

연구논문

위성영상을 이용한 해상 양식장 관리방안 연구

- 한려해상 국립공원과 호주 태즈매니아 지역을 사례로 -

박 경* · 장은미

성신여자대학교 사회과학대 지리학과, 쓰리지코어 부설연구소
(2004년 4월 27일 접수, 2004년 9월 17일 승인)

A Study of Marine Aquaculture Management Strategies Using Remotely-sensed Satellite Data

- A Case Study on Hallyeo Marine National Park and Tasmania -

Kyeong Park · Eunmi Chang

Department of Geography, Sungshin Women's University, 3GCORE Institute
(Manuscript received 27 April 2004; accepted 17 September 2004)

Abstract

This study aims to detect the change of marine aquaculture farm within the boundary of Hallyeo Marine National Park. Comparison has been made on the Landsat images taken in 1984 and 2002 respectively by using feature extraction methods and other image analysis techniques. During the 18 year period between 1984 and 2002, total area of the aquaculture farms has been decreased in 63 percent. The reason for the change seems to be that aquaculture farms became concentrated only around the Geoje Islands due to the growth of the labor- and capital-intensive cage aquaculture for the expensive fish species instead of traditional oyster farming. Authors suggest the monitoring using remotely-sensed data as the best tool for the management of marine aquaculture farms on the basis of accuracy of analysis and relatively cheap cost. Management strategies of salmon farms in Tasmania, Australia has been analyzed to find the field techniques necessary for the management of aquaculture.

Key words : Landsat TM, aquaculture, legal process, change detection, National Park

I. 서론

본 연구는 한려해상국립공원 내 가두리 양식장의 변화탐지에 목적을 두고, 1984년의 위성영상과 2002년의 위성영상을 이용하여 변화탐지기술과 영상처리기술 등을 활용하여 국립공원내 양식장 현황파악과 변화과정을 모니터링하고, 공원관리에 활용할 수 있도록 관련 정책을 제안하고자 연구가 이루어졌다.

해양수산부가 발행하는 「해양수산통계연보」와 수산기술관리소에 의해 비공식적으로 산출된 통계를 비교하여 양식어류의 생산량을 보면 공식적으로 집계된 양식어류의 생산량은 비공식 통계의 28%에서 34% 수준이다(김성귀 등, 2003). 생산량 뿐 아니라 실제 양식장으로 이용된 해면의 면적에 있어서도 차이가 있을 것으로 판단한다면, 이러한 통계의 차이가 현실 파악을 어렵게 하고 정책적 혼선을 야기하고 있어 정확한 면적의 산출이 필요한 이유가 된다. 이러한 이유에서 위성영상을 활용하여 정확한 면적의 산출을 위한 연구의 필요성이 있다고 판단하였다. 또한 다양한 외국사례를 조사하던 중, 최근 연어양식이 도입되면서 체계적인 연구가 진행 중이며, 강력한 해양

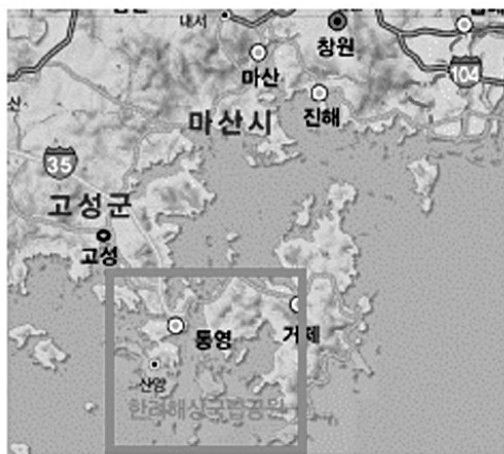


Fig. 1 Study area

환경 및 자원 보전정책을 시행 중인 호주의 태즈매니아를 사례지역으로 하여 한국의 연안 양식장 관리정책과 비교검토하여 관리방안을 도출하고자 하였다.

1. 공간적 범위

연구의 공간적 범위는 그림 1에 표시된 것처럼 경상남도 통영시 통영만 및 거제만 일대로 한려해상국립공원의 일부지역에 해당된다.

2. 시간적 범위

연구의 시간적 범위는 2002년을 기준으로 위성영상을 이용할 수 있는 18년간으로 한정하였으며, 통계의 범위는 약간의 시간적인 차이를 보인다. 1984년 3월에 촬영된 위성영상과 2002년 4월에 촬영된 Landsat TM 위성영상을 사용하였다.

3. 연구지역 개황

1) 일반현황과 지형

한려해상국립공원 인근 지역은 겨울철 수온이 높은 다도해 지역이라는 특성으로 인해 우리나라 양식산업의 발상지로서 중요한 위치를 차지하고 있다. 하지만 청정지역으로 알려진 국립공원 내에 속함에도 불구하고, 공원 인근해역은 양식어류의 성장에 영향을 미칠 수 있는 총질소 및 총인 등 영양염류의 오염도가 매년 어장을 황폐화시키는 적조 발생기준을 크게 초과하고 있는 것

Table 1. 사용된 위성영상

위성(센서)	취득일자	path/row	공간해상도
Landsat -5 (TM)	1984. 3	114-36	30m
Landsat -7 (ETM)	2002. 4	114-36	30m

Table 2. 한려해상동부지소내 해상양식어업시설 현황

(단위: ha)

구 분	총 계		연승 수하식		가두리식		부류식		살포식		투석식		도수,나잠 (마을공동)		비 고
	건수	규모	건수	규모	건수	규모	건수	규모	건수	규모	건수	규모	건수	규모	
총 계	185	801.45	102	381.5	61	193.44			18	185.7	1	3.36	3	37.45	
통영시	154	621.71	85	309.46	52	156.94			13	114.5	1	3.36	3	37.45	
거제시	31	179.74	17	72.04	9	36.5			5	71.2					

으로 보고 되고 있다.

지형적으로 이 지역은 돌출한 반도의 형태로 크고 작은 만입지와 헤드랜드 그리고 섬으로 이루어져 있다. 만입지에는 대부분 작은 항·포구가 있고 해안선은 도로 개설과 함께 석축으로 둘러져 있으며, 양식장이 집중적으로 분포해 있다. 한편 헤드랜드 부근에는 비교적 고도가 낮은 해식애가 발달해 있다. 외해로 열려져 있는 서부 해안은 높은 해식애가 발달해 있고, 할매바위를 비롯한 시스택도 일부 나타난다. 오비도와 풍화 반도 사이의 해안은 거의 도로 개설과 함께 석축으로 이어지면서 그 사이의 해협에도 양식장이 대규모로 만들어져 있다. 이와 같이 만입지-인공석축-양식장, 헤드랜드-해식애와 같은 기질 특성은 거의 대부분의 해안에 걸쳐 동일하게 나타난다.

2) 해상국립공원 양식현황

정부의 기르는 어업의 활성화시책은 환경보전 가치가 높은 해상국립공원도 예외는 아니어서 한려해상국립공원 주위에 양식어장이 많이 개발되어 있다. 특히 거제·한산만 해역은 우리나라 굴양식 산업의 중심지로 1970년대부터 개발되기 시작하였고, 1980년대에 들어서는 횡감을 위주로 한 어류양식이 개발 보급되면서 섬과 섬 사이 물의 흐름이 좋고 태풍의 피해가 없는 지역에 가두리 어류양식이 활발히 진행되고 있다 (국립공원관리공단, 2003).

특히 어류양식은 어업경비가 대규모로 소요되지만, 성공할 경우 수익이 많고 자금회전이 빨라

일선 어촌계를 중심으로 환경용량을 고려하지 않고 대량으로 시행되고 있다. 그 결과 저질오염을 비롯하여 만성적인 어장의 노화는 물론이고, 여름철 고수온기에는 어류의 대량 폐사, 대규모 적조의 발생 등 연안수질이 크게 저하되고 있다.

2001년 6월 30일 현재 한려해상국립공원 동부지소관내의 통영시와 거제시의 양식어업시설의 현황을 보면, 양식건수는 총 185건이고 양식면적은 약 801ha이다. 여러 가지 양식어업 유형 가운데 이중 연안수질과 폐기물의 발생으로 볼 때 가장 영향을 크게 미치는 양식어업은 어류 가두리 양식이다. 연안수질에 미치는 영향이 큼에도 불구하고 실시간 통계는 어려우며, 통계는 주로 어업권신청서와 자발적인 신고에 의존하고 있는 형편이다.

II. GIS와 원격탐사를 활용한 양식장 연구

1. 외국의 양식장 관리를 위한 GIS의 사례 연구

양식업에 있어서 GIS의 활용을 보면, 연구범위의 지역적 규모에 따라 작은 만의 양식업 계획에 사용된 사례부터 국가 전체의 연안어업에 적용된 사례까지 다양하며, 내용적으로는 GIS 응용의 범위가 환경영향평가를 포함하든가 또는 다른 활동과의 관계 속에서 교환가치까지 고려한 경제적 분석이 들어간 것까지 다양한 양태를 보여준다.

Perez등(2002)은 스코틀랜드에서 식이사료를 통한 오염물질의 퇴적과 확산모형을 연구하면서 밀물과 썰물 시의 조류의 속도와 방향 등을 고려한 GIS 기법을 이용한 연구를 시행하였다. 멕시코 신날로아 지방의 연안어업을 위한 최적지 평가(Aguilar-Manjarrez, 2000)의 내용을 보면 새우양식장을 설치하기 전에 수자원과 토양피복도와 산업 기반시설 환경적 요인을 고려한 서브 모델 3개와 망그로브 숲과 같은 보호구역, 산업입지시설 등 오염원의 분포, 도시의 개발 상태를 함께 고려하여 새우양식업의 적합성을 평가할 때 사전 검토 차원의 연구를 위해 IDRISI 소프트웨어의 분석툴인 MGE 와 MOLA 기법을 활용하였다.

Carswell (1998)의 캐나다 브리티쉬 컬럼비아의 어패류 양식장에 관한 연구에서 브리티쉬 컬럼비아 양식장관리 지리정보통합시스템을 구축하여 브리티쉬 컬럼비아의 토지이용분류도를 기반으로 한 14개의 자연적 물리적 조건을 반영한 양식적 합성지수 (Site Capability Index)를 개발하고자 하였다.

하지만 아직까지 양식업을 수행하고 관리하기 위한 도구로서 지리정보시스템이 널리 보급되고 깊이 있는 연구가 진행되지 못하였다. 그 이유를 Nath 등(2000)은 다음과 같이 요약 정리하였다. 첫째는 GIS의 개념과 원리에 대한 이해의 부족, 둘째로 의사결정지원시스템으로서 역할에 대한 인식부족, 셋째는 관리조직 내에 GIS에 대한 행정적 지원의 부족, 마지막으로 GIS 전문가와 해안양식전문가 사이에 의사소통이 부족한 것을 이유로 들고 있다.

2. 지리정보시스템 구축의 단계 및 각 단계의 수행내용

성공적인 지리정보시스템을 구축하기 위하여 필요한 구축 단계 중 첫 번째 단계는 프로젝트요구사항의 정의로서 시스템을 사용할 사람들이 기

본적으로 사용하는 정보에 대한 업무 파악과 여러 업무를 조직화하여 급변하는 기술변동에 좌우됨 없이 안정적인 시스템의 활용성을 확보하는 일이다. 다음 단계는 일반화된 요구사항 중에서 지리정보로 구축할 수 있는 구체적인 설계과정을 겪게 되는 데 이 때 가장 중요한 점은 여러 종류의 주제도를 생성할 수 있는 능력을 정의하는 것과 공간적 정보를 검색할 수 있는 사상들에 대한 정의와 새로운 주제를 추가하고 변화된 내용을 갱신할 수 있는 관리시스템을 만들어 내고 상이한 지리적 위치에 따라 공간적 통계적 분석을 수행할 수 있도록 하는 것이다.

최종적으로는 현존하는 모형을 변형하고 새로운 모형에 전처리 및 후처리 기능을 추가하여 사용자가 편리하게 가상시나리오를 만들어 내어 그 영향력을 평가하는 단계를 목표로 한다. 지리정보시스템은 공간분석을 수행하여 기존 도표와 산술적 통계에서 수행할 수 없었던 결과를 도출할 수 있다는데 그 장점이 있다.

위와 같은 공간분석이 진행될 수 있기 위하여 실제로 사용가능한 자료를 만들어 내고 구조화하는 과정이 필요하다. 이 과정에서 위성영상은 가장 많이 활용될 수 있는 자료로서 주로 Landsat과 SPOT 위성자료가 가장 많이 사용되며 벡터자료로는 해안선자료 및 주요 교통 및 항만시설 자료들이 사용되어진다. 자료의 선정과정에서 생산된 자료는 상호운영성(interoperability)이 확보되도록 자료의 구축 이전에, 기 구축된 자료의 활용가능성에 대한 탐색은 반드시 이루어져야 한다.

위와 같은 지리정보시스템의 구축과정이 양식업의 분야에 활용성이 높지만 가장 중요한 것은 지리정보시스템 구축자 및 분석자와 양식전문업자 및 어업전문가 간의 활발한 상호 논의를 통하여 기술적인 차이를 극복하고 상호 배우는 자세로 분석의 깊이를 더해 가는 것이 가장 중요하다.

III. 분석 : 위성영상처리 과정

1. 위성영상의 기본처리

한려해상지역의 양식장 변화탐지를 위한 Landsat TM 위성영상 기본처리 과정은 다음과 같다. 이 과정은 위성영상처리 소프트웨어인 ER-Mapper를 이용하였다.

1) 원영상 획득 및 변환

본 연구에서 사용한 위성영상은 Landsat TM영상으로 각각 시기가 다른 1984년 3월과 2002년 4월이다. 원영상을 ER-Mapper에서 지원하는 데이터 형식으로 변환하고, импорт 기능을 이용하여 BIL포맷 형식의 데이터와 *.ers라는 확장자를 갖는 헤더파일을 생성하였다.

2) 위성영상의 전처리

위성영상의 전처리 과정에서 오차를 줄이기 위하여 방사학적 보정과 기하학적 보정을 실시하였다. 지상기준점은 현지측량이나 기준수치지도를 이용하여 취득하는데, 일반적으로는 시간과 비용이 적게 드는 기준수치지도를 이용한 취득방법을 사용하였다. 지상기준점은 1/25,000 축척의 수치지도에서 도로의 교차점, 식별이 잘되는 해안선 및 제방의 끝, 대형 인공구조물 등으로 선정하였다. 다만 특정지형지물에 대해서는 현지 조사를 실시하였다.



Fig. 2. Flow chart for the analysis of remotely-sensed data

2. 위성영상의 분석기법

전처리된 Landsat TM 위성영상을 이용하여 가두리 양식장의 변화를 탐지하고 분석 및 결과를 도출하기 위해 다음과 같이 처리과정을 행하였다.

1) 밴드조합

Landsat TM 영상은 분광특성이 다른 7개의 밴드를 가지고 있다. 따라서 각 밴드별 분광특성을 고려하여 분석에 필요한 밴드만을 선택하여 조합한다면, 시각적 분석이 용이한 RGB영상을 만들어 낼 수 있다.

일반적으로는 시각적으로 느낄 수 있는 자연색과 가까운 조합인 3번, 2번, 1번 RGB 조합이 많이 사용된다. 하지만 위의 밴드별 분광특성과 본 연구의 목적을 고려하였을 때, 2번, 3번, 4번 밴드가 식생 및 수계의 분석에 용이함을 알 수 있으며, 본 연구에서도 4번, 3번, 2번 영상의 RGB 조합을 이용하였다. RGB 조합이 양식장을 판독하는데 훨씬 유용함을 확인할 수 있었다.

2) 히스토그램 스트레칭

히스토그램 스트레칭 기법은 관심 있는 일정구간의 화소 값을 더 넓은 구간의 화소 값으로 변형시켜 대조도를 높이는 것이다. 본 연구에서는 육지의 화소 값은 무시하였으며, 바다와 양식장

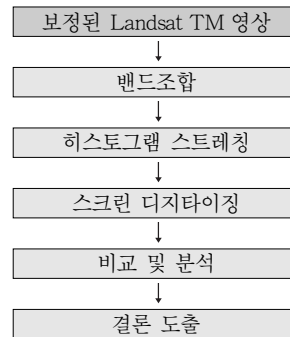


Fig. 3. Flowchart for the analysis of LANDSAT TM Images

에 해당하는 화소 값 영역만을 히스토그램 스트레칭하여 양식장의 구별을 보다 명확히 할 수 있도록 하였다.

3) 스크린 디지털라이징

밴드 조합과 히스토그램 스트레칭 기법을 이용하여 양식장의 시각적인 구분이 용이하도록 처리하고, 양식장의 정량적·정성적 분석을 위해 스크린 디지털라이징을 실시하였다. 스크린 디지털라이징이란 영상을 백그라운드에 놓고 스크린에 띄운 후, 그 위에 실제의 양식장 외형을 벡터로 그리는 작업이다(Microstation I/A 소프트웨어 사용).

3. 분석 및 결과 도출

1) 스크린 디지털라이징 결과: 양식장 면적계산

아래 그림 4를 보면, 1984년에 비해 2002년도의 양식면적이 많이 감소되었음을 알 수 있다. 정확한 정량적 비교를 위하여, Arcview의 Script를 이용하여 각 양식장 폴리곤의 면적을 구하여, 비교한 표 3에 정리하였다.

1984년 3월 당시의 양식장 면적에 비해 2002년 4월의 양식면적은 약 63% 가량 감소하였다. 이는 1984년도에는 양식장이 통영만과 거제만 전체에 걸쳐 골고루 분포되어 있었는데 반해, 2002년도에는 거제만 부근에만 양식이 이루어지고 있기 때문으로 풀이된다. 이러한 사실을 확인하기 위해 현지 통영시의 통계자료를 비교하였으나, 앞에서 지적한 대로 현실적인 통계자료와 국립공원지역만의 통계수치를 분리하여 통계가 작성되지 않아

정확한 비교는 곤란한 실정이다.

2001년 당시 국립공원 관리사무소에서 파악한 실제 통계치가 약 801ha임에 비교하여 볼 때, 위성영상에서 추출된 면적과 상당한 차이를 보이는 것을 확인할 수 있다. 이에 대한 정확한 요인을 밝히긴 어려우나 우선 두개의 자료사이에 시차가 있다는 점과 더불어 앞에서 지적한 대로 자발적 신고에 의한 통계와 영상을 통해 분석한 객관적 자료 사이에 차이가 존재한다는 점에서 면적을 측정할 때 위성영상과 약간의 GIS 기법을 이용한 분석방법이 면적 파악에 있어 실효성을 보여주고 있다고 판단된다.

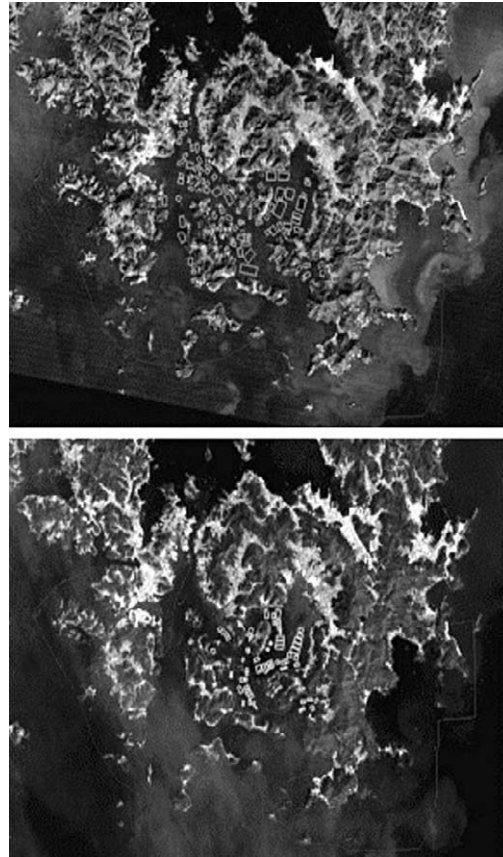


Fig. 4 Aquaculture farms within the National Park boundary (Top:1984 ; Bottom:2002)

Table 3. 양식장 면적 비교

1984년 3월	16,198,000 m ²
2002년 4월	5,954,240 m ²
면적 차이	10,243,760 m ²
증감율	63 %

IV. 해외사례 연구

나라마다 경험과 접근법이 다르지만, 세계식량농업기구(FAO)에서는 양식장과 관련된 핵심적인 원리들을 제시하고 있다. 이 원리들은 양식장 계획과 관리에 지침이 될 수도 있으며, 지역적인 건 또는 연안역의 통합관리계획에까지 해당된다.

그 첫째는, 목표설정이 명확해야 한다는 것이다. 넓은 의미로는 소위 지속가능한 개발을 촉진하거나 용이하게 해야 한다. 비록 지속가능한 개발이란 다양한 의미를 가지지만, “미래세대의 필요를 해치지 않는 선에서 현대의 필요를 만족시키는 정도의 개발”을 의미한다. 그것을 보장하기 위해선 활동이 생태계의 수용력을 넘지 않아야 한다는 점이고 또 하나는 자연자산과 경제자산의 합이 현재와 같거나 증가해야 한다는 것을 의미한다. 국가수준이건 지역수준에서건 양식장과 관련된 계획을 세울 때는 이러한 점에 합의를 도출하는 것이 가장 중요한 첫걸음이다.

두 번째는 리우회의에서 강조된 두개의 원칙은 반드시 지켜져야 한다는 것이다. 제 1 원칙은 예방적 접근법으로, 주의 깊게 계획을 세우고 개발이 환경에 미칠 수도 있는 악영향에 대해 미리 자세히 평가하라는 것이다. 제 2 원칙은 원인자부

담의 원칙이라는 것이다. 마지막으로 다른 분야의 경제활동이나 계획과의 통합 또는 조정이 필수적이며, 국가별 연안역통합관리계획이 마련되어 있다면 그것과 통합조정이 필수적이다.

GIS가 가지고 있는 공간데이터 분석능력을 고려한다면, 비록 FAO에서 GIS를 유일한 도구로 지적하고 있지는 않으나 예방적 접근이나 연안역 통합관리계획과의 검토 작업을 위해서 GIS 데이터베이스 구축과 활용이 가장 효율적인 것으로 판단된다. 이러한 원칙을 충실히 수행하고 있는 호주 태즈메니아 주를 사례로 하여 시사점을 얻고자 하였다. 실제 사례를 검토하면 연안역에 관한 기초 환경자료는 모두 GIS 파일로 작성되었거나 제작 중에 있으며(그림 5), Table 4에 제시된 조사항목들과 다음 그림 5에서 제시하는 양식장 개발계획(MFDPs) 등이 모두 GIS 파일로 저장되고 인터넷을 통해 이해당사자 뿐 아니라 주민에게 접근이 가능하도록 구축되어 있다.

1. 태즈메니아의 양식어업 도입

태즈메니아의 양식어업은 두 가지 종류로 크게 구분되는데, 하나는 태평양산 굴 (*Crassostrea gigas*) 와 대서양산 연어 (*Salmo salar* L.)로 둘 다

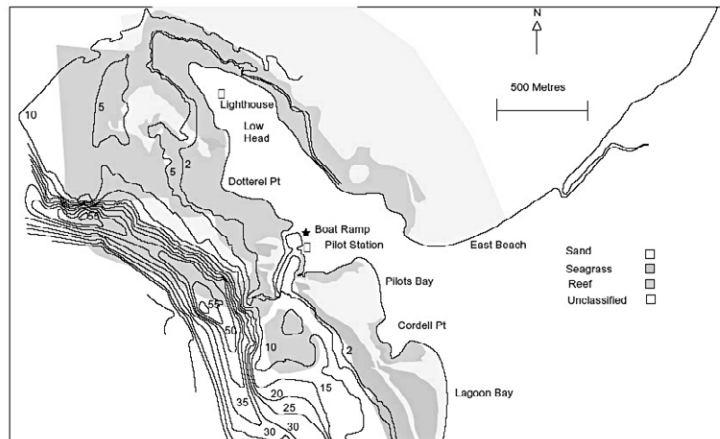


Fig. 5 Broad scale habitat map of Low Head and adjacent coastline in Tasmania. Depth contours are given with depth in meters.

Table 4. 태즈메니아 법률에서 요구하는 기초 환경조사 항목과 빈도

서베이종류	연어			패류	
	기초	매월	연2회	조건대	조하대
조류	@				
해저지형	@			@	@
서식지 형태	@			@	@
해저 비디오	@	@	@	@	@
항공사진(선택)					
35mm 사진					
퇴적물 화학					
산화환원도	@		@		@
입도	@		@	@	@
유기물(연소법)	@		@	@	v
동위원소	@				
저서생물					
저서생물분류 (과수준)	@ (1mm체)		@ (1mm체)	@ (10mm체)	@ (4mm체)
다변량통계	@		@		
단변량통계	@		@		

북반구에서 도입된 종이다(Crawford, 2003). 토착 종인 홍합과 전복 그리고 대조개 및 송어 양식은 소규모로 이루어지고 있을 뿐이다. 전체 양식업의 규모는 연간 미화로 6000만불에 해당하는 규모로 고용과 소득창출의 면에서 지역의 중요한 수입원이 되고 있다. 해상양식장은 비교적 새로운 산업임에도 1970년대 이후 급속히 성장하고 있으며 1999-2000년간 연어의 생산량은 11,000톤에 달하며 굴생산량은 4,748톤에 이른다.

대부분의 양식은 하구역이나 연안에서 행해지고 있다. 육상양식은 조개류의 부화장이나, 굴치어 양식장 또는 전복류를 기르는 곳이다. 현재 147개의 패류양식장과 42개의 연어 양식장이 있는데 그들 대부분은 태즈메니아 동남부에 치우쳐 있다.

태즈메니아 주에서의 양식장의 폐기물 관리는 대부분 유기물, 양분과 화학물질이 양식장에서 곧바로 하구나 연안에 방출되는 행위를 방지하는 것에 집중되어 있다. 어류양식장에서의 오염물질 관리는 패류 양식장보다 훨씬 광범하고 철저하게

이루어지는데 그 이유는 연어를 양식하기 위해서는 외부에서 먹이가 되는 사료를 공급하지만 패류의 경우에는 해양에서 자연적으로 발생하는 유기물 조각이나 식물성 플랑크톤을 취식하기 때문이다.

우리나라의 경우에도 현지에서 양식어민들과의 면접결과나 기타 박 등(2002)의 연구에 의하면 해조류 양식 또는 패류 양식에 비해 가두리 양식장의 오염피해가 훨씬 크게 나타나는 것으로 판단된다.

2. 양식장과 관련된 법적 요구

1995년 태즈메니아 주정부는 해양생물자원법과 양식장계획법이라는 두 개의 법을 입법해서 양식업의 관리를 개선하고자 하였다. 구체적으로 그 내용을 보면 주민대중의 의견을 최대한 고려하여 공공의 자산인 공해를 질서있게 양식장에 할당하고, 양식업의 지속가능성을 담보하기 위한 것이다.

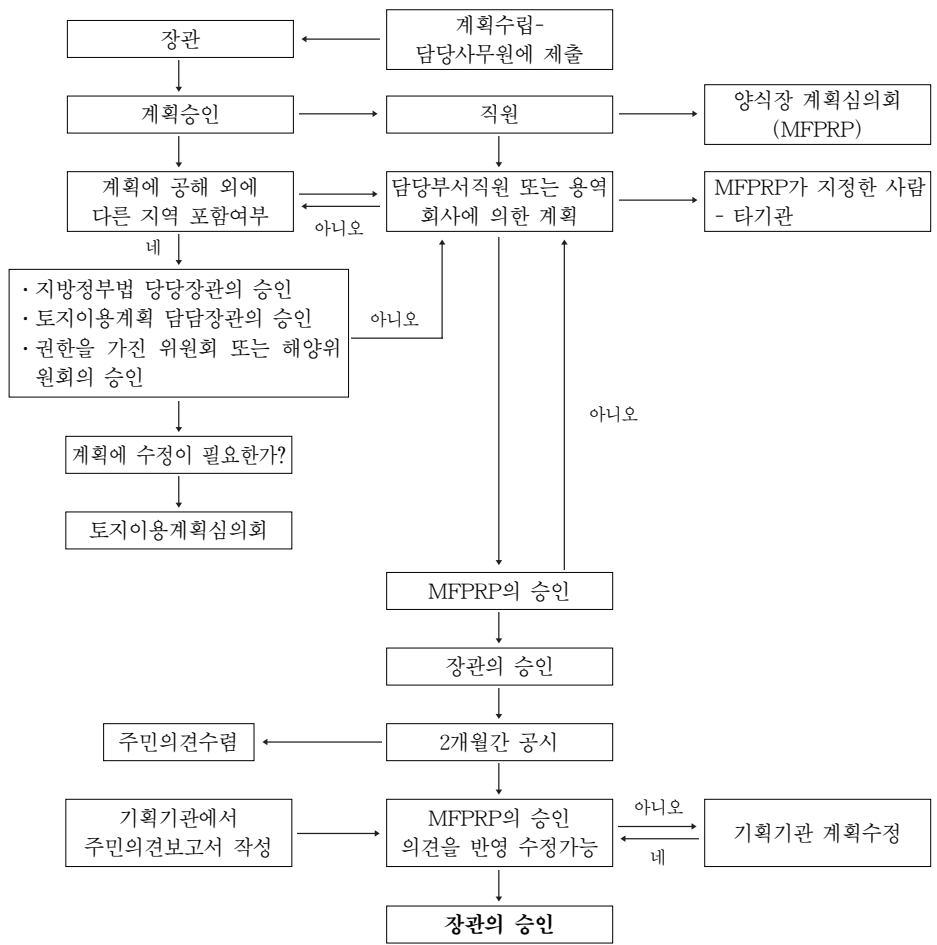


Fig. 6. Legal procedures for application of aquaculture permit in Tasmania

이들 법에 따르면 연안 가운데 양식이 가능한 지역 전체에 대해 양식장 개발계획(MFDPs)이 준비되어야 하며 각 계획에는 실제 임대하여 양식이 가능한 구역(즉 해저와 그 상부의 해수부분으로 양식업을 위해 정부로부터 임차된 지역)이 표기된다. 양식장으로 제안된 모든 구역에 대해서는 정부의 예산 지원을 받은 연구기관과 연구자에 의해 양식장으로서의 적정성을 평가받게 된다. 구체적으로는 적정한 수심, 유속, 서식지 유형, 보호종의 유무여부 등을 고려한 상세한 서식지 지도가 작성된다. MFDP는 또한 관리에 필요한 행위들 즉 양식장 주변에서 발생할 수 있는

행위들을 통제할 수 있는 행위들 즉 양식장 내부와 주변지역에서의 환경오염검사와 수질검사와 같은 검사에 대해 상세히 규정하고 있다. 다음 그림 6에서 태즈메니아 주정부가 양식장을 신규로 허용할 때 법으로 정한 요식행위 및 절차에 관하여 정리하였다.

V. 결론: 위성영상을 활용한 관리 방안 도출

이번 연구를 통해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

먼저, 위성영상을 이용함으로써 전 국토의 변화된 모습을 언제, 어디서, 누구나 신속하고 손쉽게 파악할 수 있으며, 특히 해양국립공원관리에 있어 인력의 부족과 접근성의 결여로 인해 발생하는 자료의 한계를 극복하고 공원관리청의 신뢰성 확보와 정책수립의 효율성 및 합리성을 증진시킬 수 있으며, 특히 해양지역의 변화탐지부분에서 종래의 항공사진 및 해상 모니터링에 비해 위성영상은 저렴한 비용과 최소의 인력으로 정확성을 높일 수 있어 효용가치가 있는 것으로 나타났다.

특히 Landsat TM 위성영상에 대해 밴드조합, 히스토그램 스트레칭 기법을 이용한다면 양식장 면적 변화의 주기적인 정량적·정성적 추출이 가능하다. 이 연구를 통해 1984년 3월 당시의 양식장 면적에 비해 2002년 4월 당시의 양식면적이 63% 가량 감소하였음을 파악하였는데, 이는 자본과 노동 집약적인 가두리 방식의 해상양식으로 전환되면서 비교적 조방적인 굴양식장과 해조류 양식장이 감소하기 때문인 것으로 판단된다. 이는 매우 중요한 연구의 시사점으로, 추후 해양공원 관리에 있어 양식장의 면적은 감소하지만 환경오염을 유발할 수 있는 방식으로 양식업이 변하고 있음을 고려할 필요가 있음을 보여준다.

외국의 경우 해상양식장의 계획단계에서부터 GIS를 활용하여 적절한 규모와 적지선정이 이루어지고 있는데 비해, 우리의 경우 대부분 어민의 경험에 의존해서 적정용량을 고려하지 않고 양식장이 들어서고 있는 것이 현실이다. 추후 폐기물 발생과 이에 따른 환경오염을 고려할 때, 해상·해양국립공원 지역에 위성영상을 활용한 정기적인 모니터링과 GIS 데이터베이스 구축을 통해 효율적인 관리대책을 수립하기 위한 노력이 절실하다. 또한 호주의 경우 양식장 면허가 발부된 이후에도 지속적으로 관리가 이루어지고 있으며, 특히 해저비디오를 이용한 환경모니터링의 경우 매우 저렴한 비용으로 해양오염에 대한 효과적인 관리

가 이루어지고 있음을 밝히고 있음을 볼 때, 최소한 국립공원을 포함한 보호구역내에서는 이러한 제도의 도입을 고려해볼 만하다고 판단된다.

사 사

이 논문은 2003년도 국립공원관리공단 국립공원연구소의 연구비 일부지원에 의한 것임.

참고문헌

- 국립공원관리공단 자연생태연구소, 2003, 해양생태계 보전을 위한 양식어업 시설설치에 관한 연구.
- 국립공원관리공단 자연생태연구소, 2002, 해안해상국립공원 관리정책방향수립에 관한연구.
- 국립공원관리공단, 1999, 한려해상국립공원 거제도 남동지구 생태계 정밀조사, 262p.
- 김성귀, 이승우, 홍장원, 2002, 해산어류 양식어업 발전방향에 관한 연구, 한국해양수산개발원.
- 박종수, 김형철, 최우정, 이원찬, 김동명, 구준호, 박청길, 2002, 굴양식수역의 환경용량 산정: II 거제·한산만의 환경용량, 한국수산학회지, 35, 408-416.
- 조규대, 박성은, 고우진, 1999, "이동식 가두리 양식장의 이동적지 선정에 관한 연구", 한국환경과학회지, 8(1), 83-94.
- 통계청, 2003, 어업기본통계조사보고서.
- 통영시, 2002, 통계연보
- 한국해양수산개발원, 2002, 수산·해양환경 통계.
- 해양수산부, 2002, 해양수산통계연보.
- 환경부 (서울대학교), 1999, 해양환경 감시 및 평가기술, 연안저서환경 건강평가기술에 관한 연구, 최종보고서, 786p.
- Aguilar-Manjarrez, J. 2000, Applications of

- geographical information systems (GIS) for spatial decision support in aquaculture, *Aquacultural Engineering*, 23, 233-278.
- Anutha, K., and Johnson, D., 1996, Aquaculture planning and coastal management in Tasmania. *Ocean & Coastal Management*, 33 (1-3), 167-192.
- Crawford, C., 2000, Qualitative risk assessment of the effects of shellfish farming on the environment in Tasmania, Australia. *Ocean and Coastal Management*, 46, 47-58.
- Crawford, C., 2003, Environmental management of marine aquaculture in Tasmania, Australia, *Aquaculture* xx.xxx (in press).
- Department of Primary Industries, Water and Environment, 2002, Draft D' Entrecasteaux Channel Marine Farming Development Plan February 2002 and Environmental Statement to accompany the Draft D' Entrecasteaux Channel Marine Farming Development Plan February 2002
- Edgar, G. J. and Barrett, N. S., 1997, Short term monitoring of biotic changes in Tasmanian marine reserves, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 213, 261-279.
- Edgar, G.J. and Barrett, N.S., 1999, Effects of the declaration of marine reserves on Tasmanian reef fishes, invertebrates and plants, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 242, 107-144.
- FAO, 2001, Planning and Management for Sustainable Coastal Aquaculture Development.
- Marine and marine Industries Council, 1999, Tasmanian Marine Protected Areas Strategy.
- Nath, S. S., Bolte, J. P., Ross, L. G., and Aguliar-Manjarrez, J., 2000, Applications of geographical information systems (GIS) for spatial decision support in Aquaculture, *Aquaculture Engineering*, 23, 233-278.
- Perez, O. M, Telfer, T. C. Beveridge, M. C. M. and Ross, L. G. 2002, Geographical Information Systems (GIS) as a simple tool to modelling particulate waste distribution, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 54, 761-768.
- Tasmania Government. 1995, Marine Farming Planning Act 1995.
- Tasmania Government. 1995, Marine Resources Act 1995.
- Williams, I.M. and Leach, J.H.J., 1999, The relationship between depth, substrate and ecology: a drop video study from the southeastern Australian coast. *Oceanologica Acta*, 22 (6), 651-662.