

# 화학과 생물 교과서에서 삼투압과 반투막 개념에 관한 설명 유형 분석

고영환<sup>1</sup> · 강대훈<sup>2</sup> · 류오현<sup>3</sup> · 백성혜<sup>4</sup>

(서문여자중학교)<sup>1</sup> · (연희중학교)<sup>2</sup> · (제천중학교)<sup>3</sup> · (한국교원대학교)<sup>4</sup>

## Analysis of Types on Osmotic Pressure and Semipermeable Membrane Concept in Chemistry and Biology Textbooks

Ko, Young-Hwan<sup>1</sup> · Kang, Dae-Hun<sup>2</sup> · Ryu, Oh-Hyun<sup>3</sup> · Paik, Seoung-Hey<sup>4</sup>

(Suh-Moon Girls' Middle School)<sup>1</sup> · (Yeon-Hee Middle School)<sup>2</sup> ·

(Je-cheon Middle School)<sup>3</sup> · (Korea National University of Education)<sup>4</sup>

### ABSTRACT

In this study, we analyzed the explanation of the concepts related to osmotic pressure and semipermeable membrane that were represented in chemistry and biology textbooks of high school and general course of college. There were 4 types of explanation in osmotic pressure and 3 types of semipermeable membrane concept. Students can understand the concepts with different meaning because there are different viewpoints on the explanations of the concepts. We must consider the various types of explanation when we design science textbooks because these confusions disturb students' understanding of the concepts.

**Key words:** chemistry textbook, biology textbook, osmotic pressure, semipermeable membrane, explanation type, misconception

### I. 연구의 목적 및 필요성

과학교육에서 과학적 개념을 정확히 전달하고 이해하는 것은 매우 중요하다. 그러나 과학적인 개념을 전달하고 이해하는 것만큼이나 그 개념을 명확하게 정의하여 설명하는 것 역시 중요하다고 할 수 있다.

과학적 개념을 정의하는 과정에서 개념 설명이 명료하지 못하다면 현장에서 학생들을 가르치는데 많은 혼란을 줄 수 있을 것이다. 근래의 과학교육의 관심은 학생들의 과학 개념과 과학 개념 변화 과정을 알아보는데 많은 심혈을 기울여 왔는데, 과학 교육에서 올바른 과학 개념 형성의 가장 큰 장애로 인식되고

\*2001.10.10(접수) 2002.7.16(1차 수정) 2002.8.4(최종 통과)

\*\*이 논문은 2001년도 교과교육공동연구 지원사업비(과제번호 KRF-2001-030-D00045)로 수행되었습니다.

있는 것 중 하나가 과학 개념에 관련된 오개념이다.

최근까지의 연구에서도 학생들의 오개념을 찾아내고 이를 교정해 주는 수업 방법의 고안은 매우 중요하게 받아들여지고 있다. 학교환경 중에서 교과서는 우리나라 교육 현장에서 교수·학습의 방향을 제시해주는 중요한 역할을 하므로 오개념의 주요한 형성 원인이 될 수 있다고 하였다(조희형과 박승재, 1994). 즉, 교과서에서 과학적 개념에 대한 설명이 명확하게 되어 있지 않는 경우와 용어의 진술이 잘못되어 있는 경우, 그리고 도표와 삽화에 대한 해석과 설명이 적당하지 않거나 부족할 경우에는 오개념이 유발될 수 있다는 것이다. 이러한 문제는 과학 내용 중에서 물리, 화학, 생물, 지구과학의 여러 영역에서 공통적으로 다루고 있는 내용의 경우에 더욱 심각한데, 그 이유는 서로의 접근 방법이나 설명 유형의 차이 때문일 가능성이 높다. 그러나 현재까지 학생들이 가지는 오개념의 원인을 구성주의적 관점에서 학습자의 문제로 보고 학습자에게 인지 갈등을 일으켜 해결해 보려는 시도가 대부분이었다(박경희, 1998; 이현옥, 1994; 전태식, 1998; 홍준의, 1998). 이러한 연구들에서 한결같이 삼투 현상에 대한 학생들의 이해가 쉽지 않다는 것을 지적하였다.

Soyibo(1983)는 고등학생들을 대상으로 확산과 삼투에 관한 오개념 조사에서 학생들 중 많은 수가 확산과 삼투와의 관계를 정확히 이해하고 있지 않다고 지적하였다. 삼투 현상을 이해하는데 농도 개념은 매우 중요하데 학생들은 농도라는 것에 대해 정확한 이해의 결핍을 보였다. 삼투압에 대해서는 압력과 힘이 다름에도 불구하고 혼동하고 있는 것으로 나타났다. 또한, 압력에 대한 지식이 '민다' 라는 구체적인 수준에 머무른 학생들은 압력에 대한 분석적인 이해가 요구되는 개념들을 이해하지 못하는 것 같다고 하였다.

Friedler, Amir와 Tamir(1987)는 고등학교 학생들에게 삼투압에 관한 개념 학습이 어려운 이유를 여러 가지 제시하였다. 첫째, 삼투압 개념을 이해하려면 농도, 막, 분자운동과 같은 미시적인 관점과 삼투 현상의 거시적 관점의 관계를 이해할 필요가 있다. 둘째, 학생들은 확산, 원형질분리, 반투막과 같은 새로운 개념을 이해하여야 한다. 또한, 압력, 수분 포텐셜과

같은 단어를 교사와 교과서가 잘못 제시하고 있다고 이들은 지적하였다.

삼투현상을 이해하기 위해서 삼투압과 반투막에 대한 이해는 매우 중요하다. 그러나 이러한 정의가 생물과 화학 교과서에서 서로 다른 시각으로 제시된다면 그것이 바로 선행연구에서 지적되어 왔던 문제점, 즉 학생들이 삼투 현상을 어려워 하는 이유의 일부를 설명할 수 있을 것이다. 따라서 이 연구에서는 삼투압과 반투막에 대한 개념 이해에 대한 교과별 특성을 분석하고, 이로부터 문제점을 찾아보고자 한다. 이 연구의 문제를 구체적으로 제시하면 다음과 같다.

1. 고등학교와 대학교의 화학과 생물 교과서에서 제시하는 삼투압 개념의 설명 유형을 분석하고, 화학 교과서의 보편적인 시각과 생물 교과서의 보편적인 시각 차이를 살펴본다.

2. 고등학교와 대학교의 화학과 생물 교과서에서 제시하는 반투막 개념의 설명 유형을 분석하고, 화학 교과서의 보편적인 시각과 생물 교과서의 보편적인 시각 차이를 살펴본다.

## II. 분석 대상 교재 및 개념 유형 분류를

교육과정상 삼투압과 반투막 개념은 주로 고등학교 화학과 생물 교과서에서부터 다루어지고 있다. 이 연구에서는 제 6차 교육과정에 따른 고등학교 화학Ⅱ교과서 12종(김시중 등, 1996; 박원기 등, 1996; 박택규 등, 1996; 소현수 등, 1996; 송호봉 등, 1996; 여수동 등, 1996; 오계직 등, 1996; 우규환 등, 1996; 이운주 등, 1996; 이원식 등, 1996; 정구조 등, 1996; 최병순 등, 1996), 고등학교 생물Ⅱ 교과서 10종(강만식 등, 1996; 강영희 등, 1996; 김종균 등, 1996; 김준호 등, 1996; 박범의 등, 1996; 박인국 등, 1996; 이길재 등, 1996; 정해문 등, 1996; 하두봉 등, 1996; 홍영남 등, 1996), 대학교 화학 교과서 15종(Atkins, 1995; Bodner & Pardue, 1998; Brady, 1996; Brady & Holum, 1997; Brown *et al.*, 1999; Ebbing & Wrioughton, 1995; Hill & Petrucci, 1998; Joesten & Wood, 1998; Kotz & Trichel, 1999; Malon,

1999; Moore *et al.*, 2000; Noggle, 1998; Oxtoby *et al.*, 2000; Raymond, 1998; Zumdahl, 1996), 그리고 대학교 생물 교과서 7종(Campbell, 1987; Guttman & Hopkins, 1983; Keeton & Gould, 1980; Kimball, 1983; Pruves *et al.*, 1996; Viliee, 1994; Wallace & Sanders, 1996)을 분석하였다. 분석 대상 교과서는 대표 저자의 '가나다' 또는 'ABC' 순서에 따라 기호를 표기하였다. 고등학교 화학 II 교과서의 기호는 HC1~HC12, 고등학교 생물 II 교과서는 HB1~HB10, 대학교 화학 교과서는 UC1~UC15, 그리고 대학교 생물 교과서는 UB1~UB7로 표기하였다.

이 연구에서 삼투압에 대한 설명 유형은 그 특성에 따라 4가지로 구분하였다. 즉, '삼투 현상을 막기 위하여 용액 쪽에 가해야 하는 여분의 힘', '용매의 알짜이동이 0일 때 삼투에 의한 용매의 이동을 방해하는 충분한 힘', '평형에서 증가된 용액의 부피가 처음 부피와 같도록 증가된 부피에 대하여 가해진 압력' 등의 설명이 제시된 경우에는 모두 삼투 현상을 억제하는 방향으로 삼투압을 정의한 경우이기 때문에 같은 설명 유형으로 구분하고, 이를 '삼투 현상 억제' 유형으로 제시하였다.

'농도가 낮은 쪽의 용매가 농도가 높은 용액 쪽으로 투과하려는 힘', '농도가 높은 용액과 낮은 용액 사이에 반투막이 있을 때 용매인 물이 저장액에서 고장액 쪽으로 이동하기 때문에 생기는 압력', '용매 분자가 반투과성 막을 통해 들어가려는 압력' 등으로 설명한 경우에는 모두 삼투압을 '삼투 현상 억제'와는 반대 방향으로 용매의 투과에 의해 발생한 압력을 설명하였기 때문에 '투과하려는 힘'의 유형으로 분류하였다.

'삼투를 일으키는 힘', '삼투로 인하여 반투과성 막이 받는 압력'과 같이 삼투라는 용어를 사용하여 삼투압을 정의한 경우는 '삼투로 인한 압력'의 유형으로 같이 분류하였다.

'경계면을 통해서 이동하는 물분자의 속도의 차이로 삼투압이 생긴다'와 같이 삼투압을 설명한 경우에는 삼투압을 '물분자의 속도 차이'로 보았기 때문에 위의 세 유형과 다르다고 판단하고 따로 분류하였다.

반투막에 대한 설명 유형도 그 특성에 따라 3가지로 구분하였다. 즉, '용매 분자는 통과시키지만 용질 분자는 통과시키지 않는 막', '셀로판 종이나 식물의 원형질막, 동물의 방광막, 달걀의 속껍질 등 용매는 통과시키지만 용질은 통과시키지 않는 성질을 갖는 막' 등과 같이 용매만 통과한다는 점을 강조한 설명 유형은 하나의 유형으로 분류하였다.

그러나 '물처럼 작은 분자는 통과하고, 단백질이나 탄수화물 같은 큰 분자는 통과하지 못하는 막', '세포막은 구멍이 작아 큰 입자는 통과시키지 못하고 작은 입자만 통과시키는데 이러한 성질을 갖는 막' 등 입자의 '크기'를 고려하여 설명한 유형을 다른 것으로 분류하였다.

그리고 '생체막은 물질을 선택적으로 통과시켜 선택적투과성 막이라고 한다', '세포막은 물질을 통과시켜 원형질의 물질 조성을 일정하게 유지시키고 있는데 세포막의 이러한 성질을 선택적투과성 막이라고 한다' 등과 같이 반투막을 세포막의 성질로 설명한 경우도 따로 분류하였다.

설명 유형을 분류하는 데에 있어서 연구자의 오류를 줄이고 유형분류에 대한 타당도를 높이기 위해 과학교육 전문가 2인과 현장 교사인 과학교육전공 석·박사과정 대학원생 7인의 검토 과정을 거쳤다.

### III. 결과 및 논의

#### 1. 삼투압에 관련된 설명 유형 분석

##### (1) 삼투 현상 억제로 설명하는 유형

삼투압을 삼투 현상 억제로 설명하는 유형은 "삼투 현상을 막기 위하여 용액에 가해야 하는 여분의 압력"으로 설명하는 유형은 고등학교 화학 II 교과서 12종(HC1, HC2, HC3, HC4, HC5, HC6, HC7, HC8, HC9, HC10, HC11, HC12)과 대학교 화학 교과서 10종(UC1, UC4, UC5, UC6, UC7, UC9, UC10, UC11, UC14, UC15), 그리고 고등학교 생물 II 교과서 HB4, 대학교 생물 교과서 UB7에서 이러한 설명 유형이 나타났다.

대학교 생물 교과서 UB7에서는 "용매의 알짜 이동

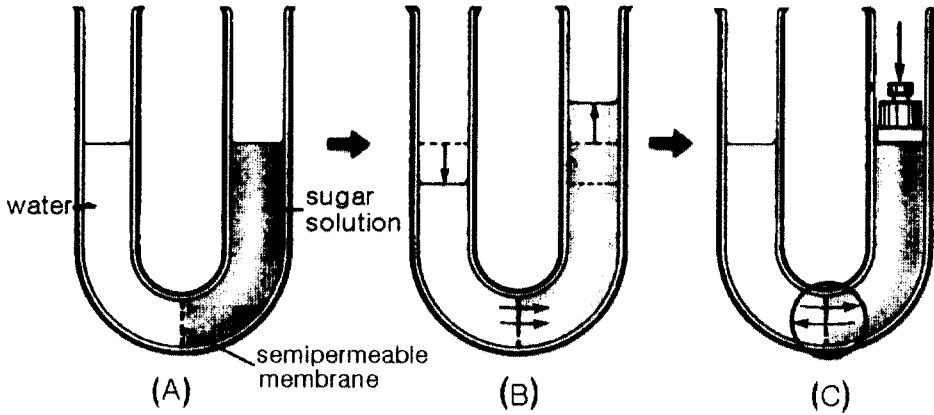


Fig. 1. Osmotic pressure to prevent occurring osmotic phenomena

이 0일 때 삼투에 의한 용매의 이동을 방해하는 충분한 힘"으로 삼투압을 정의함으로써 삼투압은 시간이 흘러서 용매 알짜 이동이 0일 경우로 한정하기도 하였다. 이러한 설명 유형은 Fig. 1의 (C)에 해당하는 것이라고 할 수 있다. 여기서 삼투압은 용액을 누르는 역분의 압력을 의미하며, 이때 반투막 사이로 용매의 알짜 이동은 0이 된다.

또한, 삼투압을 '삼투 현상 억제'로 설명하는 경우 삼투압의 크기는  $\Pi = \rho gh$  ( $\rho$ : 밀도,  $g$ : 중력가속도,  $h$ : 높이)로 측정될 수 있다. 수면의 높이 차이에 의해 유발된 압력이 수압을 증가시켜서 추가 누르는 압력과 마찬가지로 삼투 현상이 계속적으로 일어나는 것을 막기 때문이다. 따라서 "높이 차에 해당하는 압력"이라고 설명한 고등학교 화학 II 교과서 HC8와 생물 II 교과서 HB4, 대학교 화학 교과서 4종(UC3, UC8, UC12, UC13), 그리고 대학교 생물 교과서 UB3도 같은 유형으로 분류할 수 있다. 이러한 설명은 삼투가 일어나는 방향(용매가 이동하는 방향)과 반대 방향으로 삼투압을 정의한다. 그리고  $\Pi = \rho gh$ 로 정의하면, 농도 차이가 가장 큰 초기보다 평형에 도달했을 때 후에 두 용액 수면의 높이 차이가 가장 크기 때문에 초기보다 평형에 도달했을 때 삼투압의 크기가 더 크다(Fig. 2).

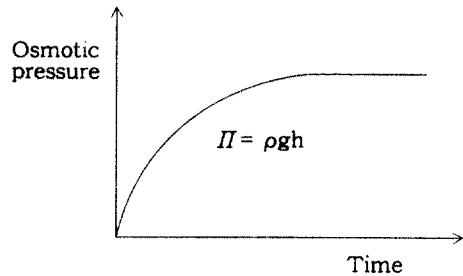


Fig. 2. Osmotic pressure explained by  $\Pi = \rho gh$

### (2) "투과하려는 힘"으로 설명하는 유형

삼투압을 투과하려는 힘으로 설명하는 유형은 "농도가 낮은 쪽의 용매 분자가 농도가 높은 용액 쪽으로 투과하려는 힘"으로 설명하는 것으로 고등학교 생물 II 교과서 6종(HB2, HB3, HB5, HB6, HB8, HB10)과 대학교 생물 교과서 2종(UB4, UB6)에서 이러한 유형이 나타났다. 고등학교 생물 II 교과서 HB3에서 "물의 이동 때문에 생기는 압력"으로 설명한 것도 이 유형에 포함하였다.

이 설명 유형은 삼투 현상을 억제하는 것으로 유형과는 다르다고 할 수 있다. 용매가 용액 쪽으로 이동하려는 이러한 힘은 농도 차이가 큰 초기에 가장 크고, 평형에 도달한 후에 다소 작아질 것이다. 그러나

힘의 크기가  $\psi$ 이 되지는 않는다. 따라서,  $\Pi = CRT$ (C:용액의 농도, R:기체상수, T:절대온도)로 표현할 수 있을 것이다. 이때 용액의 농도 C는 삼투 현상이 일어나기 전 진한 용액 쪽의 농도로 봐야 할 것이다. 즉, 이 설명 유형은 Fig. 3과 같이 표현될 수 있는데, 이는 Fig. 2에서 삼투 현상을 억제하는 것으로 표현한 유형( $\Pi = \rho gh$ )과는 차이가 있다.

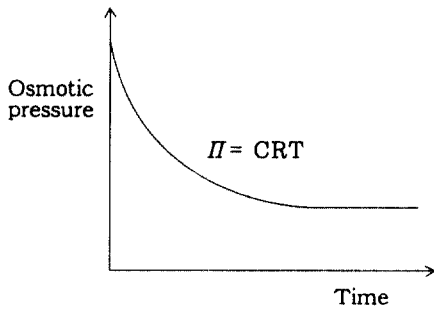


Fig. 3. Osmotic pressure explained by  $\Pi = CRT$

(3) "삼투로 인한 압력"으로 설명하는 유형

삼투압을 삼투로 인한 압력으로 설명하는 유형은 "삼투를 일으키는 힘" 또는 "삼투로 인하여 반투과성막이 받는 압력"으로 설명하는 것으로 고등학교 생물 II 교과서 2종(HB1, HB9)과 대학교 화학 교과서 UC2에서 이러한 유형이 나타났다. 이는 '삼투 현상을 억제하는 것으로 설명하는 유형'과는 반대되는 시각이라고 할 수 있다.

이러한 설명의 문제점은 삼투에 대한 정의가 교과서마다 다르게 기술되어있기 때문에 삼투압의 개념 역시 삼투 현상과 마찬가지로 다양하고 모호하게 이해될 수 있다는 점이다.

(4) "반투막에 부딪치는 물분자의 속도 차이"로 설명하는 유형

삼투압을 반투막에 부딪치는 물분자의 속도차이로 설명하는 유형은 "경계 면을 통해서 이동하는 물분자의 속도의 차이로 삼투압이 생긴다"로 설명하는 것으로, 이 연구에서 분석한 교재 중에서는 유일하게 대학교 화학 교과서 UC11에서 나타났다. 이러한 설명

유형에 따르면 평형에 도달하여 물분자의 속도 차이가  $\psi$ 이 되면 삼투압이  $\psi$ 이 된다(Fig. 4).

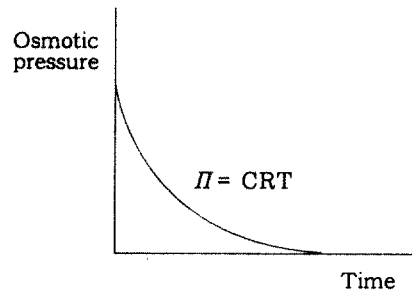


Fig. 4. Osmotic pressure explained by solvent molecules' velocity difference on either side of membrane

이러한 점 때문에 이 설명 유형은 삼투 현상을 억제하는 것으로 설명하는 유형이나 용매가 용액 쪽으로 투과하려는 힘으로 설명하는 유형과는 다르다고 할 수 있다. 예를 들어 농도가 다른 두 용액 사이에 반투막을 놓은 초기에는 반투막 양쪽에서 용매의 확산 속도가 다르기 때문에 반투막이 느끼는 수압에 차이가 크고, 평형에 도달한 후에는 반투막이 느끼는 수압의 차이가 없어질 것이다.

이 유형에서는 삼투압을 용매의 이동으로 나타나는 수압으로 표현하였다. 이러한 수압의 방향은 농도가 낮은 쪽의 용액에서 농도가 높은 쪽의 용액이다. 따라서, 앞서 '삼투 현상을 억제하는 것'으로 정의한 유형과는 압력의 방향이 반대되는 정의라고 할 수 있다. 특히 삼투 현상을 억제하는 것으로 설명하는 유형에서는 용매의 알짜 이동이  $\psi$ 이 되는 평형 상태에서 삼투압을 정의하였기 때문에 시각 차이가 있다고 볼 수 있다. 이러한 설명은 반투막을 사이에 두고 평형에 도달하기 전에 용매 이동의 차이를 표현한 Fig. 1에서 (B)에 해당한다고 볼 수 있다.

(5) 삼투압의 설명 유형 분류

삼투압 개념에 대해 설명하는 분류 유형을 요약하면 아래 Table 1과 같다. 삼투압에 대한 교과서의 설명 유형은 "삼투 현상 억제"로 설명하는 경우는 전체

의 70.5%나 되어 교과서 대부분이 삼투압을 삼투 현상을 억제하는 압력으로 설명하고 있음을 알 수 있다.

**Table 1.** Classification of explanation types related to osmotic pressure

Type	Textbook Number (%)
Osmotic phenomena curb	28 (70.5)
Force of solvent transmission	8 (20.0)
Pressure according to osmosis	3 (7.5)
Difference of solvent molecules' velocity	1 (2.5)
Total	40 (100)

고등학교 화학 II 교과서 경우 모든 교과서가 “삼투 현상 억제”로 설명하고 있었으며, 고등학교 생물 II 교과서는 10종 중 6종이 “투과하려는 힘”으로 설명하고 있었다. 그리고 대학교 화학 교과서 15종 중 13종과 대학교 생물 교과서 7종 중 2종이 “삼투 현상 억제”로 설명하고 있었다. 따라서 삼투 개념에 대해서 화학 교과서는 “삼투 현상 억제”로 설명하고 있었고, 생물 교과서는 “투과하려는 힘”으로 설명하는 경향성

이 나타났다. 그리고 나머지 교과서는 삼투압에 대해서 구체적인 언급이 없었다(Table 2).

고등학교 생물 II 교과서나 대학교 생물 교과서는 세포 단위 중에서 삼투압의 개념을 다룸으로써, 생명 현상과 관련된 예로 삼투를 설명하고 세포의 흡수력을 계산하는데 삼투압 공식을 이용하는 내용으로 전개되었다.

그리고 대부분 고등학교 화학 II나 대학교 화학 교과서에서는 삼투압에 관련된 단원에서 분자량을 구하는 식을 유도하는 것으로 내용을 전개하고 있다. 특히 분자량을 구하는 예제를 거의 대부분 교과서가 제시하고 있으므로, 이러한 내용이 중요하게 다루어지고 있음을 알 수 있다. 그러나 이 때 삼투압 공식으로부터 유도되는 용액의 농도로부터 구하는 분자량은 용질의 분자량인데, 삼투압에 대한 개념의 설명에는 용질의 역할이 설명되어 있지 않기 때문에 학생들은 용질과 삼투압과의 관련성을 이해하기 어려울 것이라고 본다.

개념 설명에서 배제된 용질의 개념이 삼투압과 관련된 계산 문제를 통해 이해될 수 있으리라고 기대하기 어렵기 때문이다. 한 교과서 내에서 이러한 다양한 설명 유형이 혼합되어 제시될 경우 학생들은 일관

**Table 2.** Classification of explanation types related to osmotic pressure by high school and University textbooks

Type	Textbook	Total
Osmotic phenomena curb	HB4, HC1, HC2, HC3, HC4, HC5, HC6, HC7, HC8, HC9, HC10, HC11, HC12	HB:1 HC:12
	UB3, UB7, UC1, UC3, UC4, UC5, UC6, UC7, UC8, UC9, UC10, UC12, UC13, UC14, UC15,	UB:2 UC:13
Force of solvent transmission	HB2, HB3, HB5, HB6, HB8, HB10	HB:6
	UB4, UB6	UB:2
Pressure according to osmosis	HB1, HB9	HB:2
	UC2	UC:1
Difference of solvent molecules' velocity	UC11	UC:1
Total	HB:9, HC:12	
	UB:4, UC:15	

성을 가지고 삼투압의 개념을 획득하기 어려울 것이다. 뿐만 아니라, 경우에 따라서는 삼투압에 대한 교과서의 설명 중에 용질의 역할을 배제하고 용매의 역할만을 강조함으로써 반트 호프의 생각과는 달리  $\Pi = CRT$ 의 공식에서 C가 용매의 농도를 의미하는 것으로 잘못 생각할 가능성도 가질 수 있다고 본다.

## 2 반투막에 관련된 설명 유형 분석

### (1) "용매만 통과" 하는 것으로 설명하는 유형

반투막을 용매만 통과하는 것으로 설명하는 유형은 "용매 분자는 통과시키지만 용질 분자는 통과시키지 않는 막"으로 설명하는 것으로 고등학교 화학 II 교과서 7종(HC1, HC2, HC3, HC4, HC6, HC7, HC12)과 생물 II 교과서 6종(HB1, HB3, HB4, HB6, HB9, HB10), 대학교 화학 교과서 5종(UC1, UC3, UC12, UC14, UC15), 그리고 대학교 생물 교과서 2종(UB3, UB6)에서 나타났다.

이 설명의 문제점은 반투막을 통과하는 기준이 입자의 크기로 표현되지 않고 용질과 용매로 표현되었다는 점이다. 용매의 정의는 "용액 내에서 양이 많은 쪽의 물질(UC5, UC6, UC10, UC13)"이고, 용질의 정의는 "용액 내에서 양이 적은 쪽의 물질"이다. 따라서 반투막의 통과 기준인 입자의 크기와는 상관이 없다고 할 수 있다. 단순히 용매와 용질로 나눈다면 용매인 물에 물분자 보다 작은 이온인 용질이 녹아 있을 경우 용질이 막을 통과하게 되는데, 이렇게 되면 반투막에 대한 정의가 맞지 않게 된다. 고등학교 화학 II 교과서 1종(HC8)에서 제시한, "용매 분자는 자유로이 통과시키지만 용질 분자가 큰 것은 통과하지 못하는 성질"이라는 설명도 이 유형으로 분류하였다.

### (2) "입자의 크기 고려"하여 설명하는 유형

반투막을 입자의 크기를 고려하여 설명하는 유형은 "물처럼 작은 분자는 통과하고, 단백질이나 탄수화물 같은 큰 분자는 통과하지 못하는 것"으로 설명하는 것으로, 고등학교 화학 II 교과서 4종(HC5, HC9, HC10, HC11)과 생물 II 교과서 HB8, 대학교 화학 교과서 8종(UC4, UC5, UC6, UC8, UC9, UC10, UC11, UC13), 그리고 대학교 생물 교과서 UB4에서 나타났다. 반투과성 막에 대한 정의는 정확하게 입자의 크기 개념과 관련지어져야 하므로, 이 연구에서는 이 설명 유형이 가장 정확한 것이라고 본다.

또한 삼투 현상에 관련된 실험을 제시한 고등학교 생물 II 교과서 HB8에서는 염화나트륨 수용액을 이용하였으며, 고등학교 화학 II 교과서 7종(HC1, HC2, HC5, HC7, HC9, HC10, HC12)에서 배추를 소금에 절이는 예를 삼투 현상으로 소개하였다. 그러나 Table 3에서 볼 때 보통 반투막의 구멍의 크기를 약 1nm 정도라고 할 때 물 입자의 크기와 거의 유사한 염화이온(Cl<sup>-</sup>)이나 나트륨이온(Na<sup>+</sup>)은 쉽게 잘 반투막을 통과할 수 있음을 알 수 있다. 그러므로 소금은 반투막을 통과할 가능성이 크며, 이 때문에 배추를 소금에 절이면 반투막인 세포막 안쪽으로 소금을 구성하는 성분인 나트륨이온과 염소이온이 통과하여 배추가 쪼개게 된다.

따라서 실험적으로 학생들에게 삼투 현상을 제대로 보여주려면, 용질로 소금을 사용하는 것은 적절하지 못하다고 할 수 있다. 즉, 이러한 반투막 구멍의 크기와 용질 입자의 크기가 사례를 제시할 때 고려되어야 할 것이다.

한편, 고등학교 화학 II 교과서 HC10에서는 반투막의 설명에서 입자의 크기를 고려하였으나, 그림 표현에서는 입자의 크기를 고려하지 않았다. Fig. 5의 (a)

Table 3. Size of particle

Particle	Size(nm)	Particle	Size(nm)	Particle	Size(nm)
water	0.30	K <sup>+</sup>	0.41	glycerol	0.62
urea	0.36	Na <sup>+</sup>	0.51	glucose	0.86
Cl <sup>-</sup>	0.39	tartaric acid ion	0.52	sugar	1.04

에서 적혈구를 진한 설탕 수용액에 넣을 때 적혈구가 오므라드는 것으로 설명하고 있다. Fig. 5의 (b)에서 적혈구를 순수한 물에 담그면 부풀어올라 마침내 터지고 마는 것으로 설명하고 있었다. 그러나 Fig. 5에서 (a), (b), (c)의 용매와 용질의 입자 크기나 입자수를 비교해 보면 용매의 수뿐만 아니라 용질의 수까지 변하여서 반투막을 이해하는데 혼란을 야기 시킨다.

(3) 선택적 투과성 혹은 세포의 성질로 설명하는 유형  
반투막을 “세포막은 물질을 선택적으로 통과시켜 선택적 투과성 막이라고 한다”로 설명하는 경우로, 고등학교 생물 II 교과서 3종(HB5, HB7, HB8)과 대학교 생물 교과서 UB2에서 이러한 유형이 나타났다. 고등학교 생물 II 교과서 HB8에서는 “생체 막은 대부분의 물질에 대하여 반투막으로 작용하는데, 생체 막을 통한 삼투 현상은 생명 유지와 직결되는 중요한 문제로 세포 주위에 있는 용액의 영향을 받으며 일어난다”와 같이 삼투 현상을 일으키는 반투막이 세포의 고유한 성질인 것처럼 설명하였다.

#### (4) 반투막에 대한 설명 유형 분류

반투막에 대한 교과서의 설명 유형을 요약하면 Table 4와 같다. Table 4에 의하면 반투막에 대해 “용매만 통과”하는 것으로 설명하는 유형이 53.8%이

고, “입자의 크기 고려”로 설명하는 유형이 35.9%, “세포막의 성질”이라고 설명하는 유형이 10.3%였다. 이러한 결과로 볼 때 반투막을 입자의 크기를 고려하여 설명하기보다 용질이나 용매로 구분하여 설명하는 교과서가 상대적으로 많았다. 이러한 설명의 문제점은 “용질은 입자가 작아도 반투막을 통과하지 못한다”는 생각을 유발시킬 가능성이 있다는 것이다.

Table 4. Classification of explanation types related to semipermeable membrane

Type	Textbook Number (%)
Transmission of solvent	21 (53.8)
Size effect of particle	14 (35.9)
Property of cell membrane	4 (10.3)
Total (%)	39 (100)

Table 5에 의하면 고등학교 화학 II 교과서 12종 중에서 8종, 생물 II 교과서에서 10종 중에서 6종, 대학교 화학 교과서 15종 중 5종, 그리고 대학교 생물교과서 7종 중 2종이 반투막을 용매만 통과하는 것으로 설명하고 있었다. 입자의 크기를 고려한 설명은 고등학교 화학 II 교과서 4종, 생물 II 교과서 1종, 대학교 화학 교과서 8종, 대학교 생물 교과서 1종이었다. 주로 화학 교과서에서 입자의 크기를 고려한 설명을 했다.

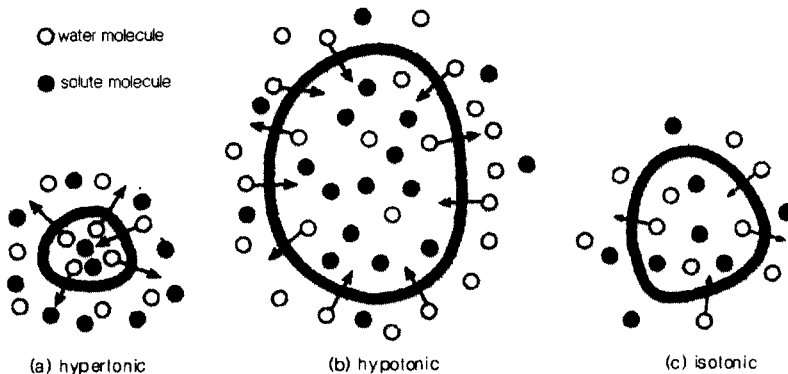


Fig. 5. Semipermeable membrane of animal cell that solute can permeate through



**Table 5.** Classification of explanation types related to semipermeable membrane by high school and University textbooks

Type	Textbook	Total
Transmission of solvent	HB1, HB3, HB4, HB6, HB9, HB10, HC1, HC2, HC3, HC4, HC6, HC7, HC8, HC12	HB:6 HC:8
	UB3, UB6, UC1, UC3, UC12, UC14, UC15	UB:2 UC:5
Size effect of particle	HB2, HB8, HC5, HC9, HC10, HC11,	HB:2 HC:4
	UB4, UC4, UC5, UC6, UC8, UC9, UC10, UC11, UC13,	UB:1 UC:8
Property of cell membrane	HB5, HB7, HB8	HB:3
	UB2	UB:1
Total	HB:11, HC:11	
	UB:4, UC:13	

## V. 결론 및 제언

이 연구에서는 고등학교와 대학교의 화학과 생물 교과서를 중심으로 삼투압과 반투막 개념에 대한 설명 유형을 분석하였다. 연구결과, 삼투압의 개념 설명에서 화학과 생물 교과간의 서로 시각이 다른 설명 유형들이 분석되었으며, 몇몇 교과서에서는 이렇게 상충되는 설명이 혼합되어 있어 학생들이 삼투압이나 반투막 개념을 배울 때 혼란을 줄 가능성이 있는 것으로 나타났다. 그리고 일부 교과서에서는 반투막의 개념을 전투막과 같이 용질과 용매가 모두 통과하는 것으로 설명하거나, 실제 막을 통과할 수 있는 작은 크기의 전해질 이온을 용질로 제시함으로써 경험하는 것과 설명 사이에 혼란을 줄 수 있는 내용 구성도 있었다.

반트 호프가 연구하고 제안하였던 삼투압의 개념은 오늘날 화학과 생물 교과서에 제시되는 개념과 차이가 있다. 그는 반투막에 부딪히는 용질 입자로 인해 발생하는 압력으로 삼투압을 정의하였다. 이러한 입자 운동적인 사고 뿐 아니라 그는 용매와 용질 입자의 친화력 개념도 고려하였다. 그러나 오늘날 교과서

에서는 이러한 시각보다는 용매의 확산력 차이 등으로 설명하는 경향이 있다. 어떠한 개념이 보다 과학적으로 정확한가를 논의하는 것도 중요하지만, 현 교육에서 더욱 큰 문제는 교과서마다, 혹은 같은 교과서 내에서조차 설명하는 내용 사이에 상충되는 개념이 제시되는 것에도 불구하고 이러한 문제가 인식되지 못하고 있다는 점이다. 삼투압을 삼투 현상을 억제하기 위해 가하는 여분의 압력으로 보는 것, 삼투를 일으키는 힘으로 보는 것과 용매의 확산 속도 차이로 보는 것 차이의 괴리가 과학자들에게는 크게 중요하지 않을 수 있으나, 이러한 개념을 처음으로 접하고 배우는 학생들에게는 혼동을 야기하고 정확한 과학 개념 습득에 큰 걸림돌로 작용할 수 있을 것이다. 현재까지 이루어진 삼투압에 관련된 선행 연구들(박경희, 1998; 이현옥, 1994; 전태식, 1998; 홍준의, 1998; Christianson & Fisher, 1999; Friedler, et al., 1987; Odom & Borrow, 1995)이 이러한 교육 현장의 문제를 대변해 준다고 생각한다. 심지어 선행 연구의 연구자들조차 자신들이 연구의 대상으로 삼은 삼투압 개념에 혼동을 가지고 있는 경우도 있었다.

따라서 앞으로 이러한 개념의 혼란을 정리하고 통

일된 시각을 제공해 주기 위한 노력이 진행되는 것은 매우 중요한 일일 것이다. 오스벨(Ausubel, 1969)이 지적한 대로, 우선적으로 가르치고자 하는 내용에 대한 사실성과 구축성이 선행되지 않는다면 유의미한 학습이 이루어질 수 없기 때문이다. 아무리 좋은 교수법을 적용하여 삼투압이나 반투막에 대한 개념 형성을 시도하려고 하여도 이러한 개념 자체의 혼란이 정리되지 않는다면, 학생들이 스스로 이러한 혼란을 정리하고 올바른 과학 개념을 습득할 수 있을 것이라고 기대하기는 어려울 것이라고 본다.

주요어: 화학 교과서, 생물 교과서, 삼투압, 반투막, 설명 유형, 오개념

## 적 요

이 연구에서는 고등학교 화학과 생물 교과서, 대학교 화학 및 생물 교재를 중심으로 삼투압과 반투막의 개념에 대한 설명 유형을 분석하였다. 연구 결과, 삼투압에 개념에 관련된 설명 유형은 대략 4개 정도의 유형이 있었으며, 반투막에 관한 설명 유형은 3가지 정도가 있었다. 특히 이러한 설명 유형 사이에는 시각의 차이가 있어서 같은 개념이 전혀 다른 현상으로 이해될 수 있는 경우도 있었다. 이러한 설명 유형의 차이는 학생들의 이해에 혼란을 가져올 수 있으므로 교과서 구성에서 재고할 필요가 있다고 본다.

## 참 고 문 헌

- 박경희(1998). 고등학생들의 삼투개념 이해를 위한 인지갈등 수업모형의 적용. 한국교원대학교 석사학위 논문.
- 송영보(1994). 삼투압에 영향을 주는 요인에 관한 탐구. 제40회 전국 과학 전람회 화학분야.
- 신선옥(1993). 확산과 삼투에 관한 고등학생들의 개념 및 오개념 연구. 전남대학교 석사학위논문.
- 이현옥(1994). 확산과 삼투에 관한 분자운동 모델에 기초한 순환학습의 효과. 전남대학교 석사학위 논문.
- 전태식(1998). 수업 전략과 학습자 특성이 삼투개념의 이해에 미치는 영향. 한국교원대학교 박사학위 논문.
- 조희형, 박승재(1994). 학습론과 과학교육. 과학교육사: 서울.
- 홍준의(1998). 학생의 인지 수준과 순환 학습이 '삼투' 개념의 이해에 미치는 효과. 한국교원대학교 석사학위 논문
- Atkins, P. W.(1995). *Physical Chemistry* (6th ed.). Oxford University Press: New York. 226-229.
- Ausubel, D. P.(1969). *School Learning*. Holt, Rinehart & Winston: N.Y.
- Bodner, G. M., & Pardue, H. L.(1998). 일반화학 2판. 범한서적: 서울. 437-438.
- Brady, J. E.(1996). 일반화학 5판. 탐구당: 서울. 522-526.
- Brady, J. E., & Holum, J. R.(1997). 화학 2판. 자유아카데미: 서울. 623-625.
- Brown, T. L., LeMay, H. E., & Bursten, B. E.(1999). 일반화학 7판. 녹문당: 서울. 508-517.
- Campbell, N. A.(1987). *Biology* (2nd ed.). *The Benjamin*. Cummings Publishing Company: California. 162-167.
- Christianson, R. G., & Fisher, K. M.(1999). Comparison of student learning about diffusion and osmosis in constructivist and traditional classrooms. *Science Education*, 21(6), 687-698.
- Ebbing, D. D., & Wringhton, M. S.(1995). 일반화학 5판. 교보문고: 서울. 524-527.
- Friedler, Y., Amir, R., & Tamir, P.(1987). High school students' difficulties in understanding osmosis. *Science Education*, 9(5), 541-551.
- Guttman, B. S., & Hopkins, J. W.(1983). *Understanding Biology*. Harcourt Brace Jovanovich: New York. 270-271.
- Hill, J. W., & Petrucci, R. H.(1998). 일반화학. 자유아카데미: 서울. 514-519.

- Keeton, W. T., & Gould, J. L.(1980). *Biological Science* (4th ed.). W. W. Norton & Company: New York. 85-90.
- Kimball, J. W.(1983). *Biology* (5th ed.). Addison-Wesley Publishing Company: Massachusetts. 108-112.
- Kotz, J. C & Paul Treichel, Jr.(1999). 최신일반화학. 탐구당: 서울. 766-770.
- Malone, L. J.(1999). 화학의 기본개념. 자유아카데미: 서울. 367-369.
- McMurry, J., Fay, R. C.(1996). *Chemistry*. Prentis-Hall Publishing: N.J. 515-525
- Moore, J. W., Stanitski, C. L., Wood, J. L., Kotz, J. C., & Joestern, M. D.(2000). 일반화학. 자유아카데미: 서울. 831-832.
- Morse, J. G., & Vitz, E.(1999). A Simple demonstration model of osmosis. *Journal of Chemical Education*, 76(1), 64-65.
- Noggle, J. H.(1998). 물리화학 3판. 자유아카데미: 서울. 362-363.
- Odom, A. L., & Barrow, L. H.(1995). Development and application of a two-tier diagnostic test measuring college biology students' understanding of diffusion and osmosis after a course of instruction, *Journal of Research in Science Teaching*, 32(1), 45-61.
- Oxtoby, D. W., Gillis, H. P., & Nachtrieb, N. H.(2000). 현대일반화학 4판. 자유아카데미: 서울. 209-211.
- Purves, W. K., Oriahs, G. H., & Craig Heller, H.(1996). *Life* (4th ed.). HarperCollins College Publishers: New York. 102-107.
- Raymond, C.(1998). 일반화학 5판. 사이텍미디어: 서울. 411-413.
- Soyibo, K.(1983). Selected science misconceptions amongst some Nigerian school students. In H. Helm and J. D. Novak(eds.), *Proceedings of the international seminar on misconceptions in science and mathematics*, Cornell University, 443-151
- Villee, C. A.(1994). 최신생물학. 법문사: 서울. 148-151.
- Wallace, R. A., Sanders, G. P., & Ferl, R. J.(1996). *Biology* (4th ed.). HarperCollins College Publishers: New York. 111-113.
- Zumdahl, S. S.(1996). 일반화학. 일신사: 서울. 469-473.
- \* 고등학교 화학과 생물 교과서는 생략하였음.