

위성원격탐사자료와 GIS를 이용한 인공어초 시설지 적지 선정 공간분포도 작성 연구

조명희* · 김병석* · 서영상**

경일대학교 공과대학 도시정보지적공학과*, 국립 수산진흥원 원격연구실**

A Study on Suitability Mapping for Artificial Reef Facility using Satellite Remotely Sensed Imagery and GIS

Myung-Hee Jo*, Byoung-Suk Kim*, and Young-Sang Suh**

Dept. of Urban Information and Cadastral Engineering, Kyungil University*

Marine Remote Sensing Lab., National Fisheries Research & Development Institute**

Abstract : In order to establish effective fishing ground environment equipment and artificial reef in coastal area, the methodology to select the most suitable area for artificial reef should be applied after analyzing the correlation between fishing ground environment and ocean environment. In this paper, thematic maps were prepared by using satellite remote sensing and GIS for the sea surface temperature, chlorophyll, transparency, the depth of sea water and the condition of submarine geologic which are considered as the most elements when selecting suitable area for artificial reef in Tong-Yong bay. Then, the most suitable area for artificial reef was selected by giving weight score depending on the suitable condition of this area and analyzing spatial data.

The results showed it makes possible for this methodology, which selects the suitable area for artificial reef using satellite remote sensing and GIS, to manage the institution of artificial reef more entirely and efficiently through analyzing and visualizing.

Key Words : thematic mapping, artificial reef, suitability, satellite image

요약 : 연안해역의 어장환경정비와 인공어초(Artificial Reef) 어장조성사업을 효과적으로 실시하기 위해서는 어장환경과 해양환경과의 관련을 종합적으로 분석하여 어초적지 지역을 선정하는 기법의 도입이 필요하다. 본 연구에서는 남해안 통영만 지역을 대상으로 인공어초 시설지 적지 선정에서 가장 중요하다고 판단되는 어초 적지조사 1단계 요소 중 수온, 클로로필, 투명도, 수심, 해저지질조건을 위성원격탐사 자료와 GIS를 이용하여 공간분포도를 작성하고, 인공어초 시설지 적지조건에 따른 가중치를 부여하여 공간분석을 실시함으로써 인공어초 시설 예정지에 대한 적지를 선정하였다.

위성원격탐사와 GIS를 이용한 인공어초 적지 선정기법은 어초의 적지선정에 있어 필요한 다량의 자료를 정성 및 정량적으로 데이터베이스화하여 분석함과 동시에 가시화함으로써 지방자치단체에서 보다 효율적인 어초시설의 관리를 하도록 하는데 본 연구의 목적이 있다.

1. 서론

통영해역(Fig. 1)은 옛날부터 주위에 크고 작은 섬들로 둘러싸여 영양염이 풍부하고, 기초생산력이 높아 각종 어족자원이 풍부하였으므로 어업 및 양식업이 성행하여 타 해역에 비해 어업인의 소득이 높았다.

그러나 최근에는 어로장비의 현대화로 인한 어족자원의 남획과 육지로부터 해양오염의 확대에 인하여 해역의 기초 생산력이 급격히 감소되어 어족자원량도 크게 줄고 있을 뿐만 아니라 양식업도 시설 적지 부족으로 더 이상의 확대는 어려운 실정에 놓여 있다.

이와 같은 현상은 통영해역 뿐만 아니라 다른 해역에 있어서도 널리 만연되어 있어 이대로 방치할 경우, 우리나라의 어업은 심각한 위기에 직면할 가능성이 높다.

따라서 이를 극복하기 위한 대책의 일환으로서 는 우리나라 해역에서의 어업자원배양과 관리를 체계적으로 수행하여 연안해역의 생산력을 지속

적으로 향상시킬 수 있는 인공어초(Artificial Reef)에 의한 어장 조성의 필요성이 대두되고 있으며, 아울러 어장조성에 필요한 인공어초 시설지의 적지 선정이 중요한 인자로 부각되고 있다.

인공어초는 인공적으로 해저나 해중에 구조물을 설치하여 대상 수산생물을 보호, 육성하는 것을 목적으로 하는 어장 시설물로서 국립수산진흥원의 "인공어초어장 기본조사 자료집(1995)"에 의하면 일반어장보다 평균 2~3 배에서 경우에 따라 수십 배의 높은 생산성을 보여주고 있으며, 해가 갈수록 효과가 증가하고, 어민 설문조사에서도 92%의 높은 비율로 인공어초시설의 확대를 요망하는 것으로 밝혀졌다. 또한 해역에 따라 어종의 차이가 있었으나 주로 높은 경제성을 띤 고급 어종이 포획되어 어민 소득증대에 크게 기여하고 있다.

그러나 종래의 인공어초시설 적지에 관한 연구에서는 취급한 자료의 시공간적 스케일과 형식이 상이하고 나아가 어초 적지선정에 필요한 어장환경 및 해양환경에 대한 종합적인 데이터베이스구축이 되어 있지 않아 어초 설치지역 선정에 공간

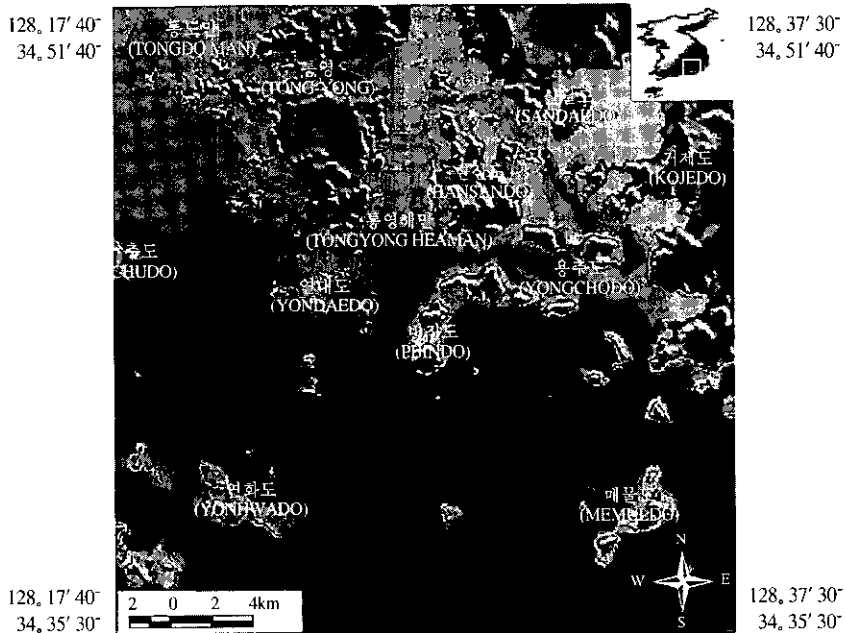


Fig. 1. Terrain modeling of study area.

적인 분석이 불가능 하였다.

외국의 경우 일본에서는 濱野 明(1999)이 지리 정보체계(Geographic Information System, GIS)와 인공어초 기술을 이용하여 어초시설자에 대한 종합적인 효과판정기법을 개발한 사례가 있으나 국내에서는 아직 수산분야의 어초적지 분석에 있어서 GIS와 같은 공간분석기술이 도입된 연구가 없는 실정이다.

일반적으로 인공어초의 적지조사는 크게 두 단계로 수행되고 있다. 1단계에서는 시설 예정지의 수온, 염분, 용존산소, 수심, 저질, 유동 등 물리·화학적 조건에 대해 기존자료를 이용하여 분석하고, 2단계에서는 분석된 1단계 자료로부터 적지선정 기준요건에 적합한 지역에 한하여 실시하게 된다. 아울러 2단계에서는 시설위치 확인, 어도, 이용어법 등 사회·경제적 조건을 조사하는데, 여기에서는 어초의 높이, 면적, 배치형태 등 어장조성 계획에 필요한 자료 확보가 주목적이라고 할 수 있기 때문에 실제로 1단계 조사가 인공어초 적지선정에 있어서 가장 중요한 단계라고 할 수 있다. 그러나 1단계자료 조사에서는 자료량이 방대하고 자료수집과 분석에 많은 시간과 노력이 소요되어 인공어초의 과학적 적지판정이 제한요소로 작용되어 왔다.

본 연구에서는 남해안 통영만지역을 대상으로 인공어초 적지선정에 있어서 가장 중요하다고 판단되는 1단계 요소 중 수온, 클로로필, 투명도, 수심, 해저지질조건을 Landsat TM(Thematic Mapper)과 NOAA(National Oceanic and

Atmospheric Administration) AVHRR(Advanced Very High Resolution Radiometer) 등의 위성원격탐사자료와 GIS(Geographic Information System)를 이용하여 인공어초의 시설지 적지를 선정하고 이를 바탕으로 인공어초 시설관리체계 및 평가시스템 구축을 위한 기초자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

2. 연구방법 및 자료

본 연구의 수행 절차는 Fig. 2와 같다. 위성원격탐사 자료로서는 Landsat TM 영상과 NOAA AVHRR 자료를 이용하여 수온 및 클로로필을 추출하였으며, GIS를 이용하여 현지관측자료 및 해도를 기초로 공간분포도를 작성함으로써 그 외의 어장환경요소를 DB화하였다.

Landsat TM(1999년 5월 7일 촬영) 위성영상을 1/50,000척도의 지형도에서 지상기준점(Ground Control Point, GCP)를 추출하여 Unix ERDAS Imagine Ver. 8.3으로 UTM좌표체계에 따른 기하보정(Geometric Correction)을 실시하였으며, 아울러 동일한 시기의 NOAA AVHRR영상을 TeraScan System으로 처리하여 수온자료를 추출하였다.

표층수온과 현장관측에 의한 클로로필을 수치지도화 하기 위하여 열적외선영역인 TM band 6의 분광특성값(Digital Number)과 동일한 위치(Fig. 3)에 총 22개의 수온자료를 기초로 회귀분석을 실시함으로써 수온추출 알고리즘을 도출하였

Table 1. Study Methods and Materials.

	분석 S/W	분석자료	사용목적
공간자료 추출	TeraScan System	NOAA AVHRR (1999년 5월 7일 촬영)	표층수온자료추출
	Unix ERDAS Imagine 8.3	Landsat TM (1999년 5월 7일 촬영)	표층수온 및 클로로필 분포도 작성
		1/50,000 지형도 해양환경조사연보	
수치 공간 분포도작성	Arc/Info	해도	해저지형·해저지질 분포도 작성
		해양환경조사연보	투명도 분포도 작성
공간분석	Arcview	주제도	인공어초 적지선정

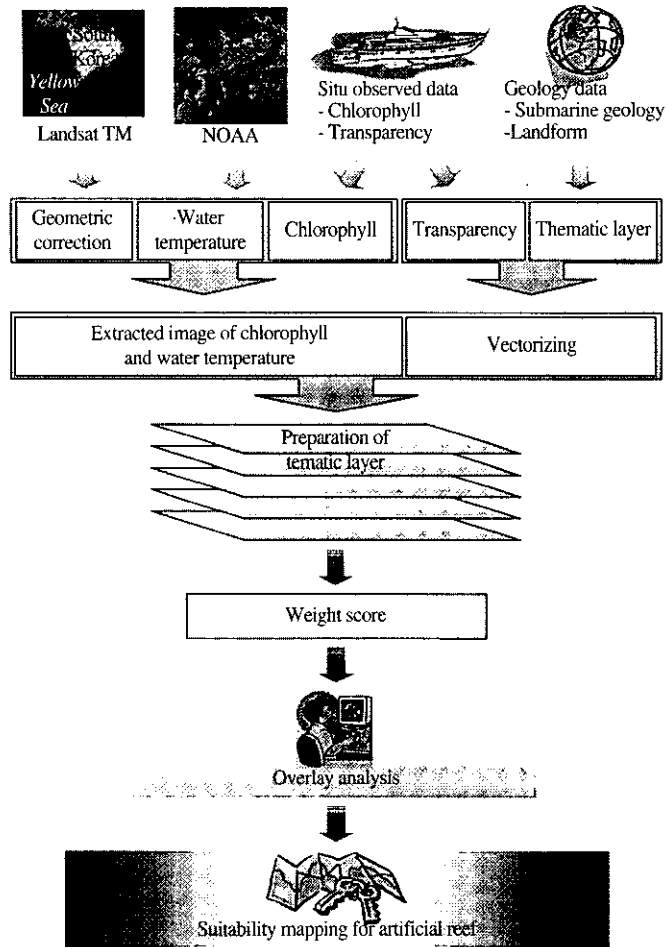


Fig. 2. Suitability analysis for artificial reef using remote sensing and GIS.

으며, 클로로필추출 알고리즘 또한 22개의 현장관측자료와 TM band 3으로 도출하였다. 이 도출한 알고리즘을 통해 Landsat TM 영상으로부터 클로로필과 수온을 추출하여 벡터화 함으로써 공간분포도를 작성하였다. 아울러 현장관측 자료로부터 투명도에 대한 분포도와 거제도 해역 1/50,000축척

의 해도를 기초로 해저지형 및 해저저질 등을 벡터화 하였다.

추출된 영상과 공간분포도는 Arc/Info GIS Tool로 각각의 공간분포도를 작성하여 인공어초 적지조건을 기초로 가중치를 부여하였다. 가중치가 부여된 공간분포도를 ArcView GIS Tool에서 각각의

Table 2. List of Map Data

주 제도	축척	발행기관	발행년도	자료구조/특성
지형도	1/50,000	국립지리원	1996	A2 Size
해도	1/50,000	국립해양조사원	1991	A1 Size
현장관측위치도	-	국립수산진흥원	1999	간행물

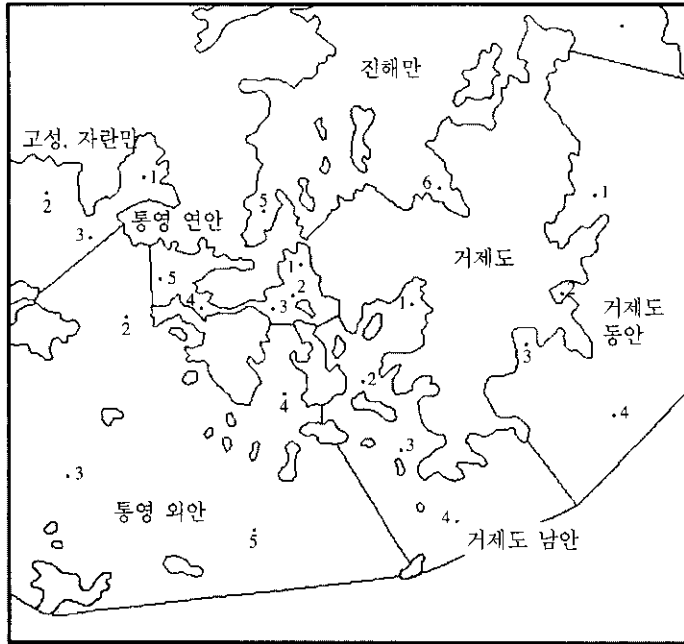


Fig. 3. In situ observed point index map of Tong-Yong area.

Layer들을 중첩분석(Overlay Analysis)을 실시하여 인공어초 시설지 적지를 선정하였다.

3. 공간분석 기법을 이용한 인공어초 시설지 적지 선정

1) 공간분포도 작성

복잡하고 다양한 해양환경을 종합적으로 분석하기 위해서는 광역적이고 정량적인 자료를 제공하는 위성영상과 주제별 어장환경자료를 증별화와 가시화를 가능하게 하는 GIS의 응용이 필수적으로 간주된다. 나아가 위성원격탐사자료는 수온 및 클로로필과 같은 환경 요소들을 실측하지 않고 신속하고 효율적으로 파악하는데 유용하게 활용되고 있으나, 현재의 해양원격탐사에서는 주로 SeaWiFS와 NOAA 같은 저해상 위성영상을 이용하고 있다.

실제로 인공어초는 어장환경의 변화가 잦은 연

안주변에 설치되므로 미세한 부분의 정보를 획득할 수 있는 보다 고해상 위성영상의 활용이 필요하다. Landsat TM은 해양에 응용되도록 특별히 설계되어 있지 않고 육지와 바다를 분석하기 위해 보정 되어져 있어(Janet and Kim, 1995) 가시파장에서 나타나는 클로로필과 열적외선에서 나타나는 수온 등을 추출할 수가 있다. 따라서 본 연구에서 클로로필과 수온을 각각 현장관측자료와 NOAA자료를 기초로 분포도를 작성하였다.

(1) 수온 공간분포도 작성

해표면의 수온 관측은 「모든 관측은 물체는 그 자신의 온도와 종류에 따른 강도의 전자파를 복사하고 있다」는 것에 그 기초를 두고 있다. 센서가 감지한 열적외선역 전자파의 강도에 기초하여 얻어진 대상물체의 휘도온도(Brightness Temperature)를 관측한다. 이 이상적인 물체 즉 흑체(Black Body)의 경우 휘도온도는 그 물체의 온도와 같게 되지만 현실 물체에서는 흑체가 복사하는 전자파의 세기 I에 복사율(Emissivity) $\epsilon(\epsilon < 1)$ 을 곱한 $\epsilon \cdot I$ 의

전자파를 복사하고 있다. 따라서 현실 물체에서는 ϵ 의 값을 모르면 물체의 정확한 온도를 알 수 없다(김영섭 외 1998).

해역의 ϵ 값은 1에 가깝고(W. L. Wang 외, 1976) 공간적인 변화도 작으나 육지지역에서의 ϵ 값은 1보다 작고 균일하지도 않기 때문에 온도의 정확도는 해역에 비해 떨어진다. 위성자료로 부터 얻어진 휘도온도는 대기중의 수증기 영향을 많이 받기 때문에 실제 해면온도와 반드시 일치하지는 않는다.

현재 해수면의 온도의 추정 정밀도는 지구 전역에 있어서 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 정도(J. T. Houghton 외, 1984)이며, 지역을 한정하는 경우에는 $\pm 0.3^\circ\text{C}$ 정도(小池, 1990)로 알려져 있으며 보다 정확한 추정을 위한 연구가 진행되고 있다.

실시간(Real Time)으로 관측되는 NOAA의 수온자료는 미소한 오차를 가지고 있으나 장시간과 노력이 요구되는 현장관측자료에 비해 정확도 및 그 효율성이 높다고 사료된다.

따라서 수온 공간분포도는 현장관측자료를 사용하지 않고 NOAA 영상자료로부터 획득된 표층수온 자료를 기초로 Landsat TM band 6과의 회귀분석을 실시함으로써 식 (1)의 알고리즘을 도출하여, 수온 영상을 추출하였고, Landsat TM (SST_{TM})에서 추출한 표층수온영상의 검증을 위하여 NOAA(SSTAVHRR)에서 추출한 표층수온자료와의 상관분석을 실시한 결과 $R^2 = 0.9027$ 의 높은 상관성을 보였다(Fig. 4). 또한 추출한 영상을 단순화하기 위해 무감독분류(Unsupervised

Classification)를 실시하고, 이를 NOAA의 수온영상과 비교한 결과 $\pm 1^\circ\text{C}$ 정도의 오차를 가져 비교적 정확한 자료로 사료되어 백터화를 실시한 후 추출된 수온 값에 따른 각각의 가중치를 부여하여 수온 공간분포도(Fig. 6)를 작성하였다.

$$SST_{TM} = 0.3023 \cdot DN_{TM6} - 19.853 \quad (1)$$

SST_{TM} : Landsat TM에서 추출한 표층수온

DN_{TM6} : Landsat TM band 6에서 추출한 Digital Number Value

(2) 클로로필 분포도 작성

현재 작동되고 있는 위성 중에서 오직 Landat TM의 가시파장이 수괴에서 퇴적물, 클로로필, 황색물질농도를 정량화에 적합한 것으로 보인다(Tassan, 1987). 이 응용들은 Lathrop와 Lillesand (1986), Rimmer와 others(1987), Tassan(1987), Ekstrand(1992)와 Lathrop Jr(1992)등의 연구가 있었다.

수질변동 감지 능력을 높이기 위해서 알려진 알고리즘을 이용하여 TM자료로부터 부유퇴적물(Tassan, 1987), 클로로필(Ekstrand, 1992)을 구하였고, band 1 자료를 이용하여 황색물질(Yellow substance) 분포도(Nichol, 1993)를 작성하였으며, 클로로필(Ch) 추정을 위한 알고리즘은 식 (2)와 같다.

$$Ch \text{ (mg/l)} = 116.78 - 31.19 \cdot (TM1/Log TM3+1), r^2 = -0.830 \quad (2)$$

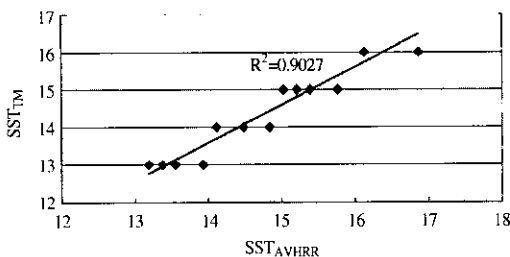


Fig. 4. Relationship between observed sea water temperature of NOAA AVHRR and Landsat TM band 6.

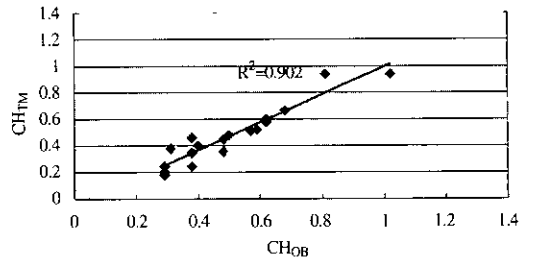


Fig. 5. Relationship between observed chlorophyll and Landsat TM band 3.

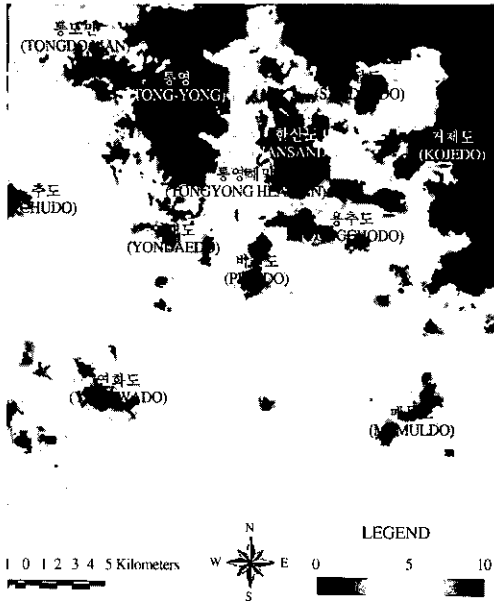


Fig. 6. Distribution map of chlorophyll.

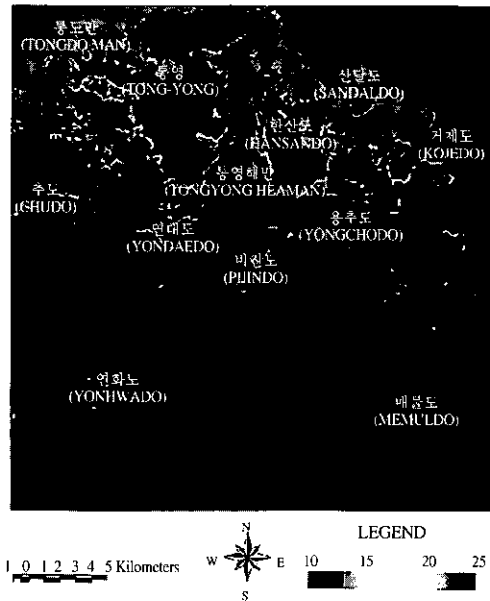


Fig. 7. Distribution map of water temperature.

Jilong Li(1991)는 Landsat TM영상과의 회귀분석에 의한 통계분석으로 band 3을 이용하지 않고 band 1과 band 2, band 5를 이용하여 알고리즘을 추출하였으며, 그 알고리즘은 식 (3)과 같다.

$$Ch\ 1 = A + B * Ln(Nom(TM\ band\ 2\ with\ band\ 1)/band\ 5),\ r^2 = 0.869 \quad (3)$$

$$* Nom(TM\ band\ 2\ with\ band\ 1) = (TM\ band\ 2 - band\ 1)/(band\ 2 + band\ 1)$$

식 (2)와 식 (3)을 이용하여 통영지역에 클로로필 추출을 적용하였으나, 현지관측 자료와의 오차가 크게 나타났다.

본 연구에서는 Landsat TM의 6개 band와 현장관측자료를 이용하여, 회귀분석을 실시한 결과 band 3과의 상관관계가 가장 높게 나타났으며, 이를 통해 클로로필 알고리즘을 도출하였다.

클로로필 공간분포도는 해양환경조사 자료를 기초로 Landsat TM band 3과의 회귀분석을 실시함으로써 클로로필추출 식 (4)의 알고리즘을 도출하여 클로로필 영상을 추출하였고, Landsat TM (CHTM)에서 추출한 클로로필영상의 검증 위하여 현장관측자료(CHOB)와의 상관분석을 실시한

결과 $R^2=0.902$ 의 높은 상관성을 보였다(Fig. 5).

또한 추출한 영상을 단순화하기 위해 무감독분류(Unsupervised Classification)를 실시하고, 이를 백터화하였다. 아울러 추출된 클로로필 값에 따른 각각의 가중치를 부여하여 클로로필 공간분포도(Fig. 7)를 작성하였다.

$$CH_{TM} = 0.0192 \cdot DN_{TM3} - 0.1403 \quad (4)$$

CH_{TM} : Landsat TM에서 추출한 클로로필
 DN_{TM3} : Landsat TM band 3에서 추출한 Digital Number Value

(3) 투명도 공간분포도 작성

해양환경조사 자료를 기초로 투명도에 대한 등치선을 추출한 후 백터화를 실시하고 ArcView에서 속성정보를 입력하여 투명도 Layer를 작성하였으며, 투명도 값에 따른 각각의 가중치를 부여하여 투명도의 공간분포도(Fig. 8)를 작성하였다.

(4) 해저저질 공간분포도 작성

해저저질은 분포도를 작성하기 위해 1/50,000 해도를 기초로 사질·폐각질, 암반, 니사질, 니질·사니질의 4개 그룹으로 나누어 백터화를 실시

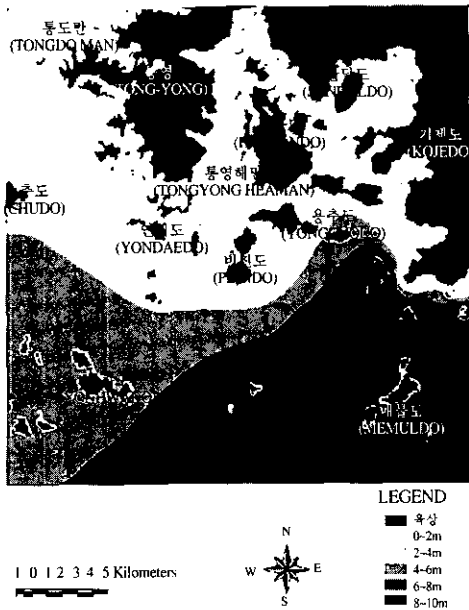


Fig. 8. Distribution map of transparency.

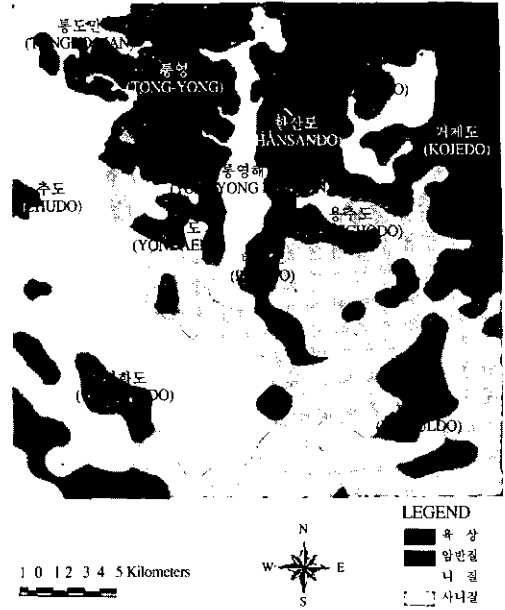


Fig. 9. Distribution map of submarine geology.

하였다. 아울러 속성정보를 입력하여 해저저질 Layer를 작성하였으며, 해저저질 분류에 따른 각각의 가중치를 부여하여 해저저질 공간분포도 (Fig. 9)을 작성하였다.

(5) 해저지형 공간분포도 작성

해저지형 분포도를 작성하기 위해 1/50,000해도를 기초로 해저의 등심선을 5m 간격으로 추출한 후 백터화를 실시하고 속성정보를 입력하여 해저지형 Layer를 작성하였다. 아울러 각각의 해저지형 등치선에 따른 가중치를 부여함으로써 해저지형 공간 분포도(Fig. 10)를 작성하였다.

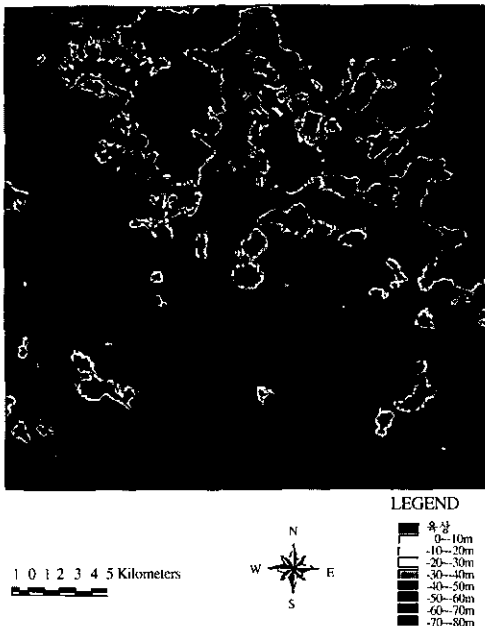


Fig. 10. Distribution map of landform.

2) 인공어초 시설지 적지선정

(1) 인공어초 시설지 적지 선정에 따른 가중치 부여

인공어초 적지조건 변수별 가중치결정은 해양수산부의 인공어초시설 지침에 따른 것으로 물리적조건, 화학적조건, 생물적조건 순으로 중요도를 두고 있다. 물리적조건은 해저지질, 해저수심 순서로 중요시하며, 화학적조건은 클로로필, 표층수온, 투명도 순서로 중요하게 작용한다.

인공어초의 기능을 발휘하려면 첫째로 매물이 일어나지 않는 지형에 설치를 해야함으로 니질이 포함되어 있는 해저지질은 극히 그 기능을 발휘할 수가 없다. 또한 설치지형의 견고함이 유지되

4. 결론 및 고찰

인공어초 시설지 적지선정을 위해서는 인공어초와 관련 있는 여러 가지 요인과 변수를 우선적으로 고려할 필요가 있다. GIS를 이용하여 다양하고 복잡한 자료를 데이터베이스화함으로써 가시화하고, 이를 기초로 각 변수별 적지조건치의 가중치를 부여하여 공간분석을 실시함으로써 어장환경별 공간분포에 대하여 직감적인 파악이 가능하였다.

그러나 실제로 육상자원과는 달리 해양생물이 3차원 공간에서 생식하고, 나아가 어장 및 해양환경의 영향을 받아서 단시간에 이동하기 때문에 그들의 행동을 추적해 가는 모니터링의 어려움을 수반하므로 이에 대한 연구가 보완되어야 할 것이다. 따라서 위성영상과 지도자료 뿐만 아니라 해양원격탐사기법의 일환으로서 Side Scanning Sonar와 같은 음향기기를 이용하여 수중음향정보를 중심으로 어장환경정보, 어획에 의한 생물정보 등을 획득한다면 보다 정확하고 종합적인 어장 및 해양환경의 분석이 가능해질 것이다. 또한 분석결과에의 검증은 위해서는 현재의 인공어초 분포도의 작성이 가능하여 이를 본 연구의 분석결과와 비교·고찰함으로써 어초적지시설의 평가 및 관리가 효율적으로 수행될 것으로 사료된다.

인공어초 시설지 적지선정에 있어서 국내에서는 처음으로 GIS를 도입하여 분석한 본 연구에서 수심, 해저지질, 투명도, 수온, 클로로필 등과 같은 환경요소들에 대한 공간적 분포가 축적되어 화면상에 표시가 가능하였으며, 정량적이고도 정성적인 분석이 용이함이 밝혀졌다. 나아가 이를 기초로 인공어초 설치의 기본계획수립시에 효율적인 활용뿐만 아니라 체계적이고 과학적인 어장관리를 위한 종합적인 정보구축을 가능하게 할 것으로 판단된다.

참고문헌

- 김영섭, 서애숙, 조명희, 1998. 원격탐사 개론. (주) 동화기술, 373p.
- 국립 수산진흥원, 1995. 인공어초어장 기본조사 자료집, 191p.
- 국립 수산진흥원, 1998. 한국 해양의 적조, 국립 수산진흥원, 292p.
- 국립 수산진흥원, 1998. 한국해양환경 조사연보, 국립 수산진흥원, 3, 105p.
- 국립 수산진흥원, 1999. 통영해역 바다 목장화 연구개발 용역사업 보고서, 58p.
- 이광우, 양한섭, 1999. 화학해양학, 청문각, 332p.
- 정중철, 유신재, 1999. Landsat TM을 이용한 표층수온 분석 오차, 대한원격탐사학회지, 15(1): 1-8.
- 조명희, 서영상, 김병석, 1999. Landsat와 SeaWiFS 영상을 이용한 연안해역의 클로로필 추정, 한국지리정보학회 추계학술발표대회 논문집, 137-143.
- 小池, 1990. 東京大學學位論文.
- 濱野 明·內田和良, 1999. 人工知能技術を用いた綜合魚礁效果判定技術の開発, 沿岸漁場 情費開發 調査報告書, 146-162.
- Cracknell, A. P. and Hayes, L. W. B., 1991. *Introduction of Remote Sensing*, Taylor and Francis, London.
- Ekstrand, S., 1992. LANDSAT TM Based Quantification of Chlorophyll-a During Algae Blooms in Coastal Waters., *International Journal of Remote Sensing*, 13(10): 1913-1926.
- Janet, N. and Kim, C. G., 1995. Remote Sensing for Marine Environmental Monitoring: A SINGAPORE CASE STUDY. *Asian-Pacific Remote Sensing Journal*, 7(2): 27-36.
- Jeong, J. C. and Yoo, S. J., 1999. The Analysis Errors of Surface Water Temperature Using Landsat TM, *Journal of the Korean Society of Remote Sensing*, 15(1): 1-18.
- Jilong, L., Lin, Z., Jin, M., Qiquan, H. and Jing, J., 1991. The Use of Landsat TM Data to Quantify Chlorophyll and Lake Weed, *Asian-*
- 김영섭, 서애숙, 조명희, 1998. 원격탐사 개론. (주)

- Pacific Remote Sensing Journal*, 4(1): 1-14.
- Lathrop, JR., R. G., 1986. Landsat Thematic Mapping monitoring of turbid inland water quality, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 58(4): 465-470.
- Lathrop, JR., R. G. and Lillesand, 1986. T.M. Utility of Thematic Mapper Data to asses Water Quality in Southern Green Bay and West-Central Lake Michigan, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 52: 671-680.
- Novo, E. M., Hansom, J. D., and Curran, P. J., 1989. The Effect of Sediment Type on the Relationship Between Reflectivities and Suspended Sediment Concentration, *International Journal of Remote Sensing*, 10(7): 1283-1289.
- Rimmer, J., Collins, C. and Pattiaratchi, C. B., Mapping of Water Quality in Coastal Waters Using Airborne Thematic Mapper Data, *International Journal of Remote Sensing*, 8(1): 85-102.
- Sanae, M. and Kazuo, N., 1999. Inverse Estimation of Multi-Substance Concentration Based on a Radiative Transfer Theory for Remote-Sensing Analysis of Coastal and Ocean Environments, *Journal of the Japan Society of Remote Sensing*, 19(2): 50-63.
- Tassan, S., 1987. Evaluation of the Potential of the Thematic Mapper for Marine Application, *International Journal of Remote Sensing*, 8(10): 1455-1478.
- Tassan, S., 1988. The Effect of Dissolved 'Yellow Substance' on the Quantitative Retrieval of Chlorophyll and Total Suspended Sediment Concentrations from Remote Measurements of Water Color, *International Journal of Remote Sensing*, 9(4): 787-797.