

자연조화형 어항만들기 ①

조장의 부가에 관하여

(藻場)

조장의 부가에 관하여

연안역 관리의 필요성이 높아지는 가운데 어항, 어촌정비와 자연조화의 접점으로서 바다의 초원이나 산림에서 최근 소멸 쇠퇴가 현저한 조장의 부가가 다루어지고 있다. 그러나 자연의 조장자체가 환경변화에 의하여 변질되어 정확한 파악이 곤란한 실정이다.

조장의 부가는 목적에 적합한 기술을 선정하는 것이 중요하고, 특히 자연과 조화하는 어항에는 가급적 관리하지 않아도 되는 조장조성의 기술이 적합하다. 구체적인 시공으로서는 해조류 성장기반의 개량이나 부피 불리기가 기본이 된다.

항만 분야에서는 '覆砂'라 불리는 자연조화의 관점에서

시공이 있고, 해저 퇴적물 위에 모래를 덮어, 영양염류의 용출을 막아 오염을 방지하려고 하고 있다. 또 완경사 호안에서의 조장 형성, 해수 교환형 방파제, 해수 정화형 호안 등을 시도하고 있다.

해안보전시설 분야에서 이안제, 인공리프, 돌제, 인공해빈, 제방 호안 등의 구조물을 설치함에 따라 물리환경이 변화되고, 구조물 주변의 생태계에 영향을 미치는 일이 명백해졌다. 한편, 사빈해안에 이안제, 인공리프, 돌제 등이 설치되면 주변에 암초성 생태계가 새로 생기고 종류의 수와 생물 밀도가 증대하는 사실도 증명되었다.

인공섬식 발전소의 구상에서는 가급적 관리하지 않아도 되는 조장조성의 관점을 중시

하고, 사업을 실시하는 장소를 충분히 검토한 후 선정하는 것이 특징이다. 이 중에서 다시마 장의 조성에 대하여는 인위적인 관리를 하면 정리되므로 그 이외의 경우에 대하여 시행하는 방법이 제시되었다.

자연과 조화하는 어항에서 조장의 부가는 수산자원의 증식에 기여하는 한편, 어항환경의 유지, 경관의 보전, 조합적 도시관리시스템의 구축, 미티게이션 도입시의 기초기술 검토 등 새로운 의의를 가진다. 구상형으로서는 조장용 기반의 시공과 해수여과를 중심으로 한 수질정화의 짜맞춤을 구상할 수 있다.

앞으로는 여러 지점에서의 검토를 거쳐 공통 문제점이나 해결책을 모색하는 일이 중요한 과제이다.

왜 '자연조화형 어항만들기'라 하나

연안역관리 필요성

해안에서 바다의 영향을 받는 육역과 해안에서 육지의 영향을 받는 해역을 합하여 연안역이라 부른다. 연안역은 뛰어난 자연환경, 풍부한 수산자원 등 여러 가지로 이용 가능하고 다양한 자원을 지니고 있으나, 근래에 와서 이용이 고도화, 다양화되고, 양적으로도 증대해 오고 있다. 그 때문에 하천 호소의 수계를 포함한 연안역의 이용과 보전은 종합정비와 관리에 의하여 이루어 나갈 수 있다. 연안역관리는 여러 가지 목적으로 이용되는 연안역의 환경을 보전하고 지속적으로 이용하기 위해서는 장기적인 계획에 의하여 실시되어야 환경의 질을 과거보다 높일 수 있다.

어항과 연안역관리

일본 연안에 약 3,000개소에 산재하는 어항에서는 어선의 안전 방재 및 수산물 생산기지로서의 기능이 기본이 된다. 그러나 현재 어항에서는 인공종묘의 방류, 중간 축양장으로서 재배어업에 관한 수산증식상의 기능이 요구되기 시작하였다. 따라서 현재 ①

어항의 보전과 이용지침의 책정 ②어항의 환경기본 모형의 작성 ③어항에 있어서의 환경관리계획의 책정 ④어항의 경관규제 검토 ⑤종합적인 토사관리시스템 구축에 기여 ⑥일본의 실정에 걸맞는 미티게이션의 도입 ⑦지구온난화를 포함하여 장기적 시점에 입각한 어항의 보전계획 ⑧어항의 적정한 관리를 추진하는데 필요한 법률이나 제도의 정비 ⑨장기적인 어항 모습의 계속적인 심의 등이 매우 중요하게 되었다.

어항과 자연조화

에도(江戸)시대의 일본 재래식 목선은 폭이 넓고, 선저가 평탄하고 흘수가 얇고, 노가 고정되어 있지 않아, 선상으로 끌어올리기가 가능하였다. 당시에는 인공으로 만들어진 항구가 거의 없고, 하구나 입만, 강 등이 선착장으로 이용였으며 재래 목선은 쉽게 출입 정박할 수 있었다. 즉, 선착장은 자연과 조화하고 있었다. 그러나 明治 이후 흘수가 깊고 노가 고정된 서양형의 배가 보급되면서 준설이나 방파제를 수반하는 항구의 정비가 필요하게 되었다. 어항의 정비는 大正 말기부터 시작되어 어선의 대형화 척수증가, 하역용지의 조

성, 방파제의 연장 등 안전 방재, 개발 이용의 요구에 맞게 추진되었다. 현재는 기존 최고 수준의 기술을 구사함으로써 안전하고 사용하기 쉬울뿐만 아니라 주변 환경의 정비를 포함하여 보다 많은 사람이 이용할 수 있는 어항을 '자연조화형'으로서 정비할 것이 요구되고 있다.

조장을 알고 있습니까?

바다의 초원과 산림

조장(藻場)은 연안역에서 햇살이 충분히 비춰지는 수심 20m정도까지의 암초에 다시마류나 모자반류 등 갈색 대형 해조류가 성장하여 바다의 숲으로 되어 있는 장소, 또는 개우무 등 녹색 해초류가 갯벌지역 등에 밀생하여 바다의 초원으로 되어 있는 장소이다. 그 때문에 숲이나 초원에서 동물이나 곤충 등이 번식하는 것과 같이 조장은 다양한 어류나 조개, 섬게류 등 해양생물의 보고로 되어 있다.

또한 조장을 만드는 모자반류 등이 해저에서 떨어져 해면을 떠도는 유조는 많은 종류의 어류나 게류 등 치자의 서식장으로 이용되고 있고, 그 중에서도 태평양이나 동중국 해상의 유조에 숨어서 사는 방어치어는

마래비양식의 종묘에 사용되고 있다.

쇠퇴 소멸되는 조장

하구역의 물이 얇은 먼바다 쪽에는 개우무 장이 많다. 또 그 주변의 바위나 돌에는 다시마류나 모자반류가 성장하고, 바다숲이나 모자반류 조장으로 되어 있다. 조장이나 간석이 형성되는 연안역의 얇은 곳은 환경보전이나 수산증식의 측면에서는 보호해야 할 자연 환경이라 말할 수 있으나 반대로 상공업 용지의 조성이나 항만의 확장 등 개발행위의 관점에서 적절할 때립지였다. 거기에는 인구도 많고 정온하여 공사진행이 용이하고, 수심이 얕으므로 때립비용이 적게 들

기 때문이다(그림 1). 현재로서는 발전소, 비행장, 폐기물 하수처리장 등 생활에는 필요하나 스스로의 거주지 가까이 라면 꺼려하는 시설이 해변 때립지에 건설되는 움직임이 가속화되고 있다.

조장을 둘러싼 환경변화

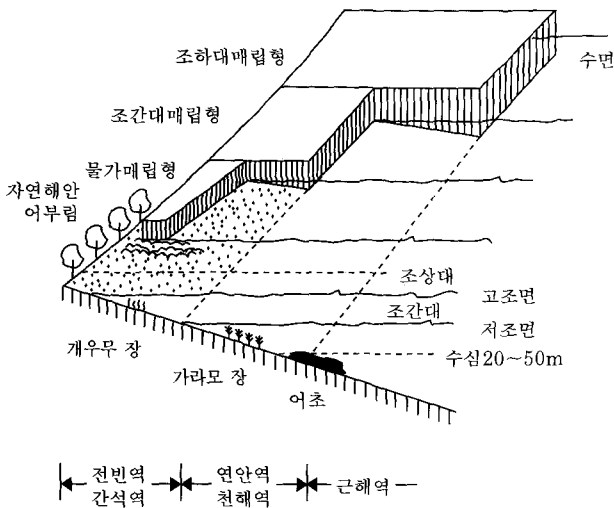
때립지와 호안에 의하여 정온하고 물이 얇은 지형이 갑자기 깊은 인공적인 벼랑으로 바뀐다. 이것은 공공사업을 포함하는 연안역 개발에 대해서는 공적으로 인·허가되고 절차에 따라 실시된 결과이다. 그러나 그것들이 맥락을 잃고, 여러 방향으로 여러 번 반복되면 해저의 조장과 해양생물은 이러한 환경변화에 계

속 영향을 받게 된다. 때립지와 해면에 설치된 양식시설은 정도의 차는 있겠으나 태양빛이 투과하는 얇은 장소를 소멸, 감소시키고 파도나 흐름을 변화시키는 의미에서 공통점이 있다. 조장에서 볼 수 있는 생태계는 연안역의 자연 환경에 있어서 불가결한 구성요소로 되어있을 뿐, 그 다양성 때문에 모두 정확하게 파악하기 어려운 실정이다. 이런 가운데 해안방재에 관계되는 사업은 건설성하천국, 운수성항만국, 농림수산성구조개선국, 수산청에 의하여 '에코 코스트사업'으로서 상호조정 길이 열리고 있다.

조장의 부가에 관한 기술

적합한 기술 선정

조장의 부가에 관하여는 ① 완전한 관리하에 재배하는 기술(다시마 미역 등 대형의 해조류 자체가 식료, 사료, 원료용 등으로서 직접적인 경제가격을 지니는 경우) ②코스트를 고려한 관리하에 해조류를 증식시키는 기술(대황 감태류 등 전복, 소라, 섬게 등 조식동물의 이료와 생활권을 확보하여 어획을 통한 경제가치가 명료한 경우) ③가급적 관리하지



〈그림 1〉 해변매립양식

않아도 되는 기술(연안해역 환경보전에 의한 생물자원 증대가 주목적으로 될 경우) 등에서 목적에 적합한 기술을 선정하는 것이 중요하다.

관리하지 않는 조장조성

가급적 관리하지 않아도 되는 조장조성은 대상지역에서 조장이 분포하는 자연 환경조건을 모방함으로써 조장을 형성하는 해조류가 성장하기 쉬운 기반을 정비하여 해조류의 번식을 촉진하고, 자연의 조장에 유사한 상태를 만드는 일이다. 가급적 관리하지 않는 사고방식에 의하여 조장이 만들어지기 위한 환경조건을 정리한 때에는 특히 근처에 자연의 조장이 존재하는 경우에는 모조나 종묘의 이식은 필요없으며, 만들어진 조장의 영속적인 유지가 가능해진다.

해조류 성장기반의 개량

조장조성의 대상지역은 지리적으로 특이하며 주로 대략 점점 깊어지는 지대가 해당된다. 따라서 빛, 부착기질, 물의 움직임, 조식동물, 기질의 경합 등 국지적으로 조장의 분포를 제한하는 요인 파악이 중요하다(그림 2). 개개의 요인을 전체적으로 완화하는 것은 시공에 있어서 현실적이지 아니다.

대상지역마다 조장의 분포를 국지적으로 제한하는 주된 요인이 존재한다는 가설에 따라 현지조사를 통하여 확인하고 시공하는 것이 현실적이다. 구체적으로는 ①빛의 양을 확보하기 위한 높이기 ②모래흙 피복의 영향을 완화하기 위한 기반의 개량 ③복방 새치성게 등 조식동물 채식의 영향을 완화하기 위한 높이기와 기반의 개량 ④해파리 등 고착동물 피복의 영향을 완화하기 위한 높이기 ⑤서식기반의 단단함을 확보하기 위한 기반의 개량 등을 들 수 있다.

항만구역의 환경창조 사례

보다 좋은 자연 생물환경을

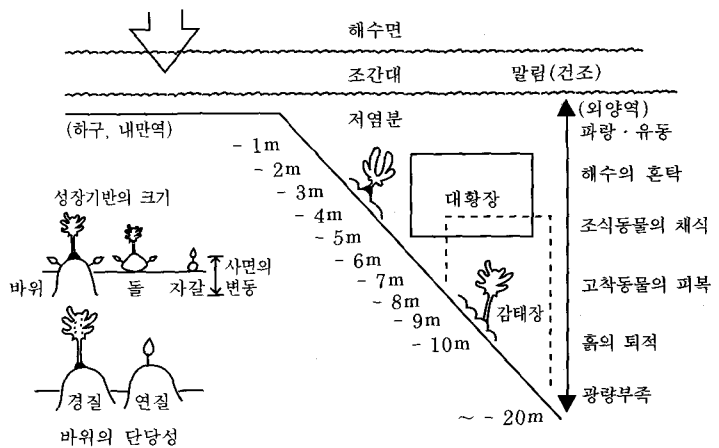
만든다

운수성 관할 항만구역에 있어서도 자연과의 조화는 가장 큰 과제가 되고, 환경이나 생물과의 공생이라는 관점에서 특히 해수의 정화가 중요시되고 있다. 광대한 해역을 대상으로 한 해수정화는 기술적으로나 비용적으로도 상당히 곤란하다. 그러므로 폐쇄성 해역을 대상으로 하여 여러 가지 환경창조가 시도되고 있다.

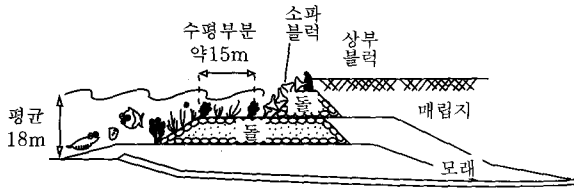
'覆砂'라 불리는 기술이 좋은 예이다. 해저에 퇴적된 썰위에 모래를 덮어 영양염류의 용출을 막고, 오염을 방지코자하는 것이다.

환경과 공생하는 항구

關西국제공항의 인공섬에 돌로 쌓은 완경사 호안에서는 조



〈그림 2〉 암초역에서 조장분포의 국지적인 제한요인 모식도 (태평양쪽 해안중간부분을 가정)



(그림 3) 돌로 쌓은 환경사 호안단면(A호안)

장이 형성되어 많은 어개류의 서식이 확인되고 있다(그림 3). 환경공생형 항만구조물의 해수교환형 방파제는 벽면에 개구부를 설치한 구조로서 항내를 파랑으로부터 지키면서 해수교환의 기능을 가지는 것으로 항내 해수의 흐름을 원활하게 한다. 해수정화형 호안은 가운데 쪽에 작은 돌로 메운 호안에 조석을 이용하여 해수를 끌어들이는 구조이다. 작은 돌에 착생한 미생물에 의하여 해수중의 유기물이 제거되기 때문에 해수가 정화된다. 이것을 礫間점축산화법이라 말하며 운수성에서 실용화를 위해 시도하고 있다.

해안 보전시설 검토

이안제 건설의 예측

건설성에서는 해안의 안전방재를 목적으로 설치되는 이안제를 중심으로 자연조화의 관점에서 연구를 추진하였다. 예컨대 이안제의 설치에 따르는 생태변화의 예측법을 검토

하기 위하여 해역을 9개로, 또 이안제의 설치해역의 저질 상황을 5개소로 구분하고, 이안제와 생태계와의 관계에 대하여 해석하였다. 예측대상 생물은 어류, 기타 생물 110종 이상을 정하고 해구와 저질상황을 조합한 중요한 40가지 경우 이상에 대하여 생물의 이동, 정착, 위집 등 생태의 변화를 모식도화 하였다. 그리고 주요한 예측대상 생물 100종 이상에 대하여 개별모델로서 분포역, 생활사, 이안제와의 관계, 이용방법을 생태특성으로서 정리하였다.

다양한 사례 검증

케이스연구로 이안제, 인공리프, 돌제, 인공해빈, 제방호안, 산호초해안 등의 사례에 있어서 해안보전상의 위치를 정리하고 구조물에 의한 물리요인의 평가, 생태계에 미치는 효과 영향에 관한 고찰을 추진하였다.

이와 같은 사실에서 구조물이 설치됨으로써 어떤 특정한

물리요인이 변화고, 그것이 구조물 주변의 생태계에 영향을 미치는 것을 확인하였다. 또, 자연 사빈해안에 이안제, 인공리프, 돌제 등이 설치되면 주변에는 그때까지 존재하지 않았던 암초성의 생태계가 생겨서 종류 수, 생물밀도가 상당히 증대하였다. 또, 생태계 변화 예측방법의 확장이나 생태계의 바로미터가 되는 지표생물을 정함으로써 해안보전사업에 미티게이션을 도입할 때 필요하게 될 시설설치 후 생태계의 미래상을 파악하는 유효한 수단이 된다고 한다.

인공섬식 발전소 구상과 조장조성

특징

가급적 관리하지 않아도 되는 메인터너스프리 조장조성의 관점을 중시하여 사업을 실시하는 장소를 충분히 검토한 뒤, 선정하는 것이 특징으로 되어있다. 또, 여기서는 다시마 장 조성에는 인위적인 관리를 요하면 (표 1)과 같이 정리된다.

암초지역의 해조장

암초지역에 조장이 보였을 경우 해황 등의 환경조사 및 시험기반에 의한 해역조사가

필요없고, 수심과 암질을 모방하여 우점종을 조장조성의 대상으로 선정한다. 조장이 보이지 않을 경우 대항 감태류 또는 모자반류의 포자 공급상태를 로프 또는 판 등의 시험편을 사용하여 조사한다. 유체가 출현하지 않았을 경우에는 시험기반을 사용하여 수평 수직적인 범위 및 기반의 표면형상 경도면의 조건 등에 대하여 명백히 한다. 시험기반상에 조장을 만드는 해조류 군락이 만들어져도 차세대 군락에 대한 유지 갱신이 확인되지 않으며 쇠퇴

소멸할 경우 재차 대상지역의 선정으로 되돌아간다.

시험기반상에서 차세대 군락에 대한 유지 갱신이 확인될 경우에는 기반설계로 진행한다.

모래 진흙지역의 감조장

모래 진흙지역에 감조장이 보일 경우 지형을 유사하게 함으로써 수심 및 분포지역의 정온도를 모방한다.

내만역에서의 모래 진흙 기반의 높이기 및 외해에 면한 장소에서 파랑 표사의 저감을

위한 인공구조물의 설치에 의하여 개우무 장이 분포하는 조건을 확대한다. 개우무 장이 보이지 않을 경우에는 가장 근접하는 사이지역에서 개우무 장의 분포를 조사하여 모방하는데, 토목적인 기반정비만으로 개우무 장의 분포를 제한하는 요인이 완화된 수 없을 경우에는 대상지역의 선정으로 되돌아간다.

정비된 기반에서 차세대 군락으로 갱신이 확인된 경우에는 기반설계로 나아가는데 집락이 쇠퇴 소멸한 경우에는 대상지

(표 1) 조장조성기술의 도달점 및 가급적 관리하지 않는 관점에서 평가

조장의종류	대항 · 감태장	모자반류 조장	다시마장	감조장
문헌정보	①해조의 고사상태에 있는 해역에서는 설치한 기반에 이식하여 조식동물들을 관리 ②해조가 고사하고 있지 않은 해역에서는 적지를 선정하여 기반을 설치	기반을 설치하고, 모조나 인공종묘를 이식	투석이 가장 간편하고 효과가 있으나, 방치하면 수년에 다른 해조류에 기면을 빼앗긴다.	모래해저, 준설토를 피복한 장소, 인공해빈 등에 종묘를 이식.
현지사례	해조가 말라죽지 않은 해역에 설치된 인공구조물에는 자연의 조장에서 공급된 포자기원의 조장이 만들어졌다.	해조가 말라죽지 않은 해역에서는 대항, 감태장의 기술적용이 가능.	암면의 삭제, 투석과 어획을 반복하는 등 인위적관리를 계속.	암면의 삭제, 투석과 어획을 반복하는 등 인위적관리를 계속.
가급적 관리하지 않는 관점에서의 평가	해조가 말라죽지 않은 해역에서는 계획적인 기반의 설치가 가능.	해조가 말라죽지 않은 해역에서는 대항, 감태장의 기술적용이 가능.	어획 및 경합해조류의 제거를 포함하여 인위적인 관리를 하지않으면 조성한 조장의 유지관리란 곤란	인공해빈의 조성에 의한 높이거나 소파제의 설치에 의한 사지의 안정화등이 서식기반의 정비에 상당

역의 선정으로 되돌아간다.

기반 설계와 설치

기본적으로 대황 감태류, 모자반류 조장, 감조장 모두 공통점이 있다. 기반의 시공적지 선정, 시공성(재료, 세굴 매물을 포함시킨 대파랑 안정성) 및 경제성(상한금액, 부가가치)의 검토로 이루어진다. 기본구조의 설계에는 설계과의 추정, 기반 피복재 중량의 결정 및 기반의 높이 결정 등이 포함된다.

목적에 가장 적합한 기반을 설치 또는 정비함으로써 조장 조성 사업을 실시한다.

자연과 조화하는 이상어항

조장 부가의 의의

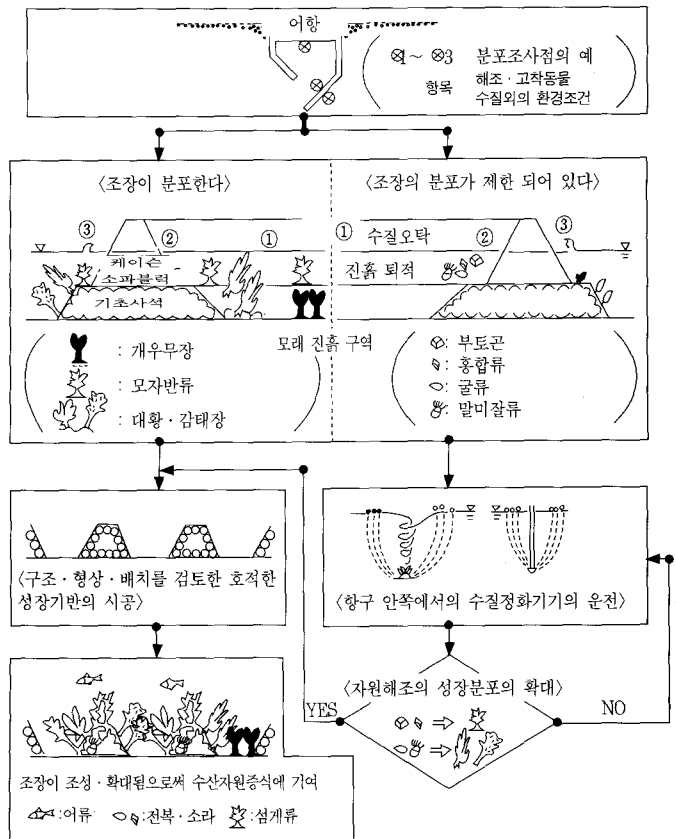
자연과 조화하는 어항에 적합한 기술로서 어항의 방파제나 호안 등을 이용한 조장의 부가가 있다. 연안해역의 중요한 기초 생산자이고, 최근 연안매립 및 해조의 고사현상 등으로 인하여 쇠퇴하고 있는 조장을 새로 정비한 기반에 형성시킴으로써 ①산란장 ②유치자 육성장 ③표류 조류공급장 및 ④어장 등 수산자원의 증식에 기여한다. 그리고 ⑤양호한 해안환경의 유지 창

출 ⑥자연경관의 보전 ⑦서식 기반의 조성에 의한 종합적 토사관리시스템의 구축 ⑧미티게이션 도입시 기초기술의 검토 등에 대해서 통달하는 것이 자연과 어항이 조화하는 조장 부가의 현실적인 의의라 말할 수 있다.

조장용 기반 시공

현지에서 작업공정을 항상 검토한다. ①조사에 적합한 복수의 어항을 선정한다 ②어

항의 방파제나 호안의 주변 등에서 조장의 분포상황을 파악하고, 물리적인 외력조건 등과의 관계를 추출한다 ③어항의 방파제나 호안의 조장형성에 기여하는 실태를 명백히 한다. 이상의 결과를 종합하여 ④어항주변에서 조장부가에 적합한 기반의 기본구조, 표면형상 및 배치 등에 대한 구체적인 설계조건을 명백히 한다<그림 4의 흐름의 좌측 루트>.



〈그림 4〉 수질정화와 기반의 시공에 대한 조장부가를 실현하는 흐름

해수여과에 의한 수질정화 조장의 분포가 거의 확인되지 않는 어항에서는 장 분포를 제한하는 요인을 명백히 하고, 조건을 인위적으로 완화시킨다. 여기서는 주로 수질의 오락에 기인한 경우를 검토한다. ①조사지점을 선정하고 ②어항의 방파제나 호안과 조장 분포와의 관계를 명백히 하고 ③대상역내에서 조장의 분포를 제한하는 요인을 정한다 ④조장의 분포를 제한하는 요인을 완화하기 위해 적절한 위생공학적 방법을 선정하고, 운동함으로써 수질정화를 하고 조장의 확대를 도모한다(그림 4의 흐름의 우측루트). 구체적으로는 정화된 항내 해수를 육상의 축양수조에 급수하고 다시 정화될 해수를 어항내로 배수함으로써 ①활어 축양해수의 안정적인 확보와 ②어항내 해수의 수질정화를 계속함으로써 일정 기간 후에 ③가급적 관리하지 않아도 되는 조장의 부가가 실현되는 것이 아닐까.

금후의 과제

자연조화의 관점에서 자연적인 간석이나 조장과 같은 간석 모두 조장을 인공적으로 만들려는 것이므로 기술적으로 용이하지 않아 더욱더 연구를 거

듭할 필요가 있다. 특히 간석이나 조장은 구조물과 달라 준공 당시의 상태가 계속되는 것이 아니고 일종의 밸런스 상태라 말할 수 있다. 따라서 새롭게 출현한 지형과 물리적 외력 변화와의 조합에 의하여 저질과 생물 분포상황의 변천이 시작된다.

여기에 준공시와 시간의 경과에 따라 진행되는 변천과의 차이를 메우기 위해서도 생태천이에 입각한 해저의 실태를 보다 정확하게 파악하고 자연의 조건을 모방함으로써 가급적 관리하지 않아도 되는 기술의 고도화가 필요하게 된다.

자연과 조화하는 어항에 대하여도 여러 지점의 검토를 거쳐, 공통되는 문제점이나 해결책의 모색이 요구된다. 자연모방에 의한 지점마다 해저상황의 정확한 파악을 통한 기반설치라는 사고방식은 ①암초에서의 굴류, 권패류, 섬계류 등 유용동물의 증식장 조성기술 ②모래해저 정온도의 제어로 쌍각류 조개 등 유용한 저생성동물의 증식장 조성기술로 통한다. 따라서 앞으로는 ①구조물 등의 출현으로 인한 해역환경 변화예측의 정밀도 향상에 도움이 되고 ②조성한 조장을 영속시키는 동시에 고도로 활용하고 ③가

급적 관리하지 않아도 되는 조장조성 기술이 타 생물의 증식장 조성 기술로 적용하는 3점을 병행하여 검토하는 것이 중요하다.

맺는 말

조장조성은 직접적인 요소기술만으로 해결이 가능한 한계가 거의 보이고 있는 상황이다. 연안역의 수질환경이 계속 나빠지고 있다는 것은, 가급적 관리하지 않는 관점에서 개발한 기술력이 효과를 발휘하는 무대가 점점 좁아지는 것과 통한다.

자연조화의 관점에 의한 어항의 방파제나 호안에서의 조장 부가는 연안역 관리에 대한 노력의 한 측면일 것이다. 따라서 이 과제도 자연과 인간사회의 특성과악과 환경을 보전하는 이론과 방향성을 발견하고, 최적의 계획을 수립하기 위한 구조를 갖는 환경과학에서의 설문이 될 수 있다.

환경과학이 가지고 있는 구조를 충분히 활용하여 전문이나 조직을 초월하고, 개인과 개인의 벽을 깨워 서로 협력함으로써 연안역관리를 실현하는 일환으로 자연과 조화한 어항이 전국에 계속 늘어날 것을 기대한다. ㉔