

기본연구 2004-23

# 해양보호구역의 효과에 관한 기초연구

2004. 12

최성애·Kurt Erik Schnier·한광석·김도훈

☐ 보고서 집필 내역

◆ 연구책임자

- 최 성 애 : 제1장, 제2장, 제6장

◆ 연구진

- 한 광 석 : 제3장, 제4장, 제5장

- 김 도 훈 : 제3장, 제4장, 제5장

◆ 외부 집필진

- Kurt Erik Schnier  
(로드아일랜드대학교 교수)

☐ 산·학·연·정 연구자문위원

◆ 이 윤 (국립수산과학원 박사)

## 머 리 말

효과적인 해양생물자원의 지속가능한 이용방안 중의 하나가 해양보호구역으로 지정하여 관리하는 것은 널리 알려져 있는 바이다. 특히 최근 세계적으로 어업자원회복 또는 어업관리의 수단으로서 어획활동을 전면 금지 또는 일부 금지하는 해양보호구역에 대한 관심과 활용이 점차 증가하고 있다.

세계적으로 어업자원회복의 수단으로 해양보호구역이 적극적으로 시행된 지 얼마 되지 않아서 실증분석을 통한 해양보호구역의 효과가 밝혀진 연구사례는 그리 많지 않은 편이다. 이에 따라 해양보호구역의 효과와 관련된 연구의 대부분은 이론적 분석 정도로 그치고 있다.

우리나라는 비교적 오래 전부터 어업자원보호와 관련된 해양보호구역을 지정해 왔다. 뿐만 아니라 인공어초사업과 바다목장화사업은 우리나라 수산자원 관리정책에서 중요한 국책 사업으로 해당 해역을 보호수면과 수산자원관리수면 등의 해양보호구역으로 설정하여 관리하고자 한다. 그럼에도 불구하고 해양보호구역의 생물학적 그리고 사회경제적 효과에 대한 평가는 한 번도 이루어지지 못했다.

특히 인공어초사업과 바다목장화사업은 막대한 정부예산이 투입되는 만큼 효과분석을 근거로 한 정부정책의 타당성과 정당성의 확보가 중요하다. 따라서 어업자원회복수단으로서 해양보호구역을 보다 적극적으로 활용하고자 한다면, 그리고 막대한 정부예산이 투입되는 국책 사업의 지속적인 추진을 위해서는 해양보호구역의 효과에 대한 평가가 필요하며 시급한 실정이다.

그러나 아직까지 우리나라에는 해양보호구역의 효과 분석 및 평가를 위한 방법론 등의 평가체계가 마련되어 있지 않다. 따라서 이 연구는 해양보호구역의 효과 분석을 위한 이론 및 방법론을 검토하여 효과 분석에 필요한 요인을 도출하여 모형을 구축해 보고 이러한 모형이 우리나라에 적용가능한가를 검증해 보는 것을 목적으로 한다. 이 연구는 구체적인 정책대안을 제시하기 보다는

해양보호구역의 효과 분석을 위한 방법론에 관한 기초연구라고 할 수 있다.

한편 해양보호구역의 효과에 대한 평가 이전에 중요한 것은 우리나라 어업 자원보호의 해양보호구역에 대한 제도적 관리가 제대로 이루어지지 못하고 있다는 점이다. 이들 해양보호구역에 대한 관리가 부실한 상태에서 그 효과 분석은 어떤 측면에서는 무의미하기도 하다. 따라서 이러한 어업자원보호의 해양보호구역에 대한 제도적 관리에 대한 검토도 아울러 이 연구에서 다루어지고 있다.

이 연구는 우리나라에서 처음 시도되는 기초연구이기는 하지만 해양보호구역의 효과 측정을 위한 방법론 개발과 함께 제도적 측면에서 해양보호구역을 종합적으로 검토하였다는 점에서 시사하는 바가 많다. 이 연구는 우리나라 어업자원회복수단으로 해양보호구역제도를 적극 활용할 경우 그 효과 분석과 제도검토를 위한 중요한 참고자료로서 활용가치가 많을 것으로 사료된다. 또한 이 연구를 계기로 국내외적으로 관심이 증대하고 있는 해양보호구역에 대한 지속적이고 다양한 후속연구가 활발하게 이루어지기를 바라는 바이다.

마지막으로 이 연구를 위하여 관련자료를 협조해 주신 해양수산부 및 국립수산물연구원 관계관 여러분께 감사의 뜻을 전한다. 아울러 이 연구의 집필에 참여한 연구자에게 노고를 표한다.

이 연구의 내용은 전적으로 연구자 개인의 의견으로 해양수산개발원의 공식적인 견해가 아님을 밝혀 둔다.

2004년 12월

韓國海洋水產開發院  
院長 李 廷 旭

## 목 차

〈요 약〉	i
제 1 장 서 론	1
1. 연구의 필요성 및 목적	1
2. 연구내용 및 방법	3
제 2 장 MPA의 개념과 현행 제도	6
1. 개념정의와 유형	6
2. 우리나라 MPA 현황	8
1) 관련 법령 / 8	
2) 지정 현황 / 9	
3. 어업자원 보호의 MPA제도와 문제점	10
1) 관련제도 / 10	
2) 문제점 / 18	
제 3 장 MPA 효과에 대한 이론적 분석	21
1. 자원량 증가 효과에 대한 생물경제학적 이론	21
1) 선행연구 검토 / 21	
2) 효과에 대한 이론적 접근 / 24	
3) 요약 및 시사점 / 51	
2. 사회경제적 효과 분석에 대한 경제학적 이론	52
1) 선행연구 검토 / 52	
2) 이론적 검토 / 54	

제 4 장 MPA 효과에 관한 실증사례 분석	62
1. 자원량 증가 효과에 관한 실증사례 분석	62
1) 일본 도루묵 어업에 대한 MPA 효과 분석 / 62	
2) 요약 및 시사점 / 72	
2. 사회경제적 효과 분석	72
1) 미국의 플로리다 해양보호구역 / 72	
2) 국내 MPA(바다목장)에 대한 효과 분석 / 76	
3) 요약 및 시사점 / 79	
제 5 장 MPA의 효과 분석을 위한 요인 및 모형 검토	81
1. 생물학적 효과 분석을 위한 요인 및 모형 검토	81
1) 어업자원의 생물학적 요인 검토 / 83	
2) 어업활동적 측면의 요인 검토 / 84	
2. 사회경제적인 효과 분석을 위한 요인 및 모형 검토	84
1) 요인 분류 / 84	
2) 요인 평가방법 / 89	
3. 우리나라 적용가능성 검토	90
1) 생물경제학적 효과 분석에 대한 적용가능성 / 90	
2) 사회경제학적 효과 분석에 대한 적용가능성 / 92	
제 6 장 요약 및 결론	94
1. 어업자원보호 MPA에 대한 제도개선	95
2. MPA 효과 분석의 방법론 적용	96
3. 정책적 제언	97
참고문헌	99

## 표 목 차

〈표 2-1〉	해양보호구역의 유형 분류 .....	7
〈표 2-2〉	국내 해양보호구역 관련법률 현황 .....	8
〈표 2-3〉	해양보호구역별 지정 현황 .....	10
〈표 2-4〉	수산자원보호구역 현황(해면) .....	11
〈표 2-5〉	보호수면 현황(해면) .....	13
〈표 2-6〉	패류생산해역 현황 .....	14
〈표 2-7〉	육성수면 현황 .....	16
〈표 2-8〉	어업자원보호의 MPA 관리수단 .....	18
〈표 4-1〉	분석 시나리오 요약 .....	69
〈표 4-2〉	MPA 가치평가를 위한 요인 분류 .....	74
〈표 5-1〉	MPA의 생물학적 효과 분석을 위한 요인 .....	82
〈표 5-2〉	직접적인 효과 분석을 위한 요인 .....	86
〈표 5-3〉	MPA 사회경제적 효과 요인 평가방법 .....	89
〈표 5-4〉	현행 우리나라 어업자원 조사 및 평가 체계 .....	90
〈표 5-5〉	우리나라의 MPA 생물학적 효과 분석에 필요한 요인들의 자료 유무 검토 .....	91

## 그림 목 차

〈그림 1-1〉 연구체계도 .....	5
〈그림 3-1〉 유입지에서의 어업비용(cj)에 따른 어획노력량 수준 변화 .....	34
〈그림 3-2〉 유입지에 MPA를 지정했을 경우의 자원량 변화 .....	38
〈그림 3-3〉 유입지에 MPA를 지정했을 경우의 어획량 변화 .....	38
〈그림 3-4〉 발생지에 MPA를 지정했을 경우의 자원량 변화 .....	41
〈그림 3-5〉 발생지에 대한 MPA 지정 전후의 전체 어획량 추정을 위한 비교 .....	42
〈그림 3-6〉 발생지에 MPA를 지정했을 경우의 전체 어획량 변화 .....	42
〈그림 3-7〉 자원군 i에 MPA를 설치했을 경우의 자원량 변화 .....	48
〈그림 3-8〉 MPA 지정 후의 전체 어획량 변화 추정을 위한 비교 .....	49
〈그림 3-9〉 MPA 지정 후의 전체 어획량 변화 .....	50
〈그림 3-10〉 MPA의 사회경제적인 효과의 가치분류 .....	54
〈그림 4-1〉 도루묵의 산란장과 분포지역 .....	63
〈그림 4-2〉 한국계군과 북일본계군의 도루묵 연간 어획량 변화 .....	65
〈그림 4-3〉 북일본계군의 분포지역과 산란장 .....	68
〈그림 4-4〉 모델 결과-시나리오별 자원량 및 어획량 변화 .....	70
〈그림 4-5〉 FKNMS 구역 현황 .....	73
〈그림 5-1〉 MPA의 생물학적 효과 분석을 위한 모델 .....	82
〈그림 5-2〉 MPA의 사회후생 크기의 변화 .....	85



## <요 약>

### 제1장 서 론

#### 1. 연구의 필요성 및 목적

- 최근 세계적으로 어업자원회복수단으로서 해양보호구역(MPA : Marine Protected Area)에 대한 관심과 활용이 증가하고 있음
  - MPA를 지정하는 이유는 산란장이나 생육장을 어획으로부터 보호하여 산란 자원량 증대, 치어의 자원량 증대, 치어의 성장을 도모하여 향후 전체적인 자원량을 증대시키기 위한 것임
- 세계적으로 어업자원 회복수단으로서 MPA가 시행된 지 얼마 되지 않았기 때문에 MPA 효과에 대한 뚜렷한 실증적 분석을 한 연구는 그리 많지 않음
  - 지금까지의 MPA 관련연구들은 대부분이 이론적으로 MPA에 대한 효과를 분석하고 있는 정도임
- 따라서 이 연구의 목적은 MPA 효과 분석을 위한 방법론을 검토함과 동시에 효과 분석을 위한 요인(Factor)을 도출하고, 이러한 모형이 우리나라에 적용 가능한가를 검토하고자 하는 것임

#### 2. 연구내용 및 방법

- 이 연구에서는 어업자원 회복수단으로서의 MPA제도에 대한 이론 및 실증적 사례분석을 통해 효과를 살펴보고, 실제 MPA 효과를 측정함에 있어서 필요한 방법론과 요인(Factor)들을 도출하고자 함

- 최종적으로는 요인 및 모형을 설정하고 이를 현재 활용 가능한 자료들의 분석을 통하여 우리나라에서의 적용가능성을 검토하였음
- 이와 함께 우리나라의 어업자원 보호제도로서의 MPA제도 개선방안도 제시하였음

## 제2장 MPA의 개념과 현행 제도

### 1. 개념정의와 유형

- 세계자연보전연맹(IUCN)은 해양보호구역을 ‘해수와 이와 관련된 동·식물, 역사·문화적 특성을 포함하는 조간대 혹은 조하대 영역으로서, 관련된 환경의 일부 혹은 전체를 보호하기 위하여 법률 혹은 그 외 효과적인 수단에 의하여 보호받고 있는 구역’으로 정의 내리고 있음

〈요약 표-1〉

보호구역의 유형 분류

지정목적에 따른 유형	보호방법에 따른 유형(IUCN)
해양 보존	절대보존구역 : 엄격한 보호
어족자원 보존	국립공원구역 : 생태계 보전과 레크리에이션
관광·휴양기회 제공	천연보호구역 : 특정지역 자연적 보존
교육	서식지·종 관리구역 : 적극적인 관리를 통한 보존
과학적 연구기회 제공	경관보호구역 : 육상과 해양의 경관 보전과 레크리에이션
-	자원보호관리구역 : 자원의 지속가능한 이용

### 2. 우리나라 MPA 현황

- 현재 우리나라의 MPA는 총 12개의 개별법과 4개의 관련부처에 의해 지정·관리되고 있음

〈요약 표-2〉

해양보호구역별 지정현황

유 형	보 호 구 역 명	개 소	면 적(km <sup>2</sup> )
어업자원 보호	수산자원보호구역	10	3,710.508
	보호수면	5	23.666
	패류생산지정해역	6	290.950
자연생태계 보존·보전	습지보호지역	5	140.728
	해양생태계보전지역	4	70.374
	해상·해안국립공원	4	3,348.430
	특정도서	155	10,223.098
	조수보호구	476	802.21
	천연보호구역	6	35.256
	생물권보전지역(MAB)	1	23.037
환경관리	환경보전해역	4	1,882.130
	특별관리해역	5	2,890.510

### 3. 어업자원보호의 MPA제도와 문제점

- 우리나라 어업자원보호의 MPA에는 ‘수산자원보호구역’, ‘보호수면’, ‘육성수면’, ‘수산자원관리수면’, ‘패류생산해역’ 등 5종류가 있음
- 이들 MPA의 관리제도에 대한 검토를 통하여 다음과 같은 문제점을 지적할 수 있음
  - 산란장, 서식장 및 양식장 보호라는 수산자원보호구역의 지정 목적을 달성하기 위해서는 해면이용에 보다 적극적인 의미에서 어업행위제한 등이 포함된 관리규정이 마련되어야 함
  - 보호수면제도는 가장 강력한 MPA제도로 평가할 수 있으나, 현실적으로는 보호수면의 수산업적 이용에 보다 무게 중심을 둔 결과, 시도지사의 직권으로 대부분의 보호수면이 해제되어 양식장으로 개발되는 경우가 있음

- 최근 해양환경오염으로 중금속이 검출된 해역이 육성수면으로 지정되어 이용된 사례가 있어 우려의 목소리가 있음
- 인공어초 또는 바다목장해역에 지정하도록 되어 있는 수산자원관리수면이 현재까지 지정된 수면은 없지만 마땅한 제재 수단이 마련되어 있지 않음
- 현행 제도에 의하면 바다목장화사업 해역 중 보호수면으로 지정된 수면 외측에 수산자원관리수면을 지정해야 수면을 이용할 수 있게 되는데 이럴 경우, 보호수면은 '수산업법', 수산자원관리수면은 '기르는어업육성법'에서 지정하게 되어 있어 관련법률 및 관리담당부서 등의 이원화로 통합 관리의 애로가 예상됨

### 제3장 MPA 효과에 대한 이론적 분석

#### 1. 자원량 증가 효과에 대한 생물경제학적 이론

- MPA의 선행연구들은 대부분 환경밀도(density-dependent)차에 의해 어종이 각 하부 자원군(sub-population)을 이동한다고 가정하고 있으며, 금어구역의 크기와 어업자원의 이동률(migration rate)에 따라 자원량과 어획량 변화를 분석하였음
- 본 연구에서는 기존 연구들의 한계에서 벗어나 보다 현실적인 MPA 효과에 대한 분석을 시도하였음
- 연구결과 폐쇄모형하의 MPA 효과 분석에 있어서는 MPA 지정 후의 전체 자원량 수준이 높아졌지만, 어획량은 감소하는 것으로 나타났음
- 어업비용이 낮은 곳에 MPA를 지정함으로써 어업비용이 높은 곳의 어획 노력량 수준을 감소시켜 자원량 증대를 보다 크게 도모할 수 있는 것으로 나타났음
- MPA와 어획노력량 통제수단을 병행할 경우에는 어획 가능한 곳의 어획 노력량 수준이 통제됨으로써 MPA 지정 후의 전체 자원량은 보다 크게 증가하는 반면, 단기적으로 총 어획량은 더욱 감소하게 됨

- 발생지·유입지 모형하의 MPA 효과 분석결과는 다음과 같음
  - 유입지에 MPA를 설치하게 되면 총 자원량은 MPA 지정 이전보다 증가하게 되는 반면 총 어획량 수준은 MPA 지정 이전보다 항상 낮게 됨
  - 이에 반해 발생지에 MPA를 지정하게 되면 어떠한 조건하에서도 MPA 지정 후의 총 자원량은 증가하게 됨
  - 하지만 총 어획량 수준은 자원의 이동률, 자원량 수준 등에 따라 증감을 달리하는 것으로 분석되었음
- 밀도 종속적 모형하의 MPA 효과 분석에서는 발생지·유입지 모형하의 발생지에 대한 효과 분석결과와 같이 MPA 지정 후의 총 자원량은 증가하는 것으로 나타난 반면, 총 어획량은 하부자원군의 자원량, 자원의 이동률 등에 따라 변하는 것으로 나타났음

## 2. 사회경제적 효과 분석에 대한 경제학적 이론

- 사회경제 효과에 대한 선행연구를 보면 대부분 사실현상 분석에 치중하고 있으며, 계량 경제적인 분석은 그리 많지 않음
  - 선행연구에서 나타나고 있는 사회경제 효과를 보면 크게 ① 어획량 증대에 따른 소득 효과, ② 환경에 대한 관심 증대 효과, ③ 관광자원으로서의 소득 증대 효과, ④ 지역에 대한 관심 증대 효과 등으로 압축됨
  - 어업관리 측면에서 본 MPA일지라도 사회경제적인 효과는 단순히 어업자원보호 이상의 효과를 가져오게 됨
- MPA에 대한 사회경제적인 효과를 모두 평가하기 위해서는 시장가치와 비시장가치를 모두 고려해야만 함
- 시장가치는 어업인의 수익 증대, 고용 창출, 관련산업의 소득 증대로 귀결되며, 이는 시장을 통해 측정이 가능함
- 비시장가치는 시장에서 거래되지는 않지만 소비자가 직간접적으로 사용함

으로써 느끼는 가치로 사용가치와 비사용가치로 분류됨

- 사용가치는 MPA를 설정하고 직간접으로 이를 이용함으로써 얻는 가치로 직접사용가치, 간접사용가치, 선택가치, 준선택가치로 분류됨
- 비사용가치는 사용가치 이외의 모든 가치를 통틀어서 지칭하는 것으로 직접 접촉할 것이라는 기대 없이도 그것의 보존과 존재에 대한 만족감을 의미함
- 통상 경제학적인 관점에서 문제시되고 연구되는 것은 시장을 통하지 않는 비시장적인 가치를 어떻게 측정하는가 하는 문제임
  - MPA 설정에 대한 비시장가치의 평가방법으로 조건부가치평가법(Contingent Valuation Method : CVM), 헤도닉 모형, 여행자비용법 등이 있음

## 제4장 MPA 효과에 관한 실증사례 분석

### 1. 자원량 증가 효과에 관한 실증사례 분석

- 일본에서는 MPA제도에 의한 도루묵 자원량 변화를 추정하기 위해 다음과 같은 시나리오가 만들어졌음
  - 시나리오 1 : 1992~1994년 3년간 아키타 현 해역에 MPA 지정
  - 시나리오 2 : 1992~1994년 3년간 아오모리, 아키타, 야마가타, 니가타 현 해역에 MPA 지정
  - 시나리오 3 : 1980~1982년 3년간 모든 현 해역에서 1965~1979년 사이의 평균어획강도 2/3 수준으로 통제
  - 시나리오 4 : 1985~1987년 3년간 모든 현 해역에서 1965~1979년 사이의 평균어획강도 2/3 수준으로 통제
  - 시나리오 5 : 1992년부터 아무런 규제조치가 이루어지지 않았을 때(자유어업)
- 시나리오 1의 분석 결과 자원량이 1995년 790톤에 이르는 것으로 추정되었고, 1999년에는 무려 7,000톤대로 증가하는 것으로 나타났음

- 시나리오 2의 분석에서는 자원량이 1995년 2,280톤에 이르는 것으로 나타나 기준 시나리오에 비해 자원량 수준이 3배 가량 높은 것으로 분석되었음. 그리고 이후 자원량은 계속 증가하여 1999년에는 10,000톤에 이르는 것으로 추정되었음
- 시나리오 3의 분석 결과에서는 1982년부터 자원량이 계속 증가하여 1995년도 자원량 수준은 11,500톤에 이르는 것으로 나타났는데, 이는 기준 시나리오에 비해 무려 18배나 높은 수준임
- 시나리오 4의 분석 결과에서는 1985년 이후 자원량이 증가 추세로 돌아서 1995년에는 6,500톤 대에 이르는 것으로 나타났음(기준 시나리오의 12배)
- 아무런 규제조치가 없는 시나리오 5하에서는 자원량이 계속 감소하는 것으로 나타났는데, 1995년을 기준으로 보면 기준 시나리오보다 50% 이상 자원량이 감소하는 것으로 추정되었음
- 이상의 분석 결과와 같이 과거 어획노력량 통제가 이루어지지 않았다면 MPA를 설치하여 어업자원을 관리하는 것이 상당히 효과적임을 알 수 있었음
  - 그리고 보다 넓은 지역에 걸쳐 MPA를 지정함으로써 자원회복 효과가 더욱 커지는 것 또한 확인할 수 있었음
  - 또한 MPA 외에 어획강도(어획노력량 수준)를 통제해도 자원량과 어획량이 증대되는 것으로 나타났음

## 2. 사회경제적 효과 분석

### 1) 미국의 플로리다 해양보호구역 평가

- 미국의 CORE(Coastal and Ocean Resource Economics)는 플로리다지역에 설정된 MPA 가치를 평가하기 위하여 편익을 다음과 같이 분류하였음

〈요약 표-3〉

MPA 가치평가를 위한 요인

구 분	가 치	요 인
유어 효과	시장가치	매출, 소득, 고용
	비시장가치	소비자 잉여
상업적인 어업가치	시장가치	매출, 소득, 고용
	비시장가치	소비자, 생산자 잉여
기타	비사용가치 (잠재적사용가치)	가구당 MPA를 위해 기꺼이 지불할 가격(WTP)

- CORE는 시장가치는 소비자 잉여와 공급자 잉여 등으로 구분하고, 소비자 잉여를 TERSA(Tortugas Ecological Reserves Study Area) 지역의 운영자들로부터 1일당 이용객의 추정치를 구하고 이를 Leeworthy & Bowker (1997)의 1일당 1인당 소비자의 잉여의 값을 곱해 산출하였음
- 유어에 대한 경제적인 가치는 매출액은 사업수익에 매출액승수(1.12)를 곱해 구했으며, 소득은 총 매출액을 매출소득비율(2.63)로 나누어서 구하였으며, 고용 효과는 총 소득을 1인당 소득액으로 나누어 도출하였음
- 상업적 어업에 대한 가치평가는 FKNMS에서의 바다가재, 돔, 왕고등어, 새우에 대한 어획량을 구한 후 이들에 대한 어업수익, 판매마진, 총생산, 총소득, 취업인원 수 등으로 항목을 분류하여 편익을 도출하였음
- CORE는 비사용가치에 대한 경제적 평가도 실시하였는데, 조건부가치평가(CVM : Contigent Valuation Method)를 이용하여 비사용가치에 대한 경제적 평가를 시도하였음

## 2) 국내 MPA(바다목장)에 대한 효과 분석

- 바다목장으로 인한 직접 효과는 바다목장에 조성된 어업자원을 상업적으로 이용하는 어업 효과를 의미함
- 이러한 어업 효과는 매년의 어업수익(어획량×어가) - 어업비용(고정비+



변동비)로 산출하였음

- 바다목장사업으로 인한 간접 효과는 크게 유어낙시 효과와 관광 효과로 구분하였는데, 여행자비용법을 통하여 소비자 잉여를 추정하였음

### 3) 시사점

- 이상과 같은 사례로부터 MPA의 효과는 직접적인 편익과 간접적인 편익으로 분류할 수 있음을 알 수 있음
  - 직접적인 경제적 편익은 어획량의 증대라는 자연과학적인 관찰자료와 시장수요곡선을 알게 되면 비교적 용이하게 생산자나 소비자의 잉여 즉 경제적인 편익을 산출할 수 있음
  - 간접적인 편익은 대부분 시장이 존재하지 않기 때문에 여행자비용법이나 조건부가치평가(CVM) 등 다양한 추정법을 이용하여 편익을 산출하는 등 상호 보완적인 연구를 시도할 필요가 있을 것으로 판단됨

## 제5장 MPA의 효과 분석을 위한 요인 및 모형 검토

### 1. 생물학적 효과 분석을 위한 요인 및 모형 검토

- MPA의 생물학적 효과를 분석하기 위한 모델에서는 크게 어업자원적 측면에서의 생물학적 자원량 변화 메커니즘과 어업활동적 측면 등 두 가지 요인이 분석되어야 함

〈요약 표-4〉

MPA의 생물학적 효과 분석을 위한 요인

요인	고려 내용
<b>어업자원적 측면</b>	
① 관리대상 어업자원의 분포특성	관리대상 어업자원의 분포 형태와 하부자원군 사이의 이동률
② 관리대상 어업자원의 상태	관리대상 어업자원의 자원량 수준 파악

## MPA의 생물학적 효과 분석을 위한 요인(계속)

요인(Factor)	고려 내용
③ 관리대상 이외의 어업 자원 상태	MPA 지정에 의해 영향 받을 수 있는 관리대상 이 외 어업자원들의 자원량 수준 파악
④ 어업자원의 회유 경로	관리대상 어업자원의 회유 경로(특히 산란장 및 서식처 파악)
⑤ 어업자원의 산란량 수준	산란 가능한 어미자원량과 산란량 수준 파악
⑥ 어업자원의 가입량 수준	산란 후 어획 가능한 연령으로의 가입량 파악
⑦ 어업자원의 성장 정도	어업자원의 성장 속도 파악
<b>어업활동적 측면</b>	
① 단위노력당어획량 (CPUE) 수준	관리대상 어업자원의 자원량과 어획노력량 수 준의 비교
② 미성어 어획비율	총 어획량 중 미성어 어획율 파악
③ 어획강도 수준	관리대상 어업자원에 대한 어획강도(=어획사 망 계) 수준 파악과 어획량 조사

## 2. 사회경제적인 효과 분석을 위한 요인 및 모형 검토

- 해양보호구역 설정에 따른 사회경제적인 직접 효과와 간접 효과의 요인들 과 이들의 가치를 평가할 수 있는 방법을 정리하면 다음과 같음

〈요약 표-5〉

## MPA 사회경제적 효과 요인 평가방법

구 분	효 과	Factor	가 치	평 가 방 법
직접 효과	어획량 증대	◦ 수요측 : $X_i^d = f(P_i, X_j^d, Y)$ ◦ 공급측 : $X_i^s = f(P_i, X_i^t(P_o, S, C))$	사용가치 (시장가치)	◦ 회귀분석 ◦ B/C분석
간접 효과	관련산업 파급 효과	◦ 관련 산업의 매출액증대 및 고용유발효과	사용가치 (시장가치)	◦ 산업연관분석
	유어의 효과	◦ 유어객의 효용 증가	사용가치 (비시장가치)	◦ 여행자비용법

MPA 사회경제적 효과 요인 평가 방법(계속)

구 분	효 과	Factor	가 치	평 가 방 법
간접 효과	어촌정주 효과	◦ 어촌지역주민의 효용 증가	사용가치 (비시장가치)	◦ 헤도닉가격모형
	해양생물종의 다양화 및 풍부	◦ 해양생물종의 증가분	존재가치 유산가치 (비시장가치)	◦ 조건부가치측정법
	방문객의 증가	◦ 방문객의 효용 증가	사용가치 (비시장가치)	◦ 여행자비용법 ◦ 조건부가치측정법
	교육 효과	◦ 지역주민과 일반주민의 의식변 화	존재가치 유산가치 선택가치 (비시장가치)	◦ 조건부가치측정법

### 3. 우리나라 적용 가능성 검토

- 우리나라에 MPA제도를 시행함에 있어 이 제도에 대한 정확한 생물학적 효과를 평가하기 위해서는 분석에 필요한 관련자료들의 조사 및 수집이 절실히 필요함
  - 특히 앞서 살펴본 일본의 도루묵 어업에 대한 MPA 효과 분석에서와 같이 관리대상 어종의 산란장 및 서식처 파악이 우선적으로 조사되어야 하고, 자원분포 형태에 따른 하부자원군 간의 어종 이동에 관한 동태적 분석자료에 대한 수집도 체계적으로 이루어져야 함
  - 과학적이고 정밀한 자원량 변화 효과를 분석하기 위해서는 표본조사 확대 등을 통한 생물학적 자료와 어업활동에 대한 자료(특히 어획노력량 자료)가 보다 적극적으로 수집되어야 함
- 사회경제 효과 중 직접 효과와 간접 효과는 모두 직간접적으로 자원량 증대효과 즉 생물학적 효과와 관련이 있음
  - 따라서 우리나라의 MPA에 대한 사회과학적인 효과 분석은 먼저 자원량

증가에 대한 자연과학적인 효과 분석이 이루어진 후 시행하는 것이 바람직할 것으로 판단됨

## 제6장 요약 및 결론

- 현재 우리나라에서는 과잉 어획으로 인하여 어업자원량이 계속 감소하고 있으며, 특히 산란장 및 서식장 파괴 등으로 어업자원 감소현상은 더욱 심각해지고 있음
  - 이러한 상황에서 어업자원 회복수단으로서 MPA제도를 적극 활용한다면 남획된 어업자원 회복에 큰 효과가 있을 것으로 판단됨
  - 특히 산란장과 서식장 등에 MPA를 지정함으로써 과잉된 어획노력량 수준을 줄이고, 산란 가능한 어미자원량과 치어 성장량 증대를 통해 전체적인 어업자원량 수준을 높일 수 있을 것으로 판단됨
- 어업자원 회복수단으로서 MPA제도에 대한 기대 효과를 보다 극대화하고, 효율적인 운영을 위해서 다음과 같은 정책적 제언을 하고자 함
  - 첫째, MPA 효과 분석에 필요한 생물경제학적 자료조사 및 수집에 보다 집중적인 정책적 노력이 이루어져야 함
  - 둘째, 어업자원 회복수단으로서 효율적으로 MPA제도를 활용하기 위해서는 앞서 언급한 관련 제도에 대한 개선이 시급하며, 이에 따라 각 개선안에 대한 세심한 재검토와 보강 및 수정이 필요한 부분에 대해서는 적절한 조치가 있어야 할 것임

# 제 1 장 서 론

## 1. 연구의 필요성 및 목적

최근 국제적으로 어업자원 회복수단으로서 해양보호구역(MPA : Marine Protected Area)에 대한 관심과 활용이 증가하고 있다. MPA는 어획활동을 전면 금지 또는 일부 금지하는 등의 특정 해양구역을 말한다(WWF, 2003 : Roberts and Sargent, 2002 : Hannesson, 1998 : Sumaila, 1998).<sup>1)</sup> MPA를 지정하는 이유는 산란장이나 생육장을 어획으로부터 보호하여 산란 자원량 증대, 치어의 자원량 증대, 치어의 성장을 도모하여 향후 전체적인 자원량을 증대시키기 위한 것이다. 그리고 이러한 자원량 증대로부터 향후 어획량 수준을 향상시키려는 것이 MPA를 어업자원 회복수단으로 사용하는 이유 중의 하나이다.

세계적으로 이러한 어업자원 회복수단으로서 MPA가 적극적으로 시행된 지 얼마 되지 않아 MPA 효과에 대한 뚜렷한 실증적 분석을 한 연구는 그리 많지 않다.<sup>2)</sup> 단지 지금까지의 MPA 관련연구들은 대부분 이론적으로 MPA 효과를 분석하고 있는 정도이다. 하지만 이러한 이론적 연구들조차도 모든 해역에서

---

1) IUCN(1998)은 MPA를 '해수와 이와 관련된 동·식물, 역사·문화적 특성을 포함하는 공간대 혹은 조하대 영역으로서, 관련된 환경의 일부 혹은 전체를 보호하기 위하여 법률 혹은 그 외 효과적인 수단에 의하여 보호받고 있는 구역'으로 정의하여 단순히 어업자원 보호 이외에 가치 있는 유산의 보호, 관광, 휴양, 교육, 연구활동의 기회제공 등 그 범위를 광범위하게 포괄하고 있음. 하지만 대부분의 연구들이 어업자원 관리수단으로서 MPA를 정의하여 이에 대한 효과를 검증하려고 하고 있음(Beattie et al, 2002 : Hannesson, 2002 : Murray et al, 1999 : Allison et al, 1998 : Lauck et al, 1998 : Sumaila, 1998 : Creese and Cole, 1995 : Agardy, 1994 : Dungan and Davis, 1994).

2) MPA에 대한 실증적 분석결과에 대해서는 지금까지 몇 편 정도만이 소개되고 있는데, 케냐 몸바샤(Mombasa) 수역에 대한 MPA 설정 이후 어획량이 3배 이상 증가한 것으로 나타났고(McClanahan and Mani, 2000), 세인트루시아에서의 MPA 시행 결과에서도 어획량과 자원량이 평균 46~90% 정도 각각 증가한 것으로 분석되었음(Robert et al, 2001).

어업자원이 동질적(homogeneous)으로 분포한다고 가정하거나 또는 대부분 환경밀도(density-dependent) 차에 의해 어업자원이 산란장 및 생육장을 포함한 하부자원군 사이를 이동한다고 가정하여 분석된 MPA 효과로서 실질적인 신뢰성을 부여하기 어려운 면이 많다.

이처럼 어업자원 회복수단으로서의 MPA제도에 대한 효과가 추상적이지만 이 제도를 어업자원 회복수단으로 활용하기 위해서는 사전에 그 효과에 대한 분석이 실증적으로 행해지지 않으면 안 된다. 또한 다른 나라의 사례에서 MPA제도가 성공적이었다고 하더라도 우리나라에 적용할 때에는 이에 대한 효과 분석이 추가로 이루어져야 한다. 이는 어업을 둘러싼 생물학적·사회경제학적 환경이 나라마다 다르기 때문에 어업관리 수단의 효과도 다르게 나타날 수 있기 때문이다. 그리고 이론적으로도 보다 현실적인 가정을 바탕으로 한 효과 분석이 반드시 이루어질 필요가 있다.

특히 우리나라는 비교적 오래 전부터 어업자원 보호와 관련된 MPA를 지정해 왔으나 그 생물학적·사회경제적 효과 분석에 대해서는 거의 이루어지지 않고 있어 제도의 실효성에 의문이 제기되고 있다. 뿐만 아니라 해양수산부는 최근 바다목장화사업이 대규모로 이루어지고 있는 수역을 중심으로 MPA인 보호수면을 지정하여 어획을 전면 금지하면서 어업자원을 관리하고자 하고 있다. 바다목장화 사업은 막대한 정부예산이 투입되어 추진되는 향후 우리나라 수산자원 관리정책에서 아주 중요한 국책사업인 만큼 이러한 보호수면 등에 대한 효과 분석을 통해 향후 관련정책의 수립과 집행에 있어 객관적인 타당성과 정당성을 확보해야 할 것이다. 이러한 점에서 보다 현실적인 가정을 바탕으로 MPA제도에 대한 이론적 효과 분석과 실증 분석을 행해보는 것은 무엇보다 중요하다 할 수 있다. 그러나 MPA의 효과 분석 및 평가를 위한 방법론 등의 평가체계가 마련되어 있지 않은 것이 현재의 실정이다.

따라서 이 연구의 목적은 MPA의 효과 분석을 위한 방법론과 분석요인(Factor)을 검토하고 이러한 모형이 우리나라에 적용 가능한가를 검토하는 것이다.

이 연구는 우리나라에서 처음 시도되는 것으로 MPA제도에 대한 효과 분석과 효과측정을 위하여 필요한 요인 파악을 통해 향후 우리나라 어업자원 회복

수단으로 MPA제도를 적극 활용할 경우 그 효과 분석을 위한 중요한 자료로 활용될 것으로 기대된다.

## 2. 연구내용 및 방법

본 연구에서는 어업자원 회복수단으로서의 MPA제도에 대한 이론 및 실증적 분석을 통해 그 효과를 살펴보고, 실제 MPA 효과를 측정함에 있어서 필요한 방법론과 요인들을 도출하고자 한다. 이론 및 실증적 효과 분석에 있어서는 MPA제도의 생물경제학적 효과 분석과 사회경제적 효과 분석을 모두 고려하였다. 이는 어업자원 회복수단으로서의 MPA제도 효과를 분석함에 있어서는 자원량 변화와 이에 따른 어획량 변화도 중요하지만 이와 함께 이러한 변화가 사회경제적으로 어떠한 영향을 미치는가도 중요하기 때문이다.

Sumaila et al(2002)의 지적처럼 종합적인 MPA 효과 분석에 있어서는 생물경제학적 효과 분석 외에도 MPA제도를 통한 사회경제적인 효과 분석, 해양 환경 및 생태계 효과 분석 등이 행해져야 한다. 하지만 구체적인 이론 및 실증 연구가 없는 관계로 해양환경 및 생태계 효과 분석은 본 연구에서 제외되었다. 다만 MPA의 사회경제적인 효과도 생물경제학적 효과 못지 않게 중요해지고 있어 본 연구에서는 MPA제도에 대한 사회경제적인 효과를 분석한 사례들을 살펴보고, 그 효과 측정을 위한 방법론에 대해서 살펴보았다.

본 연구는 먼저 국내의 MPA 관련제도 현황을 살펴보고 MPA의 이론적 효과 분석 및 실증적 효과 분석, 그리고 우리나라 MPA제도 시행에 있어 효과 측정을 위한 요인들을 도출하는 것으로 구성되어 있다. 이를 위하여 본 연구의 내용은 다음과 같다.

먼저 제2장에서는 MPA 개념과 제도현황에 대하여 기술하였다. 이는 MPA의 효과 분석을 위해서는 먼저 MPA에 대한 개념정의가 우선되어야 하며, 우리나라의 경우에 적용하기 위해서는 관련제도를 세심하게 분석할 필요가 있기 때문이다.

제3장에서는 MPA에 대한 경제이론에 대하여 기술하였다. 이를 위하여 선행

연구의 동향을 살펴보고 이론적인 연구를 하였다. 이론적인 연구는 생물경제학적 자원량 증가에 대한 이론을 정립하였으며, 이와 함께 사회경제학적인 효과 분석을 위하여 MPA의 비시장가치를 평가하는 방법을 중심으로 기술하였다.

제4장에서는 MPA제도에 대한 국내외 효과 분석사례를 살펴보고 시사점을 도출하였다. 생물경제학적인 실증적 효과 분석에 있어서는 우리나라의 구체적인 MPA 실증사례를 찾을 수 없어 우리나라 어업자원과 관련 있는 일본의 도루묵 어업을 대상으로 MPA제도 효과를 연구한 관련 전문가를 초청하여 워크숍을 열고 여기서 나온 분석결과를 정리하였다. 사회경제학적인 실증효과 분석 사례로서 국외는 플로리다 해양보호구역의 사회경제 파급효과사례를 분석하였으며, 국내사례로는 MPA가 설치되는 바다목장의 경제성 실증사례를 분석하였다. 제4장에서는 MPA 효과에 대한 실증사례도 중요하지만 무엇보다도 중요한 것은 향후 모형구축을 위한 방법론이므로 이 부분을 위주로 분석하였다.

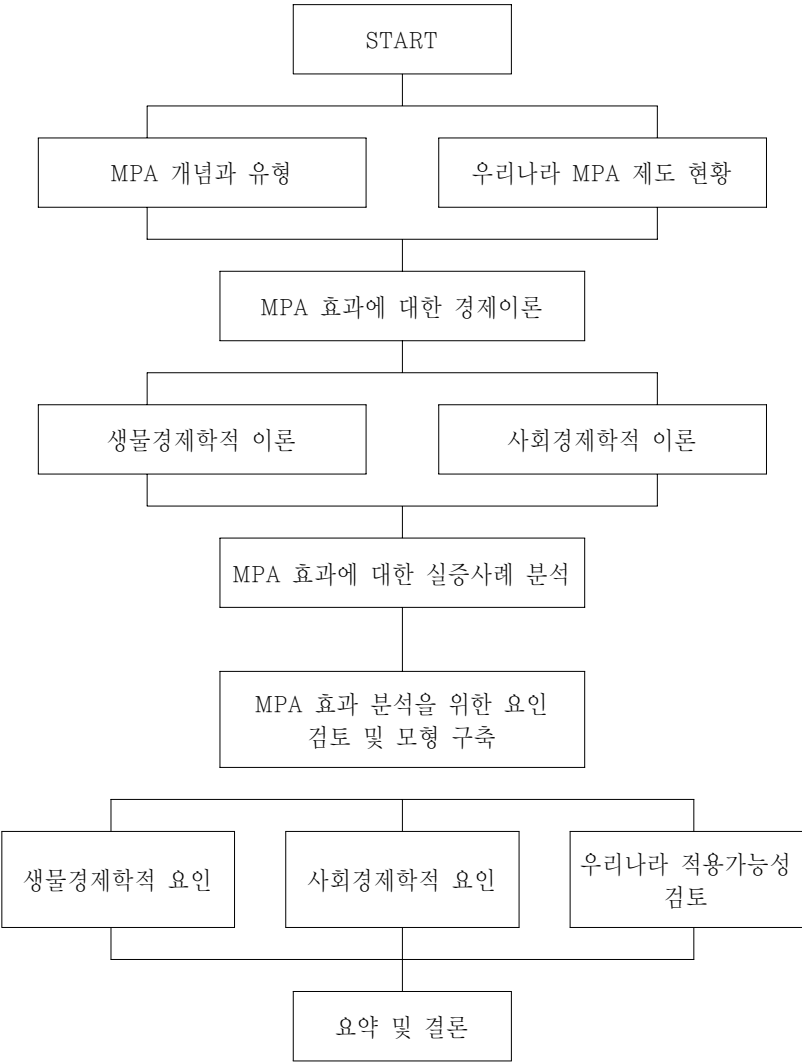
제5장에서는 자원회복수단으로서의 우리나라 MPA의 생물경제학적 효과 분석과 사회경제적인 효과 분석을 위한 요인들에 대해서 검토하였다. 이와 함께 요인 분석에 필요한 자료와 현재 우리나라에서 활용 가능한 자료들을 비교해봄으로써 적용가능성을 검토하였다. 또한 만일 적용이 힘든 경우 그 효과측정을 위해 더 조사되고 수집되어야 할 자료들에 대해서도 기술하였다.

마지막 결론의 6장에서는 향후 우리나라에 어업자원 회복수단으로서 MPA제도를 도입하기 위한 정책적 방향과 시사점을 제시하였다. 이상 본 연구의 흐름도를 도식화하면 다음의 〈그림 1-1〉과 같다.



〈그림 1-1〉

연구체계도



## 제 2 장 MPA의 개념과 현행 제도

### 1. 개념정의와 유형

효과적인 자연생태계 보전과 자원의 지속 가능한 이용방안은 보호구역으로 지정하여 관리하는 것이다.<sup>3)</sup> 세계 대부분의 국가가 육역과 해양의 자연자원 및 생태계에 대하여 체계적이며 계획적인 보전·이용·관리를 위하여 보호구역제도를 도입·시행하고 있으며, 보호구역의 수는 증가하는 추세를 보이고 있다.

현재 세계적으로 보호구역의 의미를 갖는 법적·시스템적 명칭은 1,400여개에 달하는 것으로 알려져 있어 매우 다양한 보호구역이 지정되어 있다. 세계자연보전연맹(International Union for Conservation of Nature : IUCN)은 최근에 이러한 각국의 다양한 명칭의 보호구역을 검토하여 해양에 관련된 보호구역으로서 해양보호구역(Marine Protected Areas : MPAs)에 대한 매우 포괄적인 개념정의를 내린 바 있다.

1998년 개최된 세계자연보전연맹(IUCN)의 제4차 세계공원대회에서 해양보호구역을 '해수와 이와 관련된 동·식물, 역사·문화적 특성을 포함하는 조간대 혹은 조하대 영역으로서, 관련된 환경의 일부 혹은 전체를 보호하기 위하여 법률 혹은 그 외 효과적인 수단에 의하여 보호받고 있는 구역'으로 정의<sup>4)</sup>하고 있다. 이 정의에 의하면 해양보호구역은 해양이라는 공간적 범위 그리고 법률적 효력을 가진 수단에 의해 지정·관리되는 제도로 간주할 수 있다.

이러한 IUCN의 정의는 매우 포괄적이지만 해양보호구역에 대한 유일한 개념정의로서 국제적으로 가장 널리 알려져 있다.

---

3) 한국해양수산개발원, 「서해연안 접경지역 남북한 협력관리 방안연구」, 2003, p.88

4) IUCN의 정의는 포괄적인 개념으로 각국이 반드시 이 정의에 따라야 하기보다는 이러한 기본 정의를 고려하여 각국의 여건에 적합한 정의를 규정하여 적용하고 있음.

현재 세계적으로 해양보호구역은 각국의 개별법에 의하여 다양한 지정 목적에 따라 다양한 형태와 명칭으로 설정되어 있는데, 그 종류를 대별해 보면 해양보전, 어족자원의 보호, 가치 있는 유산의 보호, 관광·휴양·교육·연구활동 등의 기회 제공으로 유형화해 볼 수 있다. 그리고 이들 해양보호구역에는 지정 목적에 적합한 보호를 위한 규제수단으로 보호구역별로 상이한 허용가능행위가 설정되어 있다. 출입 및 모든 행위를 금지하는 가장 엄격한 보호부터 허용 가능행위까지 각 규제수준에 맞게 해양보호구역을 관리하고 있다.

이러한 보호 정도 즉 규제수단에 따라 IUCN은 해양보호구역을 6개의 유형(절대보존구역, 국립공원구역, 천연기념물보호구역, 서식지 및 종 관리구역, 경관보호구역, 자원보호구역)으로 분류하고 있다(〈표 2-1〉참조). 이 유형분류의 기준은 규제의 정도와 지정대상 보호구역의 특징을 고려하고 있다. 이 유형분류에 따르면 출입 및 개발의 모든 행위가 금지되고 학술연구와 야생동·식물을 보호관리만 가능한 절대보존구역에서 자원의 이용관리의 보호구역까지 모든 공간의 이용과 관리를 포함하는 다양한 해양보호구역을 포괄하는 광범위한 분류라고 할 수 있다.

〈표 2-1〉

해양보호구역의 유형 분류

지정목적에 따른 유형	보호방법에 따른 유형(IUCN)
해양보존	절대보존구역 : 엄격한 보호
어족자원보존	국립공원구역 : 생태계 보전과 레크리에이션
관광·휴양기회 제공	천연보호구역 : 특정지역 자연적 보존
교육	서식지·종 관리구역 : 적극적인 관리를 통한 보존
과학적 연구기회 제공	경관보호구역 : 육상과 해양의 경관보전과 레크리에이션
-	자원보호관리구역 : 자원의 지속 가능한 이용

현재 우리나라의 해양보호구역은 총 12개의 법률과 4개의 관련부처에 의해 지정·관리되고 있으며, 이를 정리하여 제시하면 <표 2-2>와 같다.

명 칭		관련법률	관련부처	최초 지정연도
어업 자원 보호	수산자원보호구역	국토의계획및이용에관한법률	건설교통부 해양수산부	1975
	보호수면	수산업법	해양수산부	1972
	육성수면			1992
	수산자원관리수면	기르는어업육성법	해양수산부	미지정
	패류생산지정해역	수산물품질관리법	해양수산부	1973
	특정어업금지구역	수산자원보호령	해양수산부	1963
자연 생태계 보존 · 보전	해중경관지구	해양수산발전기본법	해양수산부	미지정
	습지보호지역	습지보전법	환경부 해양수산부	2000
	생태계보전지역	자연환경보전법	환경부 해양수산부	2002
	해상·해안국립공원	자연공원법	환경부	1968
	특정도서	독도등도서지역의생태계 보전에관한특별법	환경부	2000
	조수보호구	조수보호및수렵에관한법률	환경부	1984
	천연보호구역	문화재보호법	문화관광부	1972
	생물권보전지역	유네스코의 MAB	문화관광부	2002
기타 환경 관리	환경보전해역	해양오염방지법	해양수산부	1999
	특별관리해역			
	어장관리해역	어장관리법	해양수산부	미지정
	어장관리특별대책			

우리나라 해양보호구역의 관계법령 등을 살펴보면 다음과 같은 특징을 알 수 있다.

첫째, 수산생물 또는 수산자원보호의 해양보호구역제도가 타 해양보호구역 제도에 비해 훨씬 앞서 시작되었는데, 이는 해면에 대한 수산업적 이용 측면에서 이해관계자의 조정을 통한 조업질서의 유지와 재생산 가능한 수산자원보호의 중요성에서 기인한다고 볼 수 있다.

둘째, 해양수산부 출범 이후 ‘습지보전법’의 제정, ‘자연환경보전법’과 ‘해양수산발전기본법’등의 개정 등을 통하여 다양한 형태의 해양보호구역이 지정되었는데, 이로써 해양자연자원 및 해양생태계 보전의 측면에 관리초점을 맞춘 해양보호구역제도가 실시되기 시작하였다. 해양수산부의 출범을 계기로 개별법에 의하기는 하지만 다양한 형태의 해양보호구역제도가 도입·정착할 수 있는 제도적 기반이 마련되었다고 볼 수 있다.

셋째, 그러나 해양보호구역과 관련된 개별법령 및 관련부처의 다원화로 인해 해양에 대한 총체적 관리를 담당하고 있는 해양수산부는 해양보호구역에 대한 관리 주체가 되지 못하고, 그 역할이 소극적일 수밖에 없는 제도적 한계를 갖는다.

## 2) 지정 현황

우리나라의 해양보호구역은 지정 목적에 따라 크게 어업자원의 보호 측면, 자연생태계 보존·보전측면, 기타(환경관리) 측면 등 세 가지 유형으로 구분해 볼 수 있다. 수산자원보호의 해양보호구역의 대부분은 1960~1970년대 지정·관리되어 오고 있어 비교적 오랜 역사를 가지고 있다.

반면 자연생태계 보존·보전측면 및 환경관리 측면의 MPA는 2000년도에 접어들면서 새로운 관리대상의 필요성과 사회적 관심을 계기로 갯벌습지보호지역, 해양생태계보전지역 등이 지정되고 있는 실정이다. <표 2-3>은 우리나라의 해양관련 보호구역 지정 현황을 개괄적으로 정리하여 제시한 것이다.

〈표 2-3〉

해양보호구역별 지정 현황

유 형	보 호 구 역 명	개 소	면 적(km <sup>2</sup> )
어업자원 보호	수산자원보호구역	10	3,711
	보호수면	5	24
	패류생산지정해역	6	291
자연생태계 보존·보전	습지보호지역	5	141
	해양생태계보전지역	4	70
	해상·해안국립공원	4	3,348
	특정도서	155	10,223
	조수보호구	476	802
	천연보호구역	6	35
	생물권보전지역(MAB)	1	23
환경관리	환경보전해역	4	1,882
	특별관리해역	5	2,890

### 3. 어업자원 보호의 MPA제도와 문제점

우리나라 어업자원 보호의 MPA에는 ‘수산자원보호구역’, ‘보호수면’, ‘육성수면’, ‘수산자원관리수면’, ‘패류생산해역’ 등 5종류가 있으며 이들 MPA는 각 지정목적에 따라 개별법에 의하여 지정·관리되고 있다. 이들 5종류의 MPA별로 관련된 제도를 살펴보고 제도적 문제점을 검토하고자 한다.

#### 1) 관련제도

##### (1) 수산자원보호구역

어업자원의 보호·육성을 목적으로 하는 수산자원보호구역은 〈표 2-4〉에서 알 수 있듯이 남해안과 서해안을 중심으로 현재 전국 10개 구역이 지정되어 있다. 이 표에 의하면 특히 1982년에 수산자원보호구역이 대폭적으로 확대 지정되는데 그 이유는 제2차 국토종합개발계획(1982년)에 의해 두 가지로 요약

할 수 있다. 하나는 양식적지의 타목적 전용을 규제하기 위함이고, 다른 하나는 임해공업단지와 도시지역으로부터 바다오염을 방지하기 위하여 양식적지와 어패류의 산란장 및 서식장 등 수산자원 보전에 필요한 해역을 보호한다는 것이다.

〈표 2-4〉

수산자원보호구역 현황(해면)

구역명	위치	면적(km <sup>2</sup> )			지정일자
		합계	육역	해역	
합계		3,710,508 (100%)	1,232,264 (33.2%)	2,478,244 (66.8%)	
한산만구역	경남 통영, 거제, 고성 일원	535.66	218.99	316.67	75. 3. 21
진동만구역	경남 마산, 통영, 거제, 고성 일원	285.30	45.90	239.40	75. 3. 21
남해·통영 I 구역	경남 남해, 하동 일원	131.6	0.6	131	75. 3. 21
천수만구역	충남 태안, 서산, 홍성 일원	213	82	131	78.11. 22
남해·통영 II 구역	경남 남해, 하동, 통영, 사천, 고성 일원	530	133.39	396.61	82. 1. 8
완도구역	전남 완도, 해남, 강진, 보성 일원	660.038	299.424	360.614	82. 1. 8
특량만구역	전남 고흥, 보성, 장흥 일원	458.91	124.96	333.95	82. 1. 8
영광구역	전남 영광, 무안, 함평 일원	275	116	159	82. 1. 8
가막만구역	전남 여수 일원	199	91	108	82. 1. 8
여자만구역	전남 고흥, 여수, 보성, 순천 일원	422	120	302	82. 1. 8

자료 : 해당시·군 내부자료.

그리고 지정 목적 및 현재의 지정 위치 등을 고려해 보면 수산자원보호구역은 양식의 적지인 연안의 주요한 만과 그 만에 인접하는 육역의 등고선을 중심으로 구체적인 지번고시 없이 행정구역을 단위로 매우 포괄적으로 지정되어 있다.

수산자원보호구역을 관리하는 법제도로는 건설교통부 소관의 ‘국토의계획및

이용에관한법률'과 해양수산부령인 '수산자원보전지구관리요령'이 있다. '국토의 계획및이용에관한법률'에 따르면 건교부 장관은 수산자원보호구역의 지정 및 변경의 권한을 가지고 있으며, 육역의 수산자원보호구역에 대해서는 건폐율 제한, 용적율 제한 및 행위 제한 등의 수단으로 관리하고 있다.

한편 수산자원보호구역의 해역에 대한 관리는 '수산자원보전지구관리요령'<sup>5)</sup>에 의거하여 수산자원보전계획을 수립할 수 있으며, 관리자인 시·도, 시장·군수는 오염물질배출시설물(폐수배출시설, 매립·간척사업장, 군사·해사채취사업장, 가축방목현황)에 대한 조사를 매 반기 1회 이상 실시하고 그 기록을 비치하도록 하고 있다. 그리고 국립수산물품질관리원은 수질환경조사를 매 분기 1회 이상 실시하고 자원변동 상황과 수질환경 조사결과를 종합·분석하여 해양수산부 장관에게 보고서로 작성·제출하고 매 5년마다 사업보고서를 작성하도록 하고 있다.

그러나 시·군의 책임과 의무로 되어 있는 오염원조사와 관리부 비치 및 보고 여부에 대하여 일부 시·군의 관리는 잘 되지 않고 있는 실정이다. 수산자원보호구역의 육역부가 광범위한 데 비해 실태조사를 위한 시·군의 행정인력은 부족하여 현실적인 조사가 불가능하고, 그리고 수산자원보호구역내 조사라고 하더라도 건축과 오염에 관련되는 것은 도시과 또는 환경과의 업무영역으로 주무 담당부서인 해양수산과는 제때에 현황을 파악하지 못해 적절한 대처를 하지 못하고 있다.

## (2) 보호수면

보호수면은 수산동물의 산란 및 수산 동·식물의 종묘발생이나 치어의 성장보호를 목적으로 시·도지사의 신청에 의해 해양수산부 장관이 지정하는 일정 해역으로 현재 고흥군 주변 여자만과 득량만에 4개소 1,827ha가 지정되어 있다. 또한 최근 바다목장사업수역 중 일부를 지정하여 관리하고 있다(<표 2-5> 참조).

이 표에서 알 수 있듯이 1989년 이후 일반 해면에 대하여는 보호수면을 지정하지 못하고 있으며, 2000년도에 인공구조물인 바다목장시설이 설치된 해역

5) 2003년 '국토의계획및이용에관한법률'이 제정·시행됨에 따라 현재 개정 검토 중에 있음.



주변에 지정하고 있는 것이 특징이다. 향후 정부의 중요 시책 중의 하나인 바다목장사업이 전국에 추진될 것을 감안한다면 바다목장사업수역에 대한 보호수면 지정은 더욱 늘어날 것으로 전망된다.

〈표 2-5〉

보호수면 현황(해면)

수 면 명(고시번호)	위 치	면 적(ha)	지정일자
합 계		2,366.6	
제3호	고흥군 과역면 백일리 지선	1,143	82. 10. 13
제7호	고흥군 금산면 연흥리 지선	421	82. 10. 13
제33호	고흥군 도덕면 가야리 지선	225	88. 3. 12
제36호	고흥군 금산면 신평리 지선	38	89. 6. 16
제113호	통영시 산압읍 곤리 일원 (바다목장 사업수역)	539.6	00. 12. 19

자료 : 해양수산부 내부자료.

보호수면은 ‘수산업법’에 그 법적 근거를 두고 있으며, 구체적인 지정요건 및 관리방법 등은 ‘보호수면의 지정 및 관리에 관한 규칙’에 의하고 있다. 이들 법제도에 의하면 보호수면에 대한 행위 제한은 허용행위열거방식으로 강한 규제임과 동시에 보호수면 안에서는 누구든지 어로행위를 해서는 안 된다. 각종 공사와 어로의 제한을 받는 보호수면은 MPA제도에서 운용되고 있는 핵심지역(core zone), 또는 절대보존지역(no take zone)에 해당한다고 볼 수 있다.

이러한 특징을 가진 보호수면은 우리나라 MPA 중에서 가장 규제가 강한 보호구역으로 평가될 수 있는데, 이러한 강한 규제를 받는 해양보호구역은 현재까지 보호수면이 유일하다고 할 수 있다. 그리고 보호수면에 대한 관리를 살펴보면 관리계획을 수립·시행하도록 하고, 관리자는 관리 실태를 조사하고, 그 결과를 해양수산부에 보고하도록 하고 있어 제도상의 관리시스템은 잘 갖추어져 있다고 할 수 있다.

그러나 보호수면은 어업관리수단 목적의 MPA로 매우 협의의 지정 목적으로 인해 지역개발의 압력을 견디지 못하고 시·도지사의 직권으로 대부분의 보호

수면이 해제되어 양식장으로 개발된 사례가 많은데 지방자치제도의 실시 이후 이러한 경향은 더욱 뚜렷하게 나타났다.

현재 해양수산부는 정부예산이 투입되는 바다목장화사업해역에 대하여 수산업법에 의거 보호수면을 지정하여 바다목장화해역의 수산자원을 보호·관리하고자 한다. 기존의 보호수면 관리 실태의 사례를 거울삼아 향후 정부예산이 투입되는 바다목장화사업해역의 보호수면 지정·해제 권한은 반드시 해양수산부가 담당해야 한다. 그리고 지속 가능한 이용을 위하여 이용관리자와 지방자치단체는 자주적이고 지역특성에 적합한 유연한 관리를 해야 한다.

### (3) 패류생산지정해역

우리나라는 패류 수출을 위하여 미국, 일본, EU 등과 위생에 관한 협정<sup>6)</sup>을 체결하고 있는데 이들 국가에서는 자국민의 건강을 보호하기 위하여 제품의 안전성을 수출국에서 입증하는 것을 요구하고 있다. 이에 해양수산부는 이러한 요건을 충족시키기 위하여 패류만 생산하는 지정해역을 지정·고시하여 관리하고 있다(〈표 2-6〉참조).

〈표 2-6〉

패류생산해역 현황

해역명(지정해역)	위 치	면적(ha)	생산패류
한산·거제만해역 (제1호해역)	경남 통영시 및 거제시	2,050	굴
자란만·사량도해역 (제2호해역)	경남 통영시 및 고성군	9,492	굴, 피조개
미륵도해역 (제3호해역)	경남 통영시	3,107	"
가막만해역 (제4호해역)	전남 여수시	4,188	굴, 피조개, 새조개
나로도해역 (제5호해역)	전남 고흥군	4,398	바지락
창선해역 (제6호해역)	경남 남해군	5,860	진주담치
합 계		29,095	

자료 : 해양수산부·국립수산물과학원, 「한국패류위생관리 연차보고서」, 2003, p.3.

6) 한국산 패류를 미국에 수출하기 위해 FDA와 한·미패류위생협정(1972) 및 이행 양해각서(2003. 10. 28) 체결하였으며, 미국의 패류위생계획에 준하는 한국패류 위생계획(KSSP)을 운영함.

1970년대 초부터 굴 등 패류 가공품의 수출지원을 위해 수출용 패류생산지정해역이 관리되고 있으며, 현재 남해안 일원에 6개소가 지정되어 있다. 또한 국립수산물과학원에서는 향후 남해안에만 설정되어 있는 지정해역을 동·서해안으로 확대할 계획에 있다. 이러한 계획의 일환으로 서해안의 충남 태안군 남면의 바지락 생산해역에 대한 위생조사를 2001년부터 실시하고 있으며, 서천군 비인면 해역에 대한 위생조사도 2004년 7월부터 실시할 계획이다.

패류생산지정해역은 ‘한·미패류위생협정(1972)’ 및 ‘대미수출용 패류의 위생관리양해각서’와 국내법인 ‘수산물품질관리법’에 의거하여 지정·관리·운용되고 있다. 그리고 미국으로 수출되는 패류의 안전성을 보장하기 위하여 미국패류위생계획(NSSP)에 준하는 패류위생관리계획을 수립·시행하고 있다.

지정해역에 대한 위생조사업무는 국립수산물과학원에서 수행하고 있으며, 패류가공등록공장에 대한 위생관리업무는 국립수산물품질검사원과 국립수산물과학원이 합동으로 수행하고 있다. 그리고 지방자치단체에서는 지정해역을 비롯한 연안해역 수질보전 및 관리에 관한 각종업무를 수행하고 있다.

지정해역에 대한 위생조사는 월 1회 이상 세균학적 조사를 실시하고 있으며, 그 외 패류독소 및 각종 이화학적 오염물질(농약, 중금속, 방사능물질 및 항생물질 등)에 대하여 정기조사를 실시하고 있다. 2001년 1월부터 2003년 12월까지 실시한 지정해역에 대한 세균학적 위생조사 결과 NSSP 규정의 허가해역 수질기준에 부합되는 것으로 나타났다.

패류생산지정해역에 대한 관리와 운용은 국내 패류의 대미 수출과 직접적인 관련이 있으므로 비교적 철저하게 이루어지고 있다고 할 수 있다. 매년 미국 실사단이 내한하여 우리 측과 함께 공동으로 현지 위생조사를 실시하고, 그 결과에 따라 생산을 제한하거나 패류생산지정해역을 해제할 수 있도록 제도화되어 있다. 뿐만 아니라 지정요건 또한 매우 까다롭게 규정되어 있다.

패류생산지정해역의 경우는 제도적으로 유일하게 행위제한 규정을 두고 있지 않으면서 위생조사 및 점검계획에 의한 지정, 위생관리계획, 매월 1회 실시하는 위생조사, 생산제한 등의 방법과 수단으로 관리되고 있는 특징이 있다. 그리고 해양수산부와 국립수산물과학원에 의한 ‘한국패류위생관리 연차보고서’가 발행되고 있는 등 관리 실태는 양호한 것으로 사료된다.

#### (4) 육성수면

육성수면은 수산업법 제70조 및 제71조에 의해 해면에 정착성 수산동·식물이 대량 서식하는 수면 또는 수산자원의 조성을 위하여 수산종묘를 방류하거나 시설물을 설치한 수면에 대하여 시·도지사가 해양수산부 장관의 승인을 얻어 지정하는 곳으로 수산자원의 추정량과 생산계획량을 고려하여 한시적으로 지정하는 것이 특징이다. 현재 육성수면은 그 유효기간이 만료되어 지정된 곳이 없다.

〈표 2-7〉

육성수면 현황

시·군	위 치	면적(km <sup>2</sup> )	유효기간
여천시	여천시 묘도동 지선	8.262	97. 5 ~ 2000. 5
광양시	광양시 황금동 지선	0.975	"
여천시	여천시 송도 지선	4.90	"
군산시	군산시 옥도면 어청도 지선	10.0	99. 8 ~ 2002. 8
	군산시 옥도면 말도 지선	2.00	"
	군산시 옥도면 말도 지선	15.0	97. 9 ~ 2000. 9
부안군	부안군 위도면 지선	40.0	"
광양시	광양시 골약동 지선	0.939	04. 2. 26 ~ 04. 5. 15
여수시	여수시 묘도동 지선	6.7387	"
계		88.8147	

자료 : 해양수산부 내부자료.

육성수면은 ‘수산업법’과 ‘육성수면의 지정 및 관리에 관한 규칙’에 의거하여 지정·이용·관리되고 있다. 육성수면을 관리하기 위한 관련제도의 내용을 살펴보면 관리규정과 지정요건이 타 보호구역에 비해 매우 상세하게 규정되어 있다. 관리위원회를 구성하도록 하고, 육성수면의 이용관리를 정하고 있다. 이러한 육성수면의 관리제도는 보전관리보다는 이용관리에 주안점을 두고 있다고 할 수 있다. 즉 육성수면제도는 이용자의 자격과 수를 한정하고, 어선어구의

종류, 수, 포획, 채취량 및 시기를 정하여 육성수면을 이용 관리하도록 하고 있다.

육성수면의 이용을 둘러싼 이권에 대한 갈등과 분쟁이 예상되므로 이러한 갈등과 분쟁의 소지를 사전에 차단하고, 조업질서를 유지하기 위하여 제도적으로 관리위원회를 구성하고, 이용관리를 상세하게 규정하고 있는 것이다.

지금까지의 육성수면의 지정실적을 살펴보면 지정하는 주된 사유 중의 하나가 정착성 수산동·식물이 대량 서식하는 수면으로 대상품종은 주로 새꼬막, 새조개, 키조개 등의 주로 패류이고 이들 패류에 대한 서식실태만을 조사하여 육성수면으로 지정하고 있는 실정이다.

#### (5) 수산자원관리수면

수산자원관리수면은 ‘기르는어업육성법’에 따라 시·도지사가 인공어초 또는 바다목장 시설물을 설치했거나 설치할 예정인 수면에서 어업적 이용 목적에 의해 지정되고 있다. 수산자원관리수면은 현재까지 지정된 곳은 없으나, 해양수산부는 앞으로 바다목장 시범모델 5개 지역과 인공어초<sup>7)</sup>가 설치된 수면에 대하여 수산자원관리수면으로 지정하여 어업인의 어업적 이용을 허용하고자 한다.

어업적 이용을 위해서는 제도적 보완이 필요한데 현행 ‘기르는어업육성법’에는 수산자원관리수면 지정과 행위 제한에 대해서만 규정되어 있을 뿐이다. 따라서 구체적인 수산자원관리수면의 지정·관리규정에 대하여 법제도적으로 미흡한 부분을 보완하기 위해 해양수산부는 ‘수산자원관리수면업무처리요령’을 마련하여 수산자원관리수면을 지정·관리·이용하게 함에 있어 업무 처리의 일관성 및 통일성을 기하고자 한다.

이 ‘수산자원관리수면업무처리요령’의 주된 내용을 살펴보면 지정대상, 관리수면의 범위 및 지정방법, 관리수면이용, 관리수면관리·이용규정, 관리수면관리자, 서류의 작성·비치, 실태조사 및 보고 등이다. 수산자원관리수면의 관리에 대해서는 어느 정도 제도적 기반이 마련되었으나, 향후 관리수면지정, 관리이용규정 등 일부내용에 대한 상세한 보완이 요구된다.

7) 2003년 7월 이후 설치되는 어초.

## 2) 문제점

우리나라 5종류 MPA의 관리제도에 대한 검토를 통하여 다음과 같은 문제점을 지적할 수 있다. 그리고 향후 우리나라 어업 및 자원관리정책에서 MPA를 중요한 관리수단 즉 어업자원회복 등의 수단으로 적극적으로 활용하는 방안을 추진하고자 한다면 제도적 문제점에 대한 보완이 시급한 것으로 사료된다. 우리나라 MPA의 문제점을 기술하면 다음과 같다.

첫째, 5종류의 MPA와 관련하여 법제도적 관리수단을 정리한 것이 <표 2-8>이다. 패류생산지정해역을 제외한 4종류의 MPA는 제도적으로 허용행위만 열거되어 있는 규제 정도가 강한 행위 제한방식을 채택하고 있다. 이로 인해 지역주민은 생활의 불편과 경제적 불이익 등을 당하고 있지만 지정과 관련하여 주민의견을 수렴한다든지, 불편함과 불이익에 대한 적절한 지원대책 등이 제도적으로 마련되어 있지 않다. 따라서 새로운 MPA를 지정하거나 변경하기가 매우 어려운 실정이다.

<표 2-8>

어업자원보호로서의 MPA 관리수단

MPA 명칭	지 정	해 제	관리 보전 계획	행위 제한	출입 제한	생 산 제 한	어 획 금 지	주민 지원	위생 조사	오염 원조 사	수질 환경 조사	서식 실태 조사	주민 의견 수렴	손실 보상	토지 수용	관리 부비 치 및 보고
수산자원 보호구역	√	√	√	√*						√	√					√
보호수면	√	√	√	√*			√									√
패류생산 지정해역	√	√	√			√			√							
육성수면	√	√	√	√*								√				√
수산자원 관리수면	√	√	√	√*												

주 : √\*은 허용행위열거방식(positive system).

둘째, 수산자원보호구역의 경우는 육역에 대한 행위규제는 매우 강하나 해면이용과 관련된 어업 측면에서의 규제는 거의 없는 실정이다. 따라서 산란장, 서식장 및 양식장 보호라는 수산자원보호구역의 지정 목적을 달성하기 위해서는 해면이용에 있어 보다 적극적인 의미에서 어업행위 제한 등이 포함된 관리규정이 마련되어야 한다.

셋째, 수산업법에 근거를 두고 있는 보호수면제도는 가장 강력한 MPA제도로 평가할 수 있으나, 현실적으로는 보호수면의 수산업적 이용에 보다 무게 중심을 둔 결과 시·도지사의 직권으로 대부분의 보호수면이 해제되어 양식장으로 개발되었다. 즉 고시번호가 113호까지 있으나 현재 지정되어 있는 보호수면은 5개에 불과하다. 보호수면에 대한 지정·관리를 제대로 하기 위해서는 해양수산부가 보호수면의 지정·관리의 주체가 되어야 하며 이와 관련된 법제도적 기반이 마련되어야 할 것이다.

넷째, 육성수면제도는 수면의 효율적 이용과 이용상의 질서유지를 위하여 만들어졌다고 볼 수 있다. 따라서 주로 서식 실태만을 조사하여 지정수면으로 인정하고 있는 실정이다. 이러다 보니 최근 해양환경오염으로 중금속이 검출된 해역이 육성수면으로 지정되어 이용된 사례가 있어 우려의 목소리가 있다. 따라서 향후 육성수면 지정시 서식 실태조사와 함께 해양환경조사를 의무화하여 서식환경의 강화에 대한 제도개선이 요구된다. 뿐만 아니라 관리위원회의 구성을 보면 주로 어업인인 이용자 중심으로 구성되어 있는데 향후 수산식품 안전성 등을 고려하여 관리위원회에 환경전문가를 포함시켜 육성수면의 지정 또는 이용관리시 환경에 대한 자문을 구하는 체제를 갖추는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

다섯째, 국가가 막대한 예산을 투입하여 설치한 인공어초 또는 바다목장에 대하여 시·도지사는 당연히 수산자원관리수면으로 지정하여 이용·관리하도록 제도화되어 있다. 그러나 2004년 11월 말 현재까지 전국에 수산자원관리수면으로 지정된 수면은 없는 실정이지만 마땅한 제재 수단이 마련되어 있지 않다. 국가의 예산이 50% 이상 투입되는 공공시설물에 대한 수산자원관리수면의 지정·해제는 시·도지사보다는 해양수산부 장관의 권한으로 하고 이용관리에 대한 권한만을 시·도지사에게 부여하는 제도개선이 이루어져야 한다.

여섯째, 보호수면제도와 수산자원관리수면제도가 상호 유기적인 관계를 갖지 못하여 제도의 비효율성이 제기될 수 있다. 예를 들면 인공어초 또는 바다목장시설수면에 보호수면 또는 수산자원관리수면을 지정하고자 할 때 제도적으로 보호수면은 해양수산부 장관 또는 시·도지사가 지정해야 한다는 강제가 아닌 지정할 수 있다는 것이다. 반면 수산자원관리수면은 시·도지사가 지정해야 하는 강제조항으로 되어 있다. 규제수준에 의하면 보호수면이 수산자원관리수면보다 훨씬 강하므로 MPA의 효과는 보호수면이 더 클 것으로 사료되지만 제도에 의하면 보호수면을 지정하지 않고 수산자원관리수면을 지정할 수 있도록 되어 있어 제도적 결함을 지적할 수 있다. 따라서 보호수면의 지정을 강제할 수 있도록 제도개선이 필요하다.

일곱째, 현행 제도에 의하면 바다목장화사업해역 중 보호수면으로 지정된 수면 외측에 시·도지사가 수산자원관리수면을 지정해야 수면을 이용할 수 있다. 이럴 경우 보호수면은 '수산업법', 수산자원관리수면은 '기르는어업육성법'으로 이원적으로 지정·관리하게 되어 담당 부서가 다르고 관리의 혼란이 초래될 가능성이 있다. 따라서 '기르는어업육성법'으로 일원화시켜 종합적 관점에서 지정·관리하는 것이 효율적인 것으로 사료된다. 즉 인공어초 또는 바다목장시설 등 인위 또는 인공구조물에 대한 보호수면의 지정·관리는 '기르는어업육성법'에서 규정하도록 하고, 자연상태의 수면에 대한 보호수면은 현행의 수산업법에서 규정하도록 하는 것이다.

여덟째, 보다 합리적인 방법으로는 앞으로 새로 제정될 것으로 예상되는 '자원관리법'(가칭)에서 MPA를 통합·정비하여 일원화시키는 방안이다. 현재 입법예고 중인 '해양생태계보전및관리에관한법률'(안)속에 해양보호구역의 지정·관리규정이 있으나 이는 해양의 자연자원의 보전에 보다 중점을 둔 규정이다. 따라서 어업관리수단으로서의 MPA 경우는 보호와 보전을 하면서 수산자원의 지속 가능한 이용이 중요하므로 '해양생태계보전및관리에관한법률'보다는 '자원관리법'에서 규율하는 것이 법의 목적과 MPA의 목적에 부합하는 것으로 사료된다.



## 제 3 장 MPA 효과에 대한 이론적 분석

### 1. 자원량 증가 효과에 대한 생물경제학적 이론

#### 1) 선행연구 검토

세계적으로 MPA가 새로운 어업관리수단으로 시행된 지 얼마 되지 않았기 때문에 MPA 효과에 대한 실증적 연구는 그리 많지 않다. 지금까지의 MPA 관련연구들은 대부분이 이론적으로만 MPA에 대한 효과를 분석하고 있는 정도이다. 하지만 이론적 연구들에 있어서도 비교적 초기의 연구들은 모든 해역에서 어업자원이 동질적으로 분포한다고 가정하거나 또는 대부분 환경밀도 차에 의해 어업자원이 이동한다고 가정하여 분석결과에 대한 해석상의 한계가 있었다. 하지만 최근 들어서는 보다 실질적인 자원분포 형태를 바탕으로 한다던지 혹은 어업비용에 따른 어획노력량 변화 효과를 고려하여 보다 현실적인 MPA 효과 분석을 시도하고 있다. 더욱이 이러한 자원량 및 어획량 변화 추정 외에도 어업관리수단으로서의 관리비용적 측면, 아직 초기단계이지만 해양생태계에 대한 영향 등도 분석되고 있는 실정이다. 지금까지의 MPA 관련 주요 연구들을 요약해 보면 다음과 같다.

Polacheck(1990)<sup>8)</sup>의 연구는 MPA 효과를 분석한 최초의 연구라 할 수 있다. MPA라는 용어 대신 금어구역(Closed Areas)으로 표현하고 있지만, MPA 개념과 동일하게 금어구역제도에 대한 효과를 분석하고 있다. 환경밀도(density-dependent) 차에 의해 어종이 각 자원군을 이동한다고 가정하고 있으며, 금어구역의 크기(size of closed areas)와 자원의 이동률(migration rate)에 따라 자원량과 어획량 변화를 분석하였다. 분석결과는 자원의 이동률

---

8) Polacheck, T. (1990). Year round closed areas as a management tool. Natural Resource Modeling. Vol. 4. pp.327~354.

이 커질수록 자원량 증대 효과가 감소하는 것으로 나타났다. 그리고 금어구역의 크기가 작을수록 금어구역의 기대 효과 또한 감소하는 것으로 평가되었다. 따라서 자원의 이동률이 작은 어종(저서어종)에 대해서 금어구역의 크기를 크게 하여 보전구역을 설치할 것을 권고하였다.

Sumaila(1998)<sup>9)</sup>는 생물경제모델(Bioeconomic Model)을 이용하여 북동대서양 바렌츠 해(Barents Sea) 대구 어업자원을 대상으로 MPA에 대한 효과를 분석하였다. 무엇보다 본 연구의 가장 두드러진 점은 경제적 지대의 극대화를 위한 가장 합리적인 MPA의 사이즈를 구하려고 시도한 것에 있다고 볼 수 있다. 물론 정확한 자원의 이동률을 구하지 못해 이동률을 가정하여 분석했지만, 최적의 경제적 효과를 얻을 수 있는 MPA의 크기를 추정했다는 점에서는 상당히 의의가 있다. 하지만 어획노력량 수준 증대에 따른 경제적 효과 즉, 어업비용 증가에 따른 어획노력량의 감소 효과 등을 고려하지 않아 보다 현실적인 MPA 효과 분석이 이루어지지 못한 한계가 있다.

Hannesson(1998)<sup>10)</sup>의 연구는 Polacheck(1990)과 Sumaila(1998) 연구와 같이 해역에 동질적인 자원의 분포를 가정하면서 MPA의 크기와 자원의 이동률을 중심으로 MPA에 대한 효과를 분석하였다. 하지만 기존 선행연구들과 다른 점은 어업비용을 분석모델에서 고려하여 어업비용에 따른 어획노력량 수준 변화를 고려했다는 점이다. 분석결과 어획가능구역에서 무분별하게 어획노력량 수준이 증가하지는 않지만, 기존의 연구결과와 동일하게 자원의 이동률이 클수록, MPA의 면적이 작을수록 그 기대효과가 상쇄된다고 결론짓고 있다. 하지만 여전히 자원군 간의 자원 이동을 환경밀도 차에 의해서만 설명하고 있으므로 현실적인 자원 이동을 설명하지 못한 한계점을 가지고 있다.

Armstrong and Seithe(2001)<sup>11)</sup>는 Hannesson(1998)의 연구를 확장하여 관리비용 측면을 부가하여 MPA 어업관리제도의 유용성을 강조하였다. 구체적으

9) Sumaila, U. R. (1998). Protected Marine Reserves as Fisheries Management Tools : A Bioeconomic Analysis. Fisheries Research, Vol. 37. pp.287~296.

10) Hannesson, R. (1998). Marine Reserves : What Would They Accomplish?. Marine Resource Economics, Vol. 13. pp.159~170.

11) Armstrong and Seithe2. (2001). Marine Reserves : Will They Accomplish More With Management Costs?. Marine Resource Economics, Vol. 16. pp.165~175.

로 Arnason(1998)<sup>12)</sup>의 관리비용모형을 Hannesson(1998) 모델에 첨가했는데, MPA 어업관리제도의 경우 관리비용이 적어 보다 큰 사회경제적 이익이 발생할 수 있다고 결론지었다.

Sanchirico and Wilen(1999, 2001)<sup>13)</sup>의 연구는 기존의 어종이동형태(밀도종속적 모델)에서 벗어나 다양한 자원분포 모형을 제시한 최초의 연구이다. 구체적으로 제시된 모형은 완전통합모형(Fully Integrated System), 폐쇄모형(Closed system), 발생지-유입지 모형(Source-Sink System), 다수 발생원 모형(Multiple-Source System), 부분적 선형모형(Spatially Linear System)이다.

Hannesson(2002)은 Sanchirico and Wilen(2001)의 연구를 바탕으로 두 하부자원군(two-patch system)을 가정하여 밀도종속적 자원이동 모형을 대상으로 MPA 효과를 분석하였다. 그 결과 기존 Hannesson(1998)의 연구결과와 달리 MPA 지정 후 자원량 증대결과가 뚜렷하게 나타났다. 그는 생물학적 변수에 따라 MPA 지정 후의 어획량 변화가 지정 전보다 증가할 수도 혹은 감소할 수도 있음을 지적했다.

Robert and Sargent(2002)<sup>14)</sup>는 기존 연구와는 다른 분석방법을 사용하여 MPA에 대한 효과를 분석하였다. 구체적으로 해역 전체를 하나의 단위로 가정하여 해역 안에 있는 산란장, 서식장, 서식장과 산란장으로의 이동경로를 각각 하나의 MPA 대상으로 하여 분석하고 있다. 특히 이 연구에서는 MPA 지정에 따른 직접적인 어획량과 자원량의 증대 효과보다는 산란장의 보호, 서식처의 보호라는 측면에서 MPA의 유용성을 강조하고 있다. 즉, 산란장이나 서식처가 파괴되면 근본적인 수산자원 회복이 불가능해지므로 이러한 산란장과 서식처

12) Arnason, R. (1999). Costs of Fisheries Management. Fiskeriokonomiske smask-rifter, 38.

13) ① Sanchirico, J. and J. Wilen, (1998). Marine Reserves: Is there a free lunch?. Resources for the future. Discussion Paper, pp.99~102.

② Sanchirico, J. and J. Wilen, (2001). A Bioeconomic Model of Marine Reserve Creation. Journal of Environmental Economics and Management, Vol. 42, pp.257~276.

14) Robert, C. and H. Sargent, (2002). Fishery Benefits of Fully Protected Marine Reserves. Natural Resource Modeling, Vol. 15(4), pp.487~507.

를 보호하기 위해서는 MPA가 어업관리 정책수단으로서 반드시 필요하다고 주장하였다.

## 2) 효과에 대한 이론적 접근

### (1) 분석 방법론

앞서 살펴본 바와 같이 선행연구들은 대부분 환경밀도(density-dependent) 차에 의해 어종이 각 하부자원군(sub-population)을 이동한다고 가정하고 있으며, 금어구역의 크기와 어업자원의 이동률(migration rate)에 따라 자원량과 어획량 변화를 분석하고 있다. 분석결과는 자원의 이동률이 커질수록 그리고 금어구역의 크기가 작을수록 자원량 증대 효과가 적은 것으로 나타났다. 하지만 모든 해역에서 어업자원이 동질적(homogeneous)으로 분포하고 있고, 환경밀도 차에 따라 어업자원이 이동하는 것으로 가정하고 있어 MPA 크기나 자원 이동률을 고려한 MPA 효과 분석결과가 현실적으로 신뢰성이 떨어지는 문제점이 있다. 또한 어업활동에 따른 경제적 효과 분석이 없어 어업가능구역에서 무차별적으로 어획강도가 증가하여 MPA의 자원량 증대 효과가 상실될 수 있다고 분석한 것 또한 연구의 한계점으로 지적될 수 있다.

본 연구에서는 다음과 같은 부분을 추가함으로써 기존 연구들의 한계에서 벗어나 보다 현실적인 MPA 효과에 대한 분석을 행하였다.

첫째, 자원분포 특성에 있어 기존의 밀도종속적 모형 외에 Sanchirico and Wilen (1999)이 제시한 다양한 자원분포 모형을 고려하였다. 연구에서는 특히 다양한 자원분포 모형 가운데 가장 현실적인 것으로 판단되고 있는 폐쇄모형(Closed System), 발생지-유입지 모형(Source-Sink System)을 추가하여 두 곳에 이질적으로 분포하고 있는 하부자원군을 대상으로 MPA 지정 전·후의 각 모형에 있어서 자원량과 어획량 변화를 분석하였다.

둘째, 각 모형에 있어서는 생물학적 자원량 변화 효과와 함께 어업활동에 대한 경제적 효과(어획노력량 수준에 따른 어업비용 변화)를 함께 고려해서 어획량 변화를 분석하였다. 구체적으로는 각 모형에 있어서 MPA 지정 후 어획

노력량 수준 변화를 분석하고 이에 따른 어획량 증감 효과를 살펴보았다.

셋째, MPA제도와 다른 어획노력량 통제수단(input controls)이 병용되면 자원량 증대 효과가 더욱 커질 것이라는 가정하에 MPA와 어획노력량 통제수단의 병용에 따른 자원량과 어획량 변화도 함께 분석하였다.<sup>15)</sup>

## (2) 생물학적 모델

구체적인 자원분포 특성에 따른 MPA 효과를 분석하기 이전에 여기서는 일반적인 자원 이동에 대한 특성을 살펴보았다. 어획이 없을 경우와 어획이 있을 경우 두 가지로 나누어 각각에 대한 자원의 성장과 이동 그리고 어획에 따른 자원량의 변화를 살펴보았다. 다음으로 각 자원분포 모형에 따른 MPA 효과를 분석하기 위한 기준으로서 자유어업(즉, 어업수입과 비용이 같아지는 점까지 어획노력량 수준이 증가, 장기적으로 성장량과 어획량이 일치하는 점에서 균형 자원량 수준이 결정)하에서의 자원량과 어획량 변화를 분석하였다.

### ① 어획이 없을 경우

N개의 다수 하부자원군(sub-populations)으로 분포되어 있는 해역에서 어획이 이루어지지 않을 경우 i 자원군하의 t년도 자원량은 다음의 식 (3-1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} X_i^t &= X_i^{t-1} + \Delta X_i^{t-1} \\ &= X_i^{t-1} + G(X_i^{t-1}) + \sum_{j=1}^N d_{ij} X_j^{t-1} + \sum_{j=1}^N d_{ji} X_j^{t-1} \quad \text{식(3-1)} \\ &\quad i \text{ and } j = 1, 2, \dots, N \quad i \neq j \end{aligned}$$

15) 실제로 우리나라에서는 전통적으로 어선어업의 허가제를 근간으로 하는 어획노력량 통제수단을 통해 어업자원을 관리해 오고 있다. 따라서 우리나라에서 MPA제도가 시행된다면 이러한 어획노력량 통제수단들과 함께 병용되어질 것이 분명하므로 이러한 병용효과를 함께 분석해 봄으로써 보다 현실적인 어업관리정책의 시사점을 도출할 수 있음.

여기서,  $X_i^{t-1}$  과  $X_i^t$  는 t-1년과 t년의 i 자원군의 자원량을 각각 나타낸다. 그리고  $G(X_i^{t-1})$ 은 t-1년도 i 자원량의 성장량,  $d_{ij}$ 는 i 자원군으로부터  $j = 1, \dots, N$  자원군으로의 자원량 이동률( $d_{ij} < 0$ ),  $d_{ji}$ 는  $j = 1, \dots, N$  자원군으로부터 i 자원군으로의 자원량 이동률( $d_{ji} > 0$ )을 의미한다.

따라서, 자원군 i의 성장량[ $G(X_i)$ ]과 유입량( $\sum_{j=1}^N d_{ji} X_j$ )이 방출량( $\sum_{j=1}^N d_{ij} X_i$ )보다 많으면 t년도의 i 자원군 자원량( $X_i$ )은 증가하게 되고, 방출량이 보다 많으면 자원량은 감소하게 된다. 하지만, 장기적으로 자원량은 성장량과 이동량에 따라 자원의 환경수용량(K: Carrying Capacity)만큼 증가하게 되고, 그 이후에는 자원의 이동이 없는 평형상태(Equilibrium Status)를 유지하게 된다( $\Delta X_i = 0$ ).

## ② 어획이 이루어질 경우

위에서 가정한 바와 같이, N개의 다수 하부자원군(sub-population)으로 분포되어 있는 해역에서 어획이 이루어진다면 i 하부자원군 하의 t년도 자원량은 다음의 식 (3-2)와 같이 나타낼 수 있게 된다.

$$\begin{aligned} X_i^t &= X_i^{t-1} + \Delta X_i^{t-1} - H_i^{t-1} \\ &= X_i^{t-1} + G(X_i^{t-1}) + \sum_{j=1}^N d_{ij} X_i^{t-1} + \sum_{j=1}^N d_{ji} X_j^{t-1} - H_i^{t-1} \quad \text{식(3-2)} \\ &\quad i \text{ and } j = 1, 2, \dots, N \quad i \neq j \end{aligned}$$

여기서,  $H_i^{t-1}$ 은 t-1년도의 i 자원군에 대한 어획량을 나타낸다. 따라서, 자원군 i의 방출량( $\sum_{j=1}^N d_{ij} X_i$ )과 어획량( $H_i$ )의 합이 성장량[ $G(X_i)$ ]과 유입량( $\sum_{j=1}^N d_{ji} X_j$ )보다 크게 되면 t년도의 i 자원군 자원량( $X_i$ )은 증가하게 되고, 반대로 되면 자원량은 감소하게 된다. 장기적으로는 자원의 이동에 따른 유입량과 방출량, 성장량, 그리고 어획량에 따라 균형 자원량(Equili-

brium Level of Stocks)과 균형 어획량(Equilibrium Harvests)이 정해지게 되는데, 이를 수식으로 나타내면 다음과 식 (3-3)과 같이 표시할 수 있다.

$$\begin{aligned} \Delta X_i - H_i &= 0 \\ \Rightarrow X_i + G(X_i) + \sum_{j=1}^N d_{ij} X_j - H_i &= 0 \\ \Rightarrow X_i + G(X_i) + \sum_{j=1}^N d_{ij} X_j &= H_i \end{aligned} \quad \text{식(3-3)}$$

즉, 균형 자원량(XEquilibrium)은 자원량 증대분( $\Delta X$ )과 어획량 수준이 같아지는 점에서 이루어지게 되고, 이에 따라 균형 어획량(HEquilibrium)과 균형 어획노력량 수준(EEquilibrium)도 결정된다(Hannesson, 1993 : Anderson, 1986).

### ③ 자유어업하에서의 생물학적 자원량 변화와 어획량 변화

자유어업(Open Access)하에서는 어업자원의 공유재 성격으로 인하여 누구나라도 어업에 참여할 수 있기 때문에 경제적 어업이익(Fishing Profits, 지대)이 발생하는 한 어업진입이 이루어지게 된다(Conrad, 1999 : Clark, 1990 : Anderson, 1986 : Gordon, 1953). 따라서 자유어업하의 어획노력량 수준( $E_{OA}$ )은 다음의 식 (3-4)와 같이, 총수입(TR)이 총비용(TC)과 같아지는 지점, 즉 어업이익이 영(zero)이 되는 점에서 정해지게 된다.<sup>16)</sup>

$$\begin{aligned} \pi &= TR - TC = 0 \\ &= p \cdot H(E, X) - TC(E) = 0 \\ &= E_{OA} \Rightarrow p \cdot (E_{OA}, X) = TC(E_{OA}) \end{aligned} \quad \text{식(3-4)}$$

16) 어업자원의 자원량, 성장량, 하부어군별의 이동량에 따른 어획량에 당해어종의 시장가격을 곱한 어업수입과 어업비용의 차이가 가장 크게 되도록 어획노력량 수준을 투입하게 되면 어업이익이 극대화될 수 있다. 하지만, 어업자원의 공유재적 성격에 따른 외부 제한이 없다면 어업자원이용으로부터의 경제적 이익이 있는 한 어획노력량은 계속 투입되게 되고, 궁극적으로는 이익이 소멸되는 지점까지 어획노력량 수준이 증가하게 됨.

자유어업하의 어획노력량 수준( $E_{OA}$ )으로 어획량 함수를 구해 식 (3-3)에 대입하면, 식 (3-5)와 같이 자유어업 하의 균형자원량 수준( $X_{Equilibrium}^{OA}$ )과 균형 어획량 수준( $H_{Equilibrium}^{OA}$ )이 결정되게 된다.

$$G(X_{Equilibrium}^{OA}) + \sum_{j=1}^N d_{ij} X_{Equilibrium}^{OA} + \sum_{j=1}^N d_{ji} X_j = H_{Equilibrium}^{OA} \quad \text{식(3-5)}$$

이에 따라 식으로부터 자유어업하의 어획노력량 수준이 크면 클수록 균형 자원량 수준은 더욱 낮아지게 된다. 더욱이 어획노력량 수준은 자원량에 비례하기 때문에, 다른 하부자원군으로부터의 이동량이 증가할수록, 그리고 i 하부 자원군으로부터의 이동량이 적을수록 자유어업하의 균형 어획노력량 수준( $E_{OA}$ )은 높아지게 된다.

### (3) 자원분포(Spatial Distribution) 특성을 고려한 분석

#### ① 폐쇄 모형(Closed System)하에서의 MPA 효과 분석

폐쇄 모형(Closed system)은 각 자원군 간 어종의 이동이 없고, 자원군 자체의 재생산만으로 인해 자원량이 증대되는 어업자원군 모델이다. 이동성이 없이 일정한 어군영역 안에서만 서식하는 대부분의 저서자원이 이에 해당된다. 따라서 두 자원군(i and j)하의 자원량 변화는 각각 다음의 식 (3-6)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \Delta X_i &= G(X_i) - H_i \\ \Delta X_j &= G(X_j) - H_j \end{aligned} \quad \text{식(3-6)}$$

구체적인 분석을 위해 각 자원량의 성장량 함수식[G(X)]이 로지스틱 성장



식<sup>17)</sup>을 따른다고 가정하면, 성장률 함수식은 다음의 식 (3-7)과 같다. 그리고 어획량 함수(H)는 일반적으로 자원량과 어획노력량 수준에 비례하는 쉐퍼(Schaefer) 함수식으로 가정하면 식 (3-8)과 같이 나타낼 수 있다.

$$G(X) = r \cdot X \cdot \left(1 - \frac{X}{K}\right) \quad \text{식(3-7)}$$

여기서,  $r$ 은 자원의 본원적 성장률(intrinsic rate),  $K$ 는 최대 자원량 수준(carrying capacity)을 각각 의미한다.

$$H = q \cdot E \cdot X \quad \text{식(3-8)}$$

여기서,  $q$ 는 어획능률계수(catchability coefficient),  $E$ 는 어획노력량 수준, 그리고  $X$ 는 하부자원군의 자원량을 나타낸다. 식 (3-7)과 (3-8)을 식 (3-6)에 각각 대입하면 폐쇄모형하에서의 각 자원군의 자원량 변화를 식 (3-9)와 같이 나타낼 수 있게 된다.

$$\begin{aligned} \Delta X_i &= r_i \cdot X_i \cdot \left(1 - \frac{X_i}{K_i}\right) - q_i \cdot E_i \cdot X_i \\ \Delta X_j &= r_j \cdot X_j \cdot \left(1 - \frac{X_j}{K_j}\right) - q_j \cdot E_j \cdot X_j \quad \text{식(3-9)} \end{aligned}$$

각 자원군의 자원량은 다른 자원군과의 이동이 없으므로, 자체 자원의 재생

17) Verhulst에 의해 제시된 곡선으로서 개체군이 한정된 환경공간에서 성장하면 밀도가 점차 커져서 개체군은 유한한 극대치, 즉 최대 자원량 수준(carrying capacity)을 가지게 된다. 성장률 함수식에서 보는 바와 같이, 어업자원량( $X$ )이  $K/2$ 까지 증가하게 되면 성장률도 증가하게 되지만, 그 이후부터는 자원량이 증가하더라도 성장률은 감소하게 된다. 자원량( $X$ )이  $K$ 까지 증가하게 되면 성장률은 영으로 되며 더 이상의 자원량 증가는 이루어지지 않음(Clark, 1990).

산량과 어획량만에 의해서 변하게 된다. 앞서 분석한 바와 같이, 자유어업 하에서의 균형 자원량 수준과 어획량 수준을 살펴보기 위해 각 자원군의 자원량 변화( $\Delta X$ )를 영(zero)으로 두고 균형 어획노력량 수준( $E^{OA}$ )을 각각 구하면 식 (3-10)과 같다.

$$\begin{aligned} E_i^{OA} &= \frac{r_i}{q_i} \cdot \left(1 - \frac{X_i}{K_i}\right) \\ E_j^{OA} &= \frac{r_j}{q_j} \cdot \left(1 - \frac{X_j}{K_j}\right) \end{aligned} \quad \text{식(3-10)}$$

비용함수[C(E)]를 어획노력량 수준에 비례한다고 가정하면,  $C(E) = c \cdot E$ 로 나타낼 수 있다. 앞서 살펴본 바와 같이, 자유어업하에서의 어업이익(fishing profits)은  $\pi = p \cdot H(E, X) - c \cdot E = p \cdot q \cdot E \cdot X - c \cdot E = 0$ 이 된다. 그리고 분석의 편의상  $r=q=K=1$ 이라고 가정하고, 시장가격(p)도 역시 1이라고 가정하면 자원량과 단위어획노력당 어업비용(c)의 관계는 식 (3-11)과 같이 나타낼 수 있게 된다.

$$X^{OA} = c \quad \text{식(3-11)}$$

따라서 식 (3-10)을 보다 단순화시켜 어업비용과 어획노력량 수준과의 관계를 식으로 표현하면 다음의 식 (3-12)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} E_i^{OA} &= (1 - c_i) \\ E_j^{OA} &= (1 - c_j) \end{aligned} \quad \text{식(3-12)}$$

균형 어획노력량 수준을 대입하여 각 자원군하의 균형 자원량 수준을 구하면 각각  $X_i^{OA}$ 과  $X_j^{OA}$ 으로 나타낼 수 있고, 이를 대입하여 어업자원의 성장

량과 일치하는 균형 어획량( $H^{OA}$ )을 구하면 식 (3-13)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} H_i^{OA} &= r_i \cdot X_i^{OA} \cdot \left(1 - \frac{X_i^{OA}}{K_i}\right) \\ H_j^{OA} &= r_j \cdot X_j^{OA} \cdot \left(1 - \frac{X_j^{OA}}{K_j}\right) \end{aligned} \quad \text{식(3-13)}$$

이에 따라 자유어업하에서의 총 자원량( $X_{TOTAL}$ )과 총 어획량( $H_{TOTAL}$ )은 두 자원군의 어획량과 자원량을 각각 합한 식 (3-14)와 같이 된다.

$$\begin{aligned} X_{TOTAL} &= X_i^{OA} + X_j^{OA} \\ H_{TOTAL} &= H_i^{OA} + H_j^{OA} \end{aligned} \quad \text{식(3-14)}$$

따라서 자유어업하에서 각 자원군에 있어 어업비용이 증가하게 되면 어획노력량 수준은 낮아져 균형 자원량 수준은 증가하게 된다. 반대로, 어업비용이 적으면 어획노력량 수준이 증가하게 되어 전체적인 균형 자원량 수준은 보다 높아지게 된다.

폐쇄모형하에서 MPA의 효과를 분석하기 위해 자원군 i가 MPA로 지정된다고 하면 자원군 i와 j 간에 어종의 이동이 없고, 자원량 i는 성장량만큼 증가하게 되므로, 자유어업하의 총 자원량( $X_{TOTAL}$ )과 총 어획량( $H_{TOTAL}$ )은 각각 식 (3-15)와 같이 된다.

$$\begin{aligned} X_{TOTAL} &= X_i^{OA} + X_j^{OA} \\ H_{TOTAL} &= H_j^{OA} \end{aligned} \quad \text{식(3-15)}$$

여기서, i 자원군에서는 어획이 이루어지지 않으므로 자유어업하에서의 자원량 수준이 보다 높아지게 된다. 따라서 MPA 지정 후의 전체 자원량 수준은 보다 높아지게 되지만, 어획량은 자원량 j에 대한 어획만 이루어져 오히려 감소하게 된다. 그리고 Hannesson(2002)과 Anderson(2002)의 지적처럼, 어업

비용이 낮은 곳에 MPA를 지정함으로써 어업비용이 높은 곳의 어획노력량 수준을 감소시켜 자원량 증대를 보다 크게 도모할 수 있을 것이다.

또한 MPA와 어획노력량 통제수단을 병행할 경우에는 어획 가능한 곳의 어획노력량 수준이 통제됨으로써 MPA 지정 후의 전체 자원량은 보다 크게 증가하는 반면, 단기적으로 총 어획량은 더욱 감소하게 된다.<sup>18)</sup>

## ② 발생지-유입지 모형(Source-Sink System)하에서의 MPA 효과 분석

발생지-유입지 모형(Source-Sink system)은 쌍방의 자원 이동 없이 어종이 일방적으로 한 자원군에서 다른 자원군으로 이동하는 모델이다. 주로 산란 후 치어가 성장하여 성어가 되면 보다 멀리 그리고 깊은 곳으로 이동하는 대부분의 어종이 이러한 모델에 의해 설명될 수 있다. 두 자원군[i 발생지(Source) 그리고 j 유입지(Sink)]하의 자원량 변화는 각각 다음의 식 (3-16)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \Delta X_i &= G(X_i) - d \cdot X_i - H_i \\ \Delta X_j &= G(X_j) + d \cdot X_j - H_j \end{aligned} \quad \text{식(3-16)}$$

식 (3-7)의 성장량 함수와 식 (3-8)의 어획량 함수를 식 (3-16)에 대입하면 발생지-유입지 모형하에서의 각 자원군의 자원량 변화를 식 (3-17)과 같이 바꿀 수 있다.

$$\begin{aligned} \Delta X_i &= r_i \cdot X_i \cdot \left(1 - \frac{X_i}{K_i}\right) - d \cdot X_i - q_i \cdot E_i \cdot X_i \\ \Delta X_j &= r_j \cdot X_j \cdot \left(1 - \frac{X_j}{K_j}\right) + d \cdot X_i - q_j \cdot E_j \cdot X_j \end{aligned} \quad \text{식(3-17)}$$

발생지(Source Patch)의 자원량은 자원의 성장량, 어획량, 그리고 자원의

18) 단기적으로 어획노력량 수준을 제한하여 어획량이 감소하게 되지만, 장기적으로는 자원량이 증가함에 따라 어획량이 증가하게 될 것임.

방출율( $d$ : emigration rate)에 따른 방출량에 의해 변하게 된다. 그리고 유입지(Sink Patch)의 자원량은 자원의 성장량, 발생지로부터의 자원 유입량에 의해 자원량이 증가하게 되고, 어획량 수준에 따라 자원량은 감소하게 된다.

균형 자원량 수준과 어획량 수준을 구하기 위해 각 자원군의 자원량 변화량을 영(zero)으로 두고 균형 어획노력량 수준( $E^{OA}$ )을 각각 구하면 다음의 식(3-18)과 같다.

$$\begin{aligned} E_i^{OA} &= \frac{r_i}{q_i} \cdot \left(1 - \frac{X_i}{K_i}\right) - \frac{d}{q_i} \\ E_j^{OA} &= \frac{r_j}{q_j} \cdot \left(1 - \frac{X_j}{K_j}\right) + \frac{d}{q_j} \cdot \frac{X_i}{X_j} \end{aligned} \quad \text{식(3-18)}$$

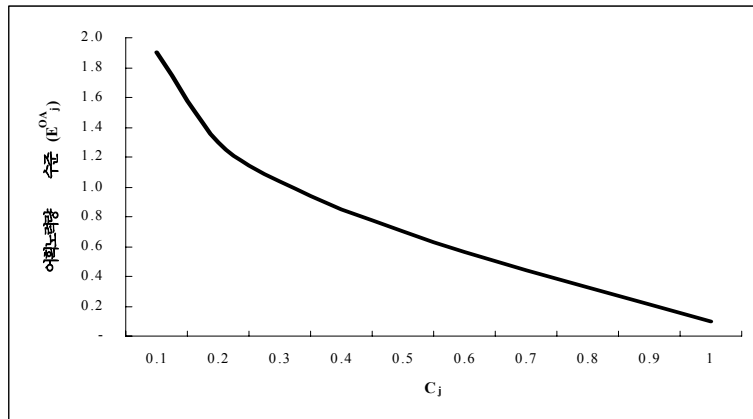
식 (3-11)에서 분석된 자원량과 단위어획노력당 어업비용( $c$ )의 관계식을 식(3-18)에 대입하여 각 자원군하의 어업비용과 자유어업하의 균형 어획노력량 수준과의 관계를 정리하면 식 (3-19)와 같다.

$$\begin{aligned} E_i^{OA} &= (1 - c_i) - d \\ E_j^{OA} &= (1 - c_j) + d \cdot \frac{c_i}{c_j} \end{aligned} \quad \text{식(3-19)}$$

식에서 보는 바와 같이, 발생지(Source) 자원군의 경우 어업비용이 크면 클수록 균형 어획노력량 수준은 낮아지게 되고, 또한 자원의 방출비율( $d$ )이 커질수록 어획노력량 수준은 낮아지게 된다. 이에 반해 유입지(Sink) 자원군의 경우에는 어업비용 특히, 발생지(Source)에서의 어업비용과의 관계에 따라 자유어업 하에서의 균형 어획노력량 수준이 결정됨을 알 수 있다.

즉, <그림 3-1>에서 보는 바와 같이, 발생지에서의 어업비용( $c_i$ )에 비해 어업비용( $c_j$ )이 커질수록 균형 어획노력량 수준은 감소하게 된다. 그리고 방출량( $d$ )이 커질수록 발생지로부터 유입되는 자원량이 많아져 어획노력량 수준 또한 커지게 된다.

〈그림 3-1〉 유입지에서의 어업비용( $c_j$ )에 따른 어획노력량 수준 변화  
( $c_i=0.5$ ,  $d=0.2$ )



식 (3-19)의 균형 어획노력량 수준을 사용하여 각 자원군하의 균형 자원량 수준을 구하면 각각  $X_i^{OA}$ 과  $X_j^{OA}$ 으로 나타낼 수 있고, 이를 대입하여 자원의 변화량과 일치하는 균형 어획량( $H^{OA}$ )을 구하면 식 (3-20)과 같이 각각 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned}
 H_i^{OA} &= r_i \cdot X_i^{OA} \cdot \left(1 - \frac{X_i^{OA}}{K_i}\right) - d \cdot X_i^{OA} \\
 H_j^{OA} &= r_j \cdot X_j^{OA} \cdot \left(1 - \frac{X_j^{OA}}{K_j}\right) + d \cdot X_i^{OA} \quad \text{----- 식(3-20)}
 \end{aligned}$$

그 결과, 자유어업하에서의 총 자원량( $X_{TOTAL}$ )과 총 어획량( $H_{TOTAL}$ )은 두 자원군의 어획량과 자원량을 각각 합하여 식 (3-21)과 같이 된다.

$$\begin{aligned}
 X_{TOTAL} &= X_i^{OA} + X_j^{OA} \\
 H_{TOTAL} &= H_i^{OA} + H_j^{OA} \\
 &= r_i \cdot X_i^{OA} \cdot \left(1 - \frac{X_i^{OA}}{K_i}\right) + r_j \cdot X_j^{OA} \cdot \left(1 - \frac{X_j^{OA}}{K_j}\right) \quad \text{----- 식(3-21)}
 \end{aligned}$$

발생지-유입지(Source-Sink) 모형에서는 발생지에 대해서 MPA를 지정할 때와 유입지에 대해 MPA를 설정할 때의 효과가 달라지게 된다. 따라서 본 연구에서는 발생지(Source Patch)와 유입지(Sink Patch)를 각각 따로 구분하여 MPA를 지정했을 경우의 효과를 분석하였다.

i) 유입지(Sink Patch)에 대한 MPA 효과 분석

유입지(Sink Patch)에 MPA를 설치하게 되면 유입지의 어획이 이루어지지 않게 되어, 식 (3-17)으로부터 각 자원군의 자원량 변화는 다음의 식 (3-22) 같이 나타낼 수 있게 된다.

$$\begin{aligned} \Delta X_i &= r_i \cdot X_i \cdot \left(1 - \frac{X_i}{K_i}\right) - d \cdot X_i - q_i \cdot E_i \cdot X_i \\ \Delta X_j &= r_j \cdot X_j \cdot \left(1 - \frac{X_j}{K_j}\right) + d \cdot X_i \end{aligned} \quad \text{식(3-22)}$$

따라서, MPA 지정된 유입지(Sink Patch)에서의 균형 자원량 수준( $X_j^{MPA}$ )은 식 (3-23)과 같이 유입지 자원군의 자원량 변화가 0(zero)으로 될 때이다.

$$\Delta X_j = r_j \cdot X_j \cdot \left(1 - \frac{X_j}{K_j}\right) + d \cdot X_i = 0 \quad \text{식(3-23)}$$

그리고 식 (3-23)에서 유입지의 자원량( $X_j$ )에 대해 식을 정리하면 균형 자원량 수준( $X_j^{MPA}$ )은 식 (3-24)과 같게 된다.

$$X_j^{MPA} = \frac{r_j + \sqrt{r_j^2 + 4 \cdot \frac{r_i}{K_j} \cdot d \cdot X_i^{QA}}}{2 \cdot \frac{r_j}{K_j}} \quad \text{식(3-24)}$$

식 (3-24)로부터 알 수 있는 것처럼, 유입지(Sink Patch)에서의 균형 자원량 수준(  $X_j^{MPA}$  )은 자원의 본원적 성장률( $r_j$ )이 커질수록 증가한다. 그리고 발생지의 균형 자원량(  $X_i^{OA}$  )이 많을수록, 발생지로부터의 방출비율( $d$ )이 높아질수록 균형 자원량 또한 증가하게 된다.

식 (3-22)에서 발생지(Source Patch)에서의 균형 어획노력량 수준(  $E_i^{OA}$  )은 자원 변화량을 영(zero)으로 해서 구하면 식 (3-25)와 같이 된다.

$$E_i^{OA} = \frac{r_i}{q_i} \cdot \left(1 - \frac{X_i}{K_i}\right) - \frac{d}{q_i} \quad \text{식(3-25)}$$

식 (3-25)는 유입지에 대한 MPA 설치가 없을 때, 발생지에 있어서의 균형 어획노력량 수준[식 (3-18)]과 같다. 따라서, 유입지에 대한 MPA 지정 후의 총 균형 어획노력량 수준은 MPA 설치 이전보다 줄어들게 된다.

식 (3-25)의 균형 어획노력량 수준을 사용하여 발생지의 균형 자원량 수준을 구하면  $X_i^{OA}$ 로 나타낼 수 있고, 이를 대입하여 균형 어획량(  $H_i^{OA}$  )을 구하면 식 (3-26)과 같이 나타낼 수 있다.

$$H_i^{OA} = r_i \cdot X_i^{OA} \cdot \left(1 - \frac{X_i^{OA}}{K_i}\right) - d \cdot X_i^{OA} \quad \text{식(3-26)}$$

따라서 유입지에 대한 MPA 지정 후의 총 자원량( $X_{TOTAL}$ )은 발생지와 유입지 자원량의 합이고, 총 어획량( $H_{TOTAL}$ )은 발생지의 어획량이 되어 식 (3-27)과 같이 나타낼 수 있다.

$$X_{TOTAL} = X_i^{OA} + X_j^{MPA}$$

$$H_{TOTAL} = H_i^{OA} = r_i \cdot X_i^{OA} \cdot \left(1 - \frac{X_i^{OA}}{K_i}\right) - d \cdot X_i^{OA} \quad \text{식(3-27)}$$



유입지에 대한 MPA 지정 후의 총 자원량은 MPA 지정 이전보다 많게 된다. 이는  $X_i^{OA} + X_j^{MPA} > X_i^{OA} + X_j^{OA}$ 이기 때문이다. 하지만 유입지에 대한 MPA 지정 후의 총 어획량 수준은 MPA 지정 이전보다 항상  $(H_i^{OA} + H_j^{OA} > H_i^{OA})$  낮게 된다. 이를 보다 구체적으로 살펴보기 위해 식(3-11)과 같이 각 변수에 대해 가정하고, 유입지에 대한 MPA 지정 전과 후의 자유어업하의 전체 자원량과 어획량 변화를 발생지로부터의 방출비율( $d$ )을 변화시키면 다음의 <그림 3-2>와 <그림 3-3>과 같다.

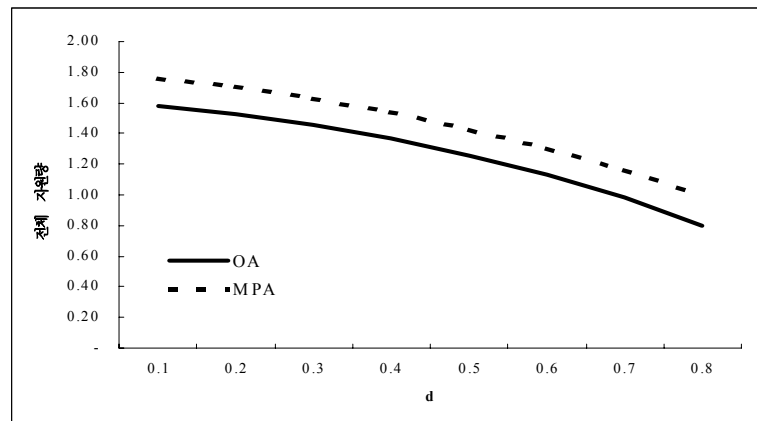
이론적으로 분석한 결과와 같이, 발생지로부터의 자원이동 비율( $d$ )과 상관없이 MPA 지정 후의 전체 자원량 수준은 지정 전보다 증가하게 된다. 하지만, 이동률이 커질수록 발생지 자원감소가 두드러져 어획량 수준은 크게 감소하게 된다.

유입지(Sink Patch)에 대한 MPA 지정과 동시에 발생지(Source Patch) 어획에 대한 어획노력량 규제 효과를 평가하기 위해서 발생지의 자원량과 어획노력량 수준에 대한 관계를 식(3-22)로부터 정리하면 다음의 식(3-28)과 같이 나타낼 수 있다.

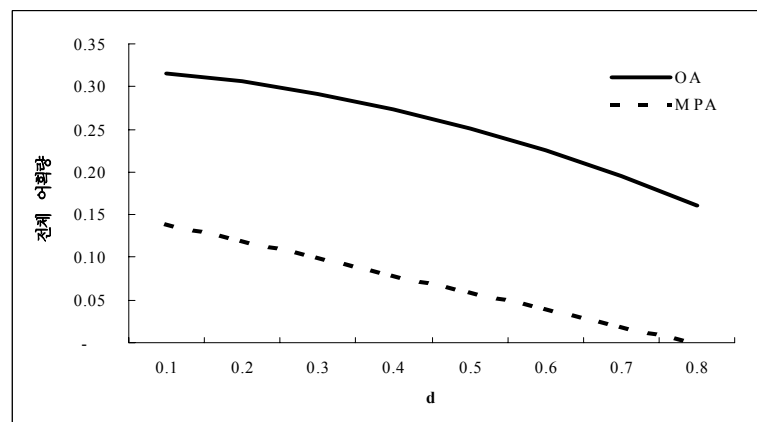
$$X_i = \frac{K_i}{r_i} \cdot (r_i - d - q_i \cdot E_i) \quad \text{식(3-28)}$$

자유어업하의 균형 어획노력량 수준( $E_i^{OA}$ ) 이하로 통제가 이루어진다면, 어획량 함수식으로부터 어획량은 더욱 감소하게 되고, 식(3-28)로부터 자원량 수준은 더욱 증가하게 되어 전체 자원량 수준은 보다 높아지게 된다.

〈그림 3-2〉 유입지에 MPA를 지정했을 경우의 자원량 변화



〈그림 3-3〉 유입지에 MPA를 지정했을 경우의 어획량 변화



ii) 발생지(Source Patch)에 대한 MPA 효과 분석

발생지(Source Patch)에 MPA를 지정하게 되면 유입지(Sink Patch)에서만 어획이 일어나게 되어 각 자원군의 자원량 변화는 식(3-29)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned}\Delta X_i &= r_i \cdot X_i \cdot \left(1 - \frac{X_i}{K_i}\right) - d \cdot X_i \\ \Delta X_j &= r_j \cdot X_j \cdot \left(1 - \frac{X_j}{K_j}\right) + d \cdot X_i - q_j \cdot E_j \cdot X_j\end{aligned}\quad \text{식(3-29)}$$

이에 따라, MPA가 설치된 발생지에서의 균형 자원량 수준( $X_i^{MPA}$ )은 자원량 변화( $\Delta X_i$ )가 영(zero)으로 될 때이고, 식을 정리하면 다음의 식(3-30)과 같이 나타낼 수 있다.

$$X_i^{MPA} = \frac{K_i}{r_i} \cdot (r_i - d) \quad \text{식(3-30)}$$

발생지의 균형 자원량 수준( $X_i^{MPA}$ )은 자원의 본원적 성장률( $r_i$ )과 자원 이동률( $d$ )에 의해 크게 좌우되는데, 식(3-29)에서처럼 자원의 본원적 성장률이 커질수록 자원량 수준은 높아지게 된다. 반대로, 이동률이 커지면 자원량 수준은 낮아지게 된다.

유입지(Sink Patch)에서 균형 어획노력량 수준( $E_j^{QA}$ )을 구하면 식(3-31)과 같이 나타낼 수 있다.

$$E_j^{QA} = \frac{r_i}{q_j} \cdot \left(1 - \frac{X_i}{K_j}\right) + \frac{d}{q_j} \cdot \frac{X_i}{X_j} \quad \text{식(3-31)}$$

식(3-31)은 발생지에 대한 MPA가 없을 경우의 유입지에 있어서의 균형 어획노력량 수준과 동일하다. 따라서, 발생지에 대한 어획이 일어나지 않으므로 전체적인 어획노력량 수준은 MPA 설치 이전보다 낮아지게 된다.

식(3-31)의 균형 어획노력량을 이용하여 유입지의 균형 자원량 수준을 구하

면  $X_j^{OA}$ 로 나타낼 수 있고, 이를 대입하여 균형 어획량( $H_j^{OA}$ )을 구하면 식(3-32)과 같이 나타나게 된다.

$$H_j^{OA} = r_j \cdot X_j^{OA} \cdot \left(1 - \frac{X_j^{OA}}{K_j}\right) + d \cdot X_i^{OA} \quad \text{식(3-32)}$$

발생지에 대한 MPA 지정 후의 총 자원량( $X_{TOTAL}$ )은 발생지와 유입지의 자원량 합이고, 총 어획량( $H_{TOTAL}$ )은 유입지의 어획량이 되어 식(3-33)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} X_{TOTAL} &= X_i^{MPA} + X_j^{OA} \\ H_{TOTAL} &= H_j^{OA} = H_j^{OA} = r_j \cdot X_j^{OA} \cdot \left(1 - \frac{X_j^{OA}}{K_j}\right) + d \cdot X_i^{OA} \quad \text{식(3-33)} \end{aligned}$$

발생지에 대한 MPA 지정 후 총 자원량이 MPA 지정 이전보다 많게 되기 위해서는  $X_i^{MPA} + X_j^{OA} > X_i^{OA} + X_j^{OA}$ 의 조건식이 충족되어야 한다. 즉,  $X_i^{MPA}$ 가  $X_i^{OA}$ 보다 커야 총 자원량 수준이 증가하는데, 이를 구체적으로 나타내면 식(3-34)와 같다.

$$X_i^{MPA} > X_i^{OA} \Rightarrow \frac{K_i}{r_i} \cdot (r_i - d) > \frac{K_i}{r_i} \cdot (r_i - d - q_i \cdot E_i^{OA}) \quad \text{식(3-34)}$$

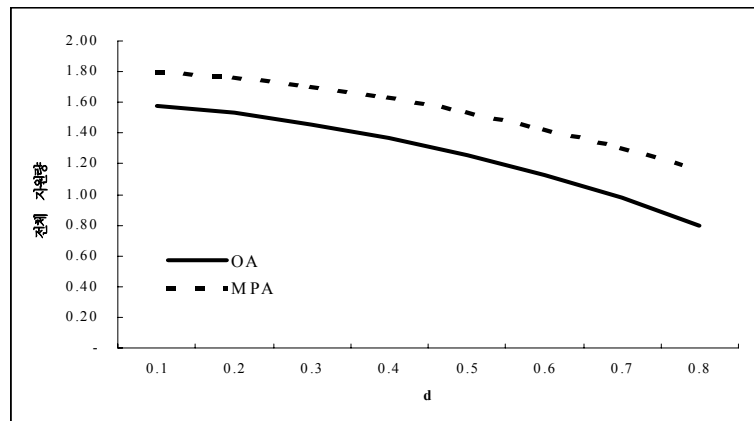
식에서 보는 것처럼,  $X_i^{OA}$ 하에서 어획이 이루어지지 않는 한,  $X_i^{MPA}$  수준이 항상 크게 된다. 전체 자원량 변화에 대해서 실증적으로 분석하기 위해 식(3-10)과 같이 각 변수에 대해 가정하여 발생지에 대한 MPA 지정 전과 후의 자유어업하의 전체 자원량 변화는 <그림 3-4>와 같다. 즉 어떠한 조건 하에서

도 MPA 지정 후의 자원량 수준은 보다 높게 된다.

발생지에 대한 MPA 설치 후의 총어획량 수준이 설치 전보다 높기 위해서는 식 (3-33)의 총어획량 수준이 식 (20)의 MPA 설치 이전 총어획량 수준보다 높으면 된다. 즉 다음의 식 (3-35)의 조건이 성립하면 된다.

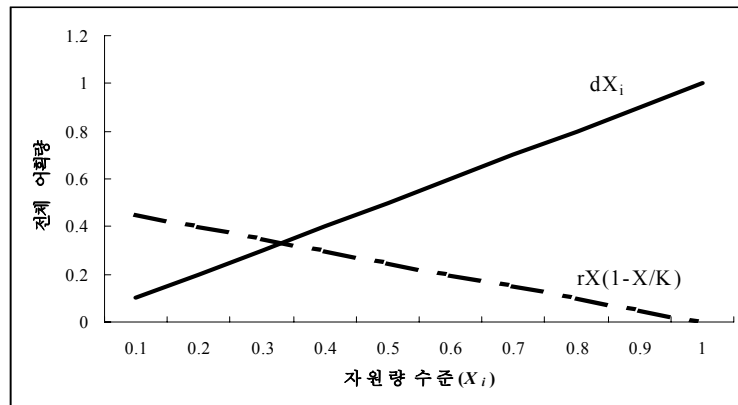
$$d \cdot X_i^{OA} > r_i \cdot X_i^{OA} \cdot \left(1 - \frac{X_i^{OA}}{K_i}\right) - d \cdot X_i^{OA} \quad \text{식(3-35)}$$

〈그림 3-4〉 발생지에 MPA를 지정했을 경우의 자원량 변화



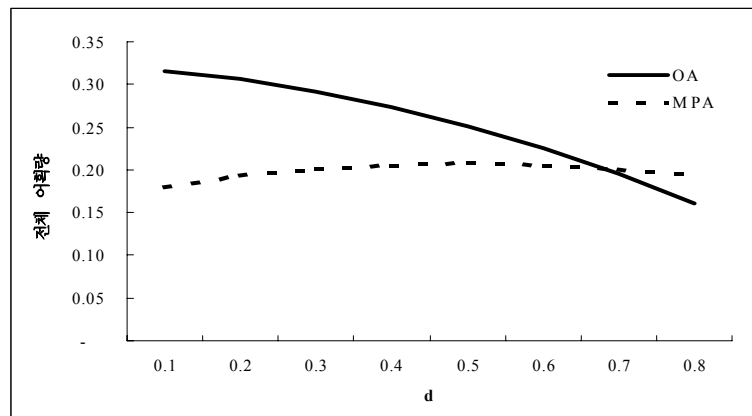
$X_i^{OA} > 0$ 이므로 양변을 나누면,  $d > r_i \cdot \left(1 - \frac{X_i^{OA}}{K_i}\right)$  로 되어 자원의 이동률(d), 자원의 본원적 성장률( $r_i$ ), 그리고 자원량 수준에 따라 어획량 크기가 달리 정해지게 된다. 구체적으로 〈그림 3-5〉에서 보는 바와 같이, 이동률(d)이 커질수록 발생지에 대한 MPA 지정 후의 전체 어획량 수준이 높아지게 된다. 또한 발생지의 균형 자원량 수준이 높을수록 전체 어획량은 많아지게 된다.

〈그림 3-5〉 발생지에 대한 MPA 지정 전후의 전체 어획량 추정을 위한 비교



식(3-10)과 같이 각 변수에 대해 가정하여( $r=q=K=1$ ) 발생지에 대한 MPA 지정 전과 후의 이동률( $d$ ) 변화에 따른 자유어업하의 전체 어획량 변화는 다음의 〈그림 3-6〉과 같다. 이동률( $d$ )가 0.7보다 작을 때는 MPA 지정 후의 전체 어획량이 지정 전의 자유어업하에서의 어획량보다 적지만, 0.7 이상으로 커지면 전체 어획량은 보다 증가하게 된다.

〈그림 3-6〉 발생지에 MPA를 지정했을 경우의 전체 어획량 변화



발생지(Source Patch)에 대한 MPA 지정과 동시에 유입지(Sink Patch) 어획에 대한 통제를 분석하게 위해서 유입지의 자원량과 어획량 수준과의 관계를 정리하면 다음의 식(3-36)과 같이 나타낼 수 있다.

$$X_j = \frac{(r_i - q_i \cdot E_j) + \sqrt{(q_i \cdot E_j - r_j^2) + 4 \cdot d \cdot X_i \cdot \frac{r_i}{K_j}}}{2 \cdot \frac{r_i}{K_j}} \quad \text{식(3-36)}$$

여기서,  $\frac{\partial X_i}{\partial E_j} < 0$  이므로, 어획노력량 수준이 자유어업하의 어획노력량 수준 이하로 감소되면, 자원량은 더욱 증가하게 된다. 이미 앞서 분석한 바와 같이, 어획노력량 수준이 영(zero)으로 되지 않는 이상 발생지에 MPA 설치한 후의 전체 자원량은 MPA 설치 이전보다 증가하게 된다. 그리고 줄어든 어획노력량에 의해 전체 어획량은 더욱 감소하게 된다.

### (3) 밀도 종속적(Density-Dependent System) 모형하에서의 MPA 효과 분석

밀도종속적 모형(Density-dependent System)은 환경밀도( $X/K$ ) 차에 따라 어종이 다른 자원군(sub-population, patch) 사이를 이동한다는 모델이다. 자원군 분포(patch distribution) 모델이 개발되기 전에 대부분의 선행연구들이 이 밀도종속적 모형을 가정하여 MPA에 대한 효과 분석을 행하였다(Beattie, Sumaila, Christensen, and Pauly, 2002 : Hannesson, 2002, 1998 : Armstrong and Reithe, 2001 : Pezzey, Roberts, and Urdal, 2000 : Anderson, 1998 : Sumaila, 1998 : Polacheck, 1990). 하부 두 자원군(i와 j) 하의 자원량 변화는 각각 다음의 식(3-37)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned}\Delta X_i &= G(X_i) + d \cdot \left( \frac{X_j}{K_j} - \frac{X_i}{K_i} \right) - H_i \\ \Delta X_j &= G(X_j) + d \cdot \left( \frac{X_i}{K_i} - \frac{X_j}{K_j} \right) - H_j\end{aligned}\quad \text{식(3-37)}$$

각 자원군(Patch)의 자원량은 자체의 성장량에 의해 증가하고, 어획량에 의해 감소되게 된다. 그리고 각 자원군의 밀도차(최대 자원량에 대한 현재 자원량의 비율,  $X/K$ )와 자원이동 비율(migration rate)에 따라 자원량이 증가하든지 혹은 감소하게 된다.

식(3-7)의 성장량 함수와 식(3-8)의 어획량 함수를 식(3-37)에 대입하면 밀도종속적 모형하에서의 각 자원군의 자원량 변화를 식(3-38)과 같이 바꿀 수 있다.

$$\begin{aligned}\Delta X_i &= r_i \cdot X_i \cdot \left( 1 - \frac{X_i}{K_i} \right) + d \cdot \left( \frac{X_j}{K_j} - \frac{X_i}{K_i} \right) - q_i \cdot E_i \cdot X_i \\ \Delta X_j &= r_j \cdot X_j \cdot \left( 1 - \frac{X_j}{K_j} \right) + d \cdot \left( \frac{X_i}{K_i} - \frac{X_j}{K_j} \right) - q_j \cdot E_j \cdot X_j\end{aligned}\quad \text{식(3-38)}$$

균형 자원량 수준과 어획량 수준을 구하기 위해 각 자원군의 자원량 변화량 ( $\Delta X$ )을 영(zero)으로 두고 균형 어획노력량 수준( $E^{OA}$ )을 각각 구하면 다음의 식(3-39)과 같다.

$$\begin{aligned}E_i^{OA} &= \frac{r_i}{q_i} \cdot \left( 1 - \frac{X_i}{K_i} \right) + \frac{d}{q_i \cdot X_i} \cdot \left( \frac{X_j}{K_j} - \frac{X_i}{K_i} \right) \\ E_j^{OA} &= \frac{r_j}{q_j} \cdot \left( 1 - \frac{X_j}{K_j} \right) + \frac{d}{q_j \cdot X_j} \cdot \left( \frac{X_i}{K_i} - \frac{X_j}{K_j} \right)\end{aligned}\quad \text{식(3-38)}$$

식(3-10)에서 분석된 자원량과 단위어획노력당 어업비용( $c$ )의 관계식을 식



(3-39)에 대입하여 각 자원군하의 어업비용과 자유어업 하의 균형 어획노력량 수준과의 관계를 재정리하면 식(3-40)과 같다.

$$E_i^{OA} = (1 - c_i) + d \cdot \left( \frac{c_i}{c_i} - 1 \right)$$

$$E_j^{OA} = (1 - c_j) + d \cdot \left( \frac{c_i}{c_j} - 1 \right) \text{ ..... 식(3-40)}$$

식에서 보는 바와 같이, 자유어업하에서 각 자원군의 균형 어획노력량 수준은 자원군 자원량 어획에 대한 비용이 증가할수록 낮아지게 된다. 하지만 밀도차에 의해 다른 자원군으로부터의 자원이동률(d)이 높을수록 어획노력량 수준은 높아지게 된다. 따라서 각 자원군에 대해 MPA를 설치할 때 어업비용이 낮은 곳에 지정함으로써 어업비용이 높은 곳의 어획노력량 수준을 감소시켜 전체적인 자원량 증대를 더 크게 유도할 수 있을 것이다.

식(3-39)의 균형 어획노력량 수준을 이용하여 각 자원군하의 균형 자원량 수준을 구하면 각각  $X_i^{OA}$ 과  $X_j^{OA}$ 으로 나타낼 수 있고, 이를 대입하여 균형 어획량( $H^{OA}$ )을 각각 구하면 식(3-41)과 같이 나타낼 수 있다.

$$H_i^{OA} = r_i \cdot X_i^{OA} \cdot \left( 1 - \frac{X_i^{OA}}{K_i} \right) + d \cdot \left( \frac{X_j^{OA}}{K_j} - \frac{X_i^{OA}}{K_i} \right)$$

$$H_j^{OA} = r_j \cdot X_j^{OA} \cdot \left( 1 - \frac{X_j^{OA}}{K_j} \right) + d \cdot \left( \frac{X_i^{OA}}{K_i} - \frac{X_j^{OA}}{K_j} \right) \text{ ..... 식(3-41)}$$

식으로부터 각 자원군 자체의 성장량이 많을수록 어획량 수준은 증가하게 되고, 다른 자원군의 밀도가 높고, 자원의 이동률(d)이 클수록 어획량 또한 많아지게 된다. 자유어업하에서의 총 자원량( $X_{TOTAL}$ )과 총 어획량( $H_{TOTAL}$ )은 두 자원군의 어획량과 자원량을 각각 합한 식(3-42)와 같이 된다.

$$X_{TOTAL} = X_i^{OA} + X_j^{OA}$$

$$H_{TOTAL} = H_i^{OA} + H_j^{OA}$$

$$= r_i \cdot X_i^{OA} \cdot (1 - \frac{X_i^{OA}}{K_i}) + r_j \cdot X_j^{OA} \cdot (1 - \frac{X_j^{OA}}{K_j}) \quad \text{식(3-42)}$$

밀도종속적 모형(density-dependent system)하의 MPA 효과 분석을 위해 자원군 i에 대해 MPA를 지정한다고 하면, 각 자원군의 자원량 변화는 식(3-43)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \Delta X_i &= r_i \cdot X_i \cdot (1 - \frac{X_i}{K_i}) + d \cdot (\frac{X_j}{K_j} - \frac{X_i}{K_i}) \\ \Delta X_j &= r_j \cdot X_j \cdot (1 - \frac{X_j}{K_j}) + d \cdot (\frac{X_i}{K_i} - \frac{X_j}{K_j}) - q_j \cdot E_j \cdot X_j \end{aligned}$$

..... 식(3-43)

MPA가 지정된 자원군 i의 균형 자원량 수준( $X_i^{MPA}$ )은 자원량 변화( $\Delta X_i$ )가 영(zero)으로 될 때 이루어지게 되고, 이를 정리하면 식(3-44)와 같은 균형 자원량 수준을 구할 수 있다.

$$X_i^{MPA} = \frac{(r_i - \frac{d}{K_i}) + \sqrt{(r_i - \frac{d}{K_i})^2 + 4 \cdot \frac{r_i}{K_i} \cdot \frac{d \cdot X_j}{K_j}}}{2 \cdot \frac{r_i}{K_i}}$$

..... 식(3-44)

식으로부터  $\frac{\partial X_i^{MPA}}{\partial X_j} > 0$ ,  $\frac{\partial X_i^{MPA}}{\partial r_j} > 0$  그리고  $\frac{\partial X_i^{MPA}}{\partial d} > 0$ 이다.

식(3-44)로부터 자원군 j에서의 균형 어획노력량 수준(  $E_j^{OA}$  )은 식(3-39)에  
서와 같은 다음의 식(3-45)와 같다. 따라서 자원군 i에 대한 MPA 지정 후 전  
체적인 균형 어획노력량 수준은 MPA 설치 이전보다 훨씬 줄어들게 된다.

$$E_j^{OA} = \frac{r_j}{q_j} \cdot \left(1 - \frac{X_i}{K_j}\right) + \frac{d}{q_j \cdot X_j} \cdot \left(\frac{X_i}{K_i} - \frac{X_i}{K_j}\right) \quad \text{식(3-45)}$$

식(3-45)의 균형 어획노력량 수준을 자원군 j의 균형 자원량 수준을  $X_j^{OA}$   
로 나타낼 수 있고, 따라서 균형 어획량(  $H_j^{OA}$  )도 다음과 식(3-46)과 같이 구  
할 수 있다.

$$H_j^{OA} = r_j \cdot X_j^{OA} \cdot \left(1 - \frac{X_j^{OA}}{K_j}\right) + d \cdot \left(\frac{X_i^{OA}}{K_i} - \frac{X_j^{OA}}{K_j}\right) \quad \text{식(3-46)}$$

자원군 i에 대한 MPA 지정 후의 총 자원량( $X_{TOTAL}$ )은 자원군 i와 자원군 j  
의 자원량의 합이며, 총 어획량( $H_{TOTAL}$ )은 자원군 j하의 어획량이 되어 식  
(3-47)과 같이 요약할 수 있다.

$$X_{TOTAL} = X_i^{MPA} + X_j^{OA}$$

$$H_{TOTAL} = H_j^{OA}$$

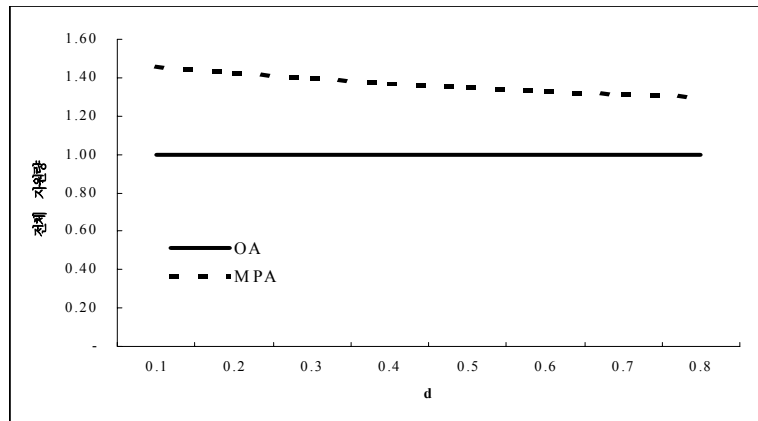
$$= r_j \cdot X_j^{OA} \cdot \left(1 - \frac{X_j^{OA}}{K_j}\right) + d \cdot \left(\frac{X_i^{OA}}{K_i} - \frac{X_j^{OA}}{K_j}\right) \quad \text{식(3-47)}$$

자원군 i에 대해 MPA를 지정한 후 전체 자원량이 MPA 지정 이전보다 많기  
위해서는  $X_i^{MPA} + X_j^{OA} > X_i^{OA} + X_j^{OA}$ 로 되어야 한다. 즉,  $X_i^{MPA}$  가  
 $X_i^{OA}$ 보다 커야 전체 자원량 수준이 증가하는데, 이를 식(3-10)의 가정을 이

용하여 단순화시켜 나타내면 식(3-48)과 같다.

$$\begin{aligned}
 X_i^{MPA} &> X_i^{OA} \\
 \Rightarrow \frac{(1-d) + \sqrt{(1-d)^2 + 4 \cdot d \cdot X_i}}{2} &> \frac{(1-E_i-d) + \sqrt{(1-E_i-d)^2 + 4 \cdot d \cdot X_i}}{2} \quad \text{식(3-48)}
 \end{aligned}$$

〈그림 3-7〉 자원군 i에 MPA를 설치했을 경우의 자원량 변화



식에서 보는 것처럼,  $X_i^{OA}$ 하에서 어획이 이루어지지 않는 한,  $X_i^{MPA}$  수준이 항상 크게 된다. 보다 구체적으로 살펴보기 위해 식(3-10)과 같이 가정된 변수를 사용하여 분석하면 MPA 지정 전과 후의 자유어업하의 전체 자원량 변화는 〈그림 3-7〉과 같다. 즉, 어떠한 여건하에서도 MPA 후의 자원량 수준이 보다 높게 된다.

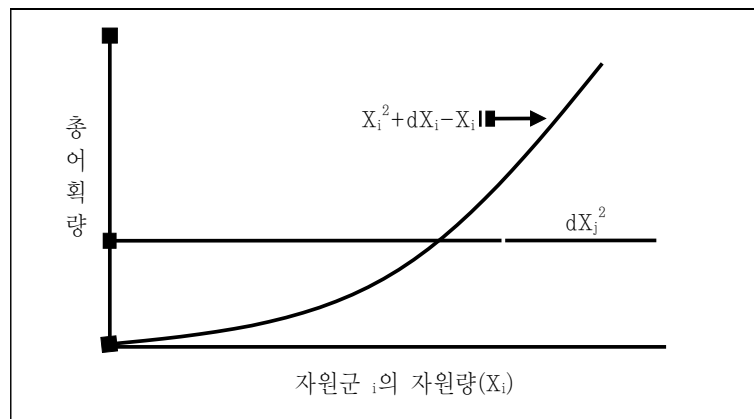
자원군 i에 대한 MPA 설치 후 총 어획량 수준이 설치 이전보다 높기 위해서는 식(3-47)의 전체 어획량이 식(3-42)의 어획량보다 많아야 한다. 즉, 각 식을 보다 단순화시켜 정리하여 나타내면 다음의 식(3-49)와 같게 된다.

$$d \cdot \left( \frac{X_i^{OA}}{K_i} - \frac{X_j^{OA}}{K_j} \right) > r_i \cdot X_i^{OA} \cdot \left( 1 - \frac{X_i^{OA}}{K_i} \right) \quad \text{식(3-49)}$$

식(3-10)에서와 같이 변수를 단순화시켜( $r_i=K_i=1$ ) 식을 재정리하면,  $X_i^2 + d \cdot X_i - X_i > d \cdot X_j$ 가 되어야 하고, 이를 도식화하면 <그림 3-8>과 같이 나타낼 수 있다.

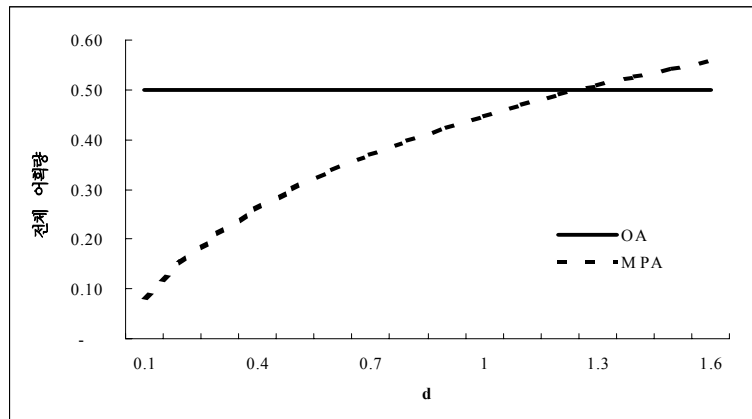
그림에서 보는 바와 같이, MPA 후의 전체 어획량 변화에는 i 자원군의 자원량, j 자원군의 자원량, 그리고 자원의 이동률(d) 모두 영향을 주고 있음을 알 수 있는데, i 자원군의 자원량이 크면 클수록 MPA 지정 후의 어획량이 증가하고, 이동률 또한 클수록 자원량 수준이 높아지게 된다. 여기에 더해서 앞서 다른 모형에서도 분석한 것처럼, 식(3-10)에서 가정된 변수들을 사용하여 자원의 이동률(d)에 따른 전체 어획량 변화를 도식화해 보면 <그림 3-9>와 같이 된다. 이미 분석한 바와 같이, 자원의 이동률(d)이 크면 클수록 MPA 설치 이후의 전체 어획량은 증가하게 된다.

<그림 3-8> MPA 지정 후의 전체 어획량 변화 추정을 위한 비교



〈그림 3-9〉

MPA 지정 후의 전체 어획량 변화



밀도종속적 모형하에서 자원군  $i$ 에 대한 MPA 지정과 동시에 자원군  $j$ 에 있어서 어획에 대한 어획노력량 통제수단과의 병용 효과를 분석하기 위해서 자원군  $j$ 의 균형 자원량과 어획량 수준과의 관계를 정리하면 다음의 식(3-43)과 같이 나타낼 수 있다.

$$X_j = \frac{(r_i - q_i \cdot E_j - \frac{d}{K_j}) + \sqrt{(q_i \cdot E_j - r_j - \frac{d}{K_j})^2 + 4 \cdot d \cdot \frac{X_i}{K_i} \cdot \frac{r_j}{K_j}}}{2 \cdot \frac{r_j}{K_j}}$$

..... 식(3-44)

여기서,  $\frac{\partial X_i}{\partial E_j} < 0$  이므로, 어획노력량 수준이 자유어업하의 어획노력량 수준 이하로 감소되면, 균형 자원량은 더욱 증가하게 된다. 이는 앞서 분석한 바와 같이 어획노력량 수준이 영(zero)으로 되지 않는 이상 자원군  $i$ 에 MPA 설치한 후의 전체 자원량은 MPA 설치 이전보다 항상 증가하게 된다. 그리고

감소된 어획노력량 수준에 의해 전체 어획량은 더욱 감소하게 된다.

### 3) 요약 및 시사점

MPA 효과에 대한 생물경제학적 이론분석 결과 각 자원분포 모형에 따라 자원량 변화와 어획량 변화가 다르게 일어남을 알 수 있었다. 이러한 이론적 분석 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 폐쇄 모형(Closed System)하에서는 어업자원 간의 이동이 없기 때문에 한 자원군에 대해서 MPA를 지정하게 되면 전체적인 자원량 수준이 증가하는 것으로 나타났다. 하지만 MPA가 지정된 자원군으로부터의 자원유입이 없으므로 어업가능구역에서의 어획량 수준에는 변화가 없었다. 따라서 전체적인 어획량 수준은 감소하는 것으로 분석되었다.

둘째, 발생지-유입지 모형(Source-Sink System)하의 경우 발생지와 유입지에 각각에 대한 MPA 효과가 달리 나타났다. 발생지에 대한 MPA 지정 후에는 전체 자원량 수준은 증가하는 것으로 나타났지만, 어획량은 자원의 이동률, 각 하부 자원군의 자원량 수준에 따라서 효과가 다르게 나타났다. 유입지에 대해서 MPA를 설치하면 전체 자원량은 역시 항상 증가하였다. 반면, 총 어획량 수준은 MPA 지정 이전보다 항상 낮게 되는 것으로 나타났다. 이는 발생지에서는 자원유입이 없으므로 어획노력량 수준에 비해 자원량 수준이 상대적으로 낮아졌기 때문이었다.

셋째, 밀도종속적 모형(Density-dependent System)하에서는 MPA 지정 후 전체 자원량 수준이 높아지는 것으로 나타났다. 하지만 총어획량은 각 자원군의 자원량 수준, 자원의 이동률에 의해 증감하는 것으로 분석되었다. 그리고 어획에 따른 경제적 효과 분석에서는 기존 연구들이 제시한 것과 달리 MPA 지정 후 어획가능한 구역에서 무한히 어획노력량 수준이 증가할 수 없고, 어업비용이 큰 구역에서 어획노력량 수준이 낮게 설정되는 것으로 분석되었다. 따라서 어업비용이 상대적으로 낮은 곳에 MPA를 지정함으로써 보다 큰 자원량 증대 효과를 얻을 수 있을 것으로 평가되었다.

또한 각모형 하의 MPA 지정에 있어 다른 어획노력량 통제수단과 병용할 경우에는 자원량 수준은 더욱 크게 높아질 수 있는 것으로 나타났지만, 어획노력량 자체가 제한되어 단기적으로 전체 어획량은 감소하는 것으로 분석되었다.

## 2. 사회경제적 효과 분석에 대한 경제학적 이론

### 1) 선행연구 검토

해양보호구역에 대한 대부분의 영향은 어획량의 변화나 CUPE의 변화에 치중되어 있으며, 사회경제적인 영향을 분석한 연구는 매우 드물다. 그러나 양적으로 많은 연구자료가 확보되지는 않았지만 매우 중요한 시사점을 내포하고 있다.

Leeworthy(2001)<sup>19)</sup>는 플로리다 해양보호구역의 Sambos 생태보전지역을 4년간 모니터링을 하였다. 그는 보호구역 설정으로 인하여 가장 손해를 많이 본 어업인들이 추후에 가장 많은 이익을 볼 것이라고 전제한 후 비용-편익분석을 하였는데, 결과는 모두가 이익을 본 것으로 나타났다. 그리고 조업 금지로 인해 손해를 본 사람들은 67%의 이익을 얻었으나 그렇지 않은 계층은 22%의 이익을 얻은 것으로 분석하였다.

해양보호구역의 또 다른 사회적인 이익은 환경에 대한 관심 증대와 지역사회에 대한 교육기회의 증대이다. 여기에는 지역어업인들의 관심을 유발할 수 있다는 사실도 포함된다. 보호구역이 설정된 지역어업인들에 대한 컨설팅은 강한 교육과정을 포함하게 된다. Bernando(2001)<sup>20)</sup>에 따르면 미국의 세인트

19) Leeworthy, V. R.(2001) Socioeconomic Monitoring Program Florida Keys National Marine Sanctuary Preliminary Findings From Two Years of Monitoring the Commercial Fisheries: Impact of No Take Areas. U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administrations, National Ocean Service.

20) Bernando, R. G.(2001). Environmental Impacts and Distribution of Benefits of Apo Island Marine Sanctuary. Dauin, Negros Oriental, Philippines, MSc Thesis University of the Philippines, Los Banos.



루이스에서는 학교 교육에 어업인들을 포함시키는 프로그램을 만들었으며, 필리핀의 Apo 섬은 해양보호구역으로 얻은 이익을 지역학생들의 장학금으로 지급하고 있다고 한다.

이와 함께 해양보호구역의 설정은 많은 사람들의 관심과 호기심을 증대시킬 수 있다. Rowe & Feltham(2000)<sup>21)</sup>의 견해에 따르면 해양보호구역의 설정 효과를 분석하기 위한 관심사가 증대되고 그 지역을 방문하는 연구원, 학계, 공무원이 증가한다는 것이다. 한편 유어객도 증가하지만 때에 따라서는 유어객과 지역주민들이 서로 충돌하는 경우도 있는 것으로 알려졌다(Suman et al (1999)).<sup>22)</sup>

한편 해양보호구역의 설정은 지역주민들에게 추가소득을 창출할 수 있는 기회를 준다. 예를 들어 지역주민들은 그 지역어업에 대한 해박한 지식을 가지고 있으므로 보호구역 관리단체에 스텝으로 참여할 수도 있다(Galal et al (2002)).<sup>23)</sup> 또한 해양보호구역의 설정은 관광객을 이끌 수 있는 충분한 매력적인 요소가 되므로 그 지역주민들에게는 추가적인 관광수입을 올리게 해줄 수도 있다(Rudd(2001)).<sup>24)</sup>

이와 같은 사회경제 효과에 대한 선행연구를 보면 대부분 사실현상 분석에 치중하고 있으며, 계량 경제적인 분석은 많지 않음을 알 수 있다. 그러나 선행 연구에서 다루고 있는 사회경제효과를 보면 크게 ① 어획량 증대에 따른 소득 효과, ② 환경에 대한 관심 증대 효과, ③ 관광자원으로서의 소득 증대 효과,

21) Rowe, S. and Feltham, G.(2000) Eastport Peninsula Lobster Conservation : Integrating Harvester's Local Knowledge and Fisheries Science for Resource Co-management (ed B. Neis and L. Felt). Institute of Social and Economics Research Press, St John's Newfoundland, pp.236~254.

22) Suman, D., et al.(1999). Perceptions and Attitudes Regarding Marine Reserves : a Comparison of Stakeholder Groups in the Florida Keys National Marine Sanctuary. Ocean and Coastal Management 42, pp.1019~1040.

23) Galal, N., et al(2002). Effects of a Network of No-take reserves in Increasing Exploited Reef Fish Stocks and Catch Per Unit effort at Nabq, South Sinai, Egypt. Marine and Freshwater Research 53, pp.199~205.

24) Rudd, M.A.(2001) The Non-extractive Economic value of Spiny Lobster *Panulirus Argus* in the Turks and Caicos Islands, Environmental Conservation 28, pp.226~234.

④ 지역에 대한 관심 증대 효과 등으로 압축됨을 알 수 있다.

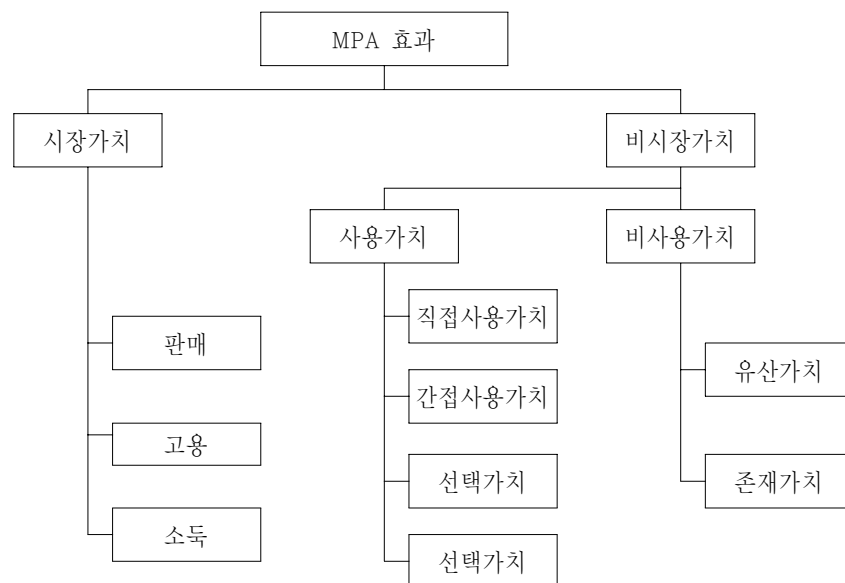
## 2) 이론적 검토

### (1) MPA 효과에 대한 가치 분류

어업관리 측면에서 본 MPA일지라도 사회경제적인 효과는 단순히 수산자원 보호 이상의 효과를 가져오게 된다. 이는 어업관리 측면에서 본 MPA가 직접적으로는 수산자원 증대라는 효과도 있지만 위의 선행연구에서 보는 것처럼 환경보호 효과와 유어객 증대 효과도 있기 때문이다. 일반적으로 MPA에 대한 사회경제적인 효과를 평가하기 위해서는 시장가치와 비시장가치를 모두 고려해야만 한다.

〈그림 3-10〉

MPA의 사회경제적인 효과의 가치 분류



자료 : Vivki Wedell, "Socio-economic or other benefits derived by the operation of MPA in U.S", 해양보호구역에 대한 한·미 공동 심포지엄.

〈그림 3-10〉은 MPA의 사회경제적인 효과에 대한 가치평가를 분류한 것이다. MPA에 대한 가치평가는 시장에서 직접적인 측정이 가능한 시장가치(market value) 평가와 시장에서 측정이 불가능한 비시장가치(non-market value)평가로 나눌 수 있다. 또한 비시장가치는 다시 사용이 가능한 사용가치(use value)와 사용이 불가능한 비사용가치(non-use value)로 분류하게 된다.

시장에서 직접적인 측정이 가능한 MPA의 시장가치는 말 그대로 자원량이 증가함으로써 어획량이 증대되며, 이를 판매함으로써 실현되는 가치이다. MPA의 설정에 따른 자원량의 증대는 증가된 자원량이 어획되어 시장에 판매될 때 비로소 이익이 실현된다.

시장에서 직접적인 측정이 가능한 또 하나의 가치는 고용이다. MPA의 설정으로 인해 자원량이 증대되면 조업에 나서는 어선 수가 증가하며 고용되는 선원의 수도 증가하게 된다. 이에 따라 노동시장에서 고용된 인원에 대한 경제가치가 실현되게 된다. 이러한 어업인의 수익, 고용 등의 효과가 관련산업으로 확장되어 마찬가지로 관련산업의 소득도 증가하게 된다. 이처럼 판매액, 고용량, 소득 등은 시장에서 실현되는 가치이며 따라서 시장을 통해 측정이 가능해진다.

비시장가치는 위에서 언급한 것처럼 사용가치와 비사용가치로 분류된다. 사용가치는 말 그대로 시장에서 거래되지는 않지만 소비자가 직간접적으로 사용함으로써 느끼는 가치로 직접사용가치, 간접사용가치, 선택가치, 준선택가치로 분류된다. 직간접사용가치는 실제 MPA를 설정함으로써 차후에 MPA가 설정된 수역에 유어객들이 방문함으로써 유어량이 증대되고 이로 인해 효용이 증대될 것이다. 또한 해양보호구역으로 인하여 해양환경이 개선되는 경우 그곳을 찾는 사람은 쾌적함으로 인해 효용이 증가할 것이다. 이것이 직간접적인 사용가치가 된다.

이와는 별도로 지금 현재는 사용하지 않지만 장래에 사용할 의사가 있을 때, 이를 선택가치라 한다. 예를 들어, 어떤 어업인이 당장은 조업을 할 계획은 없어도 언젠가는 조업할 가능성이 있으므로 일종의 보험금 또는 예약금을 기꺼이 내고자 할 것이다. 이때 이 어업인은 장래소비를 선택함으로써 가치를 느끼

게 된다. 즉 선택가치라 함은 미래의 사용가치를 위해 미리 지불하고자 하는 금액을 의미한다.

한편 비사용가치는 사용가치 이외의 모든 가치를 통틀어서 지칭하는 것으로 훌륭한 경치, 야생생태계와 같이 직접 접촉할 것이라는 기대 없이도 그것의 보존과 존재에 대한 만족을 얻는 사람들이 많다는 것이며, 이러한 만족감이 바로 비사용가치라고 할 수 있다.<sup>25)</sup> 이러한 비사용가치는 크게 선택가치, 존재가치, 유산가치로 나뉜다.

존재가치는 비록 해양을 이용할 계획은 없지만 그곳이 보전되어 생물의 종이 다양화하고 풍부해지는 것이 좋다고 생각되며, 이에 따라 기꺼이 금액을 지불하고자 할 때 발생하는 가치이다.

마지막으로 유산가치는 우리의 후손들이 우리가 해양으로부터 느끼는 동일한 가치를 느끼게 하도록 기꺼이 금액을 지불할 의향이 있을 때 발생하는 가치이다.

## (2) 비시장가치 측정을 위한 방법론 검토<sup>26)</sup>

통상 시장가치는 말 그대로 재화나 서비스가 거래되는 시장이 존재하며 시장의 수요와 공급에 의해서 가치가 결정된다. 주류경제학에서 논하고 있는 가치는 대부분 이런 가치에 속하는 것이다. 위에서 MPA의 가치 분류 중 판매, 고용, 소득 등은 시장을 통해 가치를 확인하게 된다.

이러한 시장가치는 직접적인 효과뿐만 아니라 간접적인 효과도 포함하게 되는데, 직접적인 효과가 시장분석을 통해서 측정이 가능하며 간접적인 효과는 산업연관분석표를 이용하여 추정할 수 있다.

경제학적인 관점에서 연구되는 것은 시장을 통하지 않는 비시장적인 가치를 어떻게 측정하는가 하는 문제이다. 일반적으로 환경재는 시장에서 거래되지 않지만 우리는 쾌적한 환경을 통하여 효용이 증대된다. 통상 이러한 비시장적

25) 비사용가치는 Krutilla(1967)에 의하여 처음으로 언급이 되었는데, 비사용가치의 예로서 야생동물보호기금과 같은 환경기금에 대한 자발적 기부금을 그 근거로 제시하였음.

26) 시장가치는 시장에서 충분히 가치가 평가되고 있으며, 가치평가가 그리 어렵지 않기 때문에 가치평가방법론에서는 제외하였음.

가치는 측정이 가능한 가치이며 규모도 적지 않은 가치이다. 따라서 MPA에 설정에 따른 사회경제적인 효과의 측정문제도 이러한 비시장가치를 평가하는 방법에 초점이 맞추어진다. 여기서는 이러한 비시장가치를 측정할 수 있도록 고안된 몇 가지 방법론에 대하여 기술하고자 한다.

### ① 조건부가치평가법(Contingent Valuation Method : CVM)

조건부가치평가법(Contingent Valuation Method : CVM)은 사람들이 공공재나 환경재에 대해 부여하고 있는 가치를 설문을 통해 끌어내는 방법이다. CVM에서는 우편, 전화, 면접 등을 통해 응답자로부터 환경재에 대한 주관적 가치를 직접 질문으로 도출하고자 한다는 점에서 간접적 가치추정방법과 구분된다. 즉, 간접적 가치추정방법이 현시된 선호로부터 수요를 이끌어내는 데 비해 CVM은 소비자로부터 직접적으로 효용의 가치를 이끌어낸다고 해서 직접적인 가치추정방법이라고도 불린다.

CVM은 가상적인 시장을 설정하고 가치를 평가하게 된다. MPA가 설정된 경우 환경이 보호되며 이에 따라 자원량이 증가함과 동시에 이곳을 찾는 사람들에게도 쾌적함의 증가를 통해 효용을 증대시킨다. 따라서 CVM은 MPA의 설정에 대하여 사람들이 지불할 용의가 있는 금액(willingness-to-pay : WTP)이나, 환경이 오염되는 대신(어획량이 감소되거나 쾌적함의 상실)에 받아들일 용의가 있는 금액(willingness-to-accept : WTA)을 직접적으로 설문하는 것으로 이것은 각각 Hicks식 보상변화(compensating variation : CV)과 동등변화(equivalent variation : EV)에 해당하게 된다. 이를 수식으로 나타내면 다음과 같다.

MPA의 설정을 통해 자원량이  $Q_0$ 에서  $Q_1$ 로 증가하였다고 하자. 이때  $P_0$ 은 자원량이 개선되기 전의 시장재화의 가격체계,  $U_0$ 은 초기상태의 효용수준을 의미한다. 따라서 지출함수,  $E(P_0, Q_0, U_0)$ 는 초기상태의 지출수준이다. 그렇다면 변화된 상태 즉 자원량이 개선된 상태( $Q_1$ )에서 초기상태와 동일한 효용수준을 유지하기 위해 필요한 최소 지출액  $E(P_0, Q_1, U_0)$ 은 초기상태의 지출액( $P_0, Q_0, U_0$ )보다 적을 것이다. 그러므로 초기 상태의 지출수준과 변화된 상태에서의 지출수준의 차이는 소비자가 자원량의 개선을 위해 지불할 의사가 있

는 최대 금액(Willingness-to-Pay : WTP)에 해당할 것이다.

마찬가지로 자원량이  $Q_1$ 으로 개선된 상태에서 소비자의 효용수준을  $U_1$ 라고 하면, 이 때 소비자의 지출수준은  $E(P_0, Q_1, U_1)$ 로 나타낼 수 있을 것이다. 그런데 소비자가 자원량이 개선되기 이전의 상태( $Q_0$ )에서  $U_1$ 의 효용수준을 유지하려면 그 대신 보상으로 시장재화를  $P$ 의 가격으로 추가적으로 구입하여야 할 것이며 이 때의 지출액을  $E(P_0, Q_0, U_1)$ 로 나타낼 수 있다. 그리고 이 값은  $E(P_0, Q_1, U_1)$ 보다 클 것이다. 이 두 값의 차이는 소비자가 자원량 개선을 포기하는 대신 받아들일 용의가 있는 최소 금액(Willingness-to-Accept : WTA)에 해당한다.

여기서는 전자의 지불할 의사가 있는 최대금액을 보상변화(Compensating Variation : CV), 그리고 후자의 수용할 의사가 있는 최소금액을 동등변화(Equivalent Variation : EV)라고 부르고 각각을 아래에 두 식으로 표시할 수 있다.

$$CV = E(P_0, Q_0, U_0) - E(P_0, Q_1, U_0)$$

$$EV = E(P_0, Q_0, U_1) - E(P_0, Q_1, U_1)$$

CVM은 위에서 보인 지불할 의사가 있는 최대금액(WTP)나 수용할 의사가 있는 최소금액(WTA)을 가상적 시장상황을 설정하여 사람들에게 설문하는 방법이다. WTP와 WTA 중 어느 것을 환경재의 가치로서 설문할 것인지는 상황에 따라 다를 것이지만 대부분의 경우 환경질의 개선에 대해 응답자가 지불하고자 하는 금액을 WTP로 묻게 될 것이다. CVM에서 사용하는 설문방법에 의해 정확한 MPA의 가치측정이 이루어지기 위해서는 측정하려는 MPA의 가치가 설문을 통해 정확하게 표명될 수 있도록 응답자에게 MPA에 대한 가상적 시장이 구체적으로 적절히 제시되어야 한다. 그러나 응답자들이 MPA에 대하여 구체적으로 인식하고 파악하는 것이 쉽지 않기 때문에 응답자들에게 구체적으로 설명하는 방법에서 고도의 기술이 요구된다.<sup>27)</sup> 그러므로 CVM의 설문에서 응

27) CVM의 효용성에 대한 주된 논쟁은 여기서부터 시작된다. 이러한 논쟁은 설문방법을 두고 또 달라지게 되는데, 이러한 논쟁점은 본고의 범위를 뛰어넘기 때문에 여기서는 생략함.

답자가 자신의 진정한 지불의사를 성실하게 밝힐 수 있도록 설문지를 설계하는 것은 상당한 전문성을 요구하게 된다. CVM 조사시 이용하는 설문방법은 ①경매법, ②양분선택법(Dichotomous Choice), ③직접(open-ended : OE)질문법, ④지불카드방식(payment card) 등이 사용된다.

## ② 헤도닉 모형

헤도닉 모형은 위에서 언급한 CVM과 달리 현시된 선호이론으로부터 소비자의 수요곡선을 추정해내는 간접적인 가치추정법이다. 헤도닉 가격기법의 이론적 배경은 어떤 상품 그룹의 품질을 결정하는 상품특성이  $n$ 개 존재할 때 이 상품 그룹 내의 임의의 어떤 상품에 대해서도  $n$ 개의 특성으로 구성된 특성 벡터에 의하여 그 상품가격을 설명하는 것이 가능하다는 것이다. 이러한 헤도닉 모형은 Rosen(1974)<sup>28)</sup>에 의해 처음으로 제기되었다.

헤도닉 가설은 주택시장에 많이 적용되고 있다. 주택의 가격이 여러가지 주택의 속성에 의해 결정되고 있기 때문이다. 따라서 MPA의 대한 경제적인 효과 분석 중 MPA의 설정된 지역의 정주권에 대해서도 헤도닉 모형의 적용이 가능하다.

예를 들어, 주택이 가지고 있는 속성을 다음과 같은 벡터로 표시할 수 있다고 하자.

$$Z = Z(Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_n)$$

여기서 MPA가 설정된 인근지역의 주택가격의 속성( $Z_n$ ) 중 하나가 MPA의 비시장가치 중에서 자원량 증대에 따른 사용자 가치가 포함되어 있다고 하자.<sup>29)</sup> 그러면 위 식은 다음과 같이 변환될 수 있다.

28) Rosen, Sherwin, (1974). "Hedonic Prices and Implicit Markets," Journal of Political Economy 82, pp.34~55.

29) 통상 이러한 헤도닉가격 모델을 적용하기 위해서는 MPA 설정에 따라 자원량 증대, 또는 유어객의 방문 증가 등으로 인하여 정주권이 향상되고 이에 따라 MPA 인근지역의 가격이 상승해야 함.

$$P(Z) = P(Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_n)$$

위 식이 바로 헤도닉가격함수로서 주택의 특성들에 따라 재화의 가격을 규정하는 법칙이다. 즉, MPA로 인한 정주권 향상( $Z_n$ )이라는 속성이 주택가격에 포함된 것이다.

### ③ 여행자비용법

여행자비용법은 어느 특정한 장소를 방문할 때 소요된 비용을 통하여 수요곡선을 유도하여 가치를 측정하는 것이다, 이러한 아이디어는 Hotelling(1947)에 의해 처음으로 제기되어졌는데 이후 Clason(1959)이 실증모형을 처음으로 개발함에 따라 널리 알려졌다.

MPA 설정을 하는 경우 환경의 질이 좋아지기 때문에 유어객을 포함한 관광객도 많이 증가하게 된다. 위에서 기술한 바와 같이 선택적인 MPA가 설정된 곳에 관광객이 많이 찾고 있는 것을 증명하고 있다. 이러한 관광객의 효용을 간접적으로 측정할 수 있는 것이 바로 여행자비용법이다. 여행자비용법을 자세히 설명하면 다음과 같다.

먼저  $X$ 는 복합재로서 기타의 모든 재화,  $P_x$ 는  $X$ 재의 가격,  $V_j$ 는 MPA가 설정된  $j$ 지역에 늘어난 횟수,  $P_{vj}$ 는  $V_j$ 의 가격(입장료에 해당),  $D_j$ 는 지역  $j$ 까지의 거리,  $Z_j$ 는 지역  $j$ 까지의 총 여행거리,  $c$ 는 1km당 단위여행비용(연료비 등이 포함됨),  $a_j$ 는 한번 그곳에서 방문시 그곳에서 보내는 시간  $t_j$ 는 1km당 여행시간을 나타낸다고 하자. 이제 효용극대화함수는 다음과 같이 구성된다.

$$\text{MAX } U = U(X, V_j, Z_j)$$

$$X, V_j, Z_j$$

$$\text{s.t. } M = P_x X + \sum_j P_{vj} V_j + \sum_j c Z_j$$

$$T = \sum_j a_j V_j + \sum_j t_j Z_j$$

여기서 첫번째 제약식은 예산과 관련된 것이며, 두번째 제약식은 시간과 관



련된 것이다. 편의상 효용함수를 다음과 같은 가법적인(additive) 형태로 가정해 보자.

$$U = U_1(X) + U_2(V_j) + U_3(Z_j)$$

그러면 효용극대화의 1계 필요조건을 충족시키는 식들 가운데 다음의 식을 얻을 수 있다.

$$\frac{\partial U_2}{\partial V_j} = \lambda P_{vj} + \lambda c D_j + \mu t_j D_j - D_j \frac{\partial U_3}{\partial z_j}$$

위식에서  $\lambda$ 와  $\mu$ 는 라그랑지 승수로서 각각 화폐와 시간의 한계효용으로 해석할 수 있다. 이식이 의미하는 바는 다음과 같다.

MPA가 설정된 J지역을 한 번 방문함으로써 얻는 한계효용( $\frac{\partial U_2}{\partial V_j}$ )과 화폐 및 시간의 총 기회비용이 일치하는 수준에서 방문횟수를 결정할 때 효용이 극대화 된다. 총 비용 가운데서 처음 두 항은 입장료 및 연료비 등 MPA가 설정된 J지역에서 즐길 때까지 소요된 돈과 관련된 기회비용이다. 특히, 우리의 관심을 끄는 부분은 j지역까지 오는데 걸린 여행시간의 기회비용을 나타내는 마지막 항( $\mu t_j D_j - D_j \frac{\partial U_3}{\partial z_j}$ )이다. 이 항이 의미하는 바는 여행시간과 관련된 순 기회비용(net opportunity cost)은 총 기회비용에서 여행 그 자체가 가져다 주는 즐거움을 차감해야만 제대로 된 값을 얻을 수 있다는 것이다.

따라서 MPA가 설정된 지역을 방문하는 가치는 추정된 수요함수의 아래 면적이 된다. 이 면적은 2개의 가격 사이에서 측정되는데, 첫번째 가격은 관련된 여행비용으로 측정되는 MPA 방문에 대한 현재가격이며, 두번째 가격은 개인들이 전혀 방문하지 않기로 결정하게 만드는 가격으로 추정된 수요함수의 상수항에 해당된다. 따라서 수학적으로 보면 MPA가 설정된 지역에 대한 가치는 두 가격 사이에서 추정된 수요함수를 정적분하면 구할 수 있게 된다.

## 제 4 장 MPA 효과에 관한 실증사례 분석

### 1. 자원량 증가 효과에 관한 실증사례 분석

#### 1) 일본 도루묵 어업에 대한 MPA 효과 분석

일본의 도루묵 자원량은 1960~1970년대 걸쳐 높은 수준을 유지하였는데, 이는 산란 가능한 어미 자원량이 많았을 뿐만 아니라 해양환경이 좋은 상태였기 때문이었다. 하지만 과도한 어획으로 인해 1970년대 중반부터 급격히 감소하기 시작하여 현재는 심각하게 남획된 상태에 있다.

도루묵 어업이 가장 많이 이루어지고 있는 아키타(秋田) 현에서는 1992년 9월 1일부터 1995년 9월 30일까지 아키타 현 해역에 MPA를 설치하여 3년간 도루묵 어획을 금하는 조치를 취하는 등 이 지역의 중요한 상업적 어종인 도루묵 자원을 회복시키기 위해 적극적인 활동을 펼치고 있다.

Sakuramoto et al (2001)<sup>30)</sup>는 어획량 예측모델을 이용해 아키타 현의 MPA 효과를 분석하였다. 구체적인 연구방법으로는 연령구조모델(age-structured model)을 이용하여 동태적 시뮬레이션 모델링 방법을 사용하였다. 그리고 MPA 외에 어획노력량 통제에 대한 효과 분석도 병행했다. 그들의 연구결과에 따르면 아키타 현에서의 3년간 MPA 설치로 도루묵 자원회복을 위해 상당히 효과가 있는 것으로 나타났다. 하지만 아키타 현 해역만을 대상으로 분석했기 때문에 어획이 동일하게 이루어지고 있는 인근 지역(아오모리 현, 니가타 현, 야마가타 현)에 대한 MPA 효과는 분석되지 못했다.

---

30) Sakuramoto, K., H. Sugiyama and N. Suzuki, (2001). Models for forecasting sandfish catch in the coastal waters off Akita Prefecture and the evaluation of the effect of a 3-year fishery closure. Fisheries Sci., 67, pp.203~213.

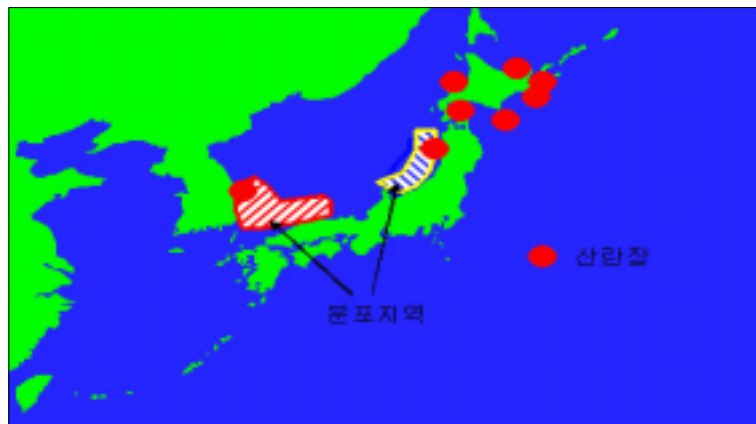
### (1) 도루묵 생태

도루묵(*Arctoscopus japonicus*)은 동해와 북해도, 혼슈(本州) 태평양 북동쪽에 분포하고 있다. 산란장(spawning ground)은 〈그림 4-1〉에서 보는 바와 같이, 아키타 현 부근, 훈카 만 부근, 북해도의 쿠시로, 네무로, 아바시리 부근 등이고, 한국 쪽인 동해에서도 분포하는 것으로 나타났다(Okiyama, 1970 : Kobayashi, 1981).

Fugino and Amita (1984)의 연구에 따르면 한국과 일본 근해에서 어획되는 도루묵은 크게 두 계군으로 나뉘어진다. 한 계군은 아키타 현에서 산란되어 혼슈지역의 아오모리 현, 야마가타 현, 니가타 현을 회유하는 북일본계군이고, 다른 하나는 한국 쪽 동해에서 산란되어 일본 키타큐슈 지역으로 분포하는 한국계군이다.<sup>31)</sup>

〈그림 4-1〉

도루묵의 산란장과 분포지역



31) 북해도 부근에 있는 산란장들은 각기 조금씩 다른 생태학적 특성을 보이는 것으로 나타나 각 산란장마다 작은 단위의 독립적인 계군이 분포하는 것으로 판단되고 있음 (Kobayashi and Kaga, 1981).

11~12월의 산란기간 동안 어미자원은 연안지역으로 회유하여 산란하는데, 특히 북일본 계군의 경우 어미자원은 산란장의 수온이 12도 이하로 내려가면 회유해서 아키타 현 부근에서 산란하는 것으로 알려져 있다(Sugiyama, 1991). 산란 후 어미자원은 다시 근해로 이동하는데, 북일본계군의 경우 평균수심 200~300m 부근에 서식하고, 한국계군은 평균수심 100~300m 부근에서 서식한다.

아키타 현 부근의 산란장에서 도루묵 알은 2월 내지 3월경에 부화하고, 치어자원은 4~5월경까지 평균수심 10m 부근에서 서식한 후 근해 깊은 수역으로 이동하게 된다.

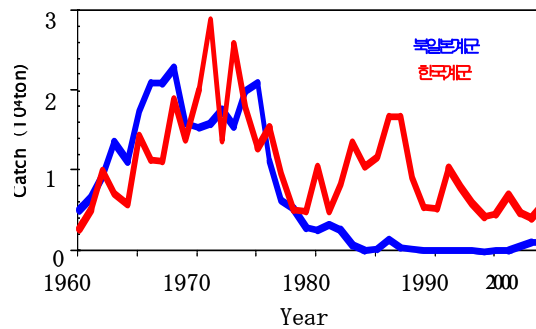
## (2) 도루묵 어업

### ① 북일본계군의 도루묵 어업

아키타 현 부근의 도루묵은 크게 연안과 근해로 나뉘어 각기 다른 어법에 의해 어획되고 있다. 연안에서는 주로 산란을 위해 회유해 오는 어미자원을 자망에 의해 어획하고 있는 반면 근해에서는 미성어자원이나 어미자원을 대형 선망어선이나 소형 선망어선이 연중 조업하고 있다. 근해어업이 이루어지는 평균 어장수심은 대략 200~300m 부근이고, 조업이 집중적으로 행해지는 시기는 10월에서 12월경이다.

북일본계군의 도루묵이 가장 많이 어획되고 있는 아키타 현에서의 어획량 변화를 살펴보면 <그림 4-2>에서 보는 바와 같이, 1966년에 20,607톤의 최고치를 기록한 후 1970년대 후반부터는 어획량이 급감하였다. 이에 따라 아키타 현에서는 1992년 9월 1일부터 1995년 9월 30일까지 아키타 현 해역에 MPA를 설치하여 도루묵 어획을 금하는 조치를 취했다.

〈그림 4-2〉 한국계군과 북일본계군의 도루묵 연간 어획량 변화



## ② 한국계군의 도루묵 어업

한국수역에서는 선망어업과 트롤어업이 연중 도루묵을 어획하고 있다. 이들 어법의 특성상 대부분의 도루묵은 명태 등 다른 어종과 함께 어획되고 있다. 일본 수역에서는 주로 선망어선들이 도루묵을 어획하고 있는데, 7월부터 8월 기간에는 금어기가 설정되어 있다.

연도별 어획량 변화를 살펴보면 1970년대 중반 약 27만 톤의 최고치 어획량을 기록한 후 이후 크게 감소하였다. 1980년대 다소 어획량 수준이 증가하였지만, 1990년대 들어서면서 어획량은 다시 감소하기 시작하여 지금까지도 이러한 감소추세가 계속 이어지고 있다.

## (3) MPA 효과 분석을 위한 동태적 시뮬레이션 모델

앞서 언급한 바와 같이 MPA 및 어획노력량 통제에 따른 자원량 및 어획량 변화가 연령구조모델을 바탕으로 한 동태적 시뮬레이션(dynamic simulation) 모델에 의해 분석되었다.

생물학적으로 어업자원은 산란을 하여 치어가 어획대상자원으로 가입하게 되고, 성장을 하여 총 자원량 수준은 높아지게 된다. 그러나 자연사망에 의해 자원량은 감소하게 되고, 여기에 더해 어획이 이루어지게 되면 어획사망률 증

가에 따라 자원량의 감소율 또한 더욱 증가하게 된다. 동태적 시뮬레이션 분석은 MPA나 어획노력량 통제 등 어획사망률 변화에 따른 자원량 및 어획량 변화를 고려하는 것이다.

### ① 도루묵의 자원량(마릿수) 변화 모델

도루묵의 동태적 자원수 변화모델은 다음의 식(4-1)과 같이 추정되었다.

$$TN_t = R_t + \sum_{a=2}^{4+} [N_{a-1,t-1} \exp(-M) - TC_{a-1,t-1}] \quad \text{식(4-1)}$$

여기서,  $TN_t$ 는 t년도의 총 도루묵 자원량(마릿수),  $R_t$ 는 가입량을 의미한다. 그리고  $N_{a,t}$ 는 t년도 연령별(a)의 자원량,  $TC_{a,t}$ 는 t년도 연령별(a) 총 어획량을 나타낸다. 마지막으로  $M$ 는 연간 자연사망계수 수준을 의미하는데, 모델에서는 0.14로 가정되었다.

가입량(Recruitment)은 매년 어획될 수 있는 자원으로 가입되는 마릿수를 말한다. 도루묵 자원보고서(Watanabe, 2004)에 따르면 가입 마릿수( $R_t$ )는 다음의 식(4-2)와 같이 추정되었다.

$$R_t = EP_{t-2} \exp(-M_{1,t} - 2.0 \times 10^{-12} \times EP_{t-2}) \quad \text{식(4-2)}$$

여기서  $EP$ 는 산란량을 의미한다. 그리고 t년도 1세어의 자연사망계수( $M_{1,t}$ )는 봄(spring)과 겨울(winter)의 수온에 의해 좌우되는 경향이 있는 것으로 나타나 다음의 식(4-3)과 같이 계산되었다.

$$M_{1,t} = -0.24 \times W_t(\text{spring}) - 0.33 \times W_t(\text{winter}) + 9.4 \quad \text{식(4-3)}$$

## ② 어획량 변화 모델

북일본계군의 도루묵은 아키타 현을 중심으로 총 허용어획량(TAC) 제도가 시행되고 있기 때문에 정해진 할당량만큼만 어획이 가능하다.

연간 총 허용어획량은 자원량 조사평가 결과를 바탕으로 t년도의 어획강도( $E_t$ )를 추정하여 결정되는데, 그 구체적인 허용어획량 결정식은 다음의 식(4-4)에서 보는 바와 같다.

$$TQ_t = N_t(\text{fore}) \times \exp(-M) \times E_t \quad \text{식(4-4)}$$

여기서,  $TQ_t$ 는 t년도의 총 허용어획량 수준을 의미하고,  $N_t(\text{fore})$ 는 추정된 자원량 수준, 그리고  $M$ 은 자연사망계수를 나타낸다(0.14). 따라서 각 연령별 (a) 어획량 수준은 다음의 식(4-5)와 같이 나타낼 수 있다.

$$TC_{a,t} = TQ_t \times \frac{N_{a,t}}{\sum_{a=1}^{4+} N_{a,t}} \quad \text{식(4-5)}$$

## ③ 분석 시나리오

MPA에 의한 도루묵 자원량 변화를 추정하기 위해 다음과 같은 시나리오(현해역별 MPA 지정과 어획노력량 수준 통제)가 만들어졌다. 시나리오 2가 현재 아키타 현 해역에 있어서의 MPA 설치 효과에 관한 것으로, 이는 다른 시나리오의 결과 비교를 위한 기준 시나리오(base scenario)로서 분석되었다.

〈그림 4-3〉

## 북일본계군의 분포지역과 산란장



- ① 시나리오 1 : 1992~1994년 3년간 아키타 현 해역에 MPA 지정(현재 도루묵 관리정책)
- ② 시나리오 2 : 1992~1994년 3년간 아오모리, 아키타, 야마가타, 니가타 현 해역에 MPA 지정
- ③ 시나리오 3 : 1980~1982년 3년간 모든 현 해역에서 1965~1979년 사이의 평균어획강도 2/3 수준으로 통제
- ④ 시나리오 4 : 1985~1987년 3년간 모든 현 해역에서 1965~1979년 사이의 평균어획강도 2/3 수준으로 통제
- ⑤ 시나리오 5 : 1992년부터 아무런 규제조치가 이루어지지 않았을 때(자유어업)

시나리오 분석에 있어서는 첫째, 추정된 자원량 수준[ $N_t(\text{fore})$ ] 대신에 실제 자원량 수준이 사용되었고, 시나리오 2에서 MPA 지정 후의 어획강도 수준은 시나리오 1의 어획강도와 동일하게 가정되어 분석되었다.



〈표 4-1〉

분석 시나리오 요약

시나리오	1980~1982년	1985~1987년	1992~1994년
시나리오 1			MPA (아키타 현 해역만)
시나리오 2			MPA (4개 현 해역 모두)
시나리오 3	$E_{average} \times 2/3$		
시나리오 4		$E_{average} \times 2/3$	
시나리오 5	자유어업		

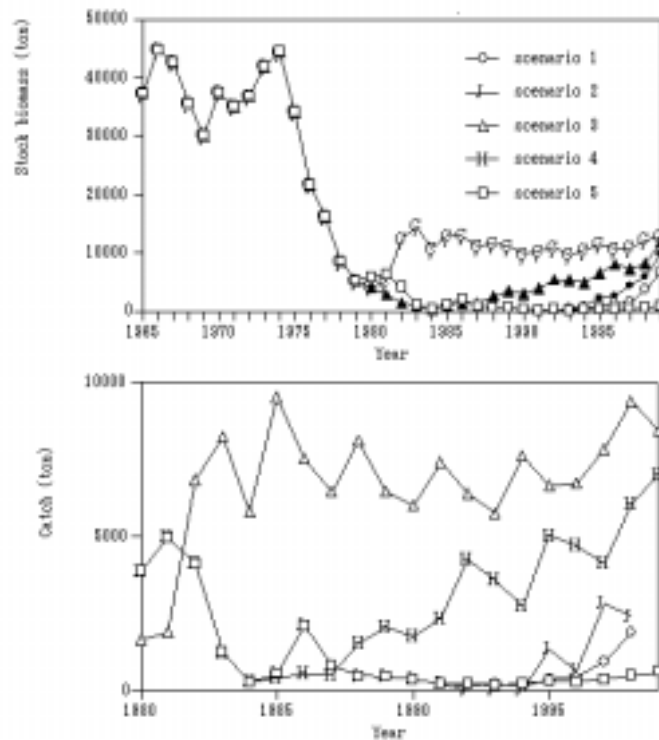
#### (4) 분석 결과

동태적 시뮬레이션 모델을 이용한 시나리오별 분석결과는 다음과 같다. 그리고 시뮬레이션 분석에 따른 시나리오별 자원량과 어획량 변화결과는 〈그림 4-4〉에서 보는 바와 같다.

첫째, 시나리오 1의 분석결과 자원량이 1995년 790톤에 이르는 것으로 추정되었고, 1999년에는 무려 7,000톤대로 증가하는 것으로 나타났다. 이러한 자원량 증대에 따라 어획량도 1995년 이후 계속 증가되는 것으로 분석되었다.

둘째, 시나리오 2의 분석결과 자원량이 1995년 2,280톤에 이르는 것으로 나타나 기존 시나리오에 비해 자원량 수준이 3배 가량 높은 것으로 분석되었다. 그리고 이후 자원량은 계속 증가하여 1999년에는 10,000톤에 이르는 것으로 추정되었다.

〈그림 4-4〉                      모델 결과 - 시나리오별 자원량 및 어획량 변화



셋째, 시나리오 3의 분석결과에서는 1982년부터 자원량이 계속 증가하여 1995년도 자원량 수준은 11,500톤에 이르는 것으로 나타났다. 이는 기준 시나리오에 비해 무려 18배나 높은 수준이다. 하지만 1995년 이후에서는 자원량 및 어획량 수준은 크게 증가하지 않고 거의 일정한 추세를 유지하는 것으로 분석되었다.

넷째, 시나리오 4의 분석결과에서도 1985년 이후 자원량은 증가추세로 돌아서 1995년에는 6,500톤대에 이르는 것으로 나타났다(기준 시나리오의 12배). 보다 일찍 어획강도 수준이 통제된 시나리오 3보다는 자원량 증가율이 낮았지만 1999년경에서는 자원량이 거의 동일한 수준에 이르는 것으로 분석되었다.

다섯째, 아무런 규제조치가 없는 시나리오 5하에서는 자원량이 계속 감소하는 것으로 나타났는데, 1995년을 기준으로 보면 기준 시나리오보다 50% 이상 자원량 수준이 낮아지는 것으로 추정되었다. 더욱이 이후 자원량은 더욱 감소하여 1999년도의 경우 기준 시나리오 결과와 비교하면 1/10 수준으로 감소하였다.

이상의 분석결과를 통해 과거 어획노력량 통제가 이루어지지 않았다면 MPA를 설치하여 어업자원을 관리하는 것이 상당히 효과적임을 알 수 있었다. 그리고 보다 넓은 지역에 걸쳐 MPA를 지정함으로써 자원회복 효과가 더욱 커지는 것 또한 확인할 수 있었다. 물론 이러한 일정기간의 MPA 이후 자원량 증가에 따라 어획량도 보다 증가하였다.

또한 분석결과에 따르면 이러한 MPA 외에 어획강도(어획노력량 수준)를 통제함으로써 자원량과 어획량이 증대되는 것으로 나타났다. 따라서 어획노력량 통제수단과 MPA가 병행되어 실시된다면 앞서 MPA 효과에 대한 이론적 분석에서 살펴본 바와 같이 더 큰 자원량 증대 효과를 얻을 수 있을 것이다.

본 실증분석에 있어서는 일정해역 전체에 대해 MPA를 설정하고 어획을 금지시킴으로써 자원량과 어획량 변화를 고려하였다. 이에 따라 기존 이론적 연구에서 설명되어온 해역에 있어서의 부분적인 MPA와 어획가능구역 사이의 생물학적 자원량 변화와 어획가능구역에서의 어획량 변화 분석은 불가능하였다.<sup>32)</sup> 즉, 본 연구에서 분석한 도루묵 어업의 경우에 있어서는 향후 자원량 증대에 따라 어획량 수준도 높아지는 것으로 나타났지만, MPA 설정기간 3년 동안 어획은 불가능했다. 해역 전체가 아닌 산란장이나 서식처 중심의 부분적 MPA 설정에 대한 효과 분석이 이루어진다면 어획가능구역에서의 어획이 가능하면서 MPA 설치에 의한 자원량 및 어획량 변화를 분석하여 그 효과를 보다 자세히 살펴볼 수 있을 것이다.

32) 이는 앞의 MPA 선행연구 검토에서 살펴 본 Robert and Sargent(2002)의 연구와 비슷하게 해역 전체를 하나의 단위로 가정하여 해역 안에 있는 서식장과 산란장으로의 이동경로를 각각 하나의 MPA 대상으로 하여 분석하고 있는 것이다. 따라서 자원의 이동률과 MPA의 면적이 고려되지 않았음. 하지만 분석결과에서는 Robert and Sargent(2002)의 연구결과와 달리 산란장과 서식처를 보호함으로써 자원량 및 어획량 증대에 효과가 있는 것으로 나타났음.

## 2) 요약 및 시사점

일본 도루묵 어업을 대상으로 한 실증적 효과 분석에 있어서도 산란장과 서식처에 대해 MPA를 설치함으로써 산란 가능한 어미자원량이 증가하고 치어의 성장량을 크게 하여 전체 자원량이 증가하고 이에 따른 어획량도 높아질 수 있는 것으로 나타났다.

현재 우리나라에서도 과잉 어획으로 인하여 어업자원량이 계속 감소하고 있으며, 특히 산란장 및 서식장 파괴 등으로 어업자원 감소현상은 더욱 심각해지고 있다. 이러한 상황에서 어업관리수단으로서 MPA제도를 적극 활용한다면 남획된 어업자원 회복에 큰 효과가 있을 것으로 판단된다. 특히 산란장과 서식장 등에 MPA를 지정함으로써 과잉된 어획노력량 수준을 줄이고 산란 가능한 어미자원량과 치어 성장량 증대를 통해 전체 자원량 수준을 높일 수 있을 것이다. 또한 이러한 자원량 증대에 따라 향후 어획량 수준도 보다 높아질 수 있을 것으로 기대된다.

## 2. 사회경제적 효과 분석

### 1) 미국의 플로리다 해양보호구역

MPA에 대한 사회경제적인 효과 분석은 그리 많지 않다. 앞장의 선행연구에서도 밝혔듯이 대부분이 어획량 증대 효과나 사회경제적인 현상(fact) 분석에 그치고 있을 뿐, 이에 대한 경제적 효과를 가치평가한 경우는 매우 드물다. 이는 MPA에 대한 개념이 도입된지 얼마 안되었기 때문에 그동안 자원량의 변화 등 주로 생물경제학적인 분석에 치중했기 때문인 것으로 분석된다.

그러나 최근 들어와 비시장가치평가에 대한 연구가 활발히 이루어지면서 MPA에 대한 사회경제적인 가치평가를 위한 시도가 이루어지고 있다. 미국의 플로리다 MPA (Florida Keys National Marine Sanctuary : FKNMS)에 대한

사회경제적 영향에 대한 가치평가 시도<sup>33)</sup>가 대표적인 예이다.

미국에서는 연안 및 해양자원에 대한 사회경제적인 분석을 위해 CORE (Coastal and Ocean Resource Economics) 프로그램이 조직되어 운영되고 있다. CORE의 연구진은 미국의 MPA에 대한 모니터링과 함께 사회경제적인 파급효과에 대한 연구를 시도하고 있다. 이들이 연구한 대표적인 MPA의 사회경제적인 파급효과 분석이 바로 미국의 FKNMS 구역에 관한 것이다.<sup>34)</sup>

〈그림 4-5〉

**FKNMS 구역 현황**



자료 : <http://spo.nos.noaa.gov/busline/socioeco.html>

### (1) 분석배경

1997년에 설정된 FKNMS 구역은 22개의 조업 금지구역이 있었다. 이 중 18개 구역은 스노우쿨링, 스쿠버다이빙 등 비소비적사용에만 개방되었으며, 4개

33) 미국에서 클린턴 대통령이 2000년 5월 해양자원을 보호하고 과도한 어획을 방지하기 위한 방법으로 MPA의 네트워크 체계를 개발할 것을 명령한 이후, 이러한 시도는 더욱 가속화되고 있음.

34) CORE가 분석한 “Proposed Tortugas 2000 Ecological Reserve(Final)-Socioeconomic Impact analysis of Alternatives”는 엄격히 말하면 MPA 효과에 대한 가치평가를 한 것은 아님. 왜냐하면 MPA를 설정하기 전에 사전적으로 각 대안(설정구역)별로 경제적 손실의 가치를 평가한 것이기 때문임.

구역은 연구원들에게만 진입이 허용되었다. 18개 구역이 비소비적 사용에만 개방된 것은 어업인과의 충돌을 예방하기 위한 것이었다.

그러나 해양과학자들은 이러한 구역 설정만으로는 자원회복에 미치는 영향이 매우 작기 때문에 추가적으로 MPA가 설정될 것을 요구하였다. 이에 따라 1997년 Sambos 구역에 9평방마일에 해당되는 수역이 추가로 MPA로 지정되었다. 그러나 Tortugas 지역에 지정될 예정인 약 110평방마일 수역은 어촌지역주민들의 반대로 이루어지지 못하였다.

이에 따라 1998년 MPA의 구역을 설정하는 데 있어서 각 대안별 경제적가치를 평가를 하기 위한 보호구역 자문위원회(SAC)가 구성되고 의사결정을 위한 워킹그룹이 조직되었는데 여기에는 CORE측이 주된 역할을 담당하였다.

## (2) MPA에 대한 경제적 가치평가

CORE는 MPA의 가치를 평가하기 위하여 MPA의 편익을 <표 4-2>과 같이 분류하였다.

<표 4-2>

MPA 가치평가를 위한 요인 분류

구 분	가 치	요 인
유어 효과	시장가치	매출, 소득, 고용
	비시장가치	소비자 잉여
상업적인 어업가치	시장가치	매출, 소득, 고용
	비시장가치	소비자, 생산자 잉여
기타	비사용가치 (잠재적사용가치)	가구당 MPA를 위해 기꺼이 지불할 가격(WTP)

### ① 유어에 대한 가치 평가

유어에 대한 경제적인 가치는 크게 시장가치와 비시장가치로 나뉜다. 비시장가치는 소비자 잉여와 공급자 잉여로 분류될 수 있다. 소비자 잉여는 소비자가 지불하고자 하는 가격이 시장에서 지불한 가격보다 높을 때 발생하는 경제적 가치이다. MPA 내 자연자원에 대한 이용은 시장에서 거래되지 않고 있기

때문에 소비자의 잉여는 비시장가치이다. 한편 비시장가치의 반대 개념은 공급자 잉여이다. 공급자 잉여는 반드시 있는 것은 아니고 경제적인 지대(rent)가 있을 때 발생한다. 경제적인 지대는 소비와 공급의 상태에 따라 달라진다. 이들 워킹그룹은 공급자 잉여를 공급자들이 유어활동에 대한 서비스를 제공함으로써 얻는 이윤으로 간주하였다.

이들은 소비자 잉여를 TERSA(Tortugas Ecological Reserves Study Area) 지역의 운영자들로 부터 1일당 이용객의 추정치를 구하고 Leeworthy & Bowker(1997)<sup>35)</sup>의 1일당 1인당 소비자의 잉여의 값을 곱해 산출하였다. 유어에 대한 경제적인 가치는 매출액은 사업수익에 매출액승수(1.12)를 곱해 구했으며, 소득은 총 매출액을 매출소득비율(2.63)로 나누어서 구하였으며, 고용효과는 총 소득을 1인당 소득액으로 나누어 도출하였다.

## ② 상업적 어업에 대한 가치평가

상업적 어업에 대한 가치평가는 FKNM에서의 바다가재, 돔, 왕고등어, 새우에 대한 어획량을 구한 후 이들에 대한 어업수익, 판매마진, 총 생산, 총 소득, 취업인원 수 등으로 항목을 분류하여 편익을 도출하였다.

이때 판매마진은 양육된 물량에 마크업(mark-up)마진을 곱한 것이며, 총생산은 기본생산(어업수익, 판매마진) 등에 Monroe 지역의 생산승수 1.2를 곱해서 도출하였다. 또한 총 소득은 총생산에 Monroe 지역 생산대비 소득비율인 0.62%를 적용하였으며, 고용인 수는 소득에 Monroe 지역의 1인당 소득금액으로 나누어서 구했다.

한편 비시장적 가치 분석에는 생산자 잉여와 소비자 잉여로 나누어서 산출하였는데, 소비자 잉여는 각 어종에 대한 수요함수를 도출하여 구하였으며, 생산자 잉여는 TERSA 수역의 생산량 변화가 총 시장공급량의 변화에 미치는 영향력을 이용하여 산출하였다. 이는 만일 생산량 변화가 총 시장공급량의 변화에 크게 영향을 미치면 그만큼 가격변화가 크기 때문에 생산자의 잉여도 그만큼

35) Leeworthy, V.R. and Bowker, J. M., "Nonmarket Economic User Values of Florida Keys/Key West : 「National Oceanic and Atmospheric Administration : Silver Spring, MD」.

کم 감소하기 때문이다.

### ③ 비사용가치에 대한 경제적 평가

CORE측은 비사용가치에 대한 경제적 평가도 실시하였다. 비사용가치는 직접적인 사용은 하지 않지만 효용을 느끼는 가치로서 선택가치, 존재가치, 유산가치 또는 기타 비사용가치를 의미한다. 이러한 비사용가치를 산출하기 위해 CVM 평가기법을 이용하여 WTP를 도출한 것을 응용하여 비사용가치에 대한 경제적 평가를 시도하였다.

CORE는 ① 미국 가구의 1%가 Tortugas의 생태계보전을 위해 비사용가치를 가지고 있으며, ② 평균적으로 Tortugas의 생태계보전을 위해 가구당 \$3, \$5, \$10불을 지불할 의사가 있다는 것을 가정하고 비사용가치에 대한 경제적 평가를 도출하였다.

## 2) 국내 MPA(바다목장)에 대한 효과 분석

국내에서 해양보호구역(MPA)의 의미는 매우 다양하게 사용되고 있다. 이에 관련된 명칭만해도 18개가 될 정도이다. 최초로 해양에 보호구역이 지정된 것은 1963년에 수산자원보호령에 따라 지정된 특정어업금지구역이다. 이후 수산자원 보호관련 보호구역 6개, 자연생태계 보존·보전관련 보호구역이 8개, 기타(환경관리)관련 보호구역 4개가 지정·운영되고 있다. 그럼에도 불구하고 아직까지 이들 보호구역에 대한 경제적 효과 분석은 제대로 이루어지지 않고 있다. 따라서 여기서는 향후 우리나라 MPA 효과 분석의 모델구축을 위하여 어획을 금지시키는 보호수면을 설정하는 바다목장에 대한 경제성 효과 분석사례에 대하여 기술하고자 한다.

바다목장사업에 대한 경제성 평가는 바다목장사업이 도입되는 1998년 이후 본격적으로 이루어져왔다. 바다목장사업에 대한 경제성평가 역시 어획량 증대에 따른 직접 효과와 기타간접 효과로 나눌 수 있다. 여기서는 직접효과와 간접효과를 모두 추정한 류정곤 외(2004)의 전남다도해 바다목장의 경제성 분석



의 방법론에 대해서 기술하고자 한다.

### (1) 직접 효과

바다목장으로 인한 직접 효과는 바다목장에 조성된 어업자원을 상업적으로 이용하는 어업 효과를 의미한다. 이러한 어업 효과는 지속적 어획량에다 어가를 곱하여 구할 수 있다. 즉 직접 효과는 매년의 어업수익(어획량×어가) - 어업비용(고정비+변동비)로 산출할 수 있다.

여기서 지속적 어획량은 방류와 어장조성 등을 통하여 목표어종의 자원량이 증가함에 따라 매년의 최대지속적 생산량(MSY)만을 어획하여 자원의 남획을 방지한다는 가정하에 산출하였다. 또한 출어척수는 두 가지 기준에 의하여 결정하였다. 첫째는 어업이익율이 61 ~ 63% 수준을 유지할 수 있는 어선 수만을 투입한다는 것이고, 둘째는 매년의 최대 어획비율에다 총 어선 수를 곱하여 투입 수를 정하였다.

매년 최대 어획비율은 자원량이 최대가 되는 해, 즉 어획량이 최대가 되는 해를 기준연도로 하여 매년의 어획가능량을 나누어 산출하였다. 이는 바다목장이 조성되는 정도만큼만 어획한다는 원칙을 따른 것이다. 한편 총 어선 수는 현재의 여수바다목장 인근 어촌계의 연안어선 수 1,300척을 기준으로 하였다.

한편 어업비용은 고정비와 변동비로 구분하여 분석하였는데, 대상어업을 낚시어업으로 한정하여 현지조사결과를 기초로 분석하였다. 고정비는 어선의 감가상각비와 어선 유지보수비로 구분하였는데, 어선은 5톤 미만 FRP선으로 신조가격을 2,000만원으로 하였고, 내구년수는 20년으로 하였다. 따라서 감가상각비는 2,000만원을 20년 내구년수로 나누어서 산출하였다. 한편 어선 유지보수비는 어선신조가격의 5%로 계산하였다. 변동비는 상각기간은 어업에 소요되는 경비로서 여러 비용항목으로 구분하여 계산할 수도 있으나 낚시어업은 비교적 단순하기 때문에 자가인건비를 포함하여 어업수익의 약 35%로 가정하고 직접 효과를 도출하였다.

### (2) 간접 효과

바다목장사업으로 인한 간접 효과는 크게 유어낚시 효과와 관광 효과로 구

분할 수 있다. 바다낚시의 경제적 가치를 추정하기 위해 2003년부터 3월부터 2004년 1월까지 설문조사를 실시했다. 관광에 대한 경제적 가치추정 방법 또한 바다낚시 추정방법과 동일하다. 설문조사는 2003년 10월부터 2004년 1월까지 4번에 걸쳐 이루어졌다. 총 685명을 조사하였으나 여수 방문목적이 친척 집이나 친지방문을 겸한 여행 그리고 처음으로 여수를 방문한 사람은 분석에서 제외하였다.

이상과 같이 여행자비용법 모형에 따라 세미로그함수와 최소자승법을 이용하여 유어낚시객 및 관광객의 소비자 잉여를 추정하였다.

그러나 여수바다목장의 경우는 주로 어로형으로서 특별히 관광을 목적으로 여수바다목장을 방문하는 경우가 드물기 때문에 관광객 소비자 잉여는 추정하지 않고 간접 효과 추정에는 사용하지 않았다. 따라서 총간접효과는 추정된 유어낚시객 소비자 잉여를 여수바다목장 이용 유어객수에 곱하여 추정하였다. 여수를 방문하는 유어낚시 출조수는 700,000회이고, 이중 여수바다목장해역을 이용하는 비율은 약 90%에 이르렀다. 따라서 유어낚시 소비자 잉여에다 여수 방문 유어낚시 출조수를 곱하면 연간 약 296억 원의 효과가 있는 것으로 추정하였다.

이러한 효과는 현재 여수바다목장 해역이 바다목장 조성과 관계없이 낚시하기에 좋은 조건을 가지고 있기 때문에 나타난 것이라 할 수 있다. 이에 따라 바다목장 조성으로 인한 간접효과는 총간접효과에다 매년의 최대 어획비율을 곱하여 산출하였다.

여수 유어낚시 소비자 잉여를 산출하기 위하여 추정된 함수는 아래와 같다.

$$V_i = 53.57 - 3.40 TC_i + 0.37 Avidity_i$$

$$(7.95) \quad (5.63)$$

$$R\text{-squared} = 0.36$$

여기서  $V_i$ 는 각 각의 낚시객의 연간 방문 횟수를 나타내고  $TC_i$ 는 낚시여행에 소요되는 평균 비용을 의미한다. Avidity는 각 낚시객의 총 여가활동에 소요되는 비용 중에 바다낚시로 인해 소요되는 비용의 비율을 나타낸다. 낚시객

의 1회 출조시 소비자 잉여는 47천 원으로 추정되었다.

한편 관광객의 소비자 잉여를 추정하기 위한 수요 함수는 아래와 같다.

$$V_i = 11.52 - 0.76 TC_i$$

$$(5.51)$$

$$R\text{-squared} = 0.30$$

여기서  $V_i$ 는 각 각의 관광객의 연간 방문 횟수를 나타내고  $TC_i$ 는 관광여행에 소요되는 평균 비용을 의미한다. 관광객의 1회 여수방문시 소비자 잉여는 67천 원으로 추정되었다. 간접 효과를 추정한 결과 2005년에는 70백만 원, 2008년에는 629백만 원이지만, 최대가 되는 2021년에는 연간 296억 원의 간접 효과가 있을 것으로 추정하였다.

### 3) 요약 및 시사점

외국의 MPA에 대한 가치평가와 국내의 MPA인 바다목장해역에 대한 사회경제적인 실증 분석사례를 살펴보았다. 전체적으로 외국의 경우에도 아직까지는 현상(fact)분석에만 치중할 뿐 계량경제적인 효과 분석은 이제 막 출발하고 있음을 알 수 있다.

MPA의 효과는 직접적인 편익과 간접적인 편익으로 분류할 수 있다. 직접적인 편익은 어획량이 증가되고 이것이 어업소득을 증가시켜 시장에서 실현되는 소득을 의미한다. 그런데 이러한 직접적인 경제적 편익은 어획량의 증대라는 자연과학적인 관찰자료와 시장수요곡선을 알게 되면 비교적 용이하게 생산자나 소비자의 잉여 즉 경제적인 편익을 산출할 수 있게 된다.

한편 간접적인 편익은 해양보호구역이 설정됨으로써 그 지역을 찾는 방문객과 관광객이 증가하며, 지역주민들의 해양생태계에 대한 관심이 증대하고, 이에 따라 어업 외 수입의 증가 가능성이 있으나 이는 시장이 존재하지 않기 때문에 계량화하기는 쉽지 않는 것으로 판단된다.

간접편익 중 관광객의 잉여추정은 비용에 대한 가정을 어떻게 하고 설문조사의 구성을 어떻게 하느냐에 따라 또는 추정식의 설정형태에 따라 결과가 판이하게 달라진다. 따라서 관광객에 대한 효용 등의 간접적인 편익은 여행자비용법이나 조건부가치평가(CVM) 등 다양한 추정법을 이용하여 편익을 산출하는 등 서로 보완적인 연구를 시도할 필요가 있을 것으로 판단된다. 아울러 계량화가 어려웠던 어촌 정주권 유지, 불법어업 방지, 해양환경 개선 효과, 어업기반 시설활용, 고급수산물 공급 증대로 인한 소비자 잉여 효과를 산출할 수 있는 방법을 강구할 필요가 있다. 이는 최근에 발달되고 있는 환경경제학적인 가치평가법을 이용할 경우 해결될 것으로 보인다. 따라서 이러한 간접적인 편익이 모두 포함되었을 때 어업자원관리를 위한 해양보호구역의 사회경제적인 효과를 정확하게 분석할 수 있을 것이라 판단된다.

## 제 5 장 MPA의 효과 분석을 위한 요인 및 모형 검토

### 1. 생물학적 효과 분석을 위한 요인 및 모형 검토

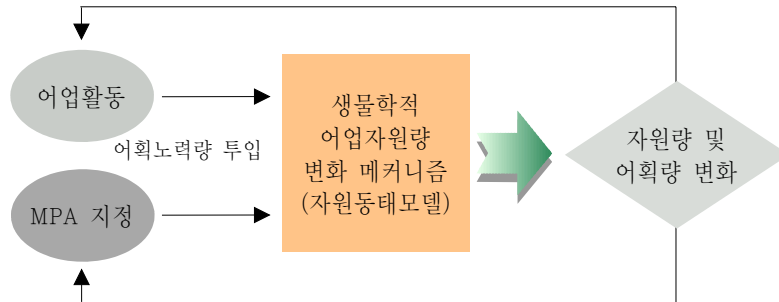
앞서 살펴본 이론적 그리고 일본의 도루묵 어업사례로 본 실증적 효과 분석에서와 같이 MPA는 어업관리수단으로서 남획된 어업자원의 자원량 증대 등 생물학적 효과가 큰 것으로 나타났다. 하지만 우리나라 어업에 있어 MPA가 실효성 있는 어업관리수단으로 평가받기 위해서는 MPA에 대한 실증적인 효과가 분석되어야 한다. 특히 MPA제도가 실제 어업관리수단으로 사용될 때에는 그 효과에 대한 사전적인 분석이 반드시 이루어져야 한다. 어업관리수단으로서의 MPA에 대한 효과 분석에 있어서는 무엇보다 자원량과 어획량 변화 등 생물학적 효과에 대한 검토가 우선적으로 이루어져야 할 것이다.

생물학적 효과 분석은 제2장의 이론적 효과 분석에서도 살펴본 바와 같이, MPA 지정 이전의 생물학적 자원량 변화와 여기에 어업활동이 이루어졌을 경우 관리대상 어업자원의 자원량 변화와 어획량 변화를 MPA 지정 이후와 비교하는 것이다. 이를 통해서 구체적으로 MPA 지정 후의 자원량과 어획량 변화 효과를 분석하게 된다.

구체적으로 MPA의 생물학적 효과를 분석하기 위한 모델에서는 크게 두 가지 요인이 분석되어야 한다. <그림 5-1>에서 보는 바와 같이, 어업자원적 측면에서의 생물학적 자원량 변화 메커니즘과 어업활동적 측면이 고려되어야 한다.

〈그림 5-1〉

## MPA의 생물학적 효과 분석을 위한 모델



그리고 이러한 두 가지 상부요인을 바탕으로 MPA의 생물학적 효과를 분석함에 있어서는 구체적으로 다음의 〈표 5-1〉과 같은 하부요인(Sub-Factor)들이 고려되어야 한다.

〈표 5-1〉

## MPA의 생물학적 효과 분석을 위한 요인

요인	고려 내용
<b>어업자원적 측면</b>	
① 관리대상 어업자원의 분포특성	관리대상 어업자원의 분포 형태와 하부자원군 사이의 이동률
② 관리대상 어업자원의 상태	관리대상 어업자원의 자원량 수준 파악
③ 관리대상 이외의 어업자원 상태	MPA 지정에 의해 영향 받을 수 있는 관리대상 이외 어업자원들의 자원량 수준 파악
④ 어업자원의 회유 경로	관리대상 어업자원의 회유 경로(특히 산란장 및 서식처 파악)
⑤ 어업자원의 산란량 수준	산란 가능한 어미자원량과 산란량 수준 파악
⑥ 어업자원의 가입량 수준	산란 후 어획 가능한 연령으로의 가입량 파악
⑦ 어업자원의 성장 정도	어업자원의 성장 속도 파악
<b>어업활동적 측면</b>	
① 단위노력당어획량(CPUE) 수준	관리대상 어업자원의 자원량과 어획노력량 수준 비교
② 미성어 어획비율	총 어획량 중 미성어 어획율 파악
③ 어획강도 수준	관리대상 어업자원에 대한 어획강도(=어획사망계수) 수준 파악과 어획량 조사

### 1) 어업자원의 생물학적 요인 검토

생물학적인 자원량 및 어획량 변화 효과를 분석하기 위해서는 다음의 몇 가지의 요인들이 고려되어야 한다. 그 중 가장 우선적으로 고려되어야 하는 것이 관리대상 어업자원의 분포 특성에 관한 것이다. 즉, 어업자원이 어떠한 형태로 분포하고 있으며, 각 하부구역 간의 이동 특성은 어떠한지, 그리고 하부자원군 사이의 이동률은 어느 정도인지 등이 조사되어야 한다. 자원분포에 대해서는 MPA 효과에 관한 이론적 분석에서 살펴본 바와 같이, 어업자원의 특성에 따른 하부자원군하에서의 이동특성에 따라 폐쇄모형, 발생지-유입지 모형, 밀도 종속적 모형 등 다양한 형태가 있을 수 있다.

어업자원의 분포 특성이 파악된 후에는 각 하부자원군하에서의 자원량 수준, 연령별 자원량, 성장량, 어미자원의 산란량, 치어의 가입량, 자원의 이동율, 자연사망율, 어획사망율 등이 파악되어야 한다. 이는 하부자원군의 자원량 수준이 이들 요인들에 의해 변하기 때문이다. 특히 어업활동이 이루어질 경우는 어획강도(=어획사망계수 수준)에 따라 자원량 변화가 달라지고, 어획량 수준도 결정되게 된다. 즉, 성장량과 가입량이 자연 및 어획 사망량보다 클수록 자원량 수준은 높아지게 되고, 반대로 자연 및 어획 사망량이 성장량과 가입량보다 많으면 자원량 수준은 낮아지게 된다.

어느 하나의 하부자원군 영역에 대해서 MPA가 설정되면 어업활동이 중단되게 되므로 어업자원에 대한 어획의 영향은 없어지게 되는데, 자원량은 성장량, 어미자원의 산란량, 치어의 가입량, 자원의 이동율, 자연사망율에 의해서만 변화하게 된다. MPA가 지정되지 않은 구역에서의 어획량 변화는 어종의 자원분포 특성하의 자원의 이동률(migration rate)과 현재 자원량 수준 그리고 MPA 크기(size)에 따라서 다르게 나타날 수 있다. 즉, 자원의 이동률이 작을수록, 현재 자원량 수준이 낮을수록, 그리고 MPA 크기가 클수록 어획량 증대 효과는 줄어들게 된다. 반면에 자원의 이동률이 클수록, 현재 자원량 수준이 높을수록, 그리고 MPA 면적이 작을수록 어획가능구역에서의 어획량 증대 효과는 보다 크게 나타나게 된다.

따라서 이러한 하부요인들에 대한 자료가 있어야만 MPA제도 시행 전후의 하부자원군 자원량 변화 효과가 분석될 수 있다.

## 2) 어업활동적 측면의 요인 검토

어업활동적 요인들의 검토는 자원량 메커니즘에 영향을 주는 어획강도(=어획노력량, 어획사망계수) 수준을 파악하고 이에 따른 자원량과 어획량 변화 효과를 분석하기 위한 것이다. 어획강도 수준을 파악하기 위해서는 구체적으로 어획사망계수(F) 공식[ $F=q(\text{어획능력}) \times \text{어획노력량}(E)$ ]에 따라 어획노력량 수준, 어획능력에 대한 파악이 이루어져야 한다. 어획노력량 수준은 뚜렷하게 정의된 단위가 없으므로 관련 어업의 어선 수, 조업일 수, 어구 수, 어획강도 지수(톤 수, 마력 수 등)에 대한 자료가 있으면 이를 대리지표(proxy index)로 사용할 수 있다.

그리고 어획사망계수(F) 수준과 어획량(C)과의 관계식[ $C=F \times X(\text{자원량})$ ]으로부터 어획량 변화를 분석할 수 있으므로 어획사망계수 수준에 대한 자료가 있으면 앞서 살펴본 생물학적 자원량 자료와 함께 MPA 지정 전후의 자원량 변화와 이에 따른 어획량 변화가 평가될 수 있다.

## 2. 사회경제적인 효과 분석<sup>36)</sup>을 위한 요인 및 모형 검토

### 1) 요인 분류

#### (1) 직접 효과

어업자원회복 목적하에 설치된 해양보호구역의 직접적인 효과는 당연히 자원량 증대 효과이다. 해양보호구역이 설정됨으로써 조업이 전면 또는 부분 중지되므로 산란량 및 치어량 수준을 증대시키며, 이는 곧 동일한 어획강도에서

36) 여기서 논하는 해양보호구역의 사회경제적 효과는 일정기간 MPA가 설정된 이후에 얻는 편익을 의미한다.



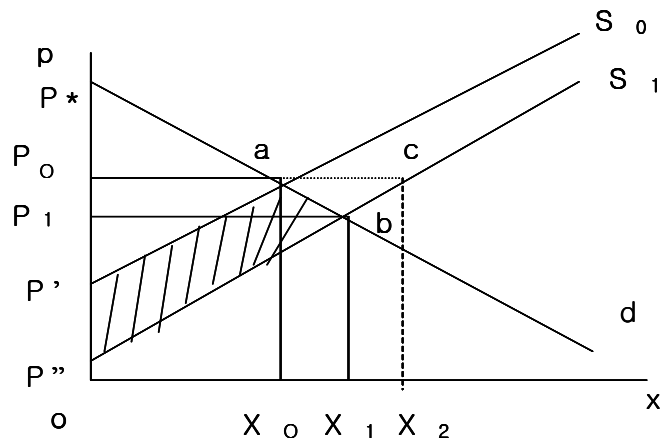
어획량이 증대되는 것을 의미한다. 지금까지의 MPA의 효과 분석도 대부분 이러한 방향에서 이루어져왔다. 자원량 증대 효과는 생물경제학적인 다양한 모델을 이용하여 도출할 수 있다. 이는 사회과학적인 요소보다는 자연과학적인 요소가 많이 개입된다.

자원량 증대에 따른 실질적인 사회경제적 효과는 어획량 증대에 따른 소비자 잉여와 어업인의 후생증대 효과이다. 어업인은 어획량이 증대되므로 판매수입이 증대되며 소비자는 보다 저렴한 가격으로 구입이 가능하기 때문에 소비자 잉여도 증대된다. 그러나 항상 자원량이 증대되었다고 해서 사회적인 후생이 반드시 증가되는 것은 아니다. 어떠한 이유로 자원량이 증대된 어종의 수요가 감소하였다고 하면, 오히려 가격이 떨어지고 어획량 증대는 사회의 후생을 증대시킬 수 없게 된다. 따라서 자원량 증대에 따른 사회경제적인 효과는 어획량 증대 효과와는 다른 차원의 문제가 된다.

만일 수요곡선이 이동하지 않는다고 가정하면 어획량의 증대는 어가에 영향을 미치게 된다. 자원량의 증대는 동일한 어획노력량으로 많은 어획량을 가져오기 때문에 동일한 한계비용일지라도 공급량은 증대되게 된다. 이는 그림 <5-2>에서 공급곡선이  $S_0$ 에서  $S_1$ 으로 이동하게 됨을 의미한다.

〈그림 5-2〉

MPA의 사회후생 크기의 변화



이때 시장가격은 공급곡선과 수요곡선이 만나는 a에서 결정되며 가격은  $P_0$ 에서  $P_1$ 으로 하락된다. 물론 공급자인 어업인들은 초기에는  $X_2$ 를 공급하겠지만 시장에서 결정된 가격이  $P_1$ 이라면 어업인들이 합리적이라는 것을 가정할 때 출어를 줄이고  $X_1$ 만을 공급하게 된다. 따라서 시장은  $P_1$ 과  $X_1$ 에서 균형을 찾게 된다. 따라서 이때의 소비자 잉여는  $\Delta P^*P_0a$ 에서  $\Delta P^*P_1b$ 로 증가하게 되며, 생산자 잉여는  $\Delta P^*P_0a$ 에서  $\Delta P^*P_1b$ 로 증가하게 된다.

이러한 사회적인 후생의 증가는 공급곡선 S와 수요곡선 d의 기울기에 의해서 변화하게 된다. 만일 극단적으로 MPA를 해제했을 때 자원량이 증대된 어종의 대체어종이 개발되어 자원량이 증대된 어종의 수요가 감소되었다면, 어획량은 MPA 설정 이전보다 감소할 수 있으며, 사회적인 후생의 크기는 0가 된다.

결국 해양보호구역의 직접적인 편익은 단순히 증대된 어획량에 어가만을 곱한 것이 아니라 수요곡선을 감안해서 산정해야 한다. 즉 어획량 증대에 따른 어가의 하락분을 감안하여 사회적인 후생수준을 도출해야함을 의미한다.

따라서 해양보호구역에 따른 직접적인 효과 분석을 위한 요인은 어종의 수요 측면과 공급 측면을 모두 고려해야 한다. 이를 수식으로 표현하면 <표 5-2>와 같다. 이들 수요함수와 공급함수의 외생변수들이 바로 직접적인 효과 분석을 위한 요인이 된다.

〈표 5-2〉

직접적인 효과 분석을 위한 요인

수요 측면	공급 측면
$X_i^d = f(P_i, X_j^d, Y)$ 단, $X_i^d$ : $i$ 어종의 수요량 $P_i$ : $i$ 어종의 가격 $X_j^d$ : $i$ 어종의 대체어종 $j$ 어종의 수요 $Y$ : 국민소득	공급함수: $X_i^s = f(P_i, X_i^t(P_o, S, C))$ 단, $X_i^s$ : $i$ 어종의 공급량 $X_i^t$ : $i$ 어종을 잡기 위한 어획노력량 $P_o$ : 유가 $S$ : 어선 수(척 수×톤 수) $C$ : 기타 조업비용

## (2) 간접 효과 측정을 위한 요인

MPA에 대한 간접 효과는 그 설치목적에 따라 다양하다. 어업관리수단을 목적으로 하는 경우일지라도 다음과 같은 간접 효과를 검토할 수 있다.

### ① 관련산업 파급효과

어획량 증대에 따른 관련산업의 효과이다. 예컨대 수산물 생산량의 증대는 어업인의 부가가치만 증대시키는 것이 아니라 관련산업의 부가가치를 증대시키는 파급 효과가 나타나게 된다. 우선적으로 어획량 증대로 인하여 유통단계마다 부가가치가 증대된다. 또한 만일 가공하는 어종이라면 가공공장의 부가가치도 증가하게 된다. 이와는 별도로 어획량의 증대로 인해 해양보호구역 설정 이전에 어획량이 줄어 출어를 포기하였던 어선이 다시 조업에 나선다고 하면 어선의 출어와 관련된 어구, 어선수리소, 얼음공장 등의 매출이 증가할 것이다. 이처럼 해양보호구역설정에 따른 어획량의 증대는 관련산업에 파급 효과를 미치게 되는 것이다. 이러한 관련산업의 효과는 통상 산업연관표상의 유발계수를 이용하여 구할 수 있을 것이다.

### ② 유어의 효과

어획량 증대는 상업적인 어획량의 증대뿐만 아니라 유어로 인한 어획량도 증가하게 된다. 해양보호구역 설치 이전보다는 자원분포량이 많기 때문에 유어를 위해 찾는 관광객이 많이 증가하게 된다. 통상 유어는 판매를 목적으로 하지 않는다. 따라서 이들의 경제적인 편익 증가는 유어로 인한 효용증가분이 된다. 결국, 경제성 효과 분석을 위한 평가요소는 유어객의 효용증가분이 된다.

### ③ 어촌정주 효과

어획량의 증대는 어업인의 소득을 증대시키고 나아가서는 어촌경제의 활성화를 가져온다. 이러한 어촌경제의 활성화는 어촌지역의 정주 효과에 긍정적인 영향을 미치게 된다. 이는 어촌지역주민들이 해양보호구역 설정 이전에 자원의 감소로 인하여 어촌경제가 갈수록 나빠져 지역 전체의 침체를 불러오지만 어획량의 증대는 어촌지역에 활기를 불어넣게 됨으로 인해서 정주 효과가 전반적으로 좋아

진다. 어촌정주 효과에 대한 평가요소는 지역주민의 효용증가분이다.

이러한 어촌지역의 정주 효과에 대한 지역주민의 효용증가분은 해양보호구역의 설치된 지역의 부동산 시세를 통하여 간접적으로 추정될 것이다.<sup>37)</sup>

#### ④ 해양생물종의 다양화 및 풍부

해양환경의 질이 개선되면 생물종이 다양해질 뿐만 아니라 풍부해지게 된다. 이는 해양생물의 보전이라는 점에서 매우 중요하다. 자칫 남획으로 인하여 어류뿐만 아니라 해초 등도 파괴된다면 해양생태계에 막대한 피해를 입히게 된다. 그러나 해양보호구역이 설정되면 일단 그 수역에서는 조업이 금지되기 때문에 그동안 남획으로 인해 파괴되었던 해양환경도 점차 좋아지게 되며 이에 따라 해양생태계도 점차 회복되게 된다. 통상 해양보호구역의 설정은 어업자원관리 측면도 있지만 해양생태계의 보호가 동시에 목적이 되기도 한다.

해양생물종의 다양화 및 풍부해지는 것에 대한 효과 분석을 위한 요인은 일반적으로 개체 수의 증가에 대한 자연과학적인 분석이 필수적이다. 그러나 앞서 전술한 것과 마찬가지로 자연과학적인 효과가 반드시 경제학적으로 (+)의 효과를 갖는 것은 아니다. 따라서 여기서는 해양환경 질의 개선에 대한 요인은 해양환경 질의 가치로 보기로 한다.

#### ⑤ 방문객 증대 효과

해양보호구역이 설정되면 해양생태계의 특이성, 해양생물종의 다양화로 인해 관광객도 증가한다. 만일 해양보호구역이 설정된 지역이 스킨스쿠버 하기에 적당한 곳이라면 더더욱 그렇다. 그러나 스킨스쿠버가 불가능할지라도 해양보호구역이 설정된 수역은 교육 목적 또는 탐사 목적으로 방문하는 방문객이 증가하게 된다. 더욱이 해양환경의 보호로 인해 환경의 질적 변화가 뚜렷하기 때문에 보다 나은 여가를 즐기고자 그 지역을 찾는 관광객의 수도 점차 증가하게 된다. 이러한 관광객의 증대는 직접적으로 지역경제 활성화에 보탬이

37) 이는 통상 부동산의 가치에는 부동산이 갖는 여러 가지 속성의 가치가 포함되며, 우리가 구입하는 부동산의 가격에는 이러한 속성의 가치가 포함된다는 헤도닉가격모형에 기초한 것임.

될 것이다. 따라서 방문객의 증대 효과 분석을 위한 평가요소는 방문객의 효용 증대가 된다.

## ⑥ 교육 효과

해양보호구역의 설정은 해양환경에 대한 교육적인 효과를 갖게 된다. 해양보호구역을 설정함으로써 환경의 중요성을 한 번 더 생각할 수 있기 때문이다. 특히 해양보호구역이 설정된 지역에서의 현장교육은 무엇보다도 중요하다. 현지 가이드를 통해 해양보호구역 설정 이전과 이후의 환경의 변화, 그리고 그 효과 등도 쉽게 배울 수 있다. 교육 효과는 해양보호구역이 설정된 지역에 기념관이나 센터를 건립함으로써 배가 될 수 있다. 따라서 해양보호구역 설정에 따른 교육 효과에 대한 평가요소는 지역주민과 일반국민에 대한 인식의 변화가 된다.

## 2) 요인 평가방법

위에서 분석한 해양보호구역 설정에 따른 직접 효과와 간접 효과의 분석 평가요소들은 가치화할 수 있으며, 이것이 바로 실질적인 사회경제적인 효과이다. 이러한 사회경제적 효과를 분석하기 위해서는 가치평가를 해야만 한다.

따라서 MPA의 사회경제적 효과 분석을 위한 요인과 가치 그리고 이에 대한 평가방법을 정리하면 <표 5-3>와 같다.

<표 5-3>

MPA 사회경제적 효과 요인 평가방법

구 분	효 과	요 인	가 치	평 가 방 법
직접 효과	어획량증대	<ul style="list-style-type: none"> <li>수요측 : <math>X_i^d = f(P_i, X_j^d, Y)</math></li> <li>공급측 : <math>X_i^s = f(P_i, X_i^s(P_o, S, C))</math></li> </ul>	사용가치 (시장가치)	<ul style="list-style-type: none"> <li>회귀분석</li> <li>B/C분석</li> </ul>
간접 효과	관련산업 파급효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>관련 산업의 매출액 증대 및 고용유발 효과</li> </ul>	사용가치 (시장가치)	<ul style="list-style-type: none"> <li>산업연관분석</li> </ul>
	유어의 효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>유어객의 효용 증가</li> </ul>	사용가치 (비시장가치)	<ul style="list-style-type: none"> <li>여행자비용법</li> </ul>

## MPA 사회경제적 효과 요인 평가방법(계속)

구 분	효 과	요 인	가 치	평 가 방 법
간접 효과	어촌정주 효과	◦ 어촌지역주민의 효용 증가	사용가치 (비시장가치)	◦ 헤도닉가격모형
	해양생물종의 다양화 및 풍부	◦ 해양생물종의 증가분	존재가치 유산가치 (비시장가치)	◦ 조건부가치측정법
	방문객의 증가	◦ 방문객의 효용 증가	사용가치 (비시장가치)	◦ 여행자비용법 ◦ 조건부가치측정법
	교육 효과	◦ 지역주민과 일반주민의 의식 변화	존재가치, 유산 가치, 선택가치 (비시장가치)	◦ 조건부가치측정법

## 3. 우리나라 적용가능성 검토

## 1) 생물경제학적 효과 분석에 대한 적용가능성

현행 우리나라의 생물학적 어업자원 조사 및 평가 체계, 평가대상 어종 및 어업을 정리하면 다음의 <표 5-4>와 같다.

&lt;표 5-4&gt;

현행 우리나라 어업자원 조사 및 평가 체계

자원조사 방법	자원평가 방법	평가대상 어종 및 어업
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 시험조사선 조사</li> <li>- 생물학적 조사 : 연령, 성장, 산란, 성숙, 먹이생물 등</li> <li>- 어획통계자료 : 어획량, 어획노력량, 어획 위치 등</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- CPUE 등에 의한 지표조사</li> <li>- 잉여생산량 모델 사용</li> <li>- 가입당어획량 모델 사용</li> <li>- 연령·체장 구조모델 사용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 대상어종 : 고등어, 전갱이, 정어리, 갈치, 참조기, 말쥐치, 오징어, 대게, 붉은대게, 개조개, 키조개, 소라, 꽃게 등 TAC 대상어종 중심</li> <li>- 대상어업 : 대형선망, 대형트롤, 오징어채낚기 등 주요 근해어업</li> </ul>

표에서 보는 바와 같이, 자원조사 대상어종은 주로 TAC제도 관련어종에 대부분 한정되어 있고, 자원분포 형태나 하부자원군 수역에 관계없이 개별자원 자체의 일반적인 생태(산란, 성숙 등)학적 요인만이 주로 조사되고 있음을 알 수 있다. 즉 각 하부자원군별 자원량 조사, 어업자원의 회유 및 하부자원군 간의 이동 등 자원이동에 관한 동태자료는 아직 충분히 조사되고 있지 못한 실정이다. 보다 구체적으로 MPA의 생물학적 효과 분석에 필요한 요인들의 자료와 우리나라에서 현재 활용 가능한 자료를 비교해 봐도(〈표 5-5〉), 특히 MPA 효과 분석을 위해 가장 필요한 어업자원의 산란장 및 서식장 파악과 하부자원군 간의 어종 이동에 관한 자료가 충분하지 못해 생물학적 효과 분석이 아주 어려운 실정이다.

〈표 5-5〉 우리나라의 MPA 생물학적 효과 분석에 필요한 요인들의 자료 유무 검토

효과 분석에 필요한 요인들의 자료	자료유무	비고
<b>어업자원적 요인</b>		
① 각 하부자원군 분포, 산란장 및 서식장 자료	×	연구수행 중 <sup>1)</sup>
② 자원조사 및 평가자료	△	TAC 대상어종 중심
④ 자원의 회유 경로 및 하부자원군 간의 이동률, 특히 산란장 및 서식장에서 다른 수역으로의 이동률)	×	
⑤ 어미 자원량 수준과 산란량의 관계	△	소수 어종에 한정
⑥ 산란량-가입량 간의 관계	△	"
⑦ 어업자원의 성장 정도	○	
<b>어업활동적 요인</b>		
① 단위노력당어획량(CPUE) 수준	○	주로 근해어업 중심
② 미성어 어획비율	△	소수 어종에 한정
③ 어획능력, 조업일 수, 어구 수, 톤 수 및 마력 수, 어선척 수 등)	△	주로 근해어업 중심

○ : 많은 양의 자료가 축적되어 있음

△ : 소수 자료만이 존재

× : 자료가 거의 없음

주 : 배타적경제수역에 있어서의 어업자원 조사연구가 2000~2010년까지 계획되어 수행되고 있는데, 특히 2004~2007년 사이에 있어 주요 어업자원에 대한 산란장 및 서식장 파악을 위한 연구가 본격적으로 이루어질 계획임.

이 외에도 자원평가 방법에 있어 다양한 모델이 사용되고 있는 것으로 나타나 있지만, 자원평가 모델은 이용 가능한 생물학적 정보의 수준에 따라 달리 사용하고 있다. 즉, 이용 가능한 생물학적 정보의 수준에 따라 자원량을 5단계(정보가 많을수록 1단계이며, 고차원적인 자원평가 모델을 사용할 수 있음)로 나누어 추정하는 모델을 개발해 놓고 있는데, 주요 평가대상 어종 중 이용 가능한 정보수준이 최고위 단계인 1단계에 이른 어종은 아직 없는 상태이다. 대부분이 낮은 단계에 머물고 있어 정확한 자원량 파악, 특히 자원분포 형태에 따른 하부자원군에서의 자원동태 분석에 한계가 있다.

따라서 우리나라에 MPA제도를 도입·시행함에 있어 이 제도에 대한 정확한 생물학적 효과를 평가하기 위해서는 분석에 필요한 관련자료들의 조사 및 수집이 절실히 필요하다. 특히 앞서 살펴본 일본의 도루묵 어업에 대한 MPA 효과 분석에서와 같이 관리대상 어종의 산란장 및 서식처 파악이 우선적으로 조사되어야 하고, 자원분포 형태에 따른 하부자원군 간의 어종 이동에 관한 동태적 분석 자료의 수집도 체계적으로 이루어져야 한다. 또한 과학적이고 정밀한 자원량 변화 효과를 분석하기 위해서는 표본조사 확대 등을 통한 생물학적 자료와 어업활동에 대한 자료(특히 어획노력량 자료)가 보다 적극적으로 수집되어야 할 것이다.

## 2) 사회경제학적 효과 분석에 대한 적용가능성

사회경제 효과 중 직접 효과와 간접 효과는 모두 직간접적으로 자원량 증대 효과 즉 생물학적 효과와 관련이 있다. 따라서 생물학적 효과 분석이 선행되어야 하며, 이러한 효과 분석이 선행되지 않는 경우 여러 가지 시나리오별로 분석이 가능하지만 그 실효성은 떨어질 것으로 판단된다.

사회경제 효과 중 직접 효과를 평가하기 위해서는 어종별 공급량을 우선적으로 파악해야만 한다. 그런데 이러한 공급량은 자원량 증가 효과를 바탕으로 추정이 가능하다. 따라서 자원량이 추정 불가능하다면 직접 효과 역시 추정 불가능하다.



한편 간접 효과 역시 직접 효과와 비슷하다. 관련산업의 파급 효과 역시 시장가치이므로 직접 효과가 산출된 후 이를 근거로 산출이 가능하다. 따라서 자원량이 추정 불가능하다면 간접 효과 중 관련산업 파급 효과는 원천적으로 추정이 불가능하게 된다. 다음으로 유어의 효과, 어촌정주 효과, 해양생물종의 다양화 및 풍부 효과, 방문객의 증가 효과, 교육 효과 등은 대부분 비시장가치로서 근본적으로 시장이 존재하지 않은 상태에서 가치를 추정하는 것이다. 따라서 이러한 효과들은 몇 가지 가상의 상황을 설정한다면 전혀 추정이 불가능해지는 것은 아니다. 그러나 추정이 가능하다 하여도 실제 자원량의 증대 효과가 명확히 나타날 때 소비자의 선호도도 분명히 나타나게 되므로 추정된 가치의 사실성은 결여된다.

따라서 사회경제 효과 역시 자원량 증가에 대한 자연과학적인 효과 파악이 선행될 때 보다 타당성 있는 효과 분석이 가능해질 것으로 판단된다. 따라서 우리나라의 MPA에 대한 사회과학적인 효과 분석은 먼저 자원량 증가에 대한 자연과학적인 효과 분석이 이루어진 후 시행하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

## 제 6 장 요약 및 결론

어업자원 회복수단으로서 MPA제도는 남획된 어업자원의 자원량 증대 등 생물경제학적 효과뿐만 아니라 어업수익 및 어업 외 수익 증대 등의 사회경제적 효과도 큰 것으로 밝혀지고 있다. 이에 따라 세계적으로 어업자원 회복수단으로서의 MPA제도에 대한 관심과 활용이 증가하고 있다.

최근 우리나라에서도 어업자원 회복수단으로서의 MPA제도 활용에 대한 관심이 높아지고 있다. 이미 어업자원보호 측면에서 도입하고 있는 MPA제도 중에는 어획을 전면 금지하는 보호수면이 있는가 하면, 수산자원보호구역과 같이 어업에 대해서는 아무런 규제를 하지 않는 MPA제도도 있다.

현 실태에 따르면 어업자원회 복수단으로서 MPA제도를 활용하는 것은 한계가 많다. 그러나 MPA제도를 어업자원 회복수단으로 적극적으로 활용한다면 수산자원을 회복시키는 중요한 방안이 될 수 있다는 것은 시사하는 바가 크다.

본 연구의 목적은 MPA의 효과 측정 및 평가에 대한 이론적 검토와 실증적 사례 분석을 통하여 효과 측정을 위한 방법론을 도출하고, 우리나라의 MPA제도 효과 분석에 적용시킬 수 있는가를 검증하는 것이다. 따라서 구체적인 정책대안을 제시하기보다는 MPA 효과 분석을 위한 방법론에 관한 기초연구라고 할 수 있다.

아울러 MPA의 효과 측정 이전에 중요한 것은 어업자원 회복수단으로서 충분히 활용 가능하다고 판단되는 우리나라 어업자원보호 MPA에 대한 제도적 관리가 제대로 이루어지지 않고 있다는 점이다. 따라서 본 연구에서는 이에 대한 검토와 함께 개선되어야 할 제도적 문제점들도 함께 살펴보았다.

여기에서는 우리나라 어업자원보호의 MPA에 대한 제도개선과 함께 MPA 효과 분석 방법론 적용 검토 등으로 구분하여 요약하고, 마지막으로 향후 우리나라 어업자원 회복수단으로서 MPA제도 활용에 관한 정책적 제언을 하고자 한다.

## 1. 어업자원보호 MPA에 대한 제도개선

현재 우리나라에서 도입되어 시행되고 있는 어업자원 회복수단으로 활용 가능한 MPA에 대한 관리가 제대로 이루어지지 않고 있다. 제도적으로 MPA에 대한 관리가 부실한 상태에서 MPA 효과 분석은 무의미하다. 따라서 보다 실효성 있는 MPA제도 활용을 위해서는 다음과 같은 방향으로 관련제도가 개선되어야 할 것이다.

첫째, MPA는 제도적으로 허용행위만 열거되어 있는 행위 제한방식을 채택하고 있어 지역주민의 생활불편과 경제적 불이익에 대한 적절한 지원대책 등은 제도적으로 마련되어 있지 않다.

둘째, 수산자원보호구역의 경우 산란장, 서식장 및 양식장 보호라는 지정 목적을 달성하기 위해서는 해면이용에 있어 어업행위 제한 등이 포함된 관리규정이 마련되어야 한다.

셋째, 전면 어획금지의 보호수면은 가장 강력한 MPA제도로 평가할 수 있으나, 보호보다는 이용에 보다 무게 중심을 둔 결과 시·도지사의 직권으로 대부분 보호수면이 해제되어 양식장으로 개발되어 버렸다. 따라서 보호수면에 대한 지정·관리를 제대로 하기 위해서는 해양수산부가 보호수면의 지정·관리의 주체가 되어야 하며, 이와 관련된 법제도적 기반이 구축되어야 할 것이다.

넷째, 육성수면은 주로 서식실태만을 조사하여 지정수면으로 인정하고 있는 실정이다. 이렇다 보니 최근 해양환경오염으로 중금속이 검출된 해역이 육성수면으로 지정되어 이용된 사례가 있어 우려의 목소리가 높다. 따라서 향후 육성수면 지정시 서식실태조사와 함께 해양환경조사를 의무화하여 서식환경 강화에 대한 제도개선이 요구된다. 뿐만 아니라 수산물 안전성 등을 고려하여 관리위원회에 환경전문가를 포함시켜 육성수면의 지정 또는 이용관리시 환경에 대한 자문을 구하는 체제를 갖추는 것이 바람직 할 것으로 생각된다.

다섯째, 국가의 예산이 50% 이상 투입되는 공공시설물에 대한 수산자원관리 수면의 지정 및 해제는 시·도지사보다는 해양수산부 장관의 권한으로 하고, 이용관리에 대한 권한만을 시·도지사에게 부여하는 제도개선이 이루어져야

한다.

여섯째, 보호수면제도와 수산자원관리수면제도가 상호 유기적인 관계를 갖지 못하여 제도의 비효율성이 제기될 수 있다. 규제수준에 의하면 보호수면이 수산자원관리수면보다 훨씬 강하므로 MPA의 효과는 보호수면이 더 클 것으로 판단된다. 하지만 제도에 의하면 보호수면을 지정하지 않고 수산자원관리수면을 지정할 수 있도록 되어 있어 제도적 결함이 있다. 따라서 보호수면의 지정을 강제할 수 있도록 제도 개선이 무엇보다 필요하다.

일곱째, 인공어초 또는 바다목장시설 등 인위 또는 인공구조물에 대한 보호수면의 지정 및 관리는 현행 수산업법보다는 ‘기르는어업육성법’으로 일원화하고, 자연상태의 수면에 대한 보호수면은 현행의 수산업법에서 규정하도록 하는 것이 바람직하다고 판단된다.

여덟째, 가장 합리적인 방법으로는 앞으로 새로 제정될 것으로 예상되는 ‘자원관리법(가칭)’으로 어업자원 회복수단의 MPA제도를 통합·정비하여 일원화시키는 방안이다. 현재 입법예고 중인 ‘해양생태계보전및관리에관한법률(안)’ 속에 해양보호구역의 지정 및 관리규정이 있으나, 이는 해양의 자연자원 보전에 보다 중점을 둔 규정이다. 어업자원 회복수단으로서의 MPA제도의 목적은 어업자원의 보호를 통해 어업자원을 보다 높은 수준에서 지속 가능하게 이용하는 것이므로 ‘해양생태계보전및관리에관한법률’보다는 ‘자원관리법’에서 규율하는 것이 법의 목적과 MPA제도의 목적에 보다 부합하는 것으로 판단된다.

## 2. MPA 효과 분석의 방법론 적용

어업자원 회복수단으로서 MPA의 효과는 크게 두 가지 측면, 즉 생물경제학적 효과와 사회경제적 효과로 구분해 볼 수 있다. 우선 생물경제학적 효과 분석을 위한 방법론으로는 다양한 요소를 결합한 완전한 생물경제모델(complete bioeconomic model)이 구축되어야 한다. 완전한 생물경제모델은 관리대상 어종이나 어업에 대한 생물학적 요소(어군의 분포형태, 연령구조, 가입률, 성장률, 하부자원군간의 이동율, 자원의 생활사)와 어업활동 요소(조업행동, 조업

지점, 조업구역의 선택과 변경, 어획노력량 투입정도, 가입과 탈퇴 등)를 결합되어 구축되는 것이다.

그러나 현재 우리나라 MPA의 생물경제학적 효과 분석을 위해 생물경제모델에 사용되어야 하는 생물경제학적 기초자료의 축적은 본 연구결과 상당히 미흡한 실정으로 우리나라에 적용하기에는 시기상조인 것으로 판단되었다.

다음으로 사회경제적 효과 분석을 위한 모형 검토에서는 자원량 또는 어획량 증대의 직접 효과를 제외한 다양한 간접 효과를 구분해 보고, 각각의 요소, 가치 그리고 평가방법에 대하여 검토하였다. 간접 효과로는 관련산업 파급 효과, 유어 효과, 어촌정주 효과, 해양생물종다양성 및 풍부 효과, 방문객증가 효과, 교육 효과를 들 수 있다. 그리고 가치로는 사용가치(시장가치, 비사용가치), 존재가치, 유산가치, 선택가치가 있으며, 평가방법론에는 산업연관분석, 여행자비용법, 헤도닉가격모형, 조건부가치측정법 등이 활용될 수 있는 것으로 검토되었다.

어업자원 회복수단으로서의 MPA의 효과를 분석하기 위해서는 무엇보다도 자원량 증대 효과를 파악하기 위한 생물경제학적 접근이 우선되어야 한다. 하지만 생물학적 관련 기초자료의 부족으로 MPA제도의 생물경제학적 효과를 분석하기에는 많은 시간과 노력이 필요하다. 따라서 향후 우리나라가 어업자원 회복수단으로서 MPA제도를 유용하게 활용하기 위해서는 생물경제학적 기초자료를 조사하고 수집하는 것이 무엇보다 중요한 과제라고 할 수 있다. 따라서 국립수산물과학원 등과 같은 기관들은 어업자원회복수단으로서의 MPA제도에 대한 유용성 평가를 바탕으로 관련 기초자료의 조사와 수집에 더 많은 관심을 가져야 할 것이다.

### 3. 정책적 제언

현재 우리나라에서는 과잉 어획으로 인하여 어업자원량이 계속 감소하고 있으며, 특히 산란장 및 서식장 파괴 등으로 어업자원 감소현상은 더욱 심각해지고 있다. 이러한 상황에서 어업자원 회복수단으로서 MPA제도를 적극 활용

한다면 남획된 어업자원 회복에 큰 효과가 있을 것으로 판단된다. 특히 산란장과 서식장 등에 MPA를 지정함으로써 과잉된 어획노력량 수준을 낮추고, 산란 가능한 어미자원량과 치어 성장량 증대를 통해 전체적인 어업자원량 수준을 높일 수 있을 것이다. 또한 이러한 자원량 증대에 따라 향후 어획량 수준도 보다 높아질 수 있을 것으로 기대된다.

이러한 MPA제도에 대한 어업자원 회복수단으로서의 유용성은 특히 최근 바다목장해역과 인공어초해역에 MPA인 보호수면 또는 수산자원관리수면을 지정하여 관리하도록 함으로써 막대한 정부예산이 소요되는 바다목장사업과 인공어초사업의 효과를 보다 크게 실현시킬 수 있을 것으로 기대된다.

어업자원 회복수단으로서 MPA제도에 대한 기대 효과를 보다 극대화하고, 효율적인 운영을 위해서 마지막으로 다음과 같은 정책적 제언을 하고자 한다.

첫째, MPA 효과 분석에 필요한 생물경제학적 자료조사 및 수집에 보다 집중적인 정책적 노력이 이루어져야 한다. 이는 비단 MPA제도 효과 분석뿐만 아니라 다른 어업자원 회복수단들의 효과 분석에도 반드시 필요한 것으로서 사전 효과 분석을 통해 보다 실효성 있는 정책적 운용이 가능하기 때문이다. 또한 과학적이고 객관적인 자료와 평가에 의해서만 정책집행의 정당성과 타당성이 확보될 수 있기 때문이다. 이러한 과학적 자료조사 및 분석을 위해서는 가장 실질적으로 관련인력과 각종 지원이 무엇보다 필요하다. 따라서 우리나라에서 어업관련 자료조사 및 수집 등을 주도적으로 담당하고 있는 국립수산과학원 등에 대한 인력 확충 및 각종 연구지원이 확대되어야 할 것이다.

둘째, 어업자원 회복수단으로서 MPA제도를 효율적으로 활용하기 위해서는 앞서 언급한 관련제도에 대한 개선이 시급하다. 따라서 각 개선안에 대한 세심한 재검토와 보강 및 수정이 필요한 부분에 대해서는 적절한 조치가 있어야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

### 〈국내문헌〉

- 해양수산부·국립수산과학원, 「한국패류위생관리 연차보고서」, 2003.  
해양수산부·미해양대기청, 「해양보호구역 한·미 공동심포지엄」, 2004.  
곽승준, 「환경경제학 Textbook」, 고려대학교 대학원, 2004.

### 〈외국문헌〉

- Agardy, M. T., "Advances in Marine Conservation : the Role of Marine Protected Areas", *Trends in Ecology and Evolution*, Vol. 9, 1994.
- Allison, G. W. et al., "Marine Reserves are Necessary but not Sufficient for Marine Conservation", *Ecological Applications*, Vol. 8, 1988.
- Anderson, L., "A Comparison of the Utilization of Stocks with Patchy Distribution and Migration under Open Access and Marine Reserves : An Extended Analysis", *Marine Resource Economics*, Vol. 17, No. 4, 2002.
- Armstrong and Seith<sup>2</sup>, "Marine Reserves : Will They Accomplish More With Management Costs?", *Marine Resource Economics*, Vol. 16, 2001.
- Arnason, R., Costs of Fisheries Management. Fiskeriokonomiske småskrifter. 38. 1999.
- Beattie. A., "A Model for the Bioeconomic evaluation of Marine Protected Area Size and Placement in the North Sea", *Natural Resource Modeling*, Vol. 15, No. 4, 2002.

- Bernando, R. G., *Environmental Impacts and Distribution of Benefits of Apo Island Marine Sanctuary*, Dauin, Negros Oriental, Philippines. MSc Thesis University of the Philippines, Los Banos, 2001.
- Clark, C. W., *Mathematical Bioeconomics : The Optimal Management of Renewable Resources*, John Wiley & Sons, Inc, 1990.
- Conrad, J. M., *Resource Economics*, Cambridge University Press, 1999.
- Creese, R. G and R. G. Cole., "Marine Conservation in Newzealand," *Pacific Conservation Biology*", Vol. 2, 1995.
- Dungan, J. E. and G. E. Davis., "Applications of Marine Refugia to Coastal Fisheries Management", *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, Vol. 50, 1993.
- Fujino, K. and Y. Amita., "Subpopulation Identification of the Sailfin Sandfish from Waters Adjacent to Japan", *Fish Gene. Breed. Sci.*, Vol. 9, 1984.
- Galal, N., et al., "Effects of a Network of No-take reserves in Increasing Exploited Reef Fish Stocks and Catch Per Unit effort at Nabq, South Sinai, Egypt", *Marine and Freshwater Research*, 53, 2002.
- Gordon, H., "An Economic Approach to the Optimum Utilization of Fishery Resources", *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 10(7), 1953.
- Hannesson, R., "The Economics of Marine Reserves", *Natural Resource Modeling*, Vol 15, No. 3, 2002.
- \_\_\_\_\_, "Marine Reserves : What Would They Accomplish?", *Marine Resource Economics*, Vol. 13, 1998.
- Kobayashi, T and K. Kaga, "Population of Sandfish, *Arctoscopus Japonicus*(STEINDACHNER), in the Seas around Hokkaido Estimated



- from the Variations of Meristic Characters", *Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab.*, Vol. 46, 1981.
- Lauck, T., et al., "Implementing the Precautionary Principle in Fisheries Management through Marine Reserves", *Ecological Implications*, Vol. 8, 1998.
- Leeworthy, V. R. and Bowker, J. M., *Nonmarket Economic User Values of Florida Keys/Key West*, National Oceanic and Atmospheric Administration : Silver Spring, MD, 1007.
- Leeworthy, V. R., *Socioeconomic Monitoring Program Florida Keys National Marine Sanctuary Preliminary Findings From Two Years of Monitoring the Commercial Fisheries : Impact of No Take Areas*, U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administrations, National Ocean Service, 2001.
- McClanahan, T. R and S. Mani, "Spillover of Exploitable Fishes from a Marine Park and Its Effect on the Adjacent Fishery", *Ecological Applications*, 10, 2000.
- Murray, S. N., et al., "No-take Reserve Networks : Sustaining Fishery Populations and Marine Ecosystem", *Fisheries*, 24, 1999.
- Okiyama, M., "Studies on the Population Biology of the Sandfish, *Arctoscopus Japonicus*(STEINDACHNER) II, Population Analysis(preliminary report)", *Bull. Jpn Sea Reg. Fish. Res. Lab.*, Vol. 22, 1970.
- Pezzey J. et al., "A Simple Bioeconomic Model of a Marine Reserve", *Ecological Economics*, 33, 2000.
- Polacheck, T., "Year Round Closed Areas as a Management Tool", *Natural Resource Modeling*, Vol. 4, 1990.
- Robert, C., "Fishery Benefits of Fully Protected Marine Reserves : Why Habitat and Behavior are Important", *Natural Resource Modeling*, Vol. 15, No. 4, 2002.

- Robert, C. and H. Sargent, "Fishery Benefits of Fully Protected Marine Reserves", *Natural Resource Modeling*, Vol. 15(4), 2002.
- Rosen, Sherwin, "Hedonic Prices and Implicit Markets", *Journal of Political Economy*, 82, 1974.
- Rowe, S. and Feltham, G., *Eastport Peninsula Lobster Conservation : Integrating Harvester's Local Knowledge and Fisheries Science for Resource Co-management* (ed B. Neis and L. Felt), Institute of Social and Economics Research Press, St John's Newfoundland, 2000.
- Rudd, M.A., "The Non-extractive Economic value of Spiny Lobster *Panulirus Argus* in the Turks and Caicos Islands", *Environmental Conservation*, 28, 2001.
- Sakuramoto, K., H. Sugiyama and N. Suzuki, "Models for Forecasting Sandfish Catch in the Coastal Waters off Akita Prefecture and the Evaluation of the Effect of a 3-year Fishery Closure", *Fisheries Sci.*, 67, 2001.
- Sanchirico, J. and J. Wilen, "Marine Reserves : Is there a free lunch?", *Resources for the Future*, Discussion Paper, 1998.
- Sanchirico, J. and J. Wilen, "A Bioeconomic Model of Marine Reserve Creation", *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 42, 2001.
- Sumaila, U. R., "Protected Marine Reserves as Fisheries Management Tools : A Bioeconomic Analysis", *Fisheries Research*, Vol. 37, 1998.
- Suman, D., et al., "Perceptions and Attitudes Regarding Marine Reserves : a Comparison of Stakeholder Groups in the Florida Keys National Marine Sanctuary", *Ocean and Coastal Management*, 42, 1999.
- Watanabe, K., H. Sugiyama, S. Sugishita, N. Suzuki and K. Saku-

- ramoto, "Estimation of Distribution Boundary between Two Sandfish *Arctoscopus Japonicus* Stocks in the Sea of Japan off Honshu, Japan Using Density Indices", *Bull. Jpn. Soc. Fish. Oceanogr.* (in printing), 2004.
- Whitemarsh, D. et al., "Economic Effects of Marine Protected Areas on Small-scale Fisheries", *Proceedings of the IIFET 2000 conference*, 2002.
- WWF, *The Fishery Effects of Marine Reserves and Fishery Closures*, 2003.