

기체에 대한 초등학생들의 개념 조사 및 대안 개념 유형 분석

정대균 · 이해정[†] · 정선희[†] · 오창호[†] · 박국태[†]
(송정초등학교) · (한국교원대학교)[†]

A Survey of Elementary School Students' Conceptions of Gas and an Analysis on the Type of Alternative Conceptions of Gas

Jung, Dai-Kyun · Lee, Hea-Jung[†] · Jeong, Sun-Hee[†] · Oh, Chang-Ho[†] · Park, Kuk-Tae[†]
(Songjeong Elementary School) · (Korea National University of Education)[†]

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate elementary school students' conceptions of gas and analyse the type of alternative conceptions of gas which students constructed. To appreciate the conceptions formed by elementary school students on this topic, 173 sixth grade students from an elementary school located in Suwon participated in this study. Additionally, their conceptions and their alternative conceptions of gas represented by the questionnaires were analyzed. The questionnaires consisted of 11 questions related to the conception of gas. To analyze the types of alternative conceptions which presented themselves, constructed prototypes were generated by interviewing the students themselves. From our results, we suggest that sixth grade elementary school students have various conceptions of gas and tend to think that gas is weighty, and that gaseous volume decreases by pressure. However, their conceptions of gas melting in water were very low, as only about 16% of students were aware of this scientific conception. Students who did not understand precisely the conception of the nature of oxygen, carbon dioxide and hydrogen were over 20%. The results of the interviews showed that the construction of alternative conceptions of gas was affected by various and complex causes.

Key words : conceptions of gas, alternative conceptions, sixth grade elementary school students

I. 서 론

학습자는 주변 환경과 상호 작용을 하며, 상호 작용을 통해 여러 가지 자연 현상에 대해 나름대로 개념을 형성한다(신미경 등, 2000; 조부경 등, 2002). 개념 형성은 특히 학습자가 가지고 있던 선개념, 새로운 경험, 관찰 현상이 서로 능동적인 상호 작용을 함으로써 의미를 구성하는 데(박종욱과 서상오, 1997; Osborne, 1996) 선개념은 학습에 의해 쉽게 변하지 않으며 계속 남아서 과학적 개념들과 혼재된다(이용복과 이상미, 1998; Chinn & Brewer, 1998). 또한, 혼재된 대안 개념은 상황에 따라 과학적 개념보다

우선적으로 지식 구조 내에서 활성화되기도 한다(안수영과 권재술, 1995).

따라서 교사들은 학생들이 가지고 있는 개념의 유형을 파악하는 것이 중요하며, 이러한 연구 결과를 학습 지도에 반영한다면 효율적인 과학 학습 지도가 이루어질 수 있을 것이다(김범기와 김연일, 1995; 엄상수 등, 2000; 채동현과 백은미, 1997).

1980년대 이후 개념 형성에 관한 연구가 많이 이루어져 왔는데, 물질 영역 중 기체와 관련된 선행 연구로써, 산소와 연소 단원에서의 과학적 개념 형성을 위한 수업 전략 연구(엄상수 등, 2000), 초인지 수업 모형이 분자 개념 변화에 미치는 효과에 대한 연

구(신미경 등, 2000), 개념도 작성을 통한 수업이 분자 운동 개념 형성에 미치는 효과에 대한 연구(전근배와 노석구, 2001), 붉은 인의 실험 과정에서 나오는 기압 개념에 대한 연구(박진홍과 정진우, 1999), 기체의 성질과 관련된 연구(유승아 등, 1999), 기체 분자 운동론에 관한 연구(조인영 등, 1999), 밀봉된 주사기 속 공기의 부피, 질량, 압력에 대한 연구(de Berg, 1995), 기체에 대한 지식 연구(Stavy, 1988) 등이 있었다. 그러나 이러한 연구들은 중학교와 고등학교 학생들이나 교사 또는 예비 교사들에 대한 연구가 대부분이었고, 초등학교 학생을 대상으로 한 연구는 드물다(박종욱과 서상오, 1997).

또한, 기체는 눈으로 쉽게 볼 수 없는 추상적 개념이므로 학생들에게 있어 과학적 개념 형성이 어려울 뿐만 아니라 많은 대안 개념이 생성된다(유승아 등, 1999). 따라서 기체의 무게와 압력 및 부피, 물에 대한 기체의 용해, 그리고 산소, 이산화탄소, 수소의 발생과 성질에 대해 초등학교 학생들이 가지고 있는 기체에 대한 개념 유형을 조사하고 분석할 필요가 있다. 초등학교 학생들이 가지고 있는 선개념과 대안 개념들을 조사하고 그 생성 원인을 분석함으로써 과학적 개념을 얻기 위한 효과적인 교수-학습전략의 기초를 마련할 수 있을 것이다. 이 연구를 위한 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

- 1) 초등학교 학생들은 기체의 특성 및 성질에 대해 어떤 개념을 가지고 있는가?
- 2) 초등학교 학생들이 기체에 대해 가지고 있는 대안 개념의 유형과 생성 원인은 무엇인가?

II. 연구 방법

1. 연구의 대상 및 절차

이 연구를 위해 초등학교 6학년 1학기 1단원 기체의 성질과 6단원 여러 가지 기체를 학습한 초등학교 6학년 학생들을 연구 대상으로 선정하였다. 연구 대상 학생들은 경기도 수원시에 소재한 S 초등

학교 6학년 4개 반 173명이었는데, 구체적인 연구 대상자의 학급별, 성별 인원 구성은 표 1과 같다.

연구는 기초, 예비, 본 연구의 3단계로 나누어 수행하였다. 각 단계별 세부 연구 내용을 살펴보면, 먼저 기초 연구 단계에서는 선행 연구 자료, 초등학교 과학과 교육과정, 초등학교 과학과 교과서와 지도서(교육인적자원부, 2002) 등의 분석을 통해 기체 관련 개념 조사를 위한 기본 개념들을 추출하여 예비문항 11개를 개발하였다.

예비 연구 단계에서는 제작된 예비 문항을 초등학교 과학교육전공 대학원생 12명과 과학교육 전문가 3명에게 타당도 검사를 의뢰하였으며, 연구 대상과 비슷한 규모와 특징을 가진 수원시 소재의 H초등학교 6학년 2개 반 77명의 학생을 대상으로 예비 검사를 실시하였다. 내용 타당도 검사와 예비 검사 분석 결과, 질문 내용의 범위가 광범위하고 학생들이 이해하기 어려운 단어가 포함되어 있음을 발견하였다. 예비 연구 단계의 분석 결과를 바탕으로 개념 조사 문항을 수정 보완하여 최종 개념 검사를 완성하였다.

본 연구 단계에서는 최종적으로 완성된 개념 검사를 경기도 수원시에 위치한 S초등학교 6학년 4개 반 173명에게 투입하였다. 검사 시간은 40분으로 학생들이 충분히 생각할 수 있도록 하였으며, 각 학급 담임교사의 감독 하에 검사를 수행하였다.

검사 결과의 분석을 통해 개념을 유형별로 분류하고 대안 개념을 찾는 과정을 거쳤다. 또한, 문항별로 대안 개념을 가진 학생을 대상으로 대안 개념 형성의 원인과 학생이 가진 생각을 정확하게 알아보기 위하여 면담을 실시하였다. 이러한 과정을 통해 학생들의 생각을 보다 구체적으로 파악하였으며, 면담 내용을 분석하여 대안 개념의 유형과 생성 원인을 찾아보았다.

2. 검사도구

검사 문항은 선다형과 서술식으로 구성하였으며, 답을 선택하게 된 구체적인 이유를 기술하도록 하였다. 문항지의 검사 내용은 공기의 무게, 압력에

표 1. 연구 대상

구분	1반		2반		3반		4반		전체	
	남	여	남	여	남	여	남	여	남	여
인원	26	18	24	19	23	21	24	18	97	76
	44		43		44		42		173	

의한 기체의 부피 변화, 물에 대한 기체의 용해, 공기의 성분, 그리고 산소의 성질, 이산화탄소의 성질, 수소의 성질에 관한 내용이다. 구체적인 개념과 검사 문항의 내용은 표 2와 같다.

3. 자료 처리 및 분석

기체에 대한 개념 검사지를 경기도 수원시 S초등학교 6학년 4개 학급 173명의 학생들에게 투입하였다. 같은 날 같은 시간에 각 학급 담임 감독 하에 기체에 대한 개념 검사를 실시하였으며, 검사 시간은 40분이었으나 충분히 답할 수 있는 시간을 주기 위하여 검사 시간에 엄격한 제한을 두지 않았다.

개념 검사지로부터 수집된 개념 자료를 중심어와 논리가 일치하는 진술로 범주화하여 유형을 분류하고, 그 빈도를 산출하였다. 초등학생의 개념 수준은 과학적 개념, 준 과학적 개념, 대안 개념 등 3가지 유형으로 분류하였다. 과학적 개념은 현상과 개념을 정확하게 인식하고 적절한 과학 개념으로 응답한 경우를 의미하며, 준 과학적 개념은 현상과 개념을 인식하기는 하였으나, 둘 사이의 관계를 막연하게 추측하여 응답을 하거나 학습 내용을 암기하여 기계적으로 응답한 경우를 의미한다. 그리고 대안 개념은 현상과 개념에 대한 불일치한 인식을 하거나 오개념을 가지고 있는 경우를 의미한다. 응답이 모호한 경우, 연구 대상자와의 면담을 통해 학생들의 개념 유형을 확정하였다. 구해진 빈도를 빈도수(%)로 나타내어 과학적 개념의 형성 정도를 살

펴보았다.

또한, 대안 개념의 유형이 상이한 학생 20명을 상대로 반구조화된 면담을 실시하였다. 녹음 자료를 전사하여 프로토콜을 생성하고 이를 분석하여 학생들이 대안 개념을 갖게 된 원인에 대해 살펴보았다.

자료 분석의 타당도와 신뢰도를 확보하기 위하여 연구자와 과학 교육 전문가 3명, 과학 교육 박사 과정 1명 등 총 5명으로 공동 연구팀을 구성하여 정기적으로 모임을 가지면서 분석한 내용의 일치도를 확인하였다. 먼저 면담 내용의 1차 분석을 통해 대안 개념 유형의 범주를 결정하였으며, 이를 바탕으로 각 연구자들이 면담 내용의 2차 분석을 수행하였다. 연구자간의 일치도를 확인하기 위하여 연구자 모두의 분석 결과, 일치도가 0.8 이상일 때까지 분석하였다. 그리고 연구자간의 분석 결과, 일치도가 0.8 이하인 경우에는 연구자들 간의 논의를 통해서 대안 개념의 유형을 결정하였다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 기체에 대한 초등학생의 개념

초등학생이 가지고 있는 기체에 대한 개념을 공기의 무게, 압력에 의한 기체의 부피 변화, 물에 대한 기체의 용해, 공기의 성분, 산소의 성질, 이산화탄소의 성질, 수소의 성질로 구분하여 살펴보았다.

먼저 공기도 무게가 있는가에 대한 개념에서 전체 초등학생 중 146명(82%)이 공기가 들어있는 공

표 2. 주요 개념과 검사 문항 내용

단원	개념	문항 번호	검사 문항 내용
기체의 성질	공기의 무게	1	공기에도 무게가 있음을 알고 있는가?
	압력에 의한 기체의 부피	2	기체에 힘을 가하면 부피가 줄어드는 것을 알고 있는가?
	물에 대한 기체의 용해	3	탄산음료에 기체가 녹아 있다는 것을 알고 있는가?
		4	물고기들이 물에 녹아있는 산소로 호흡하는 것을 알고 있는가?
여러 가지 기체	공기의 성분	5	공기의 구성 성분 중 질소가 가장 많이 존재한다는 사실을 알고 있는가?
	산소의 성질	6	산소의 성질을 알고 있는가?
		7	산소가 다른 물질을 잘 타게 도와주는 것을 알고 있는가?
	이산화탄소의 성질	8	이산화탄소의 성질을 알고 있는가?
		9	이산화탄소가 공기보다 무거우며, 불을 끄게 하는 성질이 있다는 것을 알고 있는가?
	수소의 성질	10	수소의 성질을 알고 있는가?
		11	수소가 스스로 타는 성질이 있음을 알고 있는가?

이 공기가 빠진 공보다 무겁다고 답하였다. 대다수의 학생들이 공기의 무게에 대한 개념을 충분히 이해하고 있는 것으로 해석할 수 있다. 그러나 공기가 들어있는 공이 더 무거운 이유를 서술하도록 한 결과, 표 3에서 보듯이 개념 수준이 다르게 나타났다.

표 3에 제시된 바와 같이 공기의 무게에 대해 전체의 64% 즉 146명 중에서 111명이 정확한 과학적 개념을 형성하고 있었다. 그리고 공기의 무게에 대한 언급 없이 단순히 공기가 있어서라고 한 학생이 17%, 실험 결과가 그렇게 나왔기 때문이라고 대답한 학생이 1%로 확인되었다. 이런 학생들은 과학적 사실에 대한 정확한 개념을 가지고 있다고 할 수 없으며, 단지 실험 결과나 학습 내용을 단순히 암기했기 때문으로 해석할 수 있다.

과학적 개념이 아닌 대안 개념을 가진 학생이 16%였는데, 이는 평소 생활에서 공기의 무게를 거의 느끼지 못하고 있으며, 공기가 들어 있어 속이 비어 있는 것으로 보이는 물체가 상대적으로 가볍다는 선개념이 강하게 남아 학습에 영향을 미치고 있는 것으로 볼 수 있다(이용복과 이상미, 1998; Chinn & Brewer, 1998; Duit, 1994; Wandersee *et al.*, 1994).

초등학생들이 가진 공기의 무게에 대한 대안 개념에 대하여 면담을 수행했을 때 다음과 같은 유형들이 나타났다.

공기의 무게에 대한 대안 개념의 유형들을 살펴 보면 첫째, 초등학생의 논리적 추론 특성 중 논리적 조작 능력의 미숙과 초등학생의 지각적 특성 중 제한된 주의 집중에 해당되는 사례로 공기가 들어 있지 않은 공이 차기도 힘들고, 멀리 나가지도 않기에 공기가 들어 있어야 멀리 찰 수 있다는 것을 이전에 경험한 초등학생들이 공기가 들어 있지 않은 공이 더 무겁다고 답한 경우다.

표 3. 공기의 무게에 대한 초등학생들의 개념 유형

개념 수준	개념 내용	빈도(%)
과학적 개념	공기도 무게가 있다.	111(64)
준 과학적 개념	공기가 있으면 무겁다.	28(17)
	실험이나 학습을 통해 그렇게 배웠다.	2(1)
대안 개념	공기가 있으면 가볍다.	15(8)
	공기는 무게가 없다.	6(3)
	공기가 없는 공은 중력을 더 받는다.	4(2)
	기타	8(4)

둘째, 헬륨이 든 풍선이 하늘 높이 날아가는 것을 보아 온 초등학생들이 공기를 넣은 것은 위로 뜨려고 하고 가볍다고 하는 경우이다. 이는 평소 보아왔던 헬륨 풍선의 경우를 모든 기체에 대해 같을 것이라 생각하는 것으로 초등학생의 논리적 사고 특성 중 과도한 일반화에 해당한다.

셋째, 축 쳐져서 힘없이 늘어진 물체나 사람들 들기가 힘들었던 경험을 가진 초등학생들이 축구공도 바람이 빠지면 축 쳐지므로 들기 힘들 것이고, 그로 인해 공기가 빠진 공이 더 무겁다는 개념을 갖게 된 것이다. 이러한 초등학생 역시 논리적 조작 능력의 미숙함과 제한된 주의 집중을 그 요인으로 볼 수 있다.

넷째, 공기는 무게가 없다고 했던 초등학생의 경우로, 가볍다는 말과 무게가 없다는 말의 근접성에 의해 둘의 의미를 혼동하여 공기는 무게가 없다는 개념을 갖게 된 것이다. 이것은 초등학생의 논리적 추론 특성에 의한 대안 개념으로 근접성에 대한 사고에 해당한다. 또한, 공기의 무게를 평소 느끼지 못하고 생활하기 때문에 생긴 지각 우위적 사고 역시 대안 개념을 형성하고 있었다. 이러한 초등학생의 경우, 연구자와의 면담 과정에서 과학적 개념으로 변화되는 모습을 보였다.

초등학생들과의 면담 내용 중 첫 번째 유형의 대안 개념에 대한 면담 일부를 제시하면 다음과 같다.

- 연구자: 바람이 빠진 공이 더 무겁다고 했구나.
 학 생: 네.
 연구자: 그 이유를 말해볼까?
 학 생: 바람이 들어가면 더 가벼워요.
 연구자: 왜 그러지 생각해 보자.
 학 생: 공을 차 보니까 알겠어요.
 연구자: 공을 차 보니까 어땠는데?
 학 생: 아팠어요?
 연구자: 어떤 공을 찼는데?
 학 생: 바람이 빠진 공을 찼더니 발이 아팠어요.
 연구자: 바람 빠진 것을 차면 발이 아팠구나. 왜 아팠을까?
 학 생: 더 무겁기 때문이에요.
 연구자: 아 바람 빠진 공은 무거워서 발이 아팠구나? 바람이 든 공은 아프지 않았는데.
 학 생: 네. 공기가 없어서 더 무거워요.

압력에 의한 기체의 부피 변화에 있어서 손으로

눌렀을 때 부피가 줄어드는 것을 학생들에게 복수로 응답하도록 하였다. 그 결과 비치볼, 고무풍선, 공기가 가득 든 PET병 중 비치볼을 택한 학생이 94%로 가장 많았으며, 고무풍선을 택한 학생은 92%였다. 비치볼과 고무풍선은 비교적 학생들이 자주 경험하게 되는 사물이기 때문에 해석된다. 공기가 가득 든 PET병을 택한 학생은 55%로 상대적으로 정답률이 낮았다. 이것은 공기 분자들이 공간이 없이 연속적으로 붙어 있다고 생각한 결과로 박진홍과 정진우(1999)의 중학생들의 기압 개념 이해에 대한 연구 결과와 일치하는 것으로 보인다. 그러나 초등학생들이 이러한 현상을 물질의 입자론적 관점에서 이해한다고 보기는 어렵기 때문에 해석하는데 주의가 필요하다.

한편, 고무찰흙을 선택한 학생이 38%였는데, 주목할 만한 점은 이러한 학생들이 고무찰흙을 눌렀을 때 모양이 쉽게 변화된다는 사실에 주목하여 모양의 변화를 부피의 변화로 생각했다는 점이다. 전체 부피에 변화가 없음을 인지하지 못하고 모양의 변화에 집중하여 부피가 주는 것으로 인지하는 제한된 주의 집중의 효과이다. 고무찰흙을 택한 학생들 중 상당수가 기체의 부피는 압력을 받아 줄어든다는 과학적 개념을 서술하였는데도 고무찰흙을 선택한 것은, 학생들이 과학적 개념을 가지고 있더라도 실제 상황에서 제대로 적용하지 못한다는 박종욱과 서상오(1997)의 연구 결과와 맥락을 같이 한다고 볼 수 있다. 또한, 물이 가득 든 PET병을 선택한 학생이 21%였는데, 이러한 학생들 대부분은 물이 있어도 손으로 눌렀을 때 PET병의 모양이 변하는 것에 주목하였다.

기체가 압력에 의해 부피가 줄어든다는 초등학생들의 개념을 보다 정확히 알아보기 위하여 부피가 줄어드는 물체의 공통적인 특성을 서술하도록 하였으며, 그 결과는 표 4와 같다.

표 4를 보면, 96명(55%)의 학생들이 기체가 압력을 받아 줄어든다는 과학적 개념을 가지고 있었다. 그러나 정답 3개를 정확히 택한 학생은 31%에 불과하였다. 기체의 부피가 줄어든다는 공통점을 서술하고도 많은 학생들이 세 개의 정답 중 일부를 택하거나 오답을 택한 학생들이 상당수가 있어서 대안 개념과 과학적 개념이 혼재된 상태에 있는 것으로 판단되었다. 이는 과학적 개념을 서술하는 것과 그에 대해 이해하는 것은 다를 수 있다는 조부경 등(2002)의 연구 결과와 일치한다.

표 4. 기체의 부피에 대한 초등학생들의 개념 유형

개념 수준	개념 내용	빈도(%)
과학적 개념	기체는 압력을 받아 부피가 줄어든다.	96(55)
준 과학적 개념	속이 비어 있어 부피가 줄어든다.	2(1)
	무른 것을 누르면 부피가 줄어든다.	18(10)
	풍선 등의 공기가 빠져나가 줄어든다.	8(4)
	대안 개념	가벼운 것은 누르면 부피가 줄어든다.
대안 개념	액체를 누르면 부피가 줄어든다.	1(1)
	기타	20(12)
무응답		25(14)

초등학생들이 가진 기체의 부피에 대한 대안 개념에 대하여 면담을 수행했을 때 다음과 같은 유형들이 나타났다.

기체의 부피 변화에 대한 대안 개념의 유형을 살펴보면 첫째, 많은 학생들이 고무 찰흙도 누르면 부피가 준다고 생각하고 있었으며, 대부분은 모양이 변하는 것을 부피가 변한다는 개념으로 갖고 있었다. 이것은 과도한 일반화와 함께 기체의 부피에 대해 정확히 이해하지 못하는 경우이다.

둘째, 변화되는 것에만 집중한다는 초등학생의 지각 특성과 관련하여 형성된 개념 사례로 비치볼이나 풍선은 눌러도 부피가 줄지 않는다고 한 학생이 있었다. 이 학생은 누른 손을 떼면 다시 원래 부피로 돌아오는 풍선을 생각하여 이는 부피가 줄었던 게 아니라는 개념을 갖고 있었으며, 부피에 대한 과학적 개념을 이해하지 못하고 있었다.

셋째, 공기가 물에 녹는다는 개념을 학습한 학생이 물만 들어있는 페트병에서도 물에 공기가 녹아 있으므로 부피가 줄 것이라고 생각하는 경우가 있었다. 이 학생은 물에 녹은 기체에 대한 개념이 형성되어 있지 않은 경우로 논리적 추론 특성 중 과도한 일반화라 할 수 있다.

초등학생들과의 면담 내용 중 두 번째 유형의 대안 개념에 대한 면담 일부를 제시하면 다음과 같다.

연구자: 비치볼이나 풍선은 눌러도 부피가 줄지 않는다고 했는데 맞니?

학 생: 그건 눌렀다가 놓으면 압력만 받아서 줄어들긴 하지만 다시 원래대로 오잖아요.

연구자: 누른 순간에 부피가 준 거 맞지?

학 생: 그건 그래요. 그런데 다시 원래대로 돌아

오니까 부피가 준 것은 아니에요.

물에 대한 기체의 용해 개념을 알아보기 위해 냉장고에서 꺼낸 사이다를 컵에 따랐을 때 보이는 기체 방울이 어디에서 온 것인가를 묻는 문항에 대해, 55%의 학생이 사이다에서 볼 수 있는 기체의 유래에 대해 알고 있어서 과학적 개념을 갖고 있는 반면, 45%의 학생은 병 밖의 공기, 병 안의 공기, 사람의 호흡 등 사이다가 아닌 다른 곳에서 나왔다는 잘못된 개념을 가지고 있었다. 사이다 병에서 처음에 기체 방울을 볼 수 없는 이유를 서술하도록 하여 초등학생들의 물에 대한 기체의 용해 개념을 알아본 결과는 표 5와 같다.

표 5에서 볼 수 있듯이 사이다 속에 기체(이산화탄소)가 녹아 있었다는 과학적 개념을 서술한 학생은 27명(16%)으로 과학적 개념 형성 정도가 매우 낮게 나타났다. 기체가 녹아 있었다는 서술 없이 흔들어야 기포가 보인다는 개념이 14%, 막연하게 사이다 속에 있었다라고 개념이 9%, 압력에 의해 기체가 갇혀 있었기 때문에 보이지 않았었다는 개념이 5%로 나타났다. 이러한 개념들을 준 과학적 개념으로 분류하였다. 과학적 개념과 준 과학적 개념을 가진 학생수를 합해도 전체 학생수의 44%이었으며, 대안 개념을 가지고 있거나 정확한 이유를 서술하지 못한 학생이 절반이 넘는 56%이었다.

초등학생들이 가진 기체의 용해에 대한 대안 개념에 대하여 면담을 수행했을 때 다음과 같은 유형들이 나타났다.

표 5. 기체의 용해에 대한 초등학생들의 개념 유형

개념 수준	개념 내용	빈도(%)
과학적 개념	사이다 속에 기체가 녹아 있었다.	27(16)
준 과학적 개념	흔들기 전에는 기포가 보이지 않는다.	25(14)
	사이다 속에 있었다.	16(9)
	압력에 의해 기체가 갇혀 있었다.	8(5)
대안 개념	병 안에 있는 기체였다.	20(12)
	산소(공기)와 결합해서 기포가 보인다.	20(12)
	병 밑바닥에 가라앉아 있었다.	12(7)
	병 밖의 공기가 들어갔다.	4(2)
	기타	16(9)
무응답		25(14.45)

기체의 용해에 대한 대안 개념의 유형을 살펴보면 첫째, 사이다를 따지 않은 상태에서 보이지 않던 이산화탄소가 사이다를 컵에 따랐을 때는 보이는 이유에 대해 많은 학생들이 병 안쪽 어딘가에 이산화탄소가 붙어 있었으나 이를 볼 수 없었고, 자세히 살펴보면 볼 수 있을 것이라는 의미의 대답을 하였다. 이것은 이산화탄소가 물에 녹는다는 의미를 정확히 이해하지 못하고 있는 것이며, 초등학생의 논리적 사고 특성 중 인과적 추론을 선호하는 경향으로 인해 나타난 대안 개념이다. 이러한 대안 개념은 기체의 용해를 학습하지 않았기 때문에 나오는 해석상의 문제일 수 있다. 그리고 초등학생이 현상만으로 원리를 이해하는데 어려움이 있으므로, 상급 학교에서 기체의 용해에 대한 개념을 학습하면 어느 정도 해소될 수 있는 대안 개념이라고 생각된다.

둘째, 생물과 관련된 대안 개념으로 물고기는 폐와 아가미를 모두 가지고 있으며, 둘 다 물고기의 호흡에 필요하다고 생각하였다. 또한, 물 속에 녹아 있는 산소를 아가미를 통해 얻을 수 있다는 사실을 알지 못하여, 물고기들이 물 밖으로 입을 내밀어 호흡을 할 것이라고 생각하고 있었으며, 그 이유로 물고기들이 물 밖으로 튀어나오거나 더운 여름 물속에 산소가 부족할 때 물 밖으로 입을 내미는 것을 봤던 경험을 말하였다. 이것은 초등학생의 논리적 추론 특성 중 과도한 일반화에 의해 나타나는 대안 개념이다.

초등학생들과의 면담 내용 중 첫 번째 유형의 대안 개념에 대한 면담 일부를 제시하면 다음과 같다.

연구자: 이 이산화탄소가 처음에 보이지 않았는데 어디에 있었을까?

학 생: 사이다 밑에요.

연구자: 아 거기에 다 모여 있었구나? 그런데 왜 보이지는 않았을까?

학 생: (고민한다) 휘 저어야 보여요.

한편, 물에 기체가 녹는다는 개념에 대하여 추가로 물고기들이 물속에서 산소를 이용하는 방법을 묻는 질문에 대해 연구대상 학생들의 응답을 분석하여 학생들이 가진 개념을 살펴본 결과, 물에도 기체가 녹을 수 있어 물에 녹아 있는 산소를 물고기가 이용한다고 응답한 학생이 38명(23%)으로 나타났다. 이전의 사이다에 이산화탄소가 녹아 있었다고

응답한 27명(16%)에 비해 물에 기체가 녹는다는 개념을 적용하여 응답한 학생이 많았다. 이것은 초등학생들이 상황에 따라 개념을 다르게 적용한다는 안수영과 권재술(1995)의 연구 결과와 같은 맥락으로 볼 수 있다.

공기의 구성 성분에 대한 문항에서, 학생들에게 공기의 구성 성분을 복수로 응답하도록 요청하였으며, 그 중에서 제일 많은 성분과 둘째로 많은 성분에 대한 개념을 알아본 결과, 공기의 구성 성분에 대해 전체 학생의 123명(71%)이 이산화탄소를 가장 많이 기술하였다. 이산화탄소는 건조한 공기의 0.03%에 불과한 적은 부피를 차지하고 있음에도 불구하고 학생들은 날숨에 많이 포함되어 있으며, 또한 사이다에 녹아 있는 기체로 자주 언급되면서 학생들의 개념 속에 공기의 주요 성분으로 자리 잡고 있음을 알 수 있었다.

다음으로 많은 학생들이 기술한 기체로 산소 115명(66%), 질소 105명(61%), 수소 56명(32%)이었다. 이 중에서 과학적 개념을 가진 학생들도 있었지만, 이산화탄소에서와 마찬가지로 후속 학습에서 자주 언급되는 기체이기 때문에 학생들의 개념 속에 자리 잡고 있는 것으로 파악되었다. 또한, 공기라고 응답한 학생이 8명(5%) 있었는데, 이들은 공기가 여러 가지 기체들의 혼합 물질이라는 기초 개념조차 이해하지 못하고 있었으며, 산소나 이산화탄소와 같은 공기의 구성 성분과 공기와의 차이점을 구별하지 못하였다. 이것은 초등학생들이 공기와 산소를 같다고 생각한다는 엄상수 등(2000)의 연구 결과와 맥락을 같이 하는 것이다.

이 밖에 학생들의 응답으로 일산화탄소와 헬륨 4명(2%), 아르곤 3명(2%) 순이었으며, 기타의 응답으로 5명(3%)이 이산화질소, 오존, LPG, 규소 등을 언급하였으며, 응답하지 않거나 모른다고 한 학생도 15명(9%)이 있었다. 공기의 성분 중 가장 많은 부피를 차지하는 성분과 두 번째로 많은 부피를 차지하는 성분을 묻는 질문에 대한 초등학생들의 응답 결과는 표 6과 같다.

표 6을 살펴보면, 공기의 성분 중 가장 많은 성분으로 과학적 개념인 질소라고 응답한 학생이 51%이다. 산소라고 응답한 학생은 17%로 이전의 경험에 의하여 학습 전에 가지고 있던 개념을 버리지 못하고 학습 후에도 지속적으로 가지고 있는 경우이다. 이는 전근배와 노석구(2001), 신미경 등(2000)의

표 6. 공기의 최다 성분과 두 번째로 많은 성분에 대한 초등학생들의 생각

공기의 최다 성분에 대한 반응			두 번째로 많은 성분에 대한 반응		
응답 내용	학생 수	응답률 (%)	응답 내용	학생 수	응답률 (%)
질소	89	51	산소	67	39
산소	29	17	이산화탄소	44	25
이산화탄소	13	8	질소	10	6
공기(기체)	7	4	수소	3	2
수소	2	1	공기 및 기타	6	3
무응답	33	19	무응답	43	25
계	173	100	계	173	100

연구에서 공통적으로 나타난 연구 결과와 같은 것이다.

그러나 공기의 구성 성분에 대한 문항에서 가장 많은 응답률을 보인 이산화탄소를 공기의 최다 성분이라고 답한 학생은 8%로서 안수영과 권재술(1995)의 연구 결과에서처럼 초등학생들이 상황에 따라 개념을 다르게 적용하는 데서 그 원인을 찾을 수 있다. 공기 중에 두 번째로 많은 부피를 차지하는 성분에 대해 과학적 개념인 산소라고 응답한 학생이 39%로, 공기의 최다 성분이 질소라는 과학적 개념에 응답한 응답률(51%)에 비해 적은 응답률을 보였으며, 응답하지 않거나 모른다고 한 학생이 25%로 연구 대상 학생 4명 중 1명 정도는 전혀 개념을 가지고 있지 않은 것으로 나타났다. 이것은 초등학생들에게 공기의 구성 성분에 대해 보다 적절한 개념 지도가 필요함을 시사하는 것이다.

초등학생들이 가진 공기의 최다 성분과 두 번째로 많은 성분에 대한 대안 개념에 대하여 면담을 수행했을 때 다음과 같은 유형들이 나타났다.

공기의 성분에 대한 대안 개념의 유형을 살펴보면 첫째, 공기의 최다 성분과 두 번째로 많은 성분으로 산소와 이산화탄소를 언급한 학생들 많았는데, 그 이유로 산소는 호흡에 필요하고, 이산화탄소는 날숨에 많이 포함되어 있기 때문이라고 하였다. 이것은 전체적인 상호 작용을 고려하지 못하고 부분적인 것에만 주의를 집중한다는 제한된 주의집중과 과도한 일반화, 그리고 인과적 추론을 선호하는 초등학생의 특성에서 나타나는 대안 개념이다.

둘째, 몇몇 학생들이 공기의 최다 성분이나 두 번

제로 많은 성분으로 공기를 언급하였는데, 이 학생들은 공기가 여러 기체의 혼합물이며, 지구를 둘러싼 기체를 공기라고 한다는 개념을 정확히 이해하지 못하고 있는 경우이다. 이것은 초등학생의 논리적 추론 특성 중 근접성에 의한 사고와 외적 요인으로 나타나는 언어의 모호성으로 인한 대안 개념으로, 많은 초등학생들이 공기와 산소를 같다고 생각하고 있다는 엄상수 등(2000)의 연구 결과와 맥락을 같이 하는 것이다.

초등학생들과의 면담 내용 중 두 번째 유형의 대안 개념에 대한 면담 일부를 제시하면 다음과 같다.

- 연구자: 제일 많은 게 공기라고 했구나? 공기 중에 공기가 많아?
 학 생: 네?(알아들 수 없는 말을 웅얼웅얼 한다.)
 연구자: 공기와 다른 성분하고 차이점을 알아?
 학 생: 공기는 숨을 쉴 수 있게 하는 거예요.
 연구자: 산소는?
 학 생: 산소도 똑같아요.
 연구자: 그럼 공기하고 산소하고 같은 거라고 생각하니?
 학 생: (잠시 고민하다가) 네. 같은 거 같아요.

산소의 성질을 알고 있는 대로 적도록 한 문항에 대하여 초등학생들이 언급한 것들을 정리하여 표 7에 제시하였다.

표 7. 산소의 성질에 대한 초등학생들의 개념 유형

개념 수준	개념 내용	빈도(%)
과학적 개념	물질이 타는 것을 돕는다.	62(36)
	생물이 숨을 쉴 수 있게 한다.	30(17)
	색이 없다.	9(5)
	냄새가 없다.	5(3)
준 과학적 개념	기체이다.	8(5)
대안 개념	공기보다 가볍다.	8(5)
	스스로 잘 탄다.	8(5)
	물에 잘 녹는다.	8(5)
	불을 끈다.	6(3)
	깨끗하다	2(1)
	기타	14(8)
무응답		49(28)

표 7을 살펴보면, 산소의 성질에 대한 개념에서 가장 많은 학생들이 산소는 물질이 타는 것을 돕는다는 개념을 가지고 있었다. 산소의 성질을 학습하면서 가장 비중 있게 다루어지고 있는 내용이기 때문으로 생각된다. 그러나 전체 연구 대상 학생의 62명(36%)만이 이 개념을 언급하고 있어, 개념 형성 정도가 높지는 않은 것으로 볼 수 있다. 그리고 많은 학생들이 서술한 내용으로 산소가 생물이 숨을 쉬게 한다는 개념과 색이 없다와 냄새가 없다는 개념은 학습 내용에 제시되어 있음에도 저조한 응답률을 보였다. 이것은 수업에서 상대적으로 중요하지 않게 학습하였기 때문으로 생각된다.

표 7에서 알 수 있는 바와 같이 산소의 성질에 대해 다양한 대안 개념이 나타났다. 그 중에서 산소는 공기보다 가볍다, 산소는 스스로 잘 탄다, 물에 잘 녹는다는 개념을 각각 5%의 학생들이 가지고 있었다. 산소가 스스로 잘 탄다는 개념을 가진 학생들은 같은 단원에서 학습한 수소의 성질과 혼동하고 있는 것으로 생각되며, 수소에 대해서도 산소와 혼동하는 학생들도 있었다. 산소가 다른 물질이 타는 것을 돕는다는 개념과 수소가 스스로 잘 탄다는 개념은 학생들이 혼동하기에 충분하다고 생각된다. 이것은 각 기체의 성질을 비교할 수 있는 학습 내용을 추가하여 각 기체의 성질을 정확히 구분할 수 있도록 지도할 필요가 있음을 시사하는 것이다.

그리고 산소가 물에 잘 녹는다고 응답한 학생들은 기체가 물에 녹는다는 것을 알고 있고, 물 속 생물들이 물에 녹은 산소를 이용하여 호흡한다는 점을 들어 산소가 물에 잘 녹을 것이라고 생각하였다. 이는 물속의 생물 호흡에 필요하기 때문에 산소가 물에 잘 녹는다는 생각을 가진 초등학생들이 많았다고 한 엄상수 등(2000)의 연구 결과와 일치하는 것이다.

산소가 불을 끄게 하는 속성이 있다고 응답한 학생들은 산소와 이산화탄소의 성질을 혼동하고 있었는데, 이것은 학습 내용의 재구성이나 기체의 성질을 비교할 수 있는 학습 내용의 추가가 필요함을 시사한다. 특히, 무응답을 보인 학생의 비율이 28%를 차지하고 있었는데, 이는 기체의 성질에 대한 학습 지도에서 학생들에게 적합한 학습 자료의 도입과 실험 개발이 필요함을 시사하는 것이다.

산소의 조연성 개념을 확인하기 위한 추가 질문을 했는데, 학생들은 산소가 든 병에 불씨가 있는 항

불을 넣었을 때 향불이 더 잘 탄다는 반응이 65%로 비교적 개념 형성 정도가 높은 것으로 나타났다. 그러나 그 이유를 묻자 43%만이 이유를 알고 있었으며, 실험 결과는 알고 있지만 그 이유를 알지 못하는 학생이 39명(23%)으로, 이들은 정답을 제시하고도 대안 개념을 가지고 있었다.

그 외에 산소가 불을 만든다(2%), 산소가 불에 잘 탄다(2%), 산소가 바람이 되어 불씨를 불어 주므로 잘 탄다(2%) 등이 있었다. 이것은 산소가 다른 물질을 잘 타도록 돕는다는 개념을 정확히 이해하지 못하기 때문이며, 산소가 바람이 되어 잘 타게 만든다는 경우에는 산소 및 공기와 바람을 혼동하고 있는 것으로 나타났다.

한편, 산소가 든 병에서 불씨가 있는 향불이 더 잘 탄다고 하지 않은 학생들이 서술한 이유를 살펴보면, 산소가 불을 끈다고 서술하여 산소와 이산화탄소의 성질을 혼동하고 있는 학생이 20%로 나타났다. 산소가 많아 불이 꺼진다고 한 학생이 5%였다. 이들은 산소가 많으면 불이 있을 자리가 없어 꺼진다고 생각하고 있었다. 산소가 바람이 되어 꺼진다는 학생은 2%로 산소와 바람을 구분하지 못했으며, 뿌연게 된다는 학생도 2%였다.

기타 응답으로 산소가 가벼워서 꺼진다, 불씨가 그대로 남아 있다, 산소가 갇혀 있어 병 안의 기압이 높아 꺼진다 등이 있었다. 산소가 갇혀 있어 병 안의 기압이 높다는 응답은, 유리병 속의 공기는 막혀 있어 밖으로 나가지 못하기 때문에 밖의 공기보다 뻑뻑하다고 생각하는 박진홍과 정진우(1999)의 기압 개념에 대한 중학교 학생들의 이해 사례와 일치하는 것이다.

초등학생들이 가진 산소의 성질에 대한 대안 개념에 대하여 면담을 수행했을 때 다음과 같은 유형들이 나타났다.

산소의 성질에 대한 대안 개념의 유형을 살펴보면 첫째, 산소가 잘 탄다고 한 학생은 산소와 수소를 혼동하고 있었으며, 불이 일어나려면 산소가 있어야 한다는 점을 이유로 들었다. 이것은 수소가 스스로 탄다와 산소가 다른 물질이 타도록 돕는다는 의미를 혼동하거나 이해하지 못하는 언어의 모호성으로 인해 나타나는 대안 개념이다.

둘째, 산소와 이산화탄소의 성질을 구분하지 못하고, 이들 두 기체를 혼동하고 있는 경우이다. 또한, 산소가 든 유리병에 향불을 넣는 실험에서 산소

기체가 병에 갇혀 있다가 유리판을 여는 순간에 병에서 나오는 산소 바람에 의해 향불이 꺼질 것으로 생각하는 경우가 있었다. 이것은 과도한 일반화에 의해 나타나는 대안 개념이다.

초등학생들과의 면담 내용 중 두 번째 유형의 대안 개념에 대한 면담 일부를 제시하면 다음과 같다.

연구자: 산소가 불을 꺼지게 한다고 했구나. 왜 그렇게 생각해?
 학생: (생각한다.) 그냥 바람이 들어가서 꺼져요.
 연구자: 산소가 있으면 바람이 부는구나?
 학생: 산소 때문에 바람이 불어요.
 연구자: 산소가 어떻게 되는데?
 학생: 불을 휘젓어요.
 연구자: 이산화탄소는 어떻게?
 학생: 불을 꺼요.
 연구자: 산소하고 이산화탄소하고 비슷하네.
 학생: 네, 비슷해요.

이산화탄소의 성질을 알고 있는 대로 기술하도록 한 문항에 대하여 초등학생들이 언급한 것들을 정리하여 표 8에 제시하였다.

표 8에서 보는 바와 같이 학생들이 이산화탄소의 성질을 묻는 질문에 대해 비교적 다양한 응답을 보였다. 불을 꺼지게 한다는 응답이 80명(46%)으로 가

표 8. 이산화탄소의 성질에 대한 초등학생들의 개념 유형

개념 수준	개념 내용	빈도(%)
과학적 개념	불을 꺼지게 한다.	80(46)
	공기보다 무겁다.	21(12)
	색깔이 없다.	9(5)
	석회수를 흐리게 한다.	6(3)
	물에 잘 녹는다.	5(3)
	냄새가 없다.	3(2)
	공기의 성분이다.	3(2)
	날숨에 많이 있다.	3(2)
준 과학적 개념	산소와 반대 성질이다.	1(1)
	(몸에) 나쁘다. 또는 좋다.	9(5)
대안 개념	불을 타게 한다.	4(2)
	기타	15(9)
무응답		46(27)

장 많았으며, 그 외에 공기보다 무겁다(12%), 색깔이 없다(5%), 석회수를 흐리게 한다(3%) 등의 응답들이 나타났다. 대안 개념으로 이산화탄소가 호흡의 과정에서 버려야 하는 성분이기 때문에 우리 몸에 나쁘다 또는 좋다고 응답한 학생이 9명(5%)이었다. 산소의 성질과 혼동하여 불을 잘 타게 한다는 학생이 2%이었으며, 그 밖에 기체 중 가장 무겁다, 무게가 없다, 검은 색이다, 불에 약하다 등의 응답도 있었다. 이산화탄소의 성질에 대해 답하지 못하거나 모른다고 한 학생이 46명(27%)으로, 산소의 성질에 대한 개념에서와 마찬가지로 많은 학생들이 개념을 형성하고 있지 않다는 것을 확인할 수 있었다.

한편, 이산화탄소가 불을 꺼지게 한다와 공기보다 무겁다는 개념의 형성 정도를 확인하기 위해 추가 든 수조에 이산화탄소를 넣은 실험에 대해 추가로 질문하였더니 87명(50%)의 학생들이 문제에서 요구하는 과학적 개념인 가장 작은 초부터 차례대로 꺼진다고 응답하였다. 또한, 촛불이 꺼지는 순서와 관계없이 단순히 촛불이 꺼진다는 응답도 40명(23%)으로, 연구 대상의 73% 학생들이 과학적 개념을 가지고 있었다. 그러나 이들이 가진 개념을 명확히 하기 위하여 실험 결과에 대한 이유를 기술하도록 요구한 후 이를 분석한 결과는 다르게 나타났다.

실험 결과에 대한 이유를 기술하도록 하여 연구 대상 초등학생들의 이산화탄소에 대한 개념을 분류한 결과를 표 9에 나타내었다.

표 9를 살펴보면, 실험 결과에 대한 이유로 이산화탄소는 공기보다 무거우며, 이 때문에 작은 양초부터 불을 꺼지게 한다고 응답한 학생은 13%에 불과하다. 가장 작은 양초부터 차례대로 꺼진다는 실험 결과를 알고 있던 학생이 50%인 것과 비교하면, 그 이유를 기술한 학생은 매우 적다고 할 수 있다. 실험 결과에 대해 정확히 알고 있다 하더라도 실험 결과에 대한 이유를 과학적으로 설명하기는 힘들며, 실험 결과만을 정확히 안다고 해서 관련 개념을 이해하고 있다고 할 수도 없는 문제이다. 이것은 실험 결과에 대한 설명적 가설 생성의 어려움에 대해 지적하면서 인과적 해답을 찾기 위해서는 지식뿐만 아니라 귀추 전략이 필요하다고 지적한 권용주 등(2000, 2003)의 연구 결과를 통해서도 확인할 수 있는 것이다. 이산화탄소의 무게에 대한 언급 없이 불을 꺼지게 하기 때문이라고 기술한 학생이 49%로 나타났는데, 이것은 단순히 촛불이 꺼진다고 질문에 응답한 23%의 학생들과 같은 결과이다.

표 9. 이산화탄소의 성질에 대한 초등학생들의 개념 분류

개념 수준	개념 내용	빈도(%)
과학적 개념	공기보다 무겁고 불을 꺼지게 한다.	23(13)
	불을 꺼지게 한다.	85(49)
	공기보다 무겁다.	2(1)
준 과학적 개념	이산화탄소가 아래에서 위로 간다.	11(6)
	불꽃이 커지게 한다.	13(8)
	이산화탄소가 바람이 되어 꺼진다.	5(3)
	불을 계속 타게 한다.	4(2)
	불이 꺼지지 않는다.	3(2)
	큰 초부터 꺼진다.	3(2)
	이산화탄소는 가볍다.	2(2)
대안 개념	이산화탄소는 불보다 강하다.	2(2)
	기타	7(4)
	무응답	13(8)

초등학생들이 가진 이산화탄소의 성질에 대한 대안 개념에 대하여 면담을 수행했을 때 다음과 같은 유형이 나타났다.

이산화탄소의 성질에 대한 대안 개념의 유형을 살펴보면, 이산화탄소가 나쁘다거나 좋다는 성질을 부여하는 경우가 있었으며, 불이 타면서 나오는 연기나 그을음이 이산화탄소라고 알고 있는 경우도 있었다. 이것은 물체에 속성을 부여하려는 초등학생의 지각 특성과 불이 타면 이산화탄소가 발생되고 불이 타면서 나오는 것은 이산화탄소라는 과도한 일반화로 인해 나타나는 대안 개념이다.

초등학생들과의 면담 내용 중 대안 개념에 대한 면담 일부를 제시하면 다음과 같다.

- 연구자: 긴 초부터 먼저 꺼진다고 생각하는구나?
 학생: 네.
 연구자: 왜 그렇게 생각했는데?
 학생: 기체는 위로 모이니깐요.
 연구자: 왜 기체는 위로 모일까?
 학생: 이산화탄소처럼 가벼운 물질은 위로 날라가기 때문입니다.
 연구자: 이산화탄소가 가볍다고 생각하는구나?
 학생: 네.
 연구자: 왜 그렇게 생각하니?

학 생: 산불이 나면 거기에서 나오는 까만 연기가 하늘로 올라가요.
 연구자: 아, 그 연기가 이산화탄소라고 생각하는 거지?
 학 생: 네.
 연구자: 이산화탄소가 가볍다고 했는데, 그럼 수소와 이산화탄소 중에 어느 것이 더 가벼울까?
 학 생: 이산화탄소가 조금 더 가벼워요.
 연구자: 그럼 비행선에 수소를 넣지 말고 이산화탄소를 넣어야 잘 뜰 텐데 수소를 넣은 것은 왜일까요?
 학 생: 수소는 냄새도 없고 무해한데, 이산화탄소는 나쁜 연기를 뿜어요. 백화점에 불이 나면 불에 타 죽는 사람보다 연기에 질식사해서 죽는 사람이 많아요.
 연구자: 아, 그럼 그 연기가 이산화탄소 때문에 생기는 거구나.
 학 생: 네.

수소의 성질을 알고 있는 대로 기술하도록 한 문항에 대하여 초등학생들이 언급한 것들을 정리하여 표 10에 제시하였다.

표 10을 살펴보면, 스스로 잘 탄다거나 폭발성이 있다고 응답한 학생이 88명(51%)으로 산소와 이산화탄소의 성질에 대한 개념에 비해 많은 학생들이 과학적 개념을 형성하고 있었다. 다만 수소가 스스

표 10. 수소의 성질에 대한 초등학생들의 개념 유형

개념 수준	개념 내용	빈도(%)
과학적 개념	스스로 잘 탄다(폭발성이 있다).	88(51)
	매우 가볍다.	55(32)
	색이 없다.	7(4)
	냄새가 없다.	5(3)
준 과학적 개념	불을 일으킨다.	6(3)
	물체를 뜨게 한다.	5(3)
	기체이다.	2(1)
대안 개념	물질이 잘 타게 도와준다.	11(6)
	좋다.	2(1)
무응답	기타	6(3)
		38(22)

로 잘 탄다는 개념에 대해, 수소만 존재해도 불이 저절로 생기는 것으로 이해하고 있는 학생이 있어 보다 더 체계적인 지도와 용어 사용에 대한 연구가 필요할 것이다. 수소가 매우 가볍다는 성질을 언급한 학생이 32%로 다른 기체의 성질에 대한 개념에 비해서 우수한 편이다. 수소의 성질에 대한 개념 형성 정도가 높게 나타난 것은 수소의 성질에 대해 학습한 실험 모형이 학생들의 머릿속에 깊게 자리했기 때문이었으며, 비행선 힌덴부르크 호에 대한 일화 역시 학생들의 기억에 많이 남아 있기 때문이었다. 이것은 과학적 개념 형성에 실험 모형과 관련 자료의 역할이 중요함을 잘 나타내 주는 것이라고 할 수 있다.

수소의 성질에 대하여 색이 없다(4%), 냄새가 없다(3%)라는 과학적 개념도 갖고 있었는데, 이러한 색깔과 냄새에 대한 개념은 산소나 이산화탄소와 마찬가지로 응답률이 저조하였다. 수소의 성질에 대한 대안 개념으로는 산소의 성질과 혼동하여 물질을 잘 타게 도와준다(6%), 수소는 미래 에너지로 오염이 거의 없기에 수소가 좋다(1%) 등이 있었다. 또한, 수소의 성질에 대해서 산소나 이산화탄소의 성질에서와 마찬가지로 모른다거나 응답하지 않은 학생이 38명(22%)으로 다소 높게 나타났다.

초등학생들이 가진 수소의 성질에 대한 대안 개념에 대하여 면담을 수행했을 때 다음과 같은 유형들이 나타났다.

수소의 성질에 대한 대안 개념의 유형을 살펴보면 첫째, 수소의 성질과 산소의 성질을 구분하지 못하여 수소가 물질이 잘 타도록 돕는다고 하였다. 이것은 언어의 모호성으로 인해 나타나는 대안 개념이다.

둘째, 수소가 바람과 부딪히거나 산소 또는 이산화탄소와 만나면 불이 난다는 대안 개념을 가진 학생들이 있었는데, 이들 중에는 그러한 내용을 이전에 과학 학습 만화에서 읽었다고 응답하였다. 이것은 교재에 의한 요인으로 나타나는 대안 개념이다.

초등학생들과의 면담 내용 중 두 번째 유형의 대안 개념에 대한 면담 일부를 제시하면 다음과 같다.

연구자: 수소하고 바람하고 부딪히면 불이 난다고 했네.
 학 생: 네.
 연구자: 왜 그러니까?
 학 생: 수소가 불을 만들어요.

연구자: 바람하고 부딪혀야만 불이 나는 거야?
 학 생: 아니요. 그냥 있어도 불이 나오.
 연구자: 어떻게 그런 걸 알게 되었니?
 학 생: 과학 만화책에서 읽었어요.

IV. 결론 및 제언

이 연구는 초등학교 6학년 학생들이 가지고 있는 기체 관련 개념들을 조사하고, 대안 개념의 유형을 분석하여 기체의 특성과 성질에 대한 효과적인 교수·학습 전략의 기초를 마련하기 위한 것이다. 연구 결과로부터 얻은 결론과 제언은 다음과 같다.

첫째, 초등학교 6학년 학생들은 기체에 대한 과학적 개념 외에 다양한 대안 개념들을 가지고 있었다. 공기의 무게에 대한 대안 개념으로는 공기는 가볍다, 무게가 없다 등이 있었으며, 압력에 의한 기체의 부피에 대한 대안 개념으로는 고체나 액체도 압력을 받아 부피가 준다, 무른 것은 부피가 준다 등이 있었다. 기체의 용해에 대한 대안 개념으로 산소와 사이다 속에 녹아 있는 기체가 결합해야 눈에 보인다, 물고기는 물 밖에 입을 내밀어 산소를 들이 마신다 등이 있었다. 기체에 대한 과학적 개념인 기체가 무게가 있다와 압력에 의해 기체의 부피가 줄어든다는 개념은 연구 대상 학생들의 50% 이상이 형성하고 있었으나, 사이다 속에 이산화탄소가 녹아 있다는 과학적 개념은 연구 대상 학생들의 16%만이 형성하고 있었다. 공기의 성분에 대한 개념에서 공기 중에 이산화탄소와 산소가 가장 많다는 학생이 많았으며, 산소의 성질에 대해 산소는 스스로 잘 탄다, 산소는 불을 꺼지게 한다 등의 대안 개념을 가지고 있었다. 이산화탄소의 성질에 대해서는 불을 잘 타게 한다, 몸에 나쁘다 등의 대안 개념이 존재하였다. 수소의 성질에 대한 대안 개념에서 수소는 물질을 잘 타게 도와준다, 수소는 공기를 만든다 등이 있었다. 그리고 기체의 성질에 대해 전혀 개념을 형성하지 못하고 있는 학생이 약 20% 정도가 있었다.

둘째, 대안 개념의 유형들을 살펴보았을 때, 대안 개념의 생성에 여러 가지 다양한 요인들이 복잡하게 관여하고 있었다. 즉, 내적인 요인으로 인한 과도한 일반화, 지각 우위적 사고, 제한된 주의 집중, 논리적 조작 능력의 미숙, 근접성에 대한 사고, 외적인 요인인 언어의 모호성 등에 의해 나타나는 대

안 개념의 유형들을 볼 수 있었다. 그리고 초등학생들의 성장 과정에서의 경험에서 비롯된 다양한 선 개념들이 그대로 유지되는 경우가 있었으며, 기체를 감각적으로 확인할 수 없다는 데에서 기인한 대안 개념들도 존재하였다. 특히, 학습 과정에서 정확히 이해하지 못한 개념들은 나중에 서로 혼란을 일으켜 대안 개념의 생성을 유발하였다.

이 연구의 연구 결과와 결론으로부터의 제언은 다음과 같다.

첫째, 기체는 감각적으로 확인할 수 없는 학습 대상이므로 이를 구체화할 수 있는 다양한 실험 모형의 개발과 적용이 필요하며, 또한 이의 적용 효과에 대한 연구도 수행되어야 한다.

둘째, 산소, 수소, 이산화탄소의 성질들을 혼동하는 초등학생들이 많은 점을 감안할 때, 이러한 기체들의 학습 순서를 조정하거나 기체간의 성질을 비교할 수 있는 학습 내용을 추가하여 학생들의 개념 형성에 도움을 주어야 할 것이다.

셋째, 기체의 성질에 대해 많은 대안 개념들이 발견되었으며, 또한 개념을 형성하지 못한 초등학생들도 상당수 있었으므로, 이들을 위한 후속 조치로 학습 후에라도 관련 개념을 학습할 수 있는 교수·학습 자료의 개발과 학생들이 올바른 과학적 개념을 형성할 수 있도록 다양한 실험을 제공할 필요가 있다.

넷째, 기체의 성질에 대한 학습 전과 학습 후를 비교하고 연구하여 초등학생들의 선개념과 학습 후의 개념 변화를 알아봄으로써, 기체의 성질에 대한 다양한 교수·학습 자료를 개발하는데 도움을 주어야 할 것이다.

참고문헌

- 교육인적자원부(2002). 초등학교 교사용 지도서: 과학 6-1. 대한교과서주식회사.
- 김범기, 김연일(1995). 소리에 관한 아동들의 개념 변화에 미치는 구성주의적 수업 전략의 학습 효과. 한국초등과학교육학회지, 14(1), 51-62.
- 권용주, 양일호, 정원우(2000). 예비 과학교사들의 가설 창안 과정에 대한 탐색적 분석. 한국과학교육학회지, 20(1), 29-42.
- 권용주, 정진수, 박윤복, 양일호(2003). 진자운동에서 아동의 가설 생성: 귀추와 선지식의 역할. 한국지구과학회지, 24(6), 524-532.
- 박종욱, 서상오(1997). 계통도를 이용한 초등학생의 기체

- 의 압력에 관한 개념 유형 연구. 한국초등과학교육학회지, 16(1), 189-203.
- 박진홍, 정진우(1999). 붉은인의 실험에 대한 중학교 학생들의 기압 개념 이해. 한국지구과학회지, 20(4), 334-341.
- 신미경, 고영신, 최영재(2000). 초인지 수업 모형이 초등학생들의 분자개념 변화에 미치는 효과. 한국초등과학교육학회지, 18(2), 61-73.
- 안수영, 권재술(1995). Pascal-Leone의 신 피아제 이론에 의한 오개념의 본질에 대한 심리학적 접근. 한국과학교육학회지, 15(2), 185-193.
- 임상수, 고영환, 백성혜, 박국태(2000). 산소와 연소 단원에서 과학적 개념 형성을 위한 수업전략의 효과. 한국초등과학교육학회지, 19(2), 75-82.
- 유승아, 구인순, 김봉곤, 강대호(1999). 기체의 성질에 대한 중고등학생들의 오개념에 관한 연구. 대한화학회지, 43(5), 564-577.
- 이용복, 이상미(1998). 초등학교 학생들의 증발과 응결 개념에 대한 연구. 한국초등과학교육학회지, 17(1), 89-103.
- 전근배, 노석구(2001). 개념도 작성 활동을 통한 수업이 분자운동 개념 형성에 미치는 효과. 초등과학교육, 20(1), 31-44.
- 조부경, 고영미, 김효남, 백성혜, 박재원, 박진옥, 임명혁(2002). 증발과 응발 조건에 관한 활동에서 유·초·중학교 학생들의 개념 유형 및 학년별 경향성에 관한 연구. 한국과학교육학회지, 22(2), 286-298.
- 조인영, 박현주, 최병순(1999). 기체분자운동론에 대한 고등학생들의 개념 및 개념유형. 대한화학회지, 43(6), 699-706.
- 채동현, 백은미(1997). 초등학교 학생들의 기압에 대한 개념조사. 한국과학교육학회지, 17(3), 239-249.
- Chinn, C. A. & Brewer, W. F. (1998). *Theories of knowledge acquisition*. In B. J. Fraser, & K. G. Tobin (Eds.), *International handbook of science education* (pp. 97-113). London: Kluwer Academic Publishers.
- de Berg, C. (1995). Student understanding of the volume, mass, and pressure of air within a sealed syringe in different states of compression. *Science Education*, 73(2), 115-134.
- Duit, R. (1994). *The constructivist view in science education - What it has to offer and what should not be expected from it*. Proceeding of the international conference science and mathematics for the 21st century: Towards innovatory approaches' concepts. Chile.
- Osborne, J. (1996). Beyond constructivism. *Science Education*, 80(1), 53-82.
- Stavy, R. (1988). Children's conception of gas. *International Journal of Science Education*, 10(5), 553-560.
- Wandersee, J. H., Mintzes, J. J. & Novak, J. D. (1994). *Research on alternative conceptions in science*. In D. Gabel, (Ed.), *Handbook of Research of Science Teaching and Learning*. New York: Macmillan Publications.