

문제의 특성에 따른 대학생들의 화학 문제해결 과정의 차이 분석

홍 미 영 · 박 윤 배
(서울대학교) (고신대학교)

(1994년 11월 12일 받음)

I. 서론

1. 연구의 필요성

문제해결력의 신장은 과학 교육의 중요한 목표 중의 하나이므로, 학생들의 문제해결 과정을 이해하고 문제해결에 영향을 주는 변인들의 특성을 밝히려는 연구들이 최근 과학 교육의 여러 분야에서 국내·외적으로 활발히 이루어지고 있다(박윤배, 1991).

1980년 대부터 구성주의 관점을 반영하여 정성적인 방법으로 이루어지고 있는 문제해결 연구들을 살펴보면, 문제해결자들이 문제 및 문제해결에 관해서 가지고 있는 신념 체계가 문제해결에 미치는 영향을 알아보는 것(Carter, 1987), 또는 문제해결자가 특정 영역에 관해서 가지고 있는 지식의 정도에 따라 초보자와 숙련가로 나누어 문제해결의 특성을 비교 연구하는 것(Finegold & Mass, 1985) 등 주로 문제해결자의 특성에 초점을 둔 연구들이 이루어진 것을 알 수 있다. 문제해결이란 문제해결자와 문제가 상호작용하여 결과에 도달하는 것이므로, 문제해결자의 특성 뿐 아니라 문제의 특성에 따른 해결 과정의 차이점을 알아보는 것도 문제해결 과정 전체를 이해하는 데 많은 도움을 줄 것으로 기대된다.

2. 연구과제

본 연구에서는 대학생의 '기체의 성질'에 대한 문제해결 과정 및 결과를 다음과 같은 문제 특성에 따라 알아보았다.

- 1) 정보의 제시 정도에 따른 차이
- 2) 문제의 상황에 따른 차이
- 3) 문제의 추리 단계에 따른 차이

3. 용어 정의

본 연구에서 사용하고 있는 문제해결 전략들을 정의하면 다음과 같다.

- 지식 개발(Knowledge-Development:K-D) 전략 : 주어진 물리량을 포함하는 식으로부터 시작하여 기대하는 물리량으로 가는, 일명 전진 전략
- 수단 목적(Means-End:M-E) 전략 : 최종적으로 기대하는 물리량을 포함하는 식을 먼저 찾은 후 그 식에서 모르는 물리량을 포함하는 식을 다시 찾아 나가는, 일명 역진 전략
- 임의(Random) 전략 : 임의로 도움이 되리라고 여겨지는 물리량이나 식을 떠올리며 단서를 찾으려는 전략(Larkin, McDermott, Simon & Simon, 1980)

II. 연구방법

1. 연구 대상

화학을 전공하는 서울 시내 여자대학교 1학년 학생 중에서 1학기 일반 화학 성적이 B+ 이상인 학생 중에서 연구에 자발적으로 참여할 의사가 있는 4명을 대상으로 하였다. 그 이유는 1학기 때 이미 일반 화학을 배웠으므로, '기체의 성질'에 대한 개념이 이미 형성되어 있으며, 성적이 B+ 이

상이므로 문제해결에 필수적으로 요구되는 기본적인 화학 지식을 어느 정도 갖추고 있다고 볼 수 있기 때문이다.

2. 검사 도구

1) 신념 체계 검사 :

학생들이 가지고 있는 화학 및 화학 학습에 대한 신념과 화학 문제해결에 대한 신념을 알아보기 위해서 Carter (1987)가 개발한 설문 문항을 본 연구자가 수정하고 보완한 신념 체계 검사 문항을 사용하였다.

2) 선행 지식 검사 :

학생들이 가지고 있는 '기체의 성질'에 관련된 화학 지식의 정도를 알아보고, 어떤 오개념을 가지고 있는가를 알아보기 위해 본 연구자가 선행 지식 검사지를 개발하였다.

3) 본검사 :

문제의 특성에 따른 학생들의 문제해결 과정에서의 차이 점을 알아보기 위해서 문제의 정보 제시 정도, 문제의 상황, 그리고 추리 단계를 각각 달리한 문제를 사용하였다. 학생들이 한 학기 동안 일반 화학 교재로 사용한 Oxotoby & Nachtrieb(1986)의 'Principles of modern chemistry', 그리고 일반 화학 교재로 널리 쓰였던 M.J. Gilleland(1990)의 'Introduction to chemistry' 중 기체의 성질에 관한 부분의 연습 문제에서 문제를 뽑은 후, 알아보고자 하는 특성 이외의 다른 특성들을 동일한 수준으로 맞추기 위해 일반 화학을 수년간 강의해 온 교수와의 의견 교환을 통하여 다소 수정하였다.

문제별로 관련된 내용과 주요 특성을 다음 [표 1], [표2], [표 3]에 정리하였다.

[표 1] 정보의 제시 정도

문제	정보제시정도	관련내용
2	불필요한 정보의 포함	그레이엄의 확산 속도 법칙
5	필요한 정보의 부족	
3	알맞은 정보	

[표 2] 문제의 상황

문제	정보제시정도	관련내용
1	과학적 상황	이상기체 상태 방정식
4	일상적 상황	방정식

[표 3] 추리단계 및 내용

문제	추리단계	관련내용
1	단순한 추리	이상기체 상태 방정식
3		확산 속도 법칙
6		분압의 법칙
7	복잡한 추리	분압의 법칙
8		확산 속도 법칙
9		이상기체 상태 방정식

단순한 추리를 요구하는 문제는 문제에 나와 있는 정보를 변형하지 않고 그대로 공식에 적용해서 해결할 수 있고, 복잡한 추리를 요구하는 문제는 문제에 나와 있는 정보들 간의 관계를 파악하여 알맞게 변형하여 공식에 대입하여야 한다.

3. 연구 절차

본 연구에 대상으로 참여한 학생들은 연구가 진행되는 동안 연구자와 개별적으로 네 번에 걸쳐서 면담하였다.

첫번째 만남에서는 연구에 대한 소개를 하고, 신념 체계 검사 문항과 면담을 통한 보충 질문을 통하여 화학 및 화학 학습, 화학 문제해결에 대한 신념 체계, 그리고 학습 방식을 알아보았는데, 약 50분 정도가 소요되었다. 두번째 만남에서는 선행 지식 검사 문항을 통해서 선행 지식 정도를 알아 보았다. 특히, 학생들에게 발성 사고법을 설명한 후 계산을 요구하는 문제를 발성 사고법으로 풀어 보도록 하였다. 또한, 일반 화학에서 '기체의 성질'을 학습한 지 몇 달이 지났으므로, 문제해결을 위한 기억을 새롭게 하기 위하여, 수업 교재로 사용하였던 책을 가지고 복습하도록 하였다. 두번째 만남에 소요된 시간은 약 2시간 정도가 소요되었다. 세번째와 네번째 만남에서는 발성 사고법을 이용하여 본 검사 문제를 각각 다섯 문제, 여섯 문제씩 풀도록 하였는데, 대략 1시간 반 정도씩 소요되었다. 문제를 해결하는 도중 일어나는 학습 효과를 배제하기 위하여 관련 내용이 동일한 문제들은 시간 간격을 두고 풀도록 연구자가 문제를 제시하였다. 그리고, 일상적 상황의 문제, 불필요한 정보가 제공된 문제, 간단한 추리를 요구하는 문제를 먼저 제시하였다. 문제 제시 순서는 2번-4번-6번-5번-1번-7번-3번-9번-8번 각 문제를 푼 후에는 사후 면담을 통하여 해답에 대한 자신감, 문제의 친밀도 등을 알아보았다.

4. 자료 분석 방법

학생들의 문제해결 과정을 녹음한 테이프와 문제를 풀 중 이를 종합하여 응답 원안을 만들었다. 문제를 특성별로 분류한 후, 응답 원안을 통하여 학생들이 문제해결에 사용한 원리나 공식, 그리고 그것들을 선택하는 근거를 어디에 두고 있는가를 통하여 문제해결 전략을 판정하였다. 학생들의 문제해결 단계 및 단계별 소요 시간의 비율을 알아보기 위해서, 홍미영과 박윤배(1994)에 사용한 문제해결 단계 분류표를 적용하였다.

신념 체계 문항을 통하여 각 학생들의 화학 및 화학 학습, 그리고 화학 문제해결에 대한 신념을 알아본 후, 그것이 문제해결에 어떤 영향을 주는가를 응답 원안을 통하여 알아보았다.

문제해결 결과를 옳게 풀 경우, 실수로 틀린 경우(숫자 대입의 실수, 계산상의 실수), 틀리게 풀 경우, 풀지 못한 경우로 나누었고, 응답 원안에서 드러나는 각 학생들의 오인이나 실수도 알아보았다.

III. 결과 및 논의

1. 정보의 제시 정도에 따른 차이 분석

정보의 제시 정도를 달리한 문제는 2번, 4번, 6번으로서 모두 그레이엄의 확산 속도 법칙을 이용해서 풀 수 있는 문제들이다. 문제 제시 순서는 2번-6번-4번 순이었다. 선행 지식 검사 결과, 학생들은 모두 확산 속도 법칙을 알고 있었고, 쉬운 문제에 적용시켜 풀 수 있었다. 정보의 제시 정도가 서로 다른 문제를 풀 경우에 일어나는 문제해결 과정에서의 차이를 분석하면 다음과 같다.

1) 정보를 알맞게 제시한 경우

문제 3번은 기체의 유출속도는 분자량의 제곱근에 반비례한다는 그레이엄의 확산 속도 법칙을 적용시키는데 필요한 정보인 분자량과 확산 속도만을 제시한 문제였다. 학생들은 문제를 읽은 후 모두 관련된 원리와 공식을 쉽게 떠올렸고, 지식-개발 전략을 사용하여 풀어 나갔다. 세 학생은 옳게 풀었으나, 한 학생은 계산상의 실수로 틀리게 풀었다.

학생들이 문제 이해 및 계획 단계에 사용한 시간 비율은 각각 35.4%, 20.4%, 23.7%, 40.6%로서, 다른 경우와 비교할 때 비교적 짧은 시간을 이해와 계획 단계에 사용하였다. 이것으로 미루어 보아, 학생들은 문제를 관련된 원리에 따라 쉽게 분류하였고 공식 선택에 어려움을 나타내지 않았음을 알 수 있었다.

2) 불필요한 정보를 제시한 경우

문제 2번

25℃, 1기압에서 NH₃가 8.02 Cm³/s의 속도로 작은 구멍을 빠져 나갔다면, 같은 온도, 압력에서 HCl의 유출 속도는 얼마이겠는가? (25℃, 1기압에서 NH₃ 기체의 밀도는 0.5967, HCl의 밀도는 1.268이며, NH₃의 분자량은 17.03, HCl의 분자량은 36.47 이다)

각 학생들의 특징 및 결과들을 요약하면 다음 [표 4]와 같다.

문제 2번은 그레이엄의 확산 속도 공식에 필요한 분자량과 유출 속도 이외에 문제해결과 관련 없는 정보로서 밀도를 제시하였다. 문제 및 문제해결에 관한 신념 체계 연구 결과, 네 학생들은 모두 문제에 나와 있는 모든 정보들은 문제해결과 관련이 있으므로 하나라도 사용하지 않으면 틀리다고 생각하고 있었다.

[표 4] 불필요한 정보를 제시한 경우 문제해결 결과 요약

	김	박	민	채
결과	불필요한 정보 이용하여 틀림	불필요한 정보 이용하여 틀림	맞음	맞음
사용전략	지식-개발 전략	임의전략	지식-개발 전략	지식-개발 전략
단계별	이해:123초(35.6%) 계획: 35초(10.1%)	이해: 96초(15.4%) 계획:334초(53.5%)	이해: 43초(19.4%) 계획: 27초(12.2%)	이해: 35초(13.6%) 계획:124초(48.2%)
시간비율	수행:187초(54.2%) 검증: 0초(0.0%)	수행:156초(25.0%) 검증: 38초(6.1%)	수행:105초(47.3%) 검증: 47초(21.2%)	수행: 98초(38.1%) 검증: 0초(0.0%)

네 학생은 모두 확산 속도 법칙에 대한 선행 지식을 갖추고 있었으나, 김과 박은 불필요한 정보인 밀도를 이용하여 틀리게 풀었고, 채는 맞게 풀기는 하였으나 문제에 나와 있는 밀도를 이용하지 않았으므로 자신이 구한 해답에 대해서 자신이 없다고 답하였다. 민만이 불필요한 정보에 관계없이 맞게 풀었으며, 상당한 시간을 검증하는 데 사용하였고, 그 결과 자신의 해답에 대해 자신감을 갖고 있었다. 즉, 김, 박과 채는 문제에 나와 있는 모든 정보를 사용해야 한다고 생각하고 문제를 푼 반면, 민은 정보의 제시 정도에 관계없이 문제를 해결하였다.

김은 확산 속도 법칙에 관한 선행 지식을 갖추고 있었으나, 불필요한 정보인 밀도를 이용하여 틀리게 풀었다. 김은 질량 = 밀도 x 부피라는 것을 이용하여 질량을 구한 뒤, 확산 속도 법칙에 분자량 대신 질량을 대입하여 답을 구하였다. 김은 확산 속도 법칙 $V_1/V_2 = (M_2/M_1)^{1/2}$ 에서 쓰이는 M이라는 변인을 경우에 따라 분자량이나 질량으로 임의적으로 해석하였다. 즉, 김은 확산 속도 법칙에 대한 깊은 이해가 결여되어 있었으며, 공식에서 쓰이는 변인들의 의미나 공식을 어떤 경우에 적용할 수 있는가에 대해서 제대로 알지 못하고 무조건 암기하여 숫자를 대입시키는 공식 위주 해결자의 특성을 나타내었다. 또한, 김은 밀도를 이용해서 질량을 구하는 과정에서 두 기체의 부피는 동일하다고 보아서 질량비와 밀도비가 같다고 하는 잘못된 생각을 갖고 있었다. 이것은 김이 아보가드로의 법칙을 같은 온도와 압력에서 모든 기체의 부피는 같다고 잘못 알고 있는 것에 기인한다. 김은 일반 화학 성적이 A이지만 기초적인 화학 지식이 결여되어 있었는데, 이것은 아마도 김이 화학 내용을 깊이 있게 이해하는 것 보다 공식에 적용해서 문제를 푸는 것에 우선권을 두고 있는 신념 체계를 가지고 있으므로, 문제의 표면적인 특징에 따라 공식만을 적용하는 식의 문제 풀이를 해 왔기 때문으로 판단된다.

박은 문제에 나와 있는 정보를 하나라도 사용하지 않으면 틀리기 쉽다고 생각하므로, 분자량과 밀도를 모두 이용할 수 있는 공식을 떠올리려고 하였다. 박은 두 기체는 같은 시간 내에 같은 몰수만큼 유출될 것이라는 틀린 가설을 세워서, 밀도와 분자량을 연결하여 몰수를 구하여 문제를 해결하였다. 즉, 박은 문제에 나와 있는 모든 정보를 다 사용하기 위해서 임의로 틀린 식을 만들어 내었다.

학생들이 문제해결 단계별로 사용한 시간 비율을 살펴보면, 정보를 알맞게 제시하였던 6번 문제에 비해, 문제 이해와 계획 단계에 사용한 시간 비율은 각각 45.7%, 68.9%, 31.6%, 61.8% 로서 훨씬 많은 비율의 시간을 사용하였음을 알 수 있었다. 불필요한 정보에 관계없이 지식-개발 전략을

사용해서 옮겨 푼 민은 비교적 짧은 시간을 이해와 계획 단계에 사용하였으나, 다른 학생들은 모두 불필요한 정보를 문제해결과 연관시켜서 공식을 선택하려고 하였으므로, 이해와 계획 단계에 많은 시간을 사용하였다.

따라서, 불필요한 정보를 제공할 경우, 비록 선행지식을 갖추고 있더라도 문제에 나와 있는 모든 정보들은 문제해결과 관련된다는 신념체계의 영향 때문에 학생들은 그 정보를 이용하려고 하며, 문제를 이해하고 공식을 선택하는 데 많은 시간을 사용하였다. 그리고, 문제의 모든 정보를 문제해결에 이용하지 않을 경우, 맞게 풀었더라도 해답에 대한 자신감을 많이 상실하였다.

이상의 결과를 홍미영과 박운배(1994)의 연구 결과와 비교하여 보면, 그들의 연구에서 사용한 이상기체상태 방정식과 관련된 문제에서 불필요한 정보를 제공한 경우에 학생들은 문제해결에 방해받지 않았고 자신감을 상실하지도 않았다. 선행지식 검사 결과에서 학생들은 확산 속도와 관련된 문제보다 이상기체 상태방정식에 관련된 문제를 더 쉬워하고 친숙해 하는 것으로 미루어 보아, 불필요한 정보를 제공한 경우일지라도 문제의 관련 내용과 친숙도에 따라 문제해결에 미치는 영향이 달라진다고 볼 수 있었다.

3) 필요한 정보를 뻔 경우

문제 5번

어떤 기체가 미소한 구멍을 통해서 확산되는 속도는 공기가 확산되는 속도의 0.811 배라고 한다. 그렇다면 이 기체의 분자량은 얼마인가?

이 문제는 그레이엄의 확산 속도 법칙을 이용하여 풀 수 있는 문제로서, 문제를 해결하는 데 필요한 정보인 공기의 평균 분자량을 제시하지 않았을 경우에, 학생들의 문제해결 특성을 알아보려고 하였다. 학생들은 공기의 조성비는 대략 질소가 80%이고 산소가 20%인 것을 알고 있으므로, 공기의 평균 분자량은 $(0.8 \times \text{질소 분자량 } 28) + (0.2 \times \text{산소 분자량 } 32) = 28.8$ 이라고 구할 수가 있다.

각 학생들의 특징 및 결과들을 요약하면 다음 [표 5]와 같다.

학생들은 모두 문제해결과 관련된 원리나 공식을 알고 있었으므로, 모두 우수한 전략인 지식-개발 전략을 사용하여 문제에 접근하였다. 그러나, 기본적인 수학적, 화학적 내용 지식의 부족으로 문제해결에 성공하지 못하였다. 문제에 제

[표 5] 필요한 정보를 뵈 경우의 문제해결 결과 요약

	김	박	민	채
결 과	문자로 답함	계산상의 실수	틀림	틀림
사용전략	지식-개발 전략	지식-개발 전략	지식-개발 전략	지식-개발 전략
단 계 별	이해: 80초(51.6%)	이해: 44초(7.4%)	이해: 30초(11.4%)	이해: 85초(28.5%)
시간비율	계획: 10초(6.5%)	계획: 18초(3.0%)	계획: 18초(6.8%)	계획: 19초(6.4%)
	수행: 65초(41.9%)	수행: 534초(89.6%)	수행: 215초(81.8%)	수행: 194초(65.1%)
	검증: 0초(0.0%)	검증: 0초(0.0%)	검증: 0초(0.0%)	검증: 0초(0.0%)

시되어 있지 않은 정보를 구하지 않고 문자로 답한 김을 제외한 세 학생들은 공기의 평균 분자량을 알아내기 위하여 실행 단계에서 많은 시간을 소요하였으며, 모두 검증 단계를 거치지 않았다. 그것은 아마도 학생들이 공식이나 원리 선택이 아닌, 공기의 평균 분자량을 구하는 과정에서 어려움을 겪었으므로 자신이 구한 해답을 새롭게 검증할 여력이 없거나, 해답에 대한 자신감이 떨어지기 때문이라고 추정된다. 김의 경우에는 문자로 답한 것 이외에는 공식 선택이나 적용 과정에 어려움을 겪지 않았으므로 검증 단계를 거치지 않았다고 생각된다.

김은 공기 분자량을 구하지 않고 문자로 답하였고, 다른 세 학생은 모두 나름대로 정보를 생각해 내어 문제해결을 시도하였으나, 공기 분자량을 구하는 과정에서 결여된 개념들이 많이 드러났다. 박은 공기 분자량은 윽게 구하였으나, 계산상의 실수로 1.39g이라는 매우 작은 값을 구하였다. 확산 속도 법칙에 의하면, 미지 기체의 확산 속도는 공기의 확산 속도보다 작으므로 미지 기체의 분자량이 더 큰 값이 나와야 하는데, 박은 자신이 구한 답이 화학적으로 타당하지 못하다는 것을 인식하지 못하였다. 박은 선행 지식을 갖추고 있었으나, 자신의 사고 과정을 점검하는 메타인지적 요소의 결여로 문제해결에 실패하였다고 볼 수 있겠다. 민과 채는 나와 있지 않은 정보인 공기 분자량을 매우 직관적인 방법으로 구하려고 하였다. 민은 공기 중에는 질소, 산소, 수소가 많으므로, 공기 분자량은 질소 분자량, 산소 분자량 그리고 수소 분자량의 합인 62라고 하였고, 채는 공기 분자량을 산소 분자량과 질소 분자량의 합인 60으로 구하였다. 이러한 오류는 평균값을 계산하지 못하는 수학 기능에 해당 하는 것으로, 평소에는 보유하고 있다고 하더라도 이와 같은 문제 상황에 부딪히면 수행할 수 없는 예라고 판단된다.

즉, 필요한 정보를 뵈 문제의 경우, 대부분의 학생들은

그 정보를 찾아내어서 문제해결을 시도하였으며, 대학 일반 화학에서 B+ 이상의 성적을 받은 학생이더라도 기초적인 화학적, 수학적 지식과 자신이 구한 답이 화학적으로 타당한가를 살펴보는 요소가 결여되어 있음을 알 수 있었다.

4) 정보의 제시 정도에 따른 차이 분석 결과 요약

관련 내용과 추리 단계가 동일한 문제를 정보를 알맞게 제시한 경우와 불필요한 정보를 제시한 경우, 그리고 문제 해결에 필요한 정보를 뵈 경우로 나누어 각각의 경우에 학생들의 문제해결 과정을 비교 분석하였다. 정보의 제시 정도가 문제해결 결과, 해결 전략, 그리고 문제해결 단계별 사용한 시간비율에 준 영향을 살펴보면 다음과 같다.

해결 결과를 비교하여 보면, 정보를 알맞게 제시한 경우에는 네 학생 모두 윽게 풀었으나(계산상의 실수 포함), 불필요한 정보를 제시한 경우에는 그것을 이용하여 틀리게 된 학생이 2명이 있었고, 윽게 풀고도 자신감이 없는 학생이 1명 있었다. 즉, 확산 속도 법칙과 관련된 문제의 경우, 내용 지식을 갖추었더라도 문제에 나와 있는 정보를 하나라도 사용하지 않으면 틀리기 쉽다고 생각하는 신념의 영향을 받는다는 것을 알 수 있었다. 필요한 정보를 뵈 경우, 그 정보를 스스로 알아내어 문제를 해결하려는 학생이 3명 있었으나, 기본적인 수학적, 화학적 지식의 결여로 모두 실패하였다.

해결 전략의 측면에서 보면, 세 경우 모두에서 학생들은 주어진 문제가 확산 속도 법칙과 관련된 문제라는 것을 알 수 있었으므로, 주로 지식-개발 전략을 사용하였다. 그러나, 불필요한 정보를 제시하였을 경우에는 공식 선택에 어려움을 겪어서 임의 전략을 사용하는 학생이 한 명 있었다.

해결 단계별 시간 비율을 살펴보면, 정보를 알맞게 제시한 경우에는 문제 이해 및 계획 단계에 비교적 적은 시간을

사용하지만, 불필요한 정보를 제시한 경우에는 그 정보를 이용할 수 있는 변인을 포함한 공식을 선택하기 위하여 이해와 계획 단계에 보다 많은 시간을 사용하였으며, 필요한 정보를 뺀 경우에는 그 정보를 스스로 알아내기 위하여 수행 단계에 해당하는 시간 비율이 많아졌다.

이러한 결과는 제시된 문제에 나와 있는 정보들은 문제해결에 있어서 꼭 알맞게 - 남지도 모자라지도 않게 - 제공된다고 학생들이 보고 있으며, 그 동안의 학교 생활을 통해 남거나 모자라는 경우를 경험해 보지 않았기 때문에 여분의 정보들이 포함되어 있는 문제 상황에서도 주어진 정보들을 다 사용하려고 하였으며, 다 사용하지 못했을 때는 해답에 대한 자신감이 현저히 줄어든다는 박운배(1991)의 연구 결과를 지지하고 있다.

2. 문제의 상황에 따른 차이 분석

문제의 상황을 달리하였을 경우에 나타나는 학생들의 문제해결 과정에서의 차이를 알아보기 위하여, 이상 기체 상태 방정식을 이용하여 풀 수 있는, 같은 추리 단계를 거치는 두 문제를 과학적 상황과 일상적 상황으로 제시하였다. 문제 제시는 일상적 상황의 문제-과학적 상황의 문제 순이다.

문제 1번은 과학적 상황으로 제시하였으며, 문제 4번은 일상적 상황으로 제시하였다. 문제 8번의 경우, 압력이 일정할 경우 부피는 절대 온도에 비례하므로 가스 사용료의 비 = 가스의 부피비 = 절대 온도비라는 것을 이용해서 겨울과 여름의 가스 사용료의 비가 대략 1: 1.2라는 것을 구할 수 있겠다.

문제 1번

헬륨이 12.0L가 들어 있으면 들 수 있게 되는 기상 관측용 기구가 있다. 27℃, 150.0기압에서 19.0L의 헬륨을 포함하는 탱크가 있다. 이 탱크에 들어 있는 헬륨을 가지고 12℃, 1기압 상태에 있는 기상 관측용 기구를 몇 개나 띄울 수 있는가?

문제 4번

가정용 가스 계량기(gas meter)는 그것을 통과한 가스의 부피를 측정하는 장치이다. 송윤이의 집은 이 가스 계량기가 집의 외부에 설치되어 있으므로, 가스의 온도는 기온에 따라서 변동이 심하다. 가스를 공급하는 회사에서 온도 변화를 일으킬 만한 압축을 전혀 하지 않는다면, 영하 20℃인 겨울과 30℃인 여름에 송윤이집의 가스 사용료의 비는 얼마인가? 단, 가스의 온도는 기온과 같고, 송윤이집에서 사용하는 가스량은 일정하다고 가정한다.

1) 과학적 상황의 경우

과학적 상황의 문제에 대한 학생들의 문제해결 결과를 요약하면 다음 [표 6]과 같다.

문제를 과학적 상황으로 제시하였을 때, 학생들은 모두 옳게 풀었으며, 자신이 구한 해답에 대해서 자신감을 갖고 있었다. 문제가 말로 제시되자, 세 학생은 그림으로 그려서 이해를 하려고 하였고, 자신이 구한 답이 논리적으로 타당한지 검증 단계를 네 학생이 모두 거쳤다.

문제의 목표를 제대로 인식하지 못해서 문제에 나와 있는 용어를 중심으로 여러 공식들을 떠올리는 임의 전략을 사용한 박을 제외한 나머지 세 학생들은 모두 문제를 충분

[표 6] 과학적 상황의 문제에 대한 결과 요약

	김	박	민	채
결 과	맞음	맞음	맞음	맞음
사용전략	지식-개발 전략	임의전략	지식-개발 전략	지식-개발 전략
특 징	문제 이해를 위해 그림으로 그려서 생각	목표 제대로 인식 못하고, 용어중심의 공식 선택	그림을 그려서 문제 이해를 도움, 답이 매우 작게 나누자 계산과정 풀어 봄	그림을 그려서 문제 이해를 도움, 논리적 타당성 점검
단 계 별	이해:160초(43.7%) 계획: 42초(11.5%)	이해:193초(34.0%) 계획: 15초(2.6%)	이해: 97초(22.4%) 계획:107초(24.7%)	이해:102초(38.8%) 계획: 8초(3.0%)
시간비율	수행:128초(35.0%) 검증: 36초(9.8%)	수행:305초(53.7%) 검증: 55초(9.7%)	수행:130초(30.0%) 검증:100초(23.0%)	수행: 97초(36.9%) 검증: 56초(41.8%)

히 읽은 후 관련된 원리나 공식에 따라 문제를 분류하는 범주화(categorization) 단계를 거쳐 문제에 접근하였으며, 지식-개발 전략을 사용하였다.

학생들이 문제 이해 및 계획 단계에 사용한 시간 비율은 36.6% ~ 55.2% 로서, 비교적 길지 않은 시간을 사용한 것으로 보아, 학생들은 문제를 이해하고 관련 공식을 선택하는 데 별로 어려움을 느끼지 않았으며, 학생들이 지각한 문제의 난이도가 그리 높지 않았다는 것을 짐작할 수 있었다.

2) 일상적 상황의 경우

일상적 상황의 문제에 대한 문제해결 결과를 요약하면 다음 [표 7]과 같다.

문제를 일상적인 상황으로 제시하였을 경우, 두 학생은 쉽게 풀었으나 한 학생은 계산상의 실수를 하였고, 채는 전혀 화학 지식과 관련시키지 못하고 매우 직관적인 방법을 사용하였다.

박은 문제를 여러 번 반복해서 읽은 후, 일상적 상황을 화학 지식과 관련시키는 데 성공하여 지식-개발 전략으로 해결하였다. 민은 문제가 일상적 상황으로 제시되자 문제의 의미를 파악하고 관련된 화학 지식을 찾기 위해서 문제 이해에 상당히 많은 시간을 사용하였다. 민은 맞게 풀기는 하였지만, 온도가 높을수록 가스 사용료는 준다고 생각하고 있었으므로 자신이 구한 답의 의미를 잘못 이해하고 있었다. 즉, 일상적 문제의 경우, 민은 공식에 넣어 답을 구하는 하였으나, 문제의 의미를 제대로 이해하고 있지 못하였다. 채는 문제를 여러 번 반복해서 읽었으나 일상적 상황을

화학적 지식과 전혀 연결시키지 못하였다. 김은 지식-개발 전략으로 문제에 접근하였지만, 계산상의 실수로 인하여 거울과 여름의 가스 사용료의 비가 253:1이라는 화학적으로 타당하지 않은 답을 구하였다. 즉, 김은 온도가 낮은 거울에 가스 부피가 더 크다는 것이 화학적으로 맞지 않다는 선행 지식을 갖추고 있었으나, 일상적인 상황을 과학적인 개념으로 검증하지 못하고 숫자적인 답을 구하는 데에 그쳤다. 채는 과학적 상황의 문제는 잘 풀었지만, 일상적 상황으로 문제가 제시되자 어떤 공식이나 법칙과 관련이 있는지 전혀 모르겠다고 하였고, 결국 영하 20℃와 영상 30℃는 50℃의 차이가 나므로 거울과 여름의 가스 사용료의 비는 5:1이라고 매우 직관적으로 답하였다.

이러한 결과가 나타난 원인을 신념 체계와 학습 방식에 대한 면담 결과에서 찾아보면, 채는 다른 세 학생과는 달리 대학에 들어와서 화학에 대한 흥미를 전혀 느끼지 못해서 공식-위주의 학습을 한 뒤, 교재의 뒤에 있는 답안지를 미리 보고 문제를 푸는 방법을 외우는 방식으로 '기체의 성질' 단원을 학습하였고, 화학은 일상 생활과는 전혀 관련되지 않는다는 신념을 가지고 있었다. 이러한 신념 체계와 학습 방식으로 인하여 공식 적용 위주의 전통적인 화학 문제에서 벗어난 일상적 상황의 문제가 나오면 전혀 화학 지식과 관련짓지 못하였다고 볼 수 있겠다. 이러한 결과는 관련 내용, 제시 방법과 추리 단계가 동일한 문제를 과학적 상황과 일상적 상황으로 나누어 제시할 경우, 성취도가 동일하지 않다는 헤이더와 아브라함(Haider & Abraham, 1991)의 연구 결과와도 일치한다. 학생들의 학습 방식, 신념 등에 따라 일상적 상황의 문제와 과학적 상황의 문제에 대한 성취도의

[표 7] 일상적 상황의 문제에 대한 결과 요약

	김	박	민	채
결 과	계산상 실수	맞음	맞음	틀림
사용전략	지식-개발 전략	지식-개발 전략	지식-개발 전략	임의 전략
특 징	범주화, 그림을 그려서 문제 이해를 도움, 구한 답이 화학적으로 타당하지 못함을 인식 못함.	문제를 충분히 읽은 후 일상적 상황을 화학적 지식과 연결 시킴.	문제 이해에 많은 시간을 사용, 맞게 풀었지만 문제를 제대로 이해하고 있지 못함.	화학 지식과 전혀 관련시키지 못하고, 매우 직관적인 방법으로 풀려고 함.
단 계 별	이해:100초(45.5%) 계획: 17초(7.7%)	이해:142초(39.9%) 계획: 92초(25.8%)	이해:190초(57.6%) 계획: 20초(6.1%)	이해:210초(84.7%) 계획: 30초(12.1%)
시간비율	수행:103초(46.8%) 검증: 0초(0.0%)	수행:122초(34.3%) 검증: 0초(0.0%)	수행:120초(36.4%) 검증: 0초(0.0%)	수행: 8초(3.2%) 검증: 0초(0.0%)

차이를 연구한 카터(Carter, 1987)에 의하면, 교과서와 교사의 권위를 강하게 인정하고 수용적이며 암기에 의존하며 도구적 학습(instrumental learning)을 하는 학생은 일상적 상황의 문제에 대해 자신들이 보유하고 있는 과학 지식을 활용하지 못하였으므로 과학적 상황의 문제에 비해 성취 결과가 좋지 못하였으나, 스스로 이해하며 관련학습(relational learning)을 한 학생은 일상적 상황의 문제에 있어서도 과학적 상황과 별 차이 없는 성취도를 보였다고 하였는데, 이러한 주장은 본 연구에서도 일관되게 나타나고 있는 현상을 설명하여 주는 타당한 해석으로 받아들일 수 있겠다.

해결 단계별 시간 비율을 살펴보면, 문제의 이해와 계획 단계에 사용한 시간 비율은 전체적으로 53.2% ~ 96.8%로서, 과학적 상황의 경우보다 훨씬 높았으므로 문제 이해와 관련 공식 선택에 있어서 큰 어려움을 느꼈다고 볼 수 있다. 또, 네 명의 학생들이 모두 아무런 검증도 하지 않았음도 특이한 현상이었다. 과학적 상황의 문제일 경우, 논리적인 타당성이나 공식 계산 과정의 검증 단계를 거쳤으나, 일상적 상황의 문제가 나오면 학생들은 어떤 방법으로 검증할 해야 하는지를 알지 못하거나 나온 답의 논리적, 화학적 타당성을 고려하는 방법을 알지 못하기 때문에 아무런 검증도 하지 않았다고 볼 수 있겠다.

3) 문제의 상황에 따른 차이 분석 결과 요약

문제의 제시 상황에 따른 문제해결 결과, 해결 전략, 그리고 단계별 시간 비율을 살펴보면 다음과 같다.

먼저 해결 결과의 측면에서 보면, 과학적 상황의 문제일 경우에는 네 학생이 모두 맞게 풀었으나, 일상적 상황의 문제에서는 박과 민은 맞게 풀었으나 김은 계산 과정에서 실수한 것을 화학적 타당성을 고려하지 않고 검증을 하지 않아서 틀리게 풀었고, 채는 전혀 화학적 지식과 연결시키지 못하고 직관적인 방법을 사용하여 틀리게 풀었다. 따라서, 과학적인 상황의 문제를 잘 푸는 학생들의 경우에도 일상적 상황의 문제가 제시되면 화학적인 지식과 연결시키는 데 어려움을 느끼고 있으며, 비록 숫자적인 답을 구하였더라도 그것이 무엇을 의미하는지, 화학적으로 타당한지를 고려하지 못하는 경우가 있었다. 심지어 화학 지식과 전혀 연결시키지 못하고 매우 직관적으로 해결하려는 학생도 있었다. 이러한 결과는 과학적 과정 기술(해석과 적용)과 과제 상황(과학적 상황과 일상적 상황) 간의 상호작용에 관한 송진웅(1990)의 연구에서 문제해결과 관련된 적용 기술은 일상적 상황보다 과학적 상황에서 유의미하게 높았던 것과 일치한다. 또, 안수영과 권재술(1992)의 연구에서 같은 수의 조작

단계를 가진 일반적인(일상적 상황) 지식 과제보다 특정 내용(과학적 상황) 지식의 과제에서 더 나은 성취도를 보였음도 이러한 현상을 뒷받침한다고 볼 수 있다.

해결 전략의 측면에서 보면, 두 경우에서 모두 세 명의 학생들이 지식-개발 전략으로 문제에 접근하였고, 각각 한 명의 학생이 임의 전략을 사용하여 차이가 없었다.

해결 단계별 시간 비율을 살펴보면, 과학적 상황의 경우보다 일상적 상황의 문제일 경우, 문제의 이해 단계에 훨씬 많은 시간이 사용되었는데, 이것은 일상적 상황에서 쓰이는 용어들의 의미를 화학적인 개념과 연결시키는 단계가 필요하기 때문으로 보인다. 또, 일상적 상황의 문제해결에 있어서 과학적 상황의 문제해결에서는 해답을 검증하던 네 명의 학생 모두가 검증 단계를 거치지 않았다.

그리고, 채와 같이 화학에 대해서 전혀 흥미를 느끼지 못하고, 화학은 일상 생활과 전혀 관련되지 않는다는 신념을 가지고 있고, 공식 위주로 학습을 해서 문제 푸는 방법만을 의존 학생은 일상적 상황의 문제를 해결하는 데 큰 어려움이 있었다.

3. 문제의 추리 단계에 따른 차이 분석

추리 단계를 달리하였을 경우에 나타나는 학생들의 문제 해결 과정에서의 차이를 알아보기 위하여 이상 기체 상태 방정식, 확산 속도 법칙, 보일의 법칙에 관련된 내용으로서 단순한 추리와 복잡한 추리를 요구하는 문제들을 각각 두 문제씩 내었다. 문제 제시 순서는 6번-10번 순이다. 추리 단계를 달리한 문제 중 확산 속도 법칙에 관련된 문제들은 다음과 같다.

문제 3번

길이가 100cm인 유리관의 양끝에 숨이 놓여져 있다. 한 쪽 숨에는 암모니아가 묻어 있고, 다른 쪽에는 염산이 묻어 있다. 염산과 암모니아가 만나면 흰 연기 모양의 염화암모늄이 생긴다. 이 염화암모늄은 염산으로부터 대략 몇 cm인 곳에서 생기겠는가?

문제 8번

산소가 들어 있는 용기가 있는데, 용기 안의 산소의 압력은 1기압이고, 온도는 25°C였다. 용기 벽에 작은 구멍이 생겨서 1분 후에 산소 3.25g이 그 구멍을 통해 유출되었다. 이 용기를 완전히 비운 후, 같은 온도, 같은 압력을 가진 다른 기체로 채웠더니, 1분 후에 이 기체 1.96g이 유출되었다. 이 미지 기체 1몰의 질량은 얼마인가?

문제 3번은 기체의 확산 속도는 분자량의 제곱근에 반비례한다는 확산 속도 법칙을 이용하면 해결할 수 있는, 단순한 추리를 요구하는 문제이다. 문제 8번은 기체의 유출 속도는 유출된 기체의 몰수비와 같으며, 이것은 분자량의 제곱근에 반비례한다는 관계를 찾아내어야 해결할 수 있는, 한 단계의 추리를 더 요구하는 문제이다.

1) 단순한 추리의 경우

단순한 추리를 요구하는 문제에 대한 학생들의 문제해결 결과를 요약하면 [표 8]과 같다.

학생들은 문제를 읽은 후, 확산 속도 법칙과 관련된 문제라고 범주화시켜서 네 명 모두 지식-개발 전략을 사용하였다. 세 학생은 옳게 풀었으나, 채는 암모니아의 분자식을 틀리게 구하였으므로 계산 과정에서 틀리게 되었다. 채는 염산과 염화암모늄의 분자식을 알고 있었으므로, 화학반응식을 통해서 암모니아의 분자식을 충분히 알 수 있었음에도 불구하고 구하지 못한 것으로 미루어 보아, 절차적인 화학 지식이 결여되어 있다고 볼 수 있었다.

네 학생이 문제해결 및 계획 단계에 사용한 시간 비율은 각각 25.4%, 20.4%, 23.7%, 40.6%로서, 다른 경우들에 비해 비교적 짧은 시간들을 사용하였다. 즉, 학생들은 이 문제를 읽은 후, 문제의 의미와 관련된 공식을 쉽게 파악하였고, 비교적 쉽게 느꼈다고 볼 수 있다. 검증 단계에 거의 시간을 쓰지 않았음이 그에 대한 또 하나의 증거가 된다.

2) 복잡한 추리의 경우

반면, 복잡한 추리를 요구하는 문제에 대한 학생들의 문제해결 결과를 요약하면 [표 9]와 같다.

복잡한 추리를 요구하는 문제는 네 학생이 모두 틀리게 풀었으나, 대부분 자신이 틀렸다는 것을 인식하지 못하고, 자신이 구한 해답에 대해서 자신 있어 하였다. 문제를 읽은 후, 기체의 유출속도를 어떻게 표현해야 하는지를 찾기 위해 그림을 그려서 생각해 보고, 문제에 나오는 용어 중심으로 여러 공식들을 떠올렸다. 학생들이 문제의 이해와 계획 단계에 사용한 시간 비율은 각각 63.4%, 37.9%, 66.7%, 80.6%로서, 매우 많은 시간을 사용하였음을 알 수 있다.

또한, 학생들은 공식에 사용되고 있는 변인들의 의미를 잘못 이해하거나 관련 없는 식들을 틀리게 연결시켜서 식을 세우는 등 공식 위주 해결자의 특성을 나타내었으며, 여러 가지 오인도 드러났다. 김은 질량과 유출 속도를 관련시키기 위해서 질량과 속도가 포함되어 있는 공식들을 회상함으로써 틀리게 연결시켰고, 민은 이 문제가 확산 속도 법칙과 관련된다는 것을 깨닫지 못하였다. 박은 유출된 기체의 질량과 유출 속도는 동일하다는 오인을 가지고 있었으며, 채는 아보가드로의 법칙에 의하면 모든 기체는 같은 온도, 압력일 때 같은 부피 속에는 같은 몰수를 포함하고 있으므로 유출되는 몰수도 같다고 잘못 생각하고 있었다.

학생들은 변인들 간의 관계에 대해서 깊은 이해가 결여되어 있어서 자신이 세운 유출 속도 공식이 그럴듯하다고 생각하고 있었고, 자신이 가진 관련 선행 지식보다 개념의 수준이 높기 때문에 선행 지식으로는 자신이 세운 식이 타당한지를 알아 볼 수 없었으므로, 자신이 구한 답이 틀렸다는 것을 깨닫지 못하였다.

3) 문제의 추리 단계에 따른 차이 분석 결과 요약

문제의 추리 단계에 따른 문제해결 결과, 해결 전략, 그리

[표 8] 단순한 추리를 요구하는 문제에 대한 학생들의 문제해결 결과 요약

	김	박	민	채
결 과	맞음	맞음	맞음	계산상의 실수
사용전략	지식-개발 전략	지식-개발 전략	지식-개발 전략	지식-개발 전략
단 계 별	이해: 51초(12.7%) 계획: 51초(12.7%)	이해: 53초(15.2%) 계획: 22초(6.3%)	이해: 51초(15.1%) 계획: 18초(5.3%)	이해:118초(30.7%) 계획: 38초(9.9%)
시간비율	수행:300초(74.6%) 검증: 0초(0.0%)	수행:273초(78.4%) 검증: 0초(0.0%)	수행:268초(79.6%) 검증: 0초(0.0%)	수행:193초(50.3%) 검증: 35초(9.1%)

[표 9] 복잡한 추리를 요구하는 문제에 대한 학생들의 문제 해결 결과 요약

결 과	김	박	민	채
	틀림	틀림	틀림	틀림
사용전략	지식-개발 전략	지식-개발 전략	임의 전략	임의 전략
특 징	그림을 그려 문제 이해를 도움. 기체의 성질에 관한 다른 식들을 틀리게 연결시켜 식을 세움. 공식에 사용되는 변인들의 의미를 잘못 이해	그림을 그려 문제 이해를 도움. 유출된 기체의 질량은 유출 속도와 같다고 잘못 생각.	그림을 그려 문제 이해를 도움. 확산 속도 법칙과 관련시키지 못하고 여러 가지 공식들을 떠올림.	그림을 그려 문제 이해를 도움. 문제에 나오는 용어 중심으로 공식들을 선택하여 대입함. 모든 기체는 같은 온도, 압력에서 같은 몰수만큼 유출된다고 잘못 생각.
단 계 별	이해: 93초(36.0%) 계획: 45초(17.4%)	이해: 54초(16.0%) 계획: 74초(21.9%)	이해: 278초(43.6%) 계획: 147초(23.1%)	이해: 126초(36.4%) 계획: 153초(44.2%)
시간비율	수행: 120초(46.5%) 검증: 0초(0.0%)	수행: 180초(53.3%) 검증: 30초(8.9%)	수행: 212초(33.3%) 검증: 0초(0.0%)	수행: 26초(7.5%) 검증: 41초(11.8%)

고 단계별 시간 비율을 살펴보면 다음과 같다.

먼저 해결 결과의 측면에서 보면, 단순한 추리의 문제에서는 네 학생이 모두 맞게 풀었으나(계산상의 실수 포함), 복잡한 추리의 문제에서는 모두 틀리게 풀었으며 그것이 틀림을 인식하지 못하였다. 즉, 공식에 대입만 하면 풀 수 있는 전형적인 문제가 아닌, 다소 복잡한 추리를 요구하는 문제가 나오자, 학생들은 문제의 이해, 관련된 공식의 선택에 어려움을 나타내었으며, 원리 중심이 아닌 공식 위주로 개념을 이해하고 있음이 드러났다.

해결 전략의 측면에서 보면, 단순한 추리의 문제에서는 네 학생이 모두 확산 속도 법칙과 관련된 문제라는 것을 깨닫고 지식-개발 전략을 사용하였으나, 복잡한 추리의 문제에서는 김과 박만 지식-개발 전략을 사용하였고 민과 채는 적용시킬 공식 선택에 어려움을 겪었기 때문에 여러 공식들을 떠올려 보는 임의 전략을 사용하였다.

해결 단계별 시간 비율을 살펴보면, 단순한 추리의 문제를 해결하는 데 전반적으로 더 짧은 시간이 사용되었다. 그리고, 단순한 추리의 문제에서는 학생들이 문제의 의미와 관련된 공식을 쉽게 파악하였으므로 이해와 계획 단계에 사용된 시간 비율이 작았던 것에 비하여, 복잡한 추리의 문제에서는 네 학생이 모두 문제를 이해하기 위해서 그림을 그려 생각하였고 문제에 나와 있는 변인들 간의 관계 파악에 어려움을 겪었으므로 이해와 계획 단계에 훨씬 많은 시간이 사용되었다.

즉, 문제의 추리 단계가 한 단계만 높아져도 문제해결

결과와 전략, 그리고 해결 단계별 시간 비율에 미치는 영향이 크다는 것을 알 수 있었다. 이것은 논리적 구조가 동일한 문제일 경우, 문제해결에 요구되는 정보처리량이 조금만 증가하여도 해결자의 실행 기억용량에 부담을 주게 되어 성취력이 현저히 떨어진다는 Niaz(1988)의 연구 결과와도 일치한다고 볼 수 있으며, 박운배(1991)의 추리단계가 복잡한 문제일 경우 필수선행기능을 갖춘 학생이라고 하더라도 여러 단계를 걸쳐 문제를 해결하는 과정에서의 어려움, 공식의 의미나 적용 범위에 대한 이해 부족으로 실패한 경우가 있다고 보고한 바와도 일치한다. 또, 이러한 결과는 더 많은 추리 단계를 요구하는 정도가 문제의 난이도를 결정하는 데 중요한 변인이며, 거기에는 임계 단계 수가 있다는 안수영과 권재술(1992)의 연구 결과와도 모순되지 않는 것이다.

이상기체 방정식(문제 1과 9)과 분압의 법칙(문제 6과 7)에 관하여 추리 단계를 달리한 문제의 경우에도 이와 비슷한 결과가 나왔다.

IV. 결론

문제의 특성에 따른 문제 해결 과정에서의 차이를 대학생 4명을 대상으로 발생사고법을 이용하여 녹음한 후, 응답원인 분석을 통하여 각 학생의 문제해결 단계 및 단계별 소요 시간 비율, 문제해결에 사용하는 전략, 문제해결 과정에서 드러나는 오인과 결여된 개념을 분석하였다. 그리고, 화학 및 화학 문제해결에 대해서 학생이 가지고 있는 신념체계가

문제해결 특성과의 관련성에 대해서도 알아보았다. 그 결론은 다음과 같다.

1. 문제해결과 관련 없는 불필요한 정보를 제시하였을 경우에 문제에 제시된 정보들은 모두 문제해결과 관련된다든 신념을 가지고 있는 학생들은 불필요한 정보를 이용하여 틀리게 풀며, 옳게 풀었더라도 사용하지 않은 정보가 있다는 것 때문에 해답에 대한 자신감을 상실하였고, 이해와 계획 단계에 많은 시간을 사용하였다. 또한, 필요한 정보를 제시하지 않은 경우, 학생들은 나름대로 정보를 생각해 내어 문제해결을 시도하였으나, 그 과정에서 결여된 개념들이 많이 드러났으며, 성공하기 어렵고, 수행 단계에 많은 시간을 사용하였다.

2. 상황을 달리하였을 경우, 일상적 상황의 문제보다 과학적 상황의 문제해결에서 성공하는 경우가 많았다. 일상적 상황의 문제에서 학생들은 화학 지식과 관련지어서 공식을 선택하느라 문제의 이해와 계획단계에 많은 시간을 사용하였으나, 문제의 의미를 충분히 이해하지 못하고 화학적 타당성을 고려하지 못하며, 심지어 전혀 화학 지식과 관련시키지 못하고 직관적으로 푸는 경우도 있었으며, 계산해 낸 해답에 대한 검증이 이루어지지 않았다.

3. 추리 단계를 달리하였을 경우 나타나는 문제해결 과정에서의 차이를 살펴보면, 단순한 추리를 요구하는 문제의 경우, 학생들은 쉽게 문제를 범주화하고 공식을 선택하며, 지식-개발 전략을 사용하여 문제해결에 성공하였다. 반면, 복잡한 추리를 요구하는 문제에서는 문제에 나와 있는 정보들을 종합하여 문제를 이해하기 위해 학생들은 그림을 그려서 생각하며, 문제에 나타난 용어가 포함된 공식을 사용하려고 하여서 부적절한 공식들을 선택하는 등 적절한 공식 선택에 어려움을 나타내어 임의의 전략이나 수단-목적 전략을 사용하였고, 이 때문에 문제 이해와 계획단계에 매우 많은 시간을 사용하였다.

4. 학생들은 자신들이 가지고 있는 선행지식에 비추어 자신이 구한 답이 화학적, 논리적으로 타당한가를 고려하거나 계산 과정을 훑어보는 메타인지적 활동이 공통적으로 매우 결여되어 있어서, 문제해결 단계 중 검증 단계에서 시간들 거의 사용하지 않았다.

5. 선행 지식을 많이 갖춘 학생과 그렇지 못한 학생들이 나타내는 실수 및 오인간에는 차이가 있었다. 성취도에서의 차이는 드러나지 않았으나, 선행 지식을 많이 갖춘 학생들은 계산상의 실수, 문제의 모든 조건을 고려하지 못하여서 문제해결에 실패하였지만, 그렇지 못한 학생들은 공식을 적절하지 못한 상황에 적용시키는 것, 공식에 사용되고 있는 변인들의 의미를 잘못 이해한 것, 부분적인 이해를 바탕으

로 관련 없는 식들을 무리하게 연결한 것으로 인하여 문제 해결에 실패하였다.

참 고 문 헌

- 권재술, 이성왕(1988). 물리 문제 해결 실패자와 성공자의 문제 해결 사고 과정에 관한 연구. 한국과학교육학회지, 8(1), 43-56.
- 박윤배(1991). 역학 문제 해결에 있어서의 오류 유형. 물리교육, 9(1), 14-23.
- 홍미영, 박윤배(1994). 대학생들의 기체의 성질에 대한 문제 해결 과정의 분석. 한국과학교육학회지, 3월 21일 접수(인쇄중).
- Carter, C.S.(1987). *The role of beliefs in general problem solving*. Purdue University Ph.D. Dissertation.
- Finegold, M., & Mass, S.(1985). Difference in the processes of solving physics problems between good physics problem solvers and poor physics problem solvers. *Research in Science and Technological Education*, 3(1), 59-67.
- Haider, A.H., & Abraham, H.M.(1991). A comparison of applied and theoretical knowledge of concepts based on the particulate nature of matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(10), 919-938.
- Jinwoong Song(1990). *Effects on pupils' responses of interactions between process skill demands, concept requirements, context in science questions*. Ph.D degree of the University of London Center for Educational Studies, Kings College, London.
- Larkin, J.H., McDermott, J., Simon,D.P., & Simon, H.A. (1980). Models of competence in solving physics problems. *Cognitive Science*, 4, 317-345.
- Martha. J.G.(1990). *Introduction to chemistry*. 대학교재 편찬위원회 역, 자유아카데미 발행.
- Niaz, M. (1988). Manipulation of M demand of chemistry problems and its effect on student performance : A neo-Piagetian study. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(8), 643-657.
- Oxtoby, D.W., & Machtrieb, N.H.(1986). *Principles of modern chemistry*. CBS college publishing, New York.

(ABSTRACT)

Analysis of differences in chemical problem solving process of college students related to the characteristics of problems

Mi Young Hong · Yune Bae Park
(Seoul National University) (Kosin University)

This study aims to identify the differences in chemical problem solving process of college students when the amount of information, problem context and the reasoning level were varied. Four students were participated and each student solved the problem by think-aloud method and then interviewed individually.

Problem solving stage, ratio of time for each solving stage, solving strategy, misconceptions, and errors were identified and discussed related to the characteristics of problems. And, the relationships of students' belief system about chemistry & chemistry problem solving and problem solving characteristics were also identified.