

## 갯벌보전을 위한 새로운 환경 교육 연구 콘텐츠: 갯벌 해양생물 연구참여 프로그램<sup>1)</sup>

김 태 원<sup>2)</sup>

한국해양과학기술원 선임연구원

갯벌을 체험하기 위해 몰려드는 이들이 해마다 늘어난다. 한국의 여기저기에 우후죽순처럼 생겨난 어촌체험마을에서는 대부분 갯벌체험 행사를 한다. 그런데 가만히 우리나라의 갯벌체험행사를 들여다보면 자연과학자인 나로서는 그리 달갑지 않은 풍경이 연출된다. 체험장에 들어가기 전에 입장료를 내고 갯벌에 너도 나도 호미나 팽이를 들고 가서 흙을 파고 그 속에 사는 조개를 캐내고는 바구니에 담아 집으로 가지고 간다. 말이 갯벌체험이지 대부분의 갯벌체험은 갯벌에서 수산물 잡기 행사나 다름 바가 없다. 이는 환경파괴적인 갯벌체험이다. 그나마 과학적인 갯벌체험 프로그램이 있다면 갯벌에 어떤 생물이 사는가를 알아보는 모니터링 프로그램에 가깝다. 이러한 모니터링 프로그램은 갯벌에 사는 생명체에 관한 정보를 제공하는 의미는 있지만 별로 재미있지도 않고 갯벌생물이 실제로 어떻게 살아가는지에 대해 깊이 있게 알 기회가 적다.

나는 우연한 기회에 연구책임자인 김웅서 박사님의 제안으로 일본의 파나소닉이 지원하고 WWF(세계야생보전기금) 일본, WWF

중국과 손을 맞잡고 한국해양과학기술원이 함께하는 황해생태지역보전지원사업(Yellow Sea Ecoregion Support Program)의 국가 코디네이터 업무를 맡게 되었다. 내가 바턴을 이어받은 2014년은 이미 사업의 마지막 7년째였고, 그 마지막 해를 정리하는 의미가 더 컸다. 그렇지만 갯벌에 사는 생명의 행동과 생태를 연구하는 나로서 이러한 역할을 맡게 된 것이 굉장히 좋은 기회라고 생각하고 생명다양성재단과 함께 무언가 의미 있는 일을 해 보기로 했다. 처음 우리가 생각한 것은 갯벌체험 프로그램의 질을 높여보자는 것이었다. 그렇게 탄생하게 된 것이 바로 갯벌 해양생물 연구참여 프로그램이다.

갯벌해양생물 연구참여 프로그램은 기존의 갯벌체험 프로그램과는 달리 매년 연구테마가 있는 고급적인 과학 체험교육 프로그램이다. 갯벌생명체가 어떻게 살아가는지 과학적 연구방법을 통해 알게 되고 이를 통해서 갯벌보전의 중요성을 깨달아 간다. 대상은 일반인을 비롯해 학생들이 되었다. 여기서는 지금까지 시행한 프로그램을 하나씩 소개하며 그 의미를 살펴보고자 한다.

1)The Novel Environmental Education and Research Contents to Conserve the Intertidal Zone: Tidal Flat Civil Biologist Program

2)KIM, Taewon, Korea Institute of Ocean Science and Technology; E-mail: ktwon@kiost.ac, ktwon@kiost.ac

## 1. 썩은 썩 바지락은 바스락: 썩과 바지락의 상호작용

이 프로그램은 갯벌해양생물연구참여 프로그램의 첫 번째 아이템으로 시행하였다. 또한 현재 한국해양과학기술원에서 수행하고 있는 주요사업과제인 해양 생태계 회복 및 생물자원 생산성 향상을 위한 기반연구 프로젝트와 연계하여 진행하였다. 최근 서해안 갯벌에는 급속도로 썩(burrowing shrimp)이라는 생물이 증식하는 현상이 발생했다(그림 1). 썩은 보통 굴을 1m 깊이로 깊게 파고 들어가서 사는데 갯벌에 여러 썩이 구멍을



그림 1. 갯벌에 살고 있는 썩의 모습

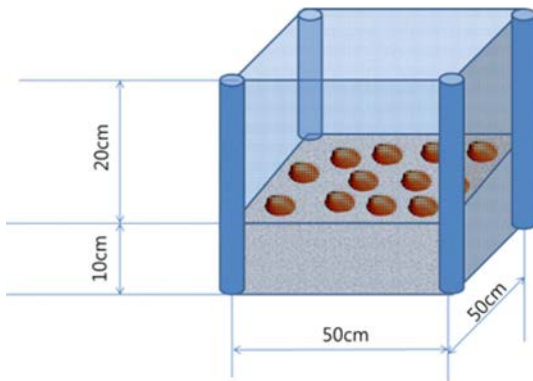


그림 2. 실험을 하기 위해 설치를 하는 실험장의 모식도(좌)와 실험장을 만들어 바지락을 심고 있는 참가자들(우)

파고 있는 것을 보면 마치 연탄구멍을 연상하게 된다.

서해안에서 어민들이 양식을 하고 있는 바지락의 생산이 급감하자, 어민들은 이 원인이 썩이 급증했기 때문이라고 생각하게 되었다. 심지어 이런 내용의 방송이 과학적 검증을 거치지 않고 뉴스를 타고 방영되기도 했다. 그래서 나는 먼저 썩의 유무가 바지락의 생산에 영향을 미치는가를 알아보기 위한 실험을 하고자 했다. 이를 위해서 기존에 해양기술사 협회에서 충남 서산의 남당리에 그물을 바닥 15cm 깊이에 깔아 썩이 올라오지 못하게 제어한 한 시험구역이 있었는데 이 설치를 이용해서 실험을 해 보기로 했다. 그 실험 설계는 간단하다. 썩이 올라오지 못하게 제어한 곳과 그렇지 않은 곳에 바지락을 외부에서 심어 바지락의 생존율과 성장률을 비교해 보는 것이다. 그리고 추가적으로 썩의 밀도가 영향을 줄 수 있기 때문에 썩의 구멍 수 만큼 바지락을 더 심어 바지락의 밀도 영향을 보는 실험도 함께 진행하였다.

실험에 참여하기 위해서 한국해양과학기술원과 생명다양성 재단뿐만 아니라 이화여자대학교와 연세대학교의 대학원생들이 주도



적으로, 코리아타임즈, 에티오피아 대사관이 옵서버로 참여하였다. 처음에는 갯벌에 서식하는 쪽과 바지락의 생태에 대해 간략히 설명하고 방형구를 이용해 어떻게 갯벌에 사는 생물의 수를 측정하는가를 공부하였다. 그리고 준비해 온 실험 도구로 실험을 위한 실험장을 설치하고 바지락을 그 안에 심는 실습을 조를 나누어 시행하였다(그림 2).

실험설치가 되고 3개월이 지난 후, 해양과학기술원 연구원들이 설치해 놓은 실험장에 가서 바지락을 다시 캐내었다. 몇 마리가 생존해 있는지 생존한 개체의 크기는 얼마인지를 기록하고 변화를 살펴본 결과 일반적인 예상과는 달리 바지락의 생존률은 쪽이 있고 없고, 바지락의 밀도가 높고 낮음에 대해 전혀 차이를 나타내지 않았다. 크기의 변화도 실험처리간 나타나지 않았다. 이 결과를 바탕으로 쪽의 존재가 바지락 성체의 사망과 성장에 심각한 영향을 미치지 않는 것으로 보인다는 결론을 내리게 되었다. 아마도 갯벌이 쪽이 살기 좋고 바지락이 살기 좋지 않은 환경으로 변해서 마치 쪽의 급증이 바지락의 급감의 원인이라는 인과적 관계로 오인하게 된 것이 아닌가 한다.

## 2. 마파람에 게 눈 감추듯 : 게의 포식자 회피와 습관화

‘마파람에 게 눈 감추듯’이란 보통 재빨리 무언가 먹어치우거나 없애는 것을 표현하는 속담이다. 그런데 이만큼 게의 생태를 정확하게 이해하고 표현하는 속담이 다른 나라에 어디 있을까 싶다. 마파람은 북풍을 의미하는데 바람이 한 번 불어도 게가 자신의 굴속으로 눈을 감추는 모습을 빗댄 말이다. 보통 게는 눈자루에 눈이 붙어 있어 좌우로 움직인다. 갯벌에 사는 게는 이 눈자루가 바위에 사는 게보다 상대적으로 긴 편이다. 게가

잠망경처럼 자신의 굴이나 물속에서 눈자루만 내어 놓고 바깥을 내어다 보는 것을 볼 수 있는데 이렇게 하다가 포식자가 없는 것이 확인이 되면 바깥으로 나와서 활동을 한다.

게가 포식자를 인지하는 메커니즘에 대해서 간단히 설명을 하면 이렇다. 게는 눈의 지평선(eye horizon) 위로 움직이는 사물을 포식자로 인지한다. 눈의 지평선 아래에서 움직이는 사물은 위협을 하지 않는 동료나 다른 종으로 인식을 한다. 포식자가 나타난 것을 알아채면 재빨리 자기 굴로 다시 숨는다. ‘마파람에 게 눈 감추듯’ 프로그램은 이러한 게가 포식자를 인지하는 메커니즘을 실제 자신이 포식자가 되어 체험을 하는 것이다(그림 3).

멀리서 먼저 활동하는 게를 한 마리 지정한 후 자신의 키를 아는 관찰자는 게에게 앞으로 천천히 다가간다. 게가 자신의 굴로 숨는 것을 관찰하면 그 지점에서 멈춘다. 그 지점에서 게가 관찰자를 보고 포식자로 인지한 지점이다. 관찰자는 자신의 위치를 표시하고 게가 얼마나 오래 숨어 있는지를 스톱워치로 측정한다. 게가 바깥으로 나오게 되면 이번에는 더 접근하지 말고 앉았다 일어서기를 해 본다. 게가 만약 그것을 알아채



그림 3. 드넓은 갯벌에서 게의 포식자 회피 실험을 하고 있는 문산여고-히로시마 고등학교 학생들

고 굴 안으로 숨는다면 두 번째 포식자 회피 거리는 첫 번째 포식자 회피 거리와 같다. 앓았다 일어서기를 하면 계가 다시 놀라서 굴 안에 숨을 것 같지만 사실 굴 안으로 숨지 않고 활동을 하는 경우가 대부분이다. 왜 그럴까? 동물에는 똑같은 자극이 계속해서 주어지면 처음에는 반응을 하다가 그 다음에 반응을 하지 않는 습관화(habituation)라는 학습현상이 있다. 계는 처음 다가오는 물체로 포식자를 인지하고 자기 굴로 숨지만 그 다음 같은 거리에서 다시 움직이게 되면 자신에게 위협이 되지 않는 존재로 판단을 하고 더 이상 회피반응을 하지 않는 것이다.

여러 관찰자들이 자신이 모은 데이터로 키와 회피거리와의 상관관계를 알아보면 키가 클수록 회피거리가 짧아지는 것을 알 수 있다. 이러한 연구결과를 통해 참여자들은 자연스럽게 계의 포식자 인지 메커니즘과 습관화라는 것을 학습할 수 있다.

이 프로그램은 한국의 문산여고와 일본의 히로시마 고등학교의 과학교류캠프(SSH 프로그램)에서 시험적으로 운영된 바 있으며 교사들과 학생들에게 아주 좋은 반응을 얻었을 뿐만 아니라 히로시마 고등학교의 교사는 일본에서도 이 실험을 또 해보겠다고 했다.

### 3. 갯벌 흙 함부로 밟지 마라 : 갯벌탐사가 갯벌생물의 활동에 미치는 영향

사실 수많은 사람들이 갯벌을 체험하기 위해 방문을 하지만 정작 갯벌을 보전하기 위한 노력은 찾아보기가 힘들다. 갯벌을 수많은 사람들이 밟고 지나가고 있음에도 불구하고 그러한 사람들의 방문이 갯벌에 사는 생명들에게 어떤 영향을 줄지 생각을 해 보

지 않는 경우가 태반이다. 그래서 만든 프로그램이 ‘갯벌 흙 함부로 밟지 마라’이다.

사실 나는 안도현 시인에게 이 제목에 관한 영향을 받았음을 부인하지 못하겠다. 바로 내가 좋아하는 ‘연탄재’에 관한 안도현 시인의 짧은 시다.

*연탄재 함부로 밟지 마라.*

*넌 누구에게 한번이라도 뜨거운 사람이었느냐.*

그래서 나도 그에 대한 대구로 시를 지어 본다.

*갯벌 흙 함부로 밟지 마라.*

*넌 생명을 한 번이라도 풀어본 적 있느냐.*

‘갯벌 흙 함부로 밟지 마라’의 프로그램은 다음과 같은 취지에서 만들어졌다. 우리가 체험활동으로 갯벌 흙을 밟게 되었을 때, 밟는 빈도가 높아지면 갯벌에서 서식하는 생물의 활동에 영향을 주는지를 알아보는 것을 골자로 한다. 갯벌에서 사는 생명 중 상당수는 갯벌에서 물이 빠지는 간조시가 되면 바깥으로 나와 먹이를 먹는 활동이나 짝짓기와 같은 활동을 한다. 대표적인 경우가 갯벌에 사는 게나 갯지렁이와 같은 경우다. 이들은 갯벌 흙에 굴을 파고 살고 갯벌에 물이 빠지면 밖으로 나와 활동을 하지만 사람과 같은 잠재적인 포식자가 나타나면 자기 굴 안으로 다시 들어가 숨는다. 따라서 갯벌에 찾아가 자주 방문을 하고 갯벌을 밟게 되면 그 지역에 살고 있는 생명체도 영향을 받을 것이라고 생각할 수 있다. 이를 검증해 보기 위해서 갯벌 위에 임의로 똑같은 면적의 구역을 세 군데 정한 후 한 곳은 갯벌 흙을 많이 밟고, 다른 곳은 갯벌 흙을 적당히 밟고, 또 다른 한 곳은 갯벌 흙을 전혀 밟지 않은 후에 그곳에서 활동을 하는 생물의 빈도가 달라지는지를 알아보기로 했다(그림 4). 이 때 대상이 된 생물은 갯벌 생물 중에서

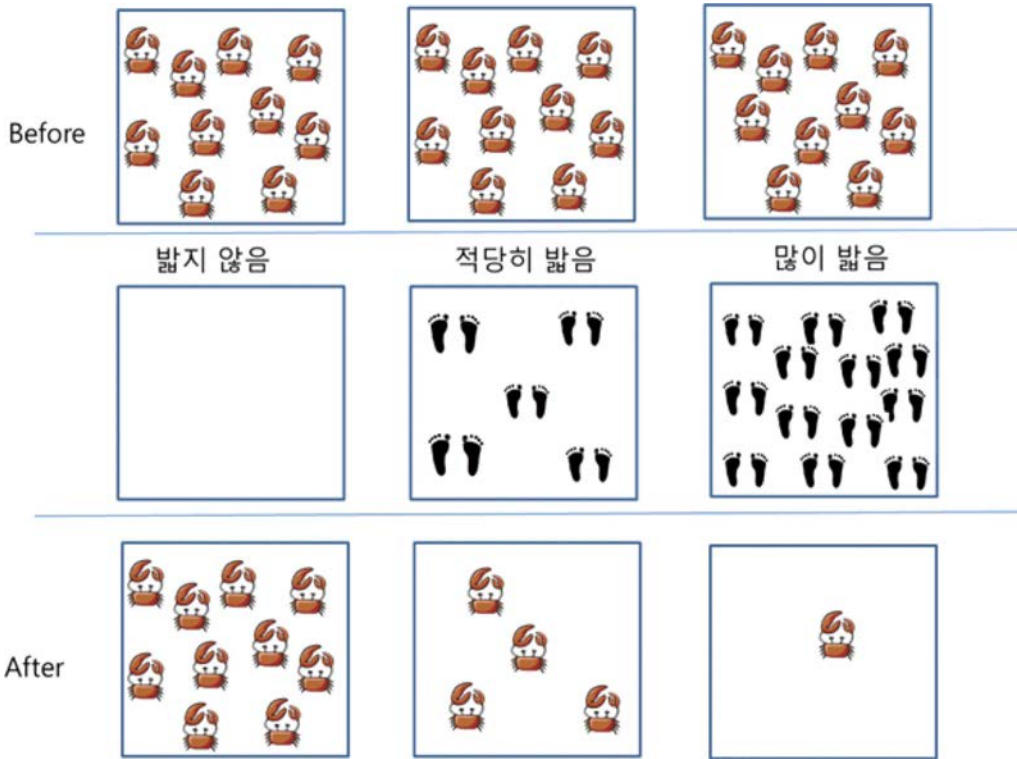


그림 4. 갯벌흙 함부로 밟지 마라의 실험 개념도



그림 5. 갯벌흙을 밟는 실험을 하고 있는 참여자들

가장 활동하는 것을 알아보기 쉬운 게 되었다. 이 실험은 원래 황해생태지역보전사업의 시범사업지로 선정이 된 전라남도 무안의 갯벌센터 앞에서 진행을 하였다. 서울대학교 환경대학원 학생들과 대한불교진흥원에서 운영을 하는 ‘숨도’의 일원들, 그리고

인천대학교, 부경대학교 학생도 함께 참여를 하였다(그림 5).

짧은 시간동안의 실험이었지만 실험 결과는 매우 명확하게 드러났다. 갯벌에서 들어가 많이 밟은 지역일수록 밟기 전과는 확연히 다르게 계의 활동 빈도가 떨어지는 것을 볼 수 있었다. 그 영향은 밟고 난 후 10분이 지나서 뿐만 아니라 30분이 지나서도 계속되었다. 30분 동안 활동이 저하된 것 가지고 무엇이 대수냐고 할지 모른다. 그러나 갯벌 생물에게 30분이란 굉장히 중요한 시간이다. 갯벌생물이 바깥에 나와 활동할 수 있는 시간은 간조시를 전후에 3-4시간 정도 밖에 되지 않는다. 이 시간 동안 자신들의 생존과 번식에 필요한 중요한 일을 해야 하는데 그 중 15% 이상의 시간동안 활동에 간섭을 받는다면 중요한 일들을 못하고 제약

을 받을 수 있다. 15%야 짧은 시간 동안 밟았을 경우지만 만약 갯벌체험을 위해 사람들이 계속 갯벌을 밟는다면 그 지역에 사는 생물들 대다수는 바깥에서의 활동에 거의 전일 제약을 받을 수밖에 없다.

#### 4. 밤이 아름다운 생물들: 야간생물의 포식자 회피

예전에 배우 장미희씨가 대중상 시상식에서 여우주연상을 받을 때 소감을 말해 달라는 진행자의 요청에 “참 아름다운 밤이에요.”라고 참으로 멋들어진 소감을 말한 적이 있다. 이 프로그램의 제목은 이 일화에서 착안했다.

이 프로그램은 밤에 갯벌에서 살아가는 생물들을 관찰하기 위해서 만들어졌다. 갯벌체험은 흔히 낮에 이루어지지만 밤에도 밖에서 나와 활동하는 생물들이 많이 있다. 이들이 밝은 대낮에는 보통 시각을 이용해 포식자가 접근하는 것을 알아채고 자기 굴 안으로 숨지만 밤이 되면 빛이 매우 약하기 때문에 포식자에 대한 반응도 낮과는 다를 수 있다. 이에 대해 체험해보기 위해서 다음과 같은 실험을 해 본다. 먼저 공기 중에 막대를 부딪쳐 소리를 내어보고 동물이 도망가거나 숨는지를 알아본다. 만약 동물이 소리를 듣고



그림 6. 야간에 갯벌생물을 관찰하는 관찰자들 ©생명다양성재단

반응하지 않는다면 다음은 발로 땅을 두드려 본다. 그래도 동물이 반응을 하지 않는다면 다음에는 가지고 간 손전등으로 연한 빛을 쏘아본다. 그리고 점차 동물이 있는 앞으로 조심스럽게 다가가 본다(그림 6).

실험을 해 보면 막대를 부딪쳐 공중에 소리를 내거나 발로 땅을 두드려 보아도 동물이 쉽게 도망가지 않는다. 손전등으로 동물을 비추었을 때 약간 움찔하는 반응을 낼 뿐이나 동물이 있는 곳까지 아주 가까이 다가가서야 그 동물은 안에 들어가 숨는다. 왜 낮에는 시각적인 신호에 민감하게 반응하여 빨리 도망을 가던 동물들이 밤에는 그보다 느리게 외부 자극에 반응을 하지 않는 것일까? 그 이유는 이들이 밤에는 상대적으로 포식자가 적은 환경에서 살았기 때문에 밤에 포식자를 인지하는 민감도가 상대적으로 덜 발달했기 때문이라고 볼 수 있다. 자연선택은 개체의 입장에서 생존과 번식에 불필요한 반응은 선택하지 않는다. 이러한 야간의 체험활동을 통해 야간생물의 포식자 회피 반응이 상대적으로 주간에 비해 무뎠 수밖에



그림 7. 밤이 아름다운 생물들의 실험 및 관찰 결과를 설명하는 그림 ©생명다양성재단

없게 진화했음을 자연스럽게 배울 수 있다 (그림 7).

## 5. 레벨이 달라요 : 조간대 생물의 대상 분포

2014년 갯벌해양생물 연구 참여 프로그램의 마지막은 갯벌을 연구하는 자연과학자의 가장 기본으로 돌아가 보자는 취지에서 만들어 보았다. 자연과학자의 기본은 자연을 관찰하는 것에서부터 출발한다. 그래서 아무런 부담 없이 갯벌에 가서 그곳에 사는 생물을 관찰하는 프로그램을 진행하였다. 갯벌에 가면 많은 생명체들이 아무런 질서 없이 살고 있는 것처럼 보인다. 그러나 사실은 그렇지 않다. 갯벌마다 조위라든지 썰의 특성이 다르기 때문에 각 서식지에 사는 생물은 그 서식지 환경에 특화해서 적응해 있다. 특히 서식처에 물이 들어오고 나가는 것이 주기적인 이 생물들은 각기 미세한 차이라고 할지라도 물이 들어오고 나가는 시간에 따른 서식처가 특화되어 있다. 이를 전문적인 용어로는 대상분포(帶狀分布, Zonation)라고 한다. 이 프로그램에서는 갯벌의 상부조간대부터 하부조간대까지 어떤 생물이 살고 있는지 그들이 살고 있는 썰의 특성은 어떠한지 남긴 흔적은 어떠한 것이 있는지, 살아가



그림 8. 갯벌의 암반조간대에서 생물을 진지하게 관찰하고 있는 참가자들 ©생명다양성재단

는 모습은 어떠한지 알아보는 것을 골자로 했다. 더불어 갯벌에는 갯벌만 있는 것이 아니라 암반조간대가 곳곳에 있기도 하고 물이 빠지고 난 후 웅덩이(tide pool)이 있기도 하다. 갯벌의 생물들이 각각 이러한 다양한 서식처에서 어떻게 살고 있는지 알아보며 자연스럽게 갯벌의 생명체의 적응에 대해 배울 수 있다.

이 프로그램은 충남 서산군 오지리 갯벌에서 시행이 되었다. 오지리는 일반적으로 백령도에만 살고 있는 것으로 알려진 물범이 일부 내려와 휴식을 취하는 것으로 보고가 된 곳이기도 하다. 지금까지 시행되었던 프로그램 중 가장 많은 신청자가 몰려 어쩔 수 없이 참가인원을 25명으로 제한해야 했다. 서울 경기 지역의 중고등학교 학생들, 일반인들을 비롯한 참가자들은 먼저 갯벌에 살고 있는 생물에 대해 개괄적인 설명을 들었다. 그리고 pH미터나 DO미터 같은 장비로 연구원들이 바다환경을 측정하는 시연을 보고 설명을 들었다. 다음 조간대 상부에서부터 따라서 내려가며 어떠한 생물의 살고 있는지 또는 어떠한 생물의 흔적이 남아있는지 관찰하고 그림으로 그려 보거나 사진을 찍어 보는 활동을 추운 날씨에도 불구하고 매우 진지하게 수행했다. 관찰지에서 발견한 생물과 그에 대해 의문이 생기면 전문가에게 나중에 질문을 해서 의문을 푸는 방식으로까지 진행을 하였다. 때로는 스스로 발견한 것이 세계 최초의 발견일 수도 있다. 모든 과학의 가설은 관찰에서부터 시작하기에 가설을 세울 수 있는 틀을 스스로 만들어 보는 것도 이 프로그램의 목적이었다.

## 맺음말

1년 동안 4회에 걸쳐 5가지 아이টে으로 진행된 갯벌해양생물 연구참여 프로그램의 실



그림 9. 갯벌해양생물 연구참여 프로그램의 선순환 구조

협은 매우 성공적이었으며 환경친화적이고 비침입적인(non-invasive) 갯벌체험 프로그램의 대안으로 가능성을 평가받았다. 갯벌해양생물 연구참여 프로그램은 무엇보다도 잘 모르고 있던 갯벌생물의 삶에 대해 자연스럽게 알아나감을 통해 갯벌을 보전해야 한다는 인식을 확산시킴으로써 아래로부터의 접근방법(bottom-up approach)를 통한 갯벌보전에 기여를 하는 긍정적인 효과가 있을 것으로 기대가 된다.

앞으로 이 프로그램은 다음과 같은 선순환 구조로 지역사회와 학교에 보급하는 것을 제안하고 싶다. 연구자는 지속적으로 프로그램을 개발해서 지역사회나 학교에 보급하고 연구지원을 받는다. 지역사회나 학교는

참가자들에게 참가비를 받거나 학교 교육 프로그램 등으로 운영을 할 수 있다. 학생과 일반인들을 비롯한 참가자들은 연구자로부터 교육을 받으며 연구참여 프로그램으로 수집한 데이터를 연구자에게 공급한다. 사실 연구자들에게는 과학적인 실험을 하고 싶으나 일손이 부족한 경우가 많고 또한 현장 체험 교육을 요구하는 이들이 많기 때문에 서로의 필요가 충족이 되는 윈-윈(Win-Win)전략의 현실적인 모델이 될 수 있다고 생각한다. 특히 요즘 같은 인터넷이 발달한 시대에는 프로그램의 보급만 잘 되어 있다면 시민과 학생이 수행한 데이터 수집이 과학의 발전에 기여하는 참여형 연구의 성공사례로 자리매김 할 수 있을 것이다.