

## 고등학교

### 융합과학 탐구 및 과학과제 연구 - [과학과제 연구 지도 사례 Ⅲ] -

생명과학 중심의 과학과제 연구 주제 정하기 및

LESSON 1. 실험 설계 하기

LESSON 2. 생명과학 중심의 과학과제 연구 지도 사례



## 1 생명과학 중심의 과학과제 연구 주제 정하기 및 실험 설계 하기

선생님들께서 실제 생명과학 중심 과제 연구를 지도하시는 과정에서 겪게 되는 어려움에는 어떤 것들이 있을까요?

- ① 주제는 어떻게 정하지?
- ② 주어진 연구 기간 내에서 실험을 마칠 수 있을까?
- ③ 학생이 탐구하고 싶은 생물을 직접 키워야 할까? 생물을 기르게 된다면 분양이나 구입처와 생장 조건은 어떻게 알 수 있을까?
- ④ 생물의 변화를 어떻게 관찰하고 측정할 수 있지?
- ⑤ 단순 관찰 확인 실험이나 이미 있는 실험 과정을 그대로 따라하는 것은 가능할까?
- ⑥ 연구 과정에서 시행착오를 줄이고 실험 과정을 간소화 할 수는 없을까?
- ⑦ 연구 결과를 어떻게 실생활로 확장할 수 있을까?
- ⑧ 과제 연구를 통해 학생의 역량을 기를 수 있게 교사가 어떻게 도와주어야 할까?

생명과학 중심 과제 연구는 다른 과제 연구와는 달리 생물 그 자체를 활용할 경우 생장 속도, 생장 조건 등 고려할 것이 있고 이러한 요인을 잘 가늠하지 못하면 정해진 기간 내에 연구를 완료하지 못할 수 있습니다. 또한 생각하지 못한 변수들에 의해 처음부터 다시 시작해야 하는 경우가 생길 수도 있습니다. 또한 과학과제 연구는 과학적 탐구능력 역량을 기를 수 있어야 하며 이때 과학적 탐구 능력이란 과학적 문제 해결을 위해 실험, 조사, 토론 등 증거를 수집, 해석, 평가하여 새로운 과학 지식을 얻거나 의미를 구성해 가는 것입니다. 따라서 결과와 과정이 이미 제시되어 있는 실험들은 예비 실험으로 수행 후 과정, 재료, 방법 등의 변형이나 추가적인 실험 설계의 기초로 활용하는 것이 좋습니다. 그렇다면 과제 연구를 처음 시작하는 학생들을 어떻게 도와줄 수 있을까요?

### 1. 주제 선정

첫 단계는 '주제 선정'입니다. 주제 선정은 학생들이 관심을 갖고 있는 분야나 학생들이 평소 궁금해 하였던 것들로부터 시작합니다. 과학과제 연구를 처음 시작하는 학생들이 "자기주도적인 탐구 활동"을 할 수 있게 교사는 조연자의 역할을 수행할 수 있습니다.

주제 선정 단계에서 선생님께서는 지도하시는 학생들에게 다음의 생명과학의 영역을 알려주시고 연구 분야를 점점 구체적으로 좁혀나가는 방법을 사용하고 그 관련으로 생명과학실험 등 교과서에 제시되어 있는 실험의 사례들을 살펴볼 수 있습니다. 여기서 핵심개념은 학생들이 학습한 내용의 세부사항을 잊어버린 후에도 지속되길 원하는 개념입니다. 또한 학생들의 궁금증에서 시작할 수도 있습니다.

조금 더 전문적이고 다양한 실험의 사례를 위해 전국전람회 작품이나 한화사이언스챌린지 수상작, 화학탐구프린티어 수상작을 참고할 수도 있습니다. 전국과학전람회 수상작품들을 주제별로 검색할 수 있으며, 학생들이 관심을 갖는 연구 대상 생물이나 주제에 대해서 먼저 연구한 학생들은 있었는지, 그리고 관련된 선행연구들이 어떻게 진행되었는지를 확인해볼 수 있습니다. 국립중앙과학관 홈페이지에서 특별전행사, 전국과학전람회, 전람회통합검색, 분야선택을 클릭합니다. 이때, 생명과학과 관련이 있는 작품 검색하기 위해서는 분야선택에서 동물, 식물, 농림수산, 환경을 선택합니다. '달팽이'를 연구 주제로 아이디어 회의를 진행하는 경우 검색어로 '달팽이' 검색 결과 전체 41건의 과학전람회 작품들이

검색됩니다.

- \* 미래 식량 달팽이를 효율적으로 키울 수 있는 방안 연구
- \* 식용 달팽이를 이용한 채소, 과일 찌꺼기의 저감 최적화 방안 탐구
- \* 마름에 의한 물달팽이의 서식 조건 및 물리적 환경 요인 분석
- \* 달팽이는 왜 여름잠을 잘까?
- \* 달팽이! 세상을 물들이다
- \* 느림보 또아리물달팽이는 얼마나 느릴까?
- \* 우포늪에 서식하는 물달팽이의 먹이활동 분석을 통한 우포늪 수질과의 관계 연구
- \* 두꺼비갯민달팽이는 왜 갯펄을 뒤집어쓰고 살아갈까?
- \* 달팽이 더듬이의 움직임에는 규칙이 있을까?
- \* 민달팽이의 움직임과 먹이습성에 대한 우리들의 탐구
- \* 백와달팽이의 운동습성과 재생에 관한 탐구
- \* 자극에 따른 달팽이 점액 분비량의 변화 탐구
- \* 외래달팽이가 수서생태계에 미치는 영향에 대한 분석

## 2. 아이디어 회의

학생들에게 생명과학의 영역과 관련 실험 사례들을 안내해준 다음에는 각자 어떤 분야에 관심이 있는지 알아보기 위한 방법으로 브레인스토밍(brainstorming) 또는 브레인라이팅(brainwriting)을 통해 아이디어를 적어보도록 하는 방법이 있습니다.

브레인스토밍(Brainstorming)은 창의적인 아이디어를 생산하기 위한 학습 도구이자 회의 기법입니다. 집단의 창의적인 발상을 위한 기법으로 소속 인원들이 자발적으로 참여하여 다양한 아이디어를 산출하고 서로의 아이디어에 대해서 격려하며 자극을 받아 아이디어를 다량으로 생산하는 것을 목적으로 합니다.

브레인라이팅(Brainwriting)은 브레인스토밍의 세부적 방법으로 발언에 소극적인 사람들의 참여를 촉진하기 위해 침묵 속에서도 참가자들 개개인의 다양한 사고와 발현을 이끌어내는 방법입니다.

예를 들어 3.3.3방법이라고도 부르는 구체적인 전략은 3명의 참가자가 각자 3개의 아이디어를 3분 내에 적어내는 방법으로 한 장의 종이에 주제와 관련하여 생각나는 아이디어를 쓰고, 3분이 지나면 시계방향으로 옆에 앉아있는 사람에게 종이를 전달하여 아이디어를 추가하거나 발전시켜 나가는 방식으로 진행합니다.

만약 개인 연구라면 소거법(deletion method)를 이용하여 학생이 아이디어를 지우기 위한 기준을 정하고 우선순위에 따라 아이디어를 지워나가는 방법을 사용하여 스스로의 관심 분야를 찾아갈 수 있도록 지도합니다. 모둠 연구라면 모둠을 구성하는 학생들 사이에 중첩되는 아이디어나 서로 관련이 있는 아이디어를 연결 짓도록 하고, 기준에 따라 아이디어의 우선순위를 정하도록 안내합니다. 학생들과 아이디어 회의는 짧은 시간 동안 자주 모이는 방식이 긴 시간 동안 적은 횟수로 모이는 방식보다 좋습니다. 아이디어 회의를 하다보면, 종종 서로 관련이 없어보였던 아이디어들 사이의 결합을 통해 새롭고 재미있는 연구 주제가 만들어지기도 합니다. 다음 상황을 한 번 살펴볼까요?

학생 A: 우리 아이디어들의 공통점들을 모아서 생활용품의 살균소독을 주제로 연구해보면 어떨까?  
 학생 B: 생활용품들의 살균소독제가 인체에 해로울 수 있다는 신문 기사를 봤어.  
 학생 A: 우리 집도 가습기나 젖병 살균소독제를 사용했었는데 걱정이야. 그런데 살균소독제 속 어떤 성분이 인체에 유해한 것일까?  
 학생 B: 염화디데실디메틸암모늄이라는 물질을 흡입하면 폐를 굳게 한다고 해  
 학생 C: 우리 집에서는 어머니께서 전자레인지로 행주나 유리병을 살균하곤 하셔.  
 학생 A: 전자레인지로 완전히 세균을 없애려면 얼마동안 처리해야 하는지 궁금하네.  
 학생 B: 천연 살균제는 없을까?  
 학생 C: 레몬소주도 살균용으로 쓰시던데 레몬 껍질에 살균성분이 있나봐.  
 학생 B: 천연 살균물질과 전자레인지 중 어떤 것이 더 효과적일까?

시간을 맞추기 어려울 경우에 네이버 밴드와 카톡을 활용하는 것도 좋습니다. 밴드에 그날 조사한 파일들과 실험 사진, 고민들을 기록하여 온라인 연구일지로 활용할 수 있습니다. 특히 밴드는 게시물별 댓글을 달 수 있고 파일과 사진을 따로 검색할 수 있어 편리합니다.

### 3. 생명과학 연구 주제 선정 단계에서 고려할 사항

학생들이 생명현상을 다루는 생명과학을 소재로 연구 주제를 선정할 때, 고려해야 할 사항은 연구 시기와 기간, 변인 통제, 통계 모집단, 사용 생물, 생명 연구 윤리 등입니다. 내용을 한번 썩 살펴보세요.

구분	내용
연구 시기와 기간은?	<ul style="list-style-type: none"> <li>} 연구할 수 있는 총 기간이 어느 정도인가?</li> <li>} 어느 시기(계절, 시간대)에 연구가 진행되는가?</li> <li>} 얼마나 자주 실험하거나 측정하게 되는가?</li> </ul>
변인 통제	<ul style="list-style-type: none"> <li>} 조작 변인은 무엇인가?</li> <li>} 어떤 변인들을 통제해야 하는가?</li> <li>} 종속 변인을 어떻게 측정하는가?</li> </ul>
통계 모집단	<ul style="list-style-type: none"> <li>} 가능한 모집단의 크기는 어느 정도인가?</li> <li>} 어떤 방법으로 표집하는가?</li> </ul>
사용 생물은?	<ul style="list-style-type: none"> <li>} 어떤 생물의 생명 현상에 관심이 있는가?</li> <li>} 생물에게 적합한 생태계 환경은 어떠한가?</li> <li>} 생물의 성장 주기, 세대 기간, 성장 및 생식 방법은 어떠한가?</li> </ul>
생명 연구 윤리	<ul style="list-style-type: none"> <li>} 생명 연구 윤리를 위반하지는 않는 연구인가?</li> </ul>

모델 생물을 활용할 수도 있는데 이들은 한세대가 짧고 자손의 수가 많아 통계처리가 가능하며 교배를 조절할 수 있고 구하고 기르기 쉽다는 특징을 가집니다. 하지만 배양 조건을 맞추어 주어야 하므로 우선 배양실이 갖추어질 수 있는지를 확인한 후 성장 주기와 세대 기간, 성장 및 생식의 조건을 알아보아야 합니다.

표는 생명 과학 연구에 주로 쓰이는 모델 생물들입니다.

모델 생물	분류 그룹		비고
대장균	원핵생물	진정세균	단세포생물
효모	진핵생물	균계(fungi)>자낭균류	단세포생물
애기장대	진핵생물	식물계>속씨식물	다세포생물
예쁜꼬마선충	진핵생물	동물계>선형동물	다세포생물
초파리	진핵생물	동물계>절지동물	다세포생물
제브라피쉬	진핵생물	동물계>척추동물>어류	다세포생물
쥐	진핵생물	동물계>척추동물>포유류	다세포생물

대장균이나 효모를 이용한 실험을 진행할 수 있지만 미생물 배양실이 있고 실험 폐기물을 안전하게 처리할 수 있는 경우에만 가능합니다.

과학과제 연구가 가능한 주제와 적합한 생물이나 문제 상황을 선택하였다면 이제 자신이 궁금한 점을 토대로 가설을 세우고 그 가설을 검증할 수 있는 실험 설계를 하여야 합니다. 우선 관심 주제로 실시된 기존 연구들을 살펴보는 것이 좋습니다. 만약 교과서에 제시되어 있는 실험을 하려한다면 우선 각 실험 과정들이 어떤 의미를 가지는지 파악하게 합니다. 그리고 혹시 더 안전하고 손쉬운 방식으로 변형할 수 있는 부분은 없는지 제시된 실험에서 나아가 조금 더 구체적인 사례를 실험할 수는 없는지를 생각해보게 합니다.

실험 설계를 할 때 누가 실험을 하던 같은 재료와 같은 실험 과정을 거치면 동일한 결과가 나올 수 있을 만큼 자세한 편이 시행착오를 줄일 수 있습니다. 이때 지도 교사는 학생들이 단순히 실험 과정을 따라가는 것 보다 학생들이 과정이나 재료, 방법 등을 변형할 수 있게 질문을 던져주는 것이 좋습니다. 이 과정을 통해 학생들은 검색과 실험 설계가 과제연구의 성패를 좌우할 만큼 굉장히 중요한 단계임을 깨달을 수 있고 앞으로 다른 연구를 할 때에도 시행착오를 줄일 수 있습니다.

## 2 생명과학 중심의 과학과제 연구 지도 사례

실생활 문제는 융합적인 소재인 경우가 많습니다. 때에 따라서 물리의 역학 장치를 사용해야 할 수도 있고 화학 반응을 이용해야 하는 경우도 있습니다. 과제 연구를 진행하면서 총 기간 중 계획단계를 30% 수행단계를 50% 마지막 표현 단계를 20%정도로 두고 계획을 잡으시는게 좋고 계획과 수행 단계에서 탐구일지를 간략히 작성하는 것이 마지막 보고서나 파워포인트 제작시 큰 도움이 될 수 있습니다. 탐구일지는 그 날 알게된 점들과 탐구한 내용들에 대해 당일 작성하는 것이 가장 좋습니다.

다음은 버려지는 게껍질 속 붉은 색소를 추출하여 립스틱 속 타르 색소를 교체해본 연구 사례입니다. 이는 2020 화학탐구프린티어 페스티벌 금상 수상작입니다.

### 1. 주제탐색 및 문제 발견

먼저 연구를 진행하기 위해 주제에 대해 탐색하고 문제를 발견 합니다. 인체에 해로워 미국선 사용 금지된 타르 색소가 립스틱에? 다음과 같은 주제의 기사를 접하게 되었다면 무엇을 해야할까요?

먼저 기사에서 문제가 된 것이 무엇인지 설명하게 합니다. 해외보다 관대한 타르 색소 첨가 기준에 따라 립스틱에 쓰인 색소들이 제대로 명시되어 있지 않다는 점과 어린이용 화장품에도 들어있다는 문제 점을 발견할 수 있을 것입니다. 그런데 정말 우리가 쓰는 립스틱에 타르 색소가 많은지에 대해 구체적인 사례를 물어보아야 합니다. 이 과정은 기사의 말을 그대로 믿는 것이 아니라 타당한 근거가 있는지를 확인하는 과정으로 학생들의 과학적 탐구능력을 길러줄 수 있습니다. 그럼 저 위험한 타르 색소를 왜 사용하는 것일까요? 타르 색소는 립스틱의 붉은색을 내는데 미량으로도 선명한 붉은색을 낼 수 있습니다. 여기에서 학생들에게 물어볼 것은 '이 문제를 어떻게 해결할 수 있는가'입니다. 기사처럼 립스틱에도 타르 성분을 명확히 표시하고 소비자들은 성분을 따져서 구매하라는 해결책을 먼저 생각할 것입니다. 그런데 여기에서 그치지 않고 보다 근본적인 해결책을 생각해보게 하여야 합니다. 립스틱의 타르 색소가 위험한 것이니까 아예 타르 색소로 인한 위험성을 없애려면 어떻게 해야 할까요? 바로 타르 색소를 사용하지 않으면 됩니다. 그럼 다음으로 타르 색소를 대체할만한 것에 무엇이 있을지 알아봐야 겠죠.

그 답은 급식실에서 찾게 됩니다. 누구나 보고 지나친 급식실에 버려지는 게에서 붉은 색소를 추출하여 타르 색소를 대체하자고 생각한 발상의 전환은 타르 색소를 대체할 붉은 색소를 염두에 두고 있어서 가능하였습니다. 그 다음 과정은 게의 붉은 색소는 인체해 무해한가와 게에서 붉은 색소를 추출할 수 있느냐입니다. 여기에서도 중요한 것이 바로 자료 검색 능력입니다. 자신에게 필요한 신뢰할만한 정보를 효율적으로 찾고 정리하는 능력은 모든 과제 연구에서 중요합니다.

### 2. 실험 설계 및 수행

실험 설계를 할 때 전체 실험에 대해 정리한 후 세부적인 연구 방향을 정하는 것이 좋습니다. 또한 실험 재료 준비와 수행 뒷정리까지 학생이 자기주도적으로 수행할 수 있는 습관을 길러주어야 합니다. 기존 연구가 없는 경우 연구를 할 때 당연히 시행착오를 겪게 됩니다. 그런데 이 시행착오를 통해 학생들이 한 단계 더 자라게 됩니다. 혹시나 처음 실험을 하면서 원하는 결과가 금방 나오지 않는다고 '아 저는 실험에 소질이 없나봐요'라 반응하는 학생이 있다면 한 번 만에 원하는 결과가 바로 나오는 경우는 매우 드물다는 것을 알려주세요.

또한 융합된 주제의 경우 생명과학에서 잘 다루지 않는 기기들을 써야 할 경우도 있습니다. 이럴 때에는 그 기기의 사용 목적과 방법을 검색을 통해 파악하게 하는 것이 중요하며 교사가 모든 것을 해결 해주어야 한다는 의무감은 가지지 않으셔도 됩니다.

탐구일지는 매일매일 기록하되 그 양식은 자유로워도 됩니다. 각자의 생각을 정리하고 그 날 알게된 것들과 의문 사항에 대한 기록은 보고서와 파워포인트를 만들 때 유용하게 쓰이게 됩니다.

보고서 작성 시 일반적으로 연구 동기, 탐구 목적, 탐구 과정, 결과 해석, 결론 도출 및 제언의 순을 따르며 필요에 따라 변형할 수도 있습니다. 보통 탐구 과정의 경우 초기 계획과 달라지게 된 부분도 표시를 하게 되는데 계획했을 때와 최종 보고서를 비교하면 보통 계획하지 않았던 추가 연구들을 진행하면서 연구 기간 동안 많은 성장과 발전이 있었음을 확인할 수 있습니다.

처음 과제 연구를 하는 학생이 위와 같은 실생활 문제 해결형 연구를 하기에는 힘든 부분이 있습니다. 이럴때 손쉽게 할 수 있는 것이 교과서에 나와 있는 실험을 토대로 생각을 확장하는 것입니다. 교과서에 양파 세포의 원형질 분리 실험이 제시되어 있는 경우 각 과정의 목적이 무엇인지 파악하게 합니다.

다음으로 실험을 조금 더 쉽게 변형할 수 있는 부분은 없는지 혹은 기존 실험을 하고 난 후 추가로 궁금한 사항을 실험하게 한다거나 재료를 변형하는 식으로 운영할 수도 있습니다. 양파 세포의 원형질 분리 실험을 설계하면서 한 학생이 자색 양파도 흰 양파와 세포 내 농도가 비슷할까라는 의문을 제기하였습니다. 기존 실험에서 재료가 추가되면서 같은 양파이지만 색이 다른 자색 양파는 색만 다른 것인지 아니면 세포 내 농도도 차이가 나는지 알아볼 수 있습니다. 마찬가지로 여름에 수확한 양파와 겨울에 수확한 양파의 세포 내 농도를 비교한다거나 하나의 양파에서 겉쪽과 안쪽을 비교해볼 수도 있습니다. 또한 이 실험을 진행하면서 소금물의 농도를 얼마 간격으로 할지 그렇게 정한 이유는 무엇인지에 대해서도 생각해보게 할 수 있습니다. 교과서에 제시된 방식을 수정 보완하여 설계하는 것이 익숙해지면 스스로 궁금한 문제를 찾아 과학적으로 탐구하는 것이 자연스러워지며 이것이 바로 과학 과제 연구를 통해 길러주려는 탐구 능력입니다..