

발간등록번호

11-1541000-000554-01

생태계기반 수산업 관리 및 제도개선 방향에 대한 연구

2010. 9.

주관연구기관
한국수산경영학회

농림수산식품부

발간등록번호

11-1541000-000554-01

생태계기반 수산업 관리 및 제도개선
방향에 대한 연구

2010. 9.

주관연구기관
한국수산경영학회

농림수산식품부

제 출 문

농림수산식품부장관 귀하

이 보고서를 『생태계기반 수산업 관리 및 제도개선 방향에 대한 연구』 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2010년 9월

주관연구기관 : 한국수산경영학회

연구 책임자 : 신 영 태

공동 연구자 : 장 창 익

공동 연구자 : 차 철 표

공동 연구자 : 고 진 필

<목 차>

제1편 한국 수산업의 생태계 기반 자원관리 방향

제1장 서론	2
제2장 수산자원 평가방법의 발전	4
1. 개체군 수준 평가	4
2. 다중자원 평가	5
3. 생태계 자원 평가	6
가. 수산자원 관리개념의 변천	8
나. 생태계 평가모델	10
다. 해양생태계 기반 수산자원 평가 및 관리 방법	18
제3장 고찰 및 결론	29
참고문헌	31

제2편 생태계 기반관리를 위한 제도 개선

제1장 서론	38
제2장 수산자원에 영향을 미치는 대표적 해역이용 행위	39
1. 바다골재채취	40
가. 골재채취의 관리주체	40
나. 골재채취허가의 제한과 주요 환경규제	42
다. 골재채취가 수산자원에 미치는 영향	44

2. 준설토 및 육상폐기물 해양투기	46
가. 준설토 해양투기의 영향	46
나. 연안 준설토 처분 현황	48
다. 준설토 및 육상폐기물 해양 투기량 현황	48
라. 준설토 해양투기 문제점	49
제3장 해역이용행위와 관련법제	50
1. 해양환경관리법과 해양부문 환경영향평가제도	50
가. 해역이용과 해역이용평가제도	50
나. 해양부문 환경영향평가제도의 주요내용	52
2. 해역개발사업 관련 해양수산자원관련 법령	54
제4장 해역이용과 수산자원관리의 문제점	56
1. 수산자원관리 주무부처의 협의 약화	56
2. 해역이용영향 검토기관의 법적 지위의 문제점	59
제5장 관련법 개정을 통한 해역이용과 수산자원관리의 개선방안	60
1. 환경영향평가법(환경영향평가)	61
2. 해양환경관리법(해역이용협의, 해역이용영향평가)	62
제6장 결론	65
참고문헌	66

제3편 유류피해지역 등 연안수역 및 연근해 어장 환경개선사업의 추진방향

제1장 연근해어장 환경개선사업의 필요성	68
-----------------------------	----

제2장 바다쓰레기 발생원인 및 실태	69
1. 발생원인	69
2. 피해사례	70
제3장 연근해어장 환경개선사업 추진현황	71
1. 추진경과	71
2. 사업내용 및 추진실적	72
3. 해양폐기물 수거작업진행순서	77
제4장 유류피해 오염어장 환경개선사업 추진계획	78
1. 기본방향	78
2. 세부추진 내용	79
3. 환경개선사업 주요 공정 및 조사·설계 방법	81
가. 오염어장 환경개선사업의 주요 공정	81
나. 조사·설계 방법	83
다. 조사·설계 방법의 적정성	87
제5장 연근해어장 침적폐기물 수거사업이 수산자원에 미치는 영향	88
1. 효과조사 연구사례	88
가. 왕들초, 형제도, 고성군 주변해역	88
나. 연평도 주변해역	90
2. 오염어장 환경개선사업 효과조사	91
제6장 효율적인 사업추진을 위한 개선 방안	96
참고문헌	99

<표 목차>

제1편 한국 수산업의 생태계 기반 자원관리 방향

<Table 1> Objective, attribute and indicators for tier 1 of the ecosystem-based resource assessment in Korea	24
<Table 2> Objective, attribute and indicators for tier 2 of the ecosystem-based resource assessment in Korea	25
<Table 3> An example of the ecosystem-based resource assessment by showing indicators, reference points and weights	26

제2편 생태계 기반관리를 위한 제도 개선

<표 1> 연안준설 및 준설토 해양투기 지역과 목적구분 분석(2006-2008년)	48
<표 2> 해역이용영향평가 대상사업	51
<표 3> 해양환경관리법의 해역이용평가제도 관련 조문	54
<표 4> 연안이용개발에 영향을 받은 해역의 지정 및 관리에 검토되는 해양수산 주요 법률	55
<표 5> 해양분야 환경영향평가와 협의제도의 주요사항	57
<표 6> 관련법 개정안	61
<표 7> 환경영향평가법 개정안	62
<표 8> 해양환경관리법 개정안	63

제3편 유류피해지역 등 연안수역 및 연근해 어장

환경개선사업의 추진방향

<표 1> 발생원인별 주요 바다쓰레기	69
<표 2> 한국어촌어항협회 추진실적	73
<표 3> 한국어촌어항협회 추진실적	73

<표 4> 한국어촌어항협회 추진실적	74
<표 5> 한국어촌어항협회 추진실적	74
<표 6> 한국어촌어항협회 추진실적 민간기업의 대 중국 해외농업 진출현황	75
<표 7> 한국어촌어항협회 추진실적	75
<표 8> 한국어촌어항협회 추진실적	76
<표 9> 한국어촌어항협회 추진실적	77
<표 10> 연차별 투자계획(단위 : 억원)	81
<표 11> 오염어장 환경복원사업의 주요 공정	82
<표 12> 침체어망 수거비용과 침체어망 제거시 효과 비교표(단위 : 천원)	89

<그림 목차>

제1편 한국 수산업의 생태계 기반 자원관리 방향

[Fig. 1] Flowchart of trophic interactions in the Tongyeong ecosystem. The size of the boxes is roughly proportional of the logarithm of the biomasses, while the arrows document the fate of production (Zhang, 2006)	13
[Fig. 2] A dynamic simulation showing the effect on the Tongyeong marine ranching ecosystem by the annual increase in biomass of benthic algae (15%) and recruitment of jacobever rockfish (10%) (Zhang, 2006)	13
[Fig. 3] Schematic view of the NEMURO lower trophic level ecosystem model. Solid black arrows indicate nitrogen flows and dashed blue arrows indicate silicon. Dotted black arrows represent the exchange or sinking of the materials between the modeled box below the mixed layer depth (Kishi <i>et al.</i> , 2007)	16
[Fig. 4] Predicted nutrient concentrations for four year simulations in the northern East China Sea	17
[Fig. 5] Predicted (a) phytoplankton, and (b) zooplankton biomass for four year simulations in the northern East China Sea	17
[Fig. 6] MSC certification logo	21
[Fig. 7] Diagram showing the results of the ecosystem-based resource assessment in Korea	27

제2편 생태계 기반관리를 위한 제도 개선

[그림 1] 수산자원에 영향을 미치는 대표적 연안이용행위	39
[그림 2] 연안준설 및 준설토 해양투기에 따른 해양환경 영향	47
[그림 3] 해역이용협의 절차	53

제3편 유류피해지역 등 연안수역 및 연근해 어장
환경개선사업의 추진방향

[그림 1] 모래 살포 작업 - 바지락 양식장(만조 시)	82
[그림 2] 패각 채집 및 운반작업 - 투석식 굴 양식장(간조 시)	82
[그림 3] 돌 제거 및 운반작업 - 바지락 양식장(간조 시)	83
[그림 4] 말뚝 제거 및 운반작업 - 굴채묘 양식장(간조 시)	83
[그림 5] 굴 채묘 양식장의 해저면 영상 - 만조 시	85
[그림 6] 페로프 및 탈락된 굴패각	86

제1편 한국 수산업의 생태계 기반 자원관리
방향

제1장 서론

해양에 대한 인간의 영향은 산업혁명 이래 크게 증가하기 시작하여, 최근에 와서는 그 정도가 심각한 상황에 이르렀다. 먼저 해안 부근의 연안역에 인구가 집중되고 산업 활동이 몰리게 되면서 해양은 오염되고 생물들의 서식처는 파괴되었다. 또한 어업 기술의 발달로 어업활동이 급격히 증가하여 세계 도처에서 수산자원이 고갈되거나 감소하는 현상이 나타났다. 최근에는 건강을 고려하는 음식문화가 보편화되면서 수산물의 수요는 더욱 증가되고 있으며, 수산자원의 효율적인 이용과 관리는 중요한 과제로 부각되고 있다.

지난 반세기 동안 해양의 어업은 많은 변화를 보였다. 1950년대 2000만 톤에 불과하던 해양의 어업생산량은 50년 동안에 거의 5배로 증가하였으며, 이 과정에서 남획과 환경변화에 의하여 전통적으로 중요한 어종들은 새로운 어종들로 교체되었다. 현재 해양의 어업자원은 상당 부분이 최대 지속적 생산량을 넘는 수준에서 개발 이용되고 있는 상황이며, 1980년에서 1990년의 10년 동안 과도 어획된 종의 수는 2.5배나 증가하였다(Alverson and Larkin, 1994). 세계 해양에서 어획되는 대부분의 어획물은 점진적으로 낮은 영양단계에 위치한 종의 상대적 비율이 증가되고 있다(Pauly *et al.*, 1998). 세계 해양의 어업자원은 현재 거의 모든 해역에서 상당 부분이 남획 또는 고갈되었다. 우리나라의 수산자원도 계속 감소상태를 보이고 있으며, 이에 따라 어획량도 점차 감소하고 있다. 어획물의 질적인 상태를 나타내는 평균 영양단계도 모든 해역에서 감소하는 경향을 보이고 있다 (Zhang and Lee, 2004). 이러한 시점에서 FTA가 여러 나라와 계속 추진 중에 있으며, WTO의 수산물 수입자유화 권고에 따라 수산물에 대한 수입이 개방되어 수산물 경쟁력이 약화되고 있다.

이러한 현실을 타개하기 위해서 수산자원의 평가와 관리에 있어서도 새로운 제도들이 채택되고 있다. 유엔해양법은 배타적경제수역(EEZ) 설정시 총허용어획량(TAC) 관리를 의무화하고 있으며, 1992년의 책임어업(Responsible Fisheries)에 관한 회의와 유엔환경개발회의(UNCED)의 Agenda 21은 어업자원의 보호를 강력한 자원관리를 규정하고 있다. 1995년의 UN Fish Stocks Agreement는 전통적인 어업자원 이용방식의 변화를 요구하고 있다. 특히, 2002년 요하네스버그에서 개최한 '지속가능 개발에 관한

세계 정상회의 (World Summit on Sustainable Development: WSSD)'의 이행 항목은 생태계를 고려한 어업관리의 시한을 설정해 놓고 있다.

전통적으로 수산자원의 평가와 관리는 개체군 수준에서 가입과 성장, 자연사망, 어획사망 등 네 요소만을 고려하는 소위 1950년대에 개발된 Beverton and Holt의 개체군 역학적 분석결과에 의존해 왔다. 실제 어획활동은 해양생태계의 구조와 기능의 변화를 초래하지만 어획으로 인한 생태학적 변화는 종종 무시되어 연구의 대상이 되지 않았다. 이러한 생태학적 변화는 대개 남획이나 생태계 훼손이 일어난 이후에 인식이 되므로 회복시키는데 많은 어려움이 있다. 그러므로 수산자원을 관리하는데 있어서도 생태계를 구성하고 있는 생물들 간의 생태학적 상호작용과 서식처, 어업과 생물들의 상호작용을 고려하는 생태계 기반 자원관리 개념을 도입할 필요가 있다. 현재의 수산자원관리 체제에서는 어획으로 인한 생태학적 변화가 고려되지 않고 있으며, 과도어획으로 인한 생태계 변화가 모니터링 되지 않고 있다. 그러나 지속가능한 어업을 유지하기 위해서는 생태계 차원의 거시적인 관점에서의 자원평가와 이를 바탕으로 한 어업관리가 수행되어야 한다. 근년에 들어 수산자원을 평가하고 관리하는데 전통적인 단일어종 접근방식에서 다종자원/어업 분석 또는 생태계를 기초한 분석방식으로 점차 인식이 바뀌고 있으며, 이를 위한 연구가 활발히 수행되고 있다.

생태계 기반 자원평가를 위해 FAO(2007), CSIRO(2005), ICES(2005) 등에서는 다양한 관리지표들을 개발하여 제시한 바 있으나, 이들을 평가할 기준점은 제시하지 않고 있다. 반면 MSC(2006)와 Zhang *et al.*(2009)에서는 생태계 기반 자원평가를 위한 기준점(목표 및 한계기준점)을 제시하였다. 이러한 현실 내에서 국내의 연구동향을 살펴보면, 통영바다목장의 생태계 모델링 연구결과가 있으며, 수산특정연구로서 생태계 기반 자원관리시스템 개발 연구가 수행된 바 있으나 이 연구들은 자원관리시스템에 관한 기본 틀(frame)을 설정하는 기초 수준의 연구이다. 최근 Zhang *et al.*(2009)은 생태계 기반 어업평가 (Ecosystem-based Fisheries Assessment ; EBFA)를 위한 실용적인 방법을 개발한 바 있다.

본 연구에서는 수산자원을 관리하는데 사용되는 자원평가 방법의 발전과정을 살펴보고 자원관리 개념의 변천과정을 소개하며, 최근까지 개발되어 온 생태계 모델을 고찰하고 생태계 기반 자원평가와 관리방안의 현황과 앞으로의 전망에 대하여 분석하였다.

제2장 수산자원 평가방법의 발전

1. 개체군 수준 평가

자원의 변동을 개체군 역학적인 개념에서 보면, 수산자원은 사망에 의하여 자원량이 감소하고, 출생 및 성장에 의하여 자원량이 다시 증가된다. 이러한 과정을 통해 자연적으로 안정상태를 유지하는 자원에 어업이 가해지면 자연사망에 의한 감소 외에 어획에 의한 감소가 추가된다. Russell (1931)은 이러한 관계를 아래의 식으로 나타내었다.

$$S_2 = S_1 + A + G - D - Y$$

즉, 어느 해 초기의 자원량 S_1 과 다음 해 초기의 자원량 S_2 사이에는 가입량 A 와 개체의 성장에 따른 증중량 G 에 의한 자원의 증가요인과 자연사망량 D 및 어획에 의한 사망량인 어획량 Y 에 의한 감소요인이 작용한다. 그러므로 효과적인 자원평가를 위해서는 각 요소를 명확히 파악하여 자원변동의 구체적인 법칙성을 구하는 것이 필요하다. 이와 같이 개체군 수준에서의 수산자원 평가는 자원량 변동과 관련되는 요소인 가입과 성장, 자연사망 및 어획사망 등 네 가지 요소에 대한 평가를 포함한다. 그러나 이러한 요소들은 수산자원이 속해 있는 생태계의 환경에 의해서도 영향을 받게 된다.

전통적으로 수산자원을 평가하는 목적은 자원량이 어떻게 변동하는가를 파악하고 그 자원에 가해지는 어획의 영향을 알아내는 것이었다. 수산자원의 자원량을 파악하는 데는 직접 해양조사에 의하는 방법도 있지만 연령별 자원량을 추정할 수 있는 코호트 분석법이 가장 많이 사용되고 있다(Zhang, 1987). 수산자원평가 모델에는 크게 두 가지 계열, 즉 잉여생산량 모델(surplus production models)과 가입당생산량 모델(yield per recruit models)이 있다(Zhang, 1987). 대개 이 두 계열의 모델을 사용하여 자원관리의 중요한 파라미터인 생물학적허용어획량(ABC)을 구하게 된다.

2. 다종자원 평가

바다에서 실제로 이루어지고 있는 어업은 두개 또는 그 이상의 어종들에 대해 직접적 또는 간접적으로 영향을 준다. 따라서 대부분의 어업은 다종자원을 대상으로 하는데 다종자원 평가의 중요성이 인식되기 시작한 것은 1980년대 초반부터이다(May, 1984). 다종자원어업의 생물학적인 상호작용은 생물학적인 요인과 기술적인 요인의 두 가지로 나눌 수 있다. 생물학적 요인은 포식-피식작용, 경쟁, 서식지의 중복 등 어종들 사이의 생물학적 상호작용을 의미한다. 이러한 생물학적 요인은 해양생태계 본연의 성질로서 어업이 있든 없든 항상 존재한다. 피식-포식 관계와 어업이 관여하는 현상을 고려하여 Helgason and Gislason(1979)은 MSVPA, 다종자원의 자원량 추정모델을 개발하였다. 그러나 기술적인 요인은 해양생태계에 어업이 작용함에 따라 발생한다. 기술적인 요인은 두 개 또는 그 이상의 어종이 함께 어획되는 경우와 같이 직접적으로 일어날 수도 있고, 한 어구에 의한 어획이 이루어질 때 하나의 어종이 다른 어종으로 인해 최적 서식지를 변경하게 되는 경우와 같이 간접적으로도 작용한다. 어획물 내에 여러 종이 동시에 출현하는 것은 우발적일 수도 있고, 고의적일 수도 있다.

생물학적 상호작용 중 기술적 요인과 관련되는 자원관리 방법이 개발되어 사용되고 있다. 이 가운데 하나의 실용적인 방법은 상당량의 부수어획이 일어나는 어업에서 개별 어종의 어획에 대해 제한을 가하면서 총 어획량을 결정하는 선형프로그래밍(Linear programming)을 이용하는 것으로 북서대서양수산위원회(ICNAF, 1974)가 설정한 두 단계의 할당량 제도가 하나의 좋은 예인데, 이 제도에서는 각 어종에 총허용어획량(TAC)을 설정하면서 동시에 전 어종에 대한 TAC를 각 어종에 대한 TAC의 합보다 적게 설정하였다(ICNAF, 1974).

생물학적 상호작용의 기술적 요인과 관련된 또 다른 자원평가 방법은 개별어종의 연령구조를 분석하는 방법이다. Beverton and Holt(1957)가 가장 먼저 연령구조 모델을 제시한 이래, Houghton(1981)은 이 모델을 확장시켜서 가자미와 넙치 트롤어업에 대해서 적용하였고, Murawski(1984)는 Georges Bank 트롤어업에 대해 다종 가입당생산량 모델을 적용하였다. Shepherd(1984)는 다종어업의 가입당생산량 모델을 개발하면

서, 자원량-가입량 관계 뿐만이 아니라 포식효과를 이 모델에 포함시켰다. 이 모델은 단순화 시킨 대구-해덕 어업에 적용되었다. Pikitch(1987)는 Oregon의 flatfish 어업에 대한 세 종의 가입당생산량 모델을 개발하였는데, 이 모델에서는 암수별로 다른 매개 변수를 사용했으며, 투기량, 경제학적인 변수, 그리고 망목크기와 노력량 조절에 따른 영향 등을 설명하였다. Spencer *et al.*(2002)은 동부 베링해 flatfish 어업의 자원관리를 위해 다종평형생산량 모델을 개발하여 관리방안을 제시하였는데, 이 모델에서는 대상 종 가운데 가장 낮은 $F_{40\%}$ 를 가지는 종의 순간어획사망계수를 초과하지 않는 가장 낮은 수준의 어획노력량 (f_{ws})을 구해서 자원관리에 사용하도록 권고하였다.

단일어종 또는 단일자원을 복수어구에 의해서 이용하는 복수어구어업도 종종 행해지고 있다. Seo and Zhang(2001)은 한국 근해 참조기어업과 같이 복수어구에 의한 단일어종 자원의 이용형태에 대한 자원평가를 수행하였다.

3. 생태계 자원 평가

해양생태계는 구성생물체간의 상호작용 및 이들 생물체와 물리화학적 환경요소들간의 작용을 기능으로 한다. 수산자원은 해양생태계 내의 하나의 구성원이므로 어업에 의한 자원의 이용은 생태계에 영향을 미치게 된다. 전통적인 자원평가는 주어진 생태계로부터 수산자원을 매년 어떠한 방법으로 얼마나 어획해야 하는지를 결정하는 것이 주 목적이었다. 그러나 생태계를 고려하는 평가는 자원을 얼마나 어떻게 어획함으로써 장래에 생태계에 어떻게 영향이 미치게 되는지, 또한 이에 따른 생산량의 변화는 어떠한지를 예측하는데 목적을 두고 있다.

유엔해양법은 해양생태계에 대한 자국정책의 영향을 파악해야 한다는 의무사항을 규정하고 있으며, 이 의무사항은 FAO의 책임어업에 대한 행동지침에서 재강조되고 있다 (FAO, 1995). 따라서 단일어종의 생산량을 목표로 하는 전통적인 수산자원관리 방법은 더 이상 인정되지 않고 있으며, 이 방법에 어업이 생태계의 구조와 기능에 미치는 영향도 함께 고려해야 한다는 개념으로의 인식전환이 요구되고 있다(Gislason *et al.*, 2000).

어획이 생태계에 미치는 영향은 여러 가지의 형태로 나타나고 있다. 지구상에서 행

해지고 있는 해양어획량의 25%가 폐기되고 있는 것으로 보고된 바 있으며(Alverson *et al.*, 1994), 최근 FAO의 보고에 의하면 폐기물이 8% 정도로 감소된 것으로 알려지고 있다 (Kelleher, 2005). 북해에서는 바다새들이 폐기된 어획물을 먹이로 이용하는데 이 폐기물의 양은 그들 전체 식량의 1/3을 차지하였다(ICES, 1994). 또한, 저층트롤이나 형망어업은 해저 생태계를 소회하면서 수많은 저층생물들을 죽이거나 부상을 입히게 되는데, 어떤 해역에서는 저층이 1년에 여러 번씩 저서어구에 의해 소회된다는 보고가 있다(ICES, 1995).

어획이 생태계에 미치는 영향은 직접적인 형태와 간접적인 형태로 나누어 생각할 수 있다. 직접적 영향을 측정하는 방법에는 저층어구에 의해 연간 소회되는 해저의 면적을 구한다든지, 어획되는 대상종과 부수어획물의 어획량을 측정하거나, 이로 인한 사망률과 어획량 가운데 폐기되는 양을 구한다든지, 또는 어획활동으로 인한 서식처의 물리적인 변화를 측정하는 방법 등이 있다. 그러나 어획이 생태계에 미치는 간접적인 영향은 정량화하고 예측하기가 훨씬 더 어렵다. 어획은 개체군의 생체량과 연령구조의 변화를 초래하면서 동시에 영양단계의 구조도 변형시킨다. 장기적으로는 개체군의 유전자 조성의 변화를 초래할 수도 있는데 현재의 지식수준으로는 이러한 영향을 정량화하거나 예측하는데 한계가 있다.

생태계의 구조와 기능을 이해하고 어획으로 인한 생태계의 영향을 파악하기 위해 많은 생태계 모델링 연구가 되어 왔다. 지금까지 개발된 생태계 모델의 대부분은 이론적인 부문에 주로 치우쳐 있었다. 어떤 모델들은 수백 개의 파라미터를 가질 정도로 복잡하였으며, 어떤 모델은 생태계 전체를 포함시키는 것이 아니라 일부분만을 포함시키기 때문에 어업이 생태계에 미치는 영향을 충분히 설명하지 못하였다. 북해의 Anderson and Ursin (1977) 모델과 북태평양의 Laevastu and Larkins (1981) 모델들은 어업을 생물학적 현상의 행위로 이해하지 않고 물리해양학적 과정에 포함시키는 경향이 있었다. 이런 모델들은 한 해역의 현상만을 설명하였으므로 다른 해역에 일반화시키기가 어려웠고, 이들을 사용하여 생태계 과정을 이해하거나 생태계 현상을 예측하는 것은 불가능하였다. 최근 들어서, 생태계를 구성하고 있는 생물 간의 관계를 영양역학적으로 해석하는 실용적인 생태계 모델에 대한 연구가 점차 활발해 지고 있다. 여기에는 생태계 차원으로 확장시킨 생체량 역학 모델 (Larkin and Gazey, 1982)과

Ecopath (Polovina, 1984; Christensen and Pauly, 1992) 모델들이 있다. Ecopath 모델은 질량균형 모델 (mass-balance model)이라고도 불리는데 하나의 생태계 내에 존재하는 단일종 (혹은 생물 그룹)에 대한 현재의 생태계 구조와 각종의 변화율을 추정해서, 이 구조와 변화율 체제 내의 주어진 기간에 대해 해양생태계의 상태를 정량적으로 설명해 준다. 이후에 Ecopath 모델을 발전시킨 Ecopath/Ecosim (Walters *et al.*, 1997) 모델이 개발되었으며 아울러 Ecospace 모델도 개발되었다. Ecopath/Ecosim 모델은 기존의 모델에 역학 모델링 능력을 결합시킨 모델로서 어획과 환경변화가 생태계에 미치는 영향을 시뮬레이션 하는데 사용할 수 있다.

최근 호주에서는 처음으로 실용적인 방법으로서 ‘생태학적 위험도 분석 (Ecological Risk Analysis, ERA)’이라는 방법을 개발하여 호주의 어업이 생태계에 미치는 영향을 평가하여 어업관리와 자원관리에 이용하고 있다. 국제기구인 국제해양관리위원회 (MSC, Marine Stewardship Council)에서는 생태계를 고려하는 평가에 근거하여 인증제를 시행하고 있다. 최근 우리나라에서도 생태계 기반 자원평가 및 관리시스템 연구를 수행하여 새로운 방법을 모색하고 있다 (Zhang *et al.*, 2009).

가. 수산자원 관리개념의 변천

수산자원관리는 최근까지 목표자원을 효율적으로 이용하기 위하여 개체군 수준에서 분석된 자원상태를 양적으로나 질적으로 바람직한 수준으로 변화시키거나, 혹은 유지시키는데 목표를 두어 왔다.

유엔해양법협약 발효 이후 유엔환경개발회의 (UN Conference on Environment and Development)에서 채택된 아젠다 21 (Agenda 21) 등의 영향으로 생태계를 기반으로 하는 어업관리와 관련된 협약들이 만들어지게 되었다. 아젠다 21은 해양관리에 생태계 접근법의 적용과 해양과 연안역 관리 및 개발의 통합적 관리와 예방적 접근법의 적용을 주창하고 있다. 특히 해양자원의 이용과 환경보호를 위해서는 통합관리 만이 유일한 방안임을 강조하였다. 또한 아젠다 21에는 연안역의 통합관리 및 친환경적 개발 (프로그램 A), 해양환경보호 (프로그램 B), 공해상 해양생물자원의 친환경적 이용 및 보존 (프로그램 C), 국가관할 수역 내 생물자원의 친환경적 이용 및 보존 (프로그램 D), 해양환경과 기후변동 등 자연의 다변성 (프로그램 E) 등을 다루고 있다. 여기서

프로그램 C와 D가 주로 어업과 관련이 있는데, 남획을 근절시키기 위한 기존의 관리 수단 강화, 복수어종 관리 및 연관종과 의존종, 개체군 간의 관계, 고갈자원의 회복, 어구 선택성의 향상 및 해상투기 (discards)의 감소, 멸종위기종 및 서식처의 보호, 파괴적 (destructive) 어법의 금지 등을 강조하고 있다.

1995년에 제정된 유엔의 어류자원협정 (Fish Stocks Agreement)은 해양생물자원의 장기적 보존과 친환경적 이용을 목표로 하고 있다. 이 협정은 예방적 접근법, 생물다양성 보호 및 어업자원의 친환경적 이용을 제시하고 있으며, 참여국들이 해양생물의 다양성을 보호하고, 어업자원의 지속적 이용을 보장하기 위한 조치를 채택하여, 자원의 최적 이용을 이룩하고, 연관종 및 의존종을 함께 고려하는 생태계 접근법의 채택을 권고하였다. 또한 상이한 법적 지위를 가진 수역이라도 동일한 자원에 대해서는 일관성 있는 관리 조치를 채택하여 시행하도록 하는 일관성의 원칙도 채택하였다. 따라서, 1995년 이후 설립된 지역수산물관리기구인 '중서태평양 고도회유성어종 보존 및 관리위원회 (Commission for the Conservation and Management of Highly Migratory Fish Stocks in the Western and Central Pacific Ocean)', '남동 대서양 수산위원회 (Southeast Atlantic Fisheries Commission)' 및 '서부 인도양 수산위원회 (West Indian Ocean Fisheries Commission)' 등의 협약은 모두 생태계를 기반으로 하는 어업관리 원칙을 포함하고 있다. 예를 들면, 각 회원국들은 어업활동 및 어업관리 시 해양생물자원 전체에 미치는 영향을 최소화시켜야 하는 의무를 가지고 있다. 이들 협약은 또한 예방적 접근법의 적용도 권고하고 있다.

한편, FAO는 생태계관리 원칙들을 각 회원국의 정책에 반영시키기 위해 2001년 '해양생태계 내 책임어업에 관한 회의 (Conference on Responsible Fisheries in the Marine Ecosystem)'를 개최하였다. 이 회의에서는 현재의 단일어종 중심의 관리방법이 수산자원의 보존과 이용에 실패하였다는 인식하에 해양의 다른 생물체와 이를 둘러싼 환경을 고려하는 어업관리 방향을 제시하였다. 더불어 '2001년 해양생태계 내의 책임어업에 관한 레이카비크 선언 (The 2001 Reykjavik Declaration on Responsible Fisheries in the Marine Ecosystem)'은 현행 어업관리에 생태계 관리 요소를 강화하도록 권고하고 있다.

2002년 9월 요하네스버그에서 개최되는 지속가능 개발에 관한 세계정상회의

(WSSD)에서는 이행계획 (Plan of Implementation)을 채택하여 생태계를 기반으로 하는 어업관리와 관련해서는 해양생태계 내의 책임어업에 관한 레이카비크 선언을 참고하여, 2010년까지 생태계 접근법을 도입할 것을 권고하였다. 이 외에도 이행계획은 국가 관할권 이내 또는 이원의 주요 연안역 및 해양의 생산성과 생물다양성 유지, 생태계를 고려하는 다양한 방법을 이용한 파괴적 해양이용 관행 금지 등을 권고하였다.

따라서 생태계를 고려한 수산자원관리의 목표는 생태계 내의 종의 지속성과 생물다양성을 유지하면서 서식처를 파괴시키지 않고 경제적인 손실 없이 적정량의 수산자원을 지속적으로 이용하는 것이다. 해양생태계 기반 수산자원관리에서도 어획방법의 조절과 허용어획량의 결정, 그리고 이를 모니터링 하고 감시하는 것을 포함한다. 그러나 이러한 방법들을 통하여 잠재적인 생물생산에 해를 끼치지 않고, 생물적 구성요소와 비 생물적 환경을 적정수준으로 보존하면서 수산자원을 적절하게 유지시키면서 이용해야 한다. 즉, 해양생태계를 건강하게 유지하면서 생태계를 지속적으로 보존, 이용하는 것이다. 따라서 생태계 기반 관리를 정의하면 ‘생태계가 장기간의 지속성을 유지하면서 건강하고 완벽하게 기능을 하면서 인간과 공존할 수 있도록 인간의 활동을 생태학적, 사회경제적, 제도적 및 기술적인 측면을 모두 고려해서 관리하는 전략적인 방법’이라 할 수 있다 (Zhang, 2006).

생태계 기반 수산자원관리를 위해서는 개체군 수준의 남획개념을 수정하거나 어획이 생태계의 구조와 기능에 미치는 영향을 고려한 새로운 개념의 생태계 기반 남획상태를 정의해야 한다. 생태계 기반 남획개념이 관리에 실제적인 역할을 하기 위해서는 명확하고 정량적인 척도가 개발되어야 한다. 이 척도는 (1) 생태계의 생체량과 생산량 및 구성요소들 간 상호관계, (2) 구성수준별 다양성, (3) 자원변이도의 패턴, (4) 사회경제학적 이익 등의 요소를 정량적으로 지수화 할 수 있어야 한다. Murawski (2000)는 생태계 기반 남획상태를 생태계의 누적어획량과 부수어획물의 사망률 및 서식처 훼손상태를 척도로 사용하여 정의하였다.

나. 생태계 평가모델

1) Ecopath/Ecosim model

해양생태계의 영양관계를 분석하여 Polovina (1984)는 Ecopath 모델을 개발하였다.

이 모델은 Christensen and Pauly (1992, 1995)에 의해 보완되어, 수산자원의 평가에 널리 응용되고 있으며 최근에는 육상목장 시스템 (farming system)을 분석하는데도 활용되고 있다 (Dalsgaard *et al.*, 1995).

Ecopath 모델은 생태계의 구조와 기능을 설명해 주는 다양한 생태계 특성치를 계산하고 이 값들을 다른 생태계의 값들과 비교할 수 있도록 해주는 기능도 가지고 있다. 그러나, Ecopath는 생태계 영양구조의 정적인 단면만을 보여 준다. 이를 극복하기 위해서 Ecopath 모델에 의한 생태계 특성치를 기초로 구성생물들의 시간에 따른 변동을 분석할 수 있는 Ecopath/Ecosim이라 부르는 생태계 역학 모델이 개발되었다. 이 모델은 미분방정식들로 이루어진 시스템으로 역학 시뮬레이션과 평형상태의 변화를 분석하는데 사용될 수 있으며 (Pauly *et al.*, 2000), 어업에 의한 생태계 반응을 이해하는데 사용될 수 있다.

만약 대상생태계 내 구성생물들의 이입·이출량이 같고 평형상태라 가정하면, Ecopath에서의 질량균형 모델은 다음 식에 의해 정의된다.

$$(i) \text{의 생산량} = (i) \text{의 어획량} + \text{포식자에 의한 } (i) \text{의 소비량} + (i) \text{의 기타 사망량}$$

여기서 i 는 특정 환경, 특정 시간의 시작과 끝까지 동일한 상태를 가지는 생태계 내의 특정그룹 (단일 종 또는 두 종 이상으로 구성)이다. 이 모델에 적용하기 위한 기본 입력 자료로는 각 생물군에 대한 생체량과 생산량/생체량 비 (P/B ratio), 섭식량/생체량 비 (Q/B ratio), 먹이조성비 (Diet composition), 및 어획량 등이 포함된다.

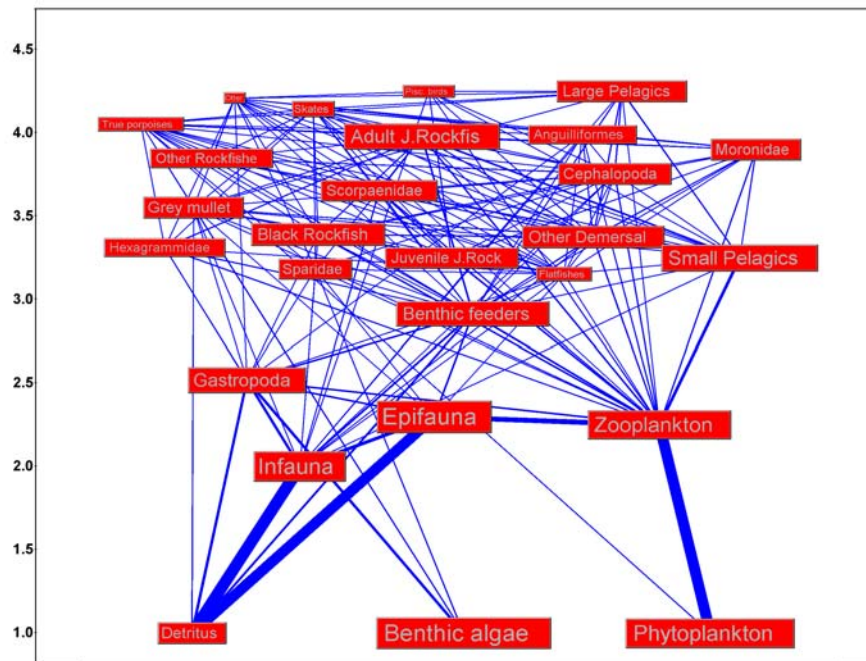
2) 생태계 구조와 역학적 시뮬레이션

Ecopath 모델을 통영바다목장의 해양생태계에 적용하였다. 이 생태계에 존재하는 생물들을 생태학적 유사성에 따라서 24개의 그룹으로 나눈 후 각 그룹에 대한 생체량과 생산량/생체량 비, 섭식량/생체량 비, 연간 어획량 등의 자료를 사용하고, 각 그룹의 총 먹이량에 대한 먹이 종류별 조성비를 사용하였다. Fig. 1은 통영바다목장 해양생태계의 구조와 에너지 흐름을 보여주는 모식도이다. 이 그림에서 각 그룹의 사각형 크기는 상대적인 생체량 크기를 나타내며, 세로축은 각 그룹의 영양단계이다. 화살표는 포식-피식 관계에 따른 에너지의 흐름을 나타낸다.

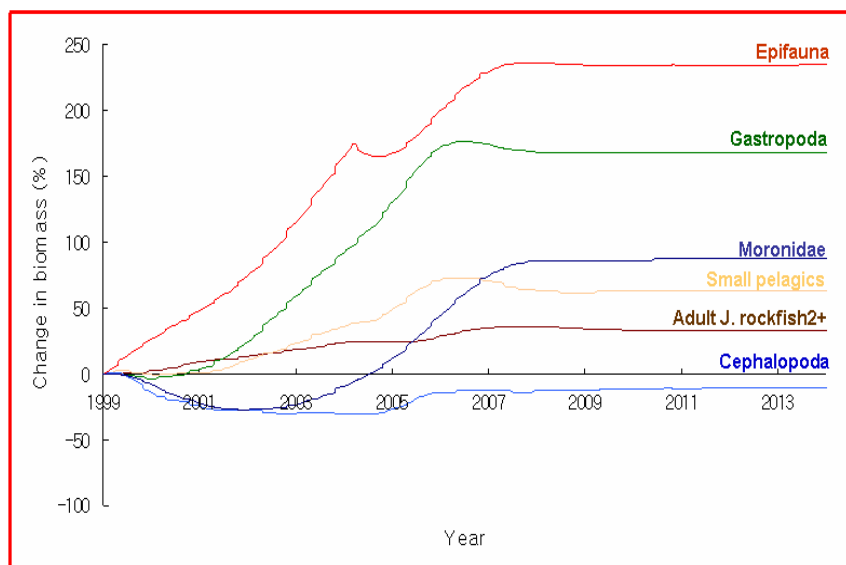
통영바다목장에서는 자원조성을 위해 인공어초 설치, 해중림 조성, 그리고 종묘방류 사업 등을 실시하였다. 이러한 조성사업은 생태계의 기초생산력을 증가시키고, 수산생물자원의 가입량, 성장률, 그리고 생산율을 증가시켜 자원량을 증대시킴으로써 생산성의 증가를 목표로 하고 있다. Fig. 2는 이와 같은 목장사업으로 인한 효과를 Ecosim 모델을 사용하여 나타낸 것으로, 저서식물 생체량과 조피불락 가입량이 각각 매년 15%와 10%씩 증가한 것으로 가정하여 생태계 내 생물군의 변동을 시뮬레이션에 의해 예측한 결과이다. 저서식물의 증가로 이에 부착하여 서식하는 표생저서동물 (Epifauna)과 복족류 (Gastropoda)가 크게 증가하였고, 조피불락의 가입량 증가로 조피불락의 성어가 증가하였다. 반면에, 두족류 (Cephalopoda)는 이러한 자원조성 효과로 인해 생체량이 감소하였다 (Fig. 2).

3) Ecospace model

실제 생태계는 생태계 구조모델 (Ecopath model)이 보여 주는 구조나 에너지 흐름보다 훨씬 복잡한 양상을 보인다. 또한 실제 생태계는 생태계 역학모델 (Ecosim model)에서 나타난 것보다 훨씬 복잡한 역학관계를 가진다. Ecopath/Ecosim 방법에는 서식 생물종의 공간적 분포에 대한 요소가 누락되어 있다. 최근 Ecosim의 주요 요소를 통합시켜 개발된 생태계 공간모델이라 부르는 Ecospace 모델 (Walters *et al.*, 2000)은 해당 생태계에 서식하는 서식 생물종의 공간적인 서식처 분포 뿐만 아니라 선호 서식처에 대한 정보를 제공한다. 또한 서식 생물종의 생체량과 생물종 간 영양역학적 상호작용의 공간적인 변화 및 여러 서식처 내에 존재하는 포식자에 대한 서식 생물종의 도피율과 취약성을 기초로 한 공간적 분포를 시뮬레이션 할 수도 있다.



[Fig. 1] Flowchart of trophic interactions in the Tongyeong ecosystem. The size of the boxes is roughly proportional of the logarithm of the biomasses, while the arrows document the fate of production (Zhang, 2006).



[Fig. 2] A dynamic simulation showing the effect on the Tongyeong marine ranching ecosystem by the annual increase in biomass of benthic algae (15%) and recruitment of jacobever rockfish (10%) (Zhang, 2006).

4) NEMURO model

영양염 - 식물플랑크톤 - 동물플랑크톤 (NPZ; Nutrients - Phytoplankton - Zooplankton) 모델은 해양에서 저차영양단계 생물들의 역학을 잘 표현하는 유용한 도구이다. NPZ 모델에 대한 연구는 대개 간단한 모델의 완벽한 이해로부터 시작해서, 간단한 모델로 해양현상을 시뮬레이션하고 설명할 수 없을 때에는 점차 더 복잡한 모델을 사용한다. 흔히, 생태계 모델링의 결과는 실제 해양현상과는 다르게 나타날 수 있지만, NPZ 모델은 생태계 역학의 일부이긴 하지만 저차영양단계의 실제적인 현상을 표현하는데 유용하다고 알려져 있다 (Franks, 2002). NPZ 모델을 비롯한 생태계 모델의 적용은 모의실험을 통해서 생태계 구조를 실제 환경에 근접하게 표현하는 데에 목적을 두고 있다 (Kim and Cho, 1998).

NPZ 모델의 하나로 북태평양 해역을 대상으로 개발된 NEMURO 모델은 세계 여러 나라의 과학자들이 2000년 일본의 NEMURO에서 개최한 워크샵에서 개발되었다. NEMURO 모델은 모델의 변수들을 평가하고, 모델의 기준 정점을 선정해서 채택된 자료들을 모델에 적용 비교하여 지역적인 대조 작업을 수행하여 개발되었다. 참가자들은 기본 모델의 이름을 NEMURO, 지역 해양학을 위한 북태평양 생태계 모델 (NEMURO; North Pacific Ecosystem Model for Understanding Regional Oceanography)이라 명명했다 (Eslinger *et al.*, 2002; Kishi *et al.*, 2007).

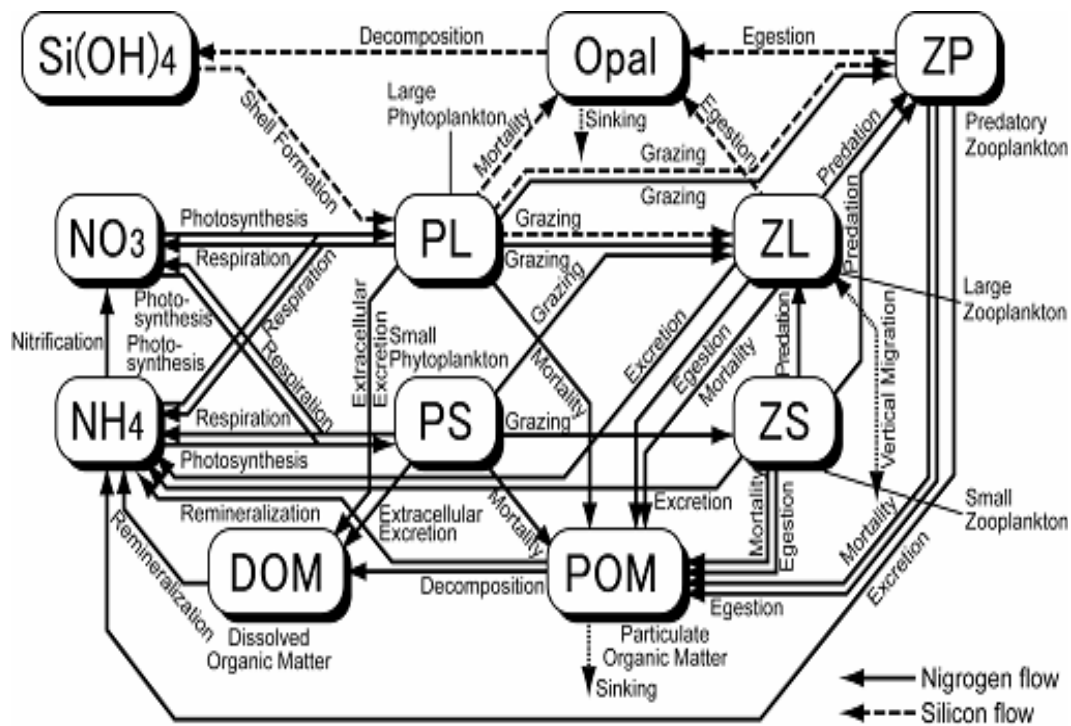
NEMURO 모델은 북태평양의 다양한 해양현상을 해석하고 이해하기 위하여 여러 지역에 적용되었다. NEMURO 모델은 일차원 수직혼합모델을 포함시켜 정점 A-7 (Yamanaka *et al.*, 2004)과 KNOT (Fujii *et al.*, 2002)에 적용된 바 있으며, Aita *et al.* (2003)은 삼차원 수직혼합모델을 NEMURO 모델에 결합하여 정점 P, A-7과 KNOT에 적용하였다. Yoshie *et al.* (2003)은 정점 A-7에 동물플랑크톤 수직회유의 효과를 평가하는데 이 모델을 사용하였으며, Kishi *et al.* (2004)은 서부 태평양의 입자 유동 시뮬레이션을 위하여 NEMURO 모델을 사용하였다. 최근 어류의 생에너지역학에 의한 성장 모델과 NEMURO 모델이 결합된 NEMURO.FISH 모델이 개발되어 북동태평양 청어와 북동태평양 정어리에 적용되었다 (Ito *et al.*, 2004; Megrey *et al.*, 2007). NEMURO.FISH 모델은 기본적인 NEMURO 모델에 생에너지역학적 모델 (Bioenergetics model)이 포함된 것으로, 동·식물플랑크톤 및 영양염의 거동에 어류를

포함한 NPZF (nutrients, phytoplankton, zooplankton, fish) 모델이다. 이 모델에서는 한 종에 대한 어류 만을 대상으로 하며, 이 어류는 동물플랑크톤 만을 직접 섭이해야 한다. 에너지 흐름에 대한 방정식은 기본 NEMURO 모델과 동일하지만, 기존의 11가지 구성요소에 어류항목이 추가되며, 이 어류항목은 어류의 먹이가 되는 동물플랑크톤, 어류가 배설하는 입자형유기물질과 암모늄에 만 직접 연결되는 것으로 설정되어 있다. NEMURO.FISH의 생에너지역학적 모델은 Rudstam (1988)에 의한 대서양 청어 (*Clupea harengus*) 모델에 바탕을 두고 있다 (Ito *et al.*, 2004). 한편, 어류의 성장에 미치는 기후효과를 추가하기 위해 NEMURO.FISH 모델에 생지화화학적 부분을 결합시킨 모델이 최근 개발 중에 있다 (Megrey *et al.*, 2007).

NEMURO 모델은 해양의 저차생태계를 기반으로 하여, 차분방정식과 처리방정식으로 11가지 인자들에 대한 초기값과 이들 사이의 변동과정으로 구성되어 있다. 각각의 구성 인자들은 질산염 (NO_3), 암모늄 (NH_4), 입자형 유기질소 (PON), 용존 유기질소 (DON), 입자형 유기규소 (Opal), 규산염 ($\text{Si}(\text{OH})_4$), 소형 식물플랑크톤 생체량 (PS), 대형 식물플랑크톤 생체량 (PL), 소형 동물플랑크톤 생체량 (ZS), 대형 플랑크톤 생체량 (ZL), 그리고 포식형 동물플랑크톤 생체량 (ZP)이다. Fig. 3은 NEMURO 모델의 개요도로서 동·식물플랑크톤과 영양염 사이의 에너지 흐름을 나타내고 있다. 직선은 질산염, 점선은 규산염의 흐름을 나타낸다. 각 인자들 사이의 관계는 영양염과 식물플랑크톤의 광합성, 호흡, 분해, 질산화 작용, 침강과 동물플랑크톤의 사망, 호흡, 섭이, 배설, 수직회유 등이 관여된다.

NEMURO 모델은 NPZ 모델로서 크게 세 가지 상태 변수 (영양염-식물플랑크톤-동물플랑크톤)에 대한 방정식이 골격을 이룬다. 이 방정식들은 식물플랑크톤의 빛에 대한 반응 $f(I)$, 식물플랑크톤의 영양염 흡수 $g(N)$, 동물플랑크톤의 섭이 $h(P)$, 그리고 식물플랑크톤 $i(P)$ 과 동물플랑크톤 $j(Z)$ 의 사망, 배설과 모델 내에 포함되지 않은 생물에 의한 포식으로 인한 손실 등이다 (Parsons *et al.*, 1984; Franks, 2002).

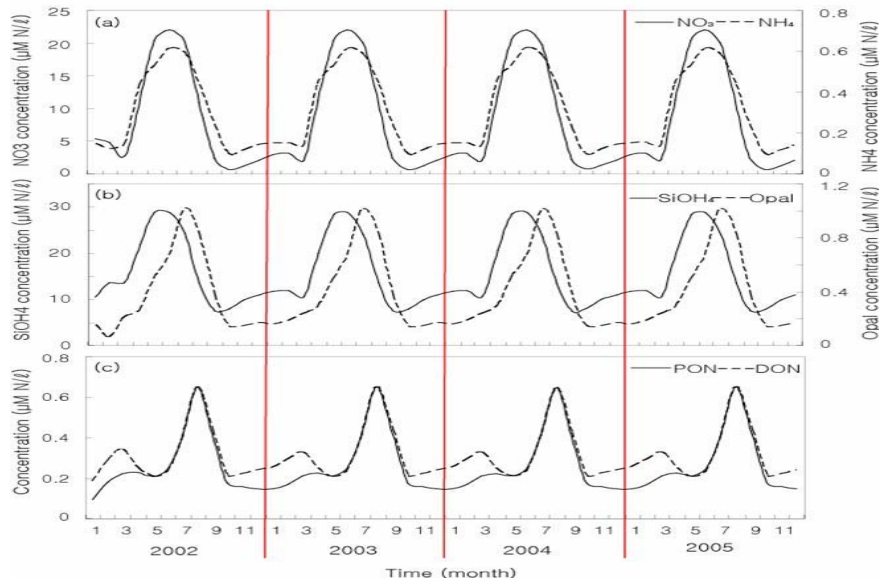
NEMURO 모델을 적용하여 2002년부터 2005년까지의 자료를 사용해서 북부 동중국해 저차생태계의 시간에 따른 영양염과 동·식물플랑크톤의 변동을 추정된 결과는 Fig. 4 및 Fig. 5와 같다. 영양염과 동·식물플랑크톤의 변동은 대체로 계절변동이 강하고, 경년변동은 약하게 나타났는데, 식물플랑크톤이 직접 이용하는 세



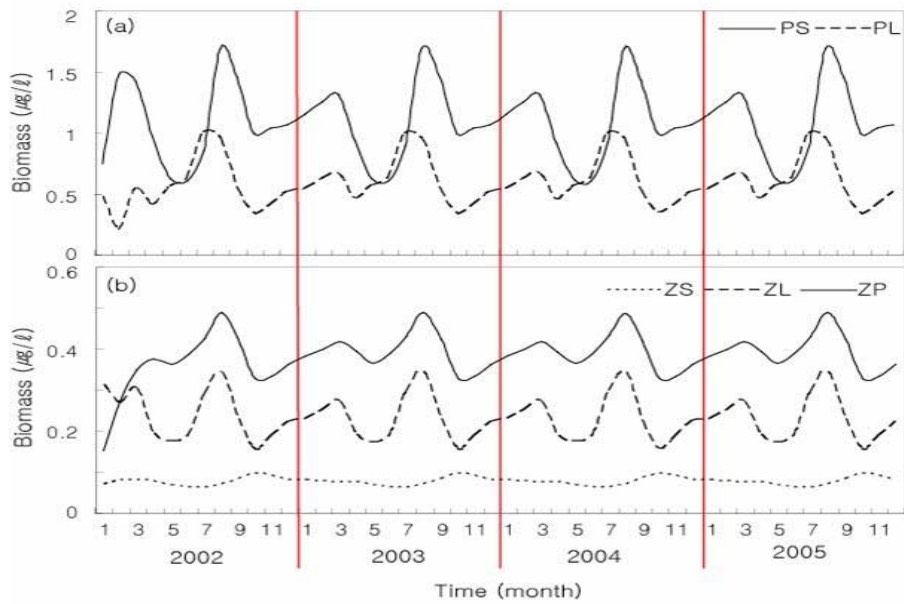
[Fig. 3] Schematic view of the NEMURO lower trophic level ecosystem model. Solid black arrows indicate nitrogen flows and dashed blue arrows indicate silicon. Dotted black arrows represent the exchange or sinking of the materials between the modeled box below the mixed layer depth (Kishi *et al.*, 2007).

가지 영양염 중 질산염 (NO_3)과 암모늄 (NH_4)의 농도 변화는 4월부터 급격한 증가를 보여, 6월에 가장 높은 값을 나타내었다 (Fig. 4).

식물플랑크톤의 생체량의 변동은 일년에 두 번의 대발생을 하였다. 동물플랑크톤은 소형을 제외한 대형과 포식형의 경우 식물플랑크톤과 유사하여 생체량이 높은 시기가 2회 나타났다 (Fig. 5).



[Fig. 4] Predicted nutrient concentrations for four year simulations in the northern East China Sea.



[Fig. 5] Predicted (a) phytoplankton, and (b) zooplankton biomass for four year simulations in the northern East China Sea.

다. 해양생태계 기반 수산자원 평가 및 관리 방법

여기서는 현재까지 개발된 해양생태계 기반 자원평가 및 관리시스템으로서 호주의 생태학적 위험도 분석 (ERA)과 국제해양관리위원회의 생태계를 고려하는 평가방법, 한국에서 개발 중인 생태계 기반 자원평가방법에 대하여 소개한다.

1) 생태학적 위험도 분석 (ERA)

호주에서는 생태학적 위험도 분석 (Ecological Risk Analysis, ERA) 방법을 개발하여 어업이 생태계에 미치는 영향을 평가하며, 이를 바탕으로 어업의 지속성 (sustainability)을 평가하여 어업관리와 자원관리에 이용하고 있다. ERA는 자료의 질적 및 양적수준에 따라 1단계의 정성적 분석 (qualitative analysis), 2단계의 준정량적 분석 (semi-quantitative analysis), 3단계의 정량적 분석 (quantitative analysis) 등 세 단계로 구성된다. ERA에서 사용한 1, 2단계의 정성적, 준정량적 분석은 기존의 3단계의 모델에 기초한 정량적 분석 보다 사용되는 자료의 양이 적기 때문에 개략적인 분석이지만 자원관리를 위한 자료수집에 따른 비용적 측면과 분석을 위한 시간적 측면에서 훨씬 용이한 방법이다 (CSIRO, 2005).

ERA의 1단계 정성적 분석인 SICA (Scale, Intensity, Consequence Analysis)는 대상 생물종 (target species), 부수생산종 혹은 부수어획종 (by-product and by-catch species), 위협종·멸종위기종·보호종 (threatened, endangered and protected species, TEP species), 서식처 (habitats), 생태학적 군집 (ecological communities)의 5가지 생태학적 구성요소에 대하여 평가하며 체계적인 분석 방법을 따른다. 첫째, 5가지 생태학적 구성요소에 대한 어업의 특성 (fishery characteristics)은 대상 어업이나 대상어업의 한 부분을 의미하며, 두 번째에 속하는 어획활동 (fishing activities)은 어획과 5가지 생태학적 구성요소에 영향을 미치는 외적인 활동과 관련이 있다. 세 번째, 어획의 영향과 외적인 활동 (effects of fishing and external activities)은 직접적으로 어획이나 외부활동으로부터 영향을 받는 요소이고, 자연적인 과정과 자원(natural process and resource)은 어획과 외부활동으로 초래되는 직접적인 영향을 의미한다. 그리고 세부구성요소 (sub-component)는 자연적인 과정과 자원에 의해 영향을 받는 요소를 의미한다. 마지막으로 구성요소 (component)는 세부 구성에 의한 효과와 영향을 받는

것을 의미한다.

이러한 SICA는 각각의 어업 또는 세부어업에 대해 규모, 강도, 결과 분석 방법을 사용하여 10단계에 걸친 분석과정을 통해 평가된다. SICA에서 사용되는 정보는 정성적이고, 각각의 단계는 어업인, 관리자, 자연보호론자, 과학자 등의 전문가의 판단에 기반을 둔다. SICA의 평가 결과 모든 구성요소의 결과가 2점 이하인 경우에는 관리가 원활히 이루어지고 있다는 것을 의미한다. 평가결과가 3점 이상으로 평가된 구성요소는 위험도가 크므로, 다음 단계인 생태학적 위험도 평가 (ERA)의 2 단계에서 재평가를 하게 된다.

ERA의 두 번째 단계 평가방법인 준정량적 분석 PSA (productivity and susceptibility analysis)는 어획활동으로 자원이 감소 또는 영향을 받은 이후의 회복정도를 나타내는 생산력 (productivity)과 어획활동으로 자원이 영향을 받는 정도를 나타내는 민감도 (susceptibility)를 평가하는데, 대상 어업에서 어획되는 주요종 뿐만 아니라 부수어획종 및 보호종에 대해 분석하여 어획활동으로 영향을 받는 정도를 평가하는 방법이다. PSA는 같이 5 단계의 절차에 의해 분석된다.

1 단계인 대상어업의 선정 및 어종의 선택은 평가대상 어업과 어종을 선정하여 주목표종과 부수어획종으로 구분하는 것이다. 2 단계에 속하는 생산력에 대한 위험도 평가는 어업에 의해 영향을 받거나 감소된 후 각 종의 회복정도를 평가한다. 이 경우 각종의 체장, 연령, 포란수, 영양단계 등과 같은 생태학적 특성치들에 의해 위험도가 평가된다. 3 단계인 민감도에 대한 위험도 평가는 어업에 의한 영향에 민감하거나 취약한 정도를 평가한다. 민감도는 크게 이용가능성 (availability), 마주칠 가능성 (encounterability), 선택성 (selectivity) 및 포획 후 사망률 (post capture mortality, PCM)로 위험도가 평가된다. 이용가능성 (availability)은 각 종의 지리적 분포 및 시간적 변동에 대한 위험도이며, 마주칠 가능성 (encounterability)은 어구와 서식처에 대한 일치 정도, 치어와 성어의 서식처의 일치 정도에 대한 평가이다. 선택성 (selectivity)은 어획되는 어종이 어구의 그물에 선택되는 정도를 나타내며, 포획 후 사망률 (post capture mortality, PCM)은 보호종에 대한 민감도의 위험도 평가로서 포획 후 종의 생사 여부에 따라 위험도가 평가된다. 4 단계인 어업관리에 대한 위험도 평가는 체장 제한, 쿼터량제한, 서식처 보호, 모니터링 수준, 어구제한, 입어제한, 국제협약, 어업관

리, 어업조사, 정책개발 등에 대한 평가이다.

마지막으로 5 단계인 각 종에 대한 PSA 분석결과의 도식화는 앞서 평가한 4단계에 걸친 평가 결과를 그림으로 나타낸다. 평가된 생산력 (productivity), 민감도 (susceptibility)에 대하여 가로와 세로축에 1부터 3까지 나타낸다.

2) MSC의 방법

국제해양관리위원회 (MSC, Marine Stewardship Council)는 WWF에 의해 1997년 설립되어 활동을 해오면서 어업관리를 더욱 지속적인 방식으로 추진하기 위한 시장기반 (market-based) 관리방법의 추구를 목표로 하여 1999년에 독립단체로 발족되었다. 이 위원회는 지구상 수산자원의 감소를 방지하는데 이바지하고, 해양환경을 실질적이고 측정가능하게 증진시키고, 어업이 지속되도록 안전하게 관리하는 데에 주된 목적을 두고 있다.

MSC의 어업평가모델은 세 가지 원칙을 가지고 있다. 첫째, 어업대상종에 대한 지속적인 어업 가능성의 평가, 둘째, 어업이 생태계에 미치는 영향 평가, 셋째는 관리체제가 잘 구축되어 있는 지에 대해 평가한다. 각 원칙은 세부적으로 기준항목 및 수행지표로 구성되며, 수행지표는 3개의 평가기준점에 의해 평가가 이루어져서 결과는 점수로 나타낸다. 첫 번째 원칙은 자원의 지속성 (sustainability), 고갈된 자원의 회복방안 (recovery plan), 그리고 재생산을 위한 자원구조 유지 (maintaining age- & sex-structure)등 지속성에 관한 기준들로 구성된다. 두 번째 원칙은 서식처 영향 및 종간관계, 영양단계 및 생태계 상태의 유지, 생물학적 다양성 유지를 위한 유전학적 종수준이나 개체군 수준 유지, 그리고 남획된 부수자원의 회복방안 등 생태계 구조와 기능, 다양성의 유지에 관한 기준들로 구성되어 있다. 세 번째 원칙은 관리체제를 운영하기 위한 정보와 관리협약, 그리고 조업이 환경에 미치는 영향을 최소화하기 위한 관리수단 등 효율적인 관리체제에 관한 기준들로 구성되어 있다. MSC 어업평가 모델에서 사용하는 수행지표와 평가기준점은 원래 다종어업을 평가하기 위해서 개발되었다. 그러나 점수는 각 종에 대해 부여된다.

각 수행지표에 대해 평가점수를 부여하기 위해서 객관적인 평가기준점 (scoring guidepost)들이 사용된다. MSC의 인증을 받기 위한 필수조건은 이상 세 가지 원칙에

속한 각각의 항목에 대하여 평가점수가 평균 80점이상 되어야 한다. 그러나 특정 수행 지표의 점수가 60에서 80점사이이면, 평가팀에 의하여 지정된 개선조건을 서면으로 동의하는 경우 인증을 받을 수 있다. 60점이하인 수행지표가 하나라도 있을 경우에는 인증은 이루어지지 않는다.

MSC는 어업평가 결과에 따라 MSC 생태인증 라벨을 수여한다 (Fig. 6). 이 라벨을 부착한 수산물은 MSC가 설정한 엄격한 환경기준을 만족하는 어획활동에 의해 생산된 수산물이라는 점을 소비자들에게 인식시켜 주기 위한 것이므로 MSC 수산물 인증라벨은 지속가능한 어업을 보증하는 중요한 표시이다. 현재 세계적으로 21개 어종이 MSC 인증을 받았는데, MSC 라벨이 부착된 수산물은 미국을 비롯한 26개국에서 판매되고 있다. MSC 인증을 받은 수산물은 미국 소비자들로부터 좋은 반응을 받고 있으며, 캐나다와 일본에서도 MSC 라벨을 받은 수산물은 환경을 배려한 지속가능한 수산물이라는 인식이 높아지고 있다 (KMI, 2006). 따라서, MSC의 평가를 받은 어업에 의해 생산된 어획물은 소비자들의 선호도와 수출에 대한 전망을 높여 부가가치를 상승시킬 수 있다.



[Fig. 6] MSC certification logo.

3) 한국의 생태계 기반 자원평가 방법

지금까지 개발된 생태계 기반 자원평가 방법은 대부분이 실용성보다는 이론적인 부분에 치중되어, 어업이 생태계에 미치는 영향을 충분히 설명하지 못하였으며, 이로 인해 생태계 기반 관리 정책은 아직 초보적인 단계에 머물러 있다 (Kim, 2005). 최근 실용적인 생태계 기반 자원평가 및 관리시스템을 구축하기 위한 연구가 수행되었는데 이 연구를 통해서 생태계 기반 자원관리 목표와 목표별 지표를 설정하여 자원을 평가하며 평가된 결과를 바탕으로 관리하는 시스템이 개발되었다 (Zhang *et al.*, 2009).

생태계 기반 자원관리를 위해 설정된 목표는 첫째, 지속성 (sustainability) 유지, 둘째, 생물다양성 (biodiversity) 유지, 셋째, 서식처 (habitat)의 보존, 넷째, 사회경제적 혜택이다. 생태계 기반 자원평가 시스템은 목표종과 생태계 환경에 대한 정보에 따라 tier 1의 정량적 분석 (quantitative analysis)과 tier 2의 준정량적 및 정성적 분석 (semi-quantitative and qualitative analysis)으로 구성된다. 두 단계의 평가 시스템에서 목표는 동일하게 두고, 각 목표에 따르는 지표들은 어업을 유지하기 위한 자원특성들과 이들이 속한 군집과 생태계에 대한 특성들을 고려하여 설정하였다. 먼저, 지속성에 대한 특성에는 생체량 (biomass)과 어획강도 (fishing intensity), 어획개시크기 (recruitment) 등의 자원에 관련된 특성들과 군집구조 (community structure), 재생산 잠재력 (reproductive potential), 생산력 (productivity) 등이 있다. 생물다양성에 대한 특성으로는 혼획 (bycatch)과 폐기 (discards), 영양단계 (trophic level), 다양도 (diversity) 등이 있으며 서식처에 대한 특성에는 각 종의 서식처 훼손도 (habitat damage), 서식처 보존과 회복 (habitat protection and recovery) 등이 포함된다. 사회경제학적 혜택에 대한 특성은 어업을 둘러싼 중요한 사회경제적 요인들 가운데 어업의 사회경제적 현상을 가장 잘 대표할 수 있는 생산성 (Productivity), 소득 (Income), 수익성 (Profitability), 시장 (Market), 고용 (Employment) 등이 있다 (Table 1 and Table 2).

먼저 tier 1의 정량적 분석 항목에는 지속성을 평가하기 위한 8개의 지표, 생물다양성을 평가하기 위한 5개의 지표, 서식처를 평가하기 위한 7개의 지표, 사회경제적 혜택을 평가하기 위한 6개의 지표를 포함하여 총 26개의 지표로 구성된다. Tier 1의 평가에서 3개의 목표 중 중요도가 상대적으로 높은 지속성에 대한 부분은 평가대상종의

자료에 따라 지표를 선택하도록 설정되었다. 선택지표에는 생체량을 나타내는 지표인 자원량 또는 단위노력당어획량, 어획강도를 나타내는 지표인 어획사망계수 또는 어획량, 그리고 어획개시크기를 나타내는 지표인 어획개시연령 또는 어획개시체장 등이 있다. 지속성은 자원 뿐만 아니라 어업 및 생태계에 대한 지속성을 평가하기 위하여 어획량, 어획개시연령, 분포범위, FIB와 FRP index, 생태계 총생산량 등으로 구성되었다. 생물다양성은 어획물을 이용하여 생태계의 상태를 평가할 수 있도록 전체 어획량에 대한 부수어획종 또는 폐기되는 종들의 어획량 비율, 생태계 평균영양단계, 다양도 지수 등으로 설정되었다. 서식처에 대한 평가지표 역시 어업이 서식처에 미치는 영향을 고려하여 서식처 훼손율, 산란·보육장의 오염도, 어업폐기물 등과, 서식처 회복을 평가하기 위해서 물리적 서식처 회복과 생물학적 서식처 회복에 대한 지표로 구성되었다. 사회경제학적 혜택의 각 특성별 지표의 경우 생산성은 최대경제학적 생산량 (MEY)을 지표로 설정하였으며, 소득은 고용인원당 수입 (IPPE)을 지표로 설정하였으며, 수익률은 판매이윤비와 판매비용비 2가지를 지표로 설정하였으며, 시장에 대해서는 시장에 공급되는 전체 공급량(국내생산량+수입량) 중 해당어업의 양륙량의 비율을 지표로 고용은 고용비율을 지표로 설정하였다 (Table 1).

Tier 2의 준정량적 및 정성적 분석 항목에는 지속성을 평가하기 위한 지표 12개, 생물다양성, 서식처 및 사회경제적 혜택을 평가하기 위한 지표 각 5개, 7개 및 6개를 포함하여 총 30개의 지표로 구성된다. 생태계 기반 자원평가 시스템이 2 단계로 구성된 것은 평가되는 생태계, 어업 및 생물종에 대한 이용 가능한 자료와 정보의 차이 때문이다.

Tier 1은 주목표종에 대하여 더욱 심도 있는 평가를 수행하는데 주로 사용되는 반면, 부수어획종이나 위협종, 멸종위기종, 보호종 (threatened, endangered and protected species, TEP)에 대한 자원평가는 tier 2를 먼저 수행하여 위협수준이 높은 경우 다음 단계인 tier 1에 의해 심도있는 평가를 하게 된다. Tier 2의 지표는 tier 1과는 다르며 각 목표를 정성적으로 충실히 반영할 수 있도록 설정되었다. 지속성은 지표 중에서 자원의 지속성을 평가하는 지표들도 있지만 입어제한, 어획방법, 어업관리계획, 불법어업관리 등 어업 및 생태계를 평가하기 위한 지표도 포함되어 있다. 생물다양성과 서식처, 사회경제적 혜택을 평가할 수 있는 지표는 tier 1과 유사하게 구성되었다 (Table 2).

<Table 1> Objective, attribute and indicators for tier 1 of the ecosystem-based resource assessment in Korea

Objective	Attribute	Indicators
Sustainability	Biomass	Biomass (B) or CPUE (U)
	Fishing intensity	Fishing mortality (F) or Catch (C)
	Size at first capture	Age at first capture (T) or Length at first capture (L)
	Genetic structure	No. of spawning populations (SP)
	Habitat size	Habitat size (H)
	Community structure	FIB index
	Reproductive potential	FRP index
	Productivity	Total production of ecosystem (P)
Biodiversity	Bycatch	Bycatch rate (BC/C)
	Discards	Discard rate (D/C)
	Trophic level	Mean trophic level (TL)
	Diversity	Diversity index (DI)
	Integrity of functional group	Invasive/Traditional species in catch (I/T)
Habitat	Habitat damage	Critical habitat damage rate (HD)
		Pollution rate of spawning and nursery ground (POL)
		Lost fishing gear (Ghost fishing)
	Discarded wastes	Discarded wastes (DW)
	Habitat protection	Prohibited area from fishing (PA)
	Habitat recovery	No. of artificial reefs Bycatch rate (BC/C)
Socio-economy	Productivity	Maximum economic yield (MEY)
	Income	Income per person employed (IPPE)
	Profitability	Ratio of profit to sales (RPS)
		Ratio of cost to sales (RCS)
	Market	Ratio of landing to total supply (RLTS)
	Employment rate	Employment rate (ER)

<Table 2> Objective, attribute and indicators for tier 2 of the ecosystem-based resource assessment in Korea

Objective	Attribute	Indicators
Sustainability	Biomass	CPUE
	Fishing intensity	Precautionary approach and sensitivity of stock assessment Restricted access Fishery monitoring and sampling Fishing method
	Size at first capture	Size at entry
	Genetic structure	Population structure
	Life history characteristics	Maximum age or age at maturity Adult habitat overlap with juvenile
	Management	Management plan for fishery Management of IUU fishery
	Recovery	Recovery plan and period for depleted stocks
Biodiversity	Gear restrictions and avoidance tactics	Gear restrictions and avoidance tactics for non-target species
	Bycatch	Bycatch
	Discards	Discard
	Diversity	No. of species
	Integrity of functional group	Functional group composition
Habitat	Habitat damage	Influence of benthic habitat of fishing gear Pollution of habitat Lost fishing gear
	Discarded wastes	Discarded waste
	Habitat protection	Gear restrictions or habitat closure
	Habitat recovery	Recovery of damaged habitat Recovery of biological habitat
	Socio-economy	Productivity
Income		Income trend
Profitability of business condition		Sales trend Cost trend
Market		Imports
Employment		Employment trend

생태계 기반 자원평가는 각 목표별 지표에 따르는 기준점 (reference points)을 바탕으로 이루어진다. 기준점은 목표기준점 (Target), 한계기준점 (Limit), 그리고 한계초과 기준점 (Beyond limit)으로 구분되며, 각각 0, 1, 2의 평가점수를 부과하여 목표별 종, 어업 및 생태계의 위험도지수를 계산하는데 사용된다. 기준점을 활용하여 평가할 때 평가점수는 지표의 중요도에 따라 가중치를 주게 된다 (Table 3의 예 참조). 각 지표별 평가점수가 낮을수록 위험도가 낮거나 혹은 자원 및 생태계 관리가 잘 이루어졌음을 의미한다. 따라서, 평가점수가 높은 지표에 대해서는 관리조치와 개선을 통하여 점수를 낮출 수 있다.

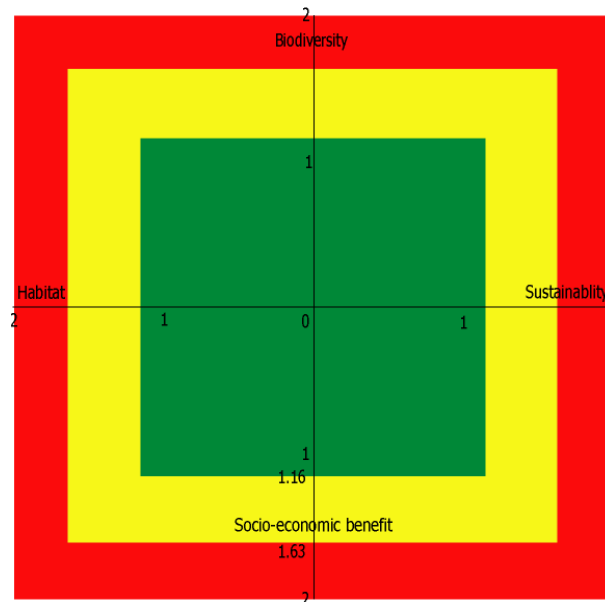
<Table 3> An example of the ecosystem-based resource assessment by showing indicators, reference points and weights

Tier	Indicators	Reference points			Weights
		Target (0)	Limit (1)	Beyond Limit (2)	
1	Biomass (B)	$B \geq B_{40\%}$	$B_{40\%} > B \geq B_{35\%}$	$B < B_{35\%}$	***
2	CPUE	CPUE data are available and not declining	CPUE data are available, but declining	CPUE data are not available	***

생태계 기반 2 단계 자원평가는 기본적으로 대상종에 대해 세 가지 목표를 평가하지만, 대상종 수준과 대상어업 수준 뿐만 아니라 단위생태계에 대한 평가도 가능하다. 각 기준점에 대한 평가결과를 사용하여 대상종에 대한 목표별 위험도지수 (ORI)와 종 수준의 종위험도지수 (SRI), 어업수준의 어업위험도지수 (FRI) 및 생태계 수준의 생태계위험도지수 (ERI)를 구하는 구한다. 따라서 모든 위험도지수에 대한 시·공간적 비교가 가능하며, 해마다 평가가 이루어지는 경우에는 연도별 관리증진도 (MI)를 측정할 수도 있다. 예로, t 년 후의 생태계 관리증진도를 구한다면, t 년의 생태계위험도지수 (ERI_t)와 $t+1$ 년의 생태계위험도지수 (ERI_{t+1})를 사용하여 관리증진도를 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$MI = \frac{ERI_t - ERI_{t+i}}{ERI_t} \times 100$$

생태계 기반 2 단계 자원평가 시스템에서 각 관리목표에 대한 지표들의 평가결과인 목표별 위험도지수를 사용해서 생물종들의 상태를 그림으로 나타내는 방법을 개발하였다 (Fig. 7). 각 종에 대한 목표별 위험도지수는 최소 0에서 최대 2의 값을 가지며, 원점 0을 중심으로 세 개의 정사분면으로 나타낸다. 일사분면은 생물다양성과 지속성, 이사분면은 지속성과 서식처, 그리고 사사분면은 서식처와 생물다양성을 나타내는데 이 결과를 사용하여 평가된 종들의 현 상태를 판단할 수 있다. 목표별 위험도지수는 각 사분면의 어느 지점에서든 꼭 같은 확률을 가지고 분포할 수 있다는 가정 하에서 각 사분면을 세 개의 구역으로 균등하게 나누기 위하여 면적의 1/3 및 2/3가 되는 정사각형을 각각 원점으로부터의 거리가 1.16 및 1.63인 작은 정사각형으로 구분하였다. 원점 0에서 1.16까지의 구역은 녹색지대 (green zone)로 정의하여 자원 및 생태계가 안전한 상태에 있음을 나타낸다. 1.16에서 1.63사이의 구역은 중간정도의 위험도를 나타내는 황색지대 (yellow zone)로 정의하였으며, 이 구역에 속하는 종들의 지표에 대해서는 주의가 요구되거나 관리조치에 의한 보완이 필요하다.



[Fig. 7] Diagram showing the results of the ecosystem-based resource assessment in Korea.

원점에서의 거리가 1.63을 넘어서는 구역은 높은 위험도를 나타내는 적색지대 (red zone)로 정의하여 이 구역에 위치한 종들에 대해서는 특별관리가 요구되며, 만약 이 결과가 tier 2에 의해서 평가된 경우에는 tier 1에 의한 더욱 정확하고 심도 있는 평가가 필요하다.

4) 한국의 생태계 기반 자원관리 시스템

생태계 기반 자원관리의 절차는 먼저 평가대상 생태계와 대상어업 및 종들에 대한 확인이 필요하다. 두 번째 과정은 2 단계 평가 시스템을 적용하여 평가를 수행하는 것이다. 여기서, 주목표종은 tier 1에 의한 평가를 원칙으로 하고 나머지 종들은 tier 2에 의한 평가를 먼저 실시한다. 이 과정에서는 tier 2를 적용하여 평가된 종들의 위험수준이 낮거나 tier 1이 바로 적용된 경우와 tier 2의 평가결과가 중 또는 고위험도인 경우가 있다. 전자의 경우는 곧바로 세 번째 과정으로 가게 되지만, 후자의 경우는 평가종들 가운데 위험수준이 높은 종에 대해서는 필요한 자료를 추가로 수집하거나 조사를 실시해서 심도 있는 분석결과를 바탕으로 tier 1을 적용하여 평가를 수행하는 과정을 거치게 된다. 세 번째 과정은 관리방안의 설정이다. 관리방안이란 해당 생태계, 어업 및 종을 관리하기 위한 법률이나 정책, 규칙, 관리방안 등을 만드는 것이다. 네 번째 과정은 수립된 관리방안을 실행하고 또한 실행결과를 바탕으로 이들을 피드백 시스템에 의해 재평가하는 것이다. 이 단계에서는 관리방안의 실행 결과에 따라 2~3 단계로 되돌아가서 미흡한 부분을 재평가하게 된다. 마지막 단계에서는 피드백 시스템을 통하여 재평가된 관리방안을 보완 후 시행하는 단계이다.

생태계 기반 자원관리 시스템은 생태계 기반 자원평가 방법을 적용하여 이루어진다. tier 1의 정량적 분석은 관리목표에 대하여 구체적이고 과학적인 평가를 바탕으로 하고 있다. 이 단계에서 사용되는 정보는 과학적인 자료를 바탕으로 한 정량적인 분석을 거쳐 사용되어 진다. 그리고 tier 2의 정성적 분석은 tier 1에 비하여 요구되는 정보의 수준은 낮지만, 객관적이고 정성적인 기준을 근거로 평가가 이루어진다. 따라서, 정보의 수준이 대개 높지 못한 비목표종들에 대해서는 tier 2에 의한 평가가 가능하다.

제3장 고찰 및 결론

생태계 기반 수산자원의 평가와 관리의 개념은 해양에 관한 현재까지의 과학적인 지식과 정보, 그리고 해양생태계와 인간과의 관계에 관한 경험적인 정보를 기초로 만들어진 결과이다. 이러한 개념을 수산자원의 관리에 실제 적용하기 위해서는 생태계의 과정이나 생태학적 역학에 대해 더 깊이 이해되어야 한다. 이를 위해서는 어업이 해양 생태계에 미치는 영향을 이해하는 연구와 해양생태계의 상태와 변동성의 모니터링이 필요하다. 어업이 해양생태계를 어떻게, 얼마나 변화시키는가에 대한 연구로는 종의 풍부도와 다양성, 먹이망 역학, 서식처 변화, 어업에 의한 영향의 폭과 크기 등이 있다.

해양생태계의 상태와 변동성을 모니터링 하기 위해서는 새로운 모니터링 프로그램을 만드는 것은 필요하다. 이 모니터링 프로그램은 해양생태계에 대한 자연적인 변화와 인간에 의해 초래되는 변화를 포괄적으로 이해하기 위한 것이다. 어획 대상종은 대개 표준화된 채집방법에 의한 자원조사와 어획자료를 통해서 정기적으로 모니터링 되고 있지만 해양생태계의 다른 구성요소들에 대한 자료는 제한적이다. 모니터링 프로그램은 기존의 자원평가 방법을 향상시키기 위한 추가 자료와 미래의 생태계 모델에 대한 입력과라미터를 얻기 위해서 과학적인 방법으로 치밀하게 수립되어야 한다.

생태계 기반 자원평가와 관리는 현재 수준에서는 현행 자원관리를 생태계를 고려해서 관리하는 보완수단으로 사용할 수 있을 것이다. 어류와 어업에 존재하는 복잡한 생태학적 환경에서 어업이 생태계에 미치는 영향과 생태계 변화가 어업에 다시 미치게 될 영향을 조금씩 이해해 나가면 점차 생태계 개념을 어업자원관리에 적용해 나갈 수 있다. 그러나 생태계에 기초한 어업관리 방법이 현행 어업관리의 문제들을 모두 해결할 수는 없다. 불법/과도어획의 불식이나 서식처 보호, 생태계 연구와 모니터링 프로그램의 지원 등이 동반되어야 효과를 기대할 수 있을 것이다. 외국의 예를 보면, 호주는 이미 ERA 방법을 마련해서 국가적으로 모든 어업자원에 생태계 기반 자원평가 및 관리를 실제로 적용하고 있는 유일한 국가이다. 미국의 해양대기청 (NOAA)은 국가 해양개발 21세기 1/4분기 계획 (2005~2025)에 따른 전략비전 (Strategic vision) 4과제를 수립하면서 생태계 기반 관리 (Ecosystem-based management)를 21세기 추진과제

중 최우선과제로 설정하여 추진 중에 있다. 또한, 북태평양해양과학기구 (PICES)는 2005년 '생태계 기반 관리과학 및 북태평양 응용 작업반'을 구성해서 생태계 기반 관리연구를 국제적으로 추진한 바 있다.

우리나라에서 생태계 기반 자원평가 및 관리시스템을 구축하기 위해서는 우선 제도가 마련되어야 하는데 이를 위해서 적절한 기존 법률에 명시하거나 필요시에는 입법을 추진해야 한다. 둘째, 연구 활동을 강화해야 하는데 해양환경조사, 생태계조사 및 어업자원조사와 지구온난화, 엘니뇨현상과 같은 기상/기후 모니터링, 해양법 관련 연구지원 체제 구축 등이 필요하다. 셋째, 어업인들의 이해와 동참이 필요하다. 수산자원은 국가의 재산이며 한번 남획되면 회복되는데 많은 기간이 소요된다는 점을 이해하여 불법어업을 어업인 스스로 단속하고 불법어구나 어법의 사용을 지양해야 한다. 또한, 국가의 자원회복을 위한 정책에 주인의식을 가지고 적극 동참해야 한다. 넷째, 국제협력을 강화해야 한다. 분야별로 국제기구에의 참여를 강화하고 적극적인 활동을 해야 한다 (Zhang, 2006).

결론으로 선진국 수준의 해양생태계 기반 자원평가 및 관리시스템을 조기에 구축해서 선진국 대열에 진입해야 하며 이를 토대로 하여, 동북아 국가내의 학문적 이니셔티브를 선점하고 어업협상 시 모든 영역에서 비교우위를 유지하여 동북아 해양질서를 선도해야 한다. 또한, 풍부한 수산자원의 확보로 어업인의 소득 증대와 국가의 동물성 식량자원 공급을 원활하게 해 줄 수 있을 것이다.

참고문헌

- Aita, M.N., Y. Yamanaka and M.J. Kishi. 2003. Effects of ontogenetic vertical migration of zooplankton on annual primary production - using NEMURO embedded in a general circulation model. *Fish. Oceanogr.* 12(4/5) : pp. 284-290.
- Alverson, D.L. and P.A. Larkin. 1994. *Fisheries: Fisheries Science and Management*. C.D. Voigtlander. ed., *The state of the worlds fishery resources: Proceedings of the World Fisheries Congress, Plenary Session*, Oxford and IBH Publishing, New Delhi. pp. 150-167.
- Alverson, D.L., M.H. Freeberg, J.G. Pope and S.A. Murawski. 1994. A global assessment of fisheries bycatch and discards. *FAO Fisheries Technical Paper No. 339*. FAO, Rome. p. 233.
- Anderson, K.P. and E. Ursin. 1977. A multispecies extension of the Beverton and Holt theory of fishing with account of phosphorus circulation and primary production. *Meddr. Danm. Fisk.-og Havunders, N.S.*, 7 : pp. 319-435.
- Beverton, R.J.J. and S.J. Holt. 1957. On the dynamics of exploited fish populations. *Fishery investigation, Series II, Marine Fisheries*, Great Britain Ministry of Agriculture, Fisheries and Food 19. p. 533.
- Christensen, V. and D. Pauly. 1992. *ECOPATH II a software for balancing steady ecosystem models and calculating network characteristics*. *Ecol. Modelling*, 61 : pp. 169-185.
- Christensen, V. and D. Pauly. 1995. Fish production, catches and the carrying capacity of the world oceans. *NAGA, the ICLARM Q.*, 18(3) : pp. 34-40.
- CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation). 2005. *Ecological Risk Assessment for Effects of Fishing, Case Study Instructions v8*. p. 95.
- Dalsgaard, J.P.T., C. Lightfoot and V. Christensen. 1995. Towards quantification of

- ecological sustainability in farming systems analysis. *Ecol. Eng.*, 4 : pp. 181-189.
- Eslinger, D.L., M.B. Kashiwai, M.J. Kishi, B.A. Megrey, D.M. Ware and F.E. Werner. 2002. Model task team workshop report, Final report of the International workshop to develop a prototype lower trophic level ecosystem model for comparison of different marine ecosystems in the North Pacific. p. 7.
- FAO. 1995. Code of Conduct for Responsible Fisheries. FAO, Rome. p. 41.
- Franks, P.J.S., 2002. NPZ Models of Plankton Dynamics : Their Construction, Coupling to Physics, and Application. *J. Oceanogr.* 58 : pp. 379-387.
- Fujii, M., Y. Nojiri, Y. Yamanaka and M.J. Kishi. 2002. A one-dimensional ecosystem model applied to time-series Station KNOT. *Deep-Sea Research II* 49 : pp. 5441-5461.
- Gislason, H., M. Sinclair and K. Sainsbury. 2000. Symposium overview : incorporating ecosystem objectives within fisheries management. *ICES Journal of Marine Science*, 57 : 468-475.
- Helgason, T. and H. Gislason. 1979. VPA-analysis with species interaction due to predation. *ICES CM 1979/G* : p. 52.
- Houghton, R.G. 1981. A mixed fishery assessment of the otter and beam trawl fisheries for flatfish in the North Sea. International Council for the Exploration of the Sea. *C. M. 1981/G* :28, 1-1-16.
- ICES. 1994. Report of the Study Group on Seabird/Fish Interactions. *ICES CM 1994/L*;3.
- ICES. 1995. Report of the Study Group on Ecosystem Effects of Fishing Activities. ICES Cooperative Research Report, No. 200.
- ICNAF. 1974. *Int. Comm. Northwest. Atl. Fish. Annu. Proc.*, 24, p. 128.
- Ito, S.I., M.J. Kishi, Y. Kurita, Y. Oozeki, Y. Yamanaka, B.A. Megrey and F.E. Werner. 2004. Initial design for a fish bioenergetics model of Pacific saury coupled to a lower trophic ecosystem model. *Fish. Oceanogr.* 13 (*Suppl. 1*), pp.

111-124.

- Kelleher, K. 2005. Discards in the world's marine fisheries. FAO fisheries technical paper, 470. FAO, Rome. p. 131.
- Kim, B.T. 2005. Fishery and environmental effect management strategy of New Zealand. *Monthly Marine Fisheries*, 252 : pp. 65-78.
- Kim, D.S. and K.D. Cho. 1998. The Material Distribution by the Ecosystem Modeling in Suyoung Bay. *Journal of the Environmental Science*. 7(6) : pp. 817-825.
- Kishi, M.J., T. Okunishi and Y. Yamanaka. 2004. A comparison of simulated particle fluxes using NEMURO and other ecosystem models in the western North Pacific. *Journal of Oceanography* 60 : pp. 63-73.
- Kishi, M.j., M. Kashiwai, D.M. Ware, B.A. Megrey, D.L. Eslinger, F.E. Werner, M. Noguchi, A.T. Azumaya, M. Fujii, S. Hashimoto, D. Huang, H. Iizum, Y. Ishida, S. Kang, G.A. Kantakov, H. Kim, K. Komatsu, V.V. Navrosky, S.L. Smith, K. Tadokoro, A. Tsuda, O. Yamamura, Y. Yamanaka, K. Yokouchi, N. Yoshie, J. Zhang, Y.I. Zuenko, and V.I. Zvalinsky. 2007. NEMURO - A lower trophic level model for the North Pacific marine ecosystem. *Ecological modelling*. 202 : pp. 12-25.
- KMI. 2006. Global marine fisheries : Fisheries and Environment, 324, p. 14.
- Laevastu, T. and H.A. Larkins. 1981. *Marine Fisheries Ecosystem : Its quantitative evaluation and management*. Fishing News Books, Oxford. p. 159.
- Larkin, P.A. and W. Gazey. 1982. Application of ecological simulation models to management of tropical multispecies fisheries. *In Theory and Management of Tropical Fisheries*, ed., by D. Pauly and G.I. Murphy. ICLARM Conference Proceedings, 9. pp. 123-140.
- May, R.M. 1984. *Exploitation of Marine Communities*. Springer-Verlag, Life Sciences Research Report 32, p. 366.
- Megrey, B.A., K.A. Rose, R. Klumb, D. Hay, F.E., Werner and L. Smith. 2007. A

- bioenergetics population dynamics model of Pacific herring (*Clupea pallasii*) coupled to NEMURO : Dynamics, description, validation and sensitivity analysis. *Ecological Modelling*, 202 : pp. 144-164.
- Murawski, S.A. 1984. Mixed species yield-per-recruitment analyses accounting for technological interactions. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 41 : pp. 897-916.
- Murawski, S.A. 2000. Definitions of overfishing from an ecosystem perspective. *ICES Journal of Marine Science*, 57 : pp. 649-658.
- Parsons, T.R., M. Takahashi, and B. Hargrave. 1984. *Biological Oceanographic Processes* 3rd ed., Pergamon press, p. 330.
- Pauly, D., V. Christensen, J. Dalsgaard, R. Froese and F. Torres Jr. 1998. Fishing down marine food webs. *Science*, 279 : pp. 860-863.
- Pauly, D., V. Christensen and C. Waters, 2000. Ecopath, Ecosim and Ecospace as tools for evaluating ecosystem impact of fisheries. *ICES Journal of Marine Science*, 57 : pp. 697-706.
- Pikitch, E.K. 1987. Impacts of management regulations on the catch and utilization of rockfish in Oregon. *Proceedings of the International Rockfish Symposium, October 20-22, 1986. Lowell Wakefield Fisheries Symposia Series. Alaska Sea Grant Report No.87(2)*, pp. 369-382.
- Polovina, J.J. 1984. Model of a coral reef ecosystem. I. The ECOPATH model and its application to French Shoals. *Coral Reefs*, 3(1) : pp. 1-11.
- Rudstam, L.G. 1988. Exploring the dynamics of herring consumption in the Baltic: applications of an energetic model of fish growth. *Kieler Meeresforsch., Sonderh.* 6 : pp. 312-322.
- Russell, E.S. 1931. Some theoretical considerations of the overfishing problem. *J. Cons. int. Explor. Mer.*, 6 : pp. 1-20.
- Seo, Y.I. and C.I. Zhang. 2001. A study on the multi-gear and multi-species fisheries assessment models in Korean waters. II. Single-species by multiple fisheries. *J. Korean Fish. Soc.*, 34(4) : pp. 359-364.

- Shepherd, J.G. 1984. A promising method for the assessment of multispecies fisheries. International Council for the Exploration of the Sea, Demersal Fish Committee, CM 1984/G, 4 : pp. 1-23.
- Spencer, P.D., T.K. Wilderbuer and C.I. Zhang. 2002. A mixed-species yield model for eastern Bering Sea shelf flatfish fisheries. Can. J. Fish. Aquat. Sci. Vol. 59 : pp. 291-301.
- Walters, C., V. Christensen and D. Pauly, 1997. Structuring dynamics models of exploited ecosystems from trophic mass-balance assessments. Review in Fish Biology and Fisheries 7 : pp. 139-172.
- Walters, C., Pauly, D. and Christensen, V. 2000. Ecospace : prediction of mesoscale spatial patterns in trophic relationships of exploited ecosystems, with emphasis on the impacts of marine protected areas. Ecosystems, 2 : pp. 539-554.
- Yamanaka, Y., N. Yoshie, M. Fujii, M. Aita-Noguchi, and M.J. Kishi. 2004. An ecosystem model coupled with nitrogen-silicon-carbon cycles applied to station A7 in the northwest Pacific. Journal of Oceanography, 60 : pp. 227-241.
- Yoshie, N., Y. Yamanaka, M.J. Kishi and H. Saito. 2003. One dimensional ecosystem model simulation of the effects of vertical dilution by the winter mixing on the spring diatom bloom. Journal of Oceanography, 59 : pp. 563-571.
- Zhang, C.I. 1987. Biology and population dynamics of Alaska plaice, *Pleuronectes quadrituberculatus*, in the eastern Bering Sea. Doctoral dissertation. University of Washington, Seattle. p. 225.
- Zhang, C.I. 2006. A Study on the ecosystem-based management system for fisheries resources in Korea. J. Kor. Soc. Fish. Tech., 42(4) : pp. 240-258.
- Zhang, C.I. and S.K. Lee. 2004. Trophic levels and fishing intensities in Korean marine ecosystems. J. Kor. Soc. Fish. Res., 6 : pp. 140-152.
- Zhang, C.I., S. Kim, D. Gunderson, R. Marasco, J.B. Lee, H.W. Park and J.H. Lee,

2009. An ecosystem-based fisheries assessment approach for Korean fisheries.
Fisheries Research, 100, pp. 26-41.

제2편 생태계 기반관리를 위한 제도 개선

제1장 서론

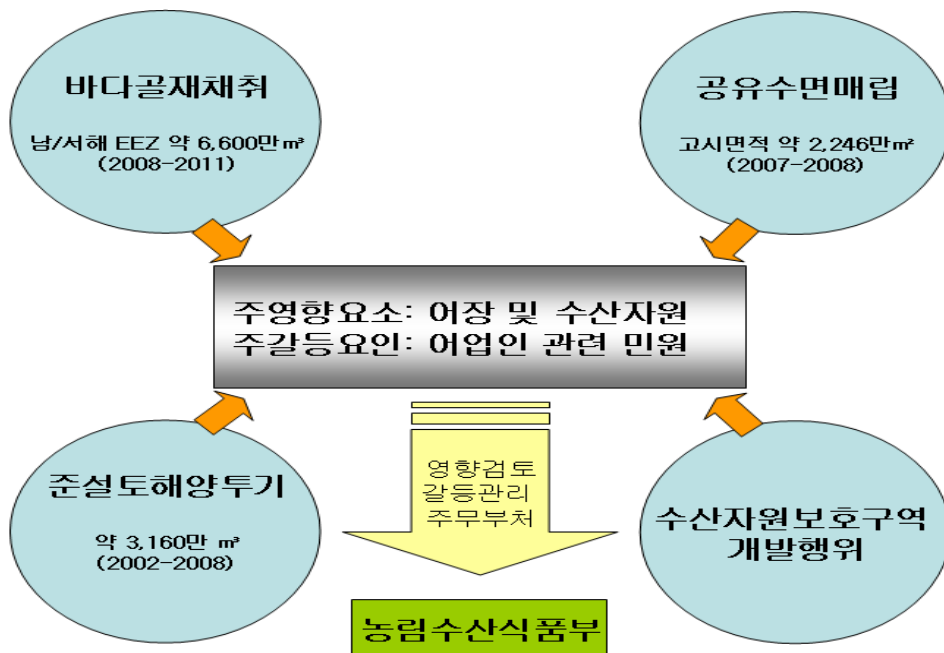
해양생태계는 해양생물과 그 생물이 서식하는 주변 환경을 모두 포함하는 개념으로 여러 가지 유용한 자원과 서비스를 제공하고 있다. 특히 수산물은 인류의 단백질공급의 16%를 담당하고 있을 정도로 인류의 중요한 식량원이면서 연안 국가들의 고용구조에 큰 기여를 하고 있다. 어패류와 해조류 등을 포함하는 수산자원은 수중에 서식하는 수산동식물로서 국가경제 및 어가소득의 중요한 원천이며, 이에 대한 효과적 관리는 국가의 책무이고 어업인의 삶을 보호하는 최선의 수산정책일 것이다. 이러한 수산자원은 우리나라 연안에 다양하게 분포되어 있는데, 최근에는 어장환경오염으로 인한 서식지 파괴와 자원의 남획 등으로 생산성 저하, 자원량 고갈의 위험성 증가 및 어장도 축소되고 있어서 이에 대한 효율적이고 체계적인 관리가 절실히 요구되고 있다. 이러한 요구는 경제성장 및 산업화 전략에 의한 개발사업의 수요증가에 따라서 간척·매립, 준설·투기 및 바다골재채취 등 개발 사업이 증가하고 있는데, 이러한 연안이용지역의 인근에는 대부분 어장이 형성되어 있거나 수산자원 및 해양환경 관련 관리지역으로 지정되어 있는 곳이 많기 때문에 생태계에 대한 부정적 영향이 가중되고, 그리고 중장기적 자원관리정책과 상충될 가능성이 상존하고 있는 상황이다. 따라서 연안어장과 수산자원의 효율적 이용·관리측면에서 개발과 보전에 대한 균형 있는 정책수립 및 합리적인 환경영향평가와 더불어 이해당사자들의 의견을 폭넓게 수렴하는 조화로운 제도적·절차적 접근이 필요하다. 그러나 2008년 중앙정부조직개편과 관련하여 해양수산 분야의 통합관리체제에서 해양관리와 수산관리에 대한 주무부처가 각각 국토해양부와 농림수산식품부로 이원화되고, 그에 따라 소관법률도 분산되거나 또는 이원화체제에 맞지 않게 분리되지 않은 상황에 따라 몇 가지 보완되거나 개선되어야 할 사항이 남아 있다.

어장과 수산자원은 어업인들의 소중한 삶의 터전과 자산이기에 이것을 효과적으로 관리하는 것은 어업인들의 권리를 보호하고 수산정책을 담당하는 농림수산식품부의 기본적인 방향이고, 이에 영향을 줄 수 있는 인위적 행위에 대해서는 주무부처의 의견수렴과 전문적인 평가와 검토수반이 당연할 것이다. 그러나 현재 연안이용 및 개발에 따른 해양환경관련 협의제도상에서 수산자원관리 주무부처로의 공식적인 협의가 누락되거나 세밀한 법률정비 및 평가지침의 부족으로 농림수산식품부로의 의견이 반영될 여지가 없어 앞으

로의 수산자원보전에 문제가 생길 수 있는 상태에 있다. 이러한 문제점은 해역이용행위에 대한 대부분의 일차적인 피해는 수산자원을 포함한 어장이고, 어업인 피해민원 해결이 가장 중요한 협의절차의 취지이며, 주무부처인 농림수산식품부의 주체성만 아니라 평가제도의 타당성 차원에서 반드시 검토되어야 할 사항이다.

따라서 다양한 해양이용행위의 증가로 인한 어장환경에 대한 부정적 영향에 대해 주무부처인 농림수산식품부의 협의권 강화를 위한 관련 법률개정 방안이 마련되어야 한다.

제2장 수산자원에 영향을 미치는 대표적 해역이용 행위



[그림 1] 수산자원에 영향을 미치는 대표적 연안이용행위

1. 바다골재채취

가. 골재채취의 관리주체

골재(모래 및 자갈)는 시멘트 및 철근과 더불어 주택, 도로, 항만공사 등의 건설에 필요한 3대 자재의 하나이다. 골재의 수요는 1992년 1억 8,700만^m에서 1997년 2억 5,900만^m으로 정점에 달한 후 IMF와 더불어 감소하였으나 다시 증가하기 시작하였으며 향후에도 신도시의 건설, 재개발·재건축 사업의 지속적 증가, 항만시설 확충 등으로 골재의 연간수요는 계속 증가할 것으로 전망되고 있다.

일반적으로 전체 골재에서 잔골재(모래)의 비율이 40% 정도를 차지하는데 우리나라의 경우 바다골재가 모두 모래임을 감안한다면 우리나라 모래공급의 70% 정도가 바다에서 공급되고 있다. 이러한 바다모래(해사) 채취는 골재자원의 수급안정이라는 긍정적 측면이 있는 반면 해양환경문제의 유발이라는 상충되는 양면성을 지니고 있으며, 중요한 골재자원으로서 이의 원활한 수급은 주택, 도로, 항만공사 등 건설 산업에 매우 중요하다.

우리나라는 지난 20여 년간 건설산업의 골재수급을 위해 해사를 연 3,000^m 이상 채취하여 왔으나, 최근 해사채취의 해양환경에 미치는 악영향에 대한 우려로 최근 신안, 해남, 진도군, 용진군 등 연안 시·군에서 해사채취 허가를 전면 중단함으로써 모래가격이 2배 이상 상승하고 골재수급의 불안정으로 인해 산업전반에 미치는 영향이 대두되고 있다.

바다모래채취와 관련된 정부부처는 환경부, 국토해양부, 지식경제부, 지방자치단체 등으로 다원화되어 있다.

1) 국토해양부

바다모래를 포함한 골재공급을 총괄하는 부서로서 골재채취법에 의거 5년 단위의 골재수급기본계획을 수립하며, 본 기본계획에 의거 연도별 골재수급계획을 수립한다. 구 건설교통부가 바다모래를 포함한 골재공급을 위한 총괄부서인 반면 구 해양수산부는 바다모래를 보전하는 부서로 해양환경보전법상 시·군 등 지방자치단체로 하여금 공유수면관리법에 의거 바다모래 채취허가 시 해양이용협의를 하도록 함으로써 바다모래 채취에 의한 해양환경의 보전측면을 관장하고 있고, 환경부와 바다모래 채취의 사전환경성검토(소규모 개발사업) 및 환경영향평가(대규모 사업)를 통해 바다모래 보전업무를 관장하고 있다.

2) 환경부

환경부는 국토해양부와 같이 환경영향평가법에 의거 바다모래 채취에 따른 환경영향평가를 담당하고 있다.

3) 지식경제부

국토해양부가 골재채취법에 의거 바다모래의 공급을 관장하는 반면, 지식경제부는 광업법에 의거 규사로 사용되는 바다모래를 관장하고 있다.

바다모래는 용도에 따라 크게 두 가지로 나눌 수 있는데, 그 중 하나는 육상에서 채취되는 모래나 자갈, 갯 돌(碎石) 등과 함께 주로 건설공사에 사용되는 골재용 모래이고, 다른 하나는 이산화규소(SiO_2)를 85% 이상 함유하여 유리제품이나 실리콘, 주물용, 연마사(研磨砂) 등으로 이용되는 규사이다. 이에 따라 바다모래를 다루는 관련 법규도 이원화되어 있는데, 골재용 바다모래는 골재채취법(국토해양부 관할)의 적용을 받는 반면, 규사로 쓰이는 바다모래는 광업법(지식경제부)의 적용을 받도록 되어 있다. 골재로 사용하기 위한 바다모래 채취는 골재채취법에 따라 사업자가 관할 시·군·구에 사업자등록을 하고 골재채취 허가신청과 공유수면 점·사용 허가 및 환경영향평가 등을 거쳐야 하는 반면, 규사로 쓰기 위한 바다모래 채취는 광업법에 따라 광업권자가 지식경제부에 광업권 등록을 한 뒤 탐광과정을 거쳐 채광계획서를 작성하여 인가를 받도록 되어 있다.

이들 양 허가의 차이점은 우선 골재용 바다모래 채취는 5년 이하의 비교적 단기허가에 그치는 반면, 바다규사의 채취는 최장 25년까지 허가가 가능하며 허가된 광구에 조광권도 설정할 수 있다. 따라서 광업권이나 조광권이 설정된 지역에서 바다모래를 채취하기 위해서는 기존 광업권자 등의 동의를 얻어야 한다.

4) 지방자치단체

시·군 등 지방자치단체는 골재채취업자의 등록업무를 관장하고 바다모래 허가신청을 받고 허가를 관장하는 실질적인 바다모래 개발 및 보전의 이행기관이다. 바다모래채취 허가 시 공유수면관리법에 의한 점·사용료를 징수한다.

한편 어민 및 환경단체들은 지자체가 재정수입을 증대하기 위해 해사채취를 무모하게 허가하고 있으며, 또한 채취에 대한 관리감독이 제대로 이루어지지 않아 모래

반출 물량에 대해 현장 확인을 하지 않고 채취업자가 제출한 매출계산서에 의존하고 있기에 반출된 모래의 양이 얼마인지 확인이 되지 않고 있어 해양환경이 지속적으로 파괴되고 있다고 주장하고 있다.

그 예로 안산시 단원구 풍도동에 위치한 서해안의 천연자원이 광업권을 가진 골재업자의 채취로 인해 점차 사라져 가고 있다. 관계부서인 안산시청의 생명산업과와 기업진흥과에서는 채취에 대한 과정이나 정확한 물량조차 파악하고 있지 않은 것으로 밝혀지고 있다. 경기도가 지난 2005년 3월 21일자로 인가한 채광계획서에 의하면 광업법 제47조 제1항 및 동법시행령 제41조 제1항의 규정에 의하여 채광계획서를 인가하였으나 인가서 내용에는 광종량을 규사로 제한하고 있다. 그러나 유리 등에 들어가는 원료를 채취하겠다고 허가를 받았지만 사실은 ‘골재채취’라는 의혹이 불거지고 있다. 이에 대해 문제를 제기한 곳은 안산시의회였는데, “골재채취가 목적인데도 광업법에 의한 규사채취로 허가를 내준 것은 안산시에 세금을 적게 내기 위해 광업권을 내세운 ‘바다모래’를 파내려고 한다, 광업법에 의한 규사채취라고 하는 것은 1루베당 400원 정도의 세금을 내면 되고, 골재채취법에 의하면 3,600원까지 받을 수가 있다”고 지적하였다. 이에 안산시의 기업진흥과 관계자는 “허가는 경기도청에서 내준 것이지만 채광 이후 모래로 유통하는 부분까지 알 수는 없는 실정이며 현재까지 약 14만 루베가 채취된 것으로 알고 있다”고 했다. 현지 주민들은 현재 모래채취가 행해지고 있는 해역은 꽃게서식지로서 이미 상당량의 모래가 외부로 반출되어 생태계에 위협이 되고 있으며, 밀물 때는 바다였다가 썰물 때만 나타나는 거대한 모래톱(548ha, 약 800만평)이 더 이상 훼손되지 않기를 바란다고 했다.

나. 골재채취허가의 제한과 주요 환경규제

1) 골재채취 허가제한구역(법 제22조제3항, 영 제27조, 규칙 제14조)

- 자연환경보전법상의 생태계보전지역 및 자연유보지역
- 자연공원법상의 자연보존지구
- 농어촌정비법상의 농업생산기반시설 및 그 구역
- 문화재보호법에 의한 지정문화재(보호물 또는 보호구역을 포함)의 경계로부터 2킬로미터(천연기념물 및 명승의 경우에는 4킬로미터)이내의 구역
- 군사시설보호법에 의한 군사시설의 경계로부터 1킬로미터 이내의 지역

- 국토이용관리법상의 수산자원보전지구의 경계로부터 1킬로미터 이내의 지역
- 수산자원관리법에 의한 수산자원 보호수면의 경계로부터 1킬로미터 이내의 수역
- 수도법에 의한 상수원보호구역중 하천구역 등

2) 다른 법률과의 관계 및 관계기관 협의(법 제23조)

골재채취허가를 받은 경우에는 다음 각 호의 허가 또는 승인이 있는 것으로 본다. 이 경우 골재채취허가기관은 관계기관의 장과 협의하여야 하며 협의요청을 받은 관계기관은 20일 이내에 의견을 제출하여야 한다.

- 도시계획법에 의한 도시계획구역안에서의 토석채취허가
- 수도법에 의한 상수보호구역안에서의 토지형질 변경허가
- 하천법에 의한 하천의 점용허가
- 공유수면관리법에 의한 공유수면의 점용 및 사용의 허가
- 사도법에 의한 사도개설 허가
- 농지법에 의한 농지전용의 허가 및 농지의 타용도 일시 사용허가
- 수산업법에 의한 보호수면안에서의 공사 등의 승인
- 산업입지및개발에관한법률에 의한 산업단지 안에서의 토석·사력(砂礫)의 채취허가

3) 주요 환경관련 규제내용

○ 사전 환경성 협의제도(환경정책기본법 제11조)

- 국토이용관리법상 농림지역 7,500m², 준농림 10,000m², 자연환경보전지역 5,000m² 이상
- 자연환경보전법 및 조수보호 및 수렵에 관한 법률상 생태계보전지역, 임시생태계보전 지역 및 시·도생태계보전지역 5,000m² 이상, 자연유보지역 5,000m² 이상, 완충지역 7,500m² 이상, 조수보호구역 5,000m² 이상,
- 산림법상 공익임지 10,000m² 이상 기타 산림 50,000m² 이상
- 자연공원법상 자연보전지구 5,000m² 이상, 자연환경지구 7,500m² 이상
- 습지보전법상 습지보호구역 5,000m² 이상, 습지주변관리지역 및 습지개선지역 7,500m² 이상
- 수도법에 의한 광역상수도가 설치된 호소의 경계면에서 7,500m² 이상

- 하천법에 의한 하천구역에서 10,000m² 이상
- 소하천정비법에 의한 소하천구역에서 7,500m² 이상
- 지하수법에 의한 지하수보전자역에서 5,000m² 이상

○ 환경영향평가 제도(환경영향평가법 시행령 제2조)

- 사업종류 및 규모(모래·자갈등의 채취 경우)
 - 하천구역중 상수원보호구역에서 채취면적 2만제곱미터 이상
 - 하천구역중 상수원보호구역 상류로서 유수거리 5km 이내 5만m² 이상
 - 해안골재 채취시 광구 단위구역당 채취면적이 25만m² 이상이거나 채취량이 50만m² 이상
 - 산림에서 산림훼손면적이 10만m² 이상

○ 기 타(해역이용협의 등)

- 공유수면(해역)에서 골재채취허가(공유수면관리법에 의한 공유수면 점·사용허가 의제 처리)를 하는 경우 해양환경관리법의 규정에 의하여 미리 국토해양부장관과 해역이용협의를 협의하여야 한다.

다. 골재채취가 수산자원에 미치는 영향

우리나라 연안의 바다모래는 주요 강의 하구 독 건설로 인해 육지로부터의 공급이 중단된 상태이며, 또한 오랜 기간에 걸쳐 퇴적된 한정된 자연자원이다 그러므로 바다모래의 과도한 채취는 바다모래가 한정된 자원이라는 점과 바다모래 채취가 해양환경에 악영향을 주는 점을 고려해야 한다. 바다모래 채취가 해양환경에 미치는 영향은 i) 해양환경의 파괴, ii) 해양생태계의 파괴, iii) 수산자원의 감소, iv) 해저 퇴적층 및 지형의 변화와 해안침식 등으로 보고되고 있다.

1) 해양생태환경의 파괴

해사채취는 저층 퇴적물을 직·간접적으로 교란시킴으로서 수층에 서식하는 어류나 그 외 해양생물의 주요 먹이원인 퇴적물에 서식하는 저서동물의 자원량을 격감시키고 저서

생물의 생물다양성을 급감시킨다. 이러한 생물다양성과 자원량의 급격한 감소는 그 해역이 원래 가지고 있던 안정된 에너지흐름과 먹이망의 연결을 단절시킴으로 인하여 그 해역 생태계 전체에 큰 영향을 미치게 할 수 있다.

2) 수산자원의 감소

해사채취로 인한 수산자원 감소량을 파악하기 위해 해사채취 이전과 이후의 수산자원별 생산량 변동을 조사할 필요가 있는데, 이를 위해 웅진군을 사례지역으로 제시한 것을 살펴보면, 사례지역인 웅진군에서 어획되는 갑각류는 상업적으로 유용한 꽃게, 대하, 중하, 젓새우 등을 들 수 있다. 이들 자원은 이 지역 어업인들의 주요 수입원인데 해사채취 해역인 덕적도 주변해역에서는 1993~1994년에 웅진군 전체 갑각류 어획량의 80% 이상을 기록하였고 특히 1994년에는 이 해역에서 웅진군 전체 갑각류 어획생산량의 절반이 어획되었으나 1995년 이후부터 급격하게 자원량이 감소하여 현재까지 어획생산량의 회복은 보이지 않고 있다고 보고되고 있다.

3) 해안 및 해저지형 변화

모래채취는 해안선으로부터 적어도 1.8km(기존의 채취 1구역 크기) 이상의 이격거리를 두는 것이 연안양식장 및 연안환경의 피해를 최소화 할 수 있을 것으로 사례조사에서 나타나며, 이는 채취해역의 퇴적물특성, 채취공법, 채취량, 해양수리환경 그리고 인접 해역 사용용도 등에 따라 달라질 수 있다. 파랑에 의한 연안류가 해안선 가까이 발생하여 바다골재채취로 인한 인접 웅덩이가 퇴적물 이동의 sink로 작용하여 2km 이내의 해안선 침식을 유발할 우려가 높다고 한다.

4) 퇴적층과 해저지형변화

한반도 주변해역에 분포하는 바다모래퇴적층은 과거에 공급되어 쌓인 퇴적물이 대부분이며 현재 하천 및 해안침식으로부터 공급되어 쌓이는 모래는 연안 해역 일부에 제한적으로 나타나며 그 양 또한 매우 적기 때문에 현재와 같은 추세로 바다모래 채취가 지속적으로 이루어진다면 우리가 이용할 수 있는 바다모래는 향후 수십 년 이내에 곧 고갈될 것이다.

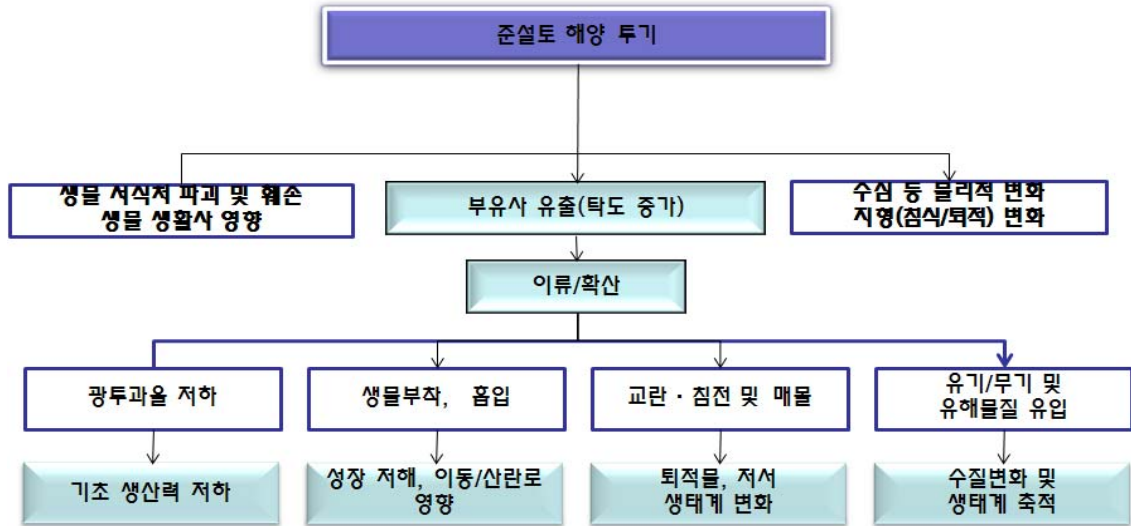
바다모래의 채취는 기존 퇴적층의 파괴, 해저지형의 변화, 부유혼탁물의 발생, 퇴적물의 공급경로 차단 등 많은 환경문제가 발생되고 있다. 현재 전국적으로 발생하고 있는 해수욕장 모래의 유실은 근본적으로 하천으로부터의 모래공급의 차단, 해안선을 중심으로 진행된 인공구조물의 설치로 해안침식 모래양의 감소 그리고 백사장으로 공급되는 연안지역의 바다모래의 채취로 인한 모래공급원의 차단 등에 의해 나타나는 현상으로, 특히 해안에 인접한 지역에서의 해사채취행위의 규제 강화가 시급하다. 그동안 인천앞바다에서는 1980년대부터 20여 년간 2억3천만 m^3 가 넘는 바다모래가 채취되었는데, 이런 마구잡이식 해사채취로 해양생태계파괴와 수산자원감소뿐 아니라 해수욕장 모래유실과 해안사구의 붕괴 등 연안침식이 발생하여 인천앞바다의 섬 자연경관을 크게 훼손되어 덕적도와 자월도 등의 이일레, 큰풀안, 작은풀안, 서포리 등 인천앞바다 대부분의 해수욕장은 황폐화되었고 천혜의 관광지로써의 명성을 잃은 지 이미 오래다. 실제로 지방자치단체의 경우에는 해사채취에 의한 세수입보다 어획량과 관광객 감소로 인한 주민의 생존권과 경제적 피해, 자연경관의 훼손으로 인한 복구비용 등 그 피해가 훨씬 크다. 따라서 해사채취에 대한 대안이 제시되어야 한다.

2. 준설토 및 육상폐기물 해양투기

가. 준설토 해양투기의 영향

연안에서 발생한 준설토는 육상 준설토 투기장으로 반입하는 양을 제외하고는 일정부분 영해 및 배타적 경제수역(EEZ) 등으로 배출되고 있는 실태이기 때문에 해양환경 및 생태계, 특히 연근해 어장과 수산자원에 영향을 미치고 있다. 연안준설토로 인해 해저지형과 수심변화 및 생물서식처 파괴 등으로 주변 해역의 유속과 침·퇴적변화가 예상되고, 탁도 증가, 광투과 감소, 영양염과 유해물질 증가와 함께 부유사 확산 등으로 해양환경의 변화가 보고되고 있다. 해양으로 배출된 준설토를 생물이 섭취하고 준설토에 포함된 중금속 등 오염물질은 생태계 내에서 어류를 포함한 고등생물로 축적될 수 있다. 해저로 가라앉은 준설토는 해저에 서식하는 저서생물에 영향을 주고 퇴적물 조성을 변화시키기도 한다. 준설토는 그 자체가 높은 유기물을 가지고 있고, 특히 중금속이나 유해물질 등과 같은 오염물질을 포함하고 있어서 해양에 서식하는 생물의 종다양성, 현존량 등에 변화(감

소)를 일으킬 수 있는 것으로 보고되고 있다. 한편, 준설토 외해투기기 해류 등에 의해 이동 확산될 수 있는 준설토는 상황에 따라 인접국가와의 환경문제 유발 가능성도 내포하고 있다.



[그림 2] 연안준설 및 준설토 해양투기에 따른 해양환경 영향

연안준설은 대부분 항만과 어항구역, 즉 항계 내에 집중된 것으로 나타났고, 진해만, 사천만 등 내만과 부산 수영강 등 일부 하천 등에서 준설사업이 이루어진 것으로 분석되었다. 특히, 항계 외에서는 수산자원보호구역과 환경보전해역 등 법령상 규제지역에서도 준설이 이루어졌고, 어장 준설은 동해안에서 어장에 매몰된 모래 및 규사채취와 관련되었다. 준설의 목적별로는 기본준설이 대부분을 차지하였다. 한편 준설토 외해투기는 배타적 경제수역에 집중 처분되었으며, 관련 준설토는 대부분 항만구역에서 발생된 것으로 나타났다. 이러한 점을 종합해 보면, 우리나라 연안준설은 수심확장을 위해 부산항, 광양항, 옥포항, 평택·당진항 등 대부분 무역항과 국가어항을 비롯한 항만과 어항구역의 항계 내에 집중되었고, 항만구역에서 발생된 준설토를 해양투기 시 EEZ에 배출하고 있는 것으로 평가되었다.

나. 연안 준설토 처분 현황

우리나라의 최근 2001년에서 2008년까지 연안준설에 따른 수저준설토의 발생량 변화 추이는 연간 약 1,300-22,400만^m 범위로 2001년에서 2006년까지 지속적으로 증가하여 2006년에 최대를 이루었고, 그 이후 급감하는 양상을 나타내었다. 또한 이 시기 동안 전국적으로 약 729,151,000^m의 준설이 시행되었으며(표 1 참조), 여수지방해양항만청 관련 준설량이 약 73%, 부산지방해양항만청이 11% 순으로 조사되었다. 이러한 연안준설은 광양항과 부산항 등 신항만의 개발과 많이 관련된 것으로 평가되었다(해양수산부, 2007).

<표 1> 연안준설 및 준설토 해양투기 지역과 목적구분 분석(2006-2008년)

구분	지역특성 분석	목적 분석
연안준설 (총 42건)	<ul style="list-style-type: none"> •항만구역(항계내)20건 : 47.6% (부산, 옥포, 평택·당진항 등) •어항구역(항계내) 10건 : 23.8% •하천(호수, 저수지)3건 : 7.1% •어장 2건 : 4.8% ※보전해역(수산자원보호구역 등)9건 특별관리해역 7건 	<ul style="list-style-type: none"> •기본준설 34건 : 80.9% <ul style="list-style-type: none"> - 신규개발 6건 - 항로확장 8건 - 안벽조성 등 20건 •유지준설 5건 : 11.9% •정화준설 1건 : 2.4% •어장준설(규사채취)2건 : 4.8% ※준설구분(해양수산부.2007)
준설토 해양투기 (총22건)	<ul style="list-style-type: none"> •배타적경제수역 22건 : 100.0% 	<ul style="list-style-type: none"> •항만 준설토 15건 : 68.2% •어항 준설토 4건 : 18.2 •강 준설토 1건 : 4.5% •기타 준설토 2건 : 9.1

다. 준설토 및 육상폐기물 해양 투기량 현황

준설토를 포함한 육상폐기물은 해양환경에 미치는 영향측면에서 가능하면 재활용 등 육상에서 처분하는 것이 원칙이나, 여러 가지 문제로 불가피하게 해양으로 배출되고 있는 실정이다. 우리나라의 최근 육상폐기물 및 준설토 해양배출량 현황은 그림과 같다(국토해양부, 2009). 하·폐수 슬러지 등 폐기물은 육상처리 부담경감 및 하천·연안보호를 목적으로 연안에서 멀리 떨어진 3개 지정해역에 투기하고 있는데, 2000년 이후 2005년까지 지속

적으로 증가하다가, 그 후 감소하고 있는 실정이다. 2005년에는 약 993만^m가 지정해역에 투기되어 최대를 나타내었고, 1991년부터 2006년까지 투기된 폐기물 누적량의 종류별 투기비율은 폐수(음식물폐기물 폐수 포함) 24.5%, 폐수처리오니 20.8%, 분뇨 20.5%, 축산폐수 14.6%, 그리고 하수처리오니가 11.8%를 차지한 것으로 나타났다. 또한 이 기간 동안 준설토사도 약 1.9% 비율로 지정해역에 투기되었다. 연안 및 배타적경제수역에 투기된 준설토량도 2002년 이후 2007년까지 지속적으로 증가하였고, 2007년에는 약 1,100^m가 투기되어 육상폐기물 투기량보다 더 큰 것으로 나타났다. 이러한 준설토 외해배출량의 증가는 항만개발에 따른 준설토의 처분이 기 육상 준설토 투기장의 수용능력 감소로 인해 외해투기가 불가피하게 발생한 원인 등으로 판단되었다.

라. 준설토 해양투기 문제점

준설토의 해양투기에 따라 해양환경 및 생태계에 미치는 영향에 대해서는 많은 연구결과가 보고되었고, 어업인 등 이해당사자들의 피해민원이 상존하므로 합리적인 영향평가와 사전대책이 요구된다. 미국 EPA에 의해 1987년에 계획된 남 캘리포니아 찰리스톤 준설토 투기해역은 평균 수심 13m로 연안으로부터 약 7마일 이격되어 있고 찰리스톤 항 하구의 수심확장 및 유지를 위해 준설토 퇴적물을 투기하는 곳으로 이용되었는데, 1999년부터 2002년까지 약 1,683백만^m가 투기되어서 퇴적물의 조성변화 및 유기물질의 증가와 저서생물의 밀도 감소 등 환경변화가 유발되었고(Zimmerman et al., 2003), 또한 체사피크만의 준설토 약 145만^m를 수심 4.5m 이상의 배출해역에 투기했을 때, 투기 한 달 내에 저서생물 밀도의 약 71%가 감소하고, 회복시간은 약 18개월이라고 보고하였다(Chesapeake Biological Laboratory, 1970). 국내의 준설토 투기해역은 수심이 깊고, 유속이 상대적으로 큰 해역에서 주로 이루어지고 있지만, 누적영향으로 인한 환경변화가 제기되고 있는 상황이다. 즉, 그림 5에서 보는 바와 같이 부산 동남방 투기 주변해역은 우리나라 근해어장이 형성되어 수산 활동이 활발한 곳으로 대마난류의 영향권이며, 준설토 외해투기로 집중 이용되어 환경영이 누적·가중되고 있고, 주요 수산자원의 산란, 회유로에 위치한다. 그러므로 수산 생태계에 미치는 부정적 영향저감과 어업인 등과의 갈등을 사전에 해소하기 위해 준설토 활용처분에 대한 충분한 대안분석과 이행당사자들에 대한 적극적인 의견수렴을 다각도로 모색하여 해역이용협의 등에 따른 해양환경평가 및 사후관리

방안을 합리적으로 개선해 나가야 한다.

제3장 해역이용행위와 관련법제

1. 해양환경관리법과 해양부문 환경영향평가제도

가. 해역이용과 해역이용평가제도

연안환경은 한번 훼손되거나 오염되고 나면 쉽게 회복되지 않고 그 기능을 원상태로 복원시키는데 경제적, 사회적 그리고 생태학적 비용이 매우 크므로 이것에 영향을 줄 수 있는 모든 활동과 정책에 대해서는 충분한 검토 후에 신중하게 결정해서 시행여부를 판단해야 할 것이다. 이러한 배경 하에서 환경영향평가 관련 제도의 필요성과 중요성이 더욱 강조되고 있다. 그러나 환경영향평가는 사업계획이 확정된 이후 시행단계에서 이루어지기 때문에 계획의 변경 취소가 필요할 경우 사회적 갈등과 비용부담이 증가하는 문제점이 있다. 이를 개선하기 위해 200년에 환경정책기본법에 근거한 사전환경성검토제도를 도입하여 해당행정계획 등의 수립단계에서부터 검토하여 효율적 계획추진과 환경보전과의 조화를 도모할 수 있도록 하였다. 이러한 환경영향평가와 사전환경성검토제도에서 해양부문의 대상사업과 계획에 대해서는 관련 주무부처(국토해양부)의 의견을 반영하고 있다. 한편 국토해양부 차원에서 연안에서의 이용과 개발에 대해서는 사전환경성검토제도와 유사한 해역이용협의제도가 과거 해양오염방지법 제4조의 8의 규정에 근거하여 1999년부터 시행되어 왔고, 더욱이 바다골재채취에 관한 환경문제가 사회적 현안이 되면서 그 기능이 더욱 강조되고 있다. 최근에는 기존 해양오염방지법의 다양한 문제점을 보완 개선한 해양환경관리법이 2008년부터 시행되고 있다.

「환경영향평가법」에 근거한 환경영향평가 대상은 사업의 종류, 면적과 규모 등을 고려해서 총 17개 분야 74개 단위사업을 대상으로 하고 있고, 그 중에서도 해양부문은 도시개발, 에너지 개발, 항만건설, 수자원개발, 하천개발, 개간과 매립, 폐기물과 분뇨처리시설, 국방과 군사시설, 토석 등 채취 등을 포함해서 9개 분야 19개 정도의 사업에 국한해서 사

업확정 후 실시단계에서 시행되고 있다.

사전환경성 검토제도는 「환경정책기본법」에 근거하고 검토대상은 「항만법」에 따른 항만기본계획, 「신항만건설촉진법」에 의한 신항만 건설기본계획 및 예정지역의 지정, 「어촌·어항법」에 의한 어항의 지정과 어항기본계획 「공유수면매립법」에 따른 공유수면매립기본계획, 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」에 따른 도시관리계획 등을 포함한 83개의 행정계획과 보전이 필요한 지역 안에서 시행되는 19개의 개발사업이 해당하고, 대상사업의 실시계획 승인 전에 이루어지고 있다.

한편, 해역이용협의제도는 「해양관리법」의 공유수면점 사용의 허가, 「공유수면매립법」에 따른 공유수면의 면허, 「수산업법」에 따른 어업의 면허와 「골재채취법」에 따른 일정규모 이하의 바다골재채취의 허가과 예정지의 지정이 포함되고, 협의서의 작성주체는 면허·허가·지정 등을 하고자 하는 행정기관의 장(이하 처분기관이라 함)이다. 특히, 준설토의 해양투기, 해양자원 이용개발, 바다골재 채취와 바다골재 채취단지 지정에 대해서는 해역이용영향평가를 제출해서 승인과정을 거치는 등 (구)해양수산부 주관의 해역이용영향평가제도를 실시하게 되어서 해양환경에 대해서 적극적으로 그리고 능동적으로 대처하는 길을 열어나가게 된 것이 좀 더 진일보된 과정이라 할 수 있다.

<표 2> 해역이용영향평가 대상사업

구분	대상 사업
준설토의 해양투기	「공유수면관리법」 제5조제1항제7호에 따라 토석(준설토를 포함한다)을 해양투기하는 행위로서 영해 안에서 투기량이 20만 ^m ³ 이상인 경우 또는 배타적경제수역(EEZ)에서 투기량이 40만 ^m ³ 이상인 경우. 다만, 국토해양부령으로 정하는 폐기물 배출해역에 투기하는 경우는 제외한다.
해양 자원의 이용·개발	<ol style="list-style-type: none"> 1. 「해저광물자원 개발법」에 따른 해저광물 개발을 목적으로 하는 해저광업 2. 「광업법」에 따라 광물을 채취하는 경우로서 영해 안에서 채취면적이 10만^m² 이상이거나 채취량이 20만^m³ 이상 또는 배타적경제수역(EEZ)에서 채취면적이 20만^m² 이상이거나 채취량이 40만^m³ 이상인 경우 3. 「해양심층수의 개발 및 관리에 관한 법률」 제4조에 따른 해양심층수기본계획에 따른 해양심층수의 이용·개발행위로서 취수량이 1일 5만^m³ 이상인 경우 4. 그 밖에 「공유수면관리법」 제5조제1항제9호에 따른 해양자원의 이용·개발 행위로서

	영해 안에서의 이용·개발면적이 10만m ² 이상이거나 이용·개발량이 20만m ³ 이상인 경우 또는 배타적경제수역(EEZ)에서의 이용·개발면적이 20만m ² 이상이거나 이용·개발량이 40만m ³ 이상인 경우
바다골재 의 채취	1. 「골재채취법」 제22조에 따라 바다골재를 채취하는 경우로서 영해 안에서 채취량이 20만m ³ 이상인 경우 또는 배타적경제수역(EEZ)에서 채취량이 40만m ³ 이상인 경우. 다만, 제2호의 대상사업에 해당되어 평가를 받은 경우는 제외한다. 2. 「골재채취법」 제34조에 따른 바다골재 채취단지의 지정

나. 해양부문 환경영향평가제도의 주요내용

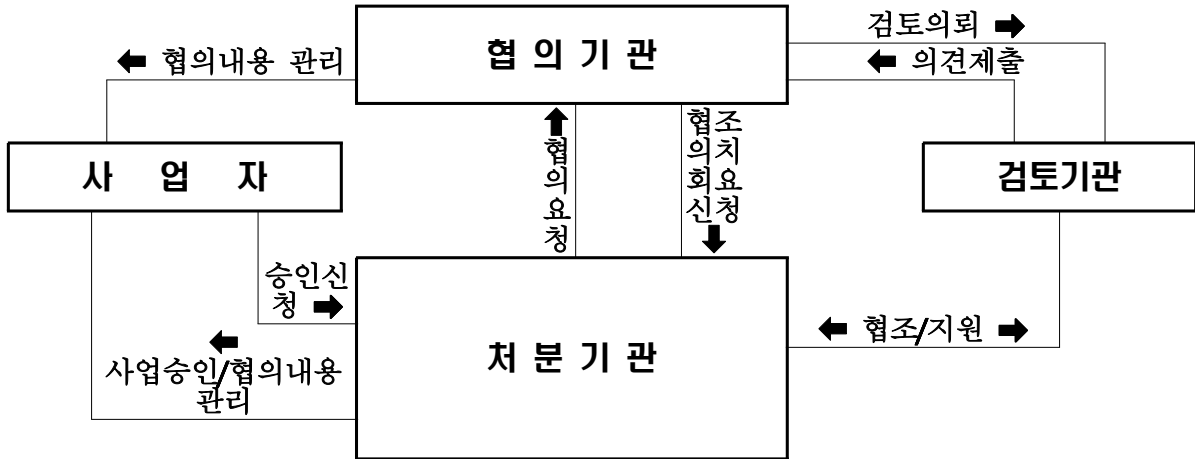
「해양환경관리법」은 구 「해양오염방지법」에 근거하여 실시하였던 해역이용협의제도를 대폭 강화하고, 해역이용영향평가제도를 신설하여 해양에서의 환경영향평가를 추진할 수 있는 법적 기반을 마련하였다. 해역이용평가란 일정규모 이상의 준설토의 해양투기, 해양자원의 이용·개발, 바다골재채취 및 바다골재채취단지의 지정 등의 사업의 행위로 인하여 해양환경에 미치는 영향에 대한 평가를 하는 것을 말한다. 「해양환경관리법」에서 새로 도입된 해양부문 환경영향평가제도를 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

먼저, 종전 「해양오염방지법」에 근거하여 시행되었던 기존의 해역이용협의제도가 강화되었다. 해역이용협의제도는 해양에서 이루어지는 개발사업의 환경영향을 저감하고, 해역이용자간의 갈등을 사전 조정하기 위한 제도이다. 그러나 종전의 해역이용협의제도는 세부규정의 미비로 제대로 된 정책적 효과를 내기에는 미흡하였다.

이에 따라 다른 법률에서 「공유수면관리법」에 따른 공유수면 점용·사용의 허가 또는 「공유수면매립법」에 따른 공유수면매립의 면허를 받은 것으로 규정하고 있는 경우에도 해역이용협의 절차를 거치도록 의무화하였다. 또한, 「골재채취법」에 따른 바다골재의 채취예정지 지정·채취허가·채취단지 지정 등에 대해서도 해역이용협의를 의무화 하는 등 바다골재채취와 관련된 해역이용협의를 한층 강화되었다.

둘째, 해역이용영향평가제도가 신설되었다. 해역이용협의를 함에 있어 해양환경에 중대한 영향을 미치는 일정한 사업에 대해서는 기존 해역이용협의보다 강화된 해역이용영향평가를 실시하도록 하였다. 이에 준설토의 해양투기, 해양자원의 이용·개발, 바다골재

채취, 바다골재채취단지의 지정 등이 해당되는데 해역이용영향평가를 하기 전에 설명회 또는 공청회를 개최하여야 하고, 해역이용영향평가대행자로 하여금 전문적인 평가서의 작성을 대행할 수 있도록 하였다.



- ▷ 협의기관 : 환경성 평가제도 운용(협의 주체)
- ▷ 처분기관 : 처분시 협의의견 반영조치 및 사후관리
- ▷ 사업자 : 협의서(평가서) 작성 및 협의의견의 사업계획 반영·이행
- ▷ 검토기관 : 협의서(평가서) 전문검토 및 자문
 - ※ 국토부(해역이용영향검토기관, 자문위원 120명)
 - ※ 환경부(환경정책평가연구원, 자문위원 20명)

[그림 3] 해역이용협의 절차

셋째, 해역이용협의 및 해역이용영향평가 의견의 이행여부를 관리함으로써 법 집행의 실효성이 확보되었다. 처분기관이 해역이용협의 및 영향평가를 거치지 않고 면허 등을 하거나 협의의견을 반영하지 않은 경우, 국토해양부장관은 처분기관에게 면허취소, 사업중지, 원상회복 등을 요청할 수 있고 처분기관은 특별한 사유가 없는 한 이에 따르도록 하였다.

넷째, 사후 해양환경영향조사를 강화하였다. 해양을 개발하는 사업자들은 사업으로 인하여 발생할 수 있는 해양환경에 대한 영향조사를 실시하여야 하고, 정부는 이 조사결과 해양환경에 피해가 발생할 경우 필요한 조치를 취할 수 있도록 하였다.

끝으로 해역이용협의 및 해역이용영향평가과정에서 협의의견에 대한 전문성을 확보하고, 신뢰도 제고를 위해 해역이용영향검토기관의 설치 근거를 마련하였다.

<표 3> 해양환경관리법의 해역이용평가제도 관련 조문

구 분	대통령령	부령	행 정 규 칙
해양환경관리법 (제84조~95조)	해양환경관리법 시행령 (제61조~71조)	해양환경관리법 시행규칙 (제48조~60조)	·해역이용협의 등에 관한 업무처리규정(국 토해양부 훈령 제178호) ·해역이용협의서 작성 등에 관한 규정(국 토해양부 고시 제2008-913호) ·해역이용영향평가대행자 등록 및 관리에 관한 업무처리지침(국토해양부 예규 제27 호) ·해역이용영향평가서 작성 등에 관한 규정 (국토해양부 고시 제2008-914호) ·해역이용영향평가서초안요약서 작성 등에 관한 고시(국토해양부 고시 제2008-916 호) ·해역이용영향평가 대행비용 산정기준(국 토해양부 고시 제2008-466호)

2. 해역개발사업 관련 해양수산자원관련 법령

연안개발에 따른 해양수산에 미치는 영향을 평가할 때, 중점적으로 검토되는 사항과 이와 관련된 대표적인 법률로는 수산업법, 어촌·어항법, 어장관리법, 수산물품질관리법, 국토의 계획 및 이용에 관한 법률, 해양환경관리법 등이 있다. 이러한 법률들은 환경영향평가서와 해역이용협의서에서 해양부문 개발사업에 따른 협의의 근거가 되고, 또한 영향권을 정의하거나 해역특성을 지정하는 사항과 관련이 있다. 수산업법은 어장, 어업권의 분포와 면허 및 피해영향조사 등에 관한 사항이 포함되어 있고, 어촌어항법은 어항개발, 어장관

리기본계획 및 관리해역의 지정과 조사 등은 어장관리법, 수출용패류생산해역의 지정과 조사 등은 수산물품질관리법에 규정되어 있다.

<표 4> 연안이용개발에 영향을 받은 해역의 지정 및 관리에 검토되는
해양수산 주요 법률

법률	목적	소관부처	관련협의제도 반영사항	주요 내용
수산업법	수산업에 대한 기본제도를 정하여 수산자원을 조성·보호하며 수면의 종합적인 이용·관리	농림수산식품부	어업의 면허시 해역이용협의	어장이용개발계획수립, 어업손실보상 등과 수산자원보호구역의 관리 운영
어촌어항법	어촌의 종합적이고 체계적인 정비 및 개발에 관한 사항과 어항의 지정개발및 관리	농림수산식품부	어항시설 또는 어항개발사업중 공유수면점사용과 매립허가시 해역이용 협의	어항, 어항시서, 어항개발 등
어장관리법	어장의 효율적인 보전이용 및 관리	농림수산식품부	-	어장관리기본계획수립, 어장관리해역지정, 어장정화 정비 등
수산물품질관리법	수산물에 대한 적정한 품질 관리	농림수산식품부	-	수출용패류생산
국토의계획 및이용에관한법률	농림수산식품부장관은수산자원보호구역의 지정 또는 변경을 도시관리계획으로 결정	국토해양부	-	수산자원보호구역
해양환경관리법	해양환경의 보전 및 관리에 관한 기본사항	국토해양부	해역이용협의 및 해역이용영향평가 규정	특별관리해역 및 환경보전해역

이러한 수산자원 관련법의 소관부처와 중앙행정기관의 장은 대부분 농림수산식품부로 수산자원관리의 주무부처는 농림수산식품부라는 것이 법률로 명문화되어 있다. 그러나 수산자원에 부정적인 영향을 주는 연안이용행위에 대한 실제적인 관리를 뒷받침 해주는 협의제도의 주체는 농림수산식품부가 아닌 국토해양부로 되어있어 제도상 농림수산식품부가 어장 등 수산자원에 부정적 영향을 미칠 수 있는 연안이용행위에 대해 관련 부처 협의의 대상으로 제도상 제외되어 있는 상황이다.

제4장 해역이용과 수산자원관리의 문제점

1. 수산자원관리 주무부처의 협의 약화

해양부문 환경영향평가의 가장 큰 문제점 중 하나는 수산자원관리의 주무부처인 농림수산식품부가 어장 등 수산자원에 부정적 영향을 미칠 수 있는 연안이용행위에 대해 관련 부처협의 대상으로 제도상 제외되어 있다는 점이다.

해양환경에 영향을 줄 수 있는 개발사업과 계획 등에 대해서는 표 와 같이 사전에 관련 부처에 협의를 허가나 의견을 수렴해야 하는 절차를 두고 있다. 환경부 주체의 환경영향평가제도의 현행 근거법인 환경영향평가법 제16조에서는 “승인기관장 등은 대통령령으로 정하는 바에 따라 환경부장관에게 평가서를 제출하고, 그 평가서에 대하여 협의를 요청하여야 한다”라고 되어 있고, 동법 제17조에서는 “환경부장관은 평가서를 검토할 때 「정부출연연구기관 등의 설립·운영 및 육성에 관한 법률」에 따라 설립된 한국환경정책평가연구원의 의견을 들어야 하며, 그 밖에 해양환경에 영향을 미치는 환경영향평가 대상사업 중 대통령령으로 정하는 사업의 경우에는 추가로 국토해양부장관의 의견을 들어야 한다”라고 되어 있다.

사전환경성검토제도에서는 「환경정책기본법」 시행령 제9조에서 “환경부장관 또는 지방환경관서의 장은 협의의견을 관계행정기관의 장에게 통보하기 전에 그 행정계획 또는 개발사업의 대상지역이 「연안관리법」에 따른 연안육역을 포함하는 경우에는 국토해양부장관의 의견을 들어야 하고, 다만, 국토해양부장관이 수립·확정하거나 허가 등을 하는 경우에는 그러하지 아니한다”라고 명시되어 있다.

한편, 국토해양부 주체의 해역이용협의 및 해역이용영향평가제도의 근거법인 「해양환경관리법」에서 “면허·허가 또는 지정 등을 하고자 하는 처분기관은 면허 등을 하기 전에 미리 국토해양부장관 해역이용의 적정성 및 해양환경에 미치는 영향에 관하여 협의를 하여야 하고(제84조), 면허대상사업 중 해역이용영향평가 사업은 국토해양부장관에게 요청을 해야 하며(제85조), 바다골재채취예정지 및 바다골재채취단지가 해안을 포함하는 경우에는 환경부장관의 의견을 들어야 한다”라고 명시되어 있다.

<표 5> 해양분야 환경영향평가와 협의제도의 주요사항

구분	해역이용협의	해역이용영향평가	환경영향평가	사전환경성검토
관련근거	해양환경관리법 제84조	해양환경관리법 제85조	환경영향평가법 제17조	환경정책기본법 시행령 제9조
주관·운용	국토해양부 협의요청	국토해양부 협의요청	환경부 → 국토해양부 검토의뢰	환경부 → 국토해양부 검토의뢰
농림수산식품부 소관법률	수산업법, 어촌어항법	-	-	-
목적	해역이용의 적정성 및 영해양환경에 미치는 영향 및 저감방안 협의	해역에 미치는 영향이 클 것으로 우려되는 사업에 대한 협의	사업시행이 환경에 미치는 영향을 예측·분석하고 이에 대한 대책 강구	행정계획과 개발사업이 환경에 미치는 영향을 사전 평가후 행정계획에 반영
해당사업 (positive list)	<ul style="list-style-type: none"> 「공유수면관리법」의 공유수면 점·사용의 허가 「공유수면매립법」에 따른 공유수면 매립의 면허 「수산업」에 따른 어업의 면허 「골재채취법」에 따른 일정규모 이하의 바다골재채취의 허가 및 예정지의 지정 	<ul style="list-style-type: none"> 「공유수면관리법」에 따른 준설토의 해양투기 「공유수면관리법」에 따른 해양자원의 이용개발 「골재채취법」에 따른 일정규모 이상 바다골재채취 「골재채취법」에 따른 바다골재채취단지 지정 	<ul style="list-style-type: none"> 환경영향평가법 제17조 제2항에 따라 국토해양부 장관의 의견을 들어야 하는 대상사업 : 항만개발, 해안매립 및 간척사업 등 	<ul style="list-style-type: none"> 「환경정책기본법」시행령 제9조에 따라 국토해양부장관의 의견을 들어야 하는 대상사업 : 연안유역을 포함한 행정계획 및 개발사업
시기	면허·허가·지정 전	면허·허가·지정 신청 이전	사업 실시계획 승인·허가 전	사업계획 확정 및 지구 지정 전
협의기간	30일	45일	초안 30일 본안 45-60일	30-40일
비고	일반해역이용협의 대상 사업에 한해 해양 환경영향조사 실시	해양환경영향조사 실시	사후환경영향평가 실시	전략환경영향평가

※ 환경영향평가법 제17조 (평가서의 검토·보완)

이와 같이, 연안이용 및 개발과 관련된 협의제도에서는 농림수산식품부로의 공식적인 의견수렴 규정은 없는 실정이다. 일부의 경우(해사채취, 수산자원보호구역내에서의 이용 행위 등)에 대해서는 관련 부처의 의견수렴 형식으로 농림수산식품부로 협의가 선택적으로 요청되고 있지만 구체적인 법적근거가 부족하여 협의누락 등이 발생하고, 수산부문의 견에 대한 구속력이 약해질 가능성이 있으므로, 구체적인 법적근거에 의해 제도적으로 명확하게 보완하는 것이 필요하다고 생각된다. 즉, 해양환경과 수산자원관리체제가 각각 국

토해양부와 농림수산식품부로 이원화된 상황에서는 해양환경과 수산자원 영향을 구분해서 접근하기가 불가능하므로 해양관련 개발사업에 대해 두 부처의 의견을 동시에 수렴하는 절차가 타당하고 합리적일 것이다.

② 환경부장관은 평가서를 검토할 때 「정부출연연구기관 등의 설립·운영 및 육성에 관한 법률」에 따라 설립된 한국환경정책·평가연구원의 의견을 들어야 하고, 그 밖에 해양환경에 영향을 미치는 환경영향평가대상사업 중 대통령령으로 정하는 사업의 경우에는 추가로 국토해양부장관의 의견을 들어야 한다.

※ 환경정책기본법 시행령 제9조조(협의의견의 통보 등)

③ 협의기관의 장은 법 제25조의6제1항에 따라 협의의견을 통보하기 전에 그 행정계획 또는 개발사업의 대상지역이 「연안관리법」 제2조제3호에 따른 연안육역을 포함하는 경우에는 국토해양부장관의 의견을 들어야 한다. 다만, 국토해양부장관이 수립·확정하거나 허가 등을 하는 경우에는 그러하지 아니하다.

※ 해양환경관리법 제84조 (해역이용협의) ①다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 면허·허가 또는 지정 등(이하 "면허등"이라 한다)을 하고자 하는 행정기관의 장(이하 "처분기관"이라 한다)은 면허 등을 하기 전에 대통령령이 정하는 바에 따라 미리 국토해양부장관과 해역이용의 적정성 및 해양환경에 미치는 영향에 관하여 협의(이하 "해역이용협의"라 한다)를 하여야 한다. 이 경우 제85조제1항의 규정에 따른 해역이용영향평가대상사업은 해역이용협의를 행한 것으로 본다.

1. 「공유수면관리법」 제5조의 규정에 따른 공유수면 점용·사용의 허가. 다만, 제5호 및 제6호의 규정에 따른 바다골재채취의 허가 및 바다골재단지의 지정에 따른 공유수면 점용·사용의 허가는 제외한다.

2. 「공유수면매립법」 제9조의 규정에 따른 공유수면매립의 면허

3. 「수산업법」 제8조의 규정에 따른 어업의 면허. 다만, 대통령령이 정하는 해역에서의 어업의 면허에 한정하여 적용한다.

4. 「골재채취법」 제21조의2의 규정에 따른 바다골재채취예정지의 지정

5. 「골재채취법」 제22조의 규정에 따른 바다골재채취의 허가
6. 「골재채취법」 제34조의 규정에 따른 바다골재채취단지의 지정

※ 해양환경관리법 제85조 (해역이용영향평가) ①처분기관은 제84조의 규정에 따라 국토해양부장관과 해역이용협의를 함에 있어 해당 면허대상사업 중 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 행위가 대통령령이 정하는 규모 이상에 해당하는 때에는 그 행위로 인하여 해양환경에 미치는 영향에 대한 평가(이하 "해역이용영향평가"라 한다)를 국토해양부장관에게 요청하여야 한다. 다만, 「환경영향평가법」 제4조제3항의 규정에 따른 환경영향평가 대상사업 중 대통령령이 정하는 사업을 제외한다.

1. 「공유수면관리법」 제5조제1항제7호의 규정에 따른 행위 중 준설토의 해양투기
2. 「공유수면관리법」 제5조제1항제9호의 규정에 따른 행위 중 해양자원의 이용·개발
3. 「골재채취법」 제22조의 규정에 따른 골재채취 중 바다골재채취
4. 「골재채취법」 제34조의 규정에 따른 바다골재채취단지의 지정

2. 해역이용영향 검토기관의 법적 지위의 문제점

해양환경관리법 제91조 제2항에서 “국토해양부장관은 해역이용협의 등의 의견을 처분기관으로 통보하기 전에 해역이용협의 등에 따른 영향검토기관의 의견을 들어야 한다”고 규정하고 있다. 이에 따라 해양부문의 환경영향평가서와 해역이용협의서에 대한 의견반영과 전문적인 검토에 대해서는 (구) 해양수산부의 관련 부서에서 자체적으로 제한된 외부전문가들의 자문으로 운영을 해 오다가 전문적인 상설 검토기관의 필요성이 제기되어 2006년 국립수산과학원내에 T/F팀을 구성 운영하였고, 2007년 1월부터 공식적으로 ‘해양환경영향평가센터’(이하 ‘센터’라고 함)에서 그 역할과 기능을 수행해 오고 있다. 본 센터의 구체적인 기능은 환경영향평가법에 의한 해양부문 EIA(Environmental Impact Assessment 환경영향평가) 검토, 환경정책기본법에 의한 해

양부문 사전환경성 검토대상의 EIA, 해역이용협의 업무 중 일정 사업에 대한 EIA 등 평가서와 협의서 검토에 대한 고유 업무와 EIA의 제도적 운영방안 및 체제정립, 해양의 EIA 평가기법 개발, EIA 전문가 집단 구성 및 운용과 관련 자료의 정리 등이 있다. 또한 센터 자체적으로 사회·경제, 예측저감, 해양생물, 수질환경과 퇴적물 환경 등 5개 분야 분과위원회를 구성하고, 각 분과위원회에 현재 15명의 전문 검토위원을 구성해서 총 75명의 자문위원 pool로부터 검토의견을 종합해서 협의요청에 회신하고 있다. 검토절차는 협의서 및 평가서가 접수되면 필요시 검토위원 선정 및 검토의뢰, 현지조사 및 중요 사안 시 검토회의, 검토위원 의견 취합 및 종합분석, 그리고 검토의견의 작성 및 회신을 하고 있다. 이처럼 센터의 기능 및 법적지위는 수산자원, 어장 환경 등의 과학적 영향 등에 대해 전문적인 영향평가 검토기능을 수행하고 수렴한 검토의견을 제출하는 기관으로, 해역이용평가절차상의 정책적인 의견협의기관은 아니다.

따라서 해역이용행위로 인해 빈번히 발생하는 어업인 소득피해 및 민원발생 등의 문제점 및 대안을 제시하거나 어업인 소득향상 등과 직결되는 장기적인 수산정책에 대한 영향은 검토할 수 없기에 해역이용행위 허가 등을 관장하는 국토해양부는 해역이용행위에 대해 실질적으로 피해를 받는 어업인 소관부처인 농림수산식품부와의 협력이 필요하다. 검토기관의 평가·검토와 정부부처의 협의는 동일시해서는 안 되며, 해역이용영향 검토기관의 검토와 수산분야 주무부처인 농림수산식품부의 협의는 별개의 측면에서 접근이 필요하다.

제5장 관련법 개정을 통한 해역이용과 수산자원관리의 개선방안

위에서 지적한 문제점에서 언급한 바와 같이 해양수산 통합관리체제에서 해양환경과 수산자원관리가 부처가 이원화된 시스템 하에서는 어장·어업권 등이 형성되거나 농림수산식품부의 소관법률이 적용되는 곳에서 계획되는 이용행위에 대해서는 수산자원의 중요성과 그것이 미치는 부정적 영향 저감, 어업인의 의견수렴 및 생활권 보호를 고려하여 관

련 부처인 농림수산식품부의 의견을 반드시 반영하도록 관련법을 개정·신설함이 필요하다.

<표 6> 관련법 개정안

해당 법률	법률 개정사항
「해양환경 관리법」	<p>농림수산식품부장관의 의견을 들어야 하는 해역이용협의 등의 대상사업</p> <p>① 「수산업법」에 따른 공유수면 점·사용 ② 「어촌·어항법」에 따른 공유수면 점·사용과 공유수면 매립 ③ 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」의 수산자원보호구역에 영향 미치는 사업 ④ 「어장관리법」의 어장 및 어장관리해역에 영향 미치는 사업 ⑤ 「수산물품질관리법」상 위생관리기준에 적합한 지정해역에 영향 미치는 사업 ⑥ 「수산자원관리법」의 수산자원 조성·회복·관리 등에 영향 미치는 사업 ⑦ 기타, 국토해양부장관이 수산자원 및 어장에 중대한 영향을 미친다고 인정하는 사업</p>
「환경영향 평가법」 및 「환경정책 기본법」	<p>평가분야와 내용이 해양 및 어장·수산자원과 관련 있을 경우는 국토해양부 뿐만 아니라 농림수산식품부로도 협의요청 또는 의견수렴을 해야 함</p>

1. 환경영향평가법(환경영향평가)

평가분야와 내용이 해양부문과 관련 있을 경우에는 국토해양부 뿐만 아니라 농림수산식품부로도 협의요청 또는 의견수렴이 이루어져야 한다. 여기서 해양부문과 관련하여 수산자원의 평가분야 및 영향이 미칠 가능성에 대한 판단이 모호한 경우도 있겠지만 대부분 해양과 수산을 분리하여 고려할 수 있는 개발은 거의 없다고 보기에 국토해양부 협의 시 농림수산식품부도 협의의 대상으로 고려하면 합리적일 것이다.

<표 7> 환경영향평가법 개정안

현 행	개 정 안
<p>제17조(평가서의검토·보완) ①(생략)</p> <p>② 환경부장관은 평가서를 검토할 때 「정부출연연구기관 등의 설립·운영 및 육성에 관한 법률」에 따라 설립된 한국환경정책·평가연구원(이하“한국환경정책·평가연구원”이라한다)의 의견을 들어야 하고 그밖에 해양환경에 영향을 미치는 환경영향평가대상 사업 중 대통령령으로 정하는 사업의 경우에는 추가로 국토해양부장관의 의견을 들어야 한다.</p> <p>③ ~⑤ (생략)</p> <p>제18조(협의내용의 통보 등) ①환경부장관은 대통령령으로 정하는 기간이내에 평가서의 검토를 마치고 그 결과(이하“협의내용”이라한다)를 승인기관장 등에게 통보하여야 한다. 이 경우 환경부장관은 제17조 제2항에 따라 국토해양부장관의 의견을 들었을 때에는 그 협의내용을 국토해양부장관에게도 함께 통보하여야 한다.</p> <p>②·③(생략)</p>	<p>제17조(평가서의검토·보완) ①(현행과같음)</p> <p>②</p> <p>-----국토해양부장관과 농림수산식품부장관-----.</p> <p>③ ~⑤ (현행과같음)</p> <p>제18조(협의내용의 통보 등)①</p> <p>-----국토해양부장관과 농림수산식품부장관-----국토해양부장관과농림수산식품부장관-----.</p> <p>②·③ (현행과같음)</p>

2. 해양환경관리법(해역이용협의, 해역이용영향평가)

해역이용협의제도에서 수산자원에 영향을 줄 가능성이 있거나 농림수산식품부의 소관법률과 관련 있는 대상사업에 대해서는 처분기관에 의견을 통보하기 이전에 농림수산식품부장관의 의견을 반드시 듣도록 하는 개정이 필요하다. 농림수산식품부는 수산

유수면매립의 면허를 받은 것으로 보도
록 규정하고 있는 경우에도 해역이용협
의 절차를 거쳐야 한다. 다만, 다음 각
호의 어느 하나에 해당하는 사업과 관련
된 경우에는 그러하지 아니하다.

1. (생략)

2. 국방부장관이 군사상의 기밀보호가 필
요하거나 군사작전의 긴급한 수행을
위하여 필요하다고 인정하여 국토해양
부장관과 협의한 것으로서 국토해양부
장관이 정하여 고시하는 사업

③ 처분기관은 제1항의 규정에 따라 국
토해양부장관과 해역이용협의를 하려는
때에는 국토해양부령이 정하는 해역이용
협의를 제출하여야 한다.

④·⑤ (생략)

제85조(해역이용영향평가) ① 처분기관은
제84조에 따라 국토해양부장관과 해역이
용협의를 함에 있어서 해당 면허대상사
업 중 다음 각 호의 어느 하나에 해당하
는 행위가 대통령령으로 정하는 규모 이
상에 해당하는 때에는 그 행위로 인하여
해양환경에 미치는 영향에 대한 평가(이하
“해역이용영향평가”라 한다)를 국토
해양부장관에게 요청하여야 한다. 다만,
「환경영향평가법」 제4조제3항의 규정
에 따른 환경영향평가 대상사업 중 대통

1. (현행과 같음)

2. -----

농림수산식품부장관 및 국토해양부장
관-----
--

③ -----농
림수산식품부장관 및 국토해양부장관-----

④·⑤ (현행과 같음)

제85조(해역이용영향평가) ① -----
-----농림수산식품부장관
및 국토해양부장관-----

<p>령령으로 정하는 사업을 제외한다.</p> <p>1. ~ 4. (생략)</p> <p>② ~ ⑤ (생략)</p>	<p>-----</p> <p>-----</p> <p>-----.</p> <p>1. ~ 4. (현행과 같음)</p> <p>② ~ ⑤ (현행과 같음)</p>
-----------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------

제6장 결론

앞에서 검토한 바와 같이 어떤 형태의 해역이용이냐에 따라 수산자원 생태계 기반관리에 영향을 미치는 정도는 차이가 있다. 해역이용과 직접적으로 관련이 있는 농림수산식품부는 현행 법률에 의하면, 해역이용에 따른 협의기관에서 제외되어 있다. 해역이용으로 수산자원 생태계 기반 관리에 영향을 미칠 뿐만 아니라, 해역이용으로 인한 민원도 농림수산식품부가 주무부서로서 해결해야 하는 경우도 발생하고 있다.

따라서 해역이용행위 등에 있어 골재채취 등 수산자원 및 어장에 중대한 영향을 미치는 경우에는 사업자가 평가서 초안 작성단계에서 해역이용의 또 다른 주체인 어업인과 그 소관부처의 의견을 수렴하여 이를 평가서에 반영하도록 하는 것은 당연한 논리일 것이다. 의견을 반영하는 방법은 사업자에게 의견을 직접 제시하기 보다는 해역이용협의시 협의기관(국토해양부) 내부 검토단계에서 농림수산식품부의 의견을 수렴하도록 관계 법령 관련 법규의 개정이 필요하다.

참고문헌

- 조동오, 장학봉, 바다모래 수급실태 및 관리방안 연구, 해양수산개발원, 2003
- 엄기혁 외, 우리나라 연안준설 및 준설토 해양투기 현황 진단, 환경영향평가 제18권 제3호, 2009
- 이대인 외, 해양환경관리법상 해역이용영향 검토기관의 발전방향, 한국해양환경공학회지, Vol. 11. No. 1, 2008.
- 연안이용 및 개발에 따른 수산자원관리 실효성 제고를 위한 협의제도 개선방안, 한국수산과학회지, 41(5), 2008.
- 해양수산부, 해양생태계관리방안 연구, 2006
- 목진용, 해양환경관리법에 대한 고찰, 한국해법학회지, 제1호, 2008.

제3편 유류피해지역 등 연안수역 및
연근해 어장 환경개선사업의 추진방향

제1장 연근해어장 환경개선사업의 필요성

우리나라 주변해역에 대한 배타적 경제수역(EEZ)의 적용과 매립·간척 등으로 인하여 연안 어장이 축소되고 육상 및 해상기인 오염물질의 유입으로 어장환경오염이 가속화되어 어업여건이 날로 악화됨에 따라 어업과 환경간 조화의 필요성이 대두되고 있다. 따라서 어업과 환경의 상관관계에 대한 연구를 통해 연근해 어장 환경의 체계적인 관리와 지속가능한 어업생산기반의 조성이 국내·외적으로 절실히 요구된다고 할 수 있다.

어업생산 활동 중 고의로 배출하거나 부주의로 유실된 어망, 통발, 낚시줄 등의 폐어구는 바다에서 분해되지 않고 지속적으로 수산생물에 위협요소가 되고 있어 수산자원 회복을 저해하는 중요한 문제로 인식되고 있다. 특히 폐자망과 폐통발이 가장 위협적인 것으로 조사되어 있으며, 해저에 방치된 폐어구는 수산생물의 회유경로를 차단하고 산란장과 서식처를 파괴할 뿐만 아니라, 우리나라 주요어장에서의 어업생산 활동을 방해한다. 수산자원의 회복을 위해서는 이들의 산란장과 서식장의 생태공간 복원이 시급하며 그러기 위해서는 연근해어장 환경개선사업이 수산자원회복의 핵심 프로그램이 되어야 한다는 공감대 형성이 필요하다고 하겠다.

우리나라의 연안 양식어장은 반폐쇄성 연안 해역에 위치하는 특징을 가지고 있어 하천에 의한 오염물질의 유입과 유류유출 사고 등 매우 취약한 구조를 지니고 있으므로 오염 또는 훼손된 어장과 장기간 사용으로 노화된 어장에 대한 효율적인 환경개선이 필요하다. 특히, 허베이스피리트호 유류오염사고로 연근해 어장이 훼손되어 어업인의 소득원이 상실된 상황에서 지역특성 및 양식대상품종에 적합한 효과적인 어장환경개선사업을 추진함으로써 유용수산생물의 생산성 향상을 통해 어업인 소득터전 마련이 시급한 시점이다.

제2장 바다쓰레기 발생원인 및 실태

1. 발생원인

연근해 주요어장에서의 바다쓰레기는 강·하천, 해안가, 선박, 해상구조물 등 다양한 원인에 의해 발생하며, 바다에 유입·배출되면 빠르게 확산되고 침적시 육안관찰이 불가능하여 발생량 추정 자체가 어려우므로 외국에서도 공식적인 발생량 추정을 하지 않고 있는 실정이다. 이러한 바다쓰레기는 발생원인에 따라 크게 육상기인과 해상기인으로 구분할 수 있다.

<표 1> 발생원인별 주요 바다쓰레기

	발생원인별 주요 바다쓰레기
육상기인	<ul style="list-style-type: none"> ○ 집중호우, 홍수, 태풍시 하천, 강을 통해 유입되는 생활쓰레기 ○ 해변에 출입하는 관광객이나 연안거주자의 방치 또는 투기로 인한 폐기물
해상기인	<ul style="list-style-type: none"> ○ 어업활동 중 유실 또는 투기되는 어구, 어망 등 ○ 정치망 또는 양식어장에서 태풍 등으로 유실되거나 사용할 수 없어 버려지는 어구, 어망, 페스티로폼 등 ○ 선박 운항, 해양시설 이용 또는 해난사고로 발생하는 폐기물

육상기인 쓰레기는 홍수나 집중호우시 강을 통해 유입되는 생활쓰레기와 해변에 출입하는 관광객·연안 거주자의 투기 등으로 인해 발생하는 폐기물이며, 바다로 대량 유입되는 경우가 많아 현재까지도 사전 예방과 통제 기술에 한계를 보이고 있다. 제1차 해양쓰레기 관리기본계획(2009~2013)에 따르면 강·하천 또는 해안가로부터 유입되는 육상기인 폐기물의 연간 발생량은 109,400톤으로 추정하고 있다.

해상기인 쓰레기는 어업활동 중 유실 또는 투기되는 어구, 어망 등으로 연근해 양식 어업 등의 어업활동이 활발할수록 발생량도 많아진다. 폐어망 발생량은 일부 어선어업업종에서만 추정될 뿐 해역별, 어업별 침체된 폐어망 등의 발생량 파악이 어려운 실정

이다. 한국어촌어항협회의 설문조사(2004~2007) 결과에 따르면 폐어망은 연간 75,600톤이 발생되고, 이중 육상처리 되는 40%를 제외한 45,360톤이 해양 유입되는 것으로 추정되고 있다. 일반적으로 폐어망이 해상기인 쓰레기의 90%를 차지한다고 볼 때 이를 토대로 환산한 해상기인 쓰레기의 연간 추정발생량은 50,400톤이다(제1차 해양쓰레기 관리기본계획. 국토해양부·환경부·농림수산식품부·해양경찰청, 2008.11).

2. 피해사례

바다쓰레기로 인한 피해사례는 일상에서 수없이 많이 찾아볼 수 있다. 어망에 수산물과 함께 쓰레기가 걸려 올라와 어업활동 피해 및 수산자원의 품질 저하를 초래하고, 버려진 어구가 해양생물의 산란·서식을 위협하는 유령어업현상(ghost fishing) 발생으로 수산자원 및 어장생태계에 큰 피해를 주고 있다.

버려진 폐어구들은 파랑, 해류에 따라 이리저리 흔들리며 해조류와 저서생물의 성장과 움직임을 방해하거나 상처를 입힌다. 또한, 바다 밑에 가라앉은 바다쓰레기는 대개 합성재질로 해저면과 해수 사이의 물질교환을 차단하고, 빈산소환경을 만들어 생물 서식을 방해한다.

일단 바다로 들어간 쓰레기는 수거하고 처리하는데 육지에서보다 5배 이상의 비용이 들어간다. 잠수부를 고용하거나 중장비를 이용해서 수거해야 하고, 처리에 앞서 쓰레기에 달라붙은 담치나 굴, 따개비 등을 제거하고 소금기, 빨 등도 씻어내야 하기 때문에 재활용이나 소각, 매립에 어려움이 많다.

어망에 어획물만이 아니라 쓰레기까지 걸려 올라오는 경우가 자주 발생한다. 일일이 골라내야 하기 때문에 조업시간이 길어지거나 어망이 망가져 다시 구입해야 하는 경우도 생기며, 잡은 것을 가공할 때 작은 쓰레기 조각 하나라도 들어가지 않게 하려면 더 많은 작업이 필요하다. 이런 손해는 모두 어업인들이 입게 된다.

버려진 바다쓰레기는 바닷물 속에서 움직이며 바다새, 바다거북, 바다표범, 고래 등 희귀한 야생바다동물을 죽음으로 몰아간다. 밧줄, 낚시줄, 그물 등 별거 아닌 쓰레기라도, 동물의 다리, 목, 날개, 지느러미에 걸리면 생물들에게는 치명적이다. 버려진 통발은 바닥에 가라앉은 뒤에도 덮을 놓은 것처럼 생물들의 무덤이 된다. 유엔환경계획에

서 조사한 결과, 일년에 10만 마리 이상의 해양포유류, 100만 마리 이상의 바다새가 바다쓰레기 때문에 죽고 있다고 한다.

현재 어촌에서는 수산업 소득이 줄어들면서 어촌 관광이 새로운 수입원으로 떠오르고 있다. 아름다운 바닷가에 함부로 버려지거나 밀려든 쓰레기 때문에 청소비용을 지출해야 하는 반면 관광 수입은 줄어들어 연안지역 주민들은 직접 피해를 입게 된다. 쓰레기 없는 깨끗한 바다는 어촌관광이 살아나기 위해 가장 먼저 해결해야 할 과제이다.

1993년 300여명의 목숨을 앗아간 ‘서해페리호’ 사건은 프로펠러에 버려진 로프가 감기면서 배가 추진력을 잃고 뒤집어져서 일어났다. 우리나라 해양사고의 10분의 1이 바다쓰레기 때문에 일어난다는 조사결과도 있다. 아주 작은 쓰레기도 엔진고장을 일으킬 수 있다. 비닐 조각 같은 작은 쓰레기가 냉각수 유입관을 막아버리면 엔진을 과열시키고 더 큰 고장으로 이어진다. 바다쓰레기는 해상안전에도 치명적인 위협이 된다. 제주도의 경우 폐그물이 스크류에 감겨 선박이 표류하는 사고가 2008년 한 해 동안 17건이 발생하여 전체 해양사고의 19%를 차지했다(제민일보, 2009. 3. 23).

제3장 연근해어장 환경개선사업 추진현황

1. 추진경과

연근해 어장관리 추진경과를 간략히 살펴보면 사업적 측면에서는 1986년에 연안어장의 오염심화에 대처하기 위하여 수산업협동조합 주관으로 폐기물 수거 위주의 양식어장 정화사업이 시작되었고, 1991년에 「수산업법」에 의해 청소명령권을 가진 시·도로 이관하여 추진되었다. 1996년에는 오염이 심화된 만(灣)단위로 특별관리어장정화사업이 실시되었다. 1999년도부터 해양수산부의 수중침적폐기물 수거사업이 항만 및 국가어항을 중심으로 진행되고 2004년 이후에는 연근해 주요어장을 대상으로 해양폐기물 정화사업이 추진되었다. 2008년도 조직개편으로 해양환경 업무가 국토해양부로 이관되어 해양폐기물 정화사업을 추진하고 이와는 별도로 농림수산식품부에서는 2009년

부터 주요어장에 대한 연근해침적폐기물 수거사업과 유류피해지역 지원사업 등을 추진하고 있다.

법·제도적 측면에서는 1990년에 어장의 효율적인 이용·관리를 위하여 어장환경의 개선 등 필요한 조치를 명할 수 있도록 「수산업법」을 개정하고, 1995년에도 연안수역 환경개선을 위하여 ‘연안수역 정화사업계획’을 수립·추진하도록 「수산업법」을 개정하였다. 2000년에 어장환경을 보전·개선하고 지속가능한 어업생산기반을 조성함으로써 어업인의 소득증대를 도모함을 목적으로 「어장관리법」을 제정하였고, 2006년에 폐어구 적정처리 등 어업인의 어장관리의무를 강화하여 어장환경개선을 도모하기 위한 「어장관리법」을 개정하였다. 2007년에는 해양 분야에서의 환경정책을 종합적으로 추진할 수 있는 법적근거 마련을 위한 「해양환경관리법」을 제정하였다.

현 정부 출범 전에는 동일부처(해양수산부)내에서 연근해 어장을 포함한 해양환경관리가 전체적으로 이루어질 수 있었으나 해양수산부가 해체되면서 해양(어장)환경 관련 업무가 농림수산식품부와 국토해양부로 이원화되어 추진되고 있다.

2. 사업내용 및 추진실적

현재 추진되고 있는 연근해어장 환경개선사업으로는 농림수산식품부(지자체 보조사업 포함)의 연근해 침적폐기물 수거사업, 낚시터환경개선사업, 유류피해지역 지원사업, 불법어구철거사업, 양식어장 정화사업 등과 국토해양부의 해양폐기물 정화사업, 조업중 인양쓰레기 수매사업, 침체어망인양사업(해양쓰레기 수거사업) 등으로 구분할 수 있으며, 그간 한국어촌어항협회에서 수행한 사업은 다음과 같다.

□ 연근해 침적폐기물 수거사업(지방자치단체)

- 사업목적 : 연근해 어선어장 등의 침적폐기물(폐어구, 유실어구 등) 수거를 통한 환경개선, 지속가능한 어업생산 기반 구축 및 어업인 소득증대 도모
- 근거법령 : 수산업법 제84조 및 동법 시행령 제60조
- 지원내용 : 수산자원회복정책 추진수역 등의 침적폐기물(폐어구, 유실어구 등), 어

업에서 발생한 어촌 해안쓰레기 등 수거·처리

<표 2> 한국어촌어항협회 추진실적

연도	사업지역	집행액 (백만원)	수거량 (톤)	비 고
'09	경남도, 8개 시·군	5,657	1,660	

□ 낚시터 환경개선사업(지방자치단체)

- 사업목적 : 바다 및 내수면 낚시터의 환경 개선으로 쾌적한 생태환경 및 레저 공간 조성
- 근거법령 : 수산업법 제84조(보조 등) 및 내수면어업법 제17조(보조 등)
- 지원내용 : 환경정화 및 환경오염방지사업

<표 3> 한국어촌어항협회 추진실적

연도	사업지역	집행액 (백만원)	수거량 (톤)	비 고
'09	완도군 등 5개 시·군	533	40	

□ 유류피해지역 지원사업(지방자치단체)

- 사업목적 : 허베이스피리트호에 의한 유류오염피해를 입은 어장의 환경개선 사업 추진을 통한 수산자원 회복과 어업인 생계지원으로 어업인 소득증대 도모
- 근거법령 : 허베이스피리트호 유류오염사고 피해주민의 지원 및 해양환경의 복원 등에 관한 특별법 제10조 및 동법시행령 제17조, 수산업법 제84조 및 동법시행령 제60조
- 지원내용 : 마을어장 등 환경개선(어장바다 경운·준설·객토·투석, 어장내 통행로 조성, 어장 정리 등)과 조업어장 환경개선(유류오염어장의 폐어업 기자재 수거)

<표 4> 한국어촌어항협회 추진실적

연도	사업지역	집행액 (백만원)	사업면적	비 고
'09	태안군	500	136ha	

□ 불법어구 철거사업(농림수산식품부)

- 사업목적 : 생태계에 기반을 둔 수산자원회복시스템 구축 및 지속적인 어업 생산을 위한 수산자원회복계획의 추진
- 근거법령 : 수산업법 제59조(시설물의 철거 등), 제84조(보조 등), 국가계약법시행령 제26조제1항제8호“아”목
- 지원내용 : 수산자원회복계획 추진해역에서 조업기간 종료 후 방치된 불법어구 철거

<표 5> 한국어촌어항협회 추진실적

연도	사업지역	집행액 (백만원)	수거량 (톤)	비 고
'07	서해특정해역	500	222	
'08	왕돌초 주변해역	281	89	
'09	흑산도 주변해역 서해특정해역	700	319	
합 계		1,481	630	

□ 인공어초어장 폐기물 수거사업(국립수산과학원)

- 사업목적 : 인공어초에 걸린 폐어망 등 침적 쓰레기를 수거하여 지속적인 인공어초의 기능을 유지, 지속 가능한 어업환경개선 및 어민소득 증대에 기여
- 근거법령 : 기르는 어업육성법 제6조, 제9조
- 지원내용 : 인공어초에 걸린 폐어망 등 침적물 수거 및 처리비

<표 6> 한국어촌어항협회 추진실적

연도	사업지역	집행액 (백만원)	수거량 (톤)	비 고
'05	경남 외 1개소	432	36	
'06	경북 외 5개소	375	50	
'07	강원 외 5개소	366	52	
'08	제주 외 5개소	336	45	
'09	전북 외 3개소	247	36	
합 계		1,756	219	

□ 해양폐기물 정화사업(국토해양부)

- 사업목적 : 정화사업 대상수역 내 해양생물의 산란·서식장 파괴와 선박의 안전 운항 등을 위협하는 해양폐기물을 수거·처리하여 수산 자원회복 및 해양환경 보전
- 근거법령 : 해양환경관리법 제18조(해양환경개선조치), 제123조(권한의 위임·위탁) 및 동법 시행령 제95조
- 지원내용 : 연근해 해역 해양쓰레기 수거·처리, 항만 및 어항 구역내 수중침적 쓰레기 수거·처리, 습지보호구역 해양쓰레기 수거·처리, 해안가쓰레기 수거·처리

<표 7> 한국어촌어항협회 추진실적

연도	집행액 (백만원)	수 거 량(톤)		비 고
		계 획	실 적	
'99	609	1,076	1,138	106%
'00	1,634	2,658	3,434	129%
'01	1,996	921	1,380	150%
'02	1,785	1,170	1,383	118%
'03	3,095	1,698	1,828	108%
'04	3,484	1,056	1,948	184%
'05	3,523	1,562	2,292	147%
'06	3,251	1,240	1,560	126%
'07	4,562	2,259	2,393	119%
'08	3,346	1,344	1,497	111%
'09	5,800	2,000	3,424	171%
합 계	33,085	16,984	22,277	131%

□ 조업 중 인양쓰레기 수매사업(지방자치단체)

- 사업목적 : 어업인들로 하여금 조업 중 그물에 인양된 해양쓰레기를 항구로 되가져 오도록 함으로써 자발적인 해양 정화활동 참여를 유도하고 어업인의 의식 제고
- 근거법령 : 해양환경관리법 제18조(해양환경개선조치), 제119조(국고보조 등)
- 지원내용 : 어업인들이 조업 중 인양된 해양쓰레기 수매(국고 60%, 지방비 50%)

<표 8> 한국어촌어항협회 추진실적

연도	사업지역	집행액 (백만원)	수거량 (톤)	비 고
'03	부산 외 3개소	731	578	
'04	여수 외 5개소	1,054	1,445	
'05	보령 외 15개소	1,452	1,819	
'06	목포 외 14개소	1,842	2,920	
합 계		5,079	6,762	

□ 해양쓰레기 정화사업(지방자치단체)

- 사업목적 : 해양 동·식물의 서식산란장 등에 침체된 폐어망·어구 등의 수거를 통한 해양환경 개선으로 오염방지, 수산자원 보호 및 선박안전 운항 확보
- 근거법령 : 해양환경관리법 제18조(해양환경개선조치), 제119조(국고보조 등)
- 지원내용 : 해양생태계 변화 및 어장형성에 장애가 되는 바닷속 침체어망 등 해양쓰레기 수거·처리(국고 50%, 시·군비 50%)

<표 9> 한국어촌어항협회 추진실적

연 도	지 역	집행액 (백만원)	수거량 (톤)	비고
'00~'04	고성군	1,245	2,125	
'00	속초시	60	45	
'03~'05	울진군	1,508	484	
'03	양양군	60	41	
'03	경주시	83	39	
'04~'07	보령시	2,058	1,110	
'06	영덕군	1,036	314	
'06	울릉군	325	99	
'06	화성시	446	199	
'07	신안군	201	39	
'05~'07	인천시	9,383	8,526	
'08	보성군	189	262	
'08	태안군	12,273	15,794	
'09	신안군	57	85	
합 계		28,924	29,162	

3. 해양폐기물 수거작업 진행순서

사업 현장에서 이루어지고 있는 해양폐기물의 수거작업 진행 순서를 개략적으로 살펴보면 다음과 같다. 먼저 사업지역이 선정이 되면 사업 착수 전 현지 어업인과 유관기관이 참석하는 사업추진 협의회를 개최하고 사업현장의 어구 시설 현황과 현지상황을 파악하고 사업구간내의 어구철수, 어구표시 철거 등 사업추진에 차질이 없도록 관련 어업인에 홍보하게 된다. 또한 현지상황에 맞게 사업기간 및 사업구간을 확정하고 사업구역내의 포설된 어구에 대한 조치, 수거폐기물의 처리방안, 폐기물 일시 보관장소 선정 방안, 기타 사업추진을 위해 필요한 사항 등을 결정하게 된다.

전문 정화선단(폐기물해양수거업 또는 어장정화정비업 등록선박)이 현장에 배치되고 해양폐기물 수거사업을 수행하게 된다. 해상작업에서는 정화선박에 장착된 트롤윈치 드럼에 와이어로프를 감고, 와이어 로프 끝에 해저상태(빨, 암반)에 따라 특수 고안된

수거장치를 연결하고 수거사업 지역으로 이동하여 수거장치를 투하한다. 폐어구가 걸릴 때까지 2~3kt의 속도로 수거장치를 예인하되, 수거장치가 적절한 높이에서 예인될 수 있도록 조정한다.

선박 속도와 끝줄의 장력 상태변화로 폐어구가 걸렸다고 판단되면 선박을 정지시킨 후 트롤윈치의 힘만으로 천천히 인양하여 선미 갑판까지 끌어올린다. 올려진 폐어구들은 마대에 담아 차곡차곡 쌓아 놓게 된다. 이와 같은 수거작업을 하루에 수차례 반복한다. 수거된 폐기물은 해상운반 후 육상 하역하여 성상별로 선별 분리하여 재활용 가능한 것은 어업인이 우선 재활용하고 고철 등의 매각품은 매각하여 세입처리한다. 기타 폐목재, 폐어망, 폐플라스틱류 등의 가연성 폐기물은 폐기물 처리업체에 위탁하여 폐기물 처리 규정에 의거 처리하게 된다.

제4장 유류피해지역 오염어장 환경개선사업 추진계획

1. 기본방향

농림수산식품부에서는 2007년 12월 7일 허베이스피리트호 유류유출사고로 피해를 입은 어장을 다시 정상적으로 회복시킴으로서 어업인들이 생업을 계속할 수 있도록 하기 위하여 2009년 7월 30일 어장환경복원계획을 수립하였다. 어장환경복원계획은 2009년 11월 13일 특별법(허베이스피리트호 유류오염사고 피해주민의 지원 및 해양환경의 복원 등에 관한 특별법) 제10조에 따른 특별해양환경복원계획에 반영되었다.

농림수산식품부에서는 유류피해어장 복원 기본방향을 크게 세가지로 나누어서 설정하였다. 첫째, 어장 복원에 있어서 자연회복력을 최대한 활용하되, 부족한 부분은 정부 재정을 투입하므로서 자연회복을 촉진 또는 가속화 시킨다는 것이다. 따라서 현재까지의 어장환경 조사결과를 토대로 오염정도가 심하여 자연회복에 장기간 소요될 것으로 예상되는 어장을 중심으로 우선적으로 어장환경 개선 및 수산자원 복원사업을 진행시켜 나갈 계획이다. 둘째, 단계적인 어장복원을 추진한다는 원칙하에 회복속도가 빠르고 생업과 직결되는 어장을 우선적으로 복원 추진해 나갈 계획이다. 즉, 1 단계로서 「어장 환경개선」을 중점적으로 추진해 나가고, 다음단계로서 수산자원의

확대 조성 및 어장생산력 증진사업을 추진해 나갈 계획이다. 셋째는, 대상 어장 및 어종의 특성에 맞는 복원전략을 마련하기 위하여 「복원계획의 평가 및 보완」을 연동적으로 추진해 나갈 계획이다. 즉, 어장환경 복원사업 대상어장에 대하여 “사업추진 전과 사업추진 후”의 어장환경의 비교 평가를 통해 사업의 효율성과 실효성을 검증한 후, 복원계획을 지속적으로 보완하면서 사업을 추진해 나간다는 방침이다.

2. 세부추진내용

어장환경 복원계획은 유류피해 방제활동에 따라 외견상 어느 정도 정상화된 어장의 환경을 사고이전의 상태로 회복시킴으로서 수산자원량 증강을 도모하기 위한 것이다. 어장환경 복원계획을 구체적으로 살펴보면, 첫째, 어장환경 영향조사 및 복원 프로그램 개발 분야로서 이는 어장환경 복원사업의 효과를 조사하고 적절한 어장복원 방법을 개발해 나가기 위한 목적으로 추진되는 사업이다. 둘째, 조업어장 및 마을어장 등의 생산력 증진을 위한 어장환경 개선사업을 실시하고, 패류어장의 치패 자연발생 환경 조성사업을 실시하게 된다. 셋째, 어장복원의 효율성 제고를 위하여 사업의 홍보와 연구회 결성 등을 통한 사업내실화 방안을 강구해 나가는 것이다. 이를 요약해서 정리하면 다음과 같다.

□ 어장환경 영향조사 및 복원 프로그램 개발 분야

○ 어장환경 영향조사

- 목적 : 복원어장의 환경변화 결과를 모니터링 하여 복원사업 추진 보완 등 보조 자료로 활용
- 내용 : 어장 오염도, 어장별 생물 독성도 및 생물영향 평가, 수산물 안전성, 어종별 자원, 덕이생물 분포 등

○ 어장환경 복원프로그램 개발

- 목적 : 유류유출 사고어장에 대한 과학적이고 합리적인 복원모델을 개발·보급
- 내용 : 친환경적인 복원화 기법 연구, 해역별·어종별로 피해어장 복원 시범어장 지정·운영

□ 조업어장 및 마을어장 등의 생산력 증진 분야

○ 어장환경 및 생태계 개선

- 목적 : 조업어장 및 마을어장 등의 어장환경 복원 사업 추진
- 내용 : 조업어장 침적 어구 및 어망 등 수거, 연안 양식어장 경운·객토, 모래살포 등 환경개선

○ 패류자원 자연발생 환경 조성

- 목적 : 유류피해에 의한 모패(母貝) 폐사, 양식시설 철거 등으로 자연산란·번식이 절대적으로 부족한 양식어장에 인위적인 패류 치패발생 환경을 조성하여 양식어업 재개 도모
- 내용 : 굴, 바지락 등 우량 모패 이식·살포, 인공채묘장 조성, 패조류양식장 방치 항목 제거 및 투석 등

□ 어장복원의 효율성 제고 분야

○ 어장복원 등 정부지원정책 홍보

- 목적 : 피해어장 복원계획 등 정부정책을 홍보하여 어업인 등의 참여를 확대, 복원사업 효율성 제고
- 내용 : 언론매체 홍보, 영상물 및 홍보물 제작·홍보, 지원정책 워크숍 개최 등

○ 어장환경 복원사업 추진 내실화

- 목적 : 피해어장 복원 추진에 복원 전문가 및 어업인 참여를 확대하여 효과적인 복원사업 추진
- 내용 : 복원사업 추진 전반에 대하여 전문가, 연구기관, 피해대책위원회, 관련 업계 및 기관 합동 연구회 구성 등을 통하여 동 계획 보완 및 효과적인 추진

<표 10> 연차별 투자계획(단위 : 억원)

사 업 명	합계	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19
소 계	1,577	216	243	243	125	125	125	125	125	125	125
□ 어장환경조사 및 복원프로그램 개발	243	18	25	25	25	25	25	25	25	25	25
○어장환경 영향조사	95	5	10	10	10	10	10	10	10	10	10
○어장환경복원 프로그램 개발	148	13	15	15	15	15	15	15	15	15	15
□ 수산생물 서식생태계 개선 분야	1,334	198	218	218	100	100	100	100	100	100	100
○오염어장 생태계 개선사업	1,196	172	162	162	100	100	100	100	100	100	100
○피해어장 채묘환경 개선사업	129	25	52	52							
○피해어업인 지원정책 홍보	9	1	4	4							

※ 관계기관 협의 및 사업계획 변경 등에 의해 사업물량 및 금액이 조정될 수 있음

3. 환경개선사업 주요 공정 및 조사설계 방법

가. 오염어장 환경개선사업의 주요 공정

오염어장 환경개선사업에는 조업어장 및 마을어장과 채묘어장 등 종류별로 양식생물의 성장 향상과 위해요소를 제거하기 위한 사업이 주를 이루고 있다. 일반적으로 사업대상해역에서 간조와 만조 시기를 적절하게 선택하여 바지락과 굴 양식장에서는 돌 제거 및 운반작업, 패각 채집 및 운반작업과 모래살포작업, 평탄화작업, 어장바닥경운 및 바닥고르기 작업이 많이 이루어지고, 전복 및 해삼 양식장에서는 투석작업, 조업어장에서는 침체어망 인양작업, 일부 공유수면에서 필요에 의해 표토제거작업 등이 이루어진다. 지주식 해조류 양식장과 굴 채묘어장에서는 말뚝 제거작업이 이루어지고 있다. 참고로 허베이스피리트호 유류 사고 피해 당시 태안지역의 신두리와 의항리, 소근리 등에 있던 굴 채묘 양식장이 기름으로 오염되어 모두 철거된 바 있다.

<표 11> 오염어장 환경복원사업의 주요 공정

공 종	단위	투입장비
돌 제거 및 운반작업	m ³	크레인, 정화선, 인부, 덤프트럭, 굴삭기, 경운기
패각 채집 및 운반작업	m ³	크레인, 정화선, 인부, 덤프트럭, 굴삭기, 경운기
투석작업	m ³	사석대, 덤프트럭, 굴삭기, 예선, 대선
모래(황토)살포	m ³	골재대, 해상운반, 살포
침체어망 인양작업	ton	작업선, 크레인, 예선, 대선
표토제거작업, 평탄화작업	m ³	불도우저
어장바닥경운 및 바닥고르기	ha	트랙터, 경운기, 작업선
말뚝 제거	개	굴삭기, 작업선



[그림 1] 모래 살포 작업 - 바지락 양식장(만조 시)



[그림 2] 패각 채집 및 운반작업 - 투석식 굴 양식장(간조 시)



[그림 3] 돌 제거 및 운반작업 - 바지락 양식장(간조 시)



[그림 4] 말뚝 제거 및 운반작업 - 굴채묘 양식장(간조 시)

나. 조사·설계 방법

간조 시 마을어장의 어업 실태 및 시설 형태와 정확한 사업구역 등을 파악하기 위하여 위성위치추적시스템(GPS)과 카메라를 휴대하고 도보로 이동하거나 경운기, 소형 트럭 등을 이용하여 조사를 실시한다. 저질의 특성이 연성 저질이거나 수로 혹은 만조 시에는 소형선박을 타고 양식장 사이를 이동하면서 조사를 실시한다.

조업어장의 경우 자망이나 통발어업의 위해요소가 되는 침체어망 등을 수거하는 것이 주목적이므로 양방향 음파 탐사기나 인양틀 예인 조사 및 잠수조사 등을 수행하기도 한다. 현장 실태조사를 통하여 조사 대상 해역에 대한 어업실태 및 폐기물 발생 현황 관련 정보를 관할 어촌계 및 수협 등을 통하여 수집·분석하고, 분석된 자료를 바탕으로 각 조사 대상 해역에 대한 수거대상의 분포해역, 분포량에 대한 기초 자료를 작성한다. 표본조사(양방향 음파 탐사기 조사, 인양틀 예인 조사, 잠수조사, 육안 확인 조사 등)를 통하여 얻어진 자료를 분석하여 현장야장을 작성한다. 현장야장에 기록된

표본조사 폐기물량을 취합, 데이터베이스화하여 기초 물량표를 작성한다. 절차에 따른 조사방법을 간략히 소개하면 다음과 같다.

(1) 현장조사 준비

① 조사 대상 해역 도면 작성

② 문헌·통계자료 분석

⇒ 조사 대상 해역에 대한 현황, 어업권·양식장의 분포, 물때 확인

③ 사업수행계획 수립

(2) 현장 실태 조사

① 어업인 간담회

② 어업인 및 행정관계자 탐문·설문조사

⇒ 조사대상구역 재확정, 사업기간 확정

(3) 현장 표본조사

① 수중 - 인양틀 예인조사, 양방향 음파 탐사기 조사, 잠수조사

② 간조 시 - 육안확인조사, 방형구 격자 조사

(4) 자료 분석

① 현장 탐문·설문조사 자료정리 및 분석

② 현장 표본조사 자료정리 및 분석

③ 사업대상지 협의 및 선정

(5) 현장조사 자료집 및 사진첩 작성

(6) 사업 실시설계도서 작성

① 물량표 작성 ⇒ 사업량 산출

② 사업설계도 작성 ⇒ 사업대상 해역 확정

③ 설계설명서, 일반시방서, 특별시방서 작성

④ 적용기준(적용노임·기계경비·물가정보 등) 마련

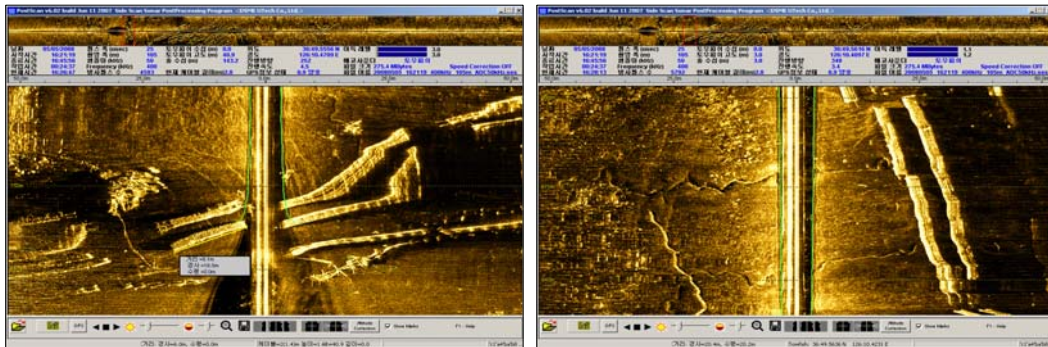
⑤ 산출근거 및 일위대가 작성

⑥ 설계내역서 작성

조사 대상 조업어장 해역의 해저면에 침적되어 있는 폐기물의 분포를 파악하기 위

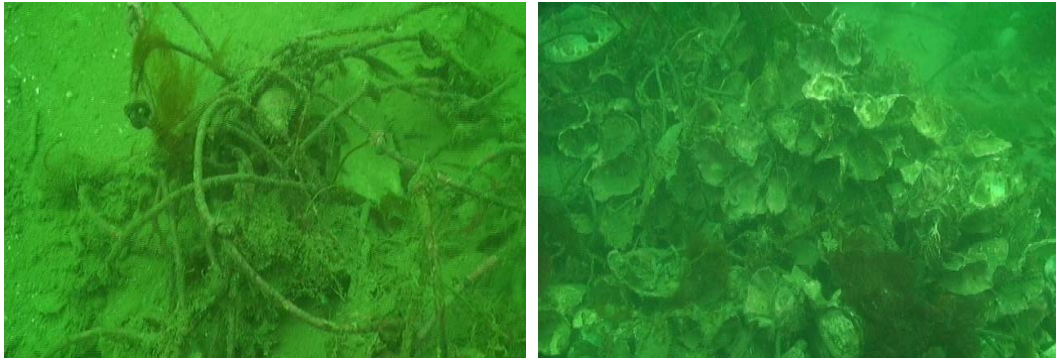
한 현장 조사 단계로서 양방향 음파 탐사기 조사, 잠수조사, 인양틀예인조사, 육안확인 조사 등의 방법을 선택적으로 사용한다.

양방향음파탐사기 조사방법은 표본조사와 전수조사 두 가지 방법으로 나뉜다. 일반적으로 표본조사는 일부해역에 대하여 조사 해역 전체를 개략적으로 조사하는 방법과 전체 해역 중 몇 군데의 섹터를 선정해 표본조사를 하는 방법 등이 있다.



[그림 5] 굴 채묘 양식장의 해저면 영상 - 만조 시

잠수조사는 스쿠버장비를 사용하여 실시하고, 잠수작업 시 안전을 위하여 비감압한계 이내의 해저 체류시간을 지킨다. 잠수사는 입수 전 조사방향을 결정하고, 입수 후 나침반을 이용하여 조사방향으로 진행하며 폐기물의 분포상태를 조사한다. 수중에서 시정에 따라 조사폭을 결정한 후 조사를 실시, 폐기물의 양을 파악하고, 조사 후 기초 물량표를 작성한다. 폐기물의 양과 조사면적 등을 입력하는 기초 물량표는 수중비디오 카메라로 촬영을 한 뒤 다시 촬영분을 보면서 작성할 수도 있고, 수중에서 메모판을 이용하여 기록하여 상승 후 옮겨 적었다가 작성할 수도 있다. 조사거리는 잠수사의 하강 및 상승 지점의 좌표를 수치해도에 입력해 계산하여 조사면적을 산출한다. 표본조사 면적과 폐기물량과의 비율을 통하여 일정구역 내의 폐기물량을 산출한다. 조사를 마친 후 조사좌표, 조사거리 등의 사항을 현장야장에 기입한다.



[그림 6] 페로프 및 탈락된 굴폐각

인양틀 예인조사는 관계 어업인, 관련 수협 등을 통한 설문·탐문조사결과를 토대로 조사 대상 해역을 재확정 후 실시설계에 반영되는 폐기물의 분포상태, 인양소요시간 및 작업선 작업효율 등을 산정하기 위하여 인양틀을 이용하여 인양틀 예인조사를 수행한다. 샘플링 조사 선박은 약 6~10톤 규모의 관할 지선의 선박을 활용하며, 기본적으로 폐기물의 인양이 가능한 롤러와 윈치가 탑재되어 있어야 한다. 조사 대상 어장 해역의 특성에 적합한 인양틀과 무게추와 일정길이의 로프를 기본 조사 장비로 한다. 일정 수심 이상의 해역이나 유속이 센 해역의 경우, 무게추는 조사선박이 진행할 때 인양틀이 바닥에서 뜨는 것을 방지하여 인양틀이 해저면을 충분히 탐색할 수 있도록 한다.

기본적인 샘플링 조사 방법은 조사 대상 해역을 등간격의 격자로 나누어 격자별 1회 조사하는 것을 원칙으로 한다. 조사 선박은 조류, 통발 및 자망 등의 조업 형태를 고려하여 대각선 방향으로 진행하므로 세로 혹은 가로 방향으로 진행하는 것보다 넓은 면적을 정확하게 조사할 수 있다. 조사 선박에는 선장 및 선원 외 2인의 연구원이 승선하여 조사 대상 해역으로 이동한다. 조사 위치에 도착하여 준비된 인양틀을 투하하고 위치정보를 확인한다. 평균 약 3knots의 속도로 진행하며 일정거리 혹은 일정시간동안 진행한 후 폐기물이 견인되면 인양하여 인양점의 위치정보를 다시 확인하고 폐기물을 인양한다. 폐기물이 인양되면 물량을 계측한 후 새로운 격자 출발점에서 인양틀을 투하하여 재조사를 실시한다.

육안 확인 조사는 잡석 및 패각의 분포량 조사를 위하여 방형구 표본조사를 수행한

다. 방형구법은 일정한 크기의 방형구를 제작하거나 규격을 사업 대상 구역의 면적을 고려하여 지정하고 수거대상의 종류와 양을 표본 측정하여 전체 사업 대상 구역 내 수거 잡석이나 패각 물량을 산정하는 방법이다. 일반적으로 물량이 많은 경우 5m × 5m를 기본단위로 하여 측정한다.

다. 조사·설계 방법의 적정성

오염어장 환경복원사업은 매우 다양한 환경에서 여러 가지 방법으로 수행되고 있다. 예를 들어 마을어장이나 채묘어장 환경복원사업에 대한 조사는 대부분 간조 시에 집중적으로 조사와 사업이 가능하므로 일일에 작업 가능한 시간이 3시간에서 4시간에 불과하여 매우 신속하고 정확하게 이루어져야 한다. 간조 시 수 km를 도보로 조사하려 갔다가 조사에 집중하느라 시간가는 줄 모르고 만조시간에 물이 차올라 급히 철수하는 경우도 간혹 있다. 저질의 상태도 다양하여 장화를 신고 조사하지만 연성저질인 경우에는 이동이 매우 어렵다. 이러한 경우 습지전용차량이나 경운기 등의 장비를 이용하여 이동하는 것이 최선의 방법이다.

사업 대상 시기의 정확한 확인은 조업어장에서도 반드시 필요하다. 유류피해지역의 어업인들 간의 의견이 상이한 경우가 많고 환경개선사업시기와 어업시기가 일치하는 경우가 있어 사업 추진 중에 다른 위치로 이동하는 경우가 발생하기도 하였다. 규모가 비교적 큰 사업을 진행할 때는 반드시 조사·설계와 환경개선사업 추진시 어업인 간담회 및 사업설명회를 개최하여 사업 전에 의견을 일치시켜야 한다.

또한, 사업 대상 범위를 정확하게 설정하는 것이 매우 중요한데 대부분의 서해안 마을어장이 그렇듯이 허가된 어장 좌표와 실제 생물의 종패를 살포한 곳은 차이가 있다. 이러한 문제점 때문에 반드시 현장 조사 시에 어촌계장이나 간사 등 해당 양식장의 위치와 범위를 잘 파악하고 있는 어업인의 동행이 필수적이다.

오염어장 환경개선사업 수행의 시급한 과제로 사업 효과의 분석과 사후 모니터링이다. 바지락 양식장에 모래를 얼마나 살포해야 바지락의 성장률이 가장 높아지는지, 전복과 해삼 양식장에 투석하는 돌의 크기와 돌의 간격, 배치 형태 등이 어떠한 영향을 미치는지에 대한 기초조사가 매우 부족한 실정이다. 과학적인 조사와 설계기준이 아직

까지는 없고 단지 어업인의 경험에 의존하여 실시되고 있는 실정이다. 조사와 설계를 수행하는 엔지니어링업체들은 단지 본 사업에 대하여 어업인의 요구대로 설계 후 예산만큼 모래살포량을 조절해서 설계를 완성하고 있다. 일부 구역에 시범사업지를 만들어 대조구와 실험구를 설정하여 과학적이고 체계적인 모니터링을 통한 결과를 얻어 당장은 아니더라도 수 년 안에 차기 사업 시에 적용될 수 있는 근거가 필요할 것이다. 지속적인 모니터링을 통하여 바지락 등에 가장 적합한 모래 살포량을 연구하여 정확한 설계기준을 설정하는 것이 필요하다.

제5장 연근해어장 침적폐기물 수거사업이 수산자원에 미치는 영향

1. 효과조사 연구사례

수산자원의 생산량이 감소 또는 낮은 수준으로 정체되고 있는 시점에서 수산생물의 산란·서식·생육장의 파괴, 유령어업으로 인한 유용자원의 지속적인 소실, 어업여건의 악화 등 수산업 전반에 악영향을 미치는 수중침적폐기물이 어장환경의 변화와 수산자원에 미치는 영향을 파악하는 것이 무엇보다 중요하다. 수산자원의 감소를 막기 위해서는 바다에 버려진 폐어구를 반드시 수거해야하며 이러한 연근해어장 침적폐기물 수거사업의 효율적인 집행과 관리를 위해서는 먼저 체계적이고 정확한 조사연구를 필요로 한다.

한국어촌어항협회가 2004년에 실시한 해양폐기물 정화사업 대상지역 중 왕돌초, 형제도, 고성군 지역과 연평도 주변해역에 대해 사업현장에서 국립수산과학원과 공동으로 수행한 연구 결과를 간략히 소개하면 다음과 같다.

가. 왕돌초, 형제도, 고성군 주변해역

- 경상북도 울진군 왕돌초 해역에서 수거된 폐어구에 걸린 수산생물자원은 주변해

역에서 어민의 주 소득원인 대게가 주종을 이루고 있었다. 수거에 의한 자원증강효과 중 직접적인 효과는 대게가 약 45.5톤, 어류가 약 2톤으로 추정되었으며, 간접적인 효과는 연간 약 2,063톤으로 추정되었다.

○ 강원도 고성군 거진 해역에서는 즐가시횃대(16.7%), 불불락(15.2%) 등의 어류와 갑각류인 대게(11.8%)가 폐어망에서 조사되었으며, 폐어구 수거에 의한 자원증강효과는 연간 약 1,226톤으로 추정되었다.

○ 남해안의 부산시 형제도 근해에서는 패류인 피불고둥(22.2%), 어류인 붕장어(16.67%), 셋돔(14.4%), 문치가자미(10.0%)가 폐어망에 조사되었으며, 폐어구 수거에 의한 자원증강효과는 연간 약 482톤으로 추정되었다.

참고로 직접효과는 유령어업으로 수산생물이 직접 걸려 폐사되는 양적인 개념이며, 간접효과는 산란치어의 폐사에 의해 산란 후 성어로 자라 자원으로서의 가입가능한 양이나 년중 반복적으로 걸려 폐사하는 질적인 개념을 의미한다. 계량화 비교가 가능한 침체어망 수거비용과 침체어망을 제거하였을 때 발생하는 직·간접적인 효과를 비교하면 <표 12>와 같다.

<표 12> 침체어망 수거비용과 침체어망 제거시 효과 비교표(단위 : 천원)

수역	수거비용(A)	효과추정금액(B)	B/A
왕돌초	1,186,290	27,075,587	22.8
고성	683,062	7,449,715	10.9
형제도	658,900	802,714	1.2
합계	2,528,252	35,328,016	14.0

침체어망을 제거하였을 시 투입금액에 비하여 전체적으로는 14배의 효과를 거둘 수 있는 것으로 나타났고 수역별로는 왕돌초 수역이 22.8배, 고성군수역이 10.9배, 형제도 수역이 1.2배 효과를 보일 것으로 나타났다. 수거효과가 해역별로 차이가 나는 것은 수산자원의 종류 및 분포에 기인한 것으로 보인다. 그러한 이유로 대게의 서식밀도가 매우 높은 왕돌초 수역의 수거효과가 가장 높았고, 수산자원의 분포 밀도가 낮은 형제

도 수역의 수거효과가 가장 낮았다.

나. 연평도 주변 해역

2004년도 연평도어장 수중침적폐기물 수거작업이 수산생물자원 및 해양환경에 미치는 영향에 대한 조사 결과를 소개하면 다음과 같다.

- 연평도 어장에 방치된 수중침적폐기물의 종류 및 양, 수중침적폐기물 중 폐어망에 부착된 생물의 종류 및 양, 그리고 수중침적폐기물 수거 전·후의 어장환경 변화특성을 파악하였다.

- 짧은 기간 내 한정된 사업비로 이루어진 조사결과를 종합적으로 고찰하면 표본 조사겨로가 폐어구 424톤에 조사 당시 19.8톤의 꽃게가 부착·폐사 양이 연평도 봄어기(3.20~6.30) 동안의 꽃게 어획량 84톤의 약 24%를 차지함으로써 수거작업에 의한 직접적인 꽃게자원의 증강효과는 최소한 현 어획량의 24% 이상일 것으로 판단되었다.

- 또한, 꽃게의 서식·산란에 악영향을 끼쳐오던 수중침적폐어구의 수거에 의한 꽃게의 산란·성장 및 가입이 원활히 이루어짐에 따른 자원증강효과는 향후 점진적으로 나타날 것으로 사료되었다.

- 그리고, 기타 수산생물의 자원소실 원인인 수중침적폐어구 수거에 의한 직접적인 자원증강효과 및 해적생물(불가사리 등) 구제에 따른 간접적 증강효과 역시 향후 자원변동에 주목할 필요가 있는 것으로 판단되었다.

- 환경변화 조사에서는 해수중 화학적산소요구량(COD), 용존무기인(DIP), 용존무기질소(DIN), 부유입자물질(SPM) 및 용존무기규소(Silicate)의 농도분포는 해양폐기물수거 전·후의 농도변화는 뚜렷하지 않았다.

- 표층퇴적물 중 화학적산소요구량(COD) 및 강열감량(IL) 및 산화발성 황화물

(AVS)의 농도변화 또한 해수 수질과 마찬가지로 뚜렷한 농도의 변화를 보이지 않았다.

- 이와 같이 수중침적폐기물 수거 전과 후 어장의 환경변화가 뚜렷하지 않는 것은 아마도 폐기물 수거 후 폐기물수거작업이 해역환경에 미치는 영향이 극대화되기 전에 조사가 이루어졌기 때문으로 보여진다.

한국어촌어항협회가 수행한 연구 사례를 소개하였으나, 이러한 연구가 대단히 부족한 실정이다. 오염된 수중의 퇴적물 수거에 대한 경제적 가치를 평가한 연구는 거의 존재하지 않는다(표희동, 2009). 어업생산성에 미치는 영향으로는 어장의 자연환경(수온, 조류, 생태환경 등), 기후·기상, 어획강도(어선세력 등)의 변화, 수산자원조성(인공어초·바다목장화, 방류사업 등), 어장환경개선사업 현황 등 다양한 원인이 복합적으로 작용하고 있다. 따라서 체계적이고 과학적인 연구를 통해 연근해어장 환경개선사업의 추진에 따른 수산자원 증강효과 및 어장환경 개선효과 등을 조사할 필요가 있다.

2. 오염어장 환경개선사업 효과조사

2007년 허베이스피리트호 유류유출사고 이후, 2009년도 7월 국토해양부가 특별해양환경 복원지역으로 지정·고시했던 충청남도과 전라북도, 전라남도의 12개 시·군의 해안 및 도서지역을 아우르는 6,474km²의 허베이스피리트호 유류유출 사고 피해 지역에 대하여 2010년도부터 2019년까지 기름 피해 지역의 복원사업이 본격적으로 시작된다. 농림수산식품부, 국토해양부, 환경부의 생태계 복원계획을 종합해 범정부 차원으로 추진되는 복원사업은 2010년도부터 농림수산식품부의 조업어장, 마을어장, 채묘어장에 대한 환경 개선사업으로 시작될 예정이다. 이와 연계하여 농림수산식품부에서는 유류유출사고의 직·간접적으로 피해를 입은 서해안 어업인과 국민들의 장기적이고 안정적인 소득원 마련을 위하여 국민에게는 친환경 수산물을 안정적으로 공급하고, 갯벌 수산물의 고부가가치화로 어촌의 소득원을 높이는 동시에 해외로의 수출 확대를 의화를 획득하는 ‘신갯벌어업’을 계획, 범국가적인 사업의 일환으로 추진하고 있다.

2010년 2월 보고된 ‘태안어장 정밀조사 및 복원사업’의 결과 중 서해안 갯벌 마을어장의 대표적인 생산품종인 바지락의 폐사율은 2008년 24.6%에서 2009년 4.7%로 급격하게 감소하여 유류오염으로 인한 문제는 크게 없는 것으로 파악되었다. 그러나 2008년도 바지락의 대량폐사로 인한 산란어미군의 감소를 극복하기 위한 지속적인 생산성 향상을 위하여 종패 씨뿌림 뿐만 아니라 모래살포, 객토, 경운 등의 부가적인 노력이 필수적이다. 오랜 세월 바지락 등의 생산성 향상을 위하여 다양한 사업들이 동반되어 왔지만 국가 예산의 지원에 힘입어 더 나아가서 어장환경 개선(복원)사업으로 인한 생산성 향상의 효과를 사업 전·후의 시기에 직접적으로 조사하여 피해 어민과 국민들에게 우리나라 서해안의 갯벌자원이 수산업 신성장 동력으로 개발, 확산시키는 계기가 되어야 할 것이다.

오염어장환경개선사업의 효과조사를 위해서는 유류피해지역 중 조사해역과 대상품종별 어장을 선택하고 각 정점별로 조사 횟수와 간격, 조사항목을 결정해야한다. 조사항목은 수질, 퇴적물, 부유생물, 대형저서동물, 저서미세조류, 사회경제적 타당성 등이 조사되어야 한다. 수질 및 저질의 결과분석은 사업의 시행 전, 중, 후로 나누어 데이터를 산출한 후 비교 검토하고 어장환경개선사업이 어장환경변화에 어떤 영향을 미치는지 효과를 분석한다. 해양생물의 조사도 마찬가지로 사업의 시행 전 중, 후로 나누어 종조성 및 현존량분석, 생태지수 산출 등을 통하여 사업의 시행 전, 중, 후의 데이터를 비교 분석하여 어장환경 개선사업의 효과를 분석한다.

양식장 환경 개선방법별 효과조사를 위한 조사대상지를 선택한 후, 품종별·환경개선방법별(경운, 객토, 모래살포, 투석, 저질개선제 살포, 기타 및 복합 방식)로 어장을 시험구와 대조구로 구획하여 연구를 실시하고, 그에 따른 효과를 비교·분석 평가하여 지역적 특성 및 품종에 맞는 어장환경개선 프로그램을 개발해야한다.

해저 경운에 의한 양식장 환경 개선방법은 유기물이 퇴적한 해저층을 경운기 또는 선박으로 예인 항해하여 저질 표층 퇴적물을 교반, 부상시켜 유기물의 분해를 촉진시켜 저질을 개선하는 정화방법으로 특히 COD(화학적 산소요구량) 감소에 큰 효과를 발휘하고 있다. 경운에 의한 방법은 빈산소 또는 무산소상태에 의한 미분해 유기물질을 물리적으로 산소와 접촉시키는 기회를 만들어 호기적 분해를 시켜 자연적으로 정화가 촉진되어 용존산소의 감소도 예상되며, 주변어장에 대한 2차 오염 문제를 야기

시킬 수 있는 단점이 있다. 효과조사 방법으로는 경운작업을 위한 작업선에 경운틀을 설치하여 선속은 일반적으로 평균 1.8knot(3,300m/hr) 정도로 약 90분 정도를 예인하여 경운 미구역인 시험구와 경운실시 지역 대조구로 나누어 실시하고 3개월을 주기로 1회씩 스쿠버다이버에 의한 시험구별 표본표시대내 패류를 수거 후 각 시험구별 성장도, 생존율, 비만도 및 수질, 저질, 기초 생물량 조사를 통해 개선효과를 조사할 수 있다. 또한, 행정구역별 경운에 의한 양식장 환경개선 효과 분석을 위하여 경운이 완료된 시험구의 경운 전 기초 생물량 밀도와 수질 및 저질 상태를 비교·분석하여 인근해역의 대조구와의 비교를 통한 어장환경개선 효과를 평가함과 동시에 경제성 평가를 실시할 수 있다.

객토(황토)에 의한 양식장 환경 개선방법은 오염된 퇴적물을 황토로 피복하여 용존산소 소비와 영양염류의 용출을 억제하는 방법이다. 선상에서 황토 (약 15%)를 현탁시켜 해저 약 5m까지 내려진 살포공을 이용해서 살포한다. 황토를 $1\sim 2\text{kg/m}^2$ 살포하면 퇴적물에 의한 용존산소 소비는 약 40%, 인산염의 용출은 약 50~90%가 억제되는 것으로 알려져 있다. 또한 황토는 현탁물을 응집해서 침강하기 때문에 저층 수층의 현탁물에 의한 용존산소 소비를 억제하는 결과가 되므로 빈산소 수피의 발생을 일시적으로 억제하는 효과를 기대할 수 있다. 적용해역은 흐름이 미약하고 국소적으로 오염이 진행된 곳, 빈산소 수피가 발생하는 해역 등이다. 어장의 환경개선을 위하여 황토의 살포는 주로 유기 혼탁물을 응집시키는 장점이 있으나, 양식장의 생물종을 고려하지 않은 과다 살포는 생물종의 산소소비 장애로 인한 성장정화와 폐사가 발생할 우려가 있다. 효과조사 방법으로는 객토(황토)에 의한 어장의 환경개선은 주로 살포식 패류양식장에서 주로 이용되는 방법으로서 시험어장 내에 대조구인 미객토구 1개 지역을 선정하고, 객토구는 황토량별 차등 시험을 위하여 용적으로 환산한 황토 살포 두께인 1cm, 3cm, 5cm두께로 각각 설정하여 각 시험구별로 어장 환경개선 상황 및 생물학적 비교 조사를 실시한다. 분석은 시험구와 대조구의 기초생물량, 수질 및 저질, 성장도, 생존율, 비만도를 비교하여 어장환경개선 효과를 평가함과 동시에 경제성 평가를 실시한다.

모래살포에 의한 양식장 환경 개선방법은 저질이 주로 사질로 이루어진 양식장에서 서식하는 패류(바지락, 백합 등)의 환경 개선방법으로 주로 이용되며, 양식장

환경 개선을 위한 방법(경운, 객토, 저질개선제 살포 등)과 병행하여 이용하면 개선 효과를 크게 볼 수 있다. 효과조사 방법은 양식생물이 서식하기에 적당한 생물학적, 수질 및 저질의 특성을 파악하여 현재 양식장으로 이용되고 있는 지역이나, 어장으로서의 기능을 상실한 지역을 선정하여 조사를 실시한다. 선정된 지역은 모래살포 미지역과 경운을 실시한 시험구를 각각 1개 지역씩 선정하고, 환경 개선을 실시한 대조구로 양식생물의 저질 잠입성을 고려한 모래살포 2개 지역(2cm, 5cm), 경운 후 모래살포 1개 지역(5cm)으로 구분하여 실시한다. 모래살포에 따른 환경개선 효과 분석은 시험구와 대조구의 기초생물량, 수질 및 저질, 성장도, 생존율, 비만도를 비교하여 어장환경개선 효과를 평가함과 동시에 경제성 평가를 실시한다.

투석에 의한 양식장 환경 개선방법은 해삼, 전복, 패·조류 양식장의 자원회복 및 서식환경의 개선방법으로 주로 이용된다. 효과조사 방법으로는 양식생물이 서식하기에 적당한 생물학적, 수질 및 저질의 특성을 파악하여 현재 양식장으로 이용되고 있는 지역이나, 어장으로서의 기능을 상실한 지역을 선정하여 조사를 실시한다. 선정된 지역은 투석을 실시하지 않은 대조구와 투석을 실시한 시험구로 각각 1개 지역씩 구분하여, 효과 조사를 실시한다. 투석에 따른 환경개선 효과 분석은 시험구와 대조구의 기초생물량, 수질 및 저질, 성장도, 생존율, 비만도를 비교하여 어장환경개선 효과를 평가함과 동시에 경제성 평가를 실시한다.

저질개선제 살포에 의한 양식장 환경 개선방법에서는 저질은 해양환경의 장기적인 영향을 나타내는 지표로서 저질환경의 악화는 수질에도 큰 영향을 미친다. 이 같은 저질환경을 개선하기 위하여 현재까지 알려진 개선 방법으로는 준설, 경운, 황토 살포, 산화철의 살포 등 여러 연구가 진행되어 왔지만, 효율적인 저질개선 방법에 대한 연구는 미흡한 실정이며, 개선에는 많은 시간, 노력 및 경비가 소요된다. 따라서 저질개선 물질을 이용한 저질개선 방법이 저렴하고 작업이 용이하여 널리 사용되고 있다. 저질개선제로는 황토, 생선회, 소석회, 조개가루 등이 연구되었다. 그러나 이러한 저질 개선제 중 황토의 경우는 대량으로 살포된 경우 해저 표면을 뒤덮게 되므로 장기간에 걸쳐 해저 생태계에 영향을 우려가 있고, 석회계의 경우 pH 변화와 자체 독성으로 피해가 발생할 수 있는 것으로 알려졌다. 이외에도 국내에서도 저질 개선을 위하여 제강 슬래그를 이용한 연구가 박 등(2000)에 의해 이루어지기도 했다. 효과조사 방법으로

양식생물이 서식하기에 적당한 생물학적, 수질 및 저질의 특성을 파악하여 현재 양식장으로 이용되고 있는 지역이나, 어장으로서의 기능을 상실한 지역을 선정하여 조사를 실시한다. 선정된 지역은 저질개선제 살포를 실시하지 않은 미지역인 대조구 1개 구역과 개선제 살포를 분말과 액상으로 구분하여 실시한 시험구 2개 구역으로 구획하여 효과 조사를 실시한다.

양식장 환경개선방법(경운, 객토, 모래살포, 투석, 저질개선제 살포, 기타 등)에 따른 직접효과는 어장생산성 증가에 얼마나 기여하는 가를 말하는 것으로서 이러한 직접 효과를 분석하는 방법은 여러 가지가 있다. 첫째, 사업시행 전과 사업시행 후의 품종별 단위면적 당 생산량을 비교하는 방법이다. 이러한 방법은 조사가 간단하고 잘 조사되었을 경우 가장 확실한 결과를 제시해 준다는 장점이 있으나, 환경개선 전후의 어업행위가 동일해야 한다는 조건이 충족되어야 하고, 정화사업 시행 전후에 어장생산성에 영향을 미치는 기타요인에 변화가 없어야 정확한 분석이 가능하다. 그러나 이러한 가정 내지 전제조건은 현실적으로 충족되기가 어려우므로 결과적으로 이 방법에 의한 효과분석 결과는 신뢰성을 확보하기가 어렵다는 단점을 가지고 있다. 둘째, 양식장환경개선과 양식장환경개선으로 인한 양식장 생산성 제고간의 인과관계를 계량적으로 측정하는 방법이다. 이 방법은 양식장환경개선이 생산성 제고에 직접적으로 기여할 경우 개선사업이 효과적으로 시행되었다 할 수 있으며, 이 경우 양식장환경개선과 생산성 제고간의 인과관계가 있다는 전제가 내포되어 있다. 이 방법은 논리적으로 매우 설득력이 있고 필요한 자료가 뒷받침될 경우 신빙성 있는 결과의 측정이 가능하다. 그러나 분석에 필요한 자료를 얻기 위해서는 상당한 시간과 경비가 필요하고 정화 전후의 조건이 같아야 한다는 점은 여전히 문제로 남는다. 환경인자와 단위생산량 간의 인과관계를 분석하고 대상 양식장의 환경인자 비율을 고려하여 생산증대 효과(경제적 효과)를 추정할 필요가 있다. 또한 이와는 별도로 통상 계량화 할 수 없는 비경제적 가치로 취급되는 양식장개선사업으로 인한 어업권자들의 만족도(사회적 효과) 여부를 설문지를 통하여 계량분석할 수 있다. 양식장 환경개선방법(경운, 객토, 모래살포, 투석, 저질개선제 살포, 기타 등)별 효과조사를 실시하여 사업대상지역의 기초 생물량, 수질 및 저질의 변화를 비교 평가하여 수산업의 지속적 녹색성장 도모를 위한 환경개선 모델을 개발해야 한다.

오염어장에 대한 환경적 요인(수질 - pH, 수온, 염분농도, DO, 저질 - COD, T-N, T-P, H₂S)과 양식장 생산성과의 상관관계를 분석하고, 서식생물에 대해서는 자원량, 서식밀도와 함께 환경변화에 함께 출현하는 종에 대한 다양성을 동시에 조사한다. 양식장 환경개선사업 후 당해 어장에 있어서의 장기적인 어장생산성을 추정하는데 필요한 환경지표의 변화와 서식밀도 또는 어장 생산성과의 상관관계를 분석하여 오염어장 환경개선사업의 효율적 추진방안을 강구해야 한다.

제6장 효율적인 사업추진을 위한 개선 방안

연근해어장 환경개선사업이 효율적으로 추진될 수 있도록 개선방안을 몇 가지 제안하고자 한다.

○ 연근해어장 환경개선사업에 대한 효과조사 및 지역별·어장별 표준화 모델을 제시할 필요가 있다. 대상어장의 환경변화 상태를 모니터링하기 위하여 수질 및 저질조사 뿐만 아니라 지역별 어장오염도, 어장별 생물 독성도 및 생물영향 평가, 수산물 안전성, 먹이생물 분포, 폐어구에 의해 소실되는 자원의 종류, 소실자원의 순환기간 등과 환경변화와의 상관관계 등 면밀한 조사계획의 수립과 시행이 필요하다. 또한, 마을어장 및 양식어장의 생산력 증진을 위한 각종 어장환경개선방법의 비교 연구를 통해 지역별·어장별로 가장 적합한 어장환경개선사업의 모델을 제시해야 한다.

○ 쾌적하고 생산성이 높은 어장환경 조성을 위해 어업인에 대한 교육을 강화할 필요가 있다. 현재 바다쓰레기와 관련된 문제의 심각성에 대해 어업인 교육이 전무한 실정이다. 어업인의 인식과 실천 전환을 위한 체계적인 교육홍보 추진 방안과 교육 자료를 개발하고 우선 자망, 통발 등 어업빈도가 높은 유형을 우선적으로 교육하고 어업 및 어촌에 대한 이해도가 높은 전문 강사를 발굴하여 장기적으로 접근해 나가야 한다. 또한, 정부와 지자체가 시행하는 사업이 성공적으로 추진되기 위해서는 정부의 지속적인 노력과 관심도 필요하지만 그에 못지 않게 어업인들과 관계기관 및 단체의 협조가 절대적으로 필요한 실정이다. 예를 들어 어장환경 개선사업 시기가

어기(漁期)와 맞물려 있을 때 어업인들이 이해와 협조가 없으면 동 사업의 원만한 추진이 곤란하게 된다.

○ 현재 침적폐기물 우심지역을 위주로 실태조사 및 실시설계 후 일정기간 영리업체를 통해 수거하는 단발성 사업으로 추진되고 있어 전국단위의 어업활동을 상시적으로 지원하는 정화시스템이 갖춰지지 못하고 있는 실정이다. 따라서 각 해역별·해구별 어선세력, 조업현황, 정화실적, 실태조사나 연구·통계자료를 강화하여 장기적이고 체계적인 관리기반이 구축되어야 하겠다.

○ 양식장 환경 개선방법의 원활한 수행을 위해서는 어업인들의 자발적인 협조가 무엇보다 중요하다. 어업인들도 개선사업의 필요성이나 효과에 대해서는 공감을 하고 있으나 사업으로 인해 양식물의 채취를 못하게 된다는 현실적인 문제로 인해 개선사업을 선뜻 수용하지 않는 사례도 많다. 따라서 어장휴식년제와 환경개선사업을 동시에 시행하도록 할 필요가 있다. 어장휴식기간 중 양식장 환경개선사업을 시행할 경우 양식물 및 양식시설 철거에 따르는 문제점 해소가 가능하여 사업을 적기에 시행할 수 있을 것이다. 오염어장 환경개선사업 시행시 조사 및 설계 전문업체에 대해서는 대상지역의 수질상태와 서식생물 조사 외에 오폐물의 위치와 물량 등까지 조사토록 함으로써 시행공구의 정확한 파악과 함께 개략적인 사업비 추산이 가능토록 하고 빈번한 사업설계 변경을 최소화 할 수 있도록 해야 할 것이다.

○ 10년 이상 정부, 연구소, 민간단체가 나서서 바다쓰레기를 줄이기 위해 노력해 왔지만, 이 문제는 현대사회의 대량생산과 대량소비의 산업구조에서 비롯된 것이어서 단기간에 해결할 수 있는 획기적인 방안을 내놓기 어렵다. 바다쓰레기의 많은 부분이 육지에서 흘러 들어오기 때문에 육지로부터 바다로 쓰레기가 들어가지 못하게 먼저 관리하고 예방해야 한다. 하지만, 우리나라에서는 어업관련 쓰레기가 세계 평균에 비해 훨씬 많은 것이 현실이다. 바다에 유입된 해양쓰레기를 수거하는 사후처리체계보다는 사전 예방적 차원의 폐기물 유입차단시스템 강화, 어구관리시스템 운영 및 교육·홍보 등을 통해 해양폐기물 발생을 최소화하는 노력이 필요하다. 또한 대부분 국

비지원에 의존하는 사업추진체계보다는 어구실명제 도입, 유역책임관리제를 통한 비용 분담 등을 통해 오염원인자의 책임을 강화할 필요가 있다.

○ 2008년도 정부 조직개편으로 해양환경 업무가 국토해양부로 이관되었으나 연근해 조업어장과 마을어장 등에 대해 집중적이고, 체계적인 관리가 곤란한 실정이다. 연근해어장 환경관리체계를 정립해야 할 시점이다. 관련 법·제도의 정비를 통해 면허 및 구획어업, 어선어업어장, 양식어장, 항만 및 어항, 일반해역 등 체계적으로 정화·관리될 수 있도록 정비체계를 개선해야 한다. 또한, 황폐화된 어장에서 수산자원회복과 지속가능한 어업기반조성을 위해 정부 부처간 협의를 통해 어장환경관리업무를 일원화하거나 효율적으로 지원하는 기능과 역할을 보강하여 종합적인 네트워크 체계를 구축할 필요가 있다.

참고문헌

- 국토해양부·농림수산식품부·환경부·해양경찰청, 「제1차 해양쓰레기 관리기본계획 (2009~2013)」, 2008.
- 국토해양부, 「2009년 해양폐기물 분포 및 실태조사」, 2009.
- 표희동, 「해양오염 퇴적물 정화사업의 어업자원회복 및 수산물 소비회복효과분석」, 2009.
- 유민석, “허베이스피리트호 유류피해어장 복원사업 추진계획”, 어항어장지, 통권 제90호, 2010.
- 한국어촌어항협회, 「설문조사에 의한 해양폐기물 발생량 추정 및 침체어망 수거에 따른 효과분석」, 2004.
- 해양수산부, 연근해 주요어장에 대한 해양폐기물 분포 및 실태조사(Ⅲ), 2005.
- 국토해양부, 해양환경관리공단, 한국해양구조단, 해양쓰레기 관리 성과와 도전, 2008.
- 남정호, 해양쓰레기의 국가 간 이동에 대한 정책방향 연구. 한국해양수산개발원, 2004.
- 한국해양수산개발원, 연안어장의 효율적 관리를 위한 중장기 정책방향 연구, 2006.
- 해양수산부, 어장정화사업의 효과분석 및 추진방안 연구, 2004.
- 국립수산과학원, 노후 양식어장의 효율적 저질 개선 방안 연구, 2003.