다. 자율탐구활동기간 동안 지도교사는 직접적인 지시가 아닌 영재와의 상호작용을 통한 비지시적인 안내가 제공되며, 연구결과물의 발표로서 자율탐구활동의 한 주기(cycle)가 종료된다. 이를 학교 과학탐구와 실제과학탐구의 연속선상에서 비교하면 Fig. 3과 같이 나타낼 수 있다.

IV. 제안: 연속적 탐구활동 수행을 통한 자율탐구활동 능력 개발

자율탐구활동 능력을 습득하기 위해서는 먼저, 탐구의 의미와 요소에 대한 기본적인 지식과 실험실습에 대한 안내가 선행되어야 하며, 이러한 형태를 Fig. 3과 같이 나타내었다. Fig. 3을 살펴보면, 세로축에는 구성요소와 가로축에는 탐구활동의 다양한 형태가 연속적으로 제시되고 있다. 왼쪽의 구성요소는 과학자의 연구과정에 기반을 둔 탐구 과정 모형(Yang et al., 2007)을 기초로 구성된 것이며, 과학탐구활동의 핵심적 과정으로 여겨지는 결과 보고 및 논증을 위한 단계(Norris & Phillips, 2003; Watson et al., 2004)로 총 5개의 요소로 구성되었다. Fig. 3에서는 Yang et al.의 연구(2007)와는 다르게 실험도구 및 재료를 설계단계에, 실험결과 해석 및 가설 평가 부분을 결론도출

에 같이 제시하여, 학생들에게 구분하여 지도될 수 있도록 제시하였다.⁴⁾ 각 구성요소에 대한 설명은 다음과 같다.

- **의문 생성 및 가설 생성 단계:** (자연) 현상에 대한 인과적 의문을 생성하고, 생성된 인과적 의문에 대한 과학적 가설을 생성하도록 하는 단계이다.

- **재료 및 도구 탐색/설계 단계:** 주어진 가설을 검증하기 위해, 도구와 재료를 바탕으로 실험을 설계하는 단계로서, 통제된 실험을 수행한다면 독립변인과 종속변인의 관계를 파악할 수 있도록 지도해야 한다.

- **실험 단계:** 계획된 설계를 바탕으로 실험을 수행하거나 자료를 수집하는 단계로 이 과정에서는 관찰과 측정 등 직접적인 실험 수행과 관련된 기초 및 통합 탐구 기능 요소에 대한 충실한 지도가 이루어져야 한다.

- **결과 해석-평가/결론 단계:** 수집된 자료를 바탕으로 가설에 대한 논리적 수락/기각을 평가하는 단계로서 가설이 기각될

4) Fig. 3의 세로축 구성요소는 프로그램 개발자의 필요성에 의해 다른 구성요소가 추가되거나 대체될 수 있다. 또한 본 논문에서 제시된 구성요소와 교사주도의 탐구활동, 교사-학생 협력의 탐구활동, 학생주도의 탐구활동의 영역은 프로그램 개발자의 필요에 의해 변경될 수 있다. 다만, 본 연구에서는 탐구에 익숙치 않거나 탐구를 수행하지 못해본 영재/일반학생들에게 처음부터 개방형 탐구 또는 자율탐구의 형태를 지도하는 것이 아니라 기초부터 순차적으로 지도해야 한다는 것을 강조하고자 한다.

경우 앞의 여러 단계 중 판단에 의해 어떤 단계로 이동할 것인지를 지도해야 한다. 또한 통합 탐구 기능 요소 중 자료 변환 등에 관한 지도가 이루어져야 하는 단계이다.

- **결과 보고단계:** 일련의 탐구과정에 대한 요약을 제시하며, 자신의 연구가설과 과정, 결과 및 결론에 이르는 과정을 일목요연하게 발표하고 다른 이들로부터 자신의 과정과 결과를 평가받는 단계이다. 이 단계를 통해, 자신의 연구과정에 대한 반성적 사고를 수행할 수 있도록 하며, 다른 이들과의 과학적 의사소통하는 능력을 기를 수 있도록 해야 한다.

또한 가로축을 살펴보면, 강의와 요리책식 활동, 안내된 탐구활동, 개방형 탐구활동의 학교과학탐구활동의 유형과 실제 세계에서 자율탐구활동이 제시되어 있다. 가로축의 탐구 스펙트럼에 대한 설명은 다음과 같다.

먼저, 탐구에 대한 경험이 없거나 시작 단계에 있는 사람들에게는 과학적 탐구의 의미와 탐구의 여러 유형, 기초 및 통합 탐구 기능 요소들에 대한 기본적 의미를 명확하게 이해할 수 있도록 적절한 안내가 제공되어야 한다는 것이다. 충분한 이해를 바탕으로 자신이 어떻게 수행해야 할지, 자신의 수행하는 것이 어떤 의미가 있는지에 대해 충분한 이해는 과학적 탐구 결과의 질을 크게 좌우할 수 있기 때문이다(Grossman, 1990). 탐구에 대한 기본적인 이해를 바탕으로, 교사의 계획과 지시에 의해 직접 실험

활동을 수행해보도록 지도한다. 그러나 강의와 요리책식 실험활동의 형태는 교사에 의해 수행되는 hand-on 활동으로서 과학적 탐구의 본성을 반영하지 못하지만, 이 단계는 강의와 요리책식 실험활동을 수행한 이후, 탐구의 대한 기본적 이해와 기본적인 실험경험을 토대로 안내된 탐구를 진행하기 위한 기초단계로 진행될 필요가 있다.

탐구와 실험도구 및 실험활동에 대한 기본적인 이해를 바탕으로 탐구의 구성요소 중 특정 단계를 교사의 협조아래 학생이 수행할 수 있는 안내된 탐구활동을 진행하며, 점차 영재 및 일반학생 스스로 도전할 수 있는 기회를 전체단계로 확대해 학생 스스로 탐구를 진행할 수 있는 능력을 키울 수 있도록 한다. 특히 실험설계 부분에 대해서는 학생들이 매우 어려워하는 부분이므로(최옥자 외, 2000; 황성원 등, 2001; Chinn & Brewer, 1993; Germann et al., 1996), 학교과학실험수업에서 학생들에게 실험설계의 기회가 제공되지 않기 때문에(양일호 외, 2006a, 2006b) 교사는 계속적으로 학생과의 상호작용을 통해 타당한 실험을 위한 설계가 되도록 세심한 지도가 필요한 부분이다. 과학에서 가장 창의적인 절차 중의 하나인 실험설계를 학생들에게 제대로 가르치지 않으면 학생들이 스스로 실험을 설계할 수 있는 능력이 길러지기 어렵기 때문이다(Millar et al., 1998).⁵⁾

5) 학생들의 실험 설계 능력을 향상시키기 위한 지도 및 평가 방법은 Germann 등(1996)과 Tamir 등(1982)의 논문을 참고바람.

최종적으로 개방형 탐구활동 내지는 자율탐구 활동을 수행할 수 있는 능력을 습득할 수 있도록 연계적으로 지도하도록 안내하며, 궁극적으로 학생이 스스로 과학 탐구를 설계하고 운영할 수 있는 능력을 기를 수 있도록 한다.

다만, 탐구를 지도하는 교사들은 어떠한 형태의 탐구이든, 또는 어떠한 구성요소를 지도하든 학생들이 탐구를 적절히 수행할 수 있도록 학생들에게 적절한 가이드와 탐구의 초점, 적절한 격려 등의 스케폴딩을 제공해야(NRC, 1996)하는 것에 유의하여야 한다.

지금까지 자율탐구활동의 의미와 필요성을 바탕으로, 자율탐구활동 능력 습득을 위한 연속적 탐구활동교육에 대한 틀을 제안하였다. 이러한 자율탐구활동의 중요성은, 특히 야외학습활동을 강조하는 지구과학영역에서 더욱 강조될 수 있으며, 야외학습활동은 교실 실험활동과 함께 국제지구과학 올림피아드 위원회가 강조하는 교육적 원리이기도 하다(International Earth Science Olympiad, 2008). 따라서 지구과학 분야 영재들에게 더욱 자율탐구활동 능력 향상을 위한 프로그램 개발을 위한 연구가 진행될 필요가 있다.

이미 선진국에서는 과학영재들을 위한

Types of inquiry		Classroom Inquiry in School Science					Autonomous inquiry in Genuine world
		Lecture	Cookbook Lab-work	Guided Inquiry			
Components				adaptation	↔	challenge	Student-Directed
Leading process ↓	Questioning & Hypothesizing						
	Materials	Teacher					
	Designing						
	Experiment /Investigation			Teacher & Students			Students
	Interpreting/ Evaluating						
	Concluding						
	Reporting						

<Fig. 3> Inquiry continuum

교육 전략들이 상당한 발전을 이뤄왔다고 보고되고 있다(Heller et al., 2000). Betts(1985)는 자율적 학습자 모델(The autonomous learner model)을 다섯 가지 주요 차원으로 제시한 바 있다. 그는 이 모델을 통해, 영재들을 탐구 기능과 개념, 긍정적 태도를 가진 독립적 학습자, 자기주도적 학습자로의 성장을 촉진하는데 목적이 있다고 제시하였으며(Betts & Kercher, 1999), 그 이후 다양한 프로그램들을 개발하여 제공하고 있다.

그러나 우리나라는 아직 과학영재 교육을 위한 프로그램 개발에 관한 연구는 매우 미비한 실정이다. 우리나라의 영재교육원 등에서 현재 개발 운영되고 있는 과학영재 교육프로그램이나 교재는 이론적, 경험적 검증 없이 투입되고 있고 그 효과에 대해서도 확인되지 않고 있다(최호성, 2001; 서혜애와 이선경, 2004). 특히, 서울특별시 교육연구원 영재교육지원센터(2004)의 보고에 따르면,

“초등학교, 중학교, 고등학교에 비해 초등학교 교육 자료는 비교적 양호하게 구성되어 있어서 소기의 성과를 이루기에 충분하다고 사려되지만 고등학교 교육자료의 경우에는 참신성이 떨어지고 기존의 교육프로그램과 차별화가 되지 못하고 있다(p. 248).”

고 지적하고 있다. 또한 실제로 과학영재 교육이 과학자와 같은 실제 탐구의 경험을 제공하지 못하고 있기 때문이다(류지영, 2003).

이러한 가운데 서울시 영재교육원은 영재 교육 프로그램에 대한 표준안을 프로그램의 목표, 프로그램의 내용, 교수학습 방법, 평가 부분으로 나누어 제시하는 노력을 보이고 있으나(pp. 27-48), 목표에서 ‘목표를 명확하게 제시하여야 한다’, ‘일반학생과 차별화되어야 한다’, 내용영역에서 ‘속진/심화/차별화가 반영되어야 한다’, ‘창의성, 문제해결력을 함양할 수 있어야 한다’는 일반론적 내용을 기술하고 있어 여전히 영재들에 대한 구체적인 교육 목적이 제시되지 않음은 물론 ‘어떤 내용’을 ‘어떻게’, ‘영재들의 어떤 능력을 함양시킬 수 있는 프로그램’이어야 하는가에 대한 시사점은 얻기 힘들다.

따라서 국가적으로 영재교육의 양적 확대를 꾀하고 있는 지금, 과학영재들을 위한 궁극적 교육의 목표를 탐색하는 것은 물론, 그들의 잠재력이 효과적으로 발현될 수 있는 독립적, 창의적, 자율적 탐구능력을 기를 수 있는 자율탐구활동 프로그램 개발에 관한 연구에 관심과 노력을 기울여야 할 때이다.

〈참고 문헌〉

- 국가인적자원위원회 (2007). 제2차 영재교육진흥종합계획('08-'12)(안).
- 권치순 (2005). 초등과학 영재교육의 방향과 과제. 초등과학교육학회지, 24(2), 192-201.
- 류지영 (2003). 효과적인 초등학교 영재교

- 육을 위한 심화학습 프로그램의 개선에 관한 연구. *교육과정연구*, 21(3), 433-452.
- 박수경, 김광휘 (2005). 과학 영재학생의 사고 양식 유형과 학업성취 및 과학 개념과의 관계 분석. *한국과학교육학회지*, 25(2), 307-320.
- 박지영, 이길재, 김성하, 김희백 (2005). 과학영재교육 프로그램 분석 모형의 고안과 국내의 과학영재를 위한 생물프로그램의 실태 분석. *한국생물교육학회지*, 33(1), 122-131.
- 서울특별시교육연구원 영재교육지원센터 (2004). 영재교육의 현황과 전망. 서울특별시교육연구원 영재교육지원센터.
- 서울특별시교육청 (2008). 제2차 영재교육 발전계획('08-'12)(안).
- 서혜애, 이선경 (2004). 초등 과학영재수업의 교수·학습 실태 분석. *초등과학교육*, 23(3), 219-227.
- 양일호, 정진우, 김영신, 김민경, 조현준 (2006a). 중등학교 과학 실험 수업에 대한 실험 목적, 상호작용, 탐구 과정의 분석. *한국지구과학회지*, 27(5), 509-520.
- 양일호, 정진우, 허명, 김영신, 김진수, 조현준, 오창호 (2006b). 초등학교 실험 수업 분석. *초등과학교육*, 25(3), 281-295.
- 윤초희, 정현철 (2006). 과학 영재의 과학탐구 능력 관련 변인에 대한 경로분석: 숙달목표, 자기효능감, 자기조절전략 및 탐구 수업을 중심으로. *교육심리연구*, 20(2), 321-339.
- 최옥자, 김효남, 백성혜 (2000). 초등학교 5학년 자연과 실험 수업에 대한 문화기술적 연구. *초등과학교육*, 18(2), 35-46.
- 최호성 (2001). 영재교육 프로그램의 개발: 반성과 비전. 2001년 한국 영재학회 춘계 세미나 자료집, 3-23.
- 황성원, 김희경, 유준희, 박승재 (2001). 중학교 3학년 학생들의 개방적 탐구에서 과학적 탐구 기능에 대한 자기 평가 수행 분석. *한국과학교육학회지*, 21(3), 506-515.
- Bandiera, M., & Bruno, C. (2006). Active/cooperative learning in schools. *Journal of Biological Education*, 40(3), 130-134.
- Berg, C.A.R., Bergendahl, C.B., & Lundberg, B.K.S. (2003) Benefiting from an open-ended experiment? A comparison of attitudes to, and outcomes of, an expository versus an open-inquiry version of the same experiment. *International Journal of Science Education*, 25(3), 351-372.
- Betts, G.T. (1985). The autonomous learner model: For the gifted and talented. ALPS Publishing.
- Betts, G.T. (1986). The autonomous learning model for the gifted and talented. In J. Renzulli (ed.) *Systems and models for the gifted and talented*.(pp. 27-56.) Creative Learning

- Press.
- Betts, G.T. (2003). The autonomous learning model for high school programing. *Gifted Education Communicator*, fall/winter, 38-61.
- Betts, G.T. (2004). Fostering autonomous learners through levels of differentiation. *Roepers Review*, 26(4), 190-191.
- Betts, G.T., & Kercher, J.K. (1999). The autonomous learner model: Optimizing ability. ALPS Publishing.
- Betts, G.T., & Neihart, M. (1986). Implementing self-directed learning models for the gifted and talented. *Gifted Child Quarterly*, 30(4), 174-144.
- Betts, G.T., & Neihart, M. (1988). Profiles of the gifted and talented. *Gifted Child Quarterly*, 32, 248-253.
- Brown, P.L., Abell, S.K., Demir, A., & Schmidt, F.J. (2006). College science teachers' views of classroom inquiry. *Science Education*, 90(5), 784-802.
- Carin, A.A., Bass, J.E., & Contant, T.L. (2005). Teaching science as inquiry (10th ed.). Pearson Education, Inc.
- Chinn, C.A., & Brewers, W.F. (1993). The role of anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science instruction. *Review of Educational Research*, 63, 1-51.
- Chinn, C.A., & Hmelo-Silver, C.E. (2002). Authentic inquiry: Introduction to the special section. *Science Education*, 86(2), 171-174.
- Chinn, C.A., & Malhotra, B.A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluation inquiry tasks. *Science Education*, 86(2), 175-218.
- Colburn, A. (2000). An inquiry primer. *Science Scope*, 23(6), 42-44.
- Collins, A., Brown, J.S., & Newman, S.E. (1989). Cognitive apprenticeship: Teaching the crafts of reading, writing, and mathematics. In L.B. Resnick (ed.), *Knowing, learning, and instruction: Essays in honor of Robert Glaser*. (pp. 453-494) NJ: Lawrence Erlbaum.
- Domin, D.S., 1999, A review of laboratory instruction styles. *Journal of Chemical Education*, 76, 543-547.
- Dunbar, K. (1995). How scientists really reason: Scientific reasoning in real-world laboratories. In R.J. Sternberg and J.E. Davidson (eds.), *The nature of insight*. (pp. 365-395) Cambridge: MIT Press.
- Germann, P.J., Aram, R., & Burke, G. (1996). Identifying patterns and relationships among the responses of seventh-grade students to the

- science process skill of designing experiments. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(1), 79-99.
- Grossman, P.L. (1990). The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education. NY: Teachers College Press.
- Heller, K.A., Mönks, F.J., Sternberg, R.J., & Subotnik R.F. (2000). International handbook of giftedness and talent, (2nd ed.). Amsterdam: Elsevier.
- Herron, M.D. (1971). The nature of scientific enquiry. *School Review*, 79(2), 171- 212.
- Hickey, G (1988). Goals for gifted programs: Perceptions of interested groups. *Gifted Child Quarterly*, 32(1), 231-233.
- International Earth Science Olympiad (2008). International Earth science olympiad: Goals, objective and syllabus. http://www.kess64.net/inter/sub1_3.php p. (검색일 2008. 5. 25.)
- Latour, B., & Woolgar, S. (1986). Laboratory life: The construction of scientific fact (2nd Ed.). NJ: Princeton University Press, Princeton.
- Linn, M.C., Clark, D., & Slotta, J.D. (2003). WISE design for knowledge integration. *Science Education*, 87, 517-538.
- Linn, M.C., Slotta, J.D., & Baumgartner, E. (2000). Teaching high school science in the information age: A review of courses and technology for inquiry-based learning. <http://www.mff.org/pubs/HSscience.pdf>. (검색일: 2008. 5. 20.)
- Millar, R., Le Maréchal, J-F., & Tiberghien, A., (1998). A map of the variety of labwork. Working Paper 1 from the European project Labwork in Science Education(Targeted Socio-Economic Research Programme, Project PL 95-2005).
- National Research Council (1996). National science education standards. Washington, DC: National Academy of Science Press.
- National Research Council (2000). Inquiry and the national science education standards. Washington, DC: National Academy of Science Press.
- Perelman, L.J. (1992). School's out: Hyperlearning, the new technology and the end of education. NY: William Morrow.
- Schemes of work, UK. (2002). Department for Education and Skills: The Standards Site, Science at key stages 1 and 2. <http://www.standards.dfes.gov.uk/schemes2/science/teaching?view=get> (검색일 2007. 7. 10)
- Schwab, J.J., (1962). The teaching of

- science as enquiry. In J.J. Schwab & P.F. Brandwein (Eds.). The teaching of science. (pp. 3-103) Cambridge: Harvard University Press.
- Tamir, P., Nussinovitz, R., & Friedler, Y. (1982). The design and use of practical tests assessment inventory. *Journal of Biological Education*, 16, 42-50.
- Treffinger, D.J. (1975). Teaching for self-directed learning: A priority for the gifted and talented. *Gifted Child Quarterly*, 12(1), 46-59.
- Yang, I.-H., Oh, C.-H., & Cho, H. (2007). Development of the scientific inquiry process model based on scientists' practical work. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 27(8), 754-772.
- Watters, J.J., & Diezmann, C.M. (2003). The gifted student in science: Fulfilling potential. *Australian Science Teachers Journal*, 49(3), 46-53.
- Windelband, W., & Oakes, G. (1980). History and natural science. *History and Theory*, 19(2), 165-168.
- Windschitl, M., & Buttemer, H. (2000). What should the inquiry experience be for the learner? *The American Biology Teacher*, 62(5), 346-350.
- Norris, S.P., & Phillips, L.M. (2003). How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. *Science*

Education, 87, 224-240.

- Watson, J.R., Swain, J.R.L., & McRobbie, C. (2004). Students' discussions in practical scientific inquiries. *International Journal of Science Education*, 26(1), 25-45.

요 약

이 연구는 영재교육기관의 양적 팽창 중심의 현실 속에서 과학영재들을 위한 교육 프로그램의 질 제고를 위해 계획되었다. 저자는 이 글을 통해 과학 영재들에게 적합한 교육프로그램의 하나로 자율탐구활동의 중요성을 제안하고자 한다. 이를 위해 개방형 탐구활동과 비교를 통해 자율탐구활동의 의미를 규정하고, 과학 영재의 교육목적과 관련하여 영재들을 위한 자율탐구활동의 중요성을 제시하였다. 이를 통해, 과학 영재들을 위한 교육이 기존 프로그램의 답습에서 벗어나 영재들의 독립성, 창의성, 자율성을 향상시킬 수 있는 교육프로그램 개발의 필요성을 강조하고자 하였다.

주요어: 과학 영재, 과학 영재교육의 목적, 자율탐구활동

2008년 11월 09일 접수

2008년 12월 14일 수정원고 접수

2008년 12월 15일 채택