

ISSN 1229-7151

자연보존



제 116 호

Nature Conservation

2001. 12



사단법인 한국자연보전협회

흑범고래

Pseudorca crassidens False

몸의 길이는 약 5 m 내외이며, 몸무게는 약 2톤 정도이며, 수컷이 암컷보다 크다.

몸의 생김새는 범고래와 비슷하지만 흑색이며 가슴지느러미 사이의 복부는 약간 밝은 흑색이다. 등지느러미는 돌고래류와 비슷하지만 등의 정중앙으로부터 약간 전방으로 위치하며 높이는 약 40 cm로 높고 기저가 넓은 낫 모양으로 끝 부분은 가늘고 약간 아래로 쳐져 있는 것이 이 종의 특징이다.

북위 50도 사이의 열대와 온대의 외양에 분포하며, 수심에서 수백마리가 무리를 이루어서 다니고, 어류와 오징어를 주로 먹지만 다른 고래들을 공격하기도 한다.

우리나라에서는 수온이 17°C 이상되는 5~7월에 출현한다. 제주도 연안이나 동해안에서 관찰된다.

글·사진/ 최병진(한국자연환경연구소)

(촬영: 2000년 5월 동해안)

編輯委員會 委員

委員長 金鎮一 (誠信女子大學校 教授)	委 員 孔于錫 (慶熙大學校 教授)
委 員 愼 淑 (三育大學校 教授)	委 員 安泰奭 (江原大學校 教授)
委 員 田承勳 (景園大學校 教授)	委 員 李商敦 (韓國環境政策評價研究院 責任研究員)

우리 모두 자원을 아끼시다

* 자연보존에 게재된 내용 가운데 필자의 견해는 본 협회의 의견과 일치하지 않을 수 있습니다.

남해안의 적조현상¹⁾

이진환²⁾

상명대학교 생명과학과

머리글

인간이 지구상에 출현하기 시작하면서 초래된 환경오염은 초기에는 자연의 자정작용을 통하여 충분히 해결될 수 있었으나, 산업혁명이후 인구가 급속히 증가하여 대량생산 및 소비사회가 형성되면서 파생된 오염물질은 자정작용의 한계를 넘어 인위적인 처리에도 많은 문제점이 대두되었다. 현재 전 세계 인구는 약 60억 명에 육박하고 있으며 이들의 경제활동이나 다양한 생활방식에 따라 필연적으로 발생하는 오염물질은 궁극적으로 해양에 도달하게 된다. 해양의 표면적은 육지의 2.4배, 체적은 15.0배로 광대하며, 지구상에 분포하는 수자원 중 해수가 97.3%를 차지하고 있다. 해양에는 에너지 자원, 공간자원, 광물자원, 생물자원, 석유자원 등 무한한 각종 자원의 보고로서 인간의 꿈과 미래를 약속할 수 있는 최후의 터전으로 인식되고 있다. 그러나 인구의 증가와 산업활동으로부터 기원하는 가정하수, 농업용수, 축산폐수, 공장폐수 등 산업활동에서 얻어지는 많은 폐기물이 궁극적으로 바다로 유입되어 해양오염이 되고 있다.

우리나라의 남해안에는 1970년대 이후 중공업의 발달, 입해 공업단지의 조성, 인구의 도시집중화, 축산농가의 급증, 농약 및 비료 사용의

증가, 교통량의 증가 등 고도성장에 따른 오염물질이 증가하였다. 이와 같은 물질은 강과 하천을 따라 연안으로 유입되고 양식장의 먹이원의 과다한 투입은 해양오염으로 이어지고, 특히 질소와 인과 같은 영양염류가 많아 부영양화(富營養化) 상태가 된다. 적조현상이란 육상 오염원이 여름철에 하천을 따라 대량 바다로 유입되면 영양이 풍부한 부영양화 상태가 되고, 적조원인 생물인 식물플랑크톤은 영양상태가 풍부하기 때문에 햇빛, 수온 및 기타 환경요인이 잘 맞으면 기하급수적으로 번식하여 이상증식(異狀增殖) 현상을 일으킨다. 이렇게 되면 식물플랑크톤 세포내의 색소의 종류에 따라 바닷물이 적색, 갈색, 황색, 녹색, 적갈색, 황갈색 등으로 변화하는데 이를 적조(赤潮)라고 한다. 바다의 암(癰)이라 불리는 적조가 단기 또는 장기적으로 지속되면 수산생물, 어업피해, 국민건강, 여가선용에 이르기까지 많은 분야에 걸쳐 피해를 주고 있다.

적조의 정의

일본에서는 적조의 정의를 “현미경적 미생물이 일시에 다량으로 출현하여 해수의 색깔을 변색시키는 현상으로서 어패류를 폐사시키는 현상”이라고 하였으며, Sverdrup *et al.*(1947)은

1) Red-tide in the southern coastal waters of Korea

2) LEE Jin-Hwan, Department of Life Science, Sangmyung University, 110-743 Korea;

E-mail: jhlee@sangmyung.ac.kr

discoloration can be observed when large quantities of finely suspended mineral particles are carried into the sea after heavy rainfall, or when very large populations, several million cells per liter, of certain species of algae or dinoflagellates are present very near the surface”로 정의하였다. 入江(1970)은 “여름부터 가을에 걸쳐서 큰 비가 내린 뒤 바다가 잠잠하고 햇빛이 계속된 후에 플랑크톤성 생물의 이상증식으로 바다색이 변하는 현상”이라고 하였고, Nybakken(1982)은 “extreme concentrations, or blooms, of dinoflagellates are called **red tides** and are responsible for the massive localized mortality seen in fish and invertebrates in various places”로 정의하였다. 이와 같이 적조의 정의를 학자에 따라 다양하게 구분하고 대발생(bloom)과 적조(red tide)를 혼용하여 사용하고 있으나, Lerman(1986)은 “a dramatic increase in phytoplankton population density are called **blooms**, blooms of toxic phytoplankton are **red tides**”라고 정리하였다. Sumich(1992)도 “cell concentrations in blooms are often so dense that they color the water red, brown, or green, -dinoflagellates produce toxins that in bloom conditions are known as red tides-”와 같이 설명하였다. 그러나 실제로 해양생태계에서 독성이 없는 돌말류, 와편모조류 및 기타 편모조류도 대발생을 일으키면 해수색이 변색되므로 적조라고 할 수 있다. 그러므로 적조란 “해양생태계에서 식물플랑크톤, 원생생물, 미생물 등이 다량으로 일시에 증식되거나 생물학적 또는 물리적으로 집적되어 해수의 색을 변색시키며 다른 생물에 해를 끼치는 현상”이라고 정리할 수 있다. 우리나라의 고전이라 할 수 있는 이조실록(李朝實錄)에 묘사된 적조는 “적조(당시는 해수의 색으로 표현)가 일어났을 때 해수를 손에 잡으면 붉은 색이 없어지며, 끓여도 없어지지 않으며, 작은 배에서 노를 젓기 힘들 정도로 해수가 뻘뻘하며, 붉은 덩어리가 썰알에서 콩알만

한 크기까지 있다”고 서술하였다.

적조의 명칭

적조의 정의가 다양한 것처럼 적조의 명칭도 동·서양이나 나라마다 다양하게 불리며, 지역마다 다른 이름이나 속어로서 일컬어지고 있다. 미국과 유럽에서는 적조를 red tide, water bloom, dinoflagellate bloom, algal blooms, red water, brown water, yellow water, green water, discolored water, stinking water, baccy juice, weedy water, la malattia del mar, phenomone de l'eau coloree 등 이라고 하며, 일본에서도 적조 및 관련현상에 따라서 여러 가지로 불리는 데(柳田, 1976), 먼저 색조에 의한 명칭은 綠潮, 靑潮, 靑粉, 白潮(しらけじお), 白潮(しろつちお), 褐水(brown water), 綠水(green water), 黃水(yellow water), 色した水(discolored water), 직관적인 명칭은 苦潮, 腐潮, 濁水, 菜つ, 葉水, すすみず, 星の汁, 乙姫の經水, 臭い水(king water), たばこの汁(baccy juice), 藻類の水(weedy water) 그리고 어업상의 명칭은 厄水, 役水, 藥水 등의 다양한 용어를 사용하여 왔다. 우리나라에서는 해양의 적조를 구죽물, 갈조(褐潮)라고 하고 있으나, 다만 담수적조는 색깔에 따라 녹조(綠潮)라고 불리우나 학자들 사이에 용어의 타당성을 검토하고 있다. 연구결과에 의하면 해수의 색은 적조 원인중에 따라 다르게 나타나기 때문에 위와 같이 다양한 명칭이 부여된 것으로 판단된다. 즉 해수의 색이 연두색으로 변하는 것은 *Eutreptiella*속과 *Gyrodinium*속의 종들에 의해, 흑갈색은 *Chaetoceros*속, *Skeletonema*속, *Gymnodinium*속, *Prorocentrum*속의 종들에 의해, 황토색은 *Heterosigma*속과 *Chattonella*속의 종들에 의해 그리고 적색 또는 갈색은 *Noctiluca*속과 *Alexandrium*속의 종들에 의해 이루어진다. 한편 최근에는 적조라는 용어 대신에 인간을 비롯한 여러 생물체에 유해(有害)하게 작용하는 식물플랑크톤이 대량증식하는 현상을

HABs(Harmful Algal Blooms)란 말을 사용하고 있다.

남해의 적조 역사

남해안에 있어서 적조는 언제 처음으로 발생 되었을까? 과거에는 적조라는 학문적인 용어를 사용하지 않고 다만 바다에 나타난 현상만을 사실적으로 기록해 놓았다. 따라서 그와 같은 현상을 현대의 지식으로 유추하여 보면 아주 오래 전부터 적조가 발생되었음을 알 수 있다. 즉 1403년(태종 3년) 8월 7일, 8월 27일, 10월 9일에 경상남도 기장연안, 고성연안, 진해만에서 해수가 황색, 흑색, 적색으로 변하여 물고기가 떼죽음 당했다고 기록하고 있다. 1412년부터 1820년까지 7, 8, 9월에 26회에 걸쳐 순천만, 부산, 동래, 통영, 진해, 고성, 거제도 일대에서 해수의 색이 적색, 흑색, 황색으로 변하여 물고기가 떼죽음을 당했다고 기록하고 있다. 따라서 남해안에서는 지금으로부터 600여년 전부터 적조가 발생되기 시작하였다.

남해의 적조

남해안은 해안선의 굴곡이 심하여 크고 작은 만(灣)이 형성되어 있고, 이곳에 지·하천이 연결되어 있어 오염원이 유입되면 지형 때문에 한번 유입된 오염원은 오랜 기간 정체되는 특성이 있다. 경상남도 및 전라남도의 해안은 농업이 크게 번성하여 퇴비, 비료 및 농약이 섞인 농업용수의 유입이 쉽고, 부산해역 주변의 남동공업지역, 마산만을 중심으로 한 창원공업단지, 거제 주변 해역에 조선소, 광양만 주변에 석유화학단지, 광주지역의 호남공업지역에 임해공업단지의 조성이 이루어져 있어 각종 산업폐수의 유입이 용이하다. 따라서 그 동안 남해 해역에서의 적조는 대단히 빈번하였고, 규모 또한 대단히 컸다. 적조 다발해역으로는 경상남도의 마산만, 진동만, 행암만을 포함하는 진해만, 부산

해역, 거제해역, 당동만, 원문포, 고현만, 고성만, 자란만, 진주만, 통영해역 등, 전라남도의 광양만, 여수만, 득량만, 가막만, 여자만, 강진만, 나로도 해역 등이 해당된다.

진해만 : 마산만, 행암만, 진동만을 포함하고 있는 진해만에서 1962년 처음으로 적조가 발생되었으며, 원인생물은 돌말류의 *Nitzschia seriata*, *Chaetoceros lorenzianus*였고 염분을 주요원인이라 하였다(박과 김, 1967). 그로부터 1976년까지 기록된 적조가 없었으나, 1977년 6월 마산만에서 *Prorocentrum minimum*에 의한 대규모 적조가 발생하였다. 조(1978)는 1977년 7월 중순 진해만에서 *Gonyaulax* sp.에 의한 갈색 적조와 이듬해 8월초에도 *Ceratium fusus*와 *Chaetoceros* spp.에 의한 적조로 양식굴의 대량폐사가 있었다고 보고하였다(조, 1979). 진해만에서 1981년 7월부터 9월까지 미증유의 *Gymnodinium nagasakiense*에 의한 적조가 3개월간 지속되어 어패류 및 양식 수산생물 등 피해액이 약 17억원에 달하였으며, 원인은 부영양화, 고온, 염분 등으로 판단하였다(Cho, 1981; 박, 1982; Lee and Kwak, 1986). 1982년부터 2001년까지 봄철과 가을철에는 돌말류 *Skeletonema costatum*, *Chaetoceros curvisetus*, *Pseudonitzschia multiseries*, *Thalassiosira allenii*, *Leptocylindrus danicus* 등, 여름철에는 외편모조류 *Prorocentrum micans*, *Prorocentrum minimum*, *Gymnodinium sanguineum*, *Cochlodinium polykrikoides*, *Heterosigma akashiwo*, *Gyrodinium fissum*, *Alexandrium fratercula*, *Heterocapsa triquetra* 등, 특이하게 4월초에 유글레나조류 *Eutreptiella gymnastica*에 의한 녹색의 적조, 그 밖에 원생동물의 *Mesodinium rubrum*, *Noctiluca scintillans* 등이 붉은 적조를 일으키고 있다. Chang et al.(1995)은 진해만에 있어서 지속적인 적조발생은 인근의 도시하수, 산업폐수, 축산하수의 증가와 해저지형이 큰 원인으로 파악하였다. 진해만과 인접한 당동만, 원문포, 고현

만, 고성만에서도 1981년부터 최근까지 적조가 발생되었으며, 원인생물은 전반적으로 이 만과 유사하였다.

통영주변해역 : 박(1980)은 한산만과 거제도 주변해역에서 적조가 발생하여 어류, 굴이 폐사하여 수산생물의 많은 피해가 있었음을 보고하였으며, 원인을 도시하수 및 산업폐수라고 하였다. 1981년 8월 24일, 1982년 6월 17일, 1988년 7월 29일에 충무항에서 *Skeletonema costatum*, 1990년 6월 22일 사랑도에서 *Phaeopolykrikos hartmanii*와 7월 3일에 미륵도, 곤리포, 한산도, 욕지항에서 *Prorocentrum dentatum*, *Fibrocapsa japonica*, *Gymnodinium mikimotoi*에 의한 적조가 발생되었다. 1991년 7월 13일과 10월 30일에 그리고 1996년 2월 15일 한산면에서 *Gymnodinium sanguineum*, 1994년 6월 10일 연화도 주변해역과 1998년 통영 원문만에서 *Noctiluca scintillans*에 의한 적조가 발생하였다. 1998년 7월 9일과 8월 18일 미륵도, 노대도, 추도, 노가면에서는 *Ceratium furca*, *Prorocentrum* sp., *Skeletonema costatum*, *Chaetoceros* sp., *Nitzschia* sp.에 의하여 9월 9일에는 산양면과 한산도에서 *Mesodinium* sp.에 의한 적조가 발생되었다.

북신만 : 통영주변 해역에서도 특히 북신만은 적조가 다발하는 곳으로 1980년대부터 현재까지 년중 발생하고 있다. 1982년 7월 15일과 8월 18일 *Skeletonema costatum*, *Nitzschia* sp., *Prorocentrum micans*, 1985년 7월 22일과 8월 1-7일, 1989년 6월 9-12일에 *Heterosigma akashiwo*, 1985년 10월 10-12일에는 *Gymnodinium splendens*에 의한 적조가 발생되었다. 1987년 7월 20일과 9월 2일에 각각 *Fibrocapsa* sp.와 *Asterionella* sp.에 의해, 1988년 6월 29일 *Microcystis* sp.에 의해, 1990년 6월 17일 *Prorocentrum triestinum*, *Leptocylindrus danicus*, 7월 5일에는 *Prorocentrum dentatum*에 의한

적조가 발생되었다. 1991-2000년 매 6월에 *Prorocentrum micans*를 비롯한 상기 종들에 의해 정기적으로 적조가 발생되고 있다.

진주만 : 진주시, 사천시, 남해군의 영향을 받는 진주만에서는 1985년, 1986년, 1989년, 1990년 매 7-10월에 와편모조류 *Prorocentrum dentatum*, *Cochlodinium polykrikoides*, 1985년부터 1987년까지 돌말류 *Skeletonema costatum*, *Chaetoceros affinis*, *Chaetoceros curvisetus*, *Pseudonitzschia multiseries* 등에 의하여 각각 적조가 발생하였으며, 특히 1990년에는 7월부터 10월까지 돌말류에 의한 적조가 심하였다.

광양만 : 광양 및 여천 주변에 공업단지가 건설된 이후 1985년, 1986년, 1987년 6-7월에 돌말류 *Skeletonema costatum*과 1985년 7월 23일에 야광충 *Noctiluca scintillans*, 1988년 7월 8-13일에는 특이하게 남조류 *Microcystis* sp.에 의하여 적조가 발생하였다. 1990년부터 최근까지 위의 3종과 *Ceratium furca*, *Gymnodinium* sp., *Cochlodinium polykrikoides*, *Nitzschia* spp., *Chaetoceros* sp., *Rhizosolenia* sp., *Thalassiosira* sp., *Heterosigma akashiwo* 등이 5월부터 9월에 걸쳐 빈도 높게 적조를 일으키고 있다.

득량만 : 1980년 8월과 12월에 각각 *Ceratium furca*와 *Skeletonema costatum*에 의한 적조가 발생하였으며, 8월의 적조는 높은 강우량으로 주변 생태계로부터 영양염류 유입으로 적조가 발생되었다(이와 히, 1983). 이 등(1996)은 남해안 일대의 적조를 조사하면서 부분적으로 본해역에서 적조발생을 보고하였으며, 고흥군 어촌지도소(미발표 자료)에 의하면 1993년 8월 19-23일에 *Skeletonema costatum*, *Noctilucal scintillans*, *Heterosigma* sp.에 의해, 1995년부터 1997년까지 3년간 매 9월과 10월에 *Cochlodinium polykrikoides*에 의해 적조가 발생되었다. 1998년 7월에 *Prorocentrum minimum*,

Chaetoceros curvisetus, *Ceratium furca*에 의한 적조가 발생되었으며, 높은 영양염류가 주원인이었다고 보고하였다(이와 이, 1999).

여자만 : 순천시, 별교읍의 영향을 받는 여자만에서는 1985년 9월 3-11일 *Prorocentrum* sp.에 의하여, 만의 바깥쪽인 나로도 연안에서 1995년 9월 1일-10월 7일, 1996년 9월 4일-12일에 *Cochlodinium polykrikoides*와 1996년 7월 7-8일 만의 서쪽인 우천, 여호, 진지도, 월정에서 *Heterosigma akashiwo*, *Gymnodinium* sp., *Prorocentrum triestinum*에 의한 적조가 발생되었다(고흥군 어촌지도소 미발표 자료). 1998년 7월에 국내에서는 처음으로 돌말류 *Thalassiosira weissflogii*에 의한 황갈색 적조가 발생되었으며, 이사천 및 동천으로 유입된 오염원에 알맞은 수온 및 염분이 영향이었던 것으로 판단하였다(이와 윤, 2000).

1995년과 2001년, *Cochlodinium polykrikoides*의 적조

1992년부터 1998년까지 전라남도과 경상남도 연안에서 *Cochlodinium polykrikoides*에 의한 대규모 적조가 발생하여 부산연안을 거쳐 강원도 연안까지 확대되는 양상을 보였다. 이 과정에서 해류의 이동에 따라 크고 작은 만(灣)으로 확산되어 완도, 나로도, 득량만, 여자만, 광양만, 한산만, 자란만, 고성만, 당동만, 진동만, 진해만, 행암만, 부산연안, 울산만, 포항연안에서 강원도 연안까지 이동되었다(Kim, 1998). 특히 1995년 8월 29일과 2001년 8월 22일 전라남도 고흥군 연안에서 발생한 적조는 각각 54일간과 30일간 지속되어, 확산범위는 조류와 해류를 타고 남해에서 부산연안을 거쳐 동해의 강원도 연안까지 도달하였다. 이 적조의 공통적인 특징은 첫째로 발생시기가 모두 8월 하순이었고, 둘째로 발생장소는 공히 전라남도 고흥군 외나로도 주변해역으로 비교적 외해에서 발생하여 내해로 이동하였으며, 셋째로 모두 장기간에 걸쳐 강원도

연안까지 확산되었으며, 넷째로 양식생물 및 수산자원에 약 700-800억원의 피해가 있었다. 적조의 원인은 7월말에 집중 호우로 남해안 일대에 영양염류가 풍부하게 유입되었고, 예년에 비해 장마기간이 짧아 좋은 일사량이 유지되었으며, 수온도 26-28°C로 장기간 유지되어 식물플랑크톤 군집이 생육하기에 매우 좋은 조건이었다.

적조발생 원인

적조는 우선 연안역에 각종 오염원이 유입되어 부영양화가 이루어져야 하며, 적조원인생물이나 또는 그의 휴면포자가 있어야 하고, 알맞은 일조량, 수온, 염분 등과 같은 환경이 알맞아야 한다. 연안역의 부영양화는 해안선이 복잡하고 반 폐쇄적인 만(灣)을 이루는 곳에서는 해류의 유동이 원활하지 않아 상대적으로 오랜 동안 지속된다. 남해안에는 실제로 임해공업단지나 대도시가 있는 마산만, 진해만, 광양만 등에서는 각종 오염원이 유입되어 부영양화가 진행되며 이런 지형 때문에 적조가 빈번하게 발생하는 해역이다. 적조원인생물이나 포자는 원래부터 해역에 있었는지 아니면 다른 곳에서 해류를 따라 유입되었는지 알 수 없다. 이 문제는 적극적으로 연구하지도 않았고 연구접근도 사실상 어려워 규명하지 못하고 있다. 기본적으로 해수는 해류나 조석에 따라 끊임없이 움직이고 있어 외양수로부터 유입되는 경우가 많은 것이다. 또한 산업이 발달하면서 선박을 이용한 물동량의 이동이 활발해지면서 국가간, 항구간, 선박 이출입시 블라스트 킬에 의한 해수의 이동도 한 몫할 것으로 판단된다. 적조원인생물이 대량증식하기 위해서는 광합성에 필요한 일조량이 충분하고 해수의 온도가 잘 맞아야 한다. 온대지방에서는 수온이 15~25°C인 봄철부터 가을철까지 적조가 발생한다. 특히 와편모조류는 이보다 약간 높은 수온 20~27°C인 여름철에 집중적으로 적조를 발생시킨다. 염분농도도 적조 발생과 깊은 관련이 있어 장마 후 염분농도가

낮아진 경우 많은 적조가 발생한다. 부영양화 현상이 없었던 조선시대나 근래에도 공통적으로 긴 장마 후에 남해안에서 집중적으로 적조가 발생하는 것으로 보아 담수의 유입으로 염분농도에 영향이 있음을 알 수 있다. 다만 염분농도가 독립적으로 영향을 미치기 보다는 장마시 강과 하천을 통하여 퇴비 및 비료가 함유된 농업용수, 미량원소나 적조생물의 생장 필수 원소가 포함된 산업폐수 및 도시하수 등이 동시에 유입되어 영양원이 풍부해지고 수층이 안정되고 일조량이 좋으면 적조가 가중 발생되는 것으로 판단된다.

적조의 피해

적조현상으로 인한 수산생물 및 기타 생물의 피해 원인을 몇 가지로 구분할 수 있다. 첫째로 적조원인생물이 대량 발생한 후 일시에 죽게 되면 사체가 부패되는 과정에서 미생물에 의한 용존산소를 전량 소모하여 산소결핍으로 수산생물이 질식사하는 경우가 있다. 두번째로 적조원인생물이 독성물질을 분비하여 생물을 독화시켜 먹이연쇄의 상위 생물군에 치명적인 피해를 주는 경우가 있다. 독성에는 마비성 패독(痲痺性 貝毒, Paralytic Shellfish Poisons, PSP), 설사성 패독(下痢性 貝毒, Diarrhetic Shellfish Poisons, DSP), 기억상실성 패독(記憶喪失性 貝毒, Amnesic Shellfish Poisons, ASP) 등이 있다. 마지막으로 위의 두 가지가 복합적으로 작용하는 경우가 있다. 우리나라에서 이 세가지 피해를 명확하게 구분한 자료는 사실상 없다. 다만 1979년 6월과 1981년 6-9월의 무독성 와편모조류 *Gymnodinium nagasakiense*와의 사상 유래없는 적조는 용존산소의 결핍으로 수산생물을 질식사시킨 것으로 판단되며, 1994년 봄철에 마산만에서 독성 domoic acid를 분비하는 돌말류 *Pseudonitzschia multiseries*에 의한 적조는 독성을 분비하여 이를 여과 섭식(filter feeding)하는 홍합 및 진주담치의 채취를 금지

시킨 바 있다. 한편 1990년대부터 전라남도과 경상남도 연안에서 발생한 전국 규모의 적조는 독성분비와 산소결핍이 동시에 작용한 것으로 판단된다. 과거 수산청 또는 국립수산진흥원의 통계에 의하면 1978년 피해물량 5,774톤에 약 27억원, 1981년에는 *Gymnodinium nagasakiense* (*G. mikimotoi*)에 의한 적조로 굴, 피조개 등 6,020톤에 약 17억원, 1988년, 1989년, 1990년에도 통영해역을 중심으로 굴, 어류, 축양의 피해에 의해 각각 1천 3백만원, 약 6억원, 약 4억원의 피해가 있었다. 1992년에는 *Cochlodinium polykrikoides*가 원인종으로 어류가 폐사하여 194억원, 1995년과 2001년에도 1992년과 똑같은 종에 의한 대규모 적조로 각각 764억원원 약 800억원의 막대한 경제적 손실이 있었다. 이와 같은 경우도 산소 고갈에서 오는 질식과 적조원인생물의 독화에서 오는 생리적 변화에 의해 치명적인 피해를 입은 것으로 판단된다.

적조구제 및 방제기술

적조 발생 시 즉시 구제하기 위한 방법으로 ① CuSO_4 또는 유기화합물을 살포하거나 유독성 적조생물의 독성을 중화시키기 위하여 O_3 을 처리하는 화학약품 살포법, ② 천연해수에서 분리한 천적을 대량 배양한 뒤 적조발생 초기에 투입하여 적조원인생물을 포식하는 방법, ③ 적조원인생물에 대한 살조 능력이 있는 세균을 이용하여 적조를 제어하는 미생물 제어법, ④ 해양생물에서 물질을 추출하거나 합성하는 기술을 응용한 것으로 적조원인생물의 막구성 성분인 mannose를 분해시킬 수 있는 생물효소 α -mannosidase를 개발하여 적조발생시 투여하면 막이 분해되는 생물 제어법, ⑤ 황토가 해수중의 크기가 작은 플랑크톤과 같은 현탁물질을 응집하거나 흡착하는 성질에 착안하여 적조 발생시 이를 살포하였을 때 적조생물은 침강되거나 유영정지 또는 형태변화가 되는 황토 살포법 등이 있다.

이와같은 여러 가지 방법을 적조발생 시 실제 적용하였을 때 다른 수산생물에 피해가 있거나 2차 오염으로 해양생태계의 파괴가 없어야 할 것이다. 그러므로 적조발생을 사전에 방지하려면 근본적인 대책이 필요하다. 첫째로 육상에서 기원하는 오염물질의 유입을 철저히 막아야 한다. 즉 가정하수, 농업폐수 및 공장폐수 등 오염원의 관리를 철저히 하여 부영양화의 원인이 되는 유기물질의 유입을 가능한 한 차단하고, 둘째는 양식장 밀식이나 사료의 과다 투입 및 노후에 따른 자체 오염가중을 막아야 하며, 셋째로 오염이 심화된 수질 및 퇴적층을 정화하는 방법으로 퇴적물의 주기적이며 지속적인 준설이나 오염물질의 인위적 제거작업이 필요하다. 넷째로 적조 상습발생 특별관리 해역의 확대지정을 통하여 하천으로 유입되는 오염물질의 총량규제 및 특별관리가 요구된다. 마지막으로 적조발생의 피해를 최소화하기 위하여 적조의 조기탐지 및 예보기술의 개발이 필요하다.

맺는글

남해안에서 1970년대의 적조는 규모도 작고 돌말류와 무독성 와편모조류에 의해 발생되었고, 1980년대에는 유독성 와편모조류에 의해 피해 대규모의 피해가 있었으며, 1990년대의 적조특성은 발생규모도 크고 특정한 종에 의해 대량 발생되고 있었다. 적조발생해역은 임해공업단지 및 큰 도시가 있는 연안에서 빈발하여 전라남도 연안보다는 경상남도 연안에서 많았다. 특히 양식장이 과밀한 반 폐쇄성인 만에서 발생빈도가 잦아 피해가 큰 편이었고, 외양역에서도 발생하여 광역화 되고 있는 실정이었다. 또 한 우리나라의 적조연구는 1980년대에 시작되어 주로 원인종을 밝혀내고 생태적인 특징을 규명하는데 노력하였고, 최근에는 독성문제 및 생리적인 특성을 연구하고 있다. 적조 조기탐지 및 방제대책을 실용화하기 위하여서는 많은 시간과 막대한 연구비투자가 절실하나 현실적으

로는 지난 여름의 대형 적조피해 후 구체적인 연구추진이나 지원이 매우 빈약한 실정이다. 따라서 하루 빨리 종합적이고 장기적인 연구지원이 이루어져야만 할 것이다.

참고문헌

- 박주석, 1980. 한국 남해안의 식물성 Plankton의 출현량 및 조성과 이들이 먹이와 적조로서 양식생물에 미치는 영향. 국립수산진흥원 연구보고 23: 6-92.
- 박주석, 1982. 진해만 적조의 특성과 환경변화. 수진원 연구보고 28: 55-86.
- 박주석·김종두, 1967. 진해만의 적조현상에 관한 연구. 수진원 연구보고 1: 65-79.
- 이진환·윤수미, 2000. 여자만의 수질과 식물플랑크톤 군집. 한국조류학회지 15: 89-98.
- 이진환·이은호, 1999. 득량만의 수질과 식물플랑크톤 적조. 한국환경생물학회지 17: 271-278.
- 이진환·허형택, 1983. 득량만에 있어서 식물플랑크톤과 적조발생에 관한 연구. 한국해양연구소 소보 5: 21-26.
- 이필용 외 10인, 1996. 남해안 연안어장 환경오염 및 적조조사. 남해수산연 사업보고서 pp. 417-459.
- 조창환, 1978. 진해만의 *Gonyaulax* 적조에 관하여. 한국수산학회지 11: 111-114.
- 조창환, 1979. 1978년 진해만 적조와 양식굴의 대량 폐사. 한국수산학회지 12: 27-33.
- 入江春彦, 1970. 赤潮-その歴史, 地理および季節. 海洋科學 2: 399.
- 柳田友道, 1976. 赤潮. 講談社, 東京, 日本.
- Chang, M. Kim, W. S. and Lee, J. H., 1995. Phytoplankton blooms in the coastal waters of Korea - Red tides in Masan and Chinhae Bays. *Ocean Res.* 17: 137-156.
- Cho, C. H., 1981. On the *Gymnodinium* red tide in Jinhae Bay. *Bull. Korean Fish. Soc.* 14: 227-232.

Kim, H. G., 1998. Harmful algal blooms in Korean coastal waters focused on three fish-killing dinoflagellates. In Harmful Algal blooms in Korea and China. Proceed. Korea-China Joint Symposium on Harmful Algal Blooms hosted by NFRDI and CAFS, Pusan Korea, 5-7 Dec. 1997.

Lee, J. H. and Kwak, H. S., 1986. A study on the *Gymnodinium nagasakiense* red-tide in Jinhae Bay of Korea. *Korean J. Ecol.* 9: 149-160.

Lerman, M., 1986. Marine biology-Environment,

diversity, and ecology-. The Benjamin/Cummings Publ. Com. Inc.

Nybakken, J. W., 1982. Marine biology-An ecological approach-. Harper & Row.

Sumich, J. L., 1992. An introduction to the biology of marine life. 5th ed. Wm. C. Brown Publ. pp. 449.

Sverdrup, H. U., Johnson, M. W. and Fleming, R. H., 1947. The oceans, their physics, chemistry, and general biology. Prentice-Hall.

폐기물 이용한 적조제거제 개발 (서울경제신문 2001. 11. 20)

산업폐기물 소각재를 이용해 적조를 제거하는 기술이 개발됐다.

산업폐기물재활용사업단(단장 이강인)은 20일 폐기물 소각재인 용융슬래그를 이용해 적조제거에 효과가 뛰어난 제품을 개발했다고 발표했다. '제오플렉'(Zeofloc)으로 이름 붙여진 이 제품은 적조방제에 주로 쓰이고 있는 황토분말에 비해 최소 10배 이상 효율이 높은 것이 특징이다. 지금까지는 적조를 제거하기 위해 황토를 주로 살포했으나 황토는 적조와 엉켜 바다 밑바닥에 쌓이게 되면 해저생태계를 교란시킬 뿐 아니라 황토 자체의 적조 제거율이 낮아 높은 농도의 적조에는 효과가 떨어지는 것도 단점으로 지적되어 황토 대체물질 개발의 필요성이 제기돼 왔다. 이번에 개발된 제오플렉은 소각재를 섭씨 1400도에서 녹여 만드는 용융슬래그로부터 합성한 제올라이트가 주성분이며 여기에 적조 제거효과를 높여주는 첨가물을 넣어 만들었다. 사업단측은 실험 결과 제오플렉을 황토분말의 10분의 1만 살포했는데도 황토보다 높은 적조제거효과를 거뒀다고 설명했다.

분말황토를 바닷물 1리터에 10 g을 섞었을 때 적조가 75~80% 제거됐지만 제오플렉은 1 g만 섞었을 때 95%이상 적조가 사라진 것. 또 제오플렉에 의해 바닥에 가라앉은 적조는 세포가 파괴돼 더 이상 번식이 불가능한 것으로 나타났다고 사업단측은 설명했다.

남해안 갯벌의 염생식물 분포¹⁾

임 병 선²⁾

목포대학교 생물학과

갯벌은 조수간만에 의하여 드러난 바다와 육지사이의 완충지로서, 이러한 갯벌이 형성되는데는 조석간만의 차가 커야 하고, 지형이 완만하며 갯벌을 형성하는 충분한 토사가 유입되어야 하는데 이러한 조건을 갖춘 나라는 전세계적으로 제한되어 있다. 세계적인 주요 갯벌은 미국 조지아해안, 유럽의 북해연안, 캐나다 동부해안, 브라질 아마존하구 등이 알려지고 있으며 이들 갯벌은 대부분 모래 또는 미사토양이다.

우리나라 갯벌은 점토를 많이 함유하고 있어 외국 갯벌에 비하여 영양염류가 풍부하고 생물의 생산성이 높아 보존가치가 훨씬 높다. 우리나라 갯벌 면적은 세계 5대 갯벌 중 하나로 총 2,393 km²(1998, 해양수산부)인데 이 중에서 83%에 해당하는 갯벌이 서해안에 분포하고 나머지 17%(413 km²)만이 남해안에 분포하며 남해안 중에서도 전라남도 해안의 완도(50 km²), 고흥(111 km²), 강진(89 km²), 여천(66 km²)에 14%가 분포하고 경상남도의 하동(14 km²), 사천(19 km²), 고성(5 km²), 남해(17 km²), 마산(3 km²), 부산(24 km²)에 겨우 3%만이 산재한다. 이처럼 남해안이 섬도 많고 해안선이 복잡함에도 불구하고 서해안에 비하여 갯벌 면적이 좁은 것은 조수간만의 차가 크지 않기 때문이다. 갯벌 환경은 육상과 해양의 물리적·화학적 및 생물학적 요인이 복잡하게 얽혀 있고, 시

간과 공간적으로 환경의 변화가 심하고 높은 토양염류로 말미암아 일반적으로 해안 염생식물 군락은 소수종으로 구성되고 지형의 고도, 토양의 염도구배, 해수의 침수시간과 빈도, 토성 지하수위 등의 국지적인 환경요인에 따라 독특한 대상구조(Zonation)를 이룬다. 그러나 우리나라 갯벌은 염생식물이 분포할 수 있는 갯벌의 위쪽의 식물이 정착하기에 비교적 안정된 지역은 간척사업에 의하여 대부분 파괴되어 염생식물의 분포역이 사라져가고 있는 실정이다.

하지만 이러한 염생식물의 분포는 육상으로부터 유입되는 각종 생활하수, 농·축산폐수 등의 오염물질을 직접 흡수하여 연안해역의 부영양화를 방지하고 간접적으로는 염생식물의 뿌리가 토양 내에 존재하는 미생물에게 산소와 영양물질을 공급하거나 생리활성물질을 분비하여 주므로써 미생물이 오염물질을 잘 분해할 수 있는 조건을 제공한다. 이로써 토양 미생물에 의한 오염물질의 분해능을 증가시켜 토양내 오염물질의 정화능을 촉진시켜 주기도 한다. 또한 갈대나 그밖의 염생식물의 분포는 게, 고동, 갯지렁이 등의 서식처 역할과 이들 생물의 피신처를 제공하여 이들 종의 분포를 증대시킨다. 그 밖의 염생식물 군락은 낙동강 하구나 순천만처럼 조류의 서식처와 산란장으로서도 매우 중요하다. 이처럼 갯벌은 매우 중요한 생태적

1) Distribution of halophytes on the south coast of Korea

2) IHM Byung-Sun, Department of Biology, Mokpo National University, 534-729 Korea;

E-mail: ihmbs@chungkye.mokpo.ac.kr

기능을 가지고 있기 때문에 그 보존이 절실하나 남해안 일대의 갯벌은 해안 가까이에 광양 제철소, 마산과 부산의 대도시와 공단 확장 등으로 갯벌이 이미 파괴되어 염생식물 군락을 찾아보기가 어렵다. 따라서 필자는 남해안 자연환경보존차원에서 남해안의 주요갯벌인 득량만, 고흥반도, 순천만, 마산, 부산 지역 등을 중심으로 염생식물의 분포를 기술하고자 한다.

득량만은 안쪽에 득량방조제가 건설되어 갯벌이 대부분 소실되었는데 아직도 간조시 방조제 앞쪽으로 점토질 갯벌이 드러나고 있으며, 그 서쪽으로는 낮은 산지가 위치하여 만입지를 중심으로 소규모 점토질 갯벌이 분포하지만 그 밖의 대부분 지역은 모래 또는 자갈 갯벌이 분포한다. 이곳에 분포하는 식물은 총 34종인데 이중 염생식물이 16종으로 모래 갯벌에는 갯잔디 군락이 넓게 분포하고 자갈이 섞인 갯벌에는 갯질경이가, 점토질 갯벌에는 칠면초군락이 우점하고 있다. 보성군 회천면 일대에는 육상으로부터 지하수를 통하여 담수가 스며들어 갈대 군락이 우점하고, 이러한 염소택지에 특징적으로 분포하는 지채군락이 1 km² 이상 군반을 형성하기도 하였다. 보성군 회천면 울포리 해수욕장 주변은 식생이 인위적으로 교란되었지만 사구를 중심으로 갯메꽃과 순비기나무가 우점하였으며 그밖의 염생식물로는 모새달, 천일사초, 가는갯능쟁이, 통통마디, 나문재, 해홍나물, 갯개미취 등이 산재하였다.

고흥 지역의 갯벌은 해안선의 만곡이 심하고 작은 만이 형성된 곳에 점토질 갯벌이 형성되어 있으나 남쪽으로 트인 해안 또는 해안선이 단조로운 곳에는 모래 또는 자갈 갯벌이 분포한다. 이곳에서 조사된 식물의 종수는 56종이며 이중 염생식물이 20종으로 가장 많았다. 이처럼 종수가 많은 것은 인간의 간섭이 적고 갯벌 면적이 넓어 해안 제방둑에서 해안 염습지까지 염생식물 서식지가 모래, 자갈, 점토질 갯벌 등이 혼재하여 다양한 조건을 갖추고 있기 때문으로 보인다. 주요 우점종은 모래갯벌에 갈

대, 갯잔디, 해홍나물, 천일사초 등이 사구에 순비기나무와 통보리사초가, 자갈이 섞인 갯벌에 지채가, 점토질 갯벌에 칠면초 등이 나타났다.

순천만은 여천반도와 고흥반도를 양 옆에 두고 깊숙하게 만입된 곳으로, 조사된 식물은 총 44종으로 이중 염생식물이 17종이었다. 순천만의 해역은 하천 상류와 그 주변에 공업단지, 인구밀집지역 등의 특별한 오염원이 없고 하류쪽은 경작지로 이루어져 있어 비교적 청정한 해역으로 꼽히고 있다. 특히, 순천만이 깨끗한 생태계를 유지할 수 있는 것은 동천과 이사천의 합류지점에서 시작되어 순천만까지 이어지는 길이 약 3.5 km, 면적 70 ha나 되는 갈대군락의 영향이 큰 것으로 본다. 갈대는 오염물질을 흡수하여 정화하고 부유물질을 침적시키며 토양 침식을 막아 수질을 개선하고 다른 생물의 서식처를 제공하여 주기도 한다. 또한 바다쪽에 가까운 갯벌 상부에는 칠면초가 넓게 분포하여 계들의 은신처로 중요한 역할을 하고 있다. 그 밖의 우점종으로 출현한 종은 갯잔디, 메귀리, 가는갯능쟁이, 부들, 모새달, 나문재, 갯질경, 실망초 등 8종이었다. 또한 제방둑이 형성된 주변지역은 앞으로 육지화됨에 따라 이 지역을 중심으로 실망초, 방가지뚱, 도꼬마리 등의 중성 식물이 확산될 것으로 예상된다. 이 지역에서 조사된 귀화식물 중 개보리, 메귀리, 실망초 등은 강한 번식력으로 서식지가 확산되고 있는 실정이라서 앞으로 이 지역 자생종의 보존이 요망된다.

마산 지역은 도시 확장으로 갯벌이 대부분 파괴되어 면적이 좁고, 울구만은 대부분 해안 암벽으로 구성되어 일부 해안도로쪽에 빈약한 갯벌이 형성되어 있다. 이곳에서 조사된 식물은 22종이고 이 중 염생식물이 13종으로 종 수가 적었다. 주요종은 진동만 주변은 해안선이 단조롭고, 갯벌 형성이 빈약하여 부분적으로 갯잔디와 갯메꽃, 갈대, 칠면초가 분포하지만 식물상은 매우 단조로웠다. 진전면 이명리 주변은 갯잔디, 큰비쭉, 천일사초, 지채, 갈대가 분포하고

Fig. 1. Species composition on 5 different stations of south coast of Korea(1: Deukryang-man, 2: Koheung, 3: Sunchon-man, 4: Masan, 5: Pusan, ●: halophyte)

과 명	학 명	조사지				
		1	2	3	4	5
벼과	<i>Phragmites communis</i> 갈대 ●	○	○	○	○	
	<i>Zoysia sinica</i> 갯잔디 ●	○	○	○	○	○
	<i>Setaria viridis</i> 강아지풀	○	○	○		
	<i>Miscanthus sacchariflorus</i> 물억새			○		
	<i>Calamagrostis epigeios</i> 산조풀			○		
	<i>Agropyron tsukushiense</i> var. <i>transiens</i> 개밀			○		
	<i>Arena fatua</i> 메귀리			○		
	<i>Phacelurus latifolius</i> 모새달 ●	○		○		
	<i>Bromus unioloides</i> 개보리		○	○		
	<i>Lolium perenne</i> 가는보리풀	○		○		
	<i>Sasa borealis</i> 조릿대	○				○
	<i>Digitaria sanguinalis</i> 바랭이					○
	<i>Eleusine indica</i> 왕바랭이		○			
	<i>Imperata cylindrica</i> var. <i>koenigii</i> 락		○			
	<i>Ischaemum antheophorioides</i> 갯쇠보리 ●			○		
사초과	<i>Carex scabrifolia</i> 천일사초 ●	○	○	○	○	
	<i>Carex kobomugi</i> 통보리사초 ●		○			
	<i>Fimbristylis dichotoma</i> 하늘지기		○	○		
	<i>Cyperus polystachyos</i> 갯방동사니 ●		○			
	<i>Fimbristylis dichotoma</i> 하늘지기		○			
	<i>Carex boottiana</i> 밀사초		○			○
	<i>Carex matsumurae</i> 왕밀사초					○
	<i>Scirpus fluviatilis</i> 매자기			○		
부들과	<i>Typha orientalis</i> 부들	○	○	○		
지채과	<i>Triglochin maritimum</i> 지채 ●		○			
비름과	<i>Achyranthes japonica</i> 쇠무릎					○
쇠비름과	<i>Portulaca oleracea</i> 쇠비름		○			
닭의장풀과	<i>Commelina communis</i> 닭의 장풀		○			○
장미과	<i>Rosa wichuraiana</i> 돌가시나무		○			○
	<i>Raphiolepis umbellata</i> 다정큼나무		○			
석류풀과	<i>Tetragonia tetragonoides</i> 번행초 ●		○			○
무환자나무과	<i>Koeleria paniculata</i> 모감주나무		○			
인동과	<i>Lonicera japonica</i> 인동		○			
	<i>Lonicera japonica</i> var. <i>repens</i> 털인동		○			
팽이밥과	<i>Oxalis corniculata</i> 팽이밥		○			○
십자귀과	<i>Rorippa indica</i> 개갯쟁이			○		

Fig. 1. Continued

과 명	학 명	조사지				
		1	2	3	4	5
석죽과	<i>Spergularia marina</i> 갯개미자리 ●	◎	◎	◎		
	<i>Melandryum oldhamianum</i> for. <i>roseum</i> 갯장구채 ●					◎
콩과	<i>Lathyrus japonica</i> 갯완두 ●	◎		◎		
협죽도과	<i>Trachelospermum asiaticum</i> var. <i>intermedium</i> 마삭줄	◎				◎
십자화과	<i>Lepidium apetalum</i> 다닥냉이		◎	◎		◎
마디풀과	<i>Rumex crispus</i> 소리쟁이	◎	◎	◎	◎	◎
	<i>Persicaria hydropipter</i> 여뀌		◎	◎		
	<i>Polygonum bellardi</i> 옥매듭	◎	◎	◎		
콩과	<i>Pueraria thunbergiana</i> 칩		◎			
	<i>Athyus davidii</i> 활랑나물		◎			
명이주과	<i>Chenopodium glaucum</i> 취명아주	◎	◎	◎	◎	◎
	<i>Atriplex subcordata</i> 갯논쟁이 ●			◎		
	<i>Atriplex gmelini</i> 가는갯능쟁이 ●	◎	◎	◎	◎	◎
	<i>Salsola komarovii</i> 수송나물 ●					
	<i>Suaeda japonica</i> 칠면초 ●	◎	◎	◎	◎	
	<i>Atriplex subcoudata</i> 솔장다리 ●				◎	
	<i>Ixeris repens</i> 갯썸바귀 ●				◎	
	<i>Salicornia herbacea</i> 통통마디 ●	◎			◎	
	<i>Suaeda asparagoides</i> 나문재 ●	◎	◎	◎	◎	
	<i>Suaeda maritima</i> 해홍나물 ●	◎	◎	◎	◎	
꼭두서니과	<i>Paederia scandens</i> 계요등					◎
비늘꽃과	<i>Oenothera odorata</i> 달맞이꽃	◎	◎	◎		◎
질경이과	<i>Plantago lanceolata</i> 창질경이					◎
갯질경이과	<i>Limonium tetragonum</i> 갯질경 ●	◎	◎	◎	◎	
매꽃과	<i>Calystegia soldanella</i> 갯메꽃 ●	◎	◎	◎		◎
차나무과	<i>Eurya emarginata</i> 우묵사스레피		◎			
산형과	<i>Peucedanum japonicum</i> 갯기름나물 ●		◎			
	<i>Glehnia littoralis</i> 갯방풍 ●					◎
면마과	<i>Cytomium fortunei</i> 쇠고비		◎			◎
마편초과	<i>Vitex rotundifolia</i> 순비기나무 ●	◎	◎	◎		
	<i>Caryopteris incana</i> 층꽃나무					◎
앵초과	<i>Lysimachia Mauritiana</i> 갯까치수영 ●		◎			◎
분꽃과	<i>Mirabilis jalapa</i> 분꽃					◎
국화과	<i>Aster tripolium</i> 갯개미취	◎	◎	◎	◎	
	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> var. <i>elator</i> 돼지풀		◎			
	<i>Aster hispidus</i> 갯썸부쟁이 ●		◎	◎	◎	

Fig. 1. Continued

과 명	학 명	조사지				
		1	2	3	4	5
국화과	<i>Artemisia capillaris</i> 사철쭉	◎	◎	◎	◎	◎
	<i>Artemisia fukudo</i> 큰비쭉		◎	◎	◎	
	<i>Erigeron bonariensis</i> 실망초	◎	◎	◎	◎	
	<i>Crepidiastrum lanceolatum</i> 갯고들빼기 ●					◎
	<i>Chrysanthemum zawadskii</i> var. <i>latilobum</i> 구절초					
	<i>Aster spathulifolius</i> 해국 ●					◎
	<i>Artemioia japonica</i> 제비쭉					
	<i>Gnaphalium affine</i> 떡쭉	◎		◎		
	<i>Senecio vulgaris</i> 개쭉갯	◎		◎	◎	
	<i>Artemisia scoparia</i> 비쭉	◎		◎		
	<i>Taraxacum officinale</i> 서양민들레					◎
	<i>Youngia denticulata</i> 이고들빼기					◎
	<i>Sonchus asper</i> 큰방가지뚥	◎	◎	◎	◎	◎
	<i>Sonchus oleraceus</i> 방가지뚥	◎	◎	◎	◎	◎
	<i>Bidens bipinnata</i> 도깨비바늘	◎	◎	◎	◎	◎
	<i>Ixeris repens</i> 갯쭈마귀 ●	◎	◎			
	<i>Xanthium strumarium</i> 도꼬마리	◎	◎	◎		
가지과	<i>Solanum nigrum</i> 까미중					◎
	<i>Lycium chinense</i> 구기자나무					◎
돌나물과	<i>Orostachys japonicus</i> 바위솔		◎			◎
	<i>Orostachys sikokianus</i> 난장이바위솔		◎			
	<i>Sedum oryzifolium</i> 땅채송화					◎
총 종 수		34	56	44	22	37

*남해안 주요갯벌 식물상(1: 득량만, 2: 고흥, 3: 순천만, 4: 마산, 5: 부산, ●: 염생식물).

있었으며 하구에서 방조제 건설, 도로작업과 같은 인위적인 간섭을 받고 있었다. 울구만 지역은 마산시 가포동에 가포유원지, 마산시 심리 주변에 해안도로, 마산시 수정리 죽전 마을 주변에 해안 바위 등과 같은 지형적, 지리적 특성으로 인하여 해안 염생식물 분포는 매우 빈약하였다. 한편 해안 염생식물 분포가 가능한 마산시 가포동에 가포유원지 주변지역을 중심으로 주변 개발사업으로 인한, 인위적인 간섭이 심하게 일어난 해안 염생식물 서식지를 중심으로 식생 복원사업을 계획하였으면 한다.

부산지역은 해운대구의 모래 갯벌과 해안암벽 주변을 중심으로 조사되었는데 총 종수는 37종이었고, 이 중 염생식물이 9종으로 조사지역 중 염생식물의 종수가 가장 적었다. 이 지역은 관광지로서 해안경관이 수려하나 인간의 간섭이 심하기 때문이다. 해안의 바위틈에는 바위솔, 해국, 땅채송화, 갯고들빼기가 분포하였고 그밖에 갯잔디와 갯고들빼기군락이 형성되어 있으며 귀화식물인 변행초가 부분적으로 소규모의 군락을 이루고 있었다. 그러나 낙동강 하구의 각 사주간의 갯벌에는 약 80여종의 식물이

분포하는데(윤, 2001) 해안선으로부터 내륙쪽으로 세모고랭이, 천일사초가 자라고, 이어 갈대 군락이 대상 구조로 분포하는 것으로 알려지고 있다. 점토질 갯벌에는 나문재, 칠면초 등이 분포하고, 사구에는 우산잔디, 갯잔디, 수송나물, 통보리사초, 좁보리사초, 보리사초, 갯완두, 갯메꽃 등의 혼합군락이 이루어지고 있는 것으로 밝혀지고 있다. 한편 섬진강 하구 지역은 자세하게 조사되지는 않았으나 강 하류쪽의 단교천과 합류되는 지역을 중심으로 갯벌이 발달되어 있으며 수로 근처의 저지대 갯벌에는 갈대 군락이 우점하나 이보다 40 cm 높은 갯벌에는 폭 200 m, 길이 500 m의 모새달 순군락이 발달되어 있다. 하구 서쪽은 광양제철소가 위치하여 갯벌이 대부분 파괴되어 있으나 나머지 일부 갯벌에는 갈대, 칠면초, 통통마디, 나문재 등이 우점하고 있다.

이상에서 남해안 염생식물은 갯벌면적, 인간의 간섭정도, 토성 등에 따라 차이를 보였으며 남해안의 갯벌이 대부분 소실되어, 염생식물의 특징적인 대상 분포 지역은 낙동강 하구지역을 제외하고는 발견되지 않았다. 그러나 갯벌은 전 세계적으로 극히 제한되어 있을 뿐만 아니라 육상과 해양에서 볼 수 없는 다양한 생물을 지탱하여 주고 육상으로부터 유입되는 각종 오염물질을 정화시켜주는 매우 중요한 곳이다. 선진 각국은 갯벌의 중요성이 인식되면서 1980년대에 들어 해안에서 간척사업이 중단되고 오히려 파괴된 갯벌의 복원작업이 한창 이루어지고 있는 실정이다. 그러나 우리나라 갯벌에 관한 관심은 아직도 매우 미약한 상태로 대형 간척사업에 의한 개발논리가 앞서고 있는 실정이다. 특히 남해안의 경우 염생식물이 생육할 수 있는 지역은 대부분 간척되었고 일부 남은 갯벌도 면적이 좁아 육상으로부터 유입되는 오염물

질이 연안해역으로 직접 유입됨으로서 심각한 해양오염을 유발시키고 있으며 남해안의 적조 현상이 연례행사처럼 발생되고 있는데 그 대책으로 좁은 면적의 갯벌이라도 보존하고 더 나아가 적극적으로 식생을 복원하여 다양한 염생식물이 분포하는 녹색갯벌로 바뀌어 가기를 바란다.

참고문헌

- 고철환, 2001. 한국의 갯벌, 환경, 생물 그리고 인간. 서울대학교 출판부 1073pp.
- 오경환·임병선, 1983. 섬진강 하구 염습지 갈대군락의 생산성과 토양양분의 계절적 변화. 한국생태학회지 6: 90-97.
- 임병선, 1989. 토양의 수분포텐셜과 식물의 삼투조절능에 의한 해안식물 군락의 분포. 서울대 박사학위 논문, 116pp.
- 임병선·이기철·이점숙·서도성·윤성명·이두표·성치남·양성렬, 1998. 서남해안 갯벌생태계 보고서. 환경부 221pp.
- Aoyama, I., N. Hisao and S. Y. Ma. 1986. Uptake of nitrogen and phosphate, and water purification capacity by water-hyacinth (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms). Ber. Ohara Inst. Landw. Biol., Okayama University 19: 77-89.
- Braun-Blanquet, J. 1964. Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde.
- Ellenberg, H. 1956. Aufgaben und Methoden der Vegetationskunde. Stuttgart. 136p. Springer-Verlag, Wien. New York. 865p.
- Tripathi, B. D., J. Srivastava and K. Misra. 1991. Nitrogen and phosphorus removal capacity of four chosen aquatic macrophytes in tropical freshwater ponds. Environment Conservation. 14: 3-7.

남해안 잘피 서식지 현황 및 복원 방안¹⁾

이근섭 · 이상용²⁾

부산대학교 생물학과

머리글

잘피(seagrass)는 해수에 적응되어 일생을 수중 속에서 보내며, 연안이나 하구생태계에서 자라는 현화식물(angiosperm)을 통칭하며, 해조류(algae)와는 구별되어진다. 약 50-60여종의 잘피가 전세계 거의 모든 해안에 분포하고 있으며, 우리나라 연안에는 8종이 분포하고 있는 것으로 알려져 있다. 잘피는 연안에 광범위한 생태계를 구성하며, 경제적 가치가 큰 많은 어족 자원들에게 중요한 서식지를 제공해 준다. 또한 잘피는 매우 높은 생산성을 가지며, 생산된 유기물이 상위 영양단계로 편입되어지므로 잘피 서식지는 연안의 수산생산성과 밀접하게 관련되어있다. 그리고 잘피는 과도하게 방류된 영양염류 및 오염물질을 여과하므로 연안의 수질을 향상시키는데도 중요한 역할을 할 수 있다.

이처럼 연안이나 하구생태계의 주요 구성요소인 잘피 서식지가 최근에 전세계적으로 약 50% 정도가 사라졌다고 보고되고 있으며, 그 주된 원인은 인간 활동에 의한 교란 및 서식지 환경파괴인 것으로 알려져 있다. 이러한 잘피 서식지의 감소는 연안의 수산생산성 및 생물자원 다양성의 감소, 그리고 적조현상과 같은 환경재해 발생 증가로 이어졌다. 따라서 사라졌거나 훼손된 잘피 서식지의 복원을 위하여 국제

적으로 많은 노력을 기울이고 있으며, 세계 곳곳에서 연안생태계 정화 및 수산생산성 향상을 위하여 잘피 서식지의 복원이 수행되고 있다.

잘피는 우리나라의 동해, 서해 및 남해 모든 연안에 분포하고 있으나, 동해 연안의 경우 항구나 석호와 같은 파도의 영향을 적게 받는 지역에 주로 한정되어 분포하고 있으며, 서해의 경우 도서 지역의 조간대 및 조하대에 주로 분포하고 있다. 그러나 남해 연안의 경우 거의 모든 지역에 광범위하게 분포하고 있다. 본 글에서는 우리나라 남해 연안에 분포하는 잘피의 서식환경, 형태학적 특성 및 생산성, 서식지 내 생물종의 다양성 등을 살펴보고, 훼손된 잘피 서식지의 복원 방안을 고찰하고자 한다.

잘피의 생태학적, 수산경제학적 기능

잘피는 수중에서 일생을 보내므로 육상식물과는 달리 NH_4^+ , PO_4^{3-} , NO_3^- 등과 같은 무기염류를 뿌리뿐만 아니라 잎조직으로도 흡수할 수 있다(Thursby and Harlin, 1982; Stapel *et al.*, 1996; Lee and Dunton, 1999). 잘피의 잎조직에 의하여 해수로부터 흡수되는 질소의 양이 뿌리조직에 의하여 토양으로부터 흡수되는 양과 비슷하다는 것이 보고되었다(Lee and Dunton, 1999). 따라서 잘피는 하구로부터 유입

1) Status and restoration of seagrass habitat on the south coast of the Korean peninsula

2) LEE Kun-Seop and LEE Sang-Yong, Department of Biology, Pusan National University, 609-735 Korea;

E-mail: klee@pusan.ac.kr

된 과도한 양의 무기염류들을 빠른 속도로 흡수해 제거할 수 있다. 무기염류의 흡수제거로 인해 식물성 플랑크톤이나 유해한 조류의 이상 번식을 막을 수 있어, 하구나 연안생태계에서 발생할 수 있는 부영양화나 적조현상과 같은 환경재해를 줄일 수 있다. 많은 종류의 중금속들도 해수로부터 흡수되어 잘피의 잎조직에 축적된다(이, 2001). 따라서 잘피는 연안의 수질을 향상시키는데 매우 중요한 역할을 하고 있다.

또한 잘피는 경제적 가치를 지닌 많은 어족 자원들에게 중요한 서식지를 제공해 준다. 잘피 서식지는 많은 동물들의 산란장소 및 치어들의 피난처로 사용되어진다. 그리고 잘피림(seagrass beds)은 가장 생산성이 높은 지역중의 하나인데(McRoy and McMillan, 1977; Lee and Dunton, 1996), 잘피에 의해 생성된 유기물은 많은 동물들의 직접적인 먹이원으로서, 미생물에 의해 해양 및 연안생태계의 먹이그물로 편입되어진다. 그리고 잘피의 지상부 조직은 많은 착생조류 및 착생동물들의 붙어사는 장소를 제공해 주는데, 이들 착생 동식물들은 경제성을 지닌 많은 어류들의 좋은 먹이다. 그러므로, 잘피 서식지는 연안의 수산생산성 향상에 크게 기여하고 있다. 따라서 잘피 생태계는 생태적 가치와 경제적 가치를 함께 지닌 매우 특이한, 그리고 보존해야 할 중요한 우리의 자원이다.

종조성 및 분포

우리나라 연안에는 8종의 잘피가 서식하고 있는 것으로 알려져 있으며, 남해 연안에는 7종이 분포할 것으로 추정된다(Table 1). 우리나라 연안에는 5종의 *Zostera*와 2종의 *Phyllospadix*가 분포하고 있으며(Shin and Choi, 1998; 이, 2001), 낙동강 하구에서 *Ruppia maritima*(줄말)의 분포가 보고되었다(정과 최, 1985). *R. maritima*는 담수의 유입이 있는 하구지역에서만 한정되어 분포하고 있으며, 우리나라의 경우 낙동강 하구의 해수의 영향을 받는 웅덩이와 같

Table 1. Seagrass species distributed on the south coast of the Korean peninsula

Species	Distribution	
	Korean peninsula	South coast
<i>Genus Zostera</i>		
<i>Z. marina</i>	+	+
<i>Z. caulescens</i>	+	+
<i>Z. asiatica</i>	+	?
<i>Z. caespitosa</i>	+	+
<i>Z. japonica</i>	+	+
<i>Genus Phyllospadix</i>		
<i>P. iwatensis</i>	+	?
<i>P. japonicus</i>	+	+
<i>Genus Ruppia</i>		
<i>R. maritima</i>	+	+

*우리나라 남해 연안에 분포하는 잘피종들.

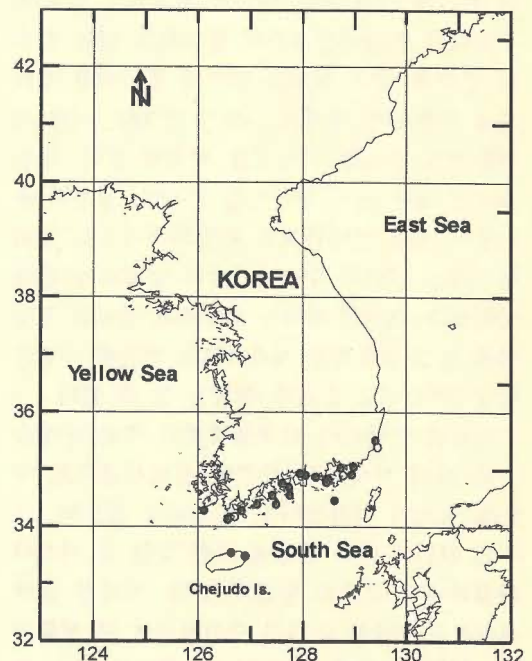


Fig. 1. Distribution of *Zostera marina* on the south coast of the Korean peninsula.

*한반도 남해연안의 *Zostera marina* 분포.

은 매우 한정된 지역에서의 분포만 보고되었다. 이 지역의 생태계는 이미 많이 훼손되어,

*R. maritima*의 현 분포가 다시 조사되어야 할 것으로 사료된다.

우리나라 남해 연안에는 한반도 연안에 분포하는 거의 모든 갈피 종들이 분포하고 있을 것으로 추측되나, *Zostera asiatica*(왕거머리말)의 분포는 명확하지 않다. *Phyllospadix* 종들은 동해 연안에 주로 분포하고 있어 남해 연안의 경우 동해에 인접한 부산 근해 지역에서만 주로 분포하고 있으며, 바위에 부착되어 서식한다. *Z. marina*(거머리말)은 전 세계적으로도 가장 광범위하게 분포하는 갈피종 중 하나이며, 우리나라 모든 연안에 분포하고 있고, 남해 연안의 경우 거의 모든 지역에 광범위하게 분포하고 있으며 (Fig. 1), 다른 종들에 비해 넓은 초지를 형성한다 (Fig. 2). *Z. caespitosa*(포기거머리말)는 자갈이 섞인 토양에 주로 한정되어 분포하고 있으며, *Z. caulescens*(수거머리말)은 체장이 10 m 까지 이르러 비교적 깊은 수심에서만 발견된다. *Z. japonica*(애기거머리말)은 일반적으로 조간대에 한정되어 서식하고 있어, 지상부 조직이 많은 시간 공기 중에 노출되어진다 (Fig. 3). 전세계에 분포하는 약 60여종 중 우리나라 남해 연안에 약 7종의 갈피가 분포하고 있으므로, 남해 연안은 전세계적으로도 매우 다양한 갈피 종들이 서식하고 있는 지역에 속하게되며, 외국의 경우 많은 종들이 같은 서식지에 혼합되어 분포하고 있는 경우도 흔하게 발견되나, 우리나라



Fig. 2. *Zostera marina* bed in Jindo Island.
*진도 앞바다의 *Zostera marina* 서식지.



Fig. 3. *Zostera japonica* bed on the intertidal zone in Koje Island.
*거제도의 조간대에 서식하고 있는 *Zostera japonica*.

의 경우, 갈피종들이 위에서 살펴본 바와 같이 그 서식지가 일반적으로 겹치지 않아 서로간에 경쟁이 없을 것으로 사료된다.

Table 2. Density and morphological characteristics of seagrasses distributed in Koje Island during August, 2001. Values are mean (SE)

Parameter	Species			
	<i>Zostera marina</i>	<i>Z. caulescens</i>	<i>Z. japonica</i>	<i>Z. caespitosa</i>
Density(shoots/m ²)	85.7(16.9)	117.4(10.3)	7619(740)	
Height(cm)	237.9(3.9)	437.1(10.9)*	21.0(1.2)	104.2(3.4)
Sheath length(cm)	32.9(4.7)	40.9(2.4)	4.6(0.3)	21.1(0.8)
Leaf width(mm)	9.5(0.3)	11.3(0.3)	1.4(0.1)	7.7(0.8)
No. of leaf/shoot	4.4(0.2)	4.2(0.1)	3.7(0.2)	3.6(0.2)
No. of vein	7.0(0.0)	8.3(0.3)	3.0(0.0)	5.8(0.3)

*거제도에 분포하는 갈피종들의 8월중 밀도 및 형태학적 특성(*reproductive shoot).

형태학적 특성 및 생산성

잘피의 서식 밀도는 분포지역, 계절 그리고 종에 따라 다양하게 나타난다. 남해연안에 서식하는 잘피종들의 서식 밀도를 거제도 연안에 분포하는 잘피종들을 조사하여 비교하여 보았다 (Table 2). 종간의 개체 크기의 차이 때문에 서식 밀도에 많은 차이를 보였는데, *Zostera marina*는 평방 미터당 약 90개체, *Z. caulescens*의 경우 약 120개체가 분포하였으며, 개체 크기가 작은 *Z. japonica*의 경우 약 7600개체가 분포하였다. *Z. caespitosa*의 경우는 여러 개체가 모여 다발로 분포하고 있으므로, 단위 면적당 밀도를 조사하기 힘들었다.

남해 연안에 분포하는 *Zostera* 종들의 형태학적 특징을 살펴보면, *Z. marina*는 체장은 2-3 m였으며, sheath(초)의 길이는 약 30 cm, 잎의 폭은 1 cm 내외였으며, 개체당 4-5개의 잎을 가지며, 일반적으로 7개의 잎맥을 가지고 있었다 (Table 2). *Z. caulescens*는 세계에서 가장 키가 큰 잘피종에 속한다. 지역에 따라 키가 10-15 m까지 자랄 수 있으며, 거제도 연안의 경우 4-7 m였다. 초의 길이는 약 40 cm, 잎의 폭은 11-12 mm로 *Z. marina*에 비해 더 길거나 넓었다. 개체당 잎의 수는 4-5개, 그리고 8-9개의 잎맥을 가졌다. *Z. caespitosa*는 *Z. marina*나 *Z. caulescens*에 비해 식물의 크기가 작았는데, 키는 1 m 내외였고, 잎의 폭은 7-8 mm, 개체당 잎의 수는 3-4개였다. *Z. japonica*가 가장 작은 개체 크기를 가졌는데, 키는 일반적으로 20 cm 내외이며, 잎의 폭은 약 1 mm, 개체당 잎의 수는 3-4개였다.

남해 연안 잘피종들의 생산성을 개략적으로 살펴보면, *Zostera marina*의 경우, 8월중 개체당 하루에 약 23 mg의 건중량을, 평방 미터당 약 2 g의 건중량을 생산하였다 (Table 3).

*Z. caulescens*도 매우 유사한 생산성을 나타내었으며, *Z. caespitosa*는 비교적 낮은 생산성을 보여주었다 (4.95 mg dry wt/shoot/day). 특히

Table 3. Seagrass productivity during August, 2001 in Koje Island. Values are mean (SE)

Species	Production	
	mg dry wt/shoot/d	g dry wt/m ² /d
<i>Zostera marina</i>	22.80(3.03)	1.95(0.26)
<i>Zostera caulescens</i>	16.95(2.48)	1.98(0.29)
<i>Zostera japonica</i>		5.01(0.34)
<i>Zostera caespitosa</i>	4.95(0.45)	

*거제도에 분포하는 잘피종들의 8월중 생산성.

하게도 개체의 크기가 가장 작은 *Z. japonica*가 단위 면적 당 가장 높은 생산성을 보여 주었는데, 이것은 이들의 높은 밀도에서 기인한 것이다.

잘피 서식지내 생물상

잘피 서식지 내에는 매우 다양한 생물들이 살고 있다. 잘피 생태계에서만 서식하고 있는 종들도 있고, 생활사 중 일정 기간을 잘피 생태계에서 보내는 종들도 있다. 따라서 연안생태계의 종다양성에 잘피 서식지는 매우 큰 기여를 하고 있다고 할 수 있다. 잘피 서식지내 생물은 크게 착생조류 및 착생동물, 저서동물, 무척추동물, 어류, 토양 미생물 그리고 바다거북과 같은 파충류, dugong이나 manatee같은 포유류로 나누어 볼 수 있다. 우리나라의 경우 잘피 서식지 내에 포유류는 분포하지 않는다.

잘피의 잎조직에는 매우 다양한 착생조류들이 붙어살고 있으며, 이들은 많은 어류의 좋은 먹이이다. 남해 연안 잘피의 경우, 13종의 착생해조류가 보고되었으며, 이중 홍조류가 10종으로 가장 많았다(허 등, 1998). 저서동물은 나지에서 보다 잘피 서식지에서 훨씬 다양하게 나타나는데, 광양만 잘피 서식지에서 총 60종의 저서동물이 조사되었고, 이중 갯지렁이류(Polychaetes)가 가장 우점종이었다(윤 등, 1997). 허(1986)는 충무 한실포의 잘피 서식지 내에서 19과 35종의 어류를 채집하였으며, 이들은 대부분 10 cm 이하의 작은 어종이거나, 큰 어종의 치어가 대

부분이었다고 보고하였으며, 광양만 갈피 서식지에서는 총 57종의 어류를 채집하였다(허와 박, 1997). 이처럼 갈피 서식지 내에서 매우 다양한 생물종들이 관찰되고 있으며, 따라서 갈피 생태계의 훼손은 연안의 생물다양성에 매우 심각한 영향을 미칠 수 있다.

갈피 서식지의 훼손 및 복원

갈피 생태계는 여러가지 요인에 의해 훼손되어질 수 있는데, 자연적인 요인과 인위적인 요인으로 크게 나누어 볼 수 있다. 자연적인 요인으로는 성계, 어류 또는 조류 등과 같은 초식동물에 의한 손실, wasting disease와 같은 질병에 의한 감소, 그리고 폭풍이나 파도에 의한 훼손이 있고, 인위적인 요인에는 준설, trawling, 오염물질의 유입, 매립 등이 있으며, 보다 심각한 영향을 미친다. 우리나라에서는 과도한 생활하수의 유입과 무분별한 매립이 가장 큰 위협요소이다. 갈피 서식지는 수산생산성을 제외하고도 hectare당 일년에 약 이만불 정도의 생태학적 가치를 생산한다고 보고되었다. 따라서 이들 생태계의 경제적, 생태적 가치가 고려되지 않은 매립은 지양되어야 할 것이다. 하구나 연안생태계로의 과도한 하수의 유입은, 하수 내의 질소나 인과 같은 무기염류가 식물성 플랑크톤을 이상번식케하여 물을 흐리게 하거나, 갈피 앞에 착생하여 자라는 조류를 번성하게 하여, 갈피의 앞이 광합성에 필요한 충분한 양의 빛을 받지 못하게 함으로써 갈피의 서식지를 감소시키고 있다.

전 세계적으로 약 50%의 갈피 서식지가 주로 인위적인 훼손에 의해 사라졌다고 보고되고 있으며, 많은 나라에서 이렇게 사라진 갈피 생태계의 복원에 많은 노력을 기울이고 있다. 이들 국가의 경우 갈피에 관한 많은 생리생태학적 정보를 가지고 있으며, 이들 정보가 실제 갈피 생태계의 복원 수행에 이용되어지고 있고, 갈피복원을 위한 이식 기술도 많이 발달되어있

다. 우리나라 연안의 성공적인 갈피 생태계 복원을 위하여 우리나라에 분포하는 갈피의 생리생태학적 연구가 필수적이며, 우리나라 현실에 적합한 이식 기술이 개발되어야 할 것이다. 본 저자들은 현재 남해 연안에서 예비적인 이식실험을 수행하고 있으며, 그 결과는 성공적이었다. 이후에는 실질적인 생태계 복원을 위한 대규모 갈피 이식기술이 개발되어야 할 것이다.

참고문헌

- 윤성규 · 허성희 · 박성남, 1997. 갈피발 대형저서동물의 종조성과 계절변동. 한국수산학회지 30(5): 744-752.
- 이상용, 2001. 한국산 거머리말속(*Zostera*, *Zosteraceae*)의 생태 및 분류학적 특성에 관한 연구. 박사학위논문. 한양대학교.
- 정영호 · 최홍근, 1985. 낙동강수계의 수생관속식물상과 현존량. 환경생물학회지 3(1): 29-44.
- 허성희, 1986. 갈피발에 서식하는 어류의 종조성 및 출현량의 계절적 변동에 관한 연구. 한국수산학회지 19(5): 509-517.
- 허성희 · 박성남, 1997. 광양만 갈피발에 서식하는 어류의 종조성 및 계절 변동. 한국어류학회지 9(2): 202-220.
- 허성희 · 박성남 · 남기완, 1998. 광양만 갈피발에서 갈피와 착생해조류의 계절 변동. 한국수산학회지 31(1): 56-62.
- Lee, K-S. and Dunton, K. H., 1996. Production and carbon reserve dynamics of the seagrass *Thalassia testudinum* in Corpus Christi Bay, Texas, USA. Marine Ecology Progress Series 143: 201-210.
- Lee, K-S. and Dunton, K. H., 1999. Inorganic nitrogen acquisition in the seagrass *Thalassia testudinum*: Development of a whole-plant nitrogen budget. Limnology and Oceanography 44(5): 1204-1215.
- McRoy, C.P. and McMillan, C., 1977. Production ecology and physiology of seagrasses. In:

- McRoy, C. P., Helfferich, C. (eds) Seagrass ecosystems: a scientific perspective. Dekker, New York, p. 53-81.
- Shin, H. and Choi, H.-C., 1998. Taxonomy and distribution of *Zostera* (Zosteraceae) in eastern Asia, with special reference to Korea. Aquatic Botany 60: 49-66.
- Stapel, J., Aarts, T. L., van Duynhoven, B. H. M., de Groot, J. D., van den Hoogen, P. H. V. and Heminga, M. A. 1996. Nutrient uptake by leaves and roots of the seagrass *Thalassia hemprichii* in the Spermonde Archipelago, Indonesia. Marine Ecology Progress Series 134: 195-206.
- Thursby, G. B. and Harlin, M. M., 1982. Leaf-root interaction in the uptake of ammonium by *Zostera marina*. Marine Biology 72: 109-112.

다음은 자연보존 115호(2001년 9월 발행)에 실린 「황해의 지속성 유기오염물질과 중금속 오염」(오재룡 김경태, pp.30-43)에 관련된 신문기사 내용입니다.

폐기물 투기 해역 어패류에 발암물질 (중앙일보 2001. 11. 3)

오·폐수 처리장의 슬러지(찌꺼기)와 폐산, 폐알칼리 등 산업폐기물이 매년 2백40만t 씩 버려지는 서해 투기장 인근 해역의 퇴적물, 어류가 발암물질로 오염된 것으로 드러났다.

2일 한국해양연구원 오재룡, 김경태 박사가 '자연보존'지(誌)에 기고한 논문 따르면 지난해 서해 폐기물 투기해역 인근 지점의 퇴적물과 어류의 다환방향족 탄화수소(PHAs) 농도를 분석한 결과, 다른 지점에 비해 2~10배나 높게 측정됐다. 퇴적물의 경우 g당 11.7 ng(나노그램, 1 ng=10억분의 1 g)의 PHAs가 검출돼 다른 지점에 비해 두 배 가까이 높았다. 또 눈강달이·부세 등 어류의 조직(살코기)에서는 g당 45.5~3백30.8 ng이, 간에서는 82.5~8백44.6 ng이 검출돼 다른 지점에 비해 최고 7~10배로 측정됐다.

현재 해양투기 인근 해역에서는 계절에 따라 조기·강달이·멸치·병어·양태·갈치 등이 많이 잡히고 있다. 여러 개의 고리가 연결된 모양의 분자구조를 지닌 PHAs에는 벤조피렌 등 여러 가지 발암물질이 포함되어 있으며 쉽게 분해되지 않아 먹이사슬을 거치면서 수천~수만배로 농축되는 성질을 갖고 있다. 오·폐수나 폐기물 해양투기 등을 통해 바다에 들어온 PHAs는 플랑크톤에 흡수되고 플랑크톤을 먹는 조개, 어류 등을 거쳐 최종적으로는 사람도 암발생 등 피해를 보는 것으로 알려져 있다.

현재 군산에서 서쪽으로 2백km 떨어진 공해상에 위치한 3천여km² 면적의 서해 해양투기 해역에는 1988년 이후 국내에서 발생한 폐기물 1천8백만t이 투기됐고 현재도 매년 2백40만t 씩 버려지고 있다. 중국 쪽에서도 매년 7백51t의 중금속과 2만1천t의 원유 찌꺼기, 3억t의 생활오수가 서해로 방류돼 반폐쇄성 해역인 서해 오염이 가중되고 있다.

해양수산부 관계자는 "폐기물 투기로 인한 서해 오염이 가중돼 99년부터 투기량을 연간 2백40만t으로 제한하고 있다"며 "해양오염방지법을 개정해 투기 폐기물 성분에 대한 규제를 대폭 강화할 계획"이라고 말했다.

남해연안의 유기주석 오염¹⁾

민 병 윤²⁾

경남대학교 토목환경공학부

머리글

수 없이 많은 화학물질 중, 인간과 생태계에 있어 위험한 것은 독성이 강하고 체내에 장기간 잔류하는 물질들이다. 이러한 독성을 가진 물질 중 한 가지로서 유기주석화합물을 들 수 있다.

유기주석화합물(organotin compounds)은 산업용 공정 및 농업적 공정에 널리 사용되고 있는 물질이다. 그 중 MBT(monobutyltin)와 DBT(dibutyltin)는 폴리우레탄, 실리콘 등 산업공정의 촉매와 PVC(polyvinyl chloride) 안정제, 각종 플라스틱 첨가제 등에 널리 사용되고 있으며, TBT(tributyltin)는 방오제, 살균제, 목재보존제 등으로 사용된다. 특히 TBT는 배의 밑 부분에 따개비나 굴 등 부착생물(fouling organism)이 달라붙어 서식하지 못하도록 페인트에 부착방지제(antifoulant)로서 첨가되어 사용되는데 이를 방오페인트(antifouling paint)라고 한다. TBT는 뛰어난 부착방지 효과 때문에 선박뿐만 아니라 어망, 어구 등에도 사용되고 있으며, 굴과 같은 이매패류(bivalves)와 복족류(gastropods)가 TBT에 매우 민감한 것으로 보고되어 있다(Alzieu *et al.*, 1986; Bryan *et al.*, 1988).

독성실험의 결과에 의하면 TBT가 굴의 성장

억제와 패각기형을 일으키고, 치패의 성장에도 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Waldock & Thain, 1996). 또한 Alzieu(1986)에 의하면 해수 중의 TBT농도가 0.05 ppb만 되어도 성장이 억제되며 10일 후면 치사가 일어나고, 1 ppb에서는 변형된 유생이 관찰되며 8일 내에 모두 치사하는 것으로 알려져 있다. 뿐만 아니라 홍합의 성장속도를 감소시키고, 홍합 유생의 높은 사망률을 유도한다는 것이 밝혀진 바 있다(Valkirs *et al.*, 1987; Salazar & Salazar, 1991).

TBT는 환경호르몬 물질로도 작용하여, 복족류 암컷에서 수컷의 성기가 발생하여 불임이 유발되는 임포섹스(imposex) 현상이 보고된 바 있고(Bryan *et al.*, 1988), Dog-whelk(*Nucella lapillus*)에서도 TBT 1 ng/l 이하에서 임포섹스가 유발된 바 있다(Gibbs & Bryan, 1986).

최근 한국의 연안에서도 TBT가 검출되고 있어 한국에서도 TBT에 의한 오염이 진행되고 있음이 밝혀진 바 있다(Khang, 1995; 이, 1998). 그러나 아직 TBT에 의한 오염현황이나 생물체에 미치는 영향에 대한 연구는 매우 미흡한 실정이다. 본 연구에서는 우리나라 남해연안의 퇴적물과 진주담치를 채취하여 남해연안의 오염현황을 파악하고 오염에 대한 대안을 마련하고자 한다.

1)Contamination by organotins in the southern coast of Korea

2)MIN Byung-Yoon, Division of Civil and Environmental Engineering, Kyungnam University, 631-701 Korea;
E-mail: bymin@kyungnam.ac.kr

퇴적물 및 홍합의 오염현황

시료채취 및 분석방법

한국 남해 연안에 위치한 진해만 주변에 대한, 유기주석화합물에 의한 오염현황을 알아보기 위해서 고현만 주변에 위치해 있는 조선소(삼성조선소)를 중심으로 하여 시료를 채취하여 분석하였으며, 퇴적물의 경우 총 21개 지점에서 grab sampler를 사용하여 표층 퇴적물을 채취하였다(Fig. 1).

퇴적물시료의 채취시기는 1997년 12월부터 1999년 2월까지 총 6차례에 걸쳐 시료를 채취하였다. 또한 조선소 주변해역의 유기주석화합물 오염도를 파악하기 위하여 가조도 서쪽해역인 안정해역을 대상으로 1999년 2월에 퇴적물 10지점과 홍합 4지점의 시료를 채취하여 분석하였다.

생체시료로는 홍합(*Mytilus edulis*)을 선택하여 분석하였다. 홍합은 어류 및 포유류와는 달리 착생하여 생활하는 부착생물로서 그 지역의 오염특성을 대표하며 특히 오염물질에 대한 광범위한 축적능력으로 오염모니터링조사에 널리

이용되어 왔다. 홍합 시료는 조선소를 중심으로 총 6곳에서 채집하여 분석하였다. 또한 조선소에 의한 유기주석화합물의 오염 축적에 관하여 알아보기 위해서 홍합 이식실험을 실시하였다. 청정해역인 해금강에서 홍합을 채취하여 삼성조선소 앞 해역과 6 km 떨어진 목섬 부근에 15 일 동안 이식한 후 분석하여 그 축적성을 검토하였다.

분석방법은 Iwata 등(1994)의 실험방법을 변형하여 시행하였다. 퇴적물의 경우 약 5~7 g의 습 시료를 취하여 2 N HCl(5 mL)와 0.1% tropolone/acetone(40 mL)를 넣은 후 15분간 shaking 한다. 이 때 internal standard로 hexyl-TBT(1 mL)를 첨가한다. 원심분리기를 이용하여 상등액을 분리한 후 50 mL의 0.1% tropolone/benzene층으로 옮긴다(2회 반복). 그 후 퇴적물시료 중의 황성분을 제거하기 위하여 벤젠 층에 4 mL의 tetrabutyl hydrogensulfate와 80 mL의 아황산나트륨(Na_2SO_3)를 넣은 후 20분간 shaking한다.

홍합의 경우 약 2 g의 sample을 2 N HCl(5 mL)와 0.1% tropolone/acetone(40 mL)를 넣은 후 homogenization을 행하여 2회 반복한다. 이

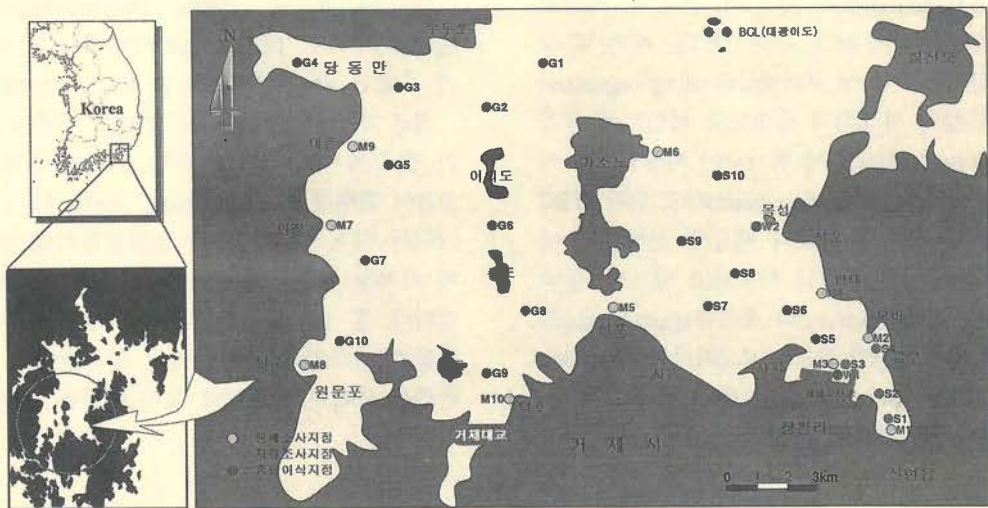


Fig. 1. Map of sampling sites in the southern coastal area.

*남해연안에서 유기주석화합물(BTs) 조사지점.

때 internal standard로서 hexyl-TBT(1 ml)를 첨가한다. 추출한 시료를 원심분리기를 이용하여 상등액을 분리한 후 500 ml의 hexan 세정수와 50 ml의 0.1% tropolone/benzene층으로 옮긴다. 15분간 shaking한 후 50분간 정치한 후 벤젠 층을 코니컬비이커로 옮긴다.

추출된 벤젠에 잔여수분을 제거하기 위하여 110°C에서 1시간 동안 건조한 무수황산나트륨(Na_2SO_4) 35 g을 넣은 후 1시간 동안 방치한다. 벤젠 추출액을 rotary evaporator를 사용하여 5 ml까지 농축한 후, 농축한 시료에 n-propylmagnesium을 5 ml 첨가, 1 N H_2SO_4 20 ml 첨가한다. 10% benzene/hexane 20 ml와 50 ml의 hexan세정수로 옮긴 후, 메탄올로 3회 세척한다.

최종 농축액을 rotary evaporator를 사용하여 약 1 ml까지 농축한다. Florisil 약 7 g을 사용하여 column chromatography로 세정하며, 이때 80 ml의 hexan으로 추출한다. 추출된 용액을 약 1 ml까지 농축한 후 정확히 5 ml로 정량한 후 GC-FPD(gas chromatograph-flame photometric detector)로 정성·정량한다.

퇴적물 내의 유기주석 농도

진해만(고현만 및 안정해역) 일대에서 채취한 퇴적물 중의 유기주석화합물의 분석 결과 고현만 및 가조도 서쪽해역 모든 조사지점에서 유기주석화합물이 검출되었다(Fig. 2). 고현만 해역에서의 총 유기주석화합물($\Sigma\text{BTs}=\text{MBT}+\text{DBT}+\text{TBT}$)의 평균 농도범위는 0.02~9.52 $\mu\text{g/g}$ 였으며, 전 조사지점에서 TBT를 비롯한 그 대사물질인 MBT와 DBT도 검출되었다. 각 이성체별 유기주석화합물의 농도분포는 MBT 0.08~2.31 $\mu\text{g/g}$, DBT 0.05~0.87 $\mu\text{g/g}$, 그리고 독성이 가장 강한 TBT는 0.07~6.34 $\mu\text{g/g}$ 로서, 이 지역이 이들 유기주석화합물에 의하여 오염되어 있음이 시사되었다.

한편 고현만의 경우 삼성조선소 앞 해역에서 다른 조사지점에 비하여 매우 높은 농도의 유

기주석화합물이 검출되었으며, 삼성조선소에 가장 근접한 S-3지점의 퇴적물시료에서 가장 높은 농도의 TBT가 검출되었다. 이와 같이 높은 농도의 TBT가 조선소 근처에서 검출된 것은 외국의 경우에도 보고된 바 있으며, Tolosa 등(1992)에 의하면 높은 농도의 TBT가 dry-dock 시설부근에서 검출되었고, 미국의 Boothbay 항에 위치한 조선소 부근에서도 높은 농도의 TBT가 검출된 바 있다(Page, 1996).

환경 중에서 TBT는 DBT로, DBT는 MBT로 분해되며 최종적으로는 무기주석으로 분해된다. 저질 내에서의 TBT 반감기는 수개월에서 수년에 이르며, 저질은 TBT의 저장고 역할을 하고 있음이 알려져 있다(Stewart & de Mora, 1990; Dowson *et al.*, 1993). 이렇게 퇴적물에 잔류하는 TBT는 해수의 유동 등 자연환경조건으로 인하여 해수 중으로 용출되어 어패류 등 생물체에 악영향을 주게 된다.

일반적으로 총 유기주석화합물(ΣBTs)과 TBT의 농도는 오염원과의 거리의 영향을 받는다. 본 조사에서도 조선소로부터 가장 근접한 지점에 위치한 S-3 지점 퇴적물의 TBT 농도는 고현만과 안정해역의 다른 조사지점에 비해서 월등히 높는데 비하여 외해지역으로 나갈수록 농도가 낮게 검출됨이 밝혀졌다(Fig. 2). 즉 고현만의 경우 조선소에 가장 근접해 있는 S-3지점 퇴적물의 TBT농도는 6.34 $\mu\text{g/g}$ 으로서, 외해에 위치한 대광이도섬(BGL, 0.04 $\mu\text{g/g}$)의 약 160배 정도로 매우 높게 검출되었다. 또한 조선소로부터 반경 2 km범위에 있는 S-1, S-2, S-4, S-5 지점의 TBT농도는 BGL 지역 농도의 각각 약 19배, 12배, 47배, 24배정도이며, 더욱이 조선소로부터 반경 3, 4, 5, 6, 7 km범위의 거리에 있는 S-6, S-7, S-8, S-9, S-10 지점의 TBT의 농도도 BGL지역의 약 2배에서 30배정도로 높아, 삼성조선소 주변해역 뿐만 아니라 진해만 전체가 TBT에 노출되어 있음이 밝혀졌다. 한편 안정해역의 퇴적물 중의 TBT농도는 고현만에 비해 상당히 낮은 농도 구배를 보여 조선소

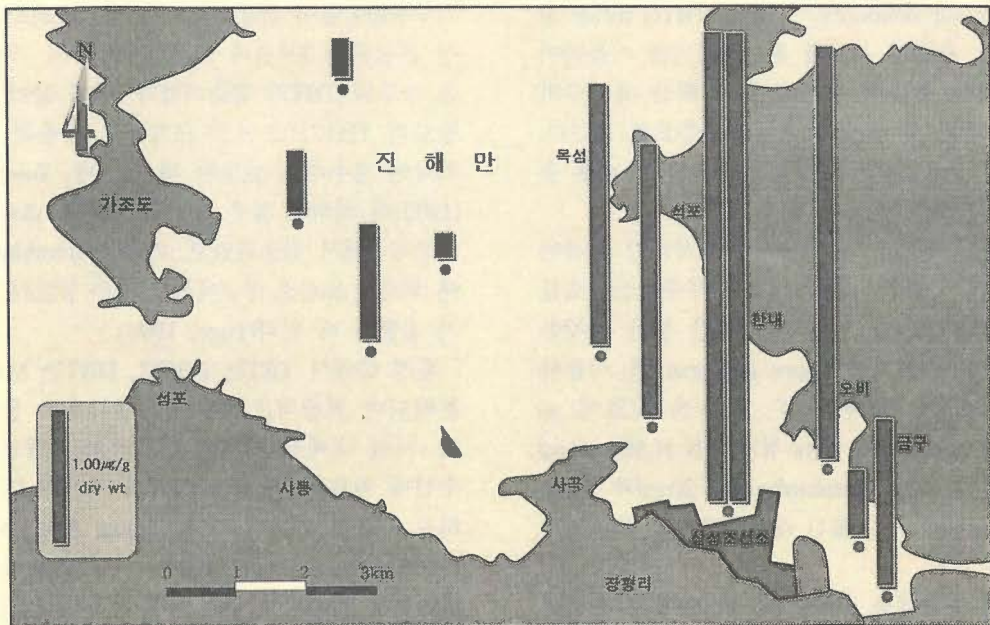


Fig. 2. Concentrations of $\Sigma BT (= MBT + DBT + TBT)$ in surface sediments from the southern coastal area.
*남해연안 저질 내의 총 유기주석화합물(ΣBTs) 농도.

가 고현만의 TBT 오염에 대한 주된 오염원임이 시사되었다. 조선소 앞 해역에서 채취한 퇴적물 core 샘플을 분석한 결과, 표층(1~3 cm)의 퇴적물에서 TBT 농도($5.69 \mu\text{g/g}$)가 가장 높게 검출되었을 뿐 아니라, TBT 농도는 MBT($1.55 \mu\text{g/g}$)와 DBT($1.65 \mu\text{g/g}$)의 농도에 비해 상대적으로 높고, 더욱이 MBT와 DBT의 농도는 깊이 따라 증가하고 있어, 이러한 사실은 TBT의 지속적인 유입이 반영된 것으로 생각되었다.

홍합 내의 유기주석 농도

고현만에서 채취한 홍합시료의 분석결과, 조사된 모든 해역의 홍합시료에서 유기주석화합물이 검출되었다(Fig. 3). 총 유기주석화합물의 농도(ΣBTs) 범위는 $0.14 \sim 1.92 \mu\text{g/g}$ 였으며, 삼성조선소 앞 해역인 M-3에서 채취한 홍합의 TBT 농도($1.92 \mu\text{g/g}$)가 6개 조사지점 중에서 가장 높아, 외해지역인 대광이도(BGL) 섬 주변보다 약 12배정도 높게 검출되었다. 또한 조선소에서 반

경 3 km 거리에 있는 한내(M-4지점) 및, 성포와 창내 해역에서 채취한 홍합에서는 각각 $0.71 \mu\text{g/g}$, $0.51 \mu\text{g/g}$ 및 $0.17 \mu\text{g/g}$ 의 TBT가 검출되어 BGL지점보다 약 9배, 6배 및 2배정도 높게 검출되었다. 즉 홍합 생체 내의 TBT 농도도 저질의 조사결과와 마찬가지로 조선소 앞 지역에서 외해지역으로 거리가 점점 멀어질수록 농도가 감소하는 경향을 보였다. 또한 홍합 중의 평균 MBT, DBT, TBT의 농도범위는 각각 $0.03 \sim 0.51 \mu\text{g/g}$, $0.03 \sim 0.47 \mu\text{g/g}$, $0.08 \sim 0.94 \mu\text{g/g}$ 으로서 TBT의 농도가 다른 분해산물인 MBT와 DBT의 농도에 비해 다소 높았다. 반면 진해만 서쪽해역에서 채취한 홍합에 대한 총 유기주석화합물의 농도(ΣBTs) 범위는 $0.15 \sim 1.25 \mu\text{g/g}$ 으로서 M-10 지점(덕호)을 제외한 3지점에서 검출된 농도는 고현만의 시료에서 검출된 농도보다 낮았다.

유기주석화합물의 조성비를 살펴보면, 고현만의 경우 TBT가 40~59%로 가장 높은 비율로

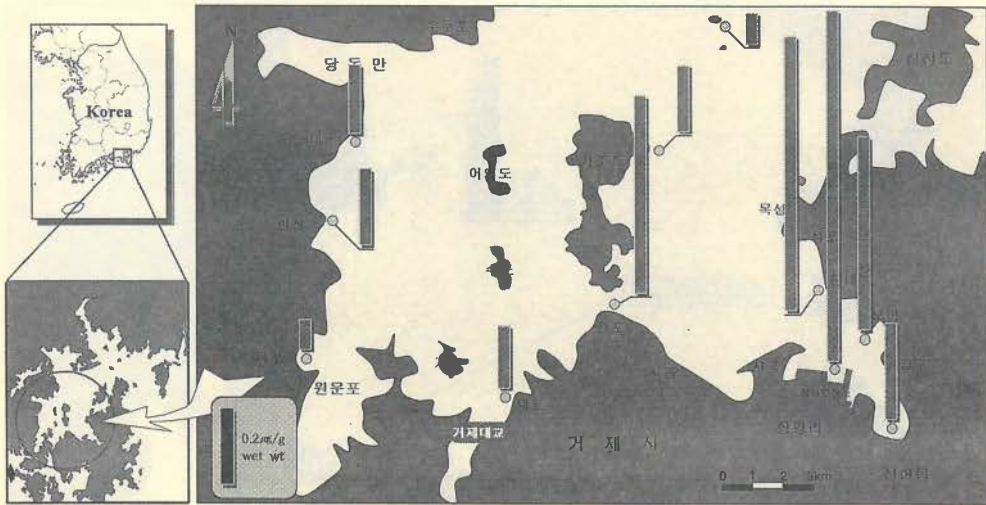


Fig. 3. Concentrations of tributyltin(TBT) in mussels from southern coastal area.

*진해만(고현성만, 안정해역) 홍합 내의 각 지점별 TBT 농도.

검출되었으며, MBT와 DBT는 각각 21~38%, 20~26%로 나타났다. 반면 진해만 서쪽해역인 안정해역의 경우는 MBT의 비율이 20~75%로서 가장 높은 것으로 나타났으며, DBT와 TBT는 각각 10~27%, 14~53%의 비율로 검출되었다. 생체 내에서 TBT는 cytochrome P-450과 MFO(mixed function oxygenase)효소에 의해 DBT로 대사되며 DBT는 MBT로 대사된다. 이러한 효소의 활성은 생물체의 종에 따라 차이가 있는데 패류는 어류와 포유류에 비해서 분해효소의 활성이 낮은 것으로 보고되어 있다 (Lee, 1991). 홍합에서 검출된 TBT의 농도가 다른 대사산물에 비해 높은 비율로 검출되었다는 것은 패류의 낮은 대사율이 반영된 곳으로 생각되며, 또한 TBT가 방오용 도료 등에 부착방지제로 사용되어 계속적으로 해양에 유출됨에 의한 가능성도 배제할 수 없다.

한편, Page & Widdows(1991)에 의하면 홍합 체내에 약 $0.4 \mu\text{g/g}$ 의 TBT가 축적될 경우 성장률에 영향이 미치는 것으로 보고된 바 있다. 따라서 삼성조선소 부근 홍합의 TBT농도가 $1.92 \mu\text{g/g}$ 으로 이곳에 서식하는 어패류에는 이미 악영향을 미칠 것으로 사료된다.

삼성조선소에 의한 유기주석화합물의 오염측적 정도를 알아보기 위해서 홍합이식 실험을 실시하였다. 청정해역인 해금강에서 홍합을 채취하여 삼성조선소 앞 해역과 6 km정도 떨어진 목섬 부근 해역에 15일 동안 이식시킨 후 분석한 결과 삼성조선소 앞 지역에 이식한 홍합 중의 총 유기주석화합물(ΣBTs)의 농도는 $0.77 \mu\text{g/g}$ 으로 원시료($0.12 \mu\text{g/g}$)의 보다 약 6배정도 높은 농도를 나타냈으며, TBT농도는 $0.44 \mu\text{g/g}$ 으로 원시료인 해금강에서 채집한 홍합($0.05 \mu\text{g/g}$)보다 15일 동안 무려 8배나 높은 농도로 축적되었다. 또한 삼성조선소에서 6 km떨어진 목섬 부근에 이식한 홍합에서도 $0.16 \mu\text{g/g}$ 으로 원시료 보다 약 3배정도 높게 검출되어 삼성조선소 주변해역이 TBT로 인해 점점 더 오염이 진행되고 있음을 알 수 있다(Fig. 4). 환경 중으로 배출된 유기주석화합물 등 오염물질은 회석작용 및 해수의 교환을 통해 농도가 감소하게 되는데 Langston 등(1987)의 보고에 의하면 확산 및 해수유동에 의한 회석효과로 인해 내만에서의 TBT($0.52 \mu\text{g/g}$) 농도와 만의 입구에 위치한 지점에서의 농도($0.02 \mu\text{g/g}$)와는 상당한 농도 차이를 나타내었다. 반면 삼성조선소가 위치한 고

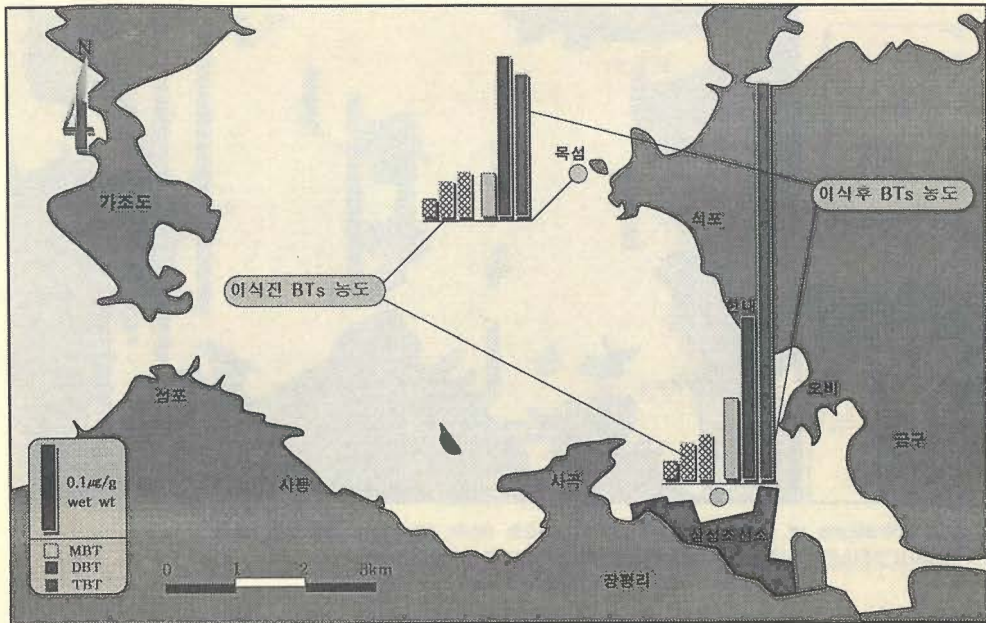


Fig. 4. Concentrations of butyltin compounds in transplant mussels.

*남해연안에서 이식홍합 내의 유기주석화합물(BTs) 농도.

현만은 진해만 내만으로써 해수의 교환 및 유동이 원활하지 못하여 저질 등에 계속 축적되어 다시 해수 중으로 용출되어 생물체에 악영향을 미치는 것으로 사료되어진다.

특히 TBT는 이매패류에 강한 독성을 나타내는데 대표적인 오염 물질로서 복족류에 임포섹스(imposex)를 일으키는 것으로 알려져 있으며, Ellis & Pattisina(1990)의 보고에 의하면 싱가포르, 말레이시아 그리고 인도네시아 등 아시아에서 대규모로 임포섹스현상이 일어나고 있는 것으로 조사되어졌다. 뿐만 아니라 TBT는 굴의 성장억제와 패각기형을 일으키며, 홍합에 있어서도 성장속도의 감소와 유생의 높은 사망률을 유도하는 등 생체에 악영향을 미치는 것으로도 사료된다.

맺는글

삼성중공업이 입주해 있는 고현만은 폐쇄성

이 강한 내만으로 외양해수와 해수유동이 느리고 연안 해수의 잔류시간이 길어서 마산만, 행암만과 같이 오염부하량이 매우 높은 해역이다. 또한 육상으로부터 유입되는 각종 오염물질에 의해서 전 연안이 급속히 오염되기 쉬우며, 일단 오염되면 정화되기가 힘들고 오염 상태가 오랫동안 지속될 가능성이 큰 지리적 조건을 안고 있다.

또한 진해만 서쪽(안정해역, 운문포, 당동만 일대)해역은 굴, 홍합 및 피조개 등 다양한 패류들을 양식하고 있다. 굴이나 홍합 및 피조개의 여과식 패류는 해수에 존재하는 유기물을 섭취하여 성장하기 때문에 해수의 오염도를 저감시키는 반면 해수의 오염을 그대로 반영한다. 현재 진해만의 굴 및 홍합 양식의 경우 육지 인근해역에서 양식이 불가능하여 양식장이 점점 육지에서 멀어져 가고 양식장도 줄어들어 해수의 오염을 더욱 가중시키고 있다.

이러한 지리적인 여건을 갖춘 진해만 내만에

대단위 산업체가 입주하여 산업활동에 의한 유해물질들이 연안지역으로 유입되고 해양은 이러한 유해화학물질에 의하여 오염이 증가되고 있으며, 고현만과 같은 특정해역의 경우 이미 그 정화 능력의 한계를 넘어서고 있어 수산자원의 고갈상태를 보이고 있다.

특히 경상남도에서 발행한 10년간 수산현황에 따르면 진해만 서쪽해역의 수산 생물의 총생산량은 매년 감소하는 추세를 보이고 있다. 이렇듯 진해만 서부에서 생산되는 수산생물들이 감소하는 것은 매년 오염물질에 의한 해양 오염이 진행됨에 따라 오염물질에 약한 생물들은 자연적으로 도태가 되고 오염에 강한 생물들만이 적응하여 살아 갈 수 있으리라 사료된다. 이렇게 되면 해양 생태계에 종의 다양성은 없어지고 어느 특정종만 번식하게 되어 생태계의 파괴를 초래한다.

따라서 고현만 주변해역의 퇴적물 및 홍합을 채취하여 유기주석의 오염도를 분석한 결과 전 조사지점에서 유기주석화합물(BTs)이 검출되었으며, 삼성중공업이 입주해 있는 해역에서 가장 높은 농도의 TBT가 검출되었고 외만으로 나갈수록 농도가 감소하는 경향을 보이고 있다. 이는 조선소에서 도료로 사용되는 방오페인트에 기인한 것으로 생각된다. 또한 유기주석화합물 가운데 TBT가 다른 대사화합물질인 DBT와 MBT에 비해 상대적으로 높은 비율을 나타냈는데 이는 TBT가 현재 계속적으로 사용되어 환경 중으로 배출되고 있기 때문이다. TBT는 환경 중으로 배출되어 순차적으로 DBT와 MBT로 분해되기 때문에 TBT와 그 대사물질의 구성비로서 TBT의 유입정도를 추정할 수 있다. 오염원에 의한 생물축적 정도를 조사하기 위해서 이식실험을 시행한 결과에서도 삼성중공업 앞 해역에 이식한 홍합이 원거리(목섬부근)에서 이식한 홍합보다 높은 TBT 생체농축을 나타내었다. 이는 삼성중공업이 내만에 위치하고 있어 해수의 교환 및 유동이 원활하지 못해 만에 축적되어 해수 중으로 용출되는 것으로 사료되어

지며, 또한 조선소에서 부착방지제로 페인트에 사용되는 TBT에 기인하는 것으로 사료되어진다. TBT가 어망, 어구 등에도 사용이 되나, 조선소의 경우 대량으로 도료를 사용하기 때문에 그 오염정도가 소형어선 및 어망 등에 사용하는 것보다 심각하다. 결국 해수의 소통이 원활하지 못한 남해연안 조선소 주변해역의 저질 및 해양생물의 TBT오염이 매우 심화되어 저층에 서식하고 있는 패류에 상당히 영향을 미치는 것으로 사료된다.

결국 진해만의 수산생물의 감소는 해양 생태계가 파괴되어지는 과정이라 할 수 있으며, 우리 인간은 수산자원을 회복시키고 해양생태계가 파괴되지 않도록 오염원을 철저하게 관리 감독하여 해양의 오염을 최소한으로 줄이도록 노력하는 것이 선행되어야만 된다고 생각한다.

참고문헌

- 이수형, 1998. 국내의 TBT 오염현황 및 대책. 한국해양환경공학회지 1: 7-15.
- Alzieu, C., Sanjuan, J., Deltreil, J. and Borel, M., 1986. Tin contamination in Arcachon Bay: effects on oyster shell anomalies, Mar. Pollut. Bull, 17: 494-498.
- Bryan, G. W., Gibbs, P. E. and Burt, G. R., 1988. Comparison of the effectiveness of tri-n-butyltin chloride and five other organotin compounds in promoting the development of imposex in the dog-whelk *Nucella lapillus*, J. Mar. Biol. Ass. U.K, 68: 733-744.
- Dowson, P. H., Bubbs, J. M., Williams, T. P. and Lester, J. N., 1993. Degradation of tributyltin in freshwater and estuarine marine sediment, Wat. Sci. Tech, 58: 133-137.
- Ellis, D. V. and Pattisina, A., 1990. Widespread neogastropod imposex: Abiological indicator of global TBT contamination?, Mar. Pollut. Bull, 21: 248-253.
- Gibbs, P. E. and Bryan, G. W., 1986. Reproductive

- failure in populations of dog-whelk, *Nucella lapillus*, caused by imposex induced by tributyltin from antifouling paints, *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, 66: 767-777.
- Iwata, H., Tanabe, S., Miyazaki, N. and Tatsukawa, R., 1994. Detection of butyltin compound residues in the blubber of marine mammals, *Mar. Pollut. Bull.* 28: 607-612.
- Khang, S. H., 1995. Bioaccumulation and stress effects of persistent toxic organic contaminants in marine bivalves and gastropods in Chinhae Bay, Ph.D. thesis, Seoul National University.
- Lee, R. F., 1991. Metabolism of tributyltin by marine animals and possible linkages to effect, *Mar. Environ. Res.*, 32: 29-36.
- Langston, W. J., Burt, G. R. and Mingjiang, Z., 1987. Tin and organotin in water, sediments, and organisms of Poole Harbour. *Mar. Pollut. Bull.* 18: 634-639.
- Page, D. S. and Widdows, J., 1991. Temporal and spatial variation in levels of alkyltins in mussel tissues: A toxicological interpretation of field data, *Mar. Environ. Res.*, 32: 113-129.
- Page, D. S., Ozbal, C. C. and Lanphear, M. E., 1996. Concentration of butyltin species in sediments associated with shipyard activity, *Environ. Pollut.* 91: 237-243.
- Salazar, M. H. and Salazar, S. M., 1991. Assessing site-specific effects of TBT contamination with mussel growth rates, *Mar. Environ. Res.*, 32: 131-150.
- Stewart, C. and de Mora, S. J., 1990. A review of the degradation of tri(n-butyl)tin in the marine environment, *Environ. Technol.*, 11: 565-570.
- Tolosa, I., Merini, L., de Bertrand, N., Bayona, J. M. and Albaiges, J., 1992. Occurrence and fate of tributyltin and triphenyltin compounds in Mediterranean coastal enclosure, *Environ. Toxicol. Chem.*, 11: 145-555.
- Valkirs, A. O., Davidson, B. M. and Seligman, P. F., 1987. Sublethal growth effects and mortality to marine bivalves from long-term exposure to tributyltin, *Chemosphere*, 16: 201-220.
- Waldock, M. A., Thain, J. E. and Waite, M. E., 1996. An assessment of the value of shell thickening in *Crassostrea gigas* as an indicator of exposure of tributyltin. In: *Organotin*. (Champ, M.A. and Seligman, P.F. eds.), Chapman & Hall, London, UK, 219-237.

남해안 연근해의 물리해양학적 환경 특성¹⁾

조 영 조²⁾

국립수산진흥원 남해수산연구소

규모는 작지만 역할이 큰 바다

우리나라 남해안 연근해의 범위는 동쪽으로 경북 울산의 울기등대~일본의 가나지리미사끼, 남쪽으로 제주도 우도~일본의 고토열도, 서쪽으로 전남 진도서단~제주도 차귀도를 각각 연결하는 해역이다. 면적은 75,400 km²이고 용적은 7,630 km³로서 면적을 기준으로 황해의 약 1/5, 동해의 약 1/13 크기로 규모가 작다(국립수산진흥원, 1979). 남해는 제주해협(Jeu Strait)을 통해 황해와 연결되고, 대한해협(Korea Strait)의 동수도(East Channel) 및 서수도(West Channel)를 통해 동해와 연결되며, 제주도와 고토열도 남쪽으로 동중국해와 접하고 있으므로 대한해협(Korean Channel)이라고도 일컬어진다(한, 2000).

남해의 평균수심은 101 m이고 가장 깊은 곳의 수심은 부산 영도 남동방 17해리에서 228 m이다. 총 면적의 55.5%가 수심 100 m 이내이고, 43.2%가 수심 100~200 m이며, 1.3%가 수심 200 m 이상으로 대륙붕이 발달되어 있다.

남해안의 해안선 길이는 전국의 65.1%인 7,510.1 km로 가장 길다. 해안의 직선거리와 해안선의 연장거리에 대한 우리나라 전체 평균치는 1:4.58인 반면 전남해안(1:9.46), 경남해안(1:7.20), 충남해안(1:6.94)순으로 구불구불한 정

도가 심하다. 이와같이 남해안은 굴곡도가 가장 심하여 외국학자들은 리아스식 해안이라 하지 않고 「조선식」 해안이라 명명하기도 했다. 해안선을 따라 크고 작은 섬과 반도가 붙어 있는 특유의 연안선을 형성하고 있다(朴, 1999).

남해안의 도서는 전국의 78.8%인 2,498개가 분포되어 있다(전라남도, 2000). 남해의 도서는 천혜의 해안선과 어울려 군집형태를 띠면서 경관이 아름다운 다도해의 특징을 지니고 있기 때문에 수산업의 전진기지, 항만의 발달, 관광자원은 물론 해양기술의 진보에 따라 미래 해양 공간으로서의 가치도 증대되고 있다.

남해의 수산물 생산은 1999년도 현재 연근해 어업 929,417톤, 천해양식어업 701,105톤으로 각각 전국의 69.6%, 91.6%를 생산하는 등 전국 수산세력의 약 65% 이상을 차지하고 있으며, 연안해역의 특별관리를 위하여 수산자원보전지역 8개소 335,886 ha, 수출용 패류생산 지정해역 6개소 31,748 ha, 환경보전해역 3개소 808.39 km², 특별관리해역 3개소 510.09 km²가 설정되어있다(김, 2000).

이와같이 우리나라 남해 즉 대한해협은 동해와 황해에 비해 그 규모가 현저히 작으나, 해안선이 복잡하고 많은 도서가 도처에 산재하여 반도와 만이 발달되고, 수심이 얕고 해저지형이 완만한 대륙붕해역으로 어업생산력이 매우 높

1)Characteristics of physical oceanographic environments in the south sea, Korea

2)JO Yeong-Jo, Fisheries Resources & Environment Division, South Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research & Development Institute, 556-823 Korea; E-mail: yjjo@nfrdi.re.kr

은 해역이므로 해류 및 수괴 등의 해황변동 특성과 어업생산력을 저해하는 특이 해황을 개괄적으로 살펴보고자 한다.

해수순환에 따른 다양한 수괴 (water mass) 의 계절변동

대마난류를 중심으로 한 해수순환

우리나라 주변해역에 분포하는 수괴와 해수순환에 관하여 일찌기 승(1992)과 이·송(1994)이 기존의 연구논문을 토대로 정리·논의한 내용 중에서 남해의 해수순환에 대해 발췌하여 살펴보기로 한다.

우리나라 주변의 해황(수괴와 해수순환)은 쿠로시오로부터 분리 유입된 대마난류(Tsushima Current)에 의해 지배된다. 그러나 대마난류가 쿠로시오로부터 분리 형성되는 과정과 이의 경로는 명확히 규명되어 있지 않고, 일본 큐우슈우서방 깊은 골에서의 분리설, 대만해협을 통과하는 대만난류의 연장설과 난류확산 혹은 와류활동에 의해서 대륙사면의 북쪽으로 널리 퍼진다는 설이 있다. 이 가설 이후의 순압수치모델(2차원 수치모델)에서 대마난류는 대만난류의 연장이라는 결과를 얻은 바 있으나, 위성추적부이 실험은 기존의 가설과 다른 결과를 보인다. 동중국해에 유입된 쿠로시오수는 대륙붕상을 통과하면서 인근의 대륙붕수와 혼합하여 대마난류수로 변질되면서 그 서측경계가 약 100 m 등심선을 따라 형성되어 제주도 서측을 우회하여 대한해협에 이르러 동해로 유입한다.

동계 한국 연안 남향류가 형성되는 것으로 알려져 있으나, 한반도 서남단에 이른 후 어떻게 발전되는가는 미지수이다. 부유사의 농도분포로부터 이 남향류가 한반도 서남단에서 동향하여 대한해협에 이른다는 보고가 있으나, 이곳에 동서방향의 강한 열염전선이 형성됨을 들어 연안류가 이곳까지 미치지 못한다는 주장이 있다. 남해 연안역에는 수심이 얕고 열의 유입이 약하기 때문에 동계에 급히 냉각되어 대마난류와

강한 수온전선을 형성한다. 전선역 부근의 대마난류는 때때로 사행 및 와류를 형성하기도 한다. 이는 전선의 경압불안정과 강한 북풍에 의한 현상이 아닌가 생각된다. 한편, 황해의 중앙부에는 역풍류가 형성되어 대마난류의 일부가 북서쪽으로 침투하여 황해난류라고 불리운다.

하계의 바람은 동계보다 훨씬 미약하고 불규칙하기 때문에 지속적인 해류를 일으키지 못하여 한국 연안수의 남향류와 대마난류수의 황해유입은 일어나지 않는 것으로 알려져 있다. 중국연안에서의 남향류는 계속 유지되나 그 세력은 약화되어 양자강 이남에서는 연안수가 남향하지 못하고 외양으로 많이 확산되는 것으로 나타난다. 양자강수는 대마난류와 합류하여 제주해협까지 이르는 것으로 나타나는데 그 유입경로는 아직도 자세히 밝혀져 있지 않으나, 양자강수가 양자강 하구에서 제주도 쪽으로 직접 유입하지 않고 훨씬 남쪽으로 우회한 후 난류수와 합류할 가능성이 매우 높다. 대마난류는 동계와는 달리 황해로 유입되지 않고 제주도의 서측을 우회하여 대한해협으로 향하고 있음은 염분분포로부터 알 수 있다.

하계에 수온약층(수심 약 20 m) 아래의 황해저층냉수는 약간 남쪽으로 확장하여 대마난류수와 경계를 이루는 것으로 알려져 있으나 자세한 확장범위는 더 많은 조사를 필요로 한다. 한국 서해 연안역은 수심이 낮고 조류가 강하여 조석혼합이 왕성하기 때문에 해수는 수직적으로 균질화되어 상층수온은 주변 수온보다 낮아서 강한 조석전선을 형성한다. 반면에 저층수온은 주변수온보다 높아진다. 조석전선역을 경계로 수평밀도 분포가 달라지게 되어 다소나마 해수유동이 생길 수가 있으며 연안수의 경우 반시계방향, 황해중앙수의 경우 시계방향의 회전을 하게 된다.

Fig. 1은 승(1992)이 위의 내용을 요약하여 재구성한 해류 및 수괴분포의 모식도이다. 남해는 수심이 얕기 때문에 수괴의 분포는 해류분포에 의하여 그대로 결정이 된다.

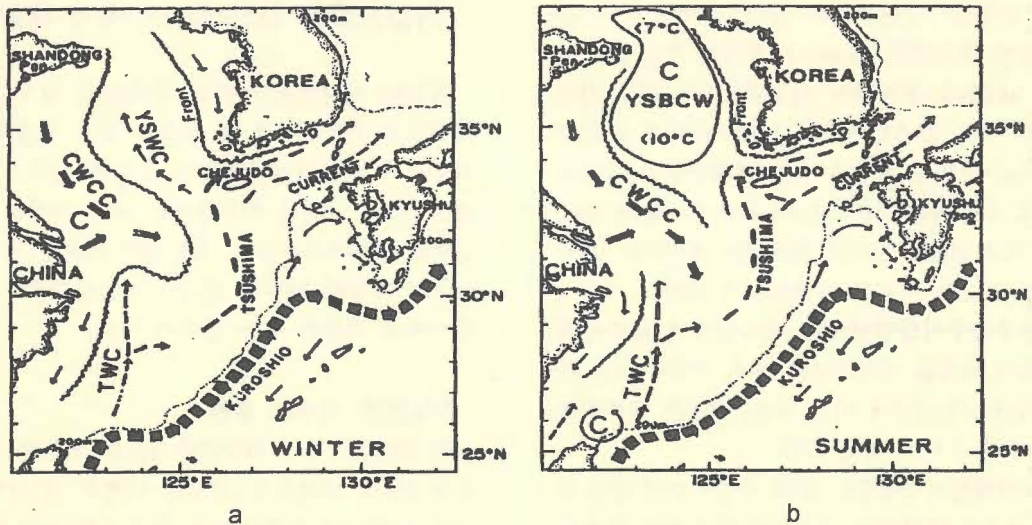


Fig. 1. Schematic diagram of the circulation and water mass distribution in the seas south and west of Korea, a) in winter and b) in summer. Modified by Seung(1992).

*남·서해의 동계(a)와 하계(b)의 해류 및 수괴 분포도.

YSBCW: 황해저층냉수, YSWC: 황해난류, CWCC: 중국대륙연안수, TWC: 대만난류

다양한 수괴분포

국립수산진흥원(1979)이 요약 정리한 결과에 의하면, 남해(대한해협)에 영향을 미치는 수괴(수괴)는 대만난류수, 황해난류수, 중국대륙 연안수, 황해중앙저층냉수, 한국연안수, 큐우슈우 서방연안수, 대한해협저층냉수가 있다.

쓰시마난류수는 쿠로시오로부터 분지되어 대륙사면을 따라 북류, 고포열도와 제주도사이를 통과하여 대한해협을 거쳐 동해에 유입하는 수괴이다. 동계에 수온 15°C 염분 34.4 이상의 고온 고염수이나, 하계에는 동중국해 저염수의 영향으로 고온 저염의 표층수가 형성되어 표면에서 수온 28.5°C 염분 30.4로 된다.

황해난류수는 북상하는 대만난류의 일부가 제주도 남부를 거쳐 황해로 유입하는 난류로서 황해냉수에 대한 일종의 보류적인 성격을 가지며, 그 자체의 세력은 강하지 못하여 황해냉수의 변동에 좌우된다. 동계에 수온 12°C 염분 33.5로 대만난류보다 저온 저염의 난류로서 하계에는 표층수의 수온 27.5°C 염분 30.4가 된다.

중국대륙연안수는 중국대륙 하천수의 유입에 의해 형성된 저염 수괴로서 그 분포의 중심역은 중국대륙연안에 존재한다. 하계에 양자강 하구에서 동방 100해리(동경 124°)에 23.5 이하의 저염수가 발생할 때가 있는데 이는 하천수의 유입과 강우의 증가에 의한 것으로, 이러한 저염수는 두 방향으로 확장된다. 첫째는 주류가 대만난류와 혼합되어 추계에 북해도까지 북류하고, 둘째는 동중국해 대륙붕 연변까지 확장되어 쿠로시오 세력에 편승 일본 남동해안을 따라 북동류한다.

황해중앙저층냉수는 하·추계에 황해중앙역의 중·저층에 분포하는 수온 10°C 이하(6~9°C) 염분 33 내외(32.6~33.4)의 저염수로, 海盆狀의 해역에서 황해난류와 중국대륙연안수의 혼합에 의하여 대류혼합이 왕성한 동계에 생성된 것이며 하계에도 변질되지 않은 상태로 수온약층하에 잔류한다.

한국연안수는 한국 남해안과 서해안에 존재하는 고유의 연안수로 염분은 대만난류보다 낮

고 중국대륙연안수보다 높다. 남해안연안수는 하계에 최고염분 34.4이나, 동계에 수온 8°C 염분 34.0으로 전역에서 최고밀도수로 되고 하계에는 수온 25.5°C 염분 31.8로 난류계 표층수보다는 고밀도 표층수이다. 서해안연안수는 동계에 수온 6°C 염분 32.5이나 춘계(6월)에 34.2로 최고 염분을 보이고 하계에는 표면수온 26°C 염분 32.2의 비교적 고밀도수가 된다.

큐우슈우서방연안수는 대마난류의 표층수에 비하여 하계를 제외하고는 저온, 저염수이다. 쓰시마난류의 접안에 따라 수온, 염분은 난류역과의 구별이 안될 때도 있다.

대한해협저층냉수는 동해 중층이심에 분포하는 냉수가 대한해협 저층으로 잠입하여 존재하는 수괴로서 난류세력이 가장 강한 시기에 저층냉수의 남하도 강하다. 대한해협서수도 해곡의 15년 평균수온의 월변화에 의하면, 6~7월에 저층냉수의 잠입이 시작되고 9~10월이 5°C 이하로 가장 강하고 11~12월부터 점차 약화되어 4월에 가장 약세를 보인다.

어업현장을 긴장시키는 특이 해황

계절별 해황변동에 따라 수괴간에 형성되는 해양전선(조경), 와류 및 용승류 등은 어장형성 기구로서 수산해양학적으로 중요한 의미가 있다. 그러나 남해안 연근해에는 매년 하계를 중심으로 발생메카니즘이 다른 연안 저온수 및 냉수대와 저염분 현상이 일어나 어업생산을 감소시키거나 피해를 주는 경우가 있다.

진도연안 저수온 출현

정(2001)은 장기 해양관측자료를 분석하여 6월과 8월에 대흑산도~진도간 해역의 표면에서 주변 해역보다 2~3°C 낮은 저수온이 분포하면서 전선역이 형성됨을 확인하였다. 저수온 출현 중심 위치는 진도 남서쪽 약 15해리 34°17'N~125°52'E의 반경 3해리 이내이고, 그 범위는 안마도~대·소흑산도~고흥반도간을 이은 해역이다. 6월 초순에 최초 출현하여 8월 초순에 현저하게 발달한 후 10월 중순에 소멸된다(Fig.

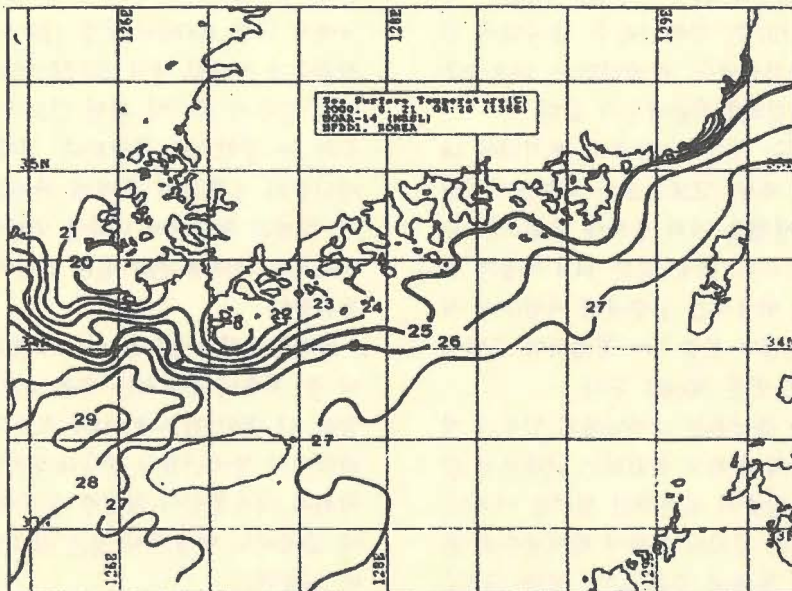


Fig. 2. NOAA SST in the south sea of Korea, 21 August 2000(Oceanographic Data and News No. 1877, NFRDI).

*2000년 8월 21일 진도 및 완도연안 저온수(국립수산진흥원 해양자료속보 제1877호).

2). 그리고 태풍과 같은 바람의 영향으로 저수온이 일시적으로 소멸하는 현상도 일어난다.

진도 남서쪽 연안해역의 저수온 출현기작은 저층의 저온수가 강한 조석 혼합에 의한 표·저층간 연직혼합에 기인한 것으로 판단된다. 또한, 진도 남서쪽 외해역으로 확장되는 기작은 저수온 중심해역에서 진도 남서쪽으로 향하는 10 cm/s 이상의 강한 조석잔차류에 기인한 것으로 판단된다.

한편, 이 해역에서 해무(안개) 출현빈도가 가장 높은 기간은 저수온 출현시기와 잘 대응한다. 그리고 저수온역 부근의 기초생산력은 영양염의 공급이 원활하여 인접해역의 그것보다 높다. 또한 저수온 출현 중심에 인접한 맹골도, 독거도 등에서 자생하는 돌미역은 하계에 생산되고 있는데 이는 일반 미역의 생활환(life cycle)과 반대로 저수온 출현에 생태적으로 적응된 결과로 사료된다.

이러한 저수온 현상은 기초생산력이 상대적으로 높고 해역특산 해조류 서식 등에 좋은 영

향을 미치지만, 난류성 회유 어종의 연안 접근 방해, 태풍 등의 영향으로 저수온의 일시적 소멸에 의한 급격한 수온변동에 따른 수산생물에 미치는 영향과 해무발생에 의한 안전 항해 및 조업 방해 등은 어업생산성에 감소요인으로 이어진다.

남해동부연안 냉수대 현상

울산~부산 및 거제도 연안에서는 여름에 남서 또는 남동계절풍이 지속적으로 불게 되면 연안측 표층의 더운물이 외해측으로 밀려가고, 아래층에 있던 냉수가 표층으로 올라오는 연안용승현상에 의해 표층수온이 주변해역보다 5°C 이상 낮아지는데, 이런 경우 국립수산진흥원에서는 출현해역에 냉수대 주의보를 내리게 되고, 냉수대의 영역이 확장되거나 급변동 될 것이 예측되면 냉수대 경보(10°C 이상)를 발령하게 된다. 이 냉수대 출현은 바람의 방향과 세기 그리고 바람이 지속되는 시간 및 연안의 형태, 중층의 냉수괴 발달정도에 따라 달라지며,

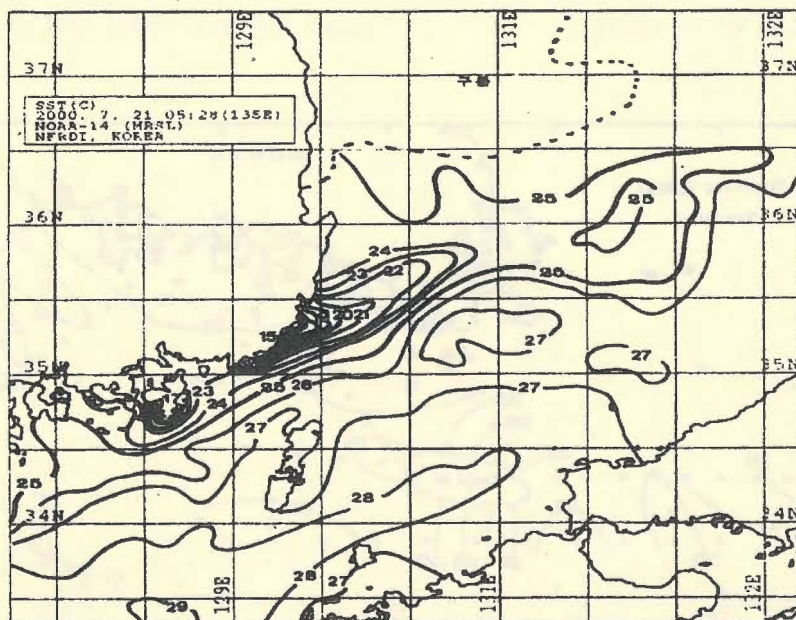


Fig. 3. NOAA SST in the Korea Strait, 21 July 2000(Oceanographic Data and News No. 1850, NFRDI).
*2000년 7월 21일 울산~부산과 거제도 연안 냉수대(국립수산진흥원 해양자료속보 제1850호).

여름철 표층수온이 높은 시기에는 언제든지 출현할 가능성이 있지만 주로 6월 말 또는 7월 초에 시작하여 일시적으로 소멸과 발생을 반복하면서 8월 말경에는 거의 소멸하게 된다.

육상 수조양식장의 어류들은 급격한 온도변화에 민감하기 때문에 냉수대가 출현하면 다량의 양수를 삼가고, 먹이량도 다소 줄여 충격을 완화하여야 한다. 연안어업의 경우 냉수대가 발생하면 따뜻한 바닷물에 사는 어종이 연안쪽으로 접안을 못하고 외해역으로 분산되기 때문에 연안의 어획량이 다소 감소하는 경향을 나타낼 수 있다. 또한 더운 공기 아래에 냉수대가 발생하므로 안개가 자주 발생하게 되므로 항해선박은 안전사고 예방에 주의가 요구되고, 해수욕장의 갑작스런 수온변화에 수영시 불의의 사고를 당하지 않도록 주의해야 한다(해양수산부 국립수산물진흥원, 1999; 2000).

작년의 7월 초~8월 말 남해동부연안에 냉수대가 발생하여 멸치 어획의 부진원인이 되었으며(Fig. 3), 올해에도 6월 말~8월 중순 부산연안에 냉수대가 발생하여 연안의 멸치 및 오징어 어획이 저조한 원인이 되었다.

저염분 현상

하계에 양자강과 황하강 등 중국대륙연안에 위치한 큰 하천으로부터 막대한 양의 하천수가 유입되어 저염의 중국대륙연안수가 형성되고, 이 저염수는 동중국해를 거쳐 우리나라 쪽으로 확장하여 오기 때문에 제주도 주변해역을 포함하는 우리나라 남해에 직접적인 영향을 주며, 동해남부해역까지도 영향을 미친다(강, 1974; 김 등, 1991; 김·노, 1994; 김 등, 1998).

제주도 주변 및 남해안의 평년(1966~1995) 표층염분농도는 30.6~32.1로 연중 최저 농도를 보인다(국립수산물진흥원, 1998). 그러나 1996년 8월에는 이례적으로 제주도 서부연안 이서해역 표층에 과거 30년 평균치보다 7~12 낮은 24 이하의 저염분역이 형성되었으며, 이 저염수의 핵은 제주도 서쪽 41.3해리에서 18.97로 나타났다(Fig. 4). 이 저염수의 영향으로 제주도 서부연안의 오분자기, 전복, 말뚝성게 등 정착성 수산생물이 폐사하여 피해액이 약 59억원에 달했다. 이 저염수는 7월에 중국 양자강유역의 홍수(1961~1990년 평균치보다 189 mm 많은 317 mm의 강수량)로 막대한 양의 담수가 동중국해

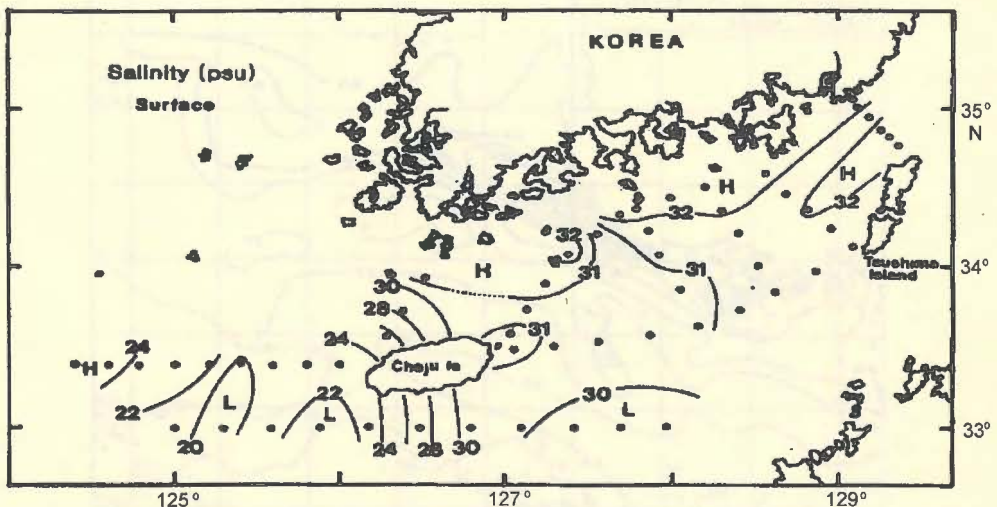


Fig. 4. Horizontal distribution of Salinity at surface in the south sea of Korea in August, 1996.

*1996년 8월 남해 표층염분 분포.

로 흘러들어 염분이 낮아진 해수가 대마난류계 시스템을 만나 북상하여 제주도 해역에 이르게 된 것으로 판단된다(김 등, 1998; 해양수산부 국립수산진흥원, 1998; 1999; 현·방, 1998).

1998년에는 7월 하순에 제주도 차귀도 남서쪽 30해리 표층 염분농도가 평년보다 5정도 낮은 27.5였으며 9월 중순에 26.5의 저염수가 서귀포 남쪽 10해리까지 접근하였고(조 등, 1999), 일본연안의 생태계에 영향을 미쳤다는 보고(黒田·平井, 2000)가 있는 것으로 보아 다른 해와는 달리 저염수의 주축이 제주도 남쪽해역과 제주도~고도열도간 해역을 통하여 동해로 확장된 것으로 추정된다.

1996년의 이상 저염수현상에 의한 피해발생 이후 주요연안 매일 관측, CTD 합동조사, 정기 해양관측 및 위성추적 표류부이 조사 등에 의해 체계적으로 파악된 저염분의 동태에 관한 정보를 신속하게 어업현장에 제공하고, 염분농도가 28 이하로 낮아지면 주의보와 단계별 행동요령을 발령하는 국가적인 모니터링 시스템의 구축 운용으로 아직까지 수산생물의 피해는 없다(해양수산부 국립수산진흥원, 1998; 1999; 2000).

해양탐구의 다원화와 광역화

우리나라 주변해역의 해수순환과 수괴의 변동은 대마난류에 의해 지배되는 것으로 알려져 있다. 남해는 대마난류가 동해로 유입되는 통로이므로 각종 어류의 회유경로의 길목이 된다. 대마난류의 강약에 따른 다양한 수괴들의 복잡한 변동은 수산생물의 산란, 성장, 이동, 월동에 영향을 미치므로 수산해양학적 연구의 중요한 대상이다.

앞에 언급한 특이 해황은 이미 1920년대부터 현장관측에 의해 보고되어 계속 연구되어 왔는데, 1990년대에 위성원격탐사 기법이 도입되어 현장관측에서 파악할 수 없거나 정량화하기 어려운 광역적이면서도 단기적 변동현상을 매일 파악할 수 있어 연안 양식 피해 등을 줄일 수

있는 냉수대(저수온) 예보체제를 갖추게 되었다. 현재까지 위성원격탐사로 염분을 측정하는 기술이 발달되어 있지 않아 양자강에서 유출되는 탁한 담수를 ocean color로 모니터링하여 부유물질 분포영상을 도출하는 기법을 개발하고 있다.

우리나라는 1910년대부터 연안의 매일관측과 근해의 정밀심층조사의 현장 해양관측조사를 실시하여 오고 있으며, 생산된 조사자료는 해양현상을 구명하는 초석이 되었다. 그러나 현장관측은 시·공간적인 제한성이 있으므로 이를 보완하기 위하여 위성원격탐사기법이 도입되어 활용되고 있다. 물론 위성원격탐사기법은 심층조사의 제한성과 측정오차의 검·보정을 위하여 현장관측자료를 필요로 한다. 또한 위성추적 표층·수중 표류부이조사와 고정점 연속관측을 위한 계류부이 및 관측탑의 설치 이용이 확대되어 각종 해양산업 및 활동에 실제로 활용되는 운용해양학에 필요한 실시간 자료생산을 다원화하여야 한다.

매년 수산피해를 일으키고 있는 유해성 적조 발생을 비롯한 여러 가지 해양환경 문제들과 기후변화와 관련된 해양생태계 변화가 대마난류의 변동과 관련이 있을 것이므로 대마난류소장의 모니터링은 물론 그 기원이 되는 쿠로시오의 변동 파악에도 관심을 기울여야 한다. 바다의 이용에는 경계가 있지만 해양현상에는 경계가 없어 남해안 해황변동이 북서태평양의 해양변동과 관련이 있기 때문이다.

근년부터 우리나라 주변해역의 3차원 해수순환과 해양예보자료(3차원 해류, 수온, 염분 등)를 생산하기 위한 운용목적의 한국형 해양예보모델개발이 추진되고 있으며, 전지구해양생태계 역학연구(GLOBEC), 동북아해양관측시스템(NEAR-GOOS), 북서태평양실천계획(NOWPAP), 북태평양해양과학기구(PICES) 및 정부간 해양과학위원회 서태평양소위원회(IOC/WESTPAC) 등의 국제연구 프로그램의 참여 활동이 활발하여 북서태평양의 해양현상을 실시간 모니터링

할 수 있는 광역해양모델개발이 기대된다.

참고문헌

- 국립수산진흥원, 1979. 한국해양편람 제3판. 55-181.
- 강철중, 1974. 한국 남해안 연안수의 계절변동에 관한 연구. 국립수산진흥원 연구보고 12: 107-121.
- 김 구 · 노홍길 · 이상호, 1991. 하계 제주도 주변해역의 수계 및 해수순환. 한국해양학회지 26(3): 262-277.
- 김성수 · 고우진 · 조영조 · 이필용 · 전경암, 1998. 1996년 여름철 남해 표층수의 이상저염수 현상과 영양염류의 분포특성. 한국해양학회지 「바다」 3(3): 165-169.
- 김 윤, 2000. 남해안 수산업의 어제와 오늘. 수산탐구 제4호. 국립수산진흥원. 6-11.
- 김인옥 · 노홍길, 1994. 제주도 주변해역에 출현하는 중국대륙연안수에 관한 연구. 한국수산학회지 27(5): 515-528.
- 박량호, 1999. 우리나라의 섬과 해안선, 갯벌의 잠재력. 월간조선 1999년 11월호 별책 단행본. 143-147.
- 송영호, 1992. 한반도 주변의 수괴와 해수순환. 한국해양학회지 27(4): 324-331.
- 이홍재 · 송영호, 1994. 한국 해양물리 연구의 현황과 발전: 문헌검토. 한국해양학회지 29(1): 64-81.
- 전라남도, 2000. -건강하고 아름다운 풍요의 땅- 「21C 전남도서 발전전략」. 연구용역 최종보고서. 31-37.
- 정희동, 2000. 한국 남서연안 해역의 하계 저수온 출현의 기작과 해황변동. 부경대학교 대학원 이학박사 학위논문. 130pp.
- 조영조 · 고우진 · 김성수 · 전경암 · 이규형, 1999. 한국남해 해양조사. 남해수산연구소사업보고서: 1998, 146-170.
- 한상복, 2000. 한수당 해양학 광장. 야후! 지구과학 게시판.
- 해양수산부 국립수산진흥원, 1999. 한국해양연보 1998. 46pp.
- 해양수산부 국립수산진흥원, 2000. 한국해양연보 1999. 32pp.
- 해양수산부 국립수산진흥원, 2000. 해양환경정보총람. 346pp.
- 현경훈 · 방익찬, 1998. 제주도 주변해역의 여름철 이상저염수에 관한 연구. 제주대 해양연구논문집 22: 69-78.
- 黒田一紀 · 平井光行, 2000. 1998年の日本海に發生した異常低鹽分現象. JAMARC 第54號. 31pp.

한국 남서 연안해역의 해양환경과 표영 저차 생태구조 특성 -고흥반도 주변해역을 중심으로-¹⁾

윤 양 호²⁾

여수대학교 해양시스템학부

머리글

남해안은 동해안이나 서해안과는 달리 비교적 큰 조석 차와 다도해 및 다양한 반도형의 해안선에 의해 개방되어 있으면서 반폐쇄성 특성을 나타내는 온화한 내만 해역이 우리나라 연안 중에 가장 발달되어 있다. 이에 따라 남해안은 오래 전부터 수산자원의 산란 및 육성장, 그리고 증·양식장으로 광범위하게 이용되고 있다. 그러나, 1960년대 이후 국가경제발전계획에 의한 생산 우선적 정책에 의해, 임해공업단지 조성 조건이 비교적 잘 갖추어진 남해안은 진해만, 광양만을 중심으로 대규모 매립에 의한 임해공업단지가 조성되어, 인구집중화에 의한 대도시 형성과 공단가동으로 다량의 산업폐수와 생활하수가 내만으로 유입되었다. 결과 내만 해역은 극도의 부영양화가 진행되고 있으며, 산물로서 적조 등 다양한 해역환경문제 발생과 그에 따른 막대한 산업, 경제적 손실로 사회문제를 발생시키고 있다.

현재 이 같은 남해안은 과거의 생물생산의 청정해역과 현재의 산업화에 따른 극도의 부영양화 해역의 공존하고 있는 곳이다. 즉, 남해

의 중앙부인 여수반도를 중심으로 산업개발에 따른 다양한 환경문제 발생은 해역은 동쪽에 국한되며, 서쪽은 아직도 청정해역으로 수산자원의 산란, 성육 및 증·양식장으로 이용되고 있다. 이에 정부는 2000년 해양환경의 건강성을 제고하고 생태계 보전을 위한 종합적 관리체제 구축을 위해 해양오염방지법을 개정하였으며(2000. 2. 9), 법의 시행에 따라 효율적인 연안관리를 위한 1차적인 목적으로 전국연안해역에서 청정한 해역환경을 유지하여 향후 지속적인 환경보전을 필요로 하는 가막만, 득량만, 완도-도암만 및 함평만 4개 해역을 “환경보전해역”, 극심한 해양환경문제가 발생되어 특별관리가 필요한 광양만, 마산만, 부산연안, 울산연안 및 시화호-인천연안의 5개 해역을 “특별관리해역”으로 선정하여, 해역의 효율적 관리방안을 도출하려 노력하고 있다. 이들 9개 지정해역 중 남해안에 위치하는 3개의 환경보전해역은 모두 여수 서쪽에, 3개의 특별관리해역은 모두 동쪽에 위치하고 있다(해양수산부, 2001).

따라서, 본 고에서는 비교적 다양한 연구가 수행되어 있으면서도 청정해역을 유지하고 있

1) A characteristics of marine environment and ecological structure for lower pelagic ecosystem in the southwestern sea of Korea

2) YOON Yang-Ho, Department of Division of Ocean System, Yosu National University, 550-749 Korea;
E-mail: yhyoon@yosu.ac.kr

는 고흥반도 주변해역을 대상으로 수질과 표층 퇴적물 중의 유기물을 주로 하는 저질, 그리고 기초생물군집 구조 특성으로부터 해양환경특성을 고찰하고 향후 지속적인 해역이용과 효율적 관리 방안을 모색하기 위한 제언의 기회를 가져보고자 한다.

대상 해역 개요

고흥반도는 우리나라 남해해역의 중앙부에 위치하며, 반도의 동쪽은 여자만 및 해창만과 나로열도를 포함하는 보돌바다, 서쪽은 득량만 그리고 남쪽은 거금수도에 의해 둘러싸여 있으면서 남해에 개방된 지형을 하고 있다. 그리고 각각의 만 입구에는 대소의 많은 도서가 위치하는 반면, 만 내에는 대규모 공업단지는 물론 대형 하천도 존재하지 않으나, 만의 형태가 입구에서 내륙 쪽으로 길게 함몰되어 있어 내만 해역은 해수교환이 어려운 반폐쇄성 특성이 강하면서 온화한 특성을 나타낸다. 이 같은 해양환경 조건 때문에 내만 해역에서는 꼬막, 피조개, 굴 등의 패류양식이, 만 입구 해역에서는 미역, 다시마, 김, 톳 등이 해조류 양식이 오래 전부터 매우 광활한 해역을 대상으로 이루어지고 있다.

그러나, 최근에는 바다의 이용주체에 의한 비효율적이며 무절제한 어장 이용 및 관리 등으로 연안어장의 노후화 및 밀집화로 일부해역은 해저표층퇴적물에 과다한 유기물 집적이 이루어져 해역의 부영양화 진행과 함께 적조 발생이 보여지는 등 해역환경문제가 발생하고

있기도 하다.

선행조사연구

우리나라 연안해역의 해양환경조사는 대부분 임해공업단지 조성 등 대규모 연안개발과 관련된 대형 project에 의해 이루어지고 있다고 할 수 있다. 그러나, 고흥반도 주변해역은 이와 같은 대형 project가 없음에도 불구하고 최근 10여년에 비교적 충실한 해양환경자료가 축적되어 있다(Table 1). 이와 같은 자료생산이 가능한 것은 득량만의 경우, 1992년부터 한국과학재단의 지원을 받는 부경대학교 해양산업개발 연구센터가 중심이 되어 “연안어장의 생산성 향상을 위한 종합적 연구”가 장기간 이루어졌고, 거금수도의 경우는 1993년 전라남도가 “어장의 복합적 이용을 위한 종합적인 어장환경조사”가, 해창만의 경우는 만 내 간척지에 농업용수를 제공하기 위한 담수호가 배수갑문 사고로 해양에 다량 유출된 이후 “종합적인 어업피해 조사” 등이 있었기 때문이다. 즉, 이 같은 종합적인 학술조사는 고흥반도 주변해역이 해역의 생물생산을 이용하는 어장으로서 가치가 매우 중요함을 단적으로 지적한다고 할 수 있다. 또한, 나로도 인근 해역은 1995년 이후 유해성 적조생물인 와편모조류, *Cochlodinium polykrikoides* 적조가 매년 이곳에서부터 발생하고 있어 해양학자들에게 지대한 관심을 제공하고 있는 곳이기도 하다(양 등, 2000; 정 등, 2000a, b; Yoon, 2001).

Table 1. The publications precedent on the coastal environment and pelagic ecosystem in the adjoining sea of Goheung Peninsula

해역	득량만	거금수도	여자만	해창만	나로도	기타	계
논문편수	18	5	7	3	5	3	41
보고서	1	1		1	1		4
문헌	위에 나열된 문헌 목록은 윤(2001)을 참조						

*고흥반도 주변해역의 해양환경조사 선행연구(보고서의 경우 기타 다수가 보여지고 있으나, 해양학자들에 의해 현장조사가 이루어진 것만을 정리).

수질환경

Table 2에는 고흥반도 주변의 대표적인 해역을 대상으로 측정·분석했던 주요 수질항목에 대하여 계절을 고려하지 않고 변동폭의 값을 개략적으로 표시하였다. 표로부터 거금수도와 같이 일부 해역의 경우 극단적으로 높은 농도를 보여주는 항목이 있으나, 평균값을 고려하면 질소로서 $5.0 \mu\text{M}$ 내외, 인으로서 $0.5 \mu\text{M}$ 내외의 값을, 그리고 규산염도 $10.0 \mu\text{M}$ 이하의 값을 나타내어, 전반적으로는 수산용수로서 전혀 문제가 없는 해역 수질 I등급의 양호한 수질 환경을 나타낸다. 다만, 일부 육상의 수산물 가공시설이나 생활하수가 직접적으로 유입되는 해역에서는 극단적인 영양염류 농도를 나타내기도 한다. 즉, 고흥반도 인근해역은 육상의 대형 하천이나 대규모 도시가 형성되어 있지 않아, 육상으로부터 유입되는 영양염류 농도가 매우 낮은 것으로 나타났다. 그러나, 고흥반도 주변해역은 낮은 영양염류 농도에도 불구하고 내만 해역에서 만 외해 해역의 매우 광활한 수역을 대상으로 패류, 해조류를 중심으로 하는 다양한 양식행위가 이루어지고 있다. 그럼 이들 생물의 성장을 위해서는 필연적으로 높은 농도의 영양을 요구하게 되는데, 육상에서 공급되는 영양염류만으로는 절대량이 부족하게 된다는 결과가 유추되게 된다.

한국 남서해역에서 보여지는 이와 같은 수요와 공급에 따른 모순적인 현상은 어디에서 오

는 것일까? 우리나라 연안해역 중에 직접적으로 대만난류의 영향을 받거나 대형 하천 하구에 위치하는 내만 또는 연안해역의 경우는 해역의 기초생산을 영위하는데 필요한 영양염류가 하천이나 생활하수 등 육상유입 부분에 의존하고 있지만, 남서해역의 경우는 육상 유입부분보다 우리나라 서해에서 형성되어 남해일부 해역까지 영향을 미치는 한국연안 고유수(?) 및 중국대륙연안수에 의해 영양염류가 외해 쪽에서 내만 해역으로 공급되고 있어, 해역의 생물생산에는 육상 공급원보다 외해 공급원이 크게 기여하기 때문이라 할 수 있다(양 등, 1995; 윤, 2000, 윤 등, 2000).

표층퇴적물 중의 유기물량

해양의 저서(퇴적)환경은 수질환경과 달리 수주(水柱)의 각종 생물생산활동 결과 해저에 침강 퇴적된 물질의 누진적 지표 항목이기에, 해역의 환경문제를 고찰하는 데에는 생물작용이나 해수유동 등 외부요인에 의해 쉽게 변화하는 수질항목보다 저서환경이 더욱 객관성을 확보할 수 있다. 이에 본 항에서는 저서환경 중 표층퇴적물 중 유기물량을 이용하여 고흥반도 주변해역의 저서환경을 고찰하였다(Table 3). 즉, 표는 수질항목과 마찬가지로 계절을 고려하지 않고, 유기물량을 나타내는 강열감량(IL), 총 황화물량(H_2S), 화학적 산소요구량(COD)의 측정범위를 나타내었다. 표로부터 수질과는 달

Table 2. A characteristics of water quality in the adjoining sea of Goheung Peninsula(μM)

항목	해역	특량만	거금수도	해창만	나로도	
용존무기질소		0.02~8.72	0.97~399.3	0.33~8.87	2.64~8.45	DIN
인 산 염		0.05~0.68	0.03~3.87	0.17~2.12	nd~0.44	$\text{PO}_4\text{-P(DIP)}$
규 산 염		0.61~16.72	2.62~16.49	4.44~33.88	3.98~9.07	$\text{Si(OH)}_4\text{-Si}$
화학적산소요구량			nd~2.81	0.10~3.88	nd~4.86	COD
인 용 문 헌	양 등(1995)		윤 등(2000)	여수대(1999)	윤과 한(2000)	

*고흥반도 주변해역의 수질환경 특성.

Table 3. The concentration of organic matter on the surface sediment in the adjoining sea of Goheung Peninsula(mg/g dry)

항목	해역	득량만	거금수도	해창만	일본기준	비고
강열감량		3.10~21.51	1.23~16.79	4.54~24.21		IL
총 황화물량		nd~3.30	nd~2.43	nd~4.44	0.2	H ₂ S
화학적산소요구량		0.37~18.21	3.55~42.27	3.97~25.00	20	COD
인용문헌		윤(2000c)	윤(2000b)	여수대(1999)		

*고흥반도 주변해역의 해저 표층퇴적물 중의 유기물 함량(자료의 값은 4계절 조사한 결과를 원칙으로 하였음. 극단적으로 높은 값은 특정 일부 해역 및 계절에만 해당).

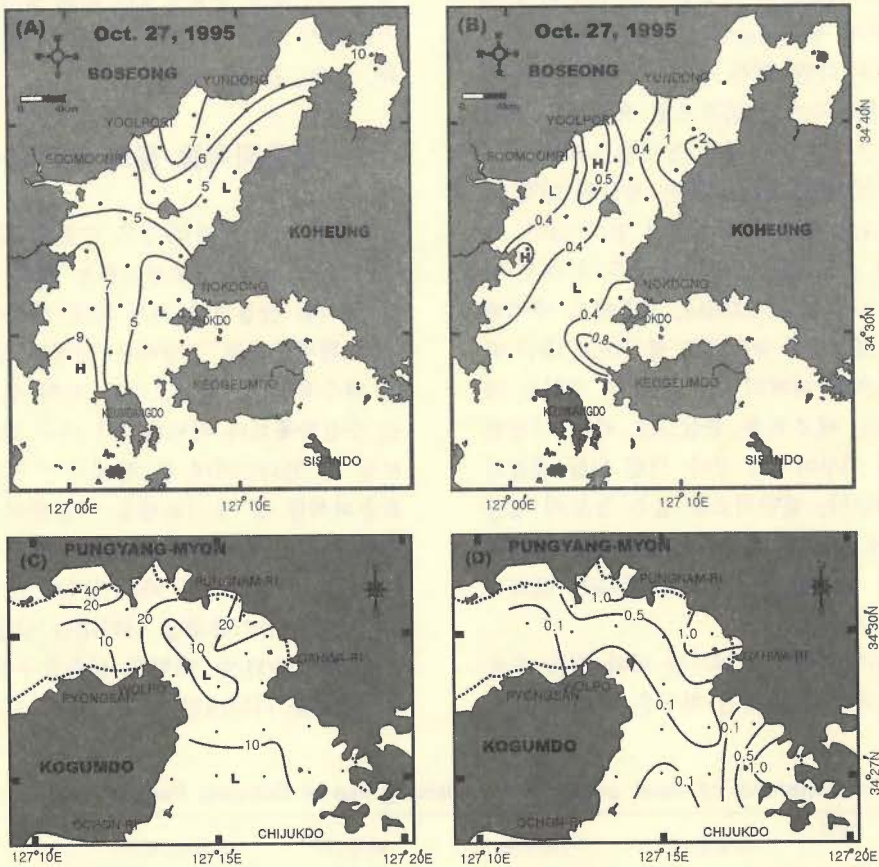


Fig. 1. Horizontal distribution of COD(left) and H₂S(right) on the surface sediment in Deukryang bay(upper) and Geogum strait(lower), in summer.

*여름철 득량만(상)과 거금수도(하) 표층퇴적물 중의 화학적산소요구량(좌)과 총황화물량(우)의 수평분포.

리 득량만 COD를 제외하고는 대상해역 모두에서 항목별 최대 값이 일본수산용수기준을 초

과하고 있다. 이는 육상 또는 해상 투기된 각종 해조류 부산물이 해수유동을 따라 일부 폐

쇄되거나 해저 골이 형성되는 해역에 집적되어 계절에 따라서 분해활동이 매우 활발한 것을 의미하는 것으로 매우 열악한 저서환경을 나타내는 것으로 판단할 수 있다. 특히 총 황화물량의 경우 일부 해역이기는 하나 일본수산물수기준을 20배나 초과하는 값이 보여지기도 하여 (Fig. 1), 외형적으로 보여지는 것과는 달리, 일부 해역의 경우 해역환경문제의 심각성이 매우 크며, 이들은 생물 생산 장에 직접적으로 생산의 저하, 질병의 발생 등 영향을 미칠 것으로 추정할 수 있다. 이와 같은 경향은 보다 서쪽에 위치하면서 개방된 환경특성을 나타내는 완도 신지도 남방해역에서도 유사한 결과를 나타낸다(윤, 1998b).

그러나, Kang *et al.*, (1993)은 우리나라 연안 전역을 대상으로 표층퇴적물 중의 유기물량을 측정하여, 한국남서해역은 매우 낮은 농도의 값을 나타낸다는 상반되는 결과를 보고하고 있으나, 이는 시·공간적인 관측 정점의 정도 차이에 의한 것으로, 해역 관리를 위한 기초자료 제공에는 해역특성 파악이 어려운 몇 개 정점의 조사결과가 아닌, 해역 특성을 파악할 수 있는 객관적 조사결과 제시가 필요하다고 할 수 있다.

이와 같은 결과는 향후 오랜 기간 해역을 효율적으로 이용하기 위해서는 해역을 이용하는 주체 및 국가차원의 보다 적극적인 해역관리방안 도출이 시급히 이루어져야 할 것으로 보아

지며(윤, 2000b, 2000c), 실제 고흥군 자료에 의하면 미역 단일 품종에 대하여 연간 약 10만 톤이 생산되고 있으나, 미역포자가 형성되는 미역귀는 수확하기 않고 부산 폐기물로서 전량 해양에투기하는 것으로 나타났다. 투기되는 미역양식 부산물(미역귀)은 무게기준으로 전 미역생산량의 30~40%에 해당되는 3~4만 톤으로 추정하고 있어(황, 2001), 시급한 대책을 필요로 하고 있다.

표영생태계(식물플랑크톤 군집 및 생물량)

고흥반도 주변해역의 기초생산을 담당하는 식물플랑크톤 군집구조의 특징을 살펴보면, 출현종수는 대략 70종 내외로 한국 남서해역의 40여종에 비하면(Shim and Park, 1984; 김과 윤, 1997) 비교적 다양한 출현종이 출현하는 것으로 나타났다(Table 4). 그리고, 출현종 대부분은 계절에 관계없이 규조류에 의한 출현점유율이 높다.

우점종의 경우는 해역의 조사시점 차이에 의해 우점종이 다소 다르게 나타날 수도 있으나, 전체적으로 중심목 규조류에 의한 우점 현상이 탁월하였다. 이는 일부 부영양화가 진행된 남해 내만, 연안해역의 식물플랑크톤 군집은 고수온기에 규조류보다도 식물성 편모조류에 의해 우

Table 4. The characteristics of phytoplankton community in the adjoining sea of Goheung Peninsula

항목 \ 해역	득량만	거금수도	해창만
종조성	50속 75종	40속 65종	51속 77종
우점종	<i>Skeletonema costatum</i> <i>Guinardia flaccida</i> <i>Chaetoceros curvisetus</i> <i>Proboscia alata</i> <i>Asterionellopsis glacialis</i>	<i>S. costatum</i> <i>Ch. curvisetus</i> <i>P. alata</i> <i>As. kariana</i> <i>Thalassionema nitzschioides</i>	<i>Ch. curvisetus</i> <i>S. costatum</i> <i>Eucampia zodiacus</i> <i>Rhizosolenia setigera</i> <i>Dictyocha fibula</i>
현존량(cells/l)	$2.6 \times 10^3 \sim 1.0 \times 10^6$	$8.8 \times 10^3 \sim 1.4 \times 10^6$	$1.0 \times 10^3 \sim 4.6 \times 10^5$
인용문헌	윤(1999)	윤과 고(1995)	윤(2000a)

*고흥반도 주변해역의 식물플랑크톤 군집 특성.

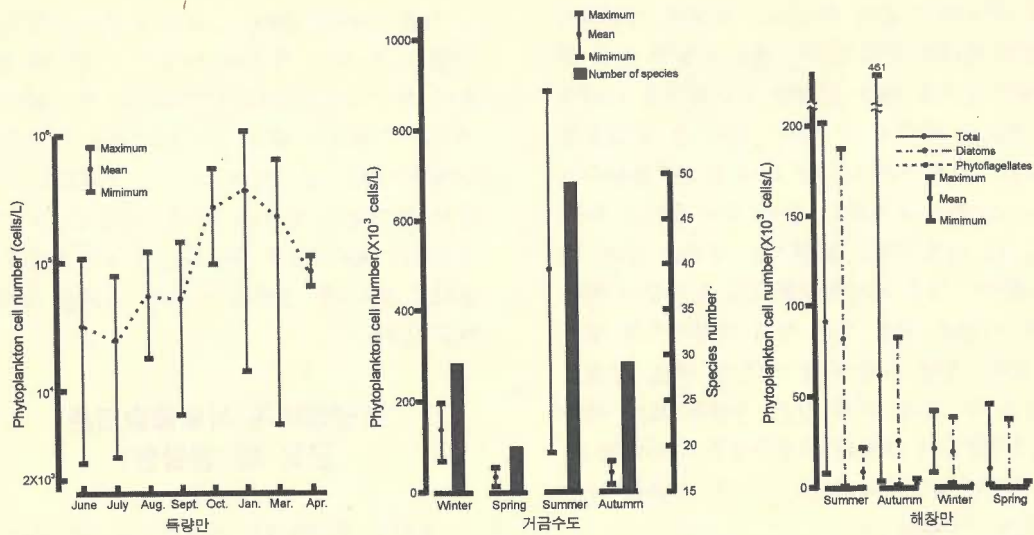


Fig. 2. Seasonal fluctuations of phytoplankton cell numbers in the adjoining sea of Goheung Peninsula.
*고흥반도 주변, 득량만(좌), 거금수도(중) 및 해창만(우)의 식물플랑크톤 출현세포수의 계절변화.

점되는 것(윤 등, 1992; 윤, 1995)과는 다른 결과(Table 4)로 한국남서해역 식물플랑크톤 군집은 전형적인 연안해역 특성을 유지하고 있다(윤, 1998c).

출현세포밀도는 10^6 cells/l이하의 값을 나타내며, 계절적으로는 득량만의 경우, 겨울에 높고, 여름에 낮은 반면, 거금수도와 최대 값을 제외한 해창만은 여름에 높고, 봄과 겨울에 낮은 경향을 나타낸다(Fig. 2). 이와 같은 한국남서해역의 식물플랑크톤 현존량 변동에는 일정한 계절성이 없는 것같이 보이나, 이는 조사시점 및 관측점 수의 차이에 의한 것으로 전체적으로는 저

수온기에 높고 봄과 가을에 낮은 세포밀도를 나타낸다(윤, 1998a).

Chlorophyll *a*(Chl-*a*) 농도는 여름에 배수갑문에 의해 인위적으로 담수유입 조작이 있는 해창만 및 일부 특정해역의 극단적인 값을 제외하면 평균 $1\sim5 \mu\text{g/l}$ 정도의 값으로 일부 부영양화가 진행된 내만 해역에 비하면 낮은 값이나(윤, 2000e), 비교적 높은 생물량을 나타낸다(Table 5). 즉, 이는 우리나라 남서해역의 경우 매우 높은 생물생산 잠재력을 지니고 있는 해역으로 효율적이고 합리적인 이용과 관리방안이 수립된다면, 막대한 해역의 생물생산이 기대

Table 5. Seasonal minimum, maximum and mean values of chlorophyll *a* concentration in the adjoining sea of Goheung Peninsula($\mu\text{g/l}$)

항목 \ 해역	득량만	거금수도	해창만	비고
봄	0.19~12.31(3.5)	0.19~2.52(0.82)	2.48~10.75(4.01)	
여름	0.50~10.00(3.0)	0.19~12.33(3.67)	5.93~38.58(20.41)	
가을	0.60~10.50(3.8)	0.15~6.91(2.76)	2.06~5.75(3.42)	
겨울	0.50~11.00(3.5)	0.14~4.63(1.89)	0.80~3.66(2.12)	

*고흥반도 주변해역의 계절에 따른 식물플랑크톤 생물량 변동(*득량만 값을 그래프에서 역산).

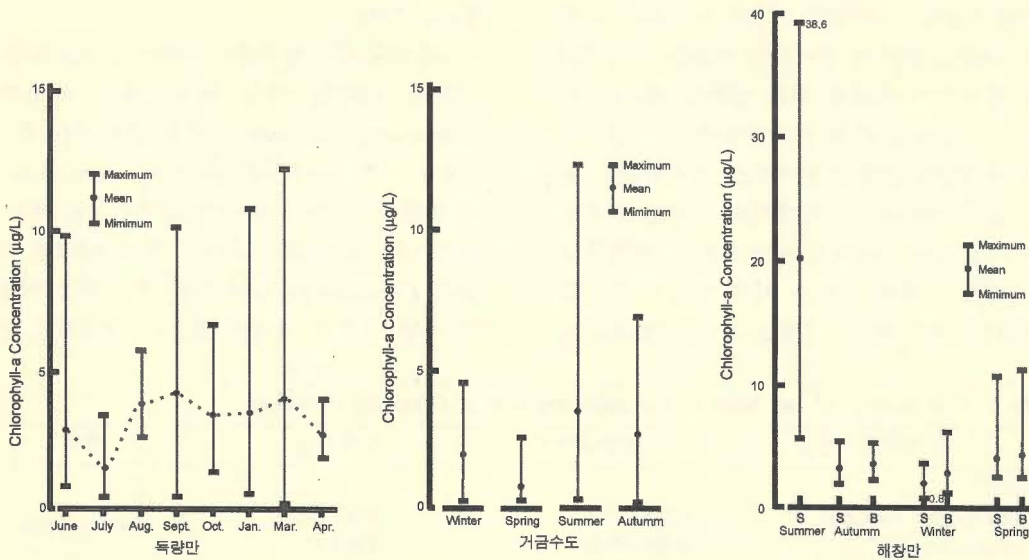


Fig. 3. Seasonal fluctuations of chlorophyll a concentration in the adjoining sea of Goheung Peninsula.

*고흥반도 주변, 독량만(좌), 거금수도(중) 및 해창만(우)의 식물플랑크톤 생물량의 계절변화.

될 수 있음을 뜻한다(윤, 2000d).

Chl-a 농도의 계절변화 양상은 식물플랑크톤의 세포밀도와 같이 여름과 겨울에 일반적으로 높고, 봄과 가을에 낮은 농도를 나타낸다. 특히 해창만과 같이 인위적인 환경영향이 큰 곳을 제외하면 전반적으로 겨울에 높고, 봄에 낮다(Fig. 3). 이와 같은 결과는 목포 인근의 시아해나 여수의 가막만 등 한국남서해역에서 일반적으로 보여진다(윤, 2000d, e). 즉, 한국남서해역의 식물플랑크톤 세포밀도나 Chl-a 농도의 계절변화 경향은 일반적인 온대해역에서 봄과 가을에 구조류에 의한 식물플랑크톤 대발생이 보여지고, 여름과 겨울에 식물플랑크톤 밀도가 낮아진다(Lalli and Parsons, 1993)는 내용과는 상반되는 결과이다.

그러나, 저수온기에 높은 생물량을 나타내는 것은 한국 남서해역 일부에서 일시적으로 보여지는 현상이라기보다는 이들 해역의 고유 해양환경 특성이라 할 수 있으며, 다른 온대해역과 달리 이 같은 경향을 나타낼 수 있는 것은 남서해역의 경우 조석 혼합에 의해 표층과 저층의 교환이 원활하며, 교환 주기 역시 조석 주

기에 따라 변화하여 매우 빠르다는 것(Lee and Cho, 1995), 그리고 기초생물생산에 필요한 빛이 겨울에도 충분할 뿐만 아니라, 수중 광량은 여름보다 겨울에 더욱 깊은 수심(바닥)까지 도달되고 있어, 겨울은 내만 해역 전체 수층이 생산층으로 이용되는 천해해역(윤, 미발표)이라는 환경특성을 나타내기 때문이다. 이와 같은 현상은 과거 조사 연구에서도 보여지나(이와 히, 1983), 당시는 조사빈도가 적고, 그와 같은 기록이 없다는 점에서 일시적인 이상현상으로 해석되었으나, 이들 해역의 고유환경특성으로 해석해야 할 것이다. 실제 한국 남서해역의 매우 광활한 해역은 저수온기에 대규모의 해조류 양식어장으로 활용되고 있음도 이들 결과를 뒷받침하는 하나의 증거라 할 수 있다.

연안성 적조발생에 관한 고찰

한국남서해역 중 고흥반도 나로도 인근해역은 1995년 이후 매년 연중 행사처럼 보여지는 유해성 *Cochlodinium polykrikoides* 적조의 발원지로서 주목을 받고 있다. 그러나, 일반적인

내만형 적조는 부영양화 진행에 동반하여 발생되나, 나로도 연안에 보여지는 적조는 부영양화와 관련성이 비교적 적은 연안성 적조의 특성을 나타내기에, 이들 적조발생이 한국 남서해역의 부영양화 진행을 단적으로 지적한다고 볼 수는 없다. 따라서 본 항에서는 유해성 적조발생과 나로도 인근해역의 해양구조 및 환경특성이 어떻게 관여하고 있는 지에 대하여 간략히 고찰하여 본다(양 등, 2000; 정 등, 2000a, b,

Yoon, 2001).

고흥반도 인근해역에서 과학적인 적조발생 첫 기록은 1982년 겨울 득량만에서 규조류인 *Skeletonema costatum*에 의한 것이나(이와 허, 1983), 이후 1987년에 해창만의 *Gonyaulax* sp.에 의한 적조 등 1990년대 중반까지는 매우 제한적으로 보여졌다. 그러던 것이 1994년 득량만의 *Ceratium furca*에 의한 적조발생 이후에는 매년 규모의 차이는 있으나 지속적인 발생

Table 6. The records of red tides in the adjoining sea of Goheung Peninsula

기간 및 해역원인생물	발생해역	발생기간	비고
규조류			
<i>Skeletonema costatum</i>	득량만	1982. 12	이와 허(1983)
<i>Chaetoceros</i> sp.*	득량만(복합적조)	1999. 07	
<i>Coscinodiscus</i> sp.*			
외편모조류			
<i>Ceratium furca</i>	득량만, 나로도	1994. 08; 1998. 05	윤(미발표) 기타는 국립수산진흥원 자료를 인용
<i>Ceratium fusus</i> *	득량만(복합)	1999. 07	
<i>Cochlodinium polykrikoides</i>	나로도 및 고흥연안	1995. 08이후 현재	
<i>Gonyaulax</i> sp.	해창만	1987. 08	
<i>Gymnodinium</i> sp.	득량만(보성, 득량)	1999. 09	
<i>Prorocentrum</i> sp.*	득량만(복합)	1999. 07	
라피도조류(침편모조류)			
<i>Heterosigma akashiwo</i>	고흥 도화면	1994. 08	

*고흥반도 주변해역의 적조원인 생물과 발생상황(*4종류가 복합적으로 발생한 적조임).

Table 7. A characteristics of red tides on the harmful dinoflagellate, *Cochlodinium polykrikoides* in the Korean coastal waters from 1995 to 2001

연도구분	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
최초발생일 및 발생수역	Aug. 29 (음 8. 4) 고흥 나로도	Sept. 4 (음 7. 22) 고흥 나로도	Aug. 24 (음 7. 22) 고흥 나로도	Aug. 30 (음 7. 9) 고흥 나로도	Aug. 11 (음 7. 10) 고흥 나로도	Aug. 22 (음 7. 23) 여수, 남해연안	Aug. 14 (음 6. 25) 나로도, 돌산연안
소멸일	Oct. 21	Oct. 2	Sept. 22	Oct. 2	Oct. 4	Sept. 20	Sept. 24
지속기간(일)	54	29	29	34	55	30	40
확산범위와 최대세포밀도*	남해서부~ 동해중부 (30,000)	남해안 만 (23,350)	남해서부~ 동해남부 (20,000)	남해안 만 (25,000)	남해서부~ 동해중부 (43,740)	남해안 만 (15,000)	남해~동해중부 (32,280)
어업피해액 (억원)	764	21	15	1.6	3.2	2.6	80
총황토살포양 (천ton)	(내는 전남 도의 살포량)	29(4)	89(22)	70(36)	136(49)	?(85)	

*최근 7개년간 한국연안해역 유해성적조의 발생현황과 특징(*세포밀도; cells/mL).

기록이 보고된다(Table 6).

표 중에 대부분 원인생물은 부영양화와 관련하여 내만 해역에 국한되어 일시적으로 보여지는 것들이나, 1995년 나로도 연안해역에서 발생한 와편모조류, *Cochlodinium polykrikoides* 적조는 발생 후에 한국남서해역인 완도에서 동해 삼척연안까지 확대되면서 우리나라 적조발생 사상 최악의 약 800억 원에 달하는 수산피해를 발생시켰으며, 2001년에도 약 80억 원의 피해를 발생시키는 등(Table 7), 크나큰 사회문제로 발전하였다.

그럼 이와 같은 유해성 적조는 고흥연안의 어떠한 해양환경에 자극을 받고 발생하는 것일까? 유해성 *Cochlodinium polykrikoides* 적조는 1995년 처음으로 우리나라 연안해역에서 발생이 보여지기 시작한 종이 아니라, 1984년 이후 지속적으로 발생이 보여지던 것이 1995년 내만이 아닌 나로도 연안에서 발생하면서 연안을 따라 흐르는 대마난류 등 해류에 의해 급속히 대규모로 확대되었고, 그에 따라 막대한 수산피해를 동반하게 되어 새롭게 출현한 것처럼 보이는 종이다(Yoon, 2001). 본 종에 대해서는 아직 정확한 발생기구가 해명되어 있지는 않으나, 부영양화와 관련한 내만형 적조와는 달리 수온, 해수유동과 같은 물리적인 작용에 의해 증식 자극과 종이 공급되는 일반적인 연안성 적조로 추정된다(Geeseey and Tester, 1993; Tester et al., 1993; Imada and Honjo, 2001). 특히 나로도 인근해역은 늦여름 한국 남해 중앙부 연안까지 강하게 영향을 미치는 대마난류, 중국대륙 연안수, 한국 고유연안수와 같은 수괴들에 의해 전선을 형성하여 복잡한 해황(海況)구조를 나타내는 곳으로, 이 같은 해양특성이 본 적조발생과 일연의 관련성을 가지는 것으로 추정되어(Yoon, 2001), 한국남서해역의 적조발생이 이들 해역의 부영양화와 직결되는 것은 아니다.

한국남해연안에서 발생하는 *Cochlodinium polykrikoides* 적조에 대해서는 아직 종의 기원, 성장특성, 중간 경쟁, 종의 생리적 특성, 수산

생물에의 피해 기구 등에 대해서 명확하지 않으나, 군 성장이 매우 느린 것, 일반 연안성 종과 같이 종 기원이 휴면포자의 발아보다 외부 유입 가능성이 큰 것(Imada and Honjo, 2001 참조) 등에 대한 증거는 제시되고 있다. 그러나 현실적으로 본 종의 적조발생 시 수산피해를 저감시키기 위해 다량의 황토가 살포되고 있으나, 이는 해역의 생태구조는 물론 사회적, 경제적 여건을 무시한 행정 편의적 발상으로 다음과 같은 두 가지 측면에서 심도 있는 검토가 필요하다.

1) 해양생태학적 측면

- 황토살포에 의한 적조생물의 구제원리는 살포된 황토가 적조생물을 흡착 침강하여 제거시키는 것이다. 그러나, 적조발생 시기가 수산유용생물의 산란, 성육기임을 감안하면 살포된 황토가 침강하는 도중 적조생물은 물론 다양한 수산유용생물의란, 자치어, 치패 등을 동시에 흡착하여 제거하게 되어, 다음 해에 가입된 자원을 급감시킨다.

- 살포된 황토가 해저에 다량이 유기물을 포함하여 표층퇴적물 위에 피막을 형성하면서 퇴적하게 되어, 2차적인 해양오염문제는 물론 저서생태계에 악영향을 주게 되나, 이들에 대한 객관적 평가가 이루어져 있지 않다. 다만, 여기에는 새조개 등 일부 저서유용생물의 성장에 해역의 황토살포가 육상농지의 객토와 같은 긍정적 효과가 있는 것으로 평가되기도 하나, 해양은 한가지 특정생물을 재배 대상으로 하는 육상 경작지와는 달리, 해역생태 구조를 고려한 자연상태의 생물을 채집하는 것이기에, 특정 대상 생물이나 일부 업자 입장을 고려한 평가방법은 전체의 객관성을 상실하게 된다.

2) 사회·경제적인 측면

- 황토살포로 양식 어업인의 직접적인 수산피해는 감소되나, 새로운 자원 가입이 이루어지지 않아 어선어업에 종사하는 어업인 등 일부 업종에게는 연쇄적인 피해를 제공할 수 있다.

- 수산생물 폐사에 의한 어업인의 직접적인 피해는 절감되나, 매년 막대한 황토 비축으로 육상의 황토자원 고갈, 황토의 비축, 운반, 보관 및 살포에 막대한 국민세금에 의한 국가예산이 소모되어, 황토살포에 의한 적조피해 저감은 어업인의 직접적 피해가 국가 예산 투자 형태로 변화되는 일시적 민원 해소용에 불과하다 (Table 7).

- 황토살포에 의한 해양 생태계의 변화 및 피해 등 간접적 피해는 추정하기도 힘들뿐만 아니라 그 피해정도가 매우 크다.

맺는글

정상적인 생태계 내에서 자연은 지구상의 생물들이 필요로 하는 생물자원을 부족함 없이 제공해주게 되나, 인구밀도 증가에 따른 인간 중심의 생태구조에서 생물자원은 무한한 것이 아니라 유한한 것이 된다. 이에 육상에서는 오래 전부터 생물자원의 유한성을 인지하여 이를 효율적으로 관리·이용하고자 하는 노력이 지속적으로 시도되고 있으나, 바다는 아직도 자원을 무한한 것으로 인식하고 사용 주체자인 어업인들조차도 관리라는 조치 없이 이용측면만을 강조해온 것이 우리들이 현실이다. 그러나, 최근에는 연안해역의 각종 환경문제, 자원고갈 등 생물자원의 유한성을 인지하여, 해역관리의 필요성이 대두되고는 있으나, 아직 국가 및 사용주체자 입장에서 방향성 제시 없이 수수방관하고 있는 것 또한 현실이라 할 수 있다.

현재 한국남서해역은 일부 폐쇄성이 강한 내만 해역을 중심으로 부영양화가 진행되고 있고, 어장의 노후화, 밀집화 등 해역의 환경문제를 발생시킬 요인들은 누적되어 있으나, 우리나라 연안해역 중에서는 가장 환경보존 상태가 좋아, 효율적 이용 및 관리에 의해 우리 후손에게까지도 무한한 생물생산 장으로서 바다의 의미를 전해 줄 수 있는 유일한 곳이라 할 수도 있다. 그러나, 적조대책에서와 같이 최근 정부 및 이용

자 측면의 해역관리 및 문제해결 방안은 발생되는 문제의 근본적 해결보다는 단편적인 입장에서 편협적으로 대응하는 방안이 주를 이루고 있다. 이와 같은 접근방법은 문제해결보다 더욱 문제를 복잡화시킬 수 있기에 해역문제에 대해서는 보다 장기적인 인고와 과감한 투자에 의해 과학적이면서 미래지향적 문제접근 방안이 무엇보다 절실하다.

특히, 해양은 물이라는 환경매체 속에 매우 다양한 생물군이 복잡하게 얽혀 있는 시스템적인 생태구조를 이루고 있어, 어느 한곳의 생태흐름 차단이나 파괴는 연속적으로 다른 부분까지 영향을 주어 물질순환에 문제를 발생시킨다. 따라서 해역의 문제해결 접근방법으로는 시간을 필요로 하나 우선 대상해역에 대한 보다 객관적인 해양환경특성과 생태구조를 명확히 파악된 후에 문제해결에 대한 방안이 도출되어야만, 미래지향적이면서 효율적 해역환경관리, 이용 및 보존이 가능할 것이다.

참고문헌

- 김대일 · 윤양호, 1997. 식물플랑크톤 군집으로 본 초겨울 한국 남서해역의 환경특성. 여수수대 수과연보 6: 85-93.
- 양재삼 · 최현용 · 정해진 · 정주영 · 박종규, 2000. 전남 고흥 해역의 유해성 적조의 발생연구: 1. 물리 · 화학적인 특성. 한국해양학회지 "바다", 5: 16-26.
- 양한섭 · 김성수 · 김규범, 1995. 득량만 표층수 중 영양염류의 시공간적 분포특성 1. 영양염류의 계절변화와 기초생산 제한인자. 한국수산학회지 28: 475-488.
- 여수대학교, 1999. 고흥 해창만 수문 개폐에 의한 어업피해조사: 887pp.
- 윤양호, 1995. 가막만 북부해역의 해양환경과 식물플랑크톤 군집의 변동특성 2. 식물플랑크톤 군집의 계절동태와 적조원인생물. 여수수대 수과연보 4: 1-15.

- 윤양호, 1998a. 완도 신지연안해역 식물플랑크톤 군집구조 특성. 여수대 논문집 12(2): 651-664.
- 윤양호, 1998b. 완도 신지도 연안해역 표층퇴적물 중의 유기물 분포에 대하여. 여수대 논문집 13(2):1135-1151.
- 윤양호, 1998c. 시아해 식물플랑크톤 군집의 계절변동 특성. 한국환경생물학회지 16: 403-409.
- 윤양호, 1999a. 득량만 식물플랑크톤 군집의 시·공간적 분포특성. 환경생물 17: 481-492.
- 윤양호, 1999b. 해창만의 생물해양학적 환경특성 2. 엽록소 a량의 분포특성. 여수대 논문집 14(2): 591-600.
- 윤양호, 2000a. 해창만의 생물해양학적 환경특성 1. 식물플랑크톤 군집구조와 계절변동. 한국수산학회지 33: 43-50.
- 윤양호, 2000b. 거금수도 표층퇴적물 중의 유기물 분포 및 근원. 한국환경과학회지 9: 137-144.
- 윤양호, 2000c. 득량만 표층퇴적물 중의 유기물 분포 특성. 한국환경과학회 가을학술발표회지 9(2): 152-153.
- 윤양호, 2000d. 시아해의 영양염류와 식물플랑크톤 생물량의 시·공간적 분포특성 및 기초생산에 영향을 미치는 환경요인. 한국환경생물학회지 18: 77-93.
- 윤양호, 2000e. 가막만 북부해역의 해양환경과 식물플랑크톤 군집의 변동 특성 2. 수질환경과 엽록소 a량의 변동특성. 한국환경과학회지 9: 429-436.
- 윤양호, 2001. 고흥반도 주변해역의 해양환경과 생태구조 특성. in “연안보전네트워크 외 3, 다도해 포럼 2001<다도해 청정해역 보전을 위한 고흥연안 어장환경 현황과 수산진흥 대책>”: 1-12.
- 윤양호·고남표, 1995. 거금수도 내 양식어장의 해양환경특성 1. 식물플랑크톤 군집의 계절변동. 한국양식학회지 8: 47-58.
- 윤양호·노홍길·김영기, 1992. 제주 북방, 함덕연안해역에 있어서 식물플랑크톤 군집의 계절변동 특성. 제주대 해양연보 16: 27-42.
- 윤양호·박종식, 2000. 주성분분석에 의한 거금수도의 해양환경과 식물플랑크톤 변동 요인 해석. 한국환경과학회지 9: 1-11.
- 윤양호·박종식·고남표, 2000. 거금수도 양식어장의 해양환경특성 2. 수질환경과 엽록소량의 분포특성. 한국양식학회지 13: 87-99.
- 윤양호·한명일, 2000. 봄철 나로도 협수로 인근해역의 수질환경과 식물플랑크톤 군집 분포 특성. 2000년도 춘계 수산관련학회 공동 학술대회 발표요지집, 196-197.
- 이진환·허형택, 1983. 득량만에 있어서 식물플랑크톤과 적조발생에 관한 연구. Bulletin of KORDI 5: 21-26.
- 정해진·박종규·최현용·양재삼·심재형·신윤근·이원호·김형섭·조경재, 2000. 전남 고흥·해역의 유해성 적조의 발생연구: 2. 1997년도 식물플랑크톤의 시공간적 변화. 한국해양학회지 “바다” 5: 27-36.
- 정해진·박종규·김재성·김성택·윤주이·김수경·박용민, 2000. 전남 고흥 해역의 유해성 적조의 발생연구: 3. 1997년도 종속영양성 와편모조류와 섬모류의 시공간적 변화. 한국해양학회지 “바다” 5: 37-46.
- 해양수산부, 2001. 환경관리해역 시범해역 관리시행계획 수립연구. 한국해양수산개발원: 469pp.
- 황인호, 2001. 고흥연안 어장의 오염과 자율적 환경관리. in “연안보전네트워크 외 3, 다도해 포럼 2001<다도해 청정해역 보전을 위한 고흥연안 어장환경 현황과 수산진흥 대책>”: 31-40.
- Geesey, M. E. and Tester, P. A., 1993. *Gymnodinium breve* ubiquitous in Gulf of Mexico waters. in “Smayda, T. J. and Shimizu, Y.(eds), Toxic phytoplankton blooms in the Sea. Elsevier, Amsterdam”: 251-255.

- Imada, N. and Honjo, T., 2001. Origin of seed population on coastal red tide. Bull. Plankton Soc. Japan 48: 121-124.(in Japanese).
- Kang, C. K., Lee, P. Y., Park, J. S. and Kim, P. J., 1993. On the distribution of organic matter in the nearshore surface sediment of Korea. Bull. Korean Fish. Soc. 26: 557-566.
- Lalli, C. M. and Parsons, T. R., 1993. Biological Oceanography -An introduction-. Pergamon Press, Oxford: 301pp.
- Lee, B. G. and Cho, K. D., 1995. Temporal variations of stratification-destratification in the Deukryang Bay, Korea. Korean Environmental Sci. Soc. 4: 139-149.
- Shim, J. H. and Park, Y. C., 1984. Community structure and spatial distribution of phytoplankton in the southwestern sea of Korea, in early summer. J. Oceanogr. Soc. Korean 19: 68-81.
- Tester, P. A., Geesey, M. E. and Vukovich, F. M., 1993. *Gymnodinium breve* and global warming: What are the possibilities? in "Smayda, T. J. and Shimizu, Y.(eds), Toxic phytoplankton blooms in the Sea. Elsevier, Amsterdam": 67-72.
- Yoon, Y. H., 2001. A summary on the red tide mechanisms of the harmful dinoflagellate, *Cochlodinium polykrikoides* in Korean coastal waters. Bull. Plankton Soc. Japan 48: 113-120(in Japanese).

「눈높이 환경교실」 <http://www.edu.me.gr.kr>

환경부는 초·중등 학생들이 환경에 관하여 알고 싶은 사항을 해결할 수 있도록 하기 위하여 초·중등 학생을 대상으로 하는 「사이버 환경교육」을 현직 교사에게 위탁시키기로 하고, 「눈높이 환경교실」 홈페이지를 11. 16(금) 완성하였다.

환경부가 3개월 동안 전문연구용역을 거쳐 금번에 완성한 「눈높이 환경교실」 홈페이지는 지난 '97.7월부터 환경부가 운영·관리하고 있는 「어린이 환경교실」 홈페이지를 대폭 개선한 것으로 주요개선 내용은 다음과 같다

초등학생방과 중등학생방으로 구분하여 홈페이지를 구축하고, 각각 현직의 초등학교 교사와 중등학교 교사가 운영관리를 하도록 하였다.

숙제도우미란, 자료요구란, 참여마당란 등을 만들어 학생들 상호간, 학생과 운영교사간에 대화를 주고받을 수 있도록 하였다.

참여마당란에는 회원에 가입한 학생만 참여하도록 함으로써 건전한 대화의 마당이 되도록 하였다.

이에 앞서 환경부는 「눈높이 환경교실」 홈페이지 운영관리를 전담하기 위한 현직교사를 인터넷을 통해 공모하여 지난 5월에 선발한 바 있으며, 선발된 현직교사의 자문을 받아 「눈높이 환경교실」 홈페이지를 완성하였다.

이번에 구축된 「눈높이 환경교실」 홈페이지는 초·중등 학생들이 직접 참여하고 자료를 요청할 수 있으며, 현직교사가 학생들에게 실질적인 도움을 주게 됨에 따라 학생들에게 매우 유익한 환경교육의 장이 될 것으로 기대된다.

◀ 협회 소식 ▶

○ 자연사랑 체험학습

9월 14일-16일(2박3일)동안 강원도 인제군 방동리 아침가리 일대에서 경성중학교 환경동아리 및 사진반 학생 30여명을 대상으로 분야별 전문가와 함께한 「자연사랑 체험학습」을 실시하였다. 이번 체험학습은 도시에서 생활하는 학생들에게 얼마남지 않은 한국의 오지의 자연생태계를 직접 보고 자연의 소중함을 깨닫는 계기를 만들어주었다.



○ 제주 자연 생태 문화 체험 안내

본 협회에서는 교육 홍보 사업의 일환으로 2001년 12월 26일부터 29일까지 3박 4일간 제주도의 제주자연생태문화체험골에서 제주자연생태문화체험을 실시한다. 도시를 떠나 자연을 체험하는 기회 뿐 아니라 우리나라 제주도의 문화를 경험하고 자연환경과 문화의 중요성을 알리고자 하는 의도에서 이루어진다.

주요 행사내용은 제주 민속자연사박물관 방문, 제주 돌담 쌓기, 감귤 따기, 용수저수지의 겨울철새 탐조, 해양동식물 관찰 등으로 다양하게 진행될 예정이다.

○ 종합학술조사 보고서 제41집 발간

지난 2000년 8월부터 2001년 7월까지 이루어진 충북 충주시 남산 일대의 조사에 대한 종합학술조사보고서 제41집이 발간되었다. 동식물 전문가들에 의해 총 12개 분야(지질 및 지형, 식물상, 식생, 균류, 포유류, 조류, 담수어류, 양서·파충류, 육상곤충, 수서곤충 등)에 관한 내용이 게재되었다.

○ 연구보고서 제20집 및 생물상연구지 제6집 발간·배포

본 협회에서 2000년부터 2001년 6월까지 1년간 실시된 연구용역사업의 결과보고서인 자연보존연구보고서 제20집이 발간된다. 주요 내용으로는, 법적 야생식물의 분포실태와 제도개선, 우리나라 순환수렵제도의 개선방안, 법정야생동물의 서식실태와 제도 개선에 관한 연구, 한반도 야생동물의 종다양성 유지를 위한 방안, 한반도 자연자원의 종다양성 현황과 보전을 위한 방안 등 총 5개 분야의 보고서가 게재되어 있다. 또한 한국의 지역 생물상에 관한 논문집인 한국생물상연구지 제6집이 2001년도에 접수된 논문으로 구성되어 발간된다. 이 발간물은 종합 학술조사보고서와 함께 학술회원들에게 배포된다.

• 회비 납부 안내

한국자연보전협회에 가입하신 회원분들의 회비는 협회 발간물의 제작과 발송에 큰 도움이 됩니다. 그러나 회비 납부가 원활히 이루어지지 않고 있어 협회로서도 많은 어려움이 있습니다. 협회에서 모든 회원님들께 지로용지를 보내드리고 연락을 드리는 것이 마땅하나 협회 사정상 여의치 않으니, 회비가 연체되었거나 올해 회비를 내지 않으신 회원님들께서는 회원가입 안내에 나와있는 계좌번호로 회비를 입금해주시길 바랍니다. 회원님들의 회비로 많은 회원분들께 더 좋은 자료를 보내드릴 수 있길 바랍니다.

일반회원님들께서 1년 연회비가 10,000원이며, 학술회원은 20,000원입니다. 회비 입금 뒤에는 수고스러우시겠지만 협회로 연락을 주시면 협회쪽에서 좀 더 정확하게 확인할 수 있습니다.

그 밖에 연락처 및 우편물 발송처가 바뀐 회원께서는 바뀐 주소 및 연락처(이메일), 소속 등을 협회로 전화(02-383-0694)나 팩스(02-383-0695), 이메일(natcon@chollian.net)을 통해 알려주시기 바랍니다.

야생동식물 멸종위기 ‘가속’, 법적보호 대상 늘리기로 (한겨레 2001. 12. 13)

따오기, 꼬리치레도롱뇽, 남방동사리, 선제비꽃 등 70여종의 야생동식물이 올해안에 멸종위기종으로 지정돼, 법정 멸종위기종의 수가 현재 43종보다 3배 가까이 많은 110여종에 이르게 될 것으로 보인다. 또 보호야생종 역시 두 배 이상 늘어난 320여종이 될 전망이다.

환경부는 최근 **한국자연보전협회**에 멸종위기 및 보호야생동식물을 새로 지정하기 위한 조사용역을 맡긴 결과, 포유류 4종, 조류 17종, 양서·파충류 9종, 어류 10종, 곤충 7종, 무척추동물 14종, 해조류 2종, 식물 12종 등 75종을 새로 멸종위기종으로 지정하는 방안이 제시됐다고 12일 밝혔다. 또 현재 151종인 보호야생종을 329종으로 늘리는 한편, 부산 기장군 고리발전소 일대 습지에 서식하는 고리도롱뇽 등 특정 지역개체군 49종 역시 보호종에 포함시키자는 제안이 이뤄졌다고 덧붙였다. 환경부 김영화 자연보전국장은 “서식지 파괴와 무분별한 남획 등으로 멸종위기에 처하는 야생동식물 보호를 강화하기 위해 대상 종을 크게 늘리기로 했다”며 “최종심의를 거쳐 올해안에 대상종을 확정할 계획”이라고 말했다.

‘절멸 기능’

70년대 이후 발견된 적이 없는 쇠똥구리에 게 내려진 ‘판정’이다.

“보일듯이 보일듯이 보이지 않는 따옴따옴~”이란 노랫말처럼 따오기 역시 20년동안 공식적인 도래 기록이 없어 ‘위급’ 평가를 받았다.

멸종위기종으로 지정될 야생동식물의 수가 사상 최대 규모가 될 만큼 우리나라 야생동식물은 생존을 위협받고 있다. 더구나 우리나라는 야생동식물의 종다양성이 풍부하지도 않다. 세계자연연구소가 지난해 발표한 보고서에 따르면 우리나라의 국토 1만km²당 야생동식물은 95종으로 세계평균 231종의 반에도 못 미친다. 순위를 따지면 155개국 가운데 131번째다.

생태 전문가들은 “정부가 멸종위기·보호종을 늘려 법적 보호를 강화하겠다는 것은 다행한 일”이라면서도 “하지만 현재로선 법적 보호종 지정을 위해 기초적인 동식물 생태에

대한 조사·연구가 미비한 상태”라고 입을 모은다.

이번에 멸종위기종으로 평가된 물범에 대한 연구는 이같은 현실을 잘 보여준다. 물범은 지난 1973년 백령도에 서식한다는 사실이 학계에 처음 보고됐다. 하지만 얼음 위에서 번식하는 특성을 가지고 있음에도 지금까지 백령도에 연중 머무르는 것으로 알려져 왔다. 최근에야 국립환경연구원이 계절별 개체수 조사를 통해 “물범이 번식을 위해 겨울철에 중국 랴오둥만으로 이동하는 것으로 추정된다”는 결과를 제시했을 뿐이다.

생태연구가 미비하다보니 멸종위기·보호종을 지정할 때 기본적인 평가기준도 마련돼 있지 않다. 미국은 73년 멸종위기종을 판단하는 기준 뿐 아니라 특정종의 복원계획에 대한 구체적 규정까지 담은 멸종위기법을 만들었으며, 일본 역시 97년 국가적인 평가기준을 마련했다.

우리나라의 경우 각 분야 전문가들의 경험

이나 문헌정보에 의존할 수 밖에 없는 게 현실이다. 한국자연보전협회 서정수(50) 사무총장은 “국내 야생동식물의 분류, 개체군 변동, 분포현황, 서식환경 변화 등의 정보가 최소 10년간 축적돼 있어야 멸종위기 정도나 보호여부를 파악할 수 있고 그에 따라 평가기준을 만들 수 있는데, 현재 실정으론 위기 정도를 파악하기에도 매우 부족하다”며 “이런 상황에서 학자들의 주관적 기준에 의해 선정되는 일이 많은 게 현실”이라고 말했다.

이같은 ‘주관적 기준’ 때문에 지정대상종이 적절한 것인지에 대한 논란이 일기도 한다. 농업과학기술원 박해철 연구사는 “곤충의 경우 지난 10년동안 멸종위기·보호종을 3차례 지정하면서 법적 보호종의 지위를 계속 유지한 것은 현재 지정돼 있는 19종 가운데 상제나비

와 비단벌레 등 7종에 불과하다”며 “그동안 특별한 보존노력이 있거나 긍정적인 환경변화가 있었던 것도 아닌데 법적 보호종을 유지하는 종들이 자주 바뀌었다는 것은 종에 대한 평가에 그만큼 문제가 있었다는 것”이라고 말했다.

한편에서는 “법적 보호종 지정이 곧 보호강화를 의미하는 것은 아니다”는 지적도 제기되고 있다. 멸종위기·보호종을 몰래 잡거나 채취하면 최고 5년 이하의 징역이나 3천만원의 벌금형을 받게 된다. 하지만 실제로 일부 포유류나 조류를 제외하고는 불법포획·채취 사실이 적발돼 처벌받는 예는 거의 없다. 국립환경연구원 고강석 환경생태부장은 “지자체와 정부가 인력, 자금 등을 뒷받침해 지정 뒤에도 관리를 철저히 하지 않으면 안된다”고 강조했다.



큰수리팔랑나비



두꺼비

◀ 2002년도 자연사랑 생태캠프 소개 ▶

○ 2002년도 「자연사랑 생태캠프」 계획

1. 캠프 취지 및 필요성

도심 속에서 자연 체험의 기회를 접하지 못하고 자라는 청소년을 대상으로, 오염되지 않은 자연속에서, 생명의 존엄성, 협동정신, 자연환경의 중요성을 알리는 자연 캠프를 분야별 전문가로 구성된 강사진들에 의하여 실시하여, 최근 문제시 되는 청소년의 탈선 행위를 사전 방지함은 물론 기본적인 자연생태계의 오묘한 질서를 이해시켜 밝은 미래를 위한 자연환경보전 활동의 기수로 육성코자 한다.

2. 캠프 계획

가. 주최 · 주관

- 주최 : 한국자연보전협회

나. 캠프 일정 및 장소

1년동안 약 8회 정도가 이루어지며 학기중에는 주말을 이용한 1박2일의 캠프가 있고, 방학중에는 3~4일간의 캠프가 진행된다. 구체적인 일시와 장소는 추후 확정되어 공고한다.

3. 캠프 계획 추진

- 자연자원이 수려한 산간 오지, 산, 계곡, 갯벌, 동굴 등에서 자연자원을 바로 알고 보전하기 위해 21세기의 주역인 청소년들에게 체험을 통한 자연과 환경의 중요성을 역설 하고자 함.
- 학교에서 접할수 없었던 분류군별 자연생태

학적 체험을 통하여 자연의 소중함을 일깨워 주고 자연의 현실을 바로 알게 함.

- 국내 자연, 환경분야의 전문가를 초빙하여 청소년을 대상으로 각종 탐사, 실습 및 캠프 활동을 통하여 환경보전 의식을 고취시키는 한편, 오염되지 않은 자연 속 생활을 체험할 수 있는 장을 마련.

4. 캠프 내용

가. 행사 내용

- 식물반, 어류반, 양서 · 파충류반, 포유류반, 곤충반별로 조편성하여 분류군별 또는 지역 특성을 고려한 자연 교육은 물론, 기초적인 예절, 인성교육에서부터 자연생태계에 대한 이해 교육까지 종합적이고 올바른 야외 교육 중심
- 자연에 대한 이해를 통한 지구환경의 중요도를 숙지시키고 역할을 강조
- 교과서에서 부족한 현장 교육을 중심으로 실시
- 미래 쾌적한 삶을 위한 자연환경보전활동의 선봉자로 육성키 위한 기회 부여
- 체험기 등으로 결과물 구성, 평가

나. 기대 효과

- 자연에 대한 경외심 고취로 자연사랑 정신 함양
- 야외활동을 통한 질서의식 함양
- 전문학자에 의한 바른 자연생태계의 이해
- 더불어 사는 사회를 위한 건전한 청소년 활동의 지원



궁궐의 우리나라

나무는 같은 종류라도 워낙 다양한 모습을 하고 있어 도감이나 관련 서적을 길잡이 삼아 찾아보려 해도 전문가가 아닌 이상 쉽게 구별하기 어렵다. 그러나 이 책은 매우 다양한 나무를 만날 수 있는 조선의 궁궐(경복궁, 창덕궁, 창경궁, 종묘, 덕수궁)에 있는 나무를 중심으로 쉽고 편하게 설명하고 있다. 궁궐의 배치와 나무의 위치를 정리한 지도가 있어 책을 들고 궁궐을 찾아 나무를 관찰하기 쉽게 만들어져 있는 것이 눈에 띈다. 또한 딱딱한 설명을 지양하고, 나무에 대한 민담이나 역사 이야기를 덧붙였으며, 궁궐 뿐 아니라 그 나무를 볼 수 있는 다른 지역을 소개하여 나무에 대해 더 많은 흥미를 가질 수 있도록 하였다. 혼동하기 쉬운 나무들에 대한 설명도 덧붙여 나무백과로서 손색이 없다.



박상진 저/(주)놀와/신국판 변형/434면/20,000원



원색 한국나방도감

나방을 만진 손으로 눈을 만지면 눈병이 난다는 말이 있다. 나방은 낮에 활동하는 나비에 비해 밤에 활동하고, 농작물에 해를 끼치는 해충이 많아 부정적인 시각에서 그런 말이 나온 것 같다. 학문적 접근에 있어서도 나방은 나비에 비해 큰 관심을 끌지 못했고, 야행성이라 연구하는데 어려움이 있다. 그러나 나방은 다양한 채색의 변화나 생태, 다양한 생활사를 보여주며 서서히 나방에 대한 연구가 활기를 띠고 있다. 이 책은 주변의 산과 들에서 흔히 보거나 채집할 수 있는 나방 1,207종을 사진과 함께 상세하게 설명하고 있다. 권말부록으로 나방의 구조와 일생, 채집과 사육방법까지 수록했다.

신유향 저/이카데미서적/4×6판/552면/35,000원

초자연, 자연의 수수께끼를 푸는 열쇠 (1 우주와 물질 · 2 정신과 시간)

과학적인 자료를 이용해 지적 호기심을 채워줄 대중적 과학서이다. 1권 「우주와 물질」에서는 태양, 달, 그 밖의 행성에서 방출되는 전자기파를 지구의 자전과 공전으로 인해 생명이 어떻게 영향을 받고 유지해 가는지를 설명하고, 외부 자극으로 인해 생기는 신경계의 전기장이 뇌파에 의해서 더욱 강화되어 물질에 영향을 주는 현상들을 소개했다. 2권 「정신과 시간」에서는 수상학, 필적학, 인상학, 골상학의 인류학적·해부학적 근거를 통해 내면의 감정을 외부로 보내는 세련된 정보 전달 시스템을 설명하면서 아인슈타인의 상대성 이론을 토대로 물질과 시간이 상호적으로 영향을 미치는 우주의 흐름을 살펴보고있다.



라이얼 왓슨 저/박광순 역/물병자리/신국판/전2권(1권: 272면/9,000원,
2권: 216면/8,500원)

쉽게 찾는 내고향 민물고기

산 속의 많은 골짜기마다 흐르는 시냇물 속에 살고 있는 물고기를 알고 나면 그 고장의 수질이 몇 등급인지 알 수 있다. 종류별 민물고기의 존재 여부가 수질 판단의 척도가 되므로 민물고기에 관한 지식은 자연 사랑의 시작이라 할 수 있다.

우리나라의 민물고기 130종을 400여컷의 사진과 함께 빠짐없이 설명한 이 책은 도표를 통해 전국 각지에 살고 있는 물고기를 알아볼 수 있게 하였으며, 각 고장에서 무슨 이름으로 불리는지 확인할 수 있게 방언까지 모두 실었고, 이름을 몰라도 몸통 생김새를 통해 찾아볼 수 있도록 구분하여 설명했다.



최기철 저/이원규 사진/현암사/4×6 변형판/672면/25,000원

저랑 우주여행 하실래요?

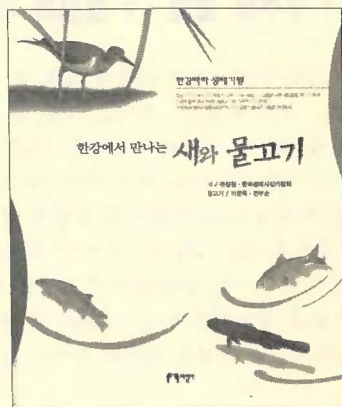
저자는 환경생리학이라는 분야에 관심을 갖고 특히 우주와 같은 무중력이라는 조건에 인간이 어떻게 적응하는지를 보여주고자 한다. 지금까지 우주와 관련된 책들이 별과 우주선 등 천문학이나 우주공학, 우주의 신비와 같은 일차적인 관심사에 대해 다루고 있었다면 이 책은 그 중심에서 있는 인간의 신체에서부터 우주여행을 시작한다. 청소년들이 우주여행과 우주인에 대해 궁금해하는 질문 66가지에 설문을 받아 질문에 대답하는 식으로 서술하였다. 비록 우리나라에서는 아직 미국이나 러시아와 같이 우주연구가 활발히 진행되지 못하고 있고, 우주인으로 선발된 사람도 없지만, 이 책을 통해서 우주여행을 경험할 수 있을 것이다.



이대택 저/지성사/신국변형판/184면/12,000원

한강에서 만나는 새와 물고기

1,000만 인구의 거대도시를 가로지르는 한강에 살고 있는 생명들에 대해 궁금해하는 사람들이 많을 것이다. 이를 위해 한강 안팎의 생태 기행집이 나왔다. 이 책은 생태적 특성에 따라 한강을 7개 권역으로 나눠 75종의 새와 56종의 물고기를 소개한다. 또한 한강의 지천들과 옛 나루터, 한강 주변에 산재하는 문화 유적지들을 비롯하여 일반인들이 쉽게 찾아갈 수 있는 생태공원도 아울러 안내하여 온가족이 함께하는 한강 나들이길이나 어린이들의 학습교재로도 훌륭하다. 새 부분은 경희대 생물학과 유정철 교수가 글을, 한국생태사진가협회가 사진을 맡았으며, 물고기 부분은 국립수산진흥원 청평대수면연구소의 이완옥씨가 글을, S-Oil 홍보팀 소속 다큐멘터리 전문 사진작가 전부순씨가 사진을 담당했다.



유정철 외/지성사/4×6 변형판/128면/8,000원

자연보존지 투고 규정

『자연보존』은 자연환경보존에 관한 지식의 보급을 목적으로 한국자연보존협회에서 발간되는 계간지입니다. 본지를 통하여 회원 여러분이 본 협회 사업에 참여하실 수 있는 계기를 마련하고자 여러분의 원고를 접수하오니 좋은 원고를 보내주시기 바랍니다.

《투고 규정》

1. 원고의 종류

자연보존을 위한 제언, 논설, 자료 및 기타로 하며, 원고의 종별은 저자가 원고 표지 우측 상단에 표시하여야 한다.

2. 투고 요령

① 원고에 한자를 쓸 경우 200자 1매당 5단어를 원칙으로 할 것.

② 원고 분량은 A4 용지 6-7 매 내의 (200자 원고지 55매) 안팎으로 65매(그림 및 도표 포함)를 초과하지 못함.

- A4 용지에는 장당 (글자크기 10, 줄간 160, 좌우여백 30, 위아래여백 15일 경우) 200자 원고지 8-9매 분량이 들어가니 참고 바람.

③ 원고의 제목, 저자명, 소속기관명 등은 국문과 영문을 병기하여야 하며 영문의 저자명은 성이 구별될 수 있도록 대문자로 처리할 것.

[예] 우리나라 생물 표본 관리와 필요성/윤일병/한국자연보존협회

Administration and necessity of biological specimen in Korea/YOON Il-Byong, The president of The Korean Association for Conservation of Nature, 122-706 Korea; E-mail : redyoon@hananet.net

④ 원고내의 도표 제목 (Table · Fig.) 역시 영문과 국문으로 작성하고 학명(속명, 종명)은 이탤릭체로 함.

⑤ 圖 및 표 삽입은 문서에 포함해서 작업하거나, 별도로 보낼 때는 삽입할 위치에 설명문을 기입하여야 함.

⑥ 인용문헌의 기입순은 저자명의 알파벳 순으로 하고, 아래의 예에 따라 적을 것.

[예] Altman, S. J. and Richard, R. P., 1995. Dilution of nonpoint-source nitrate ingroundwater. Jr. of Environmental Quality 24: 707-718.

김○○, 1979. 한국산 희귀 및 위기동식물의 보존에 관한 연구. 한국자연보존협회 연구보고서 1: 11-109.

⑦ 접수된 원고의 게재 여부는 본 협회 편집위원회에서 심사 결정하며 게재된 원고에 대하여 소정의 고료를 지급함.

⑧ 원고 작성은 한글 3.0이상으로 하고 E-mail을 이용하거나 디스켓과 함께 아래 주소로 등기우송 하기 바람.

서울시 은평구 불광동 613-2 국립환경연구원 內
한국자연보존협회 편집간사 앞, (☎ 122-706)
전화 02) 383-0694, 팩스 02) 383-0695
E-mail : KACN@hitel.net / natcon@chollian.net
Homepage : http://user.chollian.net/~natcon

※기타 문의사항은 협회 사무실로 연락주시길 바랍니다.

사단법인 한국자연보전협회 (KACN) 입회안내

사단법인 한국자연보전협회는 자연환경보전법 제56조에 근거한 법정단체(설립 1963. 12. 28)입니다.

본 협회는 자연자원과 국토를 보전하고, 조상으로부터 물려 받은 자연을 그대로 후손에게 물려주어야 할 우리의 의무를 다하기 위해 자연자원의 보전에 관한 조사·연구사업 뿐 아니라, 대국민 홍보·교육사업 등을 수행하고 있습니다.

본 협회의 입회 안내는 아래와 같습니다.

회원의 종류

- ① 일반 회원 : 협회의 취지에 찬동하는 분
- ② 학술 회원 : 자연환경 및 자연자원 보전에 관한 조사·연구·교육·홍보 또는 보전사업을 하는 분
- ③ 특별 회원 : 가. 자연환경보전사업을 지원코자 하는 개인, 단체 또는 법인
나. 자연환경보전법 제11조의 멸종위기야생동식물, 보호야생동식물을 취급하는 분
다. 자연환경보전법 제14조의 국제적멸종위기종을 취급하는 분
라. 기타 건설, 조경 등 자연환경 보전과 관련된 사업을 하는 분
- ④ 단체 회원 : 자연환경 보전과 관련된 회원 50명 이상 유관단체

회비 안내

회원 구분	연회비	입회비	발간물 배포
일반 회원	10,000	10,000	“자연보존”지(계간)
학술 회원	20,000	20,000	“자연보존”지(계간) 및 학술연구 논문
특별 회원	100,000	100,000	“자연보존”지(계간) 및 학술연구 논문
단체 회원	300,000	300,000	“자연보존”지(계간) 및 학술연구 논문

회비 납부 안내 : 온라인 입금

- 우체국 온라인 011742-01-000779 • 우편대체 계좌 010983-31-000311
- 농협 중앙회 029-01-151195 • 국민 은행 778-01-0012-519
- 외환 은행 291-22-00187-1 • 조흥 은행 920-03-001336

예금주 : 한국자연보전협회

※가입문의 : 한국자연보전협회 사무국(전화 02-383-0694, Fax 02-383-0695)

E-mail : KACN@hitel.net

natcon@chollian.net

입 회 원 서

회원번호: *

* ■: 협회에서 기록

성 명	(한글)	회원 구분		일반	학술	특별	단체
	(한자)	주민등록번호					
	(영문)	성 별		E-mail			
지택 주소	우편번호 :			전화	H.P.		
주소 변경	우편번호 :			전화	H.P.		
소속 기관명 (변경)		직위		전화	FAX		
		직위		전화	FAX		
우편물 발송처	우편번호 :						
발송처 변경	우편번호 :						
최종학력	대학 과	전공	대학원				
	대학원 과		대학원				
	학위명		논문제목				
관심분야							
경력 사항							

※ 빠짐없이 기록하여 주시기 바랍니다.

본인은 귀회의 취지에 찬동하여 입회코저 하오니 허락하여 주시기 바랍니다.

20 년 월 일
신청인 (서명)

사단법인 한국자연보전협회 귀중

협회 발간도서 판매 안내

한국자연보전협회에서는 지금까지 발간된 도서를 정리하는 중입니다. 정리 후, 보관용 외에 수량이 남아있는 도서에 대한 목록이 작성되면 이 중 판매 가능한 도서에 한하여 회원 여러분께 실비를 받고 판매하고자 합니다. 그동안 협회 사무실로 과거에 발행된 자연보전협회 발간물을 구입하고자 하시는 분들께서 문의를 해오셨으나 수량이 정리되지 않아 쉽게 답을 드리지 못하였습니다. 판매가능한 도서 목록은 작성이 완료되는 대로 협회지나 홈페이지(<http://user.chollian.net/~natcon>)에 공지해드리도록 하겠으며 필요하신 분은 협회로 연락주시거나 이메일을 보내주시기 바랍니다.

- 발간물 안내 -



「자연보존」

자연보존은 자연환경에 대한 다양한 이야기를 수록하였으며, 일반인도 쉽게 접할 수 있는 내용을 수록하였습니다.

1968년 12월 제1호를 시작으로 현재 116호(2001. 12)까지 계간지로 발간하고 있으며 모든 회원님들께 발송해드리고 있습니다.

가격 : 1,600원/권



「중합학술조사보고서」

각 분류군별 전문가들이 매년 한 지역을 정해 자연환경에 대해 기초조사를 한 결과로서 「중합학술조사보고서」를 발간하고 있습니다. 본 보고서는 그 지역에 대한 자연정보를 정확히 알 수 있으며, 1970년에 실시된 소흑산도 중합학술조사(제1집)부터 시작하여 현재까지 전국의 41개 지역에 대한 중합학술조사가 이루어졌고, 2001년 12월에는 제41집 「충주시 남산일대 중합학술조사보고서」가 발간되었습니다.

가격 : 6,500원/권

目 次 CONTENTS

□ 기획 : 서해안의 자연환경과 보존

- 남해안의 적조현상 / 이진환 1
Red-tide in the southern coastal waters of Korea / LEE, Jin-Hwan
- 남해안 갯벌의 염생식물 분포 / 임병선 9
Distribution of halophytes on the south coast of Korea / IHM, Byung-Sun
- 남해안 갈피 서식지 현황 및 복원 방안 / 이근섭 · 이상용 15
Status and restoration of seagrass habitat on the south coast of the Korean peninsula /
LEE, Kun-Seop & LEE, Sang-Yong
- 남해연안의 유기주석 오염 / 민병윤 21
Contamination by organotins in the southern coast of Korea / MIN, Byung-Yoon
- 남해안 연근해의 물리해양학적 환경 특성 / 조영조 29
Characteristics of physical oceanographic environments in the south sea, Korea /
JO, Yeong-Jo
- 한국 남서 연안해역의 해양환경과 표영 저차 생태구조 특성
-고흥반도 주변해역을 중심으로- / 윤양호 37
A Characteristics of marine environment and ecological structure for
lower pelagic ecosystem in the southwestern sea of Korea / YOON, Yang-Ho

- 협회소식 49
- 신간안내 53
- 임회안내 56

자연보존 第 116 號 <季刊> 非賣品

登録番號 (서울)바-0520號 登録日字 1975. 8. 26

2001年 12月 20日 印刷

2001年 12月 31日 發行

發行處 社團
法人 韓國自然保全協會

發 行 人 尹 一 炳
編 輯 人 金 鎮 一
印 刷 處 인 림 원

122-706

서울 特別市 恩平區 佛光洞 613-2

國立環境研究院 內

전화 : 383-0694 FAX : 383-0695