이해와 검토 단계를 강조한 비유 실험 설계 전략을 활용한 탐구수업에서 나타나는 과학영재 사이의 언어적 상호작용 분석

유지연 · 노태희*
서울대학교

An Analysis of Verbal Interaction among Science-Gifted Students in Inquiry Learning Based on Analogical Experimental Design Strategy Emphasizing Understanding and Checking Stages

You, Jiyeon · Noh, Taehee*
Seoul National University

Abstract: In this study, we developed an analogical experimental design strategy emphasizing understanding and checking stages and applied it to four groups consisting of 7th grade science-gifted students. We classified the patterns of experimental design processes and analyzed the verbal interactions among the science-gifted students at the levels of turn and interaction unit. The analyses of the results reveled that three groups were relevant to reinitiated motion and the other to backward-divergent motion. In the analyses of turn and interaction unit, the frequencies of the statements related to the task were high, especially 'making suggestion' and 'elaborated symmetrical interaction.' The analyses for each stage of strategy indicated that the frequencies of 'explain,' 'question,' and 'cumulative interaction' at understanding stage were high. At designing stage, the frequencies of 'making suggestion,' 'cumulative interaction,' and 'disputative interaction' were found to be high. At checking stage, 'making suggestion,' 'receiving opinion,' and 'disputative interaction' were high. In the comparison of the patterns, the qualitative differences among interaction unit were found at all the stages, whereas there were differences only between designing and checking stages in the turn cases. Educational implications of these findings are discussed.

Key words: analogical experimental design strategy, verbal interaction, science-gifted student

Ⅰ. 서 론

과학영재 교육은 비판적이고 창의적인 사고를 통해 지식을 창출할 수 있는 자기 주도적인 탐구자 양성에 목적을 두고 있다. 이에 과학 내용지식과 과정지식을 결합하여 문제를 해결하는 과정에서 창의적 사고를 포함한 고차원적 사고력을 활용할 수 있는 탐구 학습이 강조되고 있다(박종원, 2004; NRC, 2000). 그러나 현재 과학영재 교육에서 이루어지고 있는 탐구 학습은 주어진 실험의 절차를 그대로 따라하는 활동 위주로 진행되는 경향이 있어 학생들이 논리적이고 비판적으로 사고할 수 있는 기회를 제한하는 경우가 많다(박지영 등, 2005; 양일호 등, 2006; Watson *et al.*, 2004). 따라서 학생들이 탐구 문제를 스스로 인식하거나 재정의하고, 문제 해결을 위한 실험을 직접 설계하는 등의 보다 개방적이고 학습자 주도적인 활동을 통해 과학영재의 고차원적 사고력을 향상시킬 수 있는 탐구 학습의 기회를 제공할 필요가 있다.

그 일환으로, 비유 실험을 활용한 탐구학습이 제안되었다(유지연 등, 2011). 이는 목표 문제 상황과 연관된 비유 상황에서 과학영재 학생들이 문제 해결을 위한 실험을 설계하고 비유물을 조작하여 실험을 수행하는 비유 실험 활동을 실시하고, 이러한 탐구과정을 목표 문제 상황에 전이하여 보다 창의적인 실험 설계를 수행할 수 있도록 하는 수업전략이다. 이와 같이 실험을 설계하기 전에 제공되는 유의미한 사전활동의 기회는 실험 설계 과정에서 창의적인 사고를 증진시킬 수 있는 것으로 보고된 바 있다(Darius *et al.*,

*교신저자: 노태희(nohth@snu.ac.kr)
**2012.01.30(접수) 2012.03.19(1심통과) 2012.05.04(2심통과) 2012.06.08(3심통과) 2012.06.12(최종통과)
***이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단 기초연구사업의 지원을 받아 수행된 연구임(2011-0002648).

2007). 즉, 과학영재 학생들은 비유적 추론의 과정을 통해 다양한 관점에서 사고하게 되므로 연관적 사고뿐 아니라 확산적 사고가 촉진될 수 있다. 또한 비유 실험 상황과 탐구 문제 상황을 대응시키며 실험 설계를 점검하고 정교화하는 과정에서 분석적 사고도 함께 촉진될 수 있을 것이다. 따라서 비유 실험을 활용한 실험 설계 전략은 과학영재의 창의성 계발을 위한 효과적인 탐구 학습 전략으로 활용될 수 있다.

그러나 비유 실험을 활용한 탐구학습에서 과학영재 학생들의 실험 설계 과정을 심층적으로 분석한 선행연구(유지연 등, 2011)에 따르면, 과학영재 학생들이 비유 실험의 활용에 다소 어려움을 겪는 것으로 나타났다. 또한 비유 실험의 활용 수준이 과학영재의 창의적 사고 및 실험 설계 수행에 영향을 미칠 수 있는 것으로 나타났다. 즉, 비유 실험에 대한 이해가 미흡하거나 목표 문제 상황과의 대응 수준이 피상적일 경우, 실험 설계 과정에서 새로운 관점을 형성하는데 시행착오를 겪거나 필요한 과정요소를 고르게 고려하지 못하여 실험을 정교하게 설계하지 못하는 것으로 나타났다.

따라서 과학영재 학생들이 비유 실험을 보다 효과적으로 활용할 수 있도록 돕기 위해서는 비유 실험에 대한 이해를 보다 명확히 하고, 비유 실험 상황과 목표 실험 상황의 속성 간의 유사점 및 차이점을 점검할 수 있는 명시적이고 체계적인 단계를 강조한 수업 전략을 개발하여 제공할 필요가 있다. 우선, 학생들이 제시된 비유를 충분히 이해하지 못하는 경우 목표 상황으로의 전이가 제대로 일어나기 어렵기 때문에 비유 사용의 효과가 제한될 수 있으므로(Bryce & MacMillan, 2005; Paatz *et al.*, 2004), 비유 실험 상황에 대해 확실하게 이해하도록 하는 것이 중요하다. 또한 학생들이 두 상황에 내재된 속성 및 관계를 명확히 비교하여 대응시킬 수 있도록 함으로써, 지식을 목표 문제 상황으로 전이시킬 수 있는 비유적 사고를 촉진시킬 필요가 있다(Richland *et al.*, 2007). 이러한 대응과정이 잘 이루어지지 않을 경우 비유의 사용이 오히려 학습을 방해할 수 있기 때문이다(Orgill & Bodner, 2004; Taber, 2001).

한편, 일반 학생에 비해 인지적 능력이 뛰어난 과학영재라 할지라도 실험 설계 과정에서 자신의 생각을 반성적으로 점검하고 평가하기 위한 준거를 마련하는데 익숙하지 않아 설계한 실험을 체계적으로 검토하지 못하는 것으로 나타났다(류설진, 2009; 유지연 등, 2011). 학생들이 자신의 사고과정을 보다 효과적으로 점검하도록 하기 위해서는 자신의 주장이나 관점을 공유하고 평가해줄 수 있는 교사나 동료와의 상호작용을 통한 학습이 효과적인 것으로 보고되고 있다(Anderson *et al.*, 2001). 그 중에서도 동료와의 상호작용에서는 교사와의 상호작용에 비해 학습자가 주도적으로 논의를 이끌어 갈 수 있을 뿐 아니라, 의견을 제시하거나 질문하는데 있어 두려움이 적기 때문에 보다 활발한 상호작용이 유발될 수 있다(Lou *et al.*, 2001). 즉, 소집단 활동 과정에서 과학영재 학생들은 동료들의 다양한 시각을 접하고 그 타당성을 점검해봄으로써 자신의 생각을 반성적으로 점검하고 평가하는데 도움을 받을 수 있다. 따라서 비유 실험에 대한 이해와 대응을 통한 검토 단계를 강조한 비유 실험 설계 전략을 소집단 활동 과정에서 활용한다면, 과학영재 학생들이 보다 유의미한 방향으로 정교화된 실험을 설계하는데 도움을 줄 수 있을 것이다.

이에 이 연구에서는 이해와 검토 단계를 강조한 비유 실험 설계 전략을 개발하여 적용하고, 수업 과정에서 나타나는 과학영재 학생들의 실험 설계 과정 및 언어적 상호작용의 특징을 조사하고자 한다. 이를 통해 개발된 수업 전략이 과학영재의 실험 설계 과정 및 창의적 사고에 미치는 영향을 인지적 · 창의적 측면에서 심층적으로 조사하여 전략의 효과를 제고하기 위한 방안을 마련하는데 구체적인 시사점을 얻고자 한다.

Ⅱ. 연구 내용 및 방법

1. 연구대상 및 절차

이 연구는 서울 소재 대학부설 영재교육원 기초반에 소속된 중학교 1학년 과학영재 16명을 대상으로 하였다. 이들은 소속 학교장으로부터 추천을 받거나 교육청 및 교육과학기술부 지정 초등 영재교육 기관의 교육과정을 수료하였고, 해당 영재교육원에서 실시한 과학적 사고력 및 창의적 문제해결력을 측정할 수 있는 심층 면접을 통해 선발되었다. 또한 올레산 분자의 크기를 구하는 실험에 대한 사전 경험이 있을 경우, 실험절차를 단순히 회상하여 실험을 설계할 수 있으므로 그에 대한 사전 경험이 없는 학생들을 대상으로 하였다.

실험 설계와 같이 고차원적 사고력을 요구하는 과제를 해결하는 학습에서는 여러 수준의 아이디어를 공유할 수 있는 이질적인 집단 구성이 적합한 것으로 보고되고 있으며(Lumpe, 1995), 소집단 활동에서는 주로 언어적 정보가 교환되기 때문에 이와 관련된 학습자의 특성이 언어적 상호작용 양상에 영향을 미칠 수 있다. 이에 실험 설계 과정에서 과학영재들 사이의 활발한 논의가 이루어질 수 있도록 언어적 학습 양식을 고려한 이질집단을 구성하였다. 과학영재 학생들의 언어적 학습 양식을 조사하기 위해 Learning Preferences Questionnaire (Kirby *et al.*, 1988) 중 해당범주의 10문항을 수정 · 보완하여 사전 검사를 실시하였다. 검사 결과에 따라 학생들을 각각 언어적 학습 양식 수준 상위 · 중상위 · 중하위 · 하위로 분류하였고, 각 수준의 학생들이 모두 포함된 총 4개(각 4명)의 소집단을 구성하였다.

또한 실험 설계 및 비유 실험과 관련된 선행연구를 고찰하여 이해와 검토 단계를 강조한 비유 실험 설계 전략을 개발하였다. 우선, 탐구 문제와 비유 실험은 선행연구(유지연 등, 2011)에서 활용했던 올레산 분자의 크기를 구하는 것과 곡물의 평균 크기를 구하는 것으로 선정하였다. 수업 전략은 50분씩, 총 2차시의 수업이 연속으로 진행되는 것으로 1차시의 비유 실험 활동과 2차시의 이해, 설계, 검토 3단계 활동으로 구성하였다(표 1).

1차시의 비유 실험 활동은 학생들에게 친숙한 소재인 곡물을 올레산 분자의 비유물로 설정하여 곡물의 크기를 구하는 다양한 방법을 개별적으로 설계하고, 곡물을 직접 조작하여 문제를 해결하는 활동으로, 실제 탐구 문제에 대한 실험 설계 과정에서 활용하도록 하기 위한 것이다. 이때 교사는 과학영재 학생들이 설계한 다양한 실험 방법을 정리하고 학생들이 직접 실험을 수행하여 문제를 해결할 수 있도록 하였다. 비유 실험 활동을 실시한 후, 2차시의 이해 단계에서 비유 실험을 회상하여 정리해보는 활동을 10분 동안 실시하였다. 이를 위해 학생들이 비유 실험인 곡물의 크기 구하기 실험을 적용실험 설계의 하위 과정요소인 상황, 전략, 측정, 가정, 가정의 타당화 방법(유지연 등, 2011; Etkina *et al.*, 2006)에 따라 보다 체계적으로 정리할 수 있도록 활동지를 구성하여 제공하였다. 설계 단계에서는 올레산 분자의 크기를 구하는 탐구 문제를 해결하기 위한 실험을 20분 동안 설계하도록 하였다. 검토 단계에서는 과학영재 학생들이 설계한 실험과 비유 실험의 속성 간의 유사점과 차이점을 일대일로 연결하는 대응과정을 거친 후, 이를 바탕으로 설계한 실험을 점검하고 수정 및 정교화 하는 활동을 20분 동안 실시하였다. 2차시의 모든 단계는 소집단 활동으로 진행하였다.

2차시의 3단계 소집단 활동을 모두 녹음 · 녹화하였고 각 소집단 별로 1명의 관찰자가 모든 상호작용을 관찰하며 나타나는 특징을 관찰 기록지에 기록하였다. 소집단의 언어적 상호작용을 모두 전사하여 기록 원고를 작성하였으며, 기록 원고와 관찰 기록지 및 학생들의 활동지 등을 종합적으로 활용하여 분석하였다.

2. 결과분석

우선 선행연구(유지연 등, 2011; Sternberg *et al.*, 2002)를 참고하여 비유 실험 설계 전략을 활용한 탐구수업에서 나타나는 소집단별 실험 설계 과정의 유형을 분석하였다. Sternberg 등(2002)은 문제를 해결하는 데 있어 기존의 아이디어를 변화하여 추진시키는 사고과정에 따라 그 과정에 공헌하는 창의성의 유형이 다르다는 것에 기초하여, 창의적 사고과정의 유형을 8가지로 분류하였다. 이후 유지연 등(2011)의 연구에서는 이를 비유 실험을 활용한 실험 설계 상황에 적용하여, 과학영재 학생들이 비유 실험 상황에서의 아이디어를 활용하는 과정을 중심으로 실험 설계 과정의 유형을 확장이동형(RM: Reinitiated Motion), 후진-확산 이동형(BDM: Backward-Divergent

표 1
비유 실험 설계 수업 전략의 하위 단계별 특징 및 시간

수업 단계 및 특징			시간
1차시	비유 실험 활동		50분
2차시	이해 단계	· 비유 실험을 회상하여 정리	10분
	설계 단계	· 탐구 문제를 해결하기 위한 실험 설계	20분
	검토 단계	· 대응 과정을 통한 수정 및 정교화	20분

표 2
비유 실험을 활용한 실험 설계 과정의 유형 및 특징(유지연 등, 2011)

유형	정의 및 특징
확장이동형 (RM: Reinitiated Motion)	비유 실험 상황에서의 관점을 새로운 탐구문제 상황에 그대로 적용하지 않고, 다양한 가능성을 고려하여 새로운 관점을 선택하고 그 관점에서 실험절차를 구체적으로 계획해 나가는 경우를 말한다. 이 과정에서 창의성은 새로운 관점을 형성하는 것 뿐 아니라 그 방향으로 나아가게 하는 추진력으로 작용한다.
후진-확산이동형 (BDM; Backward-Divergent Motion)	새로운 탐구문제를 해결하기 위해 비유 실험 상황에서의 관점을 그대로 적용하여 실험설계를 수행하나, 실험절차를 계획하는 과정에서 관점의 부적절함을 인지하고 다시 비유 실험 상황으로 되돌아가 새로운 관점으로 전환하는 경우를 말한다. 이 과정에서 창의성은 방향을 되돌려 관점을 전환하는 추진력으로 작용한다.
제자리이동형 (SM: Stationary Motion)	비유 실험 상황에서의 관점을 새로운 탐구문제 상황에서 계속 유지하는 경우를 말한다. 이 때, 창의성은 새로운 관점을 형성하거나 방향을 전환하기 보다는 현재의 위치를 지키는데 공헌하므로 제자리이동으로 표현된다.

Motion), 제자리 이동형(SM: Stationary Motion)의 세 가지로 분류하고 그 특징을 제시하였다(표 2). 본 연구에서는 이를 바탕으로 2인의 연구자가 공동으로 수집된 자료들을 분석하고 논의하여 실험 설계 과정의 유형을 소집단별로 분류하였다.

또한 수업에서 나타나는 과학영재 학생들의 언어적 상호작용을 개별 진술과 상호작용 단위 수준에서 심층적으로 분석하였다. 이를 위해 선행연구(김경순, 2005; 김현경, 2008)를 참고하여 제작한 분류틀 초안을 바탕으로 기록 원고를 비롯한 다양한 자료들을 반복적으로 분석하여 귀납적인 방법으로 분류틀을 수정 · 보완하였다. 이 과정에서 2인의 분석자가 일부 기록 원고를 각자 분석한 후, 그 차이를 검토하는 과정을 통해 분류 기준을 보다 명확히 하여 최종 분류틀을 확정하였다.

우선, 최종적으로 확정된 개별 진술 분류틀(표 3)은 크게 과제관련, 과제무관, 교사참여, 분류불가의 4가지 영역으로 구성되어 있다.

과제관련은 크게 질문하기, 설명하기, 의견제시, 의견받기, 조절하기의 5가지 하위영역으로 구분하였다. 질문하기는 활동지에 제시된 질문을 상대방에게 제시하거나 어휘의 의미를 묻는 등 직접적인 답변을 요구하는 단순질문, 활동지에 기록된 내용과 관련된 질문을 하는 관련질문, 사고나 예상, 적용과 관련된 심화질문으로 세분하였다. 설명하기는 단순질문에 대한 답변이나 질문을 재진술하는 단순설명, 활동지의 내용을 재구성하거나 기존 진술 내용을 반복하는 반복설명, 관련 개념 및 실험에 대한 정보를 제시하는 내용설명, 언급된 내용을 상세화하거나, 정리하여 구성원들에게 설명하는 부가설명으로 세분하였다. 의견제시는 의견을 반복적으로 제시하는 반복제시, 문제 해

표 3
개별진술 분류틀

대분류	중분류	세분류	Code
과제관련	질문하기 (Q)	단순질문	Q1
		관련질문	Q2
		심화질문	Q3
	설명하기 (E)	단순설명	E1
		반복설명	E2
		내용설명	E3
		부가설명	E4
	의견제시 (M)	반복제시	S1
		내용제시	S2
		확장제시	S3
	의견받기 (R)	수용	R1
		단순반론	R2
		수용적확산	R3
		논리적반론	R4
	조절하기 (L)	기록관련	L1
		과제진행	L2
과제무관(OT)			OT
교사참여(T)			T
분류불가(NA)			NA

결에 대한 자신의 의견이나 방향을 제시하는 내용제시, 의견을 명료화하거나 발전시키는 확장제시로 분류하였다. 의견받기는 의견에 동의를 표하거나 상대방의 의견을 단순히 받아들이는 단순수용, 단순히 거부 혹은 반대하는 단순반론, 동의하면서 자신의 의견을 첨가하는 수용적확산, 근거를 들면서 논리적으로 반박하는 논리적반론으로 세분하였다. 마지막으로 조절하기는 활동지 기록 등과 관련된 기록관련, 과제 수행을 유도하는 전반적인 학습 진행과 관련된 과제진행로 분류하여, 총 16개의 하위범주로 분류하였다.

또한 토론의 초점 유지 여부에 따른 상호작용 단위는 한 사람에 의해 시작된 대화의 초점이 질문하기, 조절하기 등의 진술로 인하여 바뀌는 경우 새로운 상호작용 단위가 시작되는 것으로 정하였다. 상호작용 단위의 분류틀(그림 1)은 대화를 주고받는 형태에 따라 구성원이 모두 상호작용에 유의미한 기여를 하는 대칭적 상호작용과 일부가 기여하는 형태인 비대칭적 상호작용으로 구분하였고, 각각을 상호작용의 질에 따라 단순 또는 정교화 상호작용으로 분류하였다.

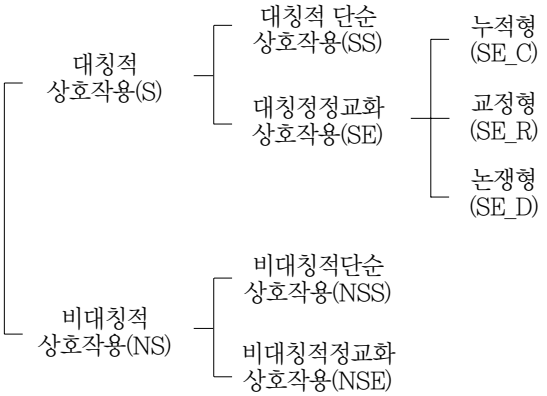

그림 1 *상호작용 단위 분류틀*

대칭적 상호작용 유형 중에서 개별 진술의 수가 적고 상대방의 질문에 대해 간단히 답변하는 것으로 대화가 종결되는 경우는 대칭적 단순 상호작용으로, 서로의 대화가 이어지면서 내용이 양적으로 또는 질적으로 증폭되는 경우는 대칭적 정교화 상호작용으로 분류하였다. 대칭적 정교화 상호작용은 특성에 따라 누적형, 교정형, 논쟁형으로 세부 분류하였다. 누적형은 대화를 주고받으면서 내용이 누적적으로 첨가되어 상호적인 이해의 공유가 확장되는 형태의 대화이며, 교정형은 다른 구성원의 오류를 바로 잡아주기 위해 정답과 그 이유를 말해주는 대화 형식이다. 논쟁형은 서로 다른 의견에 대해 갈등이 해소되는 방식으로 문제를 해결하는 형태의 대화이다. 또한 학습자간 대화를 주고받는 형태가 균형적이지 못한 비대칭적 상호작용 유형 중에서 한 사람이 의견이나 정보를 제공하는 경우 수동적인 응답으로 대화가 종결되는 경우를 비대칭적 단순 상호작용으로, 자신이 제공한 정보나 질문에 대해 상대방의 대화 참여에 관계없이 스스로 내용을 정교화시켜 나가는 경우는 비대칭적 정교화 상호작용으로 분류하였다.

이상의 최종 분류틀을 토대로 연구자 외 1인이 일부 전사본을 임의 추출하여 분류하고 분석자간 일치도(intercoder agreement)가 85% 이상에 도달한 후, 1인의 분석자가 모든 자료를 분류하여 코딩하였다. 연구자가 이를 검토하고 분류틀의 각 범주에 따른 언어적 상호작용의 빈도를 개별 진술, 상호작용 단위가 시작되는 개별 진술, 상호작용 단위에 따라 분석하였다. 이에 근거하여 전략의 단계별 및 실험 설계 과정의 유형별 언어적 상호작용의 일반적인 양상을 분석하였고, 유형에 따른 각 단계별 특징을 비교 · 분석하였다.

Ⅲ. 결과 및 논의

1. 실험 설계 과정의 유형 및 특징

과학영재 학생들이 비유 실험을 활용하여 새로운 탐구 문제를 해결하는 실험 설계 과정의 유형을 분석한 결과, 연구에 참여한 4개의 소집단 중 3개의 소집단(A, B, C)이 확장이동형(RM), 1개의 소집단(D)이 후진-확산이동형(BDM)에 해당하는 것으로 나타났다. 즉, 모든 소집단이 비유 실험 상황에서 문제를 해결하는데 부피와 개수를 이용한 전략이나 곡물을 일렬로 나열한 후 전체 길이를 개수로 나누는 전략 등의 방법을 제시하였다. 그러나 소집단 A, B, C의 경우 새로운 탐구 문제를 해결하는데 있어 자신이 비유 실험에서 사용한 전략 뿐 아니라 다양한 다른 전략들을 동시에 논의하며 적용 가능성을 탐색하였다. 그 과정에서 곡물과 올레산 분자를 잠재적으로 대응시키고 '올레산 분자는 눈에 보이지 않으므로 개수를 셀 수 없다'와 같은 차이점을 파악하여 올레산의 전체 부피와 넓이를 활용하는 새로운 전략을 논의하였다. 또한, 올

레산의 퍼짐성이나 송화가루, 물 등의 성질을 활용하여 올레산 분자를 한 층으로 퍼트리기 위한 실험절차를 구체적으로 계획하는 등 확장이동형의 과정을 거쳤다. 한편, 소집단 D는 비유 실험에서의 관점이나 실험 방법을 새로운 탐구 문제에 바로 적용하여 실험설계를 시작하였으나, 이후 한계점을 인식하고 다시 비유 실험 상황으로 돌아가 곡물과 올레산을 대응시키며 분자의 크기를 간접적으로 구할 수 있는 새로운 전략을 탐색하였다. 이렇듯 유의미한 관점을 형성하는데 시행착오를 겪으며 후진-확산이동형의 과정을 거친 것으로 나타났다. BDM 유형의 경우, 실험에 내재된 제한점을 인식하지 못하거나 전략을 활용하는데 수반되는 유의미한 가정을 모두 설정하지 못하는 등 실험 설계에 다소 미흡한 부분이 있었다.

2. 과학영재 학생들 사이의 언어적 상호작용 양상

(1) 전체적인 특징

이해와 검토 단계를 강조한 비유 실험 설계 전략을 활용한 수업에서 과학영재 학생들 사이에 나타난 언어적 상호작용의 전체적인 양상을 분석한 결과, 개별 진술에서는 과제관련 진술이 90.1%(2779회)로 대부분을 차지하였으며, 과제무관과 교사참여, 분류불가 진술은 각각 5.6%(173회), 1.8%(54회), 2.5%(77회)로 매우 적게 나타났다(그림 2). 또한 대화의 초점이 유지되는 일련의 개별 진술인 상호작용 단위의 빈도와 비율을 분석한 결과(그림 3), 대칭적 정교화 상호작용이 72.0%(241회), 대칭적 단순 상호작용이 13.4%(45회)로 일부 구성원이 주도적으로 논의를 이끌어가기보다는 구성원이 모두 유의미한 기여를 하는 대칭적 상호작용이 85% 이상을 차지하는 것으로 나타났다.

이러한 결과로 볼 때, 전략을 활용한 수업에서 과학영재 학생들이 교사의 개입 없이 주도적으로 주어진 과제를 수행하는데 집중하였으며, 일부 구성원이 일방적으로 활동을 주도하는 방식이 아닌 상호협력적인 방식으로 문제해결을 위한 합의점을 도출하는 상호작용이 활발하게 이루어졌음을 알 수 있다.

(2) 수업 전략의 단계별 특징

1) 이해 단계

이해 단계에서 나타난 개별 진술의 하위영역별 빈도와 비율을 분석한 결과(표 4), 총 735회의 개별 진술이 확인되었으며 과제관련 진술이 674회로 91.7%를 차지하였다. 그 중 설명하기가 345회(46.9%)로 가장 많았고, 그 다음으로는 질문하기(104회, 14.1%)의 빈도가 높게 나타났다.

논의의 초점에 따른 상호작용 단위가 시작되는 개별 진술의 하위영역별 빈도와 비율을 분석한 결과(표 5), 대부분의 상호작용 단위가 질문하기(46.4%)나 설명하기(44.9%)로 시작되었고 의견을 제시하거나 의견에 대한 반응을 나타내는 것으로 시작되는 경우는 7.2%에 불과했다. 특히, 질문하기 영역 중 단순질문의 빈도가 40.6%로 가장 높게 나타났으며, 설명하기의 하위영역인 반복설명(24.6%)으로 시작하는 경우도 많은 것으로 나타났다. 즉, 이해 단계에서는 과학영재 학생들이 논의의 초점을 전환시킬 때 활동지의 문제를 제시하여 답변을 요구하거나 활동지의 내용을 재구성하여 설명하는 경향이 있었다.

또한 상호작용 단위의 하위영역별 빈도를 분석한 결과(표 6), 대칭적 정교화 상호작용이 69.6%로 대다수를 차지하고 있었다. 그 중, 앞서 경험한 비유 실험

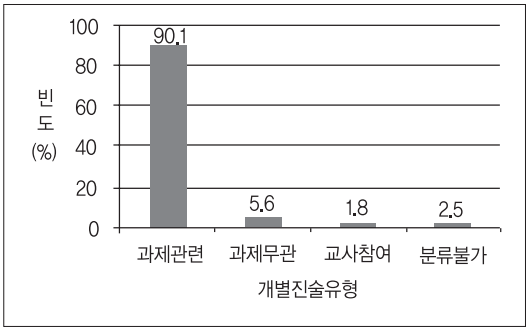

그림 2 *전체 개별 진술 빈도*

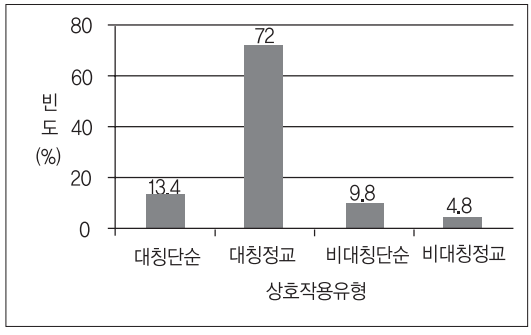

그림 3 *전체 상호작용 단위 빈도*

표 4
전략의 단계별 개별 진술 빈도(%)

			이해	설계	검토	총계
과제 관련	질문 하기	단순질문	53(7.2)	32(3.3)	68(5.0)	153(5.0)
		관련질문	12(1.6)	13(1.3)	7(0.5)	32(1.0)
		심화질문	39(5.3)	73(7.5)	110(8.0)	222(7.2)
		소계	104(14.1)	118(12.1)	185(13.5)	407(13.2)
	설명 하기	단순설명	28(3.8)	49(5.0)	61(4.4)	138(4.5)
		반복설명	109(14.8)	29(3.0)	51(3.7)	189(6.1)
		내용설명	106(14.4)	32(3.3)	51(3.7)	189(6.1)
		부가설명	102(13.9)	33(3.4)	56(4.1)	191(6.2)
		소계	345(46.9)	143(14.7)	219(15.9)	707(22.9)
	의견 제시	반복제시	7(1.0)	34(3.5)	25(1.8)	66(2.1)
		내용제시	56(7.6)	242(24.9)	293(21.3)	592(19.2)
		확장제시	0(0.0)	120(12.3)	188(13.7)	308(10.0)
		소계	63(8.6)	396(40.7)	506(36.8)	966(31.3)
	의견 받기	단순수용	41(5.6)	31(3.2)	79(5.8)	151(4.8)
		단순반론	24(3.3)	15(1.5)	35(2.5)	73(2.4)
		수용적확산	4 (0.5)	24(2.5)	33(2.4)	61(2.0)
		논리적반론	4(0.5)	33(3.4)	126(9.2)	163(5.3)
		소계	73(9.9)	103(10.6)	273(19.9)	448(14.5)
	조절 하기	기록관련	16(2.2)	14(1.4)	28(2.0)	58(1.9)
		과제진행	73(10.0)	54(5.5)	66(4.8)	193(6.3)
		소계	89(12.2)	68(6.9)	94(6.8)	251(8.2)
	합계		674(91.7)	828(85.0)	1277(92.9)	2779(90.1)
과제무관			36(4.9)	86(8.8)	51(3.7)	173(5.6)
교사참여			9(1.2)	34(3.5)	11(0.8)	54(1.8)
분류불가			16(2.2)	26(2.7)	35(2.6)	77(2.5)
		총계	735(100.0)	974(100.0)	1374(100.0)	3083(100.0)

에 대한 서로의 이해를 공유하기 위해 상세하고 정교한 설명을 주고받는 형태인 누적형(49.3%)의 빈도가 가장 높았고, 다른 구성원의 오류를 바로 잡아주는 교정형(15.9%)도 적지 않았다.

이상의 결과로 볼 때, 이해 단계에서 과학영재 학생들은 활동지에 제시된 과정요소별로 비유 실험에 대한 정보를 회상하여 동료들에게 제공하거나 구체적으로 설명하고, 그에 대해 다른 구성원이 추가, 확장, 수정하는 설명을 누적적으로 첨가하며 명료화하는 상호작용을 주로 하는 것으로 나타났다. 이러한 상호작용은 과학영재 학생들의 비유 실험에 대한 이해를 보다 체계적이고 명확하게 하는데 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

2) 설계 단계

주어진 탐구 문제를 해결하기 위한 실험의 설계 단계에서 개별 진술은 총 974회로, 단계별 활동 시간을 고려할 때 이해나 검토 단계에 비해 진술의 양이 상대적으로 적었다. 과제관련 진술이 828회(85.0%)로 개별 진술의 대부분을 차지하고 있었으며, 그 중 의견제시(396회, 40.7%)가 가장 많이 나타났다. 의견제시 영역에서는 내용제시(242회, 24.9%)와 확장제시(120

회, 12.3%)의 비율이 높았다(표 4).

설계 단계에서 상호작용 단위가 시작되는 개별 진술의 유형은 의견제시(56.8%)나 질문하기(23.4%)가 많은 것으로 나타났다(표 5). 질문하기의 경우 심화질문이 15.3%로 많은 비중을 차지하고 있었다. 이는 설계 단계의 경우 새로운 의견을 제시하거나, 이를 유발하기 위한 질문을 하며 논의의 초점을 전환하였음을 의미한다. 동료 간에 주고받는 질문은 과제에 대한 상대방의 주의를 집중시킬 수 있을 뿐 아니라, 확산적인 사고를 활성화시킬 수 있으므로(Derry *et al.*, 1994), 설계 단계에서의 상호작용은 과학영재들의 확산적 사고를 촉진시켜 유의미한 실험을 구성하는 데 긍정적인 영향을 미쳤을 것으로 보인다.

또한 상호작용 단위의 하위영역별 빈도(표 6)를 살펴보면, 대칭적 상호작용(92회, 82.9%)이 비대칭적 상호작용(19회, 17.1%)보다 약 5배 정도 많이 나타나, 상대적으로 진술의 양이 적었던 설계 단계에서도 탐구 문제와 관련된 의견이나 정보를 주고받는 형태의 대칭적 상호작용이 활발하게 이루어졌음을 알 수 있다. 또한 정교화 상호작용의 비율도 67.6%로 높게 나타났다. 그 중, 구성원들이 대화를 주고받으면서 지식이 누적적으로 첨가되어 하나의 문제를 해결하는 형식인 누적형(32.4%) 상호작용이 많았으며, 서로 다른 의견을 조율하는 과정인 논쟁형 상호작용의 빈도(30.7%)가 이해 단계에 비해 특히 증가한 것으로 나타났다.

이와 같이 설계 단계에서는 비유 실험 상황과 목표 문제 상황을 잠재적으로 대응하며 비유 실험을 활용할 수 있는 방향에 대한 의견을 제시하거나, 비유 실험의 활용 방안을 묻는 질문을 하는 경우가 많았다. 또한 이러한 형태의 개별 진술에 기반하여 보다 고차원적인 사고 기술을 사용하는 논쟁형의 대화를 통해 탐구 문제 해결에 적절한 상황을 설정하고 유의미한 전략 등에 대해 논의하는 상호작용이 많이 나타났다. 이렇듯 비유 실험의 적용 방안에 대해 탐색하며 의견을 교환하는 상호작용은 탐구 문제를 해결하기 위해 초기의 아이디어나 정보를 확장하는데 도움을 줄 수 있을 것이다.

3) 검토 단계

검토 단계에서는 개별 진술이 총 1374회 나타났으며 과제관련 진술이 1277회로 92.9%를 차지하였고, 그 중 의견제시(506회, 36.8%)와 의견받기(273회, 19.9%)의 비율이 높게 나타났다. 또한 의견받기 영역에서는 논리적 반론(126회, 9.2%)의 비율이 다른 단계에 비해 높았다(표 4).

상호작용 단위가 시작되는 개별 진술을 유형별로 분석한 결과(표 5), 비율에는 다소 차이가 있으나 설계 단계와 마찬가지로 의견제시(50.3%)와 질문하기(24.5%)가 높게 나타났다. 그러나 질문하기 영역의 경우, 제시된 의견 중 이해하지 못한 부분에 대한 설명을 요구하는 등의 심화질문이 주를 이룬 설계 단계와 달리 검토 단계에서는 심화질문(11.6%) 뿐 아니라 활동지에 제시된 문제를 다시 언급하는 단순질문(10.6%)의 빈도도 높게 나타났다. 이는 검토 단계의 경우 안내된 질문의 활용이 논의의 초점을 전환시키는데 영향을 미쳤음을 의미한다. 학생들이 제시된 문제를 재구성하여 상대방에게 제공하는 것은 탐구적인 사고에 중요한 역할을 하므로(McKnight, 2000), 논의 시 고려해야할 다양한 논점을 명시적인 질문으로 구성하여 제공한 검토 단계의 활동이 과학영재 학생들의 심층적인 논의를 유발하는 데 긍정적인 영향을 미친 것으로 볼 수 있다.

검토 단계에서 나타난 상호작용 단위를 분석한 결과(표 6), 대칭적 정교화 상호작용의 수가 118회(76.1%)로 다른 단계에 비해 다소 많았다. 또한 정교화 상호작용을 세부적으로 살펴보면 구성원 사이에 서로 다른 의견이 존재하여 각 구성원이 자신의 의견을 뒷받침하는 생각이나 증거를 제시하며 논쟁하는 방식의 토론(36.8%)이 가장 활발하게 일어난 것으로 나타났다. 뿐만 아니라 대화를 주고받으면서 지식이 첨가되어 이해의 공유가 확장되는 형태인 누적형(30.9%) 상호작용의 빈도도 높았다.

이와 같이 검토 단계에서는 과학영재들 사이의 상호작용이 가장 활발하였으며, 실험 설계 단계에서 계획한 실험과 비유 실험의 유사점과 차이점을 대응시키는 과정에서 의견을 제시하고, 제시된 의견에 동의하며 자신의 의견을 첨가하거나 상대방의 의견에 대해 근거를 들어 논리적으로 반박하며 의견을 확장해 나가는 상호작용이 많이 나타났다. 이러한 상호작용은 설계한 실험절차를 체계적으로 점검하여 보다 정교한 실험 설계를 완성하는데 도움을 줄 수 있을 것이다.

(3) 실험 설계 과정의 유형별 특징

실험 설계 과정의 유형에 따른 특징을 구체적으로

표 5
전략의 단계별 상호작용 시작 진술에 따른 빈도(%)

		이해	설계	검토	총계
질문하기	단순질문	28(40.6)	3(2.7)	16(10.3)	47(14.0)
	관련질문	1(1.5)	6(5.4)	4(2.6)	11(3.3)
	심화질문	3(4.3)	17(15.3)	18(11.6)	38(11.3)
	소계	32(46.4)	26(23.4)	38(24.5)	96(28.6)
설명하기	단순설명	2(2.9)	9(8.1)	6(3.8)	17(5.0)
	반복설명	17(24.6)	1(0.9)	8(5.2)	26(7.8)
	내용설명	8(11.6)	8(7.2)	8(5.2)	24(7.2)
	부가설명	4(5.8)	1(0.9)	4(2.6)	9(2.7)
	소계	31(44.9)	19(17.1)	26(16.8)	76(22.7)
의견제시	반복제시	0(0.0)	0(0.0)	1(0.6)	1(0.3)
	내용제시	5(7.2)	58(52.3)	67(43.2)	130(38.8)
	확장제시	0(0.0)	5(4.5)	10(6.5)	15(4.5)
	소계	5(7.2)	63(56.8)	78(50.3)	146(43.6)
의견받기	단순수용	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
	단순반론	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
	수용적확산	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
	논리적반론	0(0.0)	1(0.9)	8(5.2)	9(2.7)
	소계	0(0.0)	1(0.9)	8(5.2)	9(2.7)
조절하기	기록관련	0(0.0)	1(0.9)	0(0.0)	1(0.3)
	과제진행	1(1.5)	1(0.9)	5(3.2)	7(2.1)
	소계	1(1.5)	2(1.8)	5(3.2)	8(2.4)
	총계	69(100.0)	111(100.0)	155(100.0)	335(100.0)

표 6
전략의 단계별 상호작용 단위 빈도(%)

		이해	설계	검토	총계
대칭적 상호작용	대칭적 단순	10(14.5)	17(15.3)	18(11.6)	45(13.4)
	대칭적 정교화	48(69.6)	75(67.6)	118(76.1)	241(72.0)
	누적형	34(49.3)	36(32.4)	48(30.9)	118(35.2)
	교정형	11(15.9)	5(4.5)	13(8.4)	29(8.7)
	논쟁형	3(4.4)	34(30.7)	57(36.8)	94(28.1)
	소계	58(84.1)	92(82.9)	136(87.7)	286(85.4)
비대칭적 상호작용	비대칭적 단순	8(11.6)	14(12.6)	11(7.1)	33(9.8)
	비대칭적 정교화	3(4.3)	5(4.5)	8(5.2)	16(4.8)
	소계	11(15.9)	19(17.1)	19(12.3)	49(14.6)
총계		69(100.0)	111(100.0)	155(100.0)	335(100.0)

알아보기 위해 언어적 상호작용 양상을 소집단별로 비교 · 분석하였다. 우선, 개별 진술의 하위영역에 따른 빈도와 비율을 분석한 결과는 다음 표 7과 같다.

질문하기와 설명하기 진술의 경우, RM 유형의 소집단들 보다 BDM 유형의 소집단 D에서 상대적으로 더 많이 나타났다. 특히, 단순질문과 단순설명 진술에서 그 차이가 두드러지게 나타났다. 한편, 의견제시와 의견받기 진술은 RM 유형의 소집단에서 상대적으로 높은 비율을 보였다. 특히, 의견제시 영역의 확장제시 진술의 경우 소집단 A, B, C에서 각각 96회(12.1%), 100회(12.4%), 100회(13.0%) 나타난 것에 비해 소집단 D는 12회(1.7%)에 불과하여 개별 진술의 하위범주 중 가장 현저한 차이를 보였다. 즉, BDM 유형인 소집단 D의 경우 RM 유형의 소집단들에 비해 사실적인 정보나 설명, 묘사 등에 기반한 진술을 많이 하였으며, 자신의 생각을 표현하고 논의를 통해 의견을 명료화하거나 발전시키는 진술은 상대적으로 적었음을 알 수 있다.

또한 상호작용 단위의 빈도와 비율을 분석한 결과(표 8), 대화를 주고받는 형태의 측면에서는 모든 소집단이 비대칭적 상호작용보다 대칭적 상호작용을 많이 한 것으로 나타났다. 특히, RM 유형의 소집단들에

표 7
소집단별 개별 진술 빈도(%)

			RM 유형			BDM 유형
			소집단A	소집단B	소집단C	소집단D
과제 관련	질문하기	단순질문	33(4.1)	26(3.2)	28(3.6)	66(9.3)
		관련질문	11(1.4)	9(1.1)	7(0.9)	5(0.7)
		심화질문	61(7.7)	63(7.8)	48(6.2)	50(7.0)
		소계	105(13.2)	98(12.1)	83(10.7)	121(17.0)
	설명하기	단순설명	26(3.2)	18(2.2)	16(2.1)	78(11.0)
		반복설명	37(4.7)	53(6.5)	40(5.2)	59(8.3)
		내용설명	49(6.2)	50(6.2)	45(5.8)	45(6.3)
		부가설명	45(5.7)	45(5.6)	64(8.3)	37(5.2)
		소계	157(19.8)	166(20.5)	165(21.4)	219(30.8)
	의견제시	반복제시	6(0.8)	21(2.6)	19(2.5)	20(2.8)
		내용제시	201(25.3)	142(17.5)	136(17.7)	113(15.9)
		확장제시	96(12.1)	100(12.4)	100(13.0)	12(1.7)
		소계	303(38.2)	263(32.5)	255(33.2)	145(20.4)
	의견받기	단순수용	33(4.2)	45(5.5)	44(5.7)	29(4.1)
		단순반론	23(2.9)	13(1.6)	13(1.7)	24(3.4)
		수용적확산	15(1.9)	20(2.5)	23(3.0)	3(0.4)
		논리적반론	44(5.5)	54(6.7)	56(7.3)	9(1.3)
		소계	115(14.5)	132(16.3)	136(17.7)	65(9.2)
	조절하기	기록관련	5(0.6)	16(2.0)	8(1.0)	29(4.1)
		과제진행	50(6.3)	48(5.9)	44(5.7)	51(7.2)
		소계	55(6.9)	64(7.9)	52(6.8)	80(11.3)
	합계		735(92.6)	723(89.3)	691(89.8)	630(88.7)
과제무관			37(4.7)	50(6.2)	49(6.4)	37(5.2)
교사참여			11(1.4)	14(1.7)	15(1.9)	14(2.0)
분류불가			10(1.3)	23(2.8)	15(1.9)	29(4.1)
총계			793(100.0)	810(100.0)	770(100.0)	710(100.0)

표 8
소집단별 상호작용 단위 빈도(%)

		RM 유형			BDM 유형
		소집단A	소집단B	소집단C	소집단D
대칭적 상호작용	대칭적 단순	13(13.4)	8(10.5)	8(9.4)	16(20.8)
	대칭적 정교화	75(77.3)	60(79.0)	66(77.7)	40(51.9)
	누적형	33(34.0)	29(38.2)	34(40.0)	22(28.5)
	교정형	13(13.4)	5(6.6)	6(7.1)	5(6.5)
	논쟁형	29(29.9)	26(34.2)	26(30.6)	13(16.9)
	소계	88(90.7)	68(89.5)	74(87.1)	56(72.7)
비대칭적 상호작용	비대칭적 단순	6(6.2)	6(7.9)	6(7.0)	15(19.5)
	비대칭적 정교화	3(3.1)	2(2.6)	5(5.9)	6(7.8)
	소계	9(9.3)	8(10.5)	11(12.9)	21(27.3)
총계		97(100.0)	76(100.0)	85(100.0)	77(100.0)

서는 다른 구성원이 제시한 의견이나 설명을 바탕으로 새로운 의견이나 설명을 제시하는 대칭적 정교화 상호작용이 77% 이상인 것에 비해 BDM 유형인 소집단 D에서는 51.9%로 상대적으로 적었다. 또한 소집단 D에서는 질의응답 식의 단순 상호작용의 비율이 상대적으로 높게 나타나 상호작용의 질적인 측면에서 실험 설계 과정의 유형에 따라 다소 차이가 있었다.

이와 같은 소집단별 언어적 상호작용의 질적인 차이는 비유 실험을 활용하여 실험을 설계하는 과정의 유형별 특징의 차이를 유발하는데 핵심적인 요인으로 작용하였을 가능성이 있다.

(4) 실험 설계 과정의 유형에 따른 단계별 특징

실험 설계 과정의 유형별 특징을 보다 심층적으로 알아보기 위해, 유형에 따른 전략의 각 단계별 언어적 상호작용 양상의 차이를 분석하였다. 이를 위해 각 유형의 개별 진술 및 상호작용 단위의 하위영역별 빈도의 평균값을 구하여 비교 · 분석하였다.

우선, 이해 단계에서는 개별 진술의 경우 두 유형 간의 경향성이 거의 유사하였으나, 상호작용 단위에서는 다소 차이가 있는 것으로 나타났다(그림 4, 5). 비유 실험을 효과적으로 활용하는데 시행착오를 겪었던 BDM 유형에서는 RM 유형에 비해 상대적으로 비대칭적 상호작용과 단순 상호작용은 많고 대칭적 정교화 상호작용은 적었다. 특히, 누적형 정교화 상호작용에서 큰 차이가 나타났다(RM: 58.6%, BDM: 28.6%).

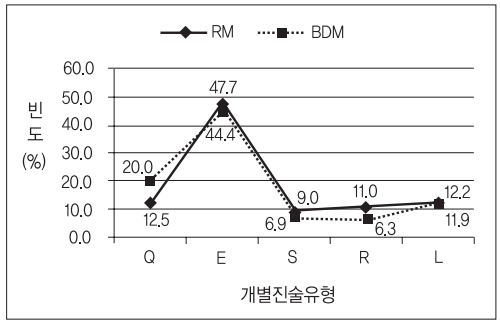

그림 4 *이해 단계의 유형별 개별 진술*

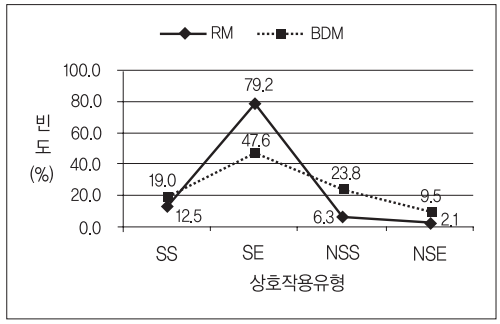

그림 5 *이해 단계의 유형별 상호작용 단위*

또한 RM 유형의 소집단 C와 BDM 유형의 소집단 D의 경우에는 논쟁형 상호작용이 일부 나타났다. 이는 비유 실험에 대한 이해가 다소 불완전했음을 반영하는 것으로, 구성원들이 명확히 이해하지 못한 과정

요소에 대해 논쟁을 벌이며 활동지에 작성할 내용을 모색하는 형태로 나타났다. 그러나 다음 (사례 1)과 같이 RM 유형인 소집단 C의 경우 논쟁형 상호작용을 통해 합의점을 찾으며 비유 실험에 대한 이해를 심화시켜나가는 데 반해, BDM 유형인 소집단 D의 경우 합의점을 찾지 못하고 논의의 초점이 전환되었다(사례 2).

(사례 1)

C1	곡물의 크기를
C3	일단은 모두 구여야
C2	구여야 하고
C4	모두 구여야 하지 크기가 만약 제각각이면?
C2	울퉁불퉁하면 엄청 힘들지.
C1	힘든 게 아니라, 그 빈틈이 없어지잖아?
C3	힘들면이 아니라, 그 공식을 쓸 수가 없지.
C4	1번이랑 비슷하지 않나?
C1	그때, 구여서, 구여서 그렇다기 보다는 빈틈이 없어서, 빈틈이 없어야
C3	빈틈이 없어야 되는 거, 어
C1	그랬었으니까, 그래서 빈틈이 없다가 가정이 된 거지.
C2	그리고 그 알갱이의 크기는 모두 같다라는
C1	음. 알려는 높이가 맞지.
C4	평균 높이니까 그냥 그걸로 정해버리는 거지.

(사례 2)

D2	그냥 콩의 개수라고 하자.
D3	그래 콩의 개수. 콩의 개수가 같다.
D1	개수 아닌 거 같은데
D4	개수, 개수가 어떻게 같냐?
D2	그니까.
D1	개수를 구하기 위해 그거 한 거 아니었어?
D4	길이야?

즉, RM 유형에서는 모든 구성원들이 상호작용에 유의미한 기여를 하여 동료의 진술에 근거한 새로운 기여가 반복적으로 이루어짐으로써 이해의 공유가 확장되는 형태의 상호작용이 많았다. 이러한 상호작용을 통해 비유 실험에 대한 이해 정도가 향상되었을 뿐 아니라 이를 바탕으로 탐구 문제를 다양한 시각에서 탐색할 수 있는 확산적 사고가 촉진되어 보다 쉽게 새로운 관점을 형성할 수 있었던 것으로 보인다. 이는 설계 단계에서 RM 유형이 비유 실험과 주어진 탐구 문제를 잠정적으로 대응시키며 비유 실험의 적용 방안에 대한 의견을 제시하고 이를 확장해 나가는 상호작용이 많았던 결과(그림 6, 7)에서도 알 수 있다. 반면, BDM 유형의 경우에는 일부 구성원이 설명을 나열하면서 일방적으로 활동지에 제시된 문제의 답을 제시하고 나머지 구성원들이 이에 수동적으로 동의하거나, 제시된 설명을 반복적으로 진술하며 충분히 이해되지 못한 상태에서 상호작용이 마무리 되는 등 유의미한 상호작용으로 발전되지 못하는 경우가 RM 유형에 비해 상대적으로 많았다. 즉, BDM 유형의 경우 설계 단계에서 주어진 탐구 문제를 비유 실험과 연관지어 탐색하는 과정에서 의견을 제시하고 이를 확장해가기 보다는, 활동지에 제시된 정보를 반복적으로 재진술하거나 확인하는 형식의 단순 상호작용을 상대적으로 많이 하는 것으로 나타났다(그림 6, 7). 이러한 BDM 유형의 불완전한 상호작용은 비유 실험에 대한 이해를 양적, 질적으로 심화시키는 데 제한점으로 작용하여 이후 실험 설계 과정에서 비유를 활용하는 데 시행착오를 겪은 것에 영향을 주었을 가능성이 있다.

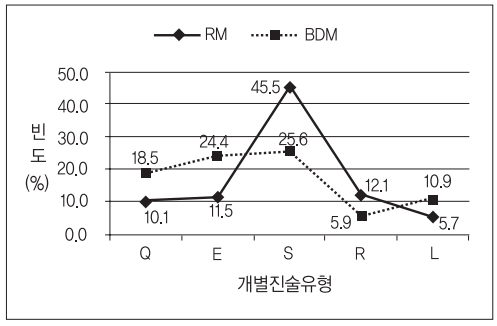

그림 6 *설계 단계의 유형별 개별 진술*

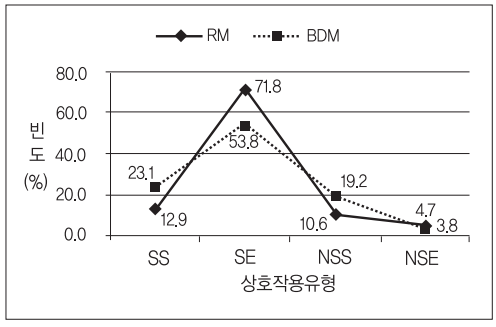

그림 7 *설계 단계의 유형별 상호작용 단위*

검토 단계(그림 8, 9)에서는 BDM 유형이 RM 유형에 비해 개별 진술 및 상호작용 단위의 시작 진술

에서 설명하기 영역의 비율이 상대적으로 높았으며, 의견받기 영역 중 논리적 반론의 비율은 상대적으로 낮았다(RM: 11.1%, BDM: 1.6%). 상호작용 단위의 경우, 비대칭적 상호작용의 비율이 전략의 단계 중 가장 높게 나타난 반면, 논쟁형 정교화 상호작용이 큰 차이로 낮게 나타났다(RM: 40.8%, BDM: 9.5%). 즉, RM 유형에서는 의견을 많이 제시할 뿐 아니라 제시된 의견에 대해 논리적으로 반박함으로써 서로의 의견을 조율하는 과정을 통해 의견을 발전시켜 나가는 상호작용이 활발하게 이루어졌음을 알 수 있다. 과학적 사고는 단순한 동의를 통해서보다는 반론의 제기와 서로 다른 견해의 협상을 통해 발달할 수 있으므로(Alexopoulou & Driver, 1996), RM 유형은 이러한 유의미한 상호작용을 통해 논리적이고 비판적인 사고가 활성화되어 실험 설계를 비판적으로 점검하며 보다 정교하고 구체적인 실험 설계를 수행할 수 있었던 것으로 볼 수 있다. 반면, BDM 유형의 경우에는 비유 실험과 설계한 실험 사이의 유사점과 차이점에 대한 의견을 제시하거나, 제시된 의견에 대해 반응하고 확장하는 상호작용이 상대적으로 부족했다. 이와 같이 제시된 의견을 정교화 하는 상호작용이 제대로 이루어지지 않았기 때문에 시행착오가 반복된 것으로 볼 수 있다. 특히 비유 실험과 설계한 실험의 차이점을 심층적으로 파악하기 위한 상호작용으로 발전하지 못하여 구성한 실험에 내재된 제한점을 비판적으로 점검하지 못하거나 이를 해결하기 위한 구체적인 방법을 탐색하는데 미흡했던 것으로 볼 수 있다.

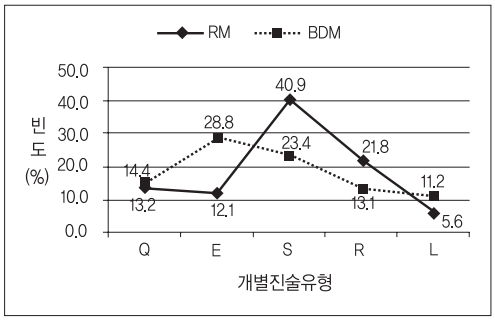

그림 8 *검토 단계의 유형별 개별 진술*

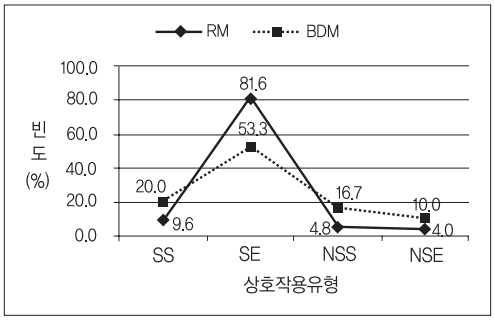

그림 9 *검토 단계의 유형별 상호작용 단위*

Ⅳ. 결론 및 제언

본 연구에서는 과학영재의 창의성을 계발할 수 있는 효과적인 탐구 학습 프로그램 마련을 위해 이해와 검토 단계를 강조한 비유 실험 설계 전략을 개발 · 적용하여, 전략을 활용한 수업에서 나타나는 과학영재 학생들의 언어적 상호작용 양상을 심층적으로 분석하였다.

연구 결과, 연구에 참여한 4개의 소집단 중 3개의 소집단이 확장이동형(RM), 1개의 소집단이 후진-확산이동형(BDM)의 실험 설계 과정을 거치는 것으로 나타났다. 과학영재들 사이의 언어적 상호작용은 개별 진술 수준에서는 과제관련 진술의 빈도가 높았으며, 상호작용 단위 수준에서는 대칭적 정교화 상호작용의 빈도가 가장 높았다. 전략의 단계별로 비교한 결과, 이해 단계에서는 설명하기와 질문하기의 개별 진술이 많았으며 대칭적 정교화 상호작용 중 누적형이 가장 많았다. 설계 단계에서는 의견제시 진술이 가장 많았고, 의견을 제시하거나 이를 유발하는 질문을 통해 상호작용이 시작되는 경향이 있었으며, 누적형과 논쟁형의 정교화 상호작용이 많았다. 검토 단계에서는 의견제시 진술의 빈도가 높았고 의견받기 진술 중 논리적 반론의 비율이 다른 단계에 비해 증가하였다. 또한 의견제시 뿐 아니라 활동지에 안내된 질문을 활용하여 논의의 초점을 전환하였으며, 논쟁형 정교화 상호작용의 빈도가 가장 높았다. 유형에 따른 각 단계별 차이를 비교 · 분석한 결과, 모든 단계에서 BDM 유형이 RM 유형에 비해 상대적으로 비대칭적 상호작용과 단순 상호작용이 많고, 대칭적 정교화 상호작용이 적었다. 개별 진술 수준에서는 설계 및 검토 단계에서 의견제시 및 의견받기 진술의 비율이 BDM 유형에서 상대적으로 낮았다.

이와 같이 이해와 검토 단계를 강조한 비유 실험 설계 전략의 활용에 의해 각 단계에서 개별 진술 및 상

호작용 단위 진술의 일부 영역들의 빈도가 상대적으로 높게 나타난 결과는, 본 전략이 학생들의 다양한 언어적 상호작용을 효과적으로 유도할 수 있음을 의미한다. 뿐만 아니라 이를 통해 학생들의 확산적 사고 및 비판적 사고를 촉진함으로써 과학영재 학생들의 실험 설계 수행 능력 및 창의성 계발을 위한 보다 효과적인 탐구 학습 환경을 제공할 수 있음을 알 수 있다.

그러나 각 단계의 목적에 부합되는 심층적인 상호작용이 이루어지지 못하는 경우 전략의 효과가 제한적일 수 있음을 확인하였다. 즉, 전략을 활용한 탐구 학습에서 모든 소집단이 과제 수행에 집중하며 활발한 상호작용을 하였음에도 불구하고 상호작용의 질적인 차이로 인해 비유 실험을 활용하여 실험 설계를 수행하는 수준에 다소 차이가 있었다. 특히, 일부 구성원이 일방적으로 설명이나 의견을 제시하며 개념적으로 오류가 있는 상태에서 결론을 내리거나 합의점을 찾지 못한 채로 논의의 초점을 변환하는 등의 불완전한 상호작용은 비유 실험을 효과적으로 활용하는데 있어 시행착오를 유발할 가능성이 있음을 알 수 있다.

따라서 이해와 검토 단계를 강조한 비유 실험 설계 전략의 효과를 제고하기 위해서는 이러한 측면에서 보다 생산적인 상호작용을 유도하기 위한 방안이 강구되어야 할 것이다. 예를 들어, 소집단 활동 과정에서 구조화된 질문을 효과적으로 활용하도록 하는 방안을 고려해 볼 수 있다. 즉, 동료의 설명이나 의견에 대한 타당화를 요구하거나 정교화된 의견을 유도할 수 있는 예시 질문지를 제공하고 학생들이 상호작용 과정에서 이를 적절히 활용하도록 안내한다. 이를 통해 소집단 토론에서 보다 다양한 사고를 표출하는 것 뿐 아니라 학생들이 주도적으로 의견을 비판적으로 점검하며 확장해나가는 상호작용을 유발하는 데 도움을 줄 수 있을 것이다.

또한 보다 활발한 언어적 상호작용을 유도하기 위해 학생들이 자신의 생각을 명확하게 표현하고 동료들의 의견을 경청하며 모든 구성원이 논의에 참여하여 서로의 의견을 상호 보완하도록 하는 협동적 의사소통 기술에 대한 예비 지도나 연습의 기회를 제공할 필요가 있다. 뿐만 아니라, 과학영재 학생들의 특성을 고려하여 보다 효과적인 언어적 상호작용이 일어날 수 있는 소집단 구성 방식에 대해서도 고려하여 전략에 반영한다면 그 효과를 보다 높일 수 있을 것이다.

국문 요약

이 연구에서는 이해와 검토 단계를 강조한 비유 실험 설계 전략을 개발 · 적용하였다. 중학교 1학년 과학 영재로 구성된 4개의 소집단을 대상으로 전략을 활용한 수업에서 나타나는 실험 설계 과정의 유형을 분류하고 과학영재들 사이의 언어적 상호작용을 개별 진술 및 상호작용 단위 수준에서 분석하였다. 연구 결과, 3개의 소집단이 확장이동형(RM), 1개의 소집단이 후진-확산이동형(BDM)에 해당하였다. 과학영재들 사이의 언어적 상호작용은 전체적으로 개별 진술 및 상호작용 단위 수준에서 과제관련 진술의 빈도가 높았으며 특히, 의견제시 진술과 대칭적 정교화 상호작용의 빈도가 가장 높았다. 전략의 단계별 분석 결과, 이해 단계에서는 설명하기와 질문하기, 누적형 상호작용이 많았으며, 설계 단계에서는 의견제시와 누적형, 논쟁형 상호작용이 많았고, 검토 단계에서는 의견제시와 의견받기, 논쟁형 상호작용이 많았다. 유형별 차이를 분석한 결과, 전략의 모든 단계에서 유형간 상호작용 단위 수준에 질적인 차이가 있었으며, 개별 진술의 경우 설계 및 검토 단계에서 차이가 있는 것으로 나타났다. 이에 대한 교육적 함의를 논의하였다.

참고 문헌

김경순 (2005). 화학 개념 학습에서 협동적 CAI와 상호동료교수적 CAI의 효과: 개념 이해와 언어적 상호작용. 서울대학교 대학원 박사 학위 논문.

김현경 (2008). 과학고 화학 토론수업에서 모둠별 언어적 상호작용에 영향을 미치는 학습자 특성. 한국교원대학교 대학원 박사 학위 논문.

류설진 (2009). 생물학자와 과학영재의 실험설계 활동에서 나타나는 과정요소와 특성 분석. 한국교원대학교 대학원 석사 학위 논문.

박종원 (2004). 과학적 창의성 모델의 제안. 한국과학교육학회지, 24(2), 375-386.

박지영, 이길재, 김성하, 김희백 (2005). 과학영재 교육 프로그램 분석 모형의 고안과 국내의 과학영재를 위한 생물프로그램의 실태 분석. 한국생물교육학회지, 33(1), 122-131.

양일호, 정진우, 김영신, 김민경, 조현준 (2006). 중등학교 과학 실험 수업에 대한 실험 목적, 상호작

용, 탐구 과정의 분석. 한국지구과학회지, 27(5), 509-520.

유지연, 박연옥, 노태희 (2011). 비유 실험을 활용한 탐구 학습이 과학영재의 실험설계 과정에 미치는 영향. 한국과학교육학회지, 31(6), 986-997.

Alexopoulou, E., & Driver, R. (1997). Gender differences in small group discussion in physics. International Journal of Science Education, 19(4), 393-406.

Anderson, T., Howe, C., Soden, R., Holliday, J., & Low, J. (2001). Peer interaction and the learning of critical thinking skills in further education students. Instructional Science, 29(1), 1-32.

Bryce, T., & MacMillan, K. (2005). Encouraging conceptual change: The use of bridging analogies in the teaching of action reaction forces and the 'at rest' condition in physics. International Journal of Science Education, 27(6), 737-763.

Darius, P. L., Portier, K. M., & Schrevens, E. (2007). Virtual experiments and their use in teaching experimental design. International Statistical Review, 75(3), 281-294.

Derry, S., Tookey, K., & Chiffy, A. (1994). A microanalysis of pair problem solving with and without a computer tool. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, New Orleans, LA.

Etkina, E., Heuvelen, A. V., White-Brahmia, S., Brookes, D. T., Gentile, M., Murthy, S., Rosengrant, D., & Warren, A. (2006). Scientific abilities and their assessment. Physical Review Special Topics-Physics Education Research, 2(2), 1-15.

Kirby, J. R., Moore, P. J., & Schofield, N. J. (1988). Verbal and visual learning styles. Contemporary Educational Psychology, 13(2), 169-184.

Lou, Y., Abrami, P. C., & d'Apollonia, S. (2001). Small group and individual learning with technology: A meta-analysis. Review of Educational Research, 71(3), 449-521.

Lumpe, A. T. (1995). Peer interaction in science concept development and problem solving. School Science and Mathematics, 95(6), 302-309.

McKnight, L. (2000). Changing the middle years: Reflections and intentions. Melbourne, Victoria: DEET.

National Research Council (2000). Inquiry and national science education standards: A guide for teaching and learning. Washington, DC: National Academy Press.

Orgill, M., & Bodner, G. M. (2004). What research tells us about using analogies to teach chemistry. Chemistry Education: Research and Practice, 5(1), 15-32.

Paatz, R., Ryder, J., & Schwedes, H. (2004). A case study analysing the process of analogy-based learning in a teaching unit about simple electric circuits. International Journal of Science Education, 26(9), 1065-1081.

Richland, L. E., Zur, O., & Holyoak, K. J. (2007). Cognitive supports for analogies in the mathematics classroom. Science, 316, 1128-1129.

Sternberg, R. J., Kaufman, J. C., & Pretz, J. E. (2002). The creativity conundrum: A propulsion model of kinds of creative contributions. New York: Psychology Press.

Taber, K. S. (2001). When the analogy breaks down: Modelling the atom on the solar system. Physics Education, 36(3), 222-226.

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