

DARTs가 초등과학 영재학생들의 탐구문제 제안에 미치는 영향

손준호¹ · 김종희^{2*}

¹서일초등학교 · ²전남대학교

The Effect of DARTs Reaches to the Inquiry Problem Suggestion of the Elementary Science Gifted Students

Jun-Ho Son¹ · Jong-Hee Kim²

¹Seoil Elementary School · ²Chonnam National University

ABSTRACT

The purpose of this study is to use DARTs (Directed Activities Related to text) to foster inquiry problems while actively engaging accelerated gifted elementary students in the field of earth sciences. This study is continually evolving in the classroom on the proposition that accelerate the scientific thought whether inquiry problems show any change according to the extent of prior background knowledge through DARTs. Researchers appointed the accelerated gifted elementary students with 14 investigation problems and it was their duty to not only classify the inquiry problems, but to analyze using interviewing methods according to type classification framework. Many scientific terms were used concretely in the inquiry problems that were propose after DART. The students gave a direct effect to the inquiry problem to be proposed according to the level of the content that it is presented in the DARTs worksheet. As a result, the NP-IP type and the EC-IP, NC-IP inquiry problem type proposed above much as a whole in DARTs former and prior. Particularly, the EMC-IP type and etc. was variously proposed after the DARTs. And the students proposing the inquiry problem of above average proposed the inquiry problem of the EP-IP type much unlike the general average student after the DARTs. The EC-IP, NC-IP and NF-IP type were changed much after DARTs used. Particularly, the EC-IP and NC-IP type were changed much.

Key words : scientific inquiry problem, DART(Directed Activities Related to text), classification of modified and improved inquiry problems

I. 서 론

과학자는 자연세계를 연구하는 방법과 원리를 과학적 탐구를 통해서 이해하며, 학생들 또한 과학적 탐구를 통해서 과학지식을 획득한다(조희형 외, 2009). 그래서 과학지식을 이용해 자연을 이해하는 과학자의 전문적인 수행 활동(Chiappetta & Koballa, 2006)을 과학적 활동이라고 일컫는다. 과학적 활동으로서의 과학적 탐구는 과학자가 자연에 대해 질문을 던지고 그 질문의 답을 찾아 자연을 더욱 깊게 이해하려는 과학의 과정으로 기술되기도 한다(Bybee,

Powell, & Trowbridge, 2008; 조희형 외, 2009). 따라서 과학적 탐구가 질문을 통해 시작된다는 점에서 과학적 탐구문제 제안과 밀접한 관계가 있다. 왜냐하면 탐구문제를 제안하는 그 자체가 새로운 문제의 발견이며, 이는 과학적 탐구의 출발점으로 과학적 활동의 기초가 되기 때문이다. 그러므로 탐구할 만한 가치가 있다고 생각되는 새로운 문제를 발견하고 제안하는 과학적 탐구활동은 여러 측면에서 의미 있는 활동으로 강조되어 왔다(박종원, 2005). 특히 학생들이 제안하는 탐구문제나 과학적 의문은 그들의 생각이나 이해 수준에 대한 정보를 제공한

* 교신저자 : 김종희(earthedu@jnu.ac.kr)

2012. 11. 24(접수) 2012. 12. 17(1심통과) 2012. 12. 26(최종통과)

다(Maskill & de Jesus, 1997). 또한 그들의 지적 수준 상태, 실험이나 이론의 이해 정도, 과학적 관심과 흥미, 과학적 창의성 등과 같은 다양한 내용들을 파악할 수 있어 학생들의 출발점 행동 자료로도 활용이 가능하다.

박종원(2005)은 일반물리를 수강한 대학생 6명을 대상으로 6개의 탐구문제 유형과 탐구문제의 제안 과정에서 사용된 7개의 전략 유형을 밝힌 바 있으며, 이에 대한 후속 연구가 있었다(전은영, 2008; 송하영, 2008, 오창호 외, 2010). 이형철과 전은영(2011)은 초등 일반 학생과 과학영재 학생이 제안한 과학 탐구 문제를 유형별로 분석하여, 제안된 탐구 문제와 탐구 과정 전략 유형의 관계에 초점을 둔 연구결과가 있었으나, 기존의 연구에서 크게 벗어나지는 못하였다. 한편 임재근(2010)은 초등과학 영재학생들 중 사전지식이 많은 집단의 학생들이 적은 학생들보다 지식을 통해 다양한 정보를 바탕으로 사실적이고 절차적인 의문보다는 조작을 통한 예측, 발견, 이해와 적용 등의 높은 수준을 요구하는 의문을 많이 생성했다고 밝혀 탐구과제에 대한 사전지식이 과학적 의문 생성에 영향을 미친다고 하였다. 이 연구결과는 학생들의 사전지식 수준이 과학적 탐구문제 제안에 어느 정도 영향을 미칠 수 있음을 시사하는 것으로 볼 수 있다.

Lunzer & Gardner(1979)는 학생들이 다양하면서도 질적으로 우수한 탐구문제를 제안하는데 있어 학교 현장에서 유용하게 활용될 수 있는 능동적인 과학 글 읽기 활동으로 DARTs를 제안한 바 있다(임철성 외, 2010). 글과 관련된 안내된 활동인 DARTs(Directed Activities Related to texts)는 글을 수정하는 문제해결 활동인 재구성 DARTs와 글을 수정하지 않고 글 속에서 도달 목표를 찾는 활동인 분석 DARTs로 나눌 수 있다. 대표적인 재구성 DARTs에는 문장이나 도표, 표를 완성하거나 배열이 다른 글을 정리하고, 제시된 글 전체를 통해 다음의 내용을 예상해 적어보는 등의 활동이 있다. 또한 대표적인 분석 DARTs는 밑줄 긋고 표시하거나 표식달기, 글의 흐름이나 내용을 보여주는 도표 작성하기, 표 작성하기, 질문 만들기, 주유어 열거 및 문장 요약하기 등의 활동이 있다. 이처럼 DARTs는 제시된 내용에서 학생들을 문장의 중요한 부분에 집중하도록 함으로써 내용에 대해 깊이 있게 생각할 수 있도록 도움을 준다. 따라서 DARTs는 학생들의 사전지식에

영향을 주게 될 것이고, 이로 인해 탐구문제 제안에도 분명 영향을 미칠 것이다. 특히 실험실 활동으로 재현하는데 많은 제약이 따르는 지구과학 관련 내용들은 DARTs를 활용해 개념 정립 및 다양한 사전 지식 활성화로 질 높은 과학적 활동을 유도할 수 있을 것이다. 이는 질적인 과학탐구를 위해서는 다양한 각도에서 탐구문제를 개발하는 경험을 학생들에게 시키는 것이 중요한데(박영신, 2011), DARTs가 바로 그 방법적인 대안이 될 수 있을 것으로 생각한다.

하지만 지금까지는 학생들의 탐구문제에 영향을 미치는 사전지식을 어떤 방법으로 제시하는 것이 좋은지에 대한 연구 결과는 부족하였다. 그리고 지구과학 관련 탐구문제의 유형을 깊이 있게 분석하고, 그것에 영향을 주는 요인을 찾아보는 연구 또한 미흡하였다.

따라서 본 연구에서는 학생들이 제안한 탐구문제가 DARTs를 통해 어떻게 달라지는지 확인해 보고, 탐구문제의 양적, 질적 변화를 위한 DARTs의 효과적인 활용 방안을 제시해 보고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

이 연구는 광주광역시 소재 I 영재학급 20명의 학생들을 대상으로 예비연구를 실시한 후, C대학교 과학영재교육원 초등과학반 14명을 대상으로 하였다. 연구 대상들은 초등학교 5, 6학년 학생 중 C대학교 과학영재교육원의 선발 과정을 통과한 학생들로 구성되었다.

2. 연구 절차

본 연구 절차를 요약하여 나타내면 그림 1과 같다. 개별 온라인 학습 및 과제 제출은 1차 수업 한 달 전쯤 C대학교 과학영재교육원 홈페이지에 학습내용을 탑재한 후, 이해한 정도를 보고서로 제출하도록 하였다. 제시한 과제 내용은 지구 생성 과정에 대해 제시한 사진을 자신의 생각대로 배열해 보고, 그 이유를 제시하여 환경적 상황을 유추하여 보기와 마그마에 대한 자유탐구과제로 약 2시간 정도 사전 학습이 실시되었다.

본 연구에서 사용한 탐구문제 제안 기록지는 1, 2

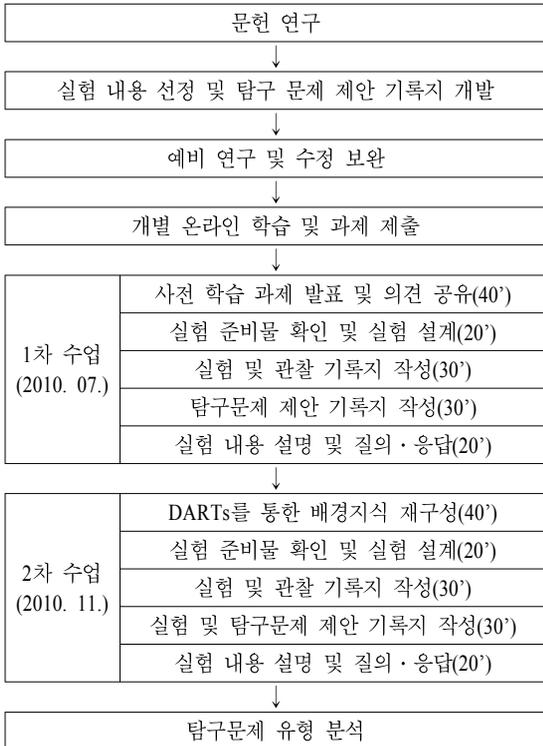


그림 1. 연구 절차

차 수업에 동일하게 사용하였다. 2차 수업에서는 1차 수업과는 달리 DARTs를 먼저 실시하였는데, 실험 내용은 1차 수업과 동일하지만, DARTs 전·후의 탐구문제 제안 정도를 비교·분석하기 위해 수업절차를 달리 하였다. 1차 수업 때는 주로 실험 관찰 및 탐구문제 제안 쪽에 초점을 둔 반면, 2차 수업 때는 다양한 배경지식을 활성화할 수 있도록 하는 DARTs를 통해 탐구문제를 제안해 보도록 하였다. 1차 수업 후 4개월 정도 지나 2차 수업을 진행하였는데, 이는 동일한 학생들을 대상으로 DARTs 전·후의 탐구문제 변화 정도를 비교해 보고자 하였기 때문이다. 4개월의 시간차는 1차 수업 시 지식적인 부분을 특별히 다루지 않아 1차 수업이 2차 수업에 미치는 영향을 최소화할 수 있을 것으로 생각했기 때문이다.

3. 검사 도구

1) 실험 내용 선정

본 연구에 사용한 실험 내용은 과학영재학생들의 지적 수준과 관심을 고려하여 선정된 후 예비실험을 통해 수정하였다. 특히 DARTs와 연관 지어 다양

한 배경지식을 활성화 시킬 수 있는 실험 내용으로, 한국교육원대학교 과학교육연구소(2005)에서 탐구수업 지도 자료로 제시한 그림 2의 ‘지하 깊은 곳에 있는 마그마가 지각을 뚫고 분출하는 모습을 관찰해 보기’를 선정하였다.

지하 깊은 곳에 있는 마그마가 지각을 뚫고 분출하는 모습을 관찰해보자.

준비물 : 500mL 비커, 녹인 양초, 물, 모래, 알코올 램프, 삼발이, 붉은 색소

1. 녹인 양초에 붉은 색소를 섞고 비커에 물을 1cm 정도 높이가 되게 넣는다.
2. 양초를 굳히고, 그 위에 모래를 1cm 정도 높이가 되게 넣는다.
3. 비커에 물을 절반 이상 조심스럽게 넣고 알코올 램프로 가열한다.
비커에서 어떤 일이 일어났는지 관찰하고 그림으로 그려보자.

예상

비커를 가열하면 굳힌 양초가 다시 녹으면서 모래와 물을 뚫고 위로 흘러나온다. 물 위로 흘러나온 양초는 용융류처럼 물위로 퍼진다. 비커가 준비되어 있으면 시간은 10분 정도가 소요된다. 마그마가 분출하는 모습을 쉽게 볼 수 있다.

그림 2. 실험 내용

2) 탐구문제 제안 기록지 개발

탐구문제 제안 기록지는 박종원(2005)이 탐구문제 제안을 돕기 위한 지도 방안으로 제시한 안내문을 사용하였는데, 이는 실험 내용과 연관된 탐구문제를 예시로 제시하여 학생들의 이해를 돕도록 그림 3과 같이 제시하였다.

탐구문제 제안 기록지

지금까지의 실험 결과를 보고 더 알아보거나 탐구에 볼 가치가 있다고 생각되는 탐구질문들을 아래의 내용을 참고하여 제안해 보세요.

탐구문제 생각하는 방법	()초등학교 ()학년
	이름 : () 탐구문제 적어보기
(예시) 최초의 마그마와 나중에 생성된 마그마를 구분할 수 있는 실험적인 방법에는 무엇이 있을까?	
<ul style="list-style-type: none"> • 실험결과에 기본적으로 어떠한 특징들이 있는지 살펴보세요. • 실험상황이나 실험에 포함된 개념, 실험결과들을 자신이 알고 있는 다른 개념이나 경험들과 연결지어 보세요. • 주어진 실험방법이나 조건, 소재나 도구 등을 바꾸어 볼 수 있는지 살펴보세요. • 실험결과가 자신의 예상이나 지식과 맞지 않는 부분은 없는지 살펴보세요. • 주어진 실험에는 제시되어 있지 않지만, 실험에 영향을 줄 수 있거나 실험에 관련된 다른 변인들이 있을 수 있는지 탐색해 보세요. • 이 실험의 목적이 무엇인지, 무엇을 알아보고 한 것인지 생각해 보세요. • 결과를 얻기 위한 범위를 확대시켜 보세요. 예를 들면, 온도를 측정할 실험이라면, 온도의 측정 범위를 더 넓게 또는 높게 확대시켜볼 수 있을 것입니다. 	

그림 3. 탐구문제 제안 기록지

3) 탐구문제 유형 분류를 수정

박중원(2005)이 제안한 6개의 탐구문제 유형은 N-IP(새로운 결과 탐구문제), R-IP(관계 탐구문제), WH-IP(왜-어떻게 탐구문제), W-IP(무엇 탐구문제), A-IP(적용 탐구문제), E-IP(실험방법 탐구문제)이다. 하지만 본 예비 조사에서 학생들이 제시한 탐구문제를 분석한 결과 위의 유형으로 나누기에는 무리가 있었다. 왜냐하면 학생들이 제안한 탐구문제는 지구과학 영역의 특수성이 많이 반영되어 있었기 때문이다. 즉, 자연현상을 실험실 상황으로 완벽하게 재현하기에는 많은 제약이 뒤따르며, 실험내용을 토대로 자연현상을 유추하는 경우가 상당히 많기 때문에 지구과학에서의 탐구문제는 다른 영역과 다른 부분을 가질 수밖에 없다. 따라서 과학교육 전문가 1인 및 현장교사 2명과 함께 탐구문제 유형 분류를 표 1과 같이 수정하였다.

수정한 탐구문제 유형 분류들은 학생들이 제안한 탐구문제에 대해 실험적인 상황에 대한 탐구문제와 자연현상과 연계된 상황에서의 탐구문제를 구분 지을 수 있다. 그리고 동일한 실험적인 상황에 대한 탐구문제라 할지라도 실험재료와 실험방법으로 탐구문제를 세분화할 수 있다. 또한 실험적인 현상을 자연현상과 연관 지어 제안한 탐구문제의 경우라 할지라도 자연현상의 조건 변화나 이를 활용한 실험방법의 변화로 구분지음으로써 지구과학 분야에 대한 탐구문제를 효과적으로 분석할 수 있도록 수

정하였다. 이렇게 함으로써 DARTs의 내용 구성 및 효과적인 활용 방안의 시사점을 찾는 데 도움을 주고자 하였다.

4) DARTs 학습지 개발

DARTs 학습지는 본 연구에서 선정한 실험 내용과 관련 있는 내용으로 ① 마그마의 기원 ② 마그마의 종류 ③ 마그마와 화산 총 3가지를 개발하였다. DARTs 학습지는 Davis와 Greene(1984)이 제시한 7가지 글의 유형(지시, 분류, 구조, 메커니즘, 과정, 개념·원리, 가설·이론)과 이에 따른 적절한 활동으로 제안한 내용에 기반을 두었다. 또한 손준호와 김중희(2011)가 초등 과학에서 효율적인 읽기 자료를 위해 제안한 문장 구조의 내용과 구성 부분을 참고하여 개발하였다. 개발한 DARTs 학습지는 그림 4와 같다.

‘마그마의 기원’ DARTs는 분류에 따른 개념 설명과 표 완성하기 활동으로 자료를 제시하였다. ‘마그마의 종류’ DARTs는 마그마에 대한 분류 및 개념과 원리적인 내용을 순차적으로 제시하였고, 표 완성하기를 활동으로 제시하였다. 특히 그림의 일부를 제시하여 표로 완성한 내용을 재정리하여 사고를 확산할 수 있도록 하였다. ‘마그마와 화산’ 학습지는 과정 글과 함께 제시된 그림을 참고하여 학생들이 다양한 생각을 확장할 수 있도록 자료를 제시하였다. 이렇게 개발된 3가지 DARTs는 학생들의 수준을

표 1. 수정한 탐구문제 유형 분류들

유 형		내용적 특성
EP-IP (Experimental Phenomenon Inquiry Problem)	EC-IP (Experimental Condition Change Inquiry Problem)	제시된 실험의 조건을 변화시킨 탐구문제
	EMC-IP (Experimental Material Change Inquiry Problem)	제시된 실험에서 사용한 실험 재료 이외의 재료를 바꾸었을 때의 변화에 대한 탐구문제
	EM-IP (Experimental Method Inquiry Problem)	실험방법에 대한 탐구문제
	ER-IP (Experimental Result Inquiry Problem)	실험을 통해서 확인할 수 있는 결과에 대한 탐구문제
NP-IP (Nature Phenomenon Inquiry Problem)	NC-IP (Nature condition change Inquiry Problem)	실험적인 현상을 자연현상과 연관 짓되, 자연 현상의 조건을 바꾸었을 때의 변화에 대한 탐구문제
	NF-IP (Nature Feature Inquiry Problem)	실제 자연현상의 성질이나 특성에 대한 탐구문제
	NM-IP (Nature Method Inquiry Problem)	실제 자연현상에서 이론적으로 알고 있는 내용을 확인하기 위한 실험방법에 대한 탐구문제
	A-IP (Application Inquiry Problem)	실생활에 활용 가능한 탐구문제

표 3. DARTs 전·후 제안한 탐구문제의 수

	제안한 탐구문제 개수		EP-IP								NP-IP								
			EC-IP		EMC-IP		EM-IP		ER-IP		NC-IP		NF-IP		NM-IP		A-IP		
이중○	5	7	0	5	0	0	0	0	0	0	0	2	1	2	1	1	0	0	0
조한○	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	1	0	0	0	0	0	0
김민○	9	6	3	3	0	1	0	0	0	0	6	0	0	2	0	0	0	0	0
최호○	2	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	1	1	0	0	0	0	0
박성○	4	7	2	3	1	3	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
조성○	2	5	0	1	0	1	0	0	0	0	1	2	1	1	0	0	0	0	0
김두○	3	5	0	1	0	0	0	0	0	0	2	2	1	1	0	0	0	0	1
이상○	2	5	2	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
김동○	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	3	1	0	0	0
진형○	5	6	4	1	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	2	0	0	0
조연○	4	4	0	0	0	1	0	0	0	0	3	0	0	3	1	0	0	0	0
장한○	6	3	5	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
김민○	4	7	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	3	1	1	3	0	0	0
허 ○	8	5	4	2	3	1	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0
합계	64	73	20	21	5	9	0	1	1	1	20	21	12	13	6	6	0	0	1
평균(개)	4.57	5.21	1.43	1.50	0.36	0.64	0	0.07	0.07	0.07	1.43	1.50	0.86	0.93	0.43	0.43	0	0	0.07
비중(%)			31.25	28.77	7.81	12.33	0	1.37	1.56	1.37	31.25	28.77	18.75	17.81	9.38	8.22	0	0	1.37

(음영 처리된 부분 : DARTs 후 제안한 탐구문제 분석 결과)

59.38%로 EP-IP 유형의 40.62%보다 더 많이 제안되었다. 이와 유사하게 DARTs 후에도 EC-IP와 NC-IP 유형이 가장 많이 제안되었으며, 전반적으로 NP-IP 유형이 56.17%로 EP-IP 유형의 43.84%보다 더 많이 제안되어, DARTs 전과 큰 차이를 보이지 않았다. 하지만 DARTs 후 EMC-IP 유형의 탐구문제가 조금 상승하였으며, EM-IP와 A-IP 유형의 탐구문제가 제안됨으로써 다양한 유형의 탐구문제를 제안할 가능성을 열어 두었다. 그러나 실제 자연현상과 연결된 탐구문제를 다양하게 제안하지 못한 것은 DARTs 전·후 모두 비슷한데, 이는 DARTs로 제시한 내용이 학생들의 인지수준에 맞지 않았기 때문으로 판단된다. 이는 예비활동을 통해 DARTs의 내용을 수정·보완하였으나, 영재학생들의 수준이 각 기관별로 차이가 있어 나타난 차이라고 생각한다.

DARTs 후 학생 개개인의 탐구문제 변화 정도를 살펴보면, 전반적으로 EMC-IP, EM-IP, ER-IP, A-IP, NM-IP 유형의 탐구문제는 DARTs의 정도에 따라 0~2개 정도의 작은 변화 폭을 보였다. 하지만 EC-IP, NC-IP, NF-IP 유형의 탐구문제는 DARTs 후 0~6개까지의 좀 더 큰 폭의 변화를 나타냈고, 그 중 EC-IP와 NC-IP 유형의 탐구문제는 크게 변화였다. 이는 초등과학 영재학생이라 할지라도 아직까지는 조건 변화에 대해 더 많은 호기심을 보이고 있고, DARTs

는 학생들의 생각을 실험조건 변화에 보다 민감하게 반응하여 다양한 탐구문제로 제안할 수 있도록 하는 촉진제의 역할을 했다고 볼 수 있다. 이러한 연구 결과는 문제 인식을 강조한 활동지가 학생들이 탐구 활동에 대한 문제를 적절하고 다양하게 제시하도록 하는데 효과적인 활동이 될 수 있다고 한 신명경 외(2010)의 연구 결과와도 유사하다.

위의 결과 중 DARTs 전·후 평균 이상의 탐구문제를 제안한 학생들만을 대상으로 비교해 보면 표 4와 같다.

위의 결과, DARTs 전 평균 이상의 탐구문제를 제안한 학생의 경우, EP-IP 유형이 41.86%, NP-IP 유형이 58.14%로 NP-IP 유형을 더 많이 제안하였다. 반면 DARTs 후 평균 이상의 탐구문제를 제안한 학생의 경우, EP-IP 유형이 54.55%, NP-IP 유형이 45.45%로 EP-IP 유형을 더 많이 제안하였다. 이러한 결과는 표 3에서 전체 학생이 NP-IP 유형을 더 많이 제안한 경우와 다른 것으로, 평균 이상의 탐구문제를 제안한 학생의 경우는 DARTs 후에 EP-IP 유형을 더 많이 제안한 것이다.

이러한 결과는 평균 이상의 탐구문제를 제안한 학생의 경우, DARTs 전에는 정확하게 알지 못했던 배경지식을 실제 자연현상과 연관 지어 탐구문제로 단순히 제시한 반면, DARTs 후에는 활성화된 배경

표 4. DARTs 활동 전·후 평균 이상의 탐구문제의 수

	제안한 탐구문제 개수		EP-IP								NP-IP							
			EC-IP		EMC-IP		EM-IP		ER-IP		NC-IP		NF-IP		NM-IP		A-IP	
평균 (개)	6.14	11	2.29	4.67	0.14	1.33	0	0	0.14	0	2	2	0.86	1.33	0.71	1.67	0	0
비중 (%)	·	·	37.21	42.42	2.33	12.12	0	0	2.33	0	32.56	18.18	13.95	12.12	11.63	15.15	0	0

(음영 처리된 부분 : DARTs 후 제안한 탐구문제 분석 결과)

지식을 통해 실현 가능성이 있는 경우에만 자연현상과 연관 지어 탐구문제로 제안하려는 경향이 강하게 나타났기 때문에 판단된다. 또한 실험 현상에 대한 객관적인 자료를 토대로 실제 자연현상을 유추하려는 초등과학 영재학생들의 과학적 사고과정이 증가했기 때문으로도 볼 수 있다.

2. DARTs 전·후 제안한 탐구문제 내용

학생들이 제안한 탐구문제가 DARTs 전·후에 내용적으로 어떻게 변화되었는지를 알아보기 위해 표 5와 같이 분석하였다.

전반적으로 DARTs 후에 탐구문제 내용이 구체적

표 5. 각 학생별 DARTs 활동 전·후 제안한 탐구문제의 내용 분석(예)

	DARTs 전에 제시한 탐구문제	DARTs 후에 제시한 탐구문제
이중○	마그마가 지각 위로 솟아오를 때 마그마나 지각의 어떤 조건과 환경이 새로 생긴 땅의 형태와 성분에 영향을 미칠까?	분출한 마그마는 바다 위의 기상 조건 에 따라 어떻게 굳게 될까?
조한○	마그마가 올라오는 지각의 특징은 무엇일까?	점성이 다른 두 마그마 를 섞은 후 굳혀 암석을 만든다면 어떤 암석이 될 수 있을까?
김민○	조금씩 마그마가 나와 바다를 모두 덮고도 다시 마그마가 나오면 어떻게 될까?	설입대 밑에 마그마가 있다면 어떻게 될까?
최호○	지각으로 형성된 마그마와 분출되다 굳어진 마그마의 차이는?	마그마의 이동속도가 0.5m/year 보다 더 빠르다면 어떻게 되는가?
박성○	양초와 다른 물질을 가지고 실험을 하면 어떻게 될까?	마그마가 식으면 암석이 되는데, 만약 양초 대신 밀도가 큰 물질 을 사용하면 어떻게 될까?
조성○	지면의 높이는 높지만 약하고 반대로 지면의 높이는 낮지만 단단한 곳에서 동시에 화산이 분출한다면 어떻게 될까?	만약 지표가 흩어나 돌 등으로 이루어지지 않고 틈이 없는 한 덩어리로 지표 를 막고 구성하고 있다면 마그마는 분출될 수 있을까?
김두○	흙의 높이가 더 높다면 마그마가 나오는데 어떤 영향을 줄까?	만약 그 전의 분출로 인해 지각 위의 암석 이 생성된 후 다시 분출하면 어떻게 될까?
이상○	물이 아닌 다른 것을 넣었으면 어떻게 될까?	양초가 나올 때 저어주거나 모래 대신 무거운 것을 올려놓으면 어떻게 될까?
김동○	물 속에서 식은 마그마와 지면에서 식은 마그마는 어떠한 차이가 있을까?	지구의 대기압이 줄어들면 화산폭발의 빈도가 잦아질까?
진형○	지각으로 분출된 마그마와 분출되다 굳어진 마그마의 차이는 무엇이 있을까?	마그마는 지각의 약한 틈을 뚫고 올라오는데 그 틈을 없애고 모든 지각을 고르게 해도 분출할 수 있을까?
조연○	분출되면서 특성이 달라진 마그마의 원래 성질을 알 수 있는 방법에는 무엇이 있을까?	현무암질 마그마 가 분출되지 않고 마그마 챔버 에서 굳는다면 어떤 암석이 생성될까?
장한○	모래가 더 많이 있거나 더 적게 있다면 결과는 어떻게 달라졌을까?	양초가 솟아오르는 속도를 늦추기 위해서는 어떤 방법이 있을까?
김민○	올라오는 순서에 따른 마그마의 성분은 어떻게 변할까?	비커에 있는 물을 조심스럽게 따라보고 제주도의 용암동굴의 생성과정이나 구조 를 이것과 비교해 보면 어떠한 차이가 있을 것인가?
허○	마그마가 나왔을 때 마그마를 다시 되돌릴 수 있는 방법은?	마그마가 올라오는 속도가 다를 때 만들어지는 모양 들은 어떻게 달라질까?

으로 제시되었음을 볼 수 있다. 또한 제시된 탐구문제가 무엇을 의미하는지 내용전달이 보다 명확해졌고, DARTs 전에 비해 과학적인 용어를 활용하여 탐구문제를 심도 있게 제안하고 있음을 밀줄 친 단어들을 통해 확인할 수 있다. 이러한 결과는 DARTs를 통해 학생들이 실험과 연관된 과학 지식을 보다 많이 이해하게 되어, 실험현상을 다양하게 바라볼 수 있는 안목이 생겼기 때문으로 판단된다. 다시 말해, DARTs 후에 배경지식이 증가함에 따라 실험 현상에 대해 많은 의문을 갖고 이를 배경지식과 연관 지어 생각하는 사고력이 증가했기 때문으로 설명할 수 있다.

DARTs 전·후에 제안한 탐구문제의 질적 변화를 보다 깊이 있게 분석하기 위해 본 실험 내용과 관련 있는 마그마, 용암, 화산, 압력, 밀도, 암석, 점성, 열 등의 단어들을 과학적 용어로 분류하여 분석한 결과는 표 6과 같다.

위의 결과, DARTs 전에는 동일한 과학적 용어를 2회 이상 반복하여 여러 번 사용한 반면, DARTs 후에는 다양한 과학적 용어를 사용하는 등 대체적으로 평균 약 2.5개 정도 더 많은 과학적 용어를 사용하여 탐구문제를 제안한 것으로 나타났다.

이러한 결과는 탐구문제 제안 시 학생들이 갖고 있는 과학 지식의 중요성을 시사하고 있는데, 지식을 생성한다는 것은 바로 문제 현상을 설명하기 위해 필요한 지식을 스스로 고안하고 있다는 증거이며(Anderson & Biddle, 1991), 이를 통해 실험실 상황

표 6. DARTs 전·후 탐구문제 제안 시 사용한 과학적 용어의 개수

	DARTs 전에 사용한 과학적 용어	DARTs 후에 사용한 과학적 용어
이중○	12	5
조한○	5	11
김민○	10	5
최호○	3	7
박성○	3	7
조성○	2	8
김두○	5	5
이상○	0	2
김동○	8	11
진형○	4	11
조연○	5	9
장한○	3	4
김민○	6	12
허 ○	5	4
평 균	5.07	7.57

을 자연 현상과 연관 지어 과학적으로 많은 문제를 제기할 수 있게 되었기 때문이다. 탐구문제 제안이라는 과정 속에는 많은 인지적 활동이 포함되어 있으므로(Brown & Walter, 1985), 여기에는 과학 지식이 크게 영향을 미친다고 볼 수 있다. 따라서 DARTs는 과학적 용어를 좀 더 다양하게 사용하여 탐구문제를 제안하고, 질적으로도 향상된 탐구문제를 제안하는데 효과적이라고 할 수 있다.

3. DARTs 사례

전체 학생의 탐구문제 유형 변화보다는 평균 이상을 제안한 학생들의 탐구문제 유형에 보다 많은 양적 변화가 나타났기에 이들의 실제 DARTs를 분석하여 이해 수준은 어느 정도인지를 확인해 볼 필요가 있다. 따라서 본 연구에서 개발한 3가지의 DARTs 사례를 분석하면 다음과 같다.

첫 번째 DARTs는 ‘마그마의 기원’에 대한 내용으로, 실제 사례는 그림 5와 같다.

박성○ 학생이 작성한 DARTs를 보면 전반적으로 원시마그마, 본원마그마, 모마그마를 구분하여 자신만의 방식으로 요약한 흔적이 보인다. 특히 원시마그마와 본원마그마에 대해 수학적 기호를 사용하면 이해하고 있는 듯하다. 하지만 모마그마에 대한 설명을 보면 새로운 암석을 형성하는 마그마를 모마그마인 것처럼 애매하게 설명한 것으로 보아 확실히 이해한 것으로는 볼 수 없다. 또한 개별 면담을 통해 확인한 바로도 맨틀상부나 지각하부가 어느 정도의 위치인지 잘 알지 못하는 상태였으며, 현무암질 마그마가 어떤 것인지에 대해서도 이해가 부족하였다. 이처럼 박성○ 학생이 제시된 대부분의 내용은 정확하게 이해하지 못한 채 단순 요약 형태

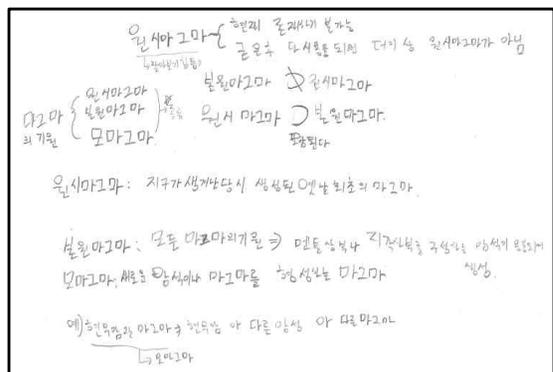


그림 5. ‘마그마의 기원’ DARTs

로 기록한 것이 많았는데, 이는 정확한 이해가 선행되지 못했음을 보여준 예라 할 수 있다.

두 번째 DARTs는 ‘마그마의 종류’에 대한 내용으로, 실제 사례는 그림 6과 같다

이중○ 학생이 작성한 DARTs를 보면, 현무암질 마그마와 화강암질 마그마에 대한 생성위치와 핵심 내용을 나누어서 기록하였고, 각 생성위치별 생성되는 마그마의 종류와 특성을 간단하게 정리하였다. 전반적으로 보면 핵심 내용을 잘 요약하지 못하고 거의 그대로 옮겨 적었으며, 그림으로 제시된 부분에서는 상부맨틀 위에 연약권을 표시하는 등 오개념이 보이기도 하였다. 개별 면담을 통해 확인한 바로는 열점이나 해령, 지구의 내부 구조에 대한 정확한 이해가 부족한 것으로 확인되었다. 그러나 가장 큰 문제점은 이중○ 학생이 그림으로 정리한 부분에 자신이 이해한 내용을 변환시켜 제시하지 못하였는데, 이는 도표로 정리한 부분의 내용을 정확하게 이해하지 못했기 때문으로 보인다. 즉, 첫 번째 DARTs처럼 정확한 이해가 선행되지는 못했다고 할 수 있다.

세 번째 DARTs는 ‘마그마와 화산’에 대한 내용으로, 실제 사례는 그림 7과 같다.

김민○ 학생이 작성한 DARTs를 보면, 다른 DARTs 내용에 비해 대체적으로 잘 이해하고 있는 편이었다. 이는 학교교육과정과 비슷한 내용이 DARTs에

제시되어 익숙했기 때문으로 판단된다. 또한 도표로 요약된 부분을 그림으로 나타냈을 때 핵심적인 내용을 반영했는가를 확인해 보았을 때, 마그마 챔버에서 저장되어 있다가 지각의 약한 부분을 파고 올라오는 과정을 자세히 잘 표현한 것을 확인할 수 있다. 또한 밀도의 차이로 마그마가 지표면으로 분출하는 과정을 별도의 그림으로 제시하여 어느 정도 이해하고 있었다. 실제 개별 면담을 통해서도 제시된 내용 중 가장 이해하기 어렵다고 생각하는 마그마의 이동에 대한 부분을 잘 이해하고 있음을 확인하였다.

지금까지의 DARTs 결과를 보면, DARTs를 통해 학생들은 제시된 내용을 자신만의 방법으로 구성하여 정리함으로써 새로운 배경지식을 습득하고 이해하는 자기주도적 학습을 할 수 있었고, 이는 양적, 질적으로 향상된 탐구문제를 제안하는 기반이 되었다. 하지만 DARTs에서 제시한 내용의 난이도에 따라 탐구문제의 제안 정도가 달라질 수 있음에 유의해야 한다. ‘마그마와 화산’ DARTs는 상대적으로 학생들이 잘 이해하여 훨씬 정확한 결과를 나타내어 개념 정립이 잘 된 반면, ‘마그마의 기원’ 및 ‘마그마의 종류’ DARTs는 학생들의 이해가 다소 미흡하여 정확한 DARTs로 인한 개념 정립이 힘든 상태에서 탐구문제를 제안한 경우가 있었다. 결국 DARTs 후에 탐구문제를 제안할 때 제안한 탐구문제 수의

마그마 종류	생성 위치	핵심 내용
① 현무암질 마그마	주로 해양 중심 해령, 열점	연약권은 김강암으로 구성되어 있다! 연약권은 맨틀과 지각이 교차하는 부분인데 연약권이 있다. 그 아래로 연약권이 판교로만 인하여 화강암을 포함하여 맨틀 성분으로 이동하면 압력이 감소하여 부분융융을 일으켜 현무암질 마그마가 생기면 정확한 열점이나 해령, 지구의 내부 구조에 대한 정확한 이해가 부족한 것으로 확인되었다.
② 현무암질 마그마	해양 섭입대	현무암질 정도, 그 산출이 포함된 지반의 거동이 섭입대에서 맨틀로 들어갈 때 해양의 밑에서 부분융융이 일어나 규산염이 많은 마그마가 되어 이것이 현무암질 마그마가 된다.

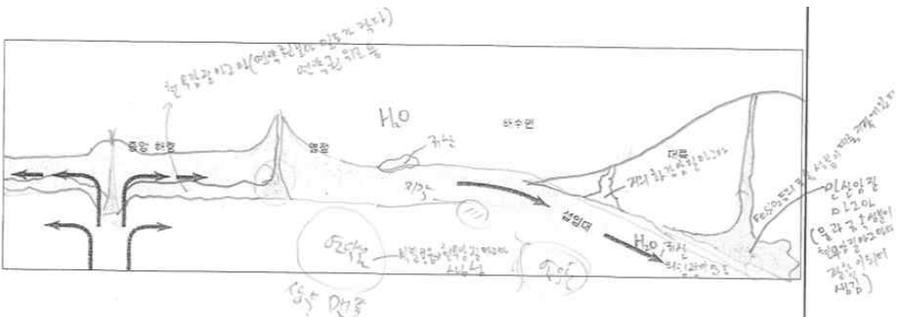


그림 6. ‘마그마의 종류’ DARTs

마그마에서 용암까지의 과정	핵심 내용
마그마의 생성	상층 맨틀과 암석 지대에서 마그마가 생성된다.
마그마의 이동(변질작용)	자신의 약한 틈을 타고 올라다시 맨 밑층 맨틀에 도착해서 시작. (마그마 챔버 생성)
마그마의 분출	마그마가 계속 올라와서 공간을 좁혀주고 넓게 흐르면서 도착해준다.
마그마 챔버에서 마그마	지내 약한 틈을 타고 올라간다.
마그마의 분출(용암)	화구의 약한 부분에서 분출된다. 국구도 좁아지면서 높을수록 기압이 높고 이것도 높고 내려갈수록 낮아진다. (이런에서 용암이)
마그마 분출체(용암) 형성	민약 마그마가 주위 암석과 밀착하게 되는 현상도 있지만 그대로 암석의 틈에서 순환하는 현상도 있다.

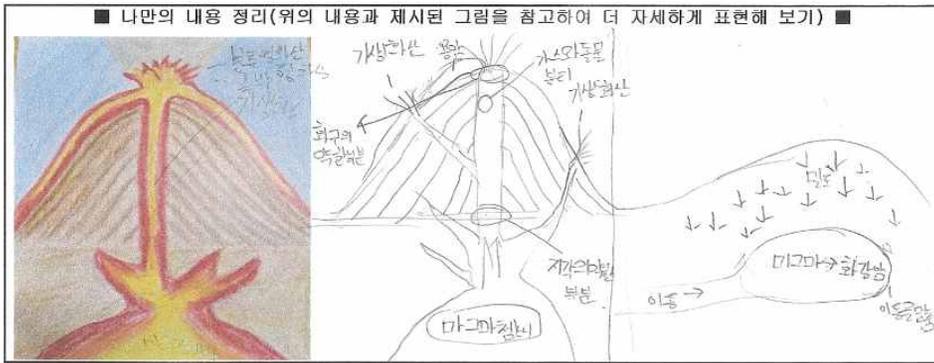


그림 7. '마그마와 화산' DARTs

양적인 증가가 나타나지 않거나 혹은 탐구문제 수준의 질적 저하 현상이 나타나는 것은 제시된 DARTs 내용에 따른 수준별 차이라고 생각할 수 있다. 스스로 정보를 처리하여 새로운 지식을 생성할 수 있는 능력을 지니게 될 때 사고력이 신장되어 문제를 자발적으로 제기할 수 있는데(Roychoudhury & Roth, 1996), 그런 의미에서 볼 때 제안된 DARTs 내용이 다소 어려웠다고 판단된다. 그러므로 학생들의 인지발달수준과 교육과정을 고려하여 DARTs 내용을 조절할 필요가 있으며, Wood et al.(1992)이 3가지 수준의 이해를 위한 틀로 제시한 문자적 이해, 해석적 이해, 응용적 이해를 활용한다면 보다 효과적일 것으로 생각된다.

IV. 결론 및 제언

1. 결론

이 연구의 목적은 14명의 초등과학 영재학생들이 제안한 137개의 탐구문제를 유형별로 분류해 보고, DARTs가 탐구문제의 변화에 어떠한 영향을 미치는지 알아보고, 현장에서 탐구문제 제안을 위한 효과

적인 제시 방법을 제안해 보는 것이다. 연구 결과를 바탕으로 내린 결론은 다음과 같다.

첫째, DARTs 전·후 전체적으로는 NP-IP 탐구문제 유형이, 세부적으로는 EC-IP, NC-IP 탐구문제 유형을 많이 제안하였다. 그리고 DARTs 후에는 EMC-IP 유형 등 다양한 탐구문제를 제안하였다. 하지만 실제 자연현상과 연결된 탐구문제의 제안은 미흡하였는데, 이는 DARTs에서 제시된 내용이 학생들의 인지수준과 맞지 않았기 때문으로 판단된다.

둘째, DARTs 전·후 학생 개인인의 탐구문제 유형 변화 정도를 분석해 본 결과, EC-IP, NC-IP, NF-IP 유형의 탐구문제에서 많은 변화가 있었으며, 특히 EC-IP와 NC-IP 유형의 탐구문제가 가장 많이 변화하였다. 이는 DARTs로 인해 배경지식이 많이 향상되면서 실험과 관련된 조건변화와 연관되었기 때문으로 판단된다.

셋째, 평균 이상의 탐구문제를 제안한 학생들은 일반적인 평균 학생과는 달리 DARTs 후 EP-IP 유형의 탐구문제를 많이 제안하였다. 이는 배경지식의 증가로 인해 실현 가능성 있는 경우에만 NP-IP 유형의 탐구문제를 제안하려는 심리적인 현상이 작용했기 때문이고, 자연현상을 다양한 객관적인 실험 자

료의 결과를 토대로 유추하려는 경향이 강해졌기 때문에 판단된다.

넷째, DARTs 후에 제안한 탐구문제는 보다 많은 과학적 용어를 구체적으로 사용하여 제시함으로써 질적으로 향상되었음을 확인하였다. 이는 DARTs가 학생들의 배경지식을 증가하게 하여 과학적 사고를 촉진시킨 결과라 볼 수 있다.

다섯째, 세 가지 유형으로 제시된 DARTs 중 2가지는 학생들의 입장에서 정확한 이해가 어려웠으나, 나머지는 어느 정도 이해가 가능하여 상반된 결과를 나타냈다. 그럼에도 불구하고 학생들이 제안한 탐구문제는 양적, 질적으로 변화가 있었으므로 DARTs는 탐구문제 제안에 직접적인 영향을 준 것으로 판단된다. 따라서 다양하면서도 질적으로 높은 탐구문제를 제안하기 위해서는 학생들의 인지 수준과 교육과정을 보다 심도 있게 반영한 DARTs로 제시해야 할 것이다.

2. 제언

본 연구의 결과를 바탕으로 후속 연구를 위한 제언을 하면 다음과 같다.

첫째, 지구과학이라는 소재를 활용한 탐구문제 유형의 분류는 시발점에 불과하므로 이를 검증하는 차원의 연구가 절대적으로 필요하다. 따라서 지구과학의 또 다른 실험 내용을 활용한 탐구문제 제안 활동을 통해 EP-IP와 NP-IP 유형을 지속적으로 수정·보완해 나가야 할 것이다.

둘째, 배경지식에 따라 탐구문제의 양과 내용이 달라질 수 있을 것이라는 생각으로 진행했던 본 연구에서는 DARTs라는 방법을 활용하였다, 이는 학생들의 자기주도적 학습에 따른 개념 정립에 DARTs가 효과적일 것이라는 판단에서였다. 하지만 본 연구 결과에서 나타난 바 DARTs의 성패는 제시된 내용의 수준이 학생들의 인지수준과 어느 정도 일치하느냐에 따라 달려있는데, 초등과학 영재학생들의 수준이 기관별로 차이가 있어 이를 정확하게 반영할 수 있는 내용을 개발하기가 어려웠다. 따라서 본 연구에서 활용한 내용과 연관된 또 다른 DARTs 내용을 개발하여 그 효과성을 검증하는 방법을 찾아야 할 것이다.

참고 문헌

- 박영신(2011). 예비교사 양성을 위한 PCK의 강점과 약점. 한국지구과학학회 2011년도 춘계학술대회 논문초록집, 59p.
- 박종원(2005). 학생의 과학적 탐구문제의 제안과정과 특성 분석. 새물리학회지, 50(4), 203-211.
- 손준호, 김종희(2011). 초등 과학 '읽기 자료'의 이해력 향상을 위한 자료 개발 및 그 효과. 대한지구과학교육학회지, 4(3), 205-217.
- 송하영(2008). 과제의 표현 양식에 따라 고등학생이 발견한 과학적 탐구문제 유형 분석. 경북대학교 교육대학원 석사학위 논문, 76p.
- 신명경, 김효숙, 이희순(2010). 탐구 질문하기 활동을 통한 초등학생의 문제 인식과 학습 환경에 대한 인식 변화. 초등과학교육, 29(2), 124-133.
- 오창호, 김민경, 양일호(2010). 과학적 의문 생성 능력에 대한 미시발생적 연구. 한국과학교육학회지, 30(6), 752-769.
- 이형철, 전은영(2011). 초등의 일반 학생과 과학영재 학생이 제안한 과학 탐구 문제의 유형 및 제안 과정 분석. 초등과학교육, 30(4), 634-645.
- 임재근(2010). 탐구과제에 대한 사전지식이 초등과학 영재의 관찰방법과 의문에 미치는 영향. 과학교육연구지, 34(1), 105-112.
- 임철성, 김종희, 전은주, 박종원, 원진숙, 이창덕, 심영택, 최재혁, 박철웅 공역(2010). 과학 교실에서 언어와 문식력. 교육과학사.
- 전은영(2008). 초등의 일반학생과 과학영재만 학생이 제안한 과학 탐구 문제의 유형 및 제안과정 분석. 부산교육대학교 교육대학원 석사학위 논문, 83p.
- 조희형, 김희경, 윤희숙, 이기영(2009). 과학교육의 이론과 실제. 교육과학사.
- Anderson, D. & Biddle, B. (1991). Knowledge for policy: Improving education through research. London, Falmer, 313p.
- Brown, S. I & Walter, M. I. (1985). The art of problem posing. Lawrence Erlbaum Associates, London, 147p.
- Bybee, R. W., Powell, J. C., & Trowbridge, L. W. (2008). Teaching secondary school science: Strategies for development scientific literacy, 9th ed. Upper Saddle River, New Jersey: Merrill.
- Chiappetta, E. L. & Koballa, T. R. (2006). Science instruction in the middle and secondary schools, 5th ed. Upper Saddle River, New Jersey: Merrill.
- Lunzar, E. & Gardner, K. (eds) (1979) The Effective Use of Reading. London, Heinemann, 337p.
- Maskill, R., and de Jesus, H. P., 1997, Pupils questions, alternative frameworks and the design of science teaching. International Journal of Science Education, 19(7), 781-799.
- Roychoudhury, A. & Roth, W. M (1996). Interaction in open-inquiry physics laboratory. International Journal of Science Education, 18(4), 423-445.
- Wood, K., Lapp, D. & Flood, J. (1992). Guiding Readers Through Text: a Review of Study Guides. Newark, DE: International Reading Association, 88p.