

## 확산과 삼투 분자운동 모형을 활용한 수업의 개념변화에의 효과

조 정 일 · 이 현 옥\*

(전남대학교)(목포문태고등학교)\*

(1994년 6월 7일 받음)

### I. 서 론

#### 1. 연구의 필요성 및 목적

과학 교육에서의 최근 연구들은 학생들이 많은 자연 현상들에 대해 불안정하거나 부정확한 개념들을 갖고 있음을 보여 왔다(조정일,1989). 이러한 개념들은 매우 안정적이어서 교실에서의 전통적인 교수를 통해 쉽게 변화되거나 포기되지 않는다. 그러므로 효율적인 과학교육을 위해서는 학생들의 오개념을 확인하고, 그것을 과학적인 개념으로 변화시킬 수 있는 교수 모형과 학습 지도 자료가 개발되어야 한다. 대다수 과학교육자들은 구성주의 심리학에 이론적 근거를 두고 과학 교수 모형과 학습 지도 자료를 개발해 왔다.

확산과 삼투는 생명 현상을 설명하기 위한 중요한 개념이며 물리, 화학과도 밀접하게 연관되어 있다. 확산과 삼투의 이해를 위해서는 형식적 사고력(formal reasoning ability)이 요구된다. 확산과 삼투에 대한 오개념 연구들은 일관되게 보여지는 학생들의 오개념들을 확인하였다(조정일,1993). 그리고 확산과 삼투와 같이 형식적 사고력을 요구하는 개념의 학습을 위해서는 과학 현상을 직접적으로 관찰, 조작할 수 있거나 모형을 통해 간접적으로 경험하는 학습 상황이 제공되어야 함이 지적되었다(Johnstone & Mahmoud,1980a; Marek,1986).

본 연구에서는 분자운동에 기초한 확산과 삼투 모형을 개발하여 수업에서 사용함으로써 확산과 삼투에 관한 학생들의 개념이 변화되는지를 알아보고자 하였다.

#### 2. 연구 문제

본 연구를 위해 다음과 같이 연구 문제를 설정하였다.

- 1) 확산과 삼투 현상에 대해 학생들은 어떤 유형의 개념을 가지고 있는가?
- 2) 확산과 삼투개념에 대한 학생들의 이해는 어느 정도인가?
- 3) 분자운동 모형에 기초한 수업을 받은 학생들의 개념 유형과 이해는 어느 정도인가?

#### 3. 관련 선행연구

Johnstone과 Mahmoud(1980b)는 수분퍼텐셜의 개념을 이해하기 위해 필요한 하위개념(subconcepts)을 위계적으로 배열하는 방법을 통하여 수분퍼텐셜과 관련된 학생들의 이해를 분석하였다. 그 결과 첫째, 학생들은 용매와 용질 분자 간의 연관에 대한 명확한 개념이 없고, 용해 과정을 용매에 있는 "구멍"(holes)으로 용질분자들이 빠지는 것으로 생각했다. 둘째, 농도와 관련하여 잘못된 용어 사용(즉, 농도가 '강하다(strong)', '약하다(weaker)')이 고농도의 용액들은 더 ' 묽은' 용액으로부터 물을 빨아들이기에 충분히 '강하다'는 생각을 유도했다. 또한 확산이란 가장 '있음직한 상태(probable state)'로 분자들이 재배열 되는 것이라라는 개념이 거의 완전히 결여 되어 있다. 셋째, 동적 평형 개념이 학생들 가운데서 거의 발견되지 않았다. 즉, 삼투관에서 물의 상승이 멈추었을 때 막을 통한 모든 물질의 수송이 멈춘다라고 대답하였다. 넷째, 물의 이동에 대한 실험모형

에 부응할 수 있는 학생도 종종 그들의 이해를 생물 상항으로 전이하는데 실패했다.

Johnstone과 Mahmoud(1981)는 수분 수송 영역에서 발견된 오개념들을 개선하기 위해서 물리과학에 기초한 역동적인 모형을 영화로 만들었다. 그리고 16, 17살된 학생들을 대상으로 모형을 사용한 집단과 사용하지 않은 집단 사이에 성취 결과를 비교하였는데, 모형을 사용한 집단의 성취도가 유의하게 높았다.

Soyibo(1983)는 확산과 삼투에 관련된 오개념 조사에서 학생들 중 많은 수가 농도가 낮은 지역으로의 물질 분자의 독립적이고 무작위한 운동이라는 확산의 정의를 개념화하지 못했다. 고농도나 저농도의 영역을 언급하므로써 삼투를 규정하는 학생들도 농도라는 것에 대해 정확한 이해가 없었다. 왜냐하면 그들은 대개 전체 용액에 대한 농도를 언급하기 때문이다.

Friedler 등(1985)은 세포 내의 물과 관련된 개념의 이해에 대한 고등학생들과 대학생들의 어려움을 확인하였다. 심각한 오개념들이 용액, 용해성, 물질의 입자적 본질, 분자운동과 같은 기초개념에서 확인되었다. 또한 학생들은 개념의 완전한 이해없이 교과서의 정의를 사용했다. 학생들이 현상에 대한 원인을 설명할 때 목적론적 설명(teleological explanation)이 자주 사용되었다.

Simpson과 Marek(1988)은 고등학생들중 약 50%가 확산 개념에 대해 전혀 이해하지 못하고 있음을 밝혔다. Westbrook과 Marek(1991)은 7등급의 생명과학 수강 학생들, 10등급의 생물수강 학생들, 그리고 대학의 동물학 전공 학생들의 확산 개념에 대한 이해를 조사했다. 전체 300명의 학생 중 확산 개념에 대한 완전한 이해를 보인 학생은 아무도 없었으며, 건전한 또는 부분적 이해, 오개념 또는 이해 못함으로 분류한 결과에서 등급 수준 간에 감지할 수 있는 차이는 없었다. 이러한 결과는 과학교수가 학생들로 하여금 정확한 개념을 형성하거나 오개념들을 변화시키는데 충분치 않음을 제시한다.

조정일 등(1993)은 다른 맥락에서 확산과 삼투에 관한 고등학교 학생들의 개념체계를 조사했다. 확산과 관련하여 잉크 상황과 설탕 상황을 설명하기 위해 사용하는 개념체계의 일관성을 조사했다. 학생들이 사용한 설명유형은 '건전한 설명/부분적인 설명', '끼어들기', '구분', '용매의 이동', '용질의 이동'이었으며, 두 상황에서 이 설명유형들의 유관계수는 0.79이었다. 삼투와 관련하여 U자관 상황과 깔때기 상황이 주어졌으며, 이 상황들을 설명하기 위해 사용한 개념체계로서 '건전한/부분적인 설명', '흡수', '목적론적 설명', '기술적 묘사', '반투과성'이 확인되었다. 두 상황에서 학생들의

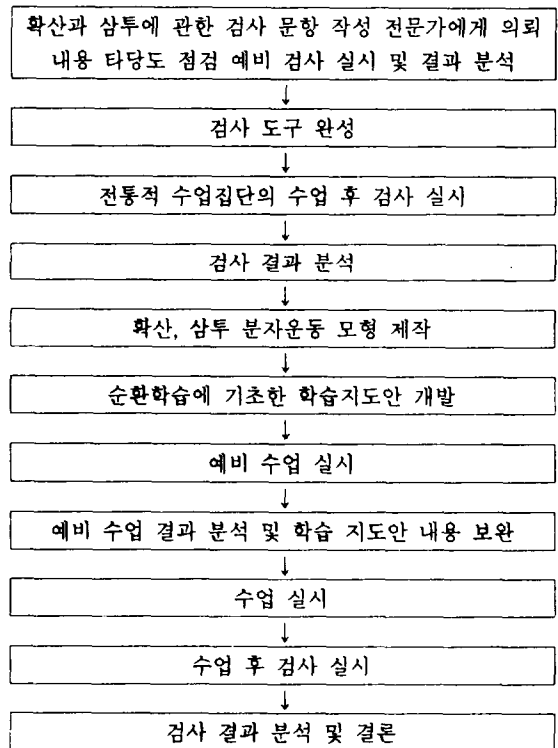
설명유형의 유관성을 나타내는 유관계수는 0.86으로 상황에 관계없이 일정한 개념유형을 사용함을 확인하였다.

## II. 연구절차 및 방법

### 1. 연구절차

연구 절차는 <그림 1>과 같다. 확산·삼투 지필검사를만 들어 이미 수업을 받은 학생들을 대상으로 개념유형을 조사하였다. 그 뒤 학생들의 개념 유형과 이해정도를 분석하였다. 분석된 개념 유형을 토대로 확산·삼투 분자운동 모형을 제작하였다. 이 모형을 사용하여 확산과 삼투 개념을 가르치기 위해 순환학습에 기초한 수업지도안을 개발하였다.

그 지도안에 따라 예비 수업을 실시하고 결과를 분석하여 학습 지도안을 최종 완성하였다. 완성된 학습 지도안을 사용해 실험집단에게 수업을 실시한 지 일주일 후에 확산·삼투 지필 검사를 실시하였다.



<그림 1> 연구 절차의 모식도

2. 연구대상 및 연구시기

본 연구의 표집은 전통적 수업 집단, 분자운동 모형을 통한 수업 집단으로 구성된다(<표 1>).

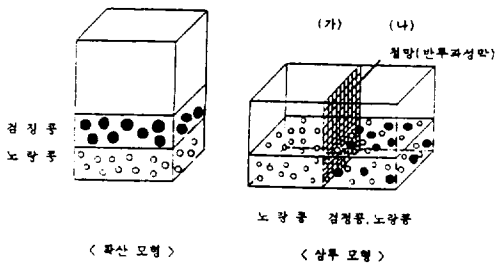
<표 1> 연구대상 및 연구시기

구분	지역	학생수	검사시기	학년
전통적 수업집단	서울, 광주 목포	242명	92년 4월	고2, 3학년
분자운동 모형 수업	목포	177명	93년 9월	고 1학년

전통적 수업집단 (앞으로는 '비교집단'으로 부르기로 한다)은 서울 지역 남자 고등학교 3학년 64명, 광주 지역 남자 고등학교 3학년 89명, 목포 지역 남자 고등학교 2학년 89명으로 모두 242명으로 구성되었다.

분자운동 모형을 통한 수업집단 (앞으로는 '실험집단'으로 부르기로 한다)은 목포지역 남자 고등학교 1학년 4학급 177명에게 실시되었다. 수업은 연구자와 동료 교사에게 의해 수행되었으며, 학생들의 개념 검사는 수업 후 1주일이 지난 뒤에 실시하였다. 수업은 확산 1시간, 삼투 1시간 총 2시간 실시하였다.

3. 검사 도구, 실험 모형 제작 및 학습지도안 개발



<그림 2> 확산과 삼투 모형

검사 도구는 확산과 삼투의 하위 개념들의 이해를 확인할 수 있도록 개발되었다. 확산에서는 분자운동, 농도, 균일한

분포, 용어의 사용을, 삼투에서는 분자운동, 농도, 용매의 이동, 반투과성막의 특성, 용어의 사용을 조사하였다. 예비 검사를 실시한 뒤 그 결과를 분석하여 문항을 수정하였고, 과학교육 전문가들에게 의뢰하여 내용의 타당성을 점검한 후 최종 문항을 완성했다.

학생들에게 확산과 삼투현상에 대한 구체적 경험을 제공하고, 학생들의 오개념을 과학적 개념으로 변화시킬 목적으로 분자운동모형을 개발하였다.

분자운동에 기초한 확산과 삼투 모형은 <그림 2>와 같다. 확산 모형은 투명한 상자 안에 노란 콩과 검정 콩이 두 층으로 분리되어 들어있고, 노란 콩과 검정 콩은 분자를 나 타낸다. 삼투 모형은 투명한 상자 한 가운데에 좀 더 큰 검정 콩은 통과할 수 없고, 크기가 작은 노란 콩만 통과할 수 있는 철망이 장치되어 있다. 철망을 경계로 (가)에는 노란 콩이 들어있고 (나)에는 검정 콩과 노란 콩이 적절한 비율로 들어있으며 처음 상태에서 양쪽의 높이는 같다. 이 모형에서 철망은 반투과성막을 의미하고 노란 콩은 용매분자를, 검정 콩은 용질분자를 의미한다. 그래서 (가)는 순수한 용매 분자만 있음을 의미하고 (나)는 용매와 용질분자가 함께 있음을 의미한다.

4. 수업

<표 2> 단계별 학습지도 활동

1. 예비 단계
  - ① 지필 검사를 통한 학생 관점의 조사와 분류
  - ② 관련 문헌을 통한 과학적 개념의 탐구
  - ③ 관련 문헌을 통한 선개념의 교정을 위한 증거들에 대한 고찰
2. 탐색 단계(분자운동 모델을 가지고 활동)
  - ① 조 편성
  - ② 분자운동 모델을 불규칙하게 흔들었을 때의 결과 예측
  - ③ 학생들의 활동과 토의
  - ④ 조별 관찰 및 토의 결과 발표
  - ⑤ 학생 관점을 명료하게 정리
3. 개념 도입 단계
  - ① 과학자 관점 제시
  - ② 학생 관점과 과학자 관점 간의 비교
4. 개념 적용 단계
  - ① 새로운 상황의 문제 제시
  - ② 문제에 대한 답을 말로 설명하기
  - ③ 답에 대한 토론

<표 2>는 각 단계의 구체적인 수업 및 학습 활동을 제시한다. 확산과 삼투 각각에 대해 탐색(25분) - 개념 도입(15분) - 개념 적용(10분)의 순으로 진행되었다.

탐색단계는 분자운동 모형을 사용하여 학습문제 파악을 위한 경험을 제공하고, 끝-열린 질문을 통하여 학생들의 개인적 관점을 끌어 내며, 조별 토론으로 자신들의 관점을 결정하는 활동으로 이루어졌다. 먼저 학교의 여건상 8명 1개 조로 편성하고, 본 연구를 위해 제작된 확산, 삼투 모형을 각 조별로 제공하였다. 그리고 이 모형을 불규칙하게 흔들었

을 때 어떤 현상이 일어날 것인지를 전체 학생들에게 물었다. 학생들의 관점을 확인한 다음 실험을 하도록 하였고, 왜 이러한 현상이 일어나는지 그 이유를 조별 토론을 통해서 생각해 보도록 하였다. 토론 결과를 2~3개 조로 하여금 발표하도록 하였다.

개념 도입 단계는 학생들의 개념 변화를 촉진하는 단계로 분자적 모형을 기초로 제작한 OHP 자료를 통해 과학자 관점을 제시했다. 과학자 관점을 제시한 후에는 반드시 학생들로 하여금 자신들의 관점과 과학자 관점을 비교하여 자신들

		비교집단 n=242(%)	실험집단 n=177(%)		
확산	설명	분자 운동	구분자와 잉크분자의 운동	18 (7)	47(27)
			잉크 분자의 운동	9 (4)	19(11)
			구분자 운동	4 (2)	0 (0)
			구분 없음	4 (2)	43(24)
		부정확한 언급	꺼어들기	9 (4)	5 (3)
			목적론적 설명	11 (5)	0 (0)
			화학반응	15 (6)	7 (4)
			잉크분자와 구분자 혼합	8 (3)	3 (2)
			잉크방울이 물에 흡수	2 (1)	0 (0)
			잉크가 변질	6 (2)	0 (0)
			분자의 이동	0 (0)	13 (7)
		분류할 수 없음	9 (4)	1 (1)	
		언급 없음	151(62)	39(22)	
		농도	농도차(고농도→저농도)	33(14)	86(49)
			잘못된 언급	고농도 잉크→저농도 물	22 (9)
고분자 → 저분자	1 (0)			12 (7)	
본 것을 그대로 표현	68(28)			3 (2)	
분류할 수 없음	4 (2)			13 (7)	
언급 없음	114(47)	23(13)			
균일한 분포	언급함	19 (8)	77(44)		
	언급 없음	223(92)	100(56)		
용어 사용	사용	110(45)	176(99)		
	사용하지 않음	132(55)	1 (1)		

<그림 3> 확산에 관한 비교집단과 실험집단의 반응 유형 비교

관점을 교정하도록 지시하였다. 또한 본 단계에서는 그 동안의 많은 연구에서 확인된 대표적인 오개념을 제시함으로써 학생들이 자신들의 오개념을 포기하도록 유도하였다.

개념 적용 단계는 새로운 상황의 문제를 제시하고 문제에 대한 답을 말로 설명하도록 하였다. 그리고 전체 토론을 통해 해답에 대해 엄격하게 토론하도록 유도하여 올바른 개념 형성이 되도록 하였다.

### 5. 결과 분석 방법

수업 후 검사 자료를 그물망 분석법을 사용하여 분석하였고 반응유형과 그 빈도를 나타냈다. 확산과 삼투에 관해 전통적인 수업을 받은 학생들의 개념 및 이해 정도는 지역별로 차이가 없었으며(신선옥, 1992), 확산과 삼투에 관해 분자운동 모형에 기초한 수업모형으로 수업을 한 두 교사에 따른 학생들의 개념 및 이해에는 유의한 차이가 없는 것으로 보였으며, 구체적인 분석은 하지 않았다. 그래서 결과는 두 교사가 수업한 4 학급의 결과를 합하여 실험집단으로 취급하였다.

## III. 연구 결과

### 1. 확산

확산 현상에 관한 이해는 분자운동, 농도, 균일한 분포를 정확하게 언급하고 확산이라는 용어를 사용하는 것으로 구성된다. 각 요소에 대한 학생들의 언급 및 그 반응 유형을 <그림 3>과 같이 그물망 분석법을 통해 분석했다. 이 분석에서 중괄호({})는 상호 포괄적인 유목들을 나타내고 대괄호([ ])는 상호 배타적인 유목들을 나타낸다. 굵어진 화살표(→)는 하나 이상의 반응이 가능한 것을 나타낸다.

확산에 대한 비교집단과 실험집단의 수업 후 검사에서 나타난 반응유형의 비교는 <그림 3>과 같다. 분자운동에 대한 반응은 비교 집단에서 14%의 학생이 분자운동을 언급했으며, 실험집단에서는 62%의 학생이 분자운동을 언급했다. 농도에 대한 반응은 비교집단에서 14%의 학생이 '고농도에서 저농도로 퍼진다'라는 진술을 했으며, 실험집단에서 49%의 학생이 그렇게 진술했다. 그 이외의 학생들중 비교집단에서 9%, 실험집단에서 23%의 학생이 잉크와 물을 각각 고농도와 저농도로 대응시켰으며, 비교집단의 학생들중 28%와 실험집단의 2%가 단순히 현상을 기술하였다(describe). '분자' 용어를 잘못 사용하여 고농도와 저농도를 '고분자'와 '저분자'로 잘못 사용한 학생이 비교집단에서는

1명인 반면 실험집단에서는 12명(7%)이 있었다. 확산의 결과인 균일한 분포에 대해 비교집단에서는 8%가 언급했고, 실험집단에서는 44%가 언급했다. '확산'용어의 사용에서 비교집단의 경우 45%의 학생이 언급한 반면, 실험집단의 경우 거의 모든 학생이 언급했다.

<표 3> 분자운동에 대한 반응유형과 학생수

	명(%)	
	비교집단 (n=242)	실험집단 (n=177)
<b>분자운동</b>		
정확한 언급	35(14)	109(62)
부정확한 언급	56(23)	29(16)
언급 없음	151(62)	39(22)
계	242(100)	177(100)
	$\chi^2=(1.419) = 98.6 \quad P<0.001$	

비교집단과 실험집단의 수업 후 검사 결과 비교집단은 14%, 실험집단은 62%의 학생이 분자운동을 정확하게 언급했다(<표 3>). 분자운동을 부정확하게 언급하거나 언급하지 않은 학생은 비교집단의 경우 86%, 실험집단의 경우 38%였다. 분자운동의 정확한 진술에 대해 실험집단이 비교집단보다 유의하게 높은 이해를 보였다( $P<0.001$ ).  $\chi^2$ 값은 분자운동을 정확히 언급한 것과 그렇지 않은 것을 구분하여 산출하였다.

<표 4> 농도 및 농도차에 대한 반응유형과 학생수

	명(%)	
	비교집단 (n=242)	실험집단 (n=177)
<b>농도 및 농도차</b>		
정확한 언급	33(14)	86(49)
부정확한 언급	95(39)	68(38)
언급 없음	114(47)	23(13)
계	242(100)	177(100)
	$\chi^2=(1.419) = 59.5 \quad P<0.001$	

농도 및 농도차에 대한 반응은 비교집단의 경우 14%의 학생이 정확하게 언급을 한 반면, 실험집단의 경우 49%의 학생이 정확하게 언급했다(<표 4>). 잘못된 언급을 포함하

여 언급이 없는 학생은 비교집단에서 86%, 실험집단에서 51%이었다. 실험집단이 비교집단보다 농도에 대한 진술에서 유의하게 높은 이해를 보였다( $P < 0.001$ ).  $\chi^2$  값은 정확한 언급을 한 것과 그렇지 않은 것을 구분하여 산출하였다.

<표 5> 균일한 분포에 대한 반응유형과 학생수

	명(%)	
	비교집단 (n=242)	실험집단 (n=177)
<b>균일한 분포</b>		
언급	19(8)	77(44)
언급 없음	223(92)	100(56)
계	242(100)	177(100)
	$\chi^2 = (1.419) = 71.3 \quad P < 0.001$	

확산의 결과인 균일한 분포에 대한 반응은 비교집단에서 8%, 실험집단에서 44%의 학생이 균일한 분포를 언급했다(<표 5>). 실험집단이 비교집단보다 균일한 분포에 대해 유의하게 높은 이해를 보였다( $P < 0.001$ ).

<표 6> 확산 용어 사용에 대한 반응유형과 학생수

	명(%)	
	비교집단 (n=242)	실험집단 (n=177)
<b>용어의 사용</b>		
언급	110(45)	176(99)
언급 없음	132(55)	1(1)
계	242(100)	177(100)
	$\chi^2 = (1.419) = 135.1 \quad P < 0.001$	

비교집단에서 45%의 학생이 확산 용어를 사용한 반면, 실험집단에서는 99%의 학생이 사용하였다(<표 6>). 실험집단이 비교집단보다 확산 용어의 사용에 대해 유의하게 높은 이해를 보였다( $P < 0.001$ ).

확산에 관한 이해 유형의 분류 기준은 신선옥(1992)의 논문을 참조하였다. 확산현상의 이해에 요구되는 분자운동, 농도, 균일한 분포를 정확하게 언급하고 확산현상이라는 용어를 사용한 경우 "건전한 이해"로 분류하였다. 건전한 이해를 전달하기 위해 필요한 모든 정보가 들어있지는 않으나 부적절한 정보도 들어 있지 않는 경우는 "부분적 이해"로

분류하였다. 확산과 관련하여 특정한 유형의 개념을 일관적으로 보이는 오개념과 무응답, 틀린 대답 등은 "이해 못함"으로 분류하였다.

<표 7> 확산에 관한 이해 유형에 따른 학생수

	명(%)	
	비교집단 (n=242)	실험집단 (n=177)
<b>이해 유형</b>		
건전한 이해	3(1)	58(33)
부분적 이해	51(21)	32(18)
이해 못함	188(78)	87(49)
계	242(100)	177(100)
	$\chi^2 = (1.419) = 80.8 \quad P < 0.001$	

확산에 관한 이해 유형에서 비교집단의 경우 1%, 실험집단은 33%의 학생이 "건전한 이해"를 보였다(<표 7>). "부분적 이해"는 비교집단에서 21%, 실험집단에서는 18%였다. "이해 못함"으로 분류된 학생은 비교집단에서 78%, 실험집단에서는 49%였다. 실험집단이 비교집단보다 확산에 관한 이해에서 유의하게 높은 이해를 보였다( $P < 0.001$ ).

<표 8> 확산에 관한 오개념의 반응유형과 학생수

	명(%)	
	비교집단 (n=242)	실험집단 (n=177)
<b>오개념</b>		
끼어들기	9(4)	5(3)
목적론적 설명	11(5)	0(0)
화학 반응	15(6)	7(4)
잉크가 물에 흡수	2(1)	0(0)
기타	2(1)	2(1)
계	39(16)	14(8)

확산에서의 대표적인 오개념인 '잉크분자가 물분자 사이로 들어간다'는 비교집단에서 4%, 실험집단에서는 3%였다(<표 8>). '농도를 맞추기 위하여'라는 목적론적 설명은 비교집단에서 5%인 반면 실험집단에서는 한 명도 없었다. 이 유목은 학생들에게 확산을 분자 수준의 현상으로 설명해 주지 않을 경우 일반적으로 나타나며, 분자운동 모형에 기초

한 수업에서는 목적론에의 호소가 제거됨을 알 수 있다. '분해, 합성, 용해, 결합'과 같은 화학반응으로 설명한 경우는 비교집단에서 6%, 실험집단에서는 4%였다. '잉크가 물에 흡수된다'는 설명은 비교집단의 경우 1%였고, 실험집단에서는 한 명도 없었다.

2. 삼투

삼투현상에 관한 이해는 분자운동, 농도차, 용매의 이동을 정확하게 언급하고 삼투라는 용어를 사용하는 것으로 구성된다. 각 요소들에 대한 학생들의 언급 및 그 반응유형은 확산의 경우처럼 그물망 분석법을 통해 분석했다.

삼투에 대한 비교집단과 실험집단의 수업 후 검사에서 나타난 반응유형의 비교는 그림 4와 같다. 분자운동에 대한 반응은 비교집단의 경우 분자운동을 언급한 학생이 한 명도 없었으나 실험집단에서는 22%가 언급했다. 농도차에 대한 반응은 비교집단에서 55%의 학생이 '고농도 용매에서 저농도 용매로 이동한다'라고 옳게 답을 했으며, 실험집단에서 51%의 학생이 옳게 답을 했다. 그 이외의 학생들 중 비교집단에서 10%, 실험집단에서 20%의 학생이 '고농도 용액에서 저농도 용액으로 이동한다'라고 답을 했다. 염색액의 양(즉, 다량의 염색액에서 소량 혹은 소량의 염색액에서 다량의 염색액으로 이동한다)으로 답을 한 학생이 비교집단에서는 14%인 반면, 실험집단에서는 1명도 없었다. 용

		비교집단 실험집단 n=242(*) n=177(*)				
		0 (0)	39(22)			
삼투	분자운동	언급				
		부정확한 언급	고농도 용액이 흡수	21(9)	0(0)	
			목적론적 설명	33(14)	3(2)	
			실험본자의 방해	0(0)	5(3)	
			삼투압에 의해	25(10)	0(0)	
			반투과성막에 의해	21(9)	3(2)	
			농도차 때문에	22(9)	1(1)	
			농도가 같아지려는 성질	9(4)	0(0)	
		분류할 수 없음	2(1)	4(2)		
		언급 없음	118(49)	122(67)		
	설명	농도차	고농도의 용매→저농도의 용매	134(55)	91(51)	
			잘못된 언급	고농도 용액→저농도	25(10)	35(20)
				다량의 염색액→소량	25(10)	0(0)
		소량의 염색액→다량		9(4)	0(0)	
		분류할 수 없음	1(0)	23(13)		
언급 없음	48(20)	28(16)				
이동물질	용매	67(28)	94(53)			
	용질	1(0.4)	11(6)			
	용매+용질	62(26)	44(25)			
	분류할 수 없음	11(5)	8(5)			
	언급 없음	101(42)	20(11)			
용어 사용	사용	29(12)	161(91)			
	사용하지 않음	213(88)	16(9)			

<그림 4> 삼투에 관한 비교집단과 실험집단의 반응유형 비교

매의 이동을 언급한 학생은 비교집단에서 28%, 실험집단에서는 53%였다. 용어의 사용에서 비교집단의 경우 12%만이 삼투현상이라는 용어를 사용한 반면 실험집단의 경우 91%의 학생이 사용하였다.

<표 9> 삼투의 분자운동에 대한 반응유형과 학생수 명(%)

	비교집단 (n=242)	실험집단 (n=177)
<b>분자운동</b>		
언급	0(0)	39(22)
부정확한 언급	124(51)	16(9)
언급 없음	118(49)	122(69)
계	242(100)	177(100)
$\chi^2=(1.419) = 56.0 \quad P<0.001$		

분자운동에 대한 반응은 비교집단의 경우 한 명도 없는 반면, 실험집단에서는 22%의 학생이 분자운동을 언급했다(<표 9>). 실험집단이 비교집단보다 분자운동에 대해 유의하게 높은 이해를 보였다( $P<0.001$ ).  $\chi^2$ 값은 분자운동을 언급한 것과 그렇지 않은 것을 구분하여 산출하였다.

<표 10> 삼투에 관한 농도의 반응유형과 학생수 명(%)

	비교집단 (n=242)	실험집단 (n=177)
<b>농도차</b>		
고농도 용매 → 저농도 용매	134(55)	91(51)
잘못 언급	60(25)	58(33)
언급 없음	48(20)	28(16)
계	242(100)	177(100)

농도에 대한 반응은 비교집단의 경우 55%가 고농도 용매에서 저농도 용매로 이동한다고 답한 반면, 실험집단은 51%의 학생이 그렇게 답을 했다(<표 10>). 그러나 농도에 대해 옳게 대답한 학생 중, 이동 물질에 대해 '용매가 이동한다'라고 옳게 답한 학생은 비교집단의 경우 28%로, 절반도 되지 않았다. 반면에 실험집단에서 농도에 대해 옳게 답한 학생 거의 모두가 용매의 이동에 대해 옳게 답을 했다

(<표 11>). (<표 11>은 이 진술에 대한 자료는 아니며 그 경향만을 보여줄 뿐이다.)

<표 11> 삼투에 관한 용매 이동의 반응유형과 학생수 명(%)

	비교집단 (n=242)	실험집단 (n=177)
<b>이동물질</b>		
용매	67(28)	94(53)
잘못 언급	74(31)	63(36)
언급 없음	101(42)	20(11)
계	242(100)	177(100)
$\chi^2=(1.419) = 27.0 \quad P<0.001$		

이동 물질에 대한 반응은 비교집단에서 28%, 실험집단에서 53%의 학생이 '용매가 이동한다'라고 옳게 답을 했다(<표 11>). 실험집단이 비교집단보다 반투과성막을 통한 용매의 이동에 대해 유의하게 높은 이해를 보였다( $P<0.001$ ).  $\chi^2$ 값은 용매의 이동을 언급한 것과 그렇지 않은 것을 구분하여 산출하였다.

<표 12> 삼투 용어의 사용에 관한 반응유형과 학생수 명(%)

	비교집단 (n=242)	실험집단 (n=177)
<b>용어의 사용</b>		
사용	29(12)	161(91)
사용하지 않음	213(89)	16(9)
계	242(100)	177(100)
$\chi^2=(1.419) = 253.8 \quad P<0.001$		

비교집단에서 12%의 학생이 삼투현상이라는 용어를 사용한 반면, 실험집단에서는 91%의 학생이 사용하였다(<표 12>). 실험집단이 비교집단보다 용어의 사용에 대해 유의하게 높은 이해를 보였다( $P<0.001$ ).

삼투에 관한 이해 유형의 분류 기준도 확산의 경우과 같이 신선옥(1992)의 논문을 참조하였다. 삼투현상의 이해에 요구되는 분자운동, 농도, 용매의 이동을 정확하게 언급하고 삼투현상이라는 용어를 사용한 경우 "건전한 이해"로 분류하였다. 건전한 이해를 전달하기 위해 필요한 모든 정보



가 들어있지 않지만 부적절한 정보가 들어 있지 않는 경우는 "부분적 이해"로 분류하였다. 삼투와 관련하여 특정한 유형의 개념을 일관적으로 보이는 오개념과 무응답, 틀린 대답 등은 "이해 못함"으로 분류하였다.

<표 13> 삼투에 관한 이해 유형에 따른 학생수 명(%)

	비교집단 (n=242)	실험집단 (n=177)
<b>이해 유형</b>		
건전한 이해	12( 5)	60(34)
부분적 이해	42(17)	21(12)
이해 못함	188(78)	96(54)
계	242(100)	177(100)
$\chi^2=(2.419) = 58.0 \quad P<0.001$		

삼투에 관한 이해 유형에서 비교집단의 경우 5%, 실험 집단은 34%의 학생이 "건전한 이해"를 보였다(<표 13>). "부분적 이해"는 비교집단에서 17%, 실험집단에서는 12%였다. "이해 못함"으로 분류된 학생은 비교집단에서 78%, 실험집단에서는 54%였다. 실험집단이 비교집단보다 삼투에 관한 이해에서 유의하게 높은 이해를 보였다( $P<0.001$ ).  $\chi^2$ 값은 "건전한 이해", "부분적 이해", "이해 못함"을 보인 반응을 각각 구분하여 산출하였다.

<표 14> 오개념에 관한 반응유형과 학생수 명(%)

	비교집단 (n=242)	실험집단 (n=177)
<b>오개념</b>		
고농도 용액이 흡수	21( 9)	0( 0)
목적론적 설명	33(14)	3( 2)
설탕분자의 방해	0( 0)	5( 3)
계	54(23)	8( 5)
$\chi^2=(2.419) = 58.0 \quad P<0.001$		

삼투에서의 대표적인 오개념인 '고농도 용액이 저농도 용액을 흡수한다'는 비교집단에서 9%인 반면 실험집단에서는 한 명도 없었다(<표 14>). '농도를 맞추기 위하여'라는 목적론적 설명은 비교집단에서 14%인 반면 실험집단에

서는 2%였다. '설탕분자가 용매분자의 이동을 방해한다'라고 설명한 경우는 비교집단에서는 한 명도 없는 반면 실험집단에서는 3%였다. 분자운동 모형의 사용은 삼투에 있어서도 목적론적 설명이나 다른 오개념을 처치하는데 효과적이며, 분자운동 모형은 설탕분자의 방해와 같은 다른 오개념을 갖도록 할 수도 있다.

#### IV. 결론, 논의 및 제언

##### 1. 확산

비교집단에서 분자운동을 언급한 학생은 14%로 거의 대부분의 학생들이 확산현상에 관한 분자운동 개념을 갖고 있지 않았으며, 분자운동과 농도차를 연관지어 설명하지 않았다. 실험집단에서 분자운동을 언급한 학생은 62%로 많은 학생들이 확산현상에 관한 분자운동 개념을 갖고 있었으며, 분자운동과 농도차를 연관지어 확산현상을 설명하였다.

농도차에 대한 올바른 언급은 비교집단에서 14%, 실험집단에서는 49%로 실험집단이 비교집단보다 유의하게 높은 이해를 보였다( $p < 0.001$ ).

확산현상의 결과인 균일한 분포에 대해서는 비교집단에서 8%, 실험집단에서는 44%의 학생이 균일한 분포를 언급하므로써 실험집단이 비교집단보다 유의하게 높은 이해를 보였다( $P<0.001$ ).

용어의 사용에 있어서 비교집단의 45%만이 "확산현상"이라고 언급한 반면 실험집단에서는 99%의 학생이 언급하였다.

확산에 대한 이해 유형에서 "건전한 이해"를 보인 학생은 비교집단의 경우 1%인 반면 실험집단은 33%로 분자운동에 기초한 실험이 비교집단보다 확산 개념 학습에 효과적이었다.

오개념에 대한 학생수에서도 비교집단의 16%가 오개념을 보인 반면 실험집단은 8%만이 오개념을 보였고, 대표적인 오개념인 목적론적 설명(teleological explanation)과 '잉크분자가 물분자 사이에 끼어든다'는 오개념은 실험집단의 경우 한 명도 보이지 않았다. 이 결과로 보아 학생들에게 확산 현상에 대한 분자 수준의 설명을 제공할 경우, 학생들은 목적론적 설명에 의지하지 않음을 알 수 있다.

##### 2. 삼투

분자운동 개념을 가지고 삼투를 설명한 경우는 비교집단

에서 한 명도 없는 반면 실험집단에서는 22%로 실험집단이 비교집단보다 분자운동에 대해 유의하게 언급하였다 ( $P < 0.001$ ).

농도차에 대한 올바른 설명은 비교집단이 55%, 실험 집단은 51%였다. 그러나 비교집단의 경우 이동 물질에 대해 '용매가 이동한다'라고 옳게 답한 학생은 28%였고, 실험집단은 농도차에 대해 옳게 답한 학생 거의 모두가 용매의 이동을 언급하므로써 농도차에 따른 용매의 이동에 대한 이해가 비교집단보다 통계적으로 유의하게 높았다 ( $P < 0.001$ ). 이러한 결과는 비교집단의 많은 학생들이 반투과성막을 경계로 형성된 농도차와 분자운동을 통한 용매의 이동, 그리고 반투과성막의 특성을 연결짓지 못함으로 보여진다. 용어의 사용에서 삼투 현상이라고 언급한 학생은 비교집단의 경우 12%인 반면 실험집단에서는 91%였다.

삼투에 대한 이해 유형에서 "건전한 이해"를 보인 학생은 비교집단의 경우 5%인 반면 실험집단은 34%로 분자운동에 기초한 실험이 비교집단보다 삼투 개념 학습에 통계적으로 유의하게 효과적이었다 ( $P < 0.001$ ).

오개념에 대한 학생수에서도 비교집단의 23%가 오개념을 보인 반면 실험집단은 5%만이 오개념을 보였다. 대표적인 오개념인 '고농도 용액이 저농도 용액을 흡수한다'는 실험집단의 경우 한 명도 보이지 않았으며 "목적론적 설명"도 비교집단에 비해 12%나 낮았다. 반면에 '실당분자가 용매의 이동을 방해한다'라는 오개념은 비교집단의 경우 한 명도 없었으나 실험집단에서는 3%가 있었다. 이것 또한 분자수준의 설명을 제공함으로써 얻어지는 결과라고 사료된다.

본 연구 결과는 확산과 삼투 현상의 학습에 분자운동 모형을 기초로 한 수업모형이 효과가 있음을 보여 준다.

확산과 삼투는 형식적 사고력을 요구할 뿐만 아니라 물리, 화학의 주요 개념과 상당한 연관이 있어 학생들이 이해하는 데 어려움을 느끼며(Friedler et al., 1985), 그 동안의 과학교수가 학생들로 하여금 정확한 개념을 알게 하거나 오개념을 변화시키는데 적절하지 않았고(Westbrook & Marek, 1991), 확산과 삼투처럼 형식적 사고력을 요구하는 개념의 학습을 위해서는 학생들이 현상을 단순하게 상상할 수 있는 분자운동 모형을 제공하는 것이 바람직하다(Johnston & Mahmoud., 1981; 조정일 등, 1993)는 연구 결과와 일치한다.

이 연구설계 및 수업 모형은 확산, 삼투 이외에 생물의 다른 개념에도 적용될 수 있을 것이다. 학생들이 소지하고 있는 오개념과 이해 수준을 기초로 교수전략과 수업모형이 개발되어야만 유의미 학습과 개념변화학습이 이루어질 수 있음을 본 연구결과도 시사하고 있다. 학생들이 비록 확산, 삼

투라는 말을 사용할지라도 그 현상의 과학적 개념을 갖고 있지 않을 가능성은 매우 크다. 그들의 개념을 단순 다지선 다형 검사가 아니라 보다 체계적이고 구체적인 검사를 통해 확인할 때 이러한 사실이 드러난다. 따라서 학생들의 개념 파악, 그에 따른 적절한 수업 설계가 교사가 과학개념을 가르치기 위해 요구되는 과정들이라고 할 수 있다. 앞으로 다른 생물 개념에서도 이런 유형의 연구가 시도되어야 하리라고 사료된다.

### 참 고 문 헌

신선옥(1992). 확산과 삼투에 관한 고등학생들의 개념 및 오개념 연구. 전남대학교 교육대학원 석사 학위 논문.  
 조정일, 주동기, 신선옥(1993). 확산과 삼투에 관한 고등학생들의 오개념 연구. 전남대학교 과학교육연구소 연구지, 17(1), 15-24.  
 조정일(1989). An Investigation of Fifth and Eighth Grade Korean Students' Misconceptions of Photosynthesis. 한국과학교육학회지, 9(1), 101-111.  
 Friedler, Y., Amir, R. and Tamir, P. (1985). Identifying students difficulties in understanding concepts pertaining to cel water relations : An exploratory study. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, ED 256 623.  
 Johnstone, A. H. and Mahmoud, N. A. (1980a). Isolating topics of highperceived difficulty in school biology. *Journal of Biological Education*, 14(2), 163-166.  
 Johnstone, A. H. and Mahmoud, N. A. (1980b). Pupils' problems with water potential. *Journal of Biological Education*, 14(4), 325-328.  
 Johnstone, A. H. and Mahmoud, N. A. (1981). Pupils' response to a model for water transport. *Journal of Biological Education*, 15(3), 203-208.  
 Marek, E. (1986). Understandings and misunderstandings of biology concepts. *The American Biology Teacher*, 48(1), 37-40.  
 Simpson, W. D. and Marek, E. A. (1988). Understandings and misconceptions of biology concepts held by students attending small high schools and students attending large high schools. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(5), 361-374.  
 Soyibo, K.(1983). Selected science misconceptions amongst

some Nigerian school certificate students. In H. Helm and J. D. Novak(Eds.), Proceedings of the international seminar on misconceptions in science and mathematics, Cornell University, 443- 445.

Westbrook, S. L. and Marek, E. A. (1991). A cross-age study of understanding of the concept of difficulties. *Journal of research in Science Teaching*, 28(8) , 649-660.

(ABSTRACT)

## A Study on The Effect of Molecular Movement Model Based Instruction on High School Students' Conceptions of Diffusion and Osmosis

Cho Jung Il • Lee Hyun Uk\*

(Chonnam National University) (Mokpo Moontae High School)\*

The purpose of this study was to find the effect of molecular movement model based instruction on high school students' conceptions of diffusion and osmosis. The study was composed of two groups, the traditional instruction group in which the so-called traditional instruction was performed, and the other group in which interventions by researchers were made. The subjects of the traditional instruction group consisted of a total of 242 high school students from Seoul, Gwangju and Mokpo. The subjects of the model based instruction group consisted of 177 first-year high school students in Mokpo.

The study was focused on the use of the term of 'molecular movement' in their explanation of diffusion and osmosis in the correct contexts. In general, students who got the molecular movement model based instruction showed more frequent use of the terms of 'molecular movement' in the correct contexts than the control group students did.

It was found that misconceptions including teleological explanations changed into scientific explanations by the intervention. It seemed that the molecular movement model led students to make scientific explanations on natural phenomena.

A further research is recommended to assess the improvement of teleological explanation and scientific attitude by the molecular movement model.