

기독교세계관에 기초한 초등과학교과 물 관련 통합단원 개발

류현실(한동대학교 교육대학원), 현창기(한동대학교 생명과학부)

요약

오늘날 과학교육의 중요한 목적인 ‘과학적 소양인 양성’에 충실하기 위해서는 과학교과가 과학의 본성을 진실 되게 담아내어야 함에도 불구하고, 현행 과학 교육과정은 일방적으로 세계관 자체는 물론 과학적으로도 객관성이 결여된 자연주의 세계관에 기반하고 있다. 이에 과학의 세계관적 기초를 분명하게 하고 세계관 간의 비교를 통한 종합적인 사고의 기회를 열어줌과 동시에 특정 주제에 대한 통합적인 이해를 제고시키는 방향으로의 과학 단원 개발이 요구되고 있다.

이에 본 연구에서는 초등과학교과의 수준에서 물을 주제로 선정하여 물과 관련된 자연현상을 통합적으로 이해할 수 있는 과학 단원으로서 단원의 목표, 내용, 방법, 평가의 틀을 제시하였다. 진화론적 개념 일변도의 서술방식에서 벗어나, 물질과 자연현상을 이해함에 있어 기독교 세계관에 기초한 시각들을 과학적 논리를 근거로 서술해냄으로써 보다 타당한 세계관적 이해가 가능하도록 단원을 구성하였다. 단원의 내용은 진화론-창조론의 비교 접근을 통해 물의 기원에 관한 자연주의적 및 유신론적 이론에 대한 종합적 이해를 도모하고, 창조의 핵심 원리가 되는 설계적 특징이 잘 나타나도록 지적설계 접근을 중심으로 물의 특성들을 소개하였으며, 배운 내용을 바탕으로 학생들이 세계관적 기초 아래 물의 특성이 어느 기원론을 지지하는지 스스로 판단해 보도록 하였다. 또한 물과 관련된 사회 문제들을 STS 접근을 통해 창조-타락-구속의 관점으로 이해할 수 있도록 하며, 성경적 접근을 통해 물을 통한 영적 메시지를 묵상해 보도록 구성하였다. 기독교세계관에 기초한 물 관련 통합 단원의 개발이라는 본 연구의 시도를 통해 과학교육 교재의 활용 범위가 기독교에서 공립학교까지 확대될 것과 기독교 세계관에 기초한 과학 통합단원 개발의 기초 자료로 도움이 될 것을 기대한다.

주제어: 초등과학, 기독교 세계관, 물, 진화론, 창조론, 지적설계

I. 서론

과학과 불과분의 관계를 맺고 있는 현대 사회 속에서 기초적 소양으로서의 과학 교육의 중요성은 아무리 강조해도 지나치지 않을 것이다. 그러나 높은 객관성을 표방하는 과학교육도 세계관에 기초하고 있다는 사실은 교육의 가치지향적인 성향을 입증해 준다(Brummelen, 2002/2006, 13). 이는 과학 교육과정 구성 시에 세계관의 선택으로 이어지게 되는데, 과학 교육과정 안에서 세계관은 자연 세계의 기원에 관하여 어떤 해석 체계를 가졌는가로 나타나게 된다. 세계관과 기원과학은 과학의 범위에서 증명할 수 있는 문제는 아니지만 진리를 추구해야 하는 학문의 목적에 기초하여 볼 때 좀 더 타당한 세계관에 기반해야 할 필요는 있다. 이에 학생들이 과학에 대한 올바른 인식을 하도록 도우며, 학생 스스로 어떤 세계관이 자연 현상과 더 일치하는지 선택할 수 있도록 돕는 과학 교육과정 개발이 ‘과학적 소양’이라는 과학교육의 목표 달성을 위해 응당 필요하다 할 것이다.

그러나 자연주의 세계관은 자연주의자들 자신에 의해 일찍이 내적 비밀관성의 문제가 드러났을 뿐 아니라 진화론도 과학적 증거 조작의 문제 및 과학 법칙과의 모순으로 위기에 직면하고 있다(Sire, 1976/2007: 119). 반면 기독교 세계관은 내적으로도 일관성을 가졌을 뿐 아니라 창조론의 과학 법칙과의 일치성으로 인해 완전한 세계관으로 주목받고 있다(Sire,

1976/2007: 60). 이에 과학 교육과정을 기독교 세계관에 기초하여 단원 차원에서 재구성해야 하는 당위성이 제기된다. 그러나 과학 단원은 어디까지나 과학 교육과정에 예속되어 있으며 교육과정에 명시된 교과 성격, 목표, 내용, 평가와 일관성을 이루어야 한다. 더군다나 과학의 정의조차도 자연주의 세계관에 기초하고 있는 상황에서 단원 차원의 개발은 학생들에게 과학이 다루는 범위 및 내용에 대한 혼란을 가중시킬 우려가 있다. 기독교 세계관에 기초한 과학 단원 개발은 과학의 정의나 본성으로부터 시작하여 교과 성격, 목표 및 접근 방법, 평가에 이르는 전반적 변화를 필요로 한다.

또한 두 세계관에 대한 이해나 평가가 없는 단원 개발은 그 정당성이 기독교 문화권 내로만 입지가 축소될 수 있다. 그러나 과학 교육과정을 교과 차원에서 접근한다는 의미는 과학 교육의 기초가 되는 두 세계관 중 과연 기독교 세계관이 적합한지를 기독교적 신앙이 배제된 관점으로 평가하는 것을 포함한다. 이러한 정당화 과정을 거친 과학 단원은 기독교 문화권 영역 밖에서도 그 가치를 인정받을 수 있다고 보며, 일반 공립학교에서의 활용도 가능하다고 본다.

그동안 진행되어온 기독교 세계관에 기초한 단원 개발 주제는 주로 기원과학의 논쟁점이 되었던 생명 영역이나 지구 영역의 일부분에 초점이 맞추어져 있었다. 이는 우리나라에서 기독교 세계관에 기초한 단원 개발이 초기 단계이므로 교과서 상의 진화론적 오류를 수정하는 문제가 급선무였기 때문인 것으로 보인다. 그러나 현재 과학교육이 자연주의 세계관에 기반했다는 것은 기원과 직접적으로 연관된 생명 및 지구 영역의 일부 뿐 아니라 모든 주제 및 과학 교육과정 전반이 기독교 세계관에 기초하여 새롭게 재구성되어야 함을 의미한다. 이를 위해서 단원 개발 주제가 운동과 에너지 영역 및 물질 영역으로도 확대되어야 하며, 과학 안의 모든 내용이 목적론적 측면에서는 기독교 세계관의 관점을 반영하고 방법론적 측면에서는 창조의 양상을 가장 잘 드러낼 수 있는 총체적이며 통합적인 접근 방식으로 개선되어야 할 필요성이 있다. 위와 같은 필요성에 근거하여 본 연구는 기독교 세계관에 기초하여 물 관련 통합 단원을 개발함에 있어 이론적 배경을 제안하고 단원개발의 틀을 제시하였다.

II. 물 관련 통합단원 개발을 위한 이론적 배경

1. 물의 기원론

물의 기원에 대한 기원과학적 설명은 기원과학의 핵심 분야 중 하나인 생명의 기원을 설명하기 위한 필수적인 전제가 된다. 물의 기원에 관하여는 어떤 세계관을 기반으로 하느냐에 따라 대표적인 두 가지 견해로 나누어진다. 기독교 유신론에 기반한 창조론은 모든 물질의 기원을 하나님의 목적과 의도를 따라 직접 창조된 피조세계의 구성분으로 규정한다. 반면, 자연주의 세계관에 기초를 둔 진화론은 모든 물질은 기본 메커니즘인 우연에 의해 만들어졌다고 본다.

진화론은 모든 물질이 단순히 입자들의 우연한 결합에 의하여 진화되었다는 전제에 근거한다. 특히 진화론자들은 지구상의 생명에 대하여 초자연적인 지성의 개입을 부정하는데, 그렇기 때문에 모든 것은 자연법칙에 따른다고 말한다(Asvitt, 2003). 그러나 지구상에서 가장 평범한 물질인 물조차도 자연 법칙으로 설명되지 않는 고도의 질서와 설계를 나타내고 있다. 진화론에서 물은 생명의 기원이 탄생하는 근원지로서 물로부터 세포가 형성되고 다세포로 진화하여 우연에 의하여 생명이 탄생했다고 본다. 그러나 생명의 기원 논쟁 이전에 진

화론에서는 생명의 출발선이 되는 물에 대하여 기원을 명확하게 설명하지 못하고 있다. 물의 기원에 관하여 진화론 측에서는 확실한 언급을 찾아볼 수 없으며 다만 몇 가지 학설이 존재하는데, 그것도 증거가 부족한 상황이다.

우선 지구상의 지구 생성 직후에 발생되었다는 주장이 있다(Valley et al., 2002). 44억 년 전에 형성된 지르콘(zircon) 광물이 건조한 환경이 아닌 물의 존재 하에서 형성된 것으로 보이기 때문에 지구 생성 초기부터 물이 존재하였다고 주장하고 있다. 그 물은 원시지구가 냉각되는 과정에서 액체의 물이 유지될 수 있는 조건이 이루어지면서 물이 발생하였다는 것인데, 그 물 분자들이 어디서 온 것인지에 대해서는 언급하지 않고 있다. 지구상의 물 분자들의 원천에 대해서는 혜성 기원설이 보편적으로 주장되고 있다. 즉 지구상의 대양의 물은 물을 가진 혜성과의 충돌로부터 왔을 것이라는 주장이다. 행성 간의 상호작용으로 건조한 지구에 물기가 있는 소행성들이 섞이면서 바닷물이 기원되었다는 프랑스 학자 모르비델리의 '소행성(asteroid) 기원설'이 대표적인 이론이다(Morbidelli et al., 2000). 그러나 혜성과의 충돌에 의한 물의 기원은, 헤일밥 혜성(Hale-Bopp comet)에서 '중수(heavy water)'¹⁾가 상당한 양으로 있음이 측정됨으로써 설득력을 크게 잃고 말았다. 만약 대양의 물들이 혜성으로부터 왔다는 이론이 맞다면, 지구의 대양에는 중수소가 풍부해야만 하는데, 실제로는 중수소가 극히 드물기 때문이다(Drake and Righter, 2002). 또한 혜성은 많은 양의 아르곤을 포함하고 있다. 진화론의 가정과 같이 만약 혜성이 지구상에 있는 물의 원천이라면, 혜성이 제공한 물이 단지 1% 만 되어도, 우리의 대기는 현재보다 400배나 많은 아르곤을 가지고 있어야만 한다. 이러한 관측들로부터 지구상의 물은 바깥 태양계에서 지구로 옮겨져 왔다는 주장은 더 이상 지속될 수 없다는 결론에 도달하게 된다. 또한, 만약 혜성들이 충돌하여 지구에 물이 풍성해졌다면, 지구 근처의 수성, 금성, 화성에도 동일한 충돌이 있었을 것이고, 이 행성들도 지구와 비슷하게 물을 가지고 있는 특성들을 보여주어야 한다. 그러나 물의 모습들은 그러한 행성들에서 찾아볼 수 없다. 뿐만 아니라, 물의 기원에 대한 진화론적 가설들은 단지 물의 기원 문제를 지구 밖으로 옮겼을 뿐 물이 외부에서 왔다 하더라도 진정한 물의 기원을 설명하지 못하고 있다. 어떤 물질도 스스로를 형성하거나 창조할 수 없으며, 물질보다 더 큰 능력이 요구됨은 당연한 것이다.

물의 기원에 대한 진화론적 가설이 갖는 또 하나의 문제점은, 물이라는 화합물의 특성이 타 화합물과는 다른 차별성을 가지고 있음을 간과하고 있다는 점이다. 우선은 생화학 반응에서의 물의 역할, 즉 가수분해 작용에 주목할 필요가 있다. 생명체가 진화하려면 저분자량의 단량체 분자에서 고분자량의 다량체 생명고분자(biological macromolecule)로 연속적인 합성이 이루어져야 한다. 그러나 물의 존재는 분자의 합성보다는 가수분해를 촉진하는 조건이 형성됨으로써 오히려 생명고분자의 합성을 억제하게 되어 진화의 역방향으로 작용할 것임을 쉽게 추론할 수 있다. 즉, 물의 선제적으로 존재하는 조건에서 생명분자들이 형성되었을 것이라고 추정하는 화학진화 가설이 해결해야 할 근본적인 논리적 모순이 아닐 수 없다. 또한, 만일 진화론의 가정과 같이 물이 우연에 의해 만들어졌다면 물은 다른 물질들에 적용되는 일반적인 자연 법칙을 따라야 한다. 그러나 실제 물이 보여주는 특성은 우연보다는 설계로 보는 것이 타당한 성질을 가지고 있으며, 물이 일반 법칙을 따랐다면 지구상에 살아남을 생명체는 없을 것이다(Asvitt, 2003). 이에 대한 구체적인 증거들은 '물의 설계 특성' 부분에서 언급하고자 한다.

1) 중수는 중수소를 함유하고 있는데, 중수소는 핵에 하나의 중성자와 하나의 양성자를 가지고 있는 수소보다 더 무거운 수소의 동위원소이다.

기독교 세계관을 기반으로 하는 창조론에서 태초의 물에 관하여 창세기에서 명확하게 언급하고 있다. 물은 성경에서 가장 먼저 언급된 물질로써 특정한 물질로는 최초의 창조물이다(창 1:2) 물의 화학식을 보면 H_2O 인데 최초의 물질로써 물이 언급되었다는 의미는 물을 구성하는 수소와 산소가 먼저 생성이 된 뒤 합쳐진 것이 아니라 처음부터 하나님의 필요에 의해 완전한 분자인 물로 창조되었다는 것을 의미한다.

지구 대양의 기원에 관하여도 창조론에서는 성경에 입각하여 지구 행성은 차갑게 시작되었고, 물로 덮여 있었음을 주장한다(창 1:2). 이 모델은 지구에 물은 없었고 뜨겁게 녹은 암석들로부터 시작했다는 모델과 반대된다. 창조 셋째 날에 하나님은 천하의 물을 한 곳으로 모으시고 그것을 바다라고 칭하셨다(창 1:9-10).

창조주인 동안 최초의 물질로써 물을 만드시고 그 다음으로 식물, 동물 그리고 인간을 창조하는 순서는 하나님의 전지구적인 완전한 계획 속에 목적과 의도를 가지고 모든 만물을 창조하셨음을 보게 된다. 하나님의 형상인 인간이 살아갈 거주지로써 생명체에 가장 필수적인 것을 먼저 창조하심은 생명체들을 위해 하나님께서 배려적 설계를 하심을 알 수 있다. 이와 같이 물은 하나님의 원대한 창조 계획 가운데 독립되어 있지 아니하고, 물리적 피조 세계 뿐 아니라 모든 생명체와의 상호적인 관계 안에서 설계되었다. 노아의 홍수로 인해 지금은 사라졌지만 성경에 기록된 궁창 위의 물은 인류가 안전한 환경에서 살아갈 수 있도록 자외선을 차단하고, 온도를 따뜻하게 유지해주는 하나님의 배려적 장치였음을 알게 된다.

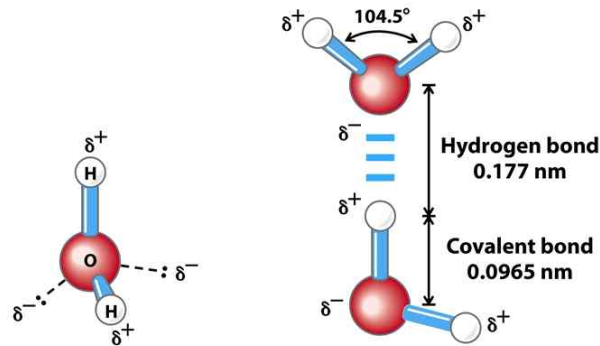
우리는 물이 생명체 및 지구와 긴밀한 연관성이 있다는 것을 통해 온 우주가 한 목적을 위하여 한 방향으로 목적 지향적으로 설계되었으며, 생명체가 존재하기 위해 하나님께서 모든 피조세계를 붙들고 계시며 서로 균형을 이루도록 처음부터 설계되었음을 알 수 있다. 또한 물의 비대칭 구조와 수소 결합으로 생기는 특이한 성질들이 생명체 및 지구에서 많은 역할을 수행할 수 있다는 사실을 통해 물은 우연적 산물이 아니라 인류와 지구 생명체들을 위한 태초부터 계획된 하나님의 설계물임을 알게 된다.

2. 물의 설계 특성 ①②③④⑤

(1) 물의 구조적 특성

① 물의 분자 구조 및 극성

물(H_2O) 분자는 2개의 수소원자(H)가 1개의 산소원자(O)와 공유결합으로 결합되어 있는 화합물이다. 산소원자는 총 8개의 전자를 가지고 있는데, 안쪽 궤도에 2개의 전자를 채우고, 최외각 궤도의 6개의 전자 중 2개는 각기 2개의 수소와 공유 결합을 형성하며, 나머지 4개의 전자는 2개씩 쌍을 이룬 비공유 전자쌍으로 분포하게 된다. 결국 물 분자의 구조는 그림 2와 같이 산소 원자와 두 수소 원자가 104.5° 의 각을 이루면서 특이한 V자의 굽은 구조를 나타낸다. 입체적으로 보면, 물 분자를 이루는 3개의 원자는 산소원자의 핵을 중심으로 4개의 팔을 형성하는데, 두 개의 팔은 수소가 104.5° 의 각을 이루면서 존재하고 나머지는 비공유 전자쌍이 반발력에 의해 약 109° 의 각을 이루어, 물의 구조는 전체적으로 약 105° 의 각을 이루는 정사면체 구조를 이루게 된다(그림 2). 이 때 산소 원자는 수소 원자와 공유하고 있는 전자쌍을 끌어당기는 힘이 더 커서 결과적으로 산소 원자쪽은 전기음성도를 띠게 되고 수소 원자 쪽은 부분적인 양전하성을 띠게 된다.



<그림 2> 물 분자의 구조(Leninger Principles of Biochemistry, 5th ed., 2008. W.H. Freeman & Co.)

만일 산소 내에 비공유 전자쌍이 없었다면 공유 결합되어 있는 수소 원자 2개가 최대한 멀리 떨어진 180°의 각을 이루는 선대칭 구조를 이루게 되어 산소-수소 공유 결합의 극성이 서로 상쇄되어 무극성 분자가 된다. 그러나 물 분자는 산소 내에 2쌍의 비공유 전자쌍이 있어서 총 4개의 팔이 최대한 멀리 떨어질 수 있는 사면체 모양을 이루어 산소 원자와 수소 원자 2개가 굽은 구조를 갖게 된다. 이로 인해 두 개의 산소-수소 공유 결합의 극성이 서로 상쇄되지 않아 물 분자 내에 전기음성도가 한쪽으로 치우치게 되는 극성의 성질을 갖게 되는 것이다(우에다이라 히사시, 1981: 36).

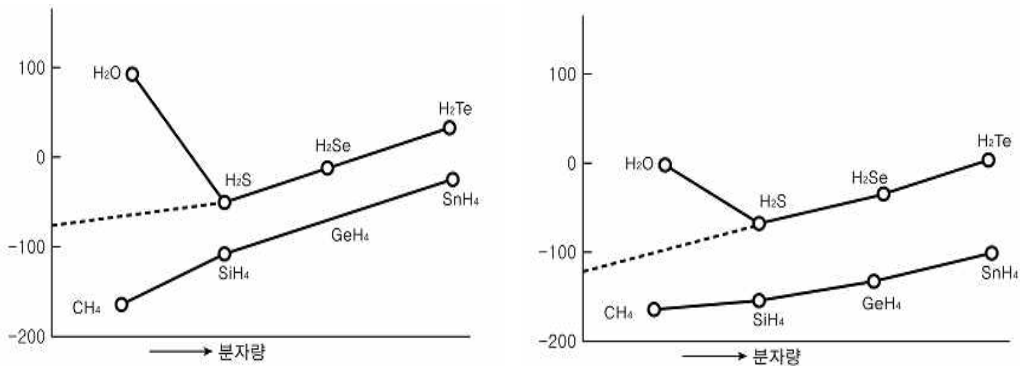
물의 극성으로 인하여 물 분자는 전기장 내에서 부분적 양전하를 띠는 수소원자 쪽이 음극판으로, 부분적 음전하를 띠는 산소원자 쪽이 양극판으로 향하게 하려는 경향을 유난히 크게 나타낸다. 이와 같은 물의 극성은 여러 물질, 특히 이온결합으로 이루어진 물질들을 잘 용해시키는 능력을 부분적으로 설명해준다(Kenneth and John, 1997: 93-97).

② 물 분자 간의 수소 결합

모든 분자 사이에는 약한 인력이 존재하는데 이것은 분자들이 매우 가까이 있을 때만 중요한 역할을 한다. 물은 분자 간 인력 외에도 또 하나의 강력한 힘이 작용하여 분자 간 인력이 다른 물질보다 매우 크게 나타나는데, 이 힘의 근원은 바로 수소 결합이다(우에다이라 히사시, 1981: 44). 수소결합이란 산소(O), 질소(N), 플루오르(F)와 같이 전기 음성도가 큰 원자에 결합되어 있는 수소 원자가 이웃한 다른 산소, 질소, 플루오르 원자의 비공유 전자쌍을 끌어당기는 힘이다. 그 결과 수소 원자는 이웃한 원자의 비공유 전자쌍에 매우 가까이 접근하게 되어 두 원자 간에 강한 정전기적 상호작용이 일어나게 된다.

수소결합은 보통의 화학 결합보다 10배 정도 약한 결합이나, 실온에서 액체 상태의 물을 만들 수 있을 만큼 충분히 강한 결합이다. 물이 갖는 수소결합은 물로 하여금 특별한 성질을 갖게 한다. 예를 들어, 주기율표에서 산소가 속해있는 16족 원소들에 대한 수소화합물들(H_2O , H_2S , H_2Se , H_2Te)의 끓는점을 조사해보면 분자량이 가장 작은 물의 끓는점과 녹는점이 가장 높은 특이한 현상이 나타난다(Patnaik, 2002). 그림 3에서 볼 수 있는 바와 같이 물을 제외한 수소화합물들은 분자량에 비례하여 끓는점 및 녹는점이 높아지는 경향을 보인다. 그러나 물은 이러한 수소화합물의 일반적 특징을 따르지 않고 매우 높은 끓는점과 녹는점을 나타낸다. 이는 물의 수소 결합으로 인해 물 분자 간 인력이 강하여 물 분자 사이의 힘을 단절하는데 더 많은 에너지가 요구되는 것을 의미한다(요네야마 마사노부, 2002: 233). 물과 비슷한 구조를 갖는 화합물인 황화수소(H_2S)는 이러한 수소결합이 없기 때문에, 같은 온도에서 기체 상태로 존재한다. 물도 화학 구조상으로만 본다면 물의 끓는점은 $-80^\circ C$, 녹

는점은 -100°C 정도가 되어 상온에서 기체 상태로 존재하여야 하지만, 수소결합으로 인해 끓는점 100°C , 녹는점 0°C 를 갖게 되어 상온에서 액체 상태로 존재하게 되는 것이다.



<그림 3> 수소화합물과 탄소화합물의 끓는점(좌)과 녹는점(우) 비교

물의 수소결합은 분자 내의 공유결합보다는 훨씬 약하지만 분자 간의 인력 중에는 매우 센 힘이어서 분자의 물리적 및 화학적 성질에 큰 영향을 끼쳐 다양한 물의 특이성을 나타낸다. 수소결합은 물의 두드러진 열용량과 비정상적으로 높은 용융열 및 증발열의 중요한 원인이 된다. 또한 물의 큰 표면장력에 의한 응집력과 물 위에 얼음이 뜨는 현상도 수소결합에 기인하는 현상들이다.

(2) 생명체와 연관된 물의 특이성

① 뛰어난 용해제

물은 굽은 구조로 인해 분자 안에 양전하와 음전하가 비대칭적으로 분포하여 극성을 띤다. 이와 같이 전자가 치우친 정도를 쌍극자 모멘트라 하는데, 물은 우리 주위에서 볼 수 있는 액체 가운데 단연코 가장 크다(요네야마 마사노부, 2002: 108). 또한 물 분자 간의 수소결합은 쌍극자의 힘을 극대화하여 쌍극자 모멘트를 더 크게 만든다. 이와 같이 물의 극성과 수소결합은 용매로서의 물의 뛰어난 능력을 설명해준다(Kenneth and John, 1976). 물의 뛰어난 용해력이 생명체의 생명 유지에 중요한 이유는 생명체 내에서의 물의 역할을 통해 알 수 있다. 우리 몸은 70%가 물로 구성되어 있는데, 혈액 조절과 삼투조절 기능은 생명유지에 필수적인 기능이다. 몸 안의 모든 화학 반응은 물속에서 일어나므로 생명체 속의 생화학 반응은 물과의 반응이 필수적이다. 각종 미네랄과 비타민들은 운반되기 위해서는 용해되어야만 하고, 물은 이것 뿐 아니라 수많은 용질을 녹여 체내에서 효과적으로 전달한다. 용해된 나트륨과 칼륨 이온들은 신경계의 자극 전달을 위해서 필수적이다(Sarfati, 2005).

물은 훌륭한 용매일 뿐 아니라 체내의 물질대사에 필수적인 부분이면서 생태계를 유지하는 핵심 대사작용인 광합성과 호흡에 필수적인 요소이다. 광합성을 하는 세포는 태양에너지를 이용하여 물의 수소를 산소와 분리시킨다. 수소는 흡수된 CO_2 와 결합하여 포도당을 형성하고 산소를 만들어낸다. 살아있는 모든 세포들은 이러한 재료를 이용하고, 수소와 산소를 산화시켜 태양에너지를 이용하며 그 과정에서 물과 CO_2 를 다시 형성한다.

물은 많은 물질을 녹이고 반응시키면서도 자신은 화학적으로 변하지 않는다는 점에서 비활성 용매이다. Coker는 이와 같은 특징은 생물학적으로 중요하다고 보았는데, 생물이 필요로 하는 물질들이 비교적 변화되지 않는 형태로 전달될 수 있으며, 물 자체는 용매로서 반

복해서 사용될 수 있기 때문이다(Kenneth and John, 1976). 더군다나 물은 세포막이나 단백질을 이루고 있는 유성 화합물과는 혼합되지 않음으로 인해 생명체 내의 다양한 모양의 단백질이 그대로 존재할 수 있도록 하는데 도움이 된다.

② 온도 완충 능력

물은 일반 분자들 간에 작용하는 인력 이외에도 수소결합으로 인한 힘 때문에 물 분자 간의 인력이 매우 크게 나타나서 끓는점과 녹는점도 높게 나타남을 살펴보았다. 이는 물 분자 간의 결합을 끊으려면 분자량이 비슷한 다른 물질보다 더 많은 열을 필요로 함을 의미한다. 이러한 수소 결합으로 인해 물은 열과 관계된 개념, 즉, 열용량, 비열, 융해열, 용융열, 잠열 등에서 예외적으로 높은 특성을 갖게 된다.

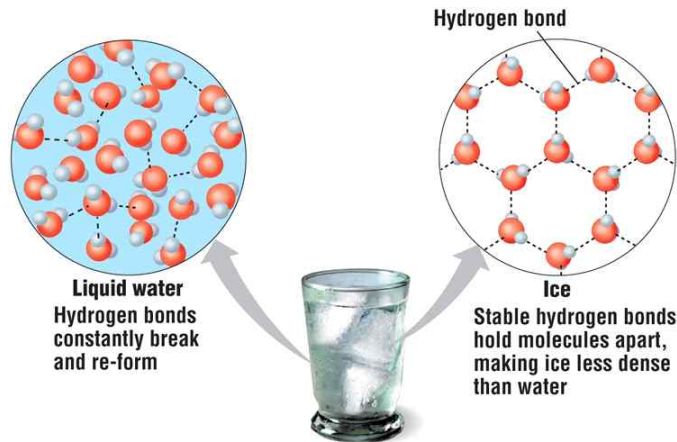
먼저 일상 환경에서 생명체가 접할 수 있는 몇 가지 대표적인 물질들의 비열을 비교해본다. 물 1, 얼음 0.5, 알코올 0.58, 철 0.11, 수은 0.033, 구리 0.09, 알루미늄 0.21 cal/g°C 등으로 대부분의 물질들에 비해 물의 비열이 크다. 각 물질의 비열에 물질의 무게만큼 곱하면 그 물질의 열용량이 되기 때문에 비열이 큰 물질은 열용량도 크다는 것을 알 수 있다. 또한 열용량과 관계가 있는 것이 용융열과 증발열이다. 어떤 물질에 온도가 올라갈수록 에너지는 증가하는데 상이 변화되는 온도구간이 있다. 고체와 액체가 공존하는 구간에서는 용융열이, 액체와 기체가 공존하는 구간에서는 증발열이 흡수되는데, 이때의 열을 잠열이라고 하며 이 구간에서는 온도의 상승이 이루어지지 않고 에너지 보존법칙에 의해 열이 에너지 형태로 저장되어 있게 되는데, 물은 다른 열적 특성과 마찬가지로 잠열도 매우 높다.

우리 몸은 70%가 물로 이루어져 있는데 물의 높은 비열 특성은 급격한 온도 변화를 막아주며, 체온을 일정하게 유지시켜준다. 또한 지구상의 막대한 양의 물은 지구의 온도가 꽤 일정하게 유지되도록 하는데, 반면 육지 표면은 물에 비해 온도가 빠르게 변화한다. 이로 인해 대기는 서로 다르게 가열됨으로써 바람을 일으켜 주기도 한다. 이외에도 높은 잠열은 뜨거운 여름날 적은 양의 땀을 배출하거나 증발하는 것만으로도 인체를 시원하게 해주어 몸의 온도가 올라가는 것을 막아준다. 이 모든 것은 물의 수소 결합으로 인하여 가능하다.

③ 뜨는 얼음

일반적인 물질의 성질은 기체에서 액체, 고체로 변화할 때 열에너지의 방출과 함께 부피가 감소하면서 자연히 밀도는 증가한다. 하지만 물은 100°C에서 4°C까지는 부피가 감소하나 4°C에서 0°C까지는 부피가 증가하는 다른 특성을 보여준다. 물은 4°C부터 밀도가 감소하면서 부피가 점점 가벼워져 액체 부피의 약 1/11이 증가한다.

물이 이러한 특징을 보이는 이유는 물 분자간의 수소 결합 때문이다. 물의 밀도는 온도가 내려갈수록 증가하다가 4°C가 되면 여기에서부터는 물 분자들의 운동감소로 인한 수축 현상보다 수소결합으로 인한 영향이 더 커진다. 물 분자는 산소 원자를 중심으로 2개의 공유 전자쌍과 2개의 비공유 전자쌍이 정사면체 구조를 이루어 네 방향으로 이웃한 물 분자와 수소결합을 이루며 확장하기 시작하는데, 그림 4과 같이 빈 공간을 갖는 육각 구조를 이루게 된다. 그리고 0°C에서 고화하게 된다. 눈의 결정도 이와 같은 방식으로 설명할 수 있다(Kenneth and John, 1976).



<그림 4> 수소결합으로 인한 얼음의 육각구조(Essential Biology, 3rd ed., 2007. Pearson Education Inc.)

다시 조금씩 열을 가하게 되면 수소 결합이 느슨해지면서 물 분자들이 그 사이에 끼어들어 밀도가 증가하게 되는데, 4℃에서의 물은 아직 수소 결합이 존재하면서 최대 밀도가 되는 때이다. 4℃ 이상이 되면 열에 의한 분자 운동이 활발해져서 다른 물질과 같이 분자 사이의 틈이 넓어지면서 부피가 증가한다(요네야마 마사노부, 2002: 232).

물의 밀도 특이성은 수중 생물이 살아갈 터전을 마련해 준다. 만일 이런 성질이 없다면 호수, 강, 바다는 온도가 0℃이하로 떨어지면 밀도가 커지게 되고, 얼음이 바닥으로 가라앉게 되어 아래에서부터 차츰 얼음 층이 올라와 바다 전체가 얼음덩어리가 될 것이다. 게다가 해저에는 태양열도 닿지 못하므로 여름이 되어도 녹지 않게 되어 점점 수심이 얕아져 수중 생물이 살 공간이 줄어들게 될 것이다. 그러나 물의 밀도 특이성으로 인해 호수는 겨울이 되어도 밀도가 가장 큰 4℃의 물이 바닥으로 가라앉게 되어 더 이상 온도가 내려가지 않을 수 있으며 빙하도 바닷물 위에 떠 있을 수 있게 된다(요네야마 마사노부, 2002: 57).

④ 높은 표면장력

액체 표면에 있는 분자들은 분자 간의 인력에 의해 액체 내부로 끌리기 때문에 액체는 가능한 한 그 표면적을 작게 만들려는 경향을 나타내는데 이러한 성질을 표면장력이라고 한다. 표 1을 보면 물은 금속인 수은을 제외한 물질 중에 표면장력이 가장 큰 물질이다.

<표 1> 여러 물질의 표면장력(20℃, dyne/cm)(요네야마 마사노부, 2009: 90)

물질	표면장력	물질	표면장력
물	72.75	사염화탄소	26.8
에틸알코올	22.3	아세트산	27.7
메틸알코올	22.6	벤졸	28.9
에틸에테르	17.6	니트로벤졸	43.6
올리브유	32.0	진한 황산(98%)	55.1
글리세린	63.4	수은	475.0

따라서 물방울은 표면적이 가장 작은 구형을 이루게 되는데, 중력의 힘으로 약간 찌그러진 하나 자유 낙하하는 빗방울이나 풀잎에 맺힌 이슬방울에서 볼 수 있다. 이 힘은 일부 곤충들을 포함한 가벼운 물체들을 지탱하기에 충분히 강하다. 물의 높은 표면장력도 수소결

합의 결과라고 볼 수 있는데, 물 분자 간의 인력 외에 수소결합의 힘이 더 작용하여 물 분자 사이에 당기는 힘이 더욱 세 지게 된다. 물은 응집할 뿐 아니라 접촉하는 고체 물질에 부착하기도 하는데, 파라핀에는 물이 부착하지 않지만 유리, 면직물, 바위, 진흙, 흙을 구성하는 모든 유기물 및 무기물 입자 등에는 강하게 부착하여 물질을 적신다. 이 역시 수소결합으로 설명되는데, 물의 노출된 수소원자 핵이 산소 원자와 수소 결합을 하기 때문이다 (Kenneth and John, 1976).

이러한 표면장력과 부착성은 모세관 현상을 일으키는데 이는 생물학적으로 상당히 중요한 현상으로, 토양에서의 물의 순환과 식물 뿌리와 줄기를 통한 체액이나 물의 순환 및 인체를 통한 혈액 순환에 관여한다. 캘리포니아의 거대한 삼나무들은 105m 이상의 높이로 자랄 수 있다. 그 뿌리는 15m나 아래로 뻗히게 되는데 뿌리 끝에서부터 나무 꼭대기까지 물이 도달하는 데는 120m나 올라가야 한다. 이렇게 끌어올리는데 필요로 하는 압력은 대기의 압력보다도 10배 이상이나 더 크다. 그럼에도 모세관 현상으로 물은 이 압력을 이기고 나무 끝까지 도달하게 된다(Asvitt, 2003).

⑤ 물의 존재 조건

생명체가 살기 위해서는 행성에 액체 상태의 물이 존재하는 것이 필수적이다. 액체 상태의 물은 분자 간에 서로 인접해 있으면서도 자유롭게 움직일 수 있는 특성 때문에 모든 생물체의 세포에서 일어나는 화학 반응에 이상적인 형태이기 때문이다. 그러나 -270°C 부터 가장 뜨거운 별의 내부인 수백만 도의 온도에 이르는 우주의 모든 온도 영역 차원에서 볼 때 물은 매우 좁은 온도 범위 내에서만 액체로 존재한다. 보통의 기압 조건에서 액체 상태로 물이 존재할 수 있는 구간은 단지 $0 \sim 100^{\circ}\text{C}$ 의 영역이다. 우주의 수천억 개의 별 중에 지구만이 유일하게 액체 상태의 물이 존재하는 행성이라는 사실은 지구 자체도 생명체가 살아갈 수 있도록, 그 중에서도 물이 존재할 수 있도록 설계되어졌다고 보는 것이 타당하다.

지구에 액체 상태의 물이 존재하는 것은 지구와 태양 간의 거리, 지구의 온도 및 기압이 적합하기 때문이다. 현재 지구와 태양간의 거리에서 약간의 오차(5%, 약 800만 km)만 생겨도 지구상의 물은 증발하거나 또는 얼어버리게 된다. 또한 적당한 기압으로 인해 액체 상태의 물이 존재할 수 있다(백행운, 2011).

게다가 지구상의 물은 지구 표면의 71%를 덮고 있으며 육지를 바다에 메운다면 수심 2700m 깊이로 잠길 만큼 그 양도 매우 풍부하다. 이 중 97%가 바닷물이고 2%가 빙하이며, 우리가 사용하는 물은 단 1%에도 지나지 않는다. 또한 물은 상온에서 고체, 액체, 기체의 세 가지 모습을 다 보여주고 있는데, 자연계에서 이런 성질을 보여주는 물질은 전체의 2%도 되지 않는다. 큰 잠열을 가진 물이 고체, 액체, 기체로 모습을 바꿀 때마다 엄청난 양의 열량이 물과 주위 사이를 드나들며 열을 이동시켜 지구와 우리 몸의 온도를 일정하게 유지시킨다.

지구의 중력은 물이 대기를 지탱하도록 도와준다. 대기 속 수증기와 이산화탄소는 온도에 대한 완충작용을 제공하므로 표면 온도를 상대적으로 일정하게 유지시켜 준다. 지구가 더 작았더라면 대기가 더 얇아져 온도가 극단으로 치우칠 것이다. 지구보다 작은 화성이나 달에서는 대기와 수증기가 존재하지 않기 때문에 극한의 온도를 나타낸다. 물은 증발하여 수증기 상태로 있다가 비로 내려 지속적으로 이동하는데 대기, 토양의 물, 지표수, 지하수, 식물 사이를 끊임없이 순환한다. 만일 물의 순환이 없다면 물에서 멀리 떨어진 높은 산이나 내륙지방에서는 물을 얻을 수가 없으므로 생명체가 살 수 없었을 것이다(백행운, 2011).

III. 물 관련 통합단원 개발

1. 단원 주제를 위한 기독교 세계관적 탐색

본 단원의 제목은 ‘물의 놀라움’이며 물이 생명체의 생명유지를 위해 설계되었음을 주제로 기독교 세계관에 근거하여 재구성하였다. 창조, 타락, 구속의 관점으로 주제를 조망하는 것은 단원개발에 있어 방향을 제시해준다.

‘물’에 관한 기독교 세계관적 질문		
창조(하나님의 의도는?)	타락(왜곡된 모습은?)	구속(반응과 태도는?)
<p>물은 하나님께서 인류 및 모든 생명체가 생명을 유지하도록 특별하게 창조된 최초의 물질이다. 생명체 내부에서와 지구에서의 물의 다양한 역할 수행은 물의 독특한 구조에 의존해 있는데, 이는 만물이 태초부터 완전한 설계와 계획 아래 창조되었음을 보여준다. 자연에서 물이 수행하는 역할들을 통해 우리는 자연을 통해 자신을 계시하신 하나님을 발견하게 되며 인간을 위한 배려적 설계에 하나님께 감사를 드리게 되고 창조주 하나님을 경배하게 된다. 하나님은 인간 및 모든 생명체가 생명을 유지하기에 충분한 물을 제공하시며 지속적인 사용을 위해 저장능력을 허락하셨다. 하나님은 우리가 깨끗하게 물을 관리하고 사용함으로써 하나님이 의도하신 바대로 물을 통해 인류 및 모든 생명이 잘 보전되기를 원하신다.</p>	<p>창조세계 안에 전 인류와 생명체가 사용할 수 있는 물이 풍부하였으나 이제 물은 자정작용의 한계를 벗어나 심각하게 오염되었고, 기상이변이 야기한 물 공급의 불균형으로 인해 인류와 동식물들은 생명의 위협에 노출되게 되었다. 이는 우리를 선한 청지기로 부르신 하나님의 뜻에 불순종한 인간의 죄로 인함이다. 사람들은 물 관리자가 아닌 소유자가 되어 물을 낭비하며 죄의식 없이 오염물질을 사용하고 있다. 이기적인 인간의 마음은 물 부족으로 고통당하는 인류와 동식물을 위해 물을 나누기보다는 국익을 위해 자원으로 물을 확보하려 하고 있다. 또한 창조주로부터의 독립하려는 인간의 마음은 하나님의 설계를 나타내는 물을 피조물이 아닌 생명의 근원으로 격상시켜 진화론의 출발점이 되었다.</p>	<p>하나님은 우리가 물에 대한 학습을 통해 물의 구조 안에 담겨진 인류와 생명체를 향한 하나님의 배려적 설계를 깨닫고 이에 감사함으로 응답하기를 원하신다. 또한 창조세계의 청지기로써 우리가 물을 낭비하거나 오염시키지 않으며, 물을 소유하지 않고 물로 인해 고통당하는 이들과 함께 나누며 신음하는 생태계를 돌아보길 원하신다. 이미 시작된 물을 둘러싼 국가적 전쟁과 기상이변으로 인한 지역적 물 부족 문제를 해결하기에는 사태가 심각하나, 우리의 삶속에서 개인적인 실천들은 참으로 의미 있는 도움을 줄 수 있다. 또한 하나님은 우리를 그들의 육체적 목마름 뿐 아니라 그들의 영적 목마름을 해결하기 위해 예수 그리스도를 함께 전하기를 원하신다. 물은 하나님의 창조명령, 대명령, 대위명령에 순종하는 매개체가 된다.</p>

2. 단원의 개관

본 단원의 주제는 ‘물’이며 물이 생명체의 생명 유지를 위해 특별하게 설계되었다는 것에 초점이 있다. 따라서 물 자체만을 학습하는 것이 아니라 물과 생명체와의 관계를 중심으로 물의 물리적 차원 뿐 아니라 지구적 차원, 생명체 차원, 화학 구조적 차원 등 여러 양상들을 총체적으로 이해하도록 구성하였다. 생명체와 지구적 차원에서 물의 역할 수행이 가능한 이유는 물이 여느 물질과는 다른 특별한 성질을 지니기 때문인데 이런 특성 하나하나 마치 생명체가 존재할 수 있도록 철저히 고안된 듯한 인상을 준다. 만일 물이 다른 모든 물질에 적용되는 일반적인 자연 법칙을 따랐다면 지구상에서 살아남을 생명체는 없다. 이러한 물의 특성은 물의 분자 구조에서 기인하는데 본 단원에서는 학생들이 물의 독특한 구조

로 인해 생명체가 유지될 수 있음을 알게 하며, 물은 우연이 아닌 생명체를 위해 특별하게 설계된 물질임을 느끼도록 구성되었다.

3. 단원의 접근 방법

본 단원의 핵심적인 접근 방법은 지적설계 접근이다. 물은 화학적 구조로만 보았을 때는 수소와 산소의 단순한 결합에 불과하나, 지구 및 생명체에서 수행하는 물의 역할과 연결지어 보면 지적 설계자가 생명체의 생명을 유지하기 위한 목적으로 특별하게 설계한 물질임을 느끼게 된다. 학생들은 물의 지적 설계적 특징, 즉 높은 용해성, 독특한 밀도 특성, 높은 비열 및 열용량, 높은 표면장력을 생명체 및 지구와의 관계성 안에서 4차시에 걸쳐 학습하게 된다. 이외에도 물의 지적 설계적 특징은 물의 다양한 형태에서도 엿볼 수 있는데, 지구에서 물이 기체, 액체, 고체로 존재할 수 있다는 점이나 무지개, 구름, 눈의 다양한 결정 등은 지적 설계의 입장을 지지해준다. 무엇보다 수천억 개의 별 중 유독 지구만 물이 존재할 수 있는 여건들을 갖추어져 있는데 지구 자체도 설계적 특성을 보이고 있다.

물이 지적 존재에 의한 설계물이라는 것은 기독교 세계관에 기반하는데, 이를 위해 본 단원에서는 세계관적 접근과 함께 창조 대 진화 접근을 시도한다. 학생들은 물의 기원에 관한 두 가지 입장이 있음을 정직하게 안내받을 수 있으며 창조론과 진화론 측의 입장을 이해하게 된다. 또한 물의 기원에 관한 입장은 실험을 통해 증명할 수 있는 문제가 아님을 기원과학의 특성을 통해 이해하게 된다. 두 기원론의 배후에는 두 세계관이 존재하는데 과학적 증거로 판단하기에 앞서 세계관 평가를 통해 기독교 세계관은 완전하며 자연주의 세계관은 이미 내적 통일성을 잃은 세계관으로 평가받고 있음을 안내한다.

물에 관한 학습이 학생들의 삶으로 연결되기 위해 본 단원은 물과 관련된 사회적 문제들을 다룬다. 여기에서는 STS 접근을 시도하고 있는데 먼저는 물이 과학, 기술, 사회와 긴밀하게 연관되어 있음을 STS 접근을 통해 학습하게 된다. 또한 STS 접근에서 인식한 문제의 근본 원인과 해결방안 모색은 기독교 세계관에 근거한 과학 윤리적 접근을 통해서 해결될 수 있음을 알게 한다. 과학윤리적 접근은 이러한 문제가 근본적으로 인간의 죄악과 연결되어 있으며, 인간적 가치 기준이 아닌 하나님의 창조명령, 대명령, 대위임령에 기초하여 궁극적 해결방법을 모색하도록 하며 위의 세 가지 명령은 우리의 실천 동기가 됨을 학습한다.

기독교 대안학교에서는 추가적으로 성경적 접근을 시도할 수 있다. 성경에서 언급된 물에 관한 설명은 현대 과학이 보여주는 물의 특성과 일치한다. 또한 성경에서는 물을 주제로 한 여러 이야기가 존재하는데, 성경에서 물은 정결함, 심판, 약속, 영적 갈급함을 해결해 주시는 예수 그리스도 등을 상징한다. 학생들을 관련 성경 구절을 묵상함으로써 물을 통한 하나님의 교훈을 깨달을 수 있다.

4. 단원의 목표

주제 진술문
물은 생명체가 생명을 유지하는 데 있어 필수 조건이다. 그러나 이 물은 다른 물질들이 따르는 보편적 규칙을 따르지 않으며 전혀 다른 성질을 나타낸다. 또한 물은 독특한 성질을 통해 생명체가 생명을 유지하는데 있어 필요한 역할들을 수행해 나간다.
본 단원에서, 학생들은 물이 하나님께서 인간을 포함한 모든 생명체가 생명을 유지하도록 하기 위해 독특하게 설계된 피조물임을 이해하게 되며, 다른 물질과의 비교를 통하여 물의 독특한 특성들을 하나하나 배워가게 된다. 또한 각 특성들로 인해 생명체와 지구 내에서 물이

수행하는 놀라운 일들을 학습하게 된다. 이들은 어디서나 쉽게 접할 수 있었던 물이 생명체 및 생태계와 절묘하게 연결되어 있음을 통해 물은 결코 우연으로 만들어질 수 있는 보편적 물질이 아니며, 심지어 무색무취조차도 물을 사용하는 인간을 향한 하나님의 배려적 설계임에 하나님께 영광을 돌리며 하나님의 완전한 설계에 감탄하게 된다.

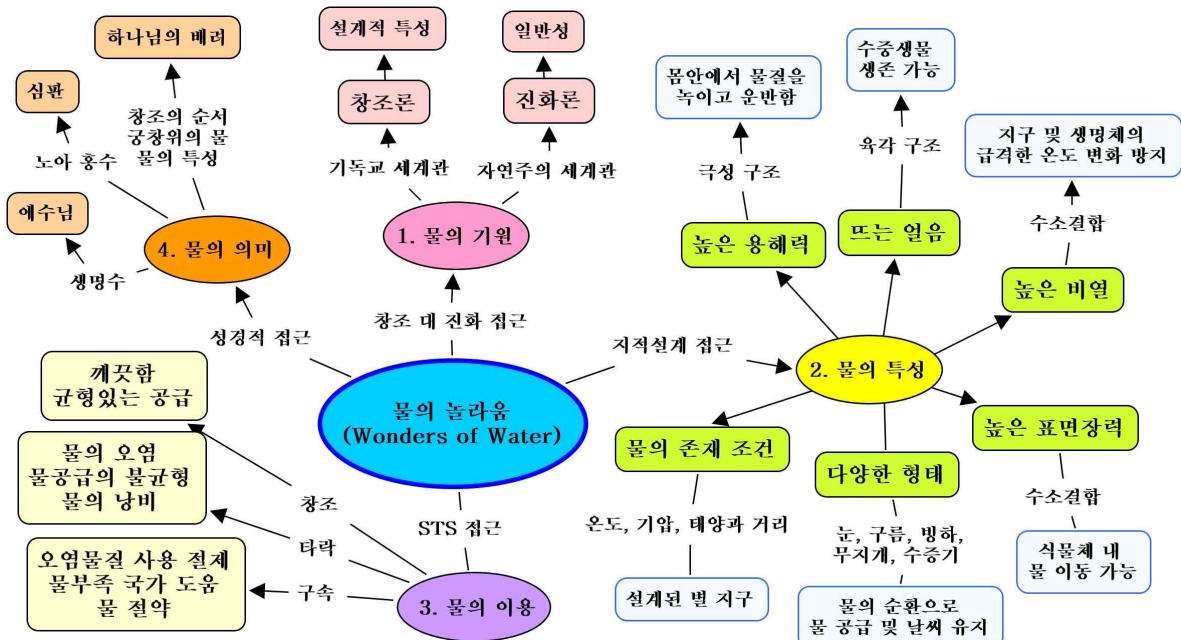
나아가 이들은 물로 인해 나타나는 환경 문제 및 물 부족 국가의 문제들을 살펴보면서 인간의 이기심이 어떤 결과를 야기했는지를 성찰하게 되며, 하나님께서 물을 통해 이루기 원하셨던 본래 목적을 회복하기 위한 전략들을 세우고 실천함으로써 선한 청지기로 우릴 초대하시는 하나님의 부르심에 적극적으로 반응하게 된다. 성경에서의 물에 관한 언급과 이야기는 우리에게 자연을 통한 하나님의 영적 메시지를 발견하도록 돕는다.

의도된 학습결과

과학 태도	과학 지식	과학 탐구능력
<ul style="list-style-type: none"> • 물에 관한 두 기원론은 세계관의 결과임을 깨닫는다. • 물에 나타난 설계적 특징에 인격적으로 반응한다. • 물에 담겨진 하나님의 배려에 감사한다. • 행성에서 물을 찾는 움직임이 진화론적 사고임을 깨닫는다. • 물과 관련된 문제들이 죄의 결과임을 깨닫는다. • 물 문제 극복을 위해 자신의 삶에서 실천한다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 물에 관한 두 기원론과 각각의 세계관을 이해한다. • 물의 구조와 분자 간 결합의 특이점을 안다. • 물의 구조로 인해 나타나는 독특한 특성을 설명한다. • 물의 특성과 생명체 유지와의 관련성을 이해한다. • 분자, 밀도, 용해, 비열, 열용량, 표면장력, 모세관현상, 응집력 등의 기본 개념을 안다. • 물 문제 해결을 위한 전략을 수립한다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 자신의 지식으로 설명할 수 없는 현상에 대해 의문을 갖는다. • 측정 도구를 올바른 방법으로 사용한다. • 실험을 변인통제하며 및 결론을 도출한다. • 그래프와 표를 분석하여 탐구 결과의 규칙성 및 경향성을 찾아낸다. • 자료 해석을 바탕으로 가설의 옳고 그름을 판단한다.

5. 단원 학습 체계

(1) 마인드맵



(2) 단원 지도 계획 (물의 놀라움[Wonders of Water], 6학년 대상)

중단원	차시명	주요 개념	의도된 학습결과	주요 수업활동
1. 물의 기원 (창조대 진화 모형)	1. 물의 탄생	물의 기원과 세계관	물에 관한 두 기원문이 세계관에 기반하였음을 알고, 세계관 판단 기준 세워보기	<ul style="list-style-type: none"> ○ 물에 관한 두 가지 이론 알아보기 ○ 기원의 바탕이 되는 세계관 알아보기 ○ 각 세계관에 맞는 타당한 기준 세우기
2. 물의 특성 (지적설계 모형)	2. 포용력의 달인!	최고의 용해제	물이 용해제로써 많은 역할을 할 수 있는 이유가 물의 독특한 구조 때문임을 드러내기	<ul style="list-style-type: none"> ○ 물의 용해성 알아보기 ○ 물이 여러 물질을 잘 녹이는 이유 알아보기 ○ 물의 높은 용해성이 주는 유익알기
	3. 배려의 달인!	뜨는 얼음	물 속 생물이 살 수 있는 이유가 액체에서 고체로 변할 때 물만이 유일하게 부피가 커지기 때문(설계)임을 드러내기	<ul style="list-style-type: none"> ○ 물이 얼 때 부피 변화 알아보기 ○ 얼음의 부피가 증가하는 이유 알아보기 ○ 얼음이 뜨는 특성이 주는 유익 알기
	4. 인내의 달인!	온도조절능력	물이 생명체와 지구의 온도를 조절할 수 있는 이유가 물의 높은 비열 및 열적 특이성 때문임을 드러내기	<ul style="list-style-type: none"> ○ 여러가지 물질의 비열 비교 해보기 ○ 비열과 관련된 물의 역할 알아보기 ○ 물의 잠열 및 역할 알아보기
	5. 하나됨의 절정!	표면장력 및 응집력	키 큰 식물이 물을 흡수하여 살 수 있는 이유가 물의 높은 표면장력 및 모세관 현상 때문임을 드러내기	<ul style="list-style-type: none"> ○ 표면 장력 알아보기 ○ 모세관 현상 실험하기 ○ 물의 표면장력이 주는 유익 알기
	6. 변신의 귀재!	다양한 모습을 가진 물	물이라는 한 물질이 무지개, 구름, 눈, 비 등 다양한 형태로 존재하는 그 자체가 설계되었음을 드러내기	<ul style="list-style-type: none"> ○ 삼태가 공존하는 물질 알아보기 ○ 물의 다양한 모습 알아보기 ○ 형태의 다양성이 가져다 준 유익 알기
	7. 생명의 별! 지구!	물이 존재할 수 있는 조건	물이 존재하려면 까다로운 조건을 만족시켜야 함을 알고, 이 모든 조건을 만족하는 지구가 설계되었음을 드러내기	<ul style="list-style-type: none"> ○ 외부행성 탐사시 물을 찾는 이유 알기 ○ 행성에 물이 존재하기 위한 조건 알아보기 ○ 지구의 거주적합성 알아보기
	8. 그래! 결정했어!	세계관 및 기원론 선택	물의 지적설계적 특성을 다시 한 번 정리하고, 물의 특성이 어떤 기원론 및 세계관을 지지하는지 과학적으로 판단하기	<ul style="list-style-type: none"> ○ 마인드맵으로 물의 특성 정리하기 ○ 물의 기원에 관한 나의 입장 정리하기 ○ 물의 기원에 관한 나의 입장 발표하기
3. 물의 이용 (STS 모형)	9. 물이 아파요!	물 문제와 해결방법	물의 첫모습(창조), 오염(타락), 정화(구속)을 다루면서 청지기적 사명을 깨닫기	<ul style="list-style-type: none"> ○ 물과 관련된 문제실태 파악하기 ○ 물의 처음 모습 회상하기 ○ 물 문제 해결을 위한 역할 극하기
4. 물의 의미 (성경적 접근)	10. 물을 통해 배워요! (선택활동)	성경이야기에서 물이 주는 교훈	물과 관련된 성경이야기가 주는 교훈을 깨닫고, 자신의 삶과 관련하여 묵상 및 실천하기	<ul style="list-style-type: none"> ○ 물 관련 성경 이야기 알아보기 ○ 물 관련 성경 말씀 묵상하기

IV. 결론

본 연구는 과학교육의 기초에 자리하여 과학의 목표, 내용, 방법, 평가에 이르기까지 영향력을 미치고 있는 것이 세계관이라는 판단 아래, 기독교 세계관에 기초한 과학교과 개발의 사전 작업으로서, 기독교 세계관에 기초한 과학 단원 개발 주제로 물을 선택하여, 이론적 배

경을 제안하고 단원개발의 틀을 제시하였다.

본 연구를 통해 기독교 세계관에 기초한 과학단원 개발의 주제로서 물 주제의 선택은 기독교 세계관에 기초하여 개발되어야 할 주제에 대한 관점의 변화를 일으킴으로써 기원에 관련된 주제 뿐 아니라 과학의 전 영역으로의 개발을 더욱 촉진시킬 것이다. 또한 한 주제를 중심으로 하여 과학 교육의 다양한 영역, 나아가 신앙과 삶이 어떻게 통합될 수 있는지를 개발 과정을 제시함으로써 통합 단원 개발의 좋은 예시 자료가 될 수 있다. 또한 실질적인 물 관련 통합단원 개발은 학교 현장에서 교사용 교재로 직접 활용될 수 있다. 기독교 대안 학교에서는 직접 활용할 수 있으며 공립학교에 있는 기독교 교사들도 물과 관련된 단원을 가르칠 때 활용할 수 있는 유용한 교수학습 자료가 될 것이다.

다만, 통합단원 개발의 어려움은 한 단원 내에서 여러 과학 개념들이 동시에 제시된다는 점으로서 본 연구에서도 동일한 문제를 겪어야만 했다. 기독교 세계관에 기초한 체계적인 과학 교과가 개발되기 위해서는 통합의 난제인 주제의 중복을 피하면서도 학생의 수준이 고려된 학년 간 연계 있는 단원 체계 및 개발이 필요한 만큼, 보다 체계적이고 종합적인 초등 과학교과 과정에 대한 세계관적 분석과 통합 단원개발 연구가 요구된다.

참고문헌

- Brummelen, H. V. (2002). *기독교적 교육과정 디딤돌*. 이부형 역(2006). 서울: IVP.
- Valley, J. W. et al. (2002). "A Cool Early Earth." *Geology* 30, 351-354.
- Morbidelli, A. et al. (2000). "Source regions and time scales for the delivery of water to the Earth." *Meteoritics and Planetary Science* 35, 1309-1329.
- Drake, M. J. and K. Righter (2002). "Determining the Composition of the Earth." *Nature* 416, 42.
- Kenneth, S. D. and A. D. John (1961). *물: 과학의 거울*. 소현수 역(1976). 서울: 전파과학사.
- Sire, J. W. (1976). *기독교 세계관과 현대 사상(4판)*. 김현수 역(2007). 서울: IVP.
- 요네야마 마사노부 (2000). *물의 세계*. 홍성민 역(2002). 서울: 이지북.
- 우에다이라 히사시 (1981). *물이란 무엇인가*. 오진곤 역(1981). 서울: 전파과학사.
- Patnaik, P. (2002). *Handbook of Inorganic Chemicals*. New York: McGraw-Hill.
- 백행운 (2011). 물과 생명. <http://www.kacr.or.kr/Index.asp> (검색일 2011.04.15)
- Asvitt, R. J. (2003). 물. <http://www.kacr.or.kr/Index.asp> (검색일 2011.09.21)
- Sarfati, J. (2005). 물의 놀라움. <http://www.kacr.or.kr/Index.asp> (검색일 2010.08.30.)