

Original Article

해양환경영향평가에 따른 어류 및 수산자원 항목의 평가실태 분석 및 개선방안

여민유¹ · 김진구² · 이대인^{3,†}

¹국립수산과학원 해양이용영향평가센터 연구원

²부경대학교 자원생물학과 교수

³국립수산과학원 해양이용영향평가센터 연구사

Analysis and Improvement of Marine Fish and Fishery Resources based on the Environmental Impact Assessment Items by Ocean Developmental Project

Min-Yu Yeo¹, Jin-Koo Kim², and Dae-In Lee^{3,†}

¹Scientific Researcher, Marine Environmental Impact Assessment Center, National Institute of Fisheries Science, Busan 46083, Korea

²Professor, Department of Marine Biology, Pukyong National University, Busan 48513, Korea

³Scientific Officer, Marine Environmental Impact Assessment Center, National Institute of Fisheries Science, Busan 46083, Korea

요 약

본 연구에서는 해양이용·개발사업에 따른 어류 및 수산자원 평가항목(난·자치어 포함)의 작성실태를 중점적으로 파악하기 위해 최근 2년간(2017년~2018년) 검토한 해양이용협의서를 분석하였다. 공유수면매립과 바다골재채취 등 개발사업으로 인한 최종적인 영향과 피해 및 갈등은 어장환경과 수산자원분야에 집중되지만, 다른 조사항목에 비해 어류 및 수산자원과 관련된 평가는 매우 부족하였다. 어류 및 난·자치어의 경우, 대상해역의 기본적인 현황파악이 미흡할 뿐만 아니라 조사시기 및 정점과 조사어구 및 분석방법이 적절하지 못한 것으로 나타났다. 또한, 예측은 근거가 매우 부족하며 저감대책은 오탉방지막 설치 등의 단편적인 방안을 제시하고 있고, 사후모니터링은 대부분 수협 계통판매자료를 활용하는 등 평가결과의 수용성이 낮은 것으로 분석되었다. 이러한 문제점을 개선하고 향후 합리적인 영향평가를 유도하기 위해서는 직접 현황조사의 강화, 조사시기 및 채집방법의 개선, 적정 조사정점의 선정, 조사결과의 신뢰성 향상 및 대책의 실효성 강화, 평가서 작성규정의 개선과 조사결과의 검증에 활용되는 정보시스템의 구축 등 제도개선이 필요하였다.

Abstract – This paper analyzed the assessment status of fish and fishery resources items include fish egg and larvae to understand marine environmental impact assessment on the Sea Area Utilization Consultation according to the ocean developmental project, last 2 years. The consequence of damages and impacts from the developmental projects such as public waters reclamation and marine sand mining tend to emerge in the fish farms and fishery resources mainly, but in-situ survey and impact assessment related to these items were insufficient compared to other items such as physical, chemical, pelagic and benthic ecosystem factors. In case of fish, fish egg and larvae, not only the information of basic current situation was insufficient, but also the survey time, sampling and control site, as well as methods were inappropriate. In addition, the predictions and reduction measures after construction were very limited, and post-monitoring for actual verification was unreasonable. In order to improve these problems of marine environmental impact assessment and induce a reasonable assessment in the future, improvement of the statement regulations and establishment of information system related to field data based on fishery resources are necessary.

Keywords: Sea Area Utilization Consultation(해양이용협의), Ocean Developmental Project(해양개발사업), Fish and Fishery Resources(어류 및 수산자원), Marine Environmental Impact Assessment(해양환경영향평가)

[†]Corresponding author: dilee70@korea.kr

1. 서 론

현재 해양공간계획이 도입·시행됨에 따라 개발계획과 관련된 체계적인 해양공간관리의 중요성이 대두되고 있다. 「공유수면 관리 및 매립에 관한 법률」에 따른 바닷가와 바다를 포함한 공유수면에서 일어나는 이용·개발사업은 그 유형과 규모, 해당 해역의 특성 등에 따라 해양환경에 미치는 직·간접적인 영향 범위와 정도가 다르다. 최근에는 바다골재채취, 해상풍력발전 등을 포함한 신재생에너지 사업과 해저자원개발 등으로 사업유형이 다양화, 대형화, 누적화되면서(Lee et al.[2016]), 해양 물리학적, 지질학적, 화학적, 생물학적 영향이 다양하게 나타나고 있다. 이에 따라 사업시행 이전에 합리적인 환경영향평가와 실효성 있는 대안·대책의 중요성이 강조되고 있다.

우리나라에서는 해양에서 일어나는 행위나 사업에 대해 사전에 영향을 평가하고 대책을 수립하는 정책수단으로 해양수산부 주관의 해역이용협의·영향평가제도가 운용되고 있으며(Lee et al.[2011]), 환경부 주관의 환경영향평가제도에서도 해양환경에 영향을 미칠 경우 해양수산부의 의견을 들도록 규정되어 있다. 영향평가제도에서는 현황조사, 예측 및 저감방안과 사후모니터링의 기본적인 체제하에 해양물리, 화학, 퇴적물, 지형·지질, 부유생태계, 저서생태계, 난·자치어, 어류 및 수산자원 등 주요한 항목을 평가하도록 규정하고 있다. 전반적인 평가실태를 파악해보면, 물리, 수질·저질, 부유 및 저서생태계에 대해서는 직접적인 조사와 문헌인용을 통해 정성적이고 정량적인 평가가 어느 정도 이루어지고 있는 실정이다.

지금까지 해양개발에 따른 환경성평가제도와 연관된 다양한 연구가 진행되었지만, 대부분 물리·공학적인 조사·예측, 수질·저질특성과 변화와 부유사 확산 및 해양환경평가 개선방안 등의 연구가 주를 이루었으며(Kim et al.[2013]; Jeong et al.[2017]), 또한 폐기물의 최종처리장 건설, 화력발전소 건설 및 해양매립사업과 같이 특정 개발사업에 따른 단편적인 현황과 환경평가 등에 연구의 초점이 맞추어 졌다(Lee et al.[2019]; Maeng et al.[2017]; Jang et al.[2007]). 그러나, 수산업측면에서 중요한 난·자치어 및 어류·수산자원에 미치는 영향과 관련된 현황조사의 실태와 문제점 분석 및 제도개선과 관련한 연구는 매우 부족한 실정이다.

해양개발사업의 대부분은 연안역에서 이루어지고 있으며, 연안역은 양식장 등 어장이 위치할 뿐만 아니라 육상으로부터 유입되는 다량의 영양염류와 다양한 서식환경 조성으로 인해 수산생물의 주요 성육장과 산란장을 형성하여 수산자원학적으로 매우 중요한 역할을 한다(Hajisamae and Chou[2003]; Song et al.[2012]). 또한, 배타적 경제수역(EEZ)에서도 어업을 비롯한 다양한 해양자원의 탐사·개발·이용 등이 이루어지고 있다. 해양개발사업에 따른 영향은 생태계 구조상 먹이사슬을 따라 최종적으로 어류 및 수산자원으로 이어져 수산업에 직접적 피해를 일으키게 되며, 핵심 이해당사자인 어업인과는 마찰이 빈발하고 있는 상황이므로 개발사업에 대한 해양환경영향평가 시 수산자원 및 어업실태 분석 등이 중요한 평가 요소가 될 수 있다.

특히, 1년에 약 2,500건 이상 이루어지는 해역이용·개발에 따른 각종 협의서와 평가서가 작성되고, 난·자치어 및 어류를 포함한 수산자원에 대한 조사·평가가 실시됨에도 불구하고 다른 항목에 비해 평가가 미흡한 상황임을 고려하여 환경성평가제도의 개선측면에서 보다 정확한 실태파악이 요구되고 있다. 따라서, 본 연구에서는 최근 해양환경영향평가 단계에서 이루어진 법정 평가서 등을 분석해서 난·자치어와 어류 및 수산자원과 관련된 조사항목의 평가실태와 문제점을 파악하고, 향후 합리적인 영향평가를 유도하고, 문제점을 개선하기 위한 방안을 제시하였다.

2. 재료 및 방법

본 연구에서는 해양환경관리법에 따른 해역이용영향검토기관에서 검토한 자료를 분석하여 영향평가의 실태를 파악하였다. 최근(2017년~2018년)의 현황조사 실태 등을 구체적으로 파악하기 위해 검토기관에서 높은 빈도로 검토되고 있는 일반해역이용협의서를 분석하였으며, 주요한 사업유형(공유수면매립)에 따른 난·자치어와 어류·수산자원 항목의 평가사례를 분석하기 위해 해당 사업의 환경영향평가서를 고찰하였다. 또한 평가서의 협의과정에서 제시된 주요 검토의견을 분석하였다. 이러한 기초 분석자료 등을 활용하여 평가실태 진단 및 문제점 도출 그리고 개선방안을 제안하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 해역이용개발사업 검토 유형과 건수

최근(2017년~2018년) 해역이용검토기관으로 요청되는 개발사업의 규모를 파악하기 위해 해역이용협의서(간이, 일반), 해역이용영향평가서, 환경영향평가서의 실적을 분석하였다. 2017년에는 307건, 2018년에는 303건이 검토되었으며, 그 중 일반해역이용협의서의 비율(약 62%)이 가장 높았다. 개발사업 주요 유형으로는 간이 해역이용협의서의 경우 물양장 정비, 방파제 설치, 선착장 조성 순으로 많았으며, 일반해역이용협의서의 경우 어항시설 건설, 공유수면 공작물 설치 및 제거가 많았다. 해역이용영향평가서의 경우에는 2017년에는 1건도 없었으며, 2018년에는 바다골재채취사업이 3건 있었고, 환경영향평가의 경우 에너지 개발, 관광단지 개발, 산업단지 개발 순이었다(Table 1).

3.2 해양환경영향평가의 문제점 분석

3.2.1 직접 현황조사의 부족

일반해역이용협의서를 대상으로 직접조사와 간접조사(문헌인용) 그리고 미 조사 비율을 분석하여 제시하였다(Table 2). 직접조사는 해양조사항목 6가지(화학, 퇴적물, 동·식물플랑크톤, 조해대생물, 난·자치어, 어류 및 수산자원)에서 한 가지 항목이라도 현장조사를 수행한 것을 나타내었다. 분석결과, 전체 사업건수 대비 직접조사의 비율은 평균 70%, 간접조사 17%를 나타냈으며, 조사를 실시하

Table 1. Annual review cases of statements related to marine environmental impact assessment

Classification		Year		Developmental types
		2017	2018	
Sea Area Utilization Consultation	Simple	49	53	Small artificial structure installation and removal
	General	192	187	Installation of fishing harbour facilities, Artificial structure installation and removal
Impact Assessment of Sea Area Utilization		0	3	Marine sand mining
Environmental Impact Assessment		66	60	Energy development, Tourism complex development, Industrial complex development
Total		307	303	

Table 2. The status of direct and indirect survey of marine impact assessment items in general statement of Sea Area Utilization Consultation

Classification	Year		Total	Average (%)
	2017	2018		
Annual review cases of statements	192	187	379	190 (100%)
Direct survey / Field	135	132	267	134 (70.5%)
Indirect survey / Literature citation	36	30	66	33 (17.4%)
Non-survey	21	25	46	23 (12.1%)

Table 3. The status of direct survey in assessment items related general statement of Sea Area Utilization Consultation

Assessment items	Annual field survey		Total	Ratio (%)
	2017	2018		
	135	132	267	
Water quality	130	129	259	97%
Marine sediment	130	130	260	97%
Zooplankton & phytoplankton	130	129	259	97%
Fish egg & larvae	120	109	229	86%
Benthic ecosystem	130	130	260	97%
Fish & fishery resources	6	12	18	7%

지 않은 경우는 12% 정도로 나타났다.

일반해양이용협의서 중 직접조사를 실시한 267건에 대해 조사 항목별로 현황을 파악한 결과(Table 3), 화학, 퇴적물, 동·식물플랑크톤, 저서생물은 대부분 직접조사가 이루어진(95% 이상) 반면, 어류 및 수산자원의 경우 18건만 직접조사를 실시하였다(약 7%). 난·자치어의 경우 대부분 동·식물플랑크톤 조사와 동시에 수행되기 때문에 비교적 직접조사가 많이 이루어지는 편이었다(약 86%). 어

류조사의 경우 현장조사 보다는 간접 문헌조사가 대부분을 차지하기 때문에 대상지역의 현황파악이 충분히 이루어지지 못하고 있는 실정이다.

3.2.2 조사시기의 비 적절성

난·자치어 및 어류·수산자원의 조사시기를 분석한 결과(Fig. 1), 월별로는 2월에 39건(난·자치어 33건, 어류·수산자원 6건)으로 가

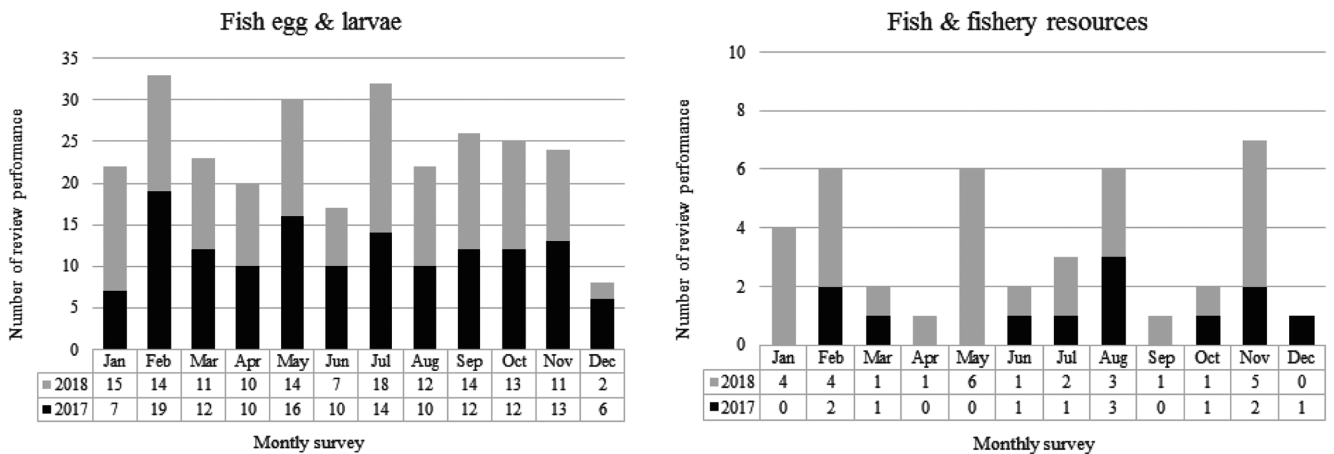


Fig. 1. The status of monthly survey of fish and fishery resources assessment items related general statement of Sea Area Utilization Consultation.

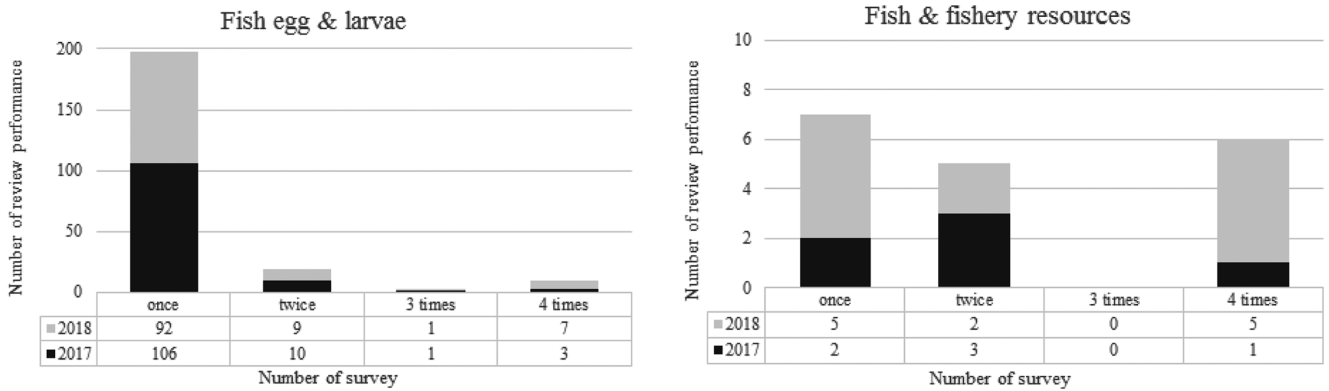


Fig. 2. The status of survey of fish and fishery resources assessment items related general statement of Sea Area Utilization Consultation.

장 많았으며, 12월에는 9건(난·자치어 8건, 어류·수산자원 1건)으로 가장 적은 조사가 이루어 졌다. 조사시기는 특정 시기에 집중되어 있지 않고 전반적으로 다양하게 분포하고 있는 양상을 나타내고 있었으나, 대부분 1회 조사를 실시하고 있으므로 계절별 분포현황을 파악하기에는 부족한 실정이었다(Fig. 2). 조사시기에 따라 종조성과 우점종이 크게 달라질 수 있으므로 해역이용협의서의 경우라도 향후에는 조사를 강화하는 방안이 필요한 것으로 나타났다. 참고로 해역이용영향평가서의 경우에는 계절별 조사가 원칙이다.

3.2.3 조사어구 및 분석방법의 구체화 부족

난·자치어 채집도구의 경우 Cornical 네트가 가장 많았으며(약 38%), 네트 또는 난·자치어 네트로 표기한 경우도 많았다(약 20%). 망구크기의 경우 60 cm가 가장 많이 사용되었으며(약 63%), 망목 크기는 대부분 300 μm~330 μm 사이였다. 예망방법에서는 별도로 표기하지 않는 경우가 많았다(약 35%). 채집시간은 5분이 많았고(약 31%), 별도로 표기하지 않은 경우도 있었다(Table 4). 채집방법에 있어 구체적으로 제시한 경우도 있었으나, 별도의 정보를 제시하지 않은 경우가 대부분이었다. 해역이용협의서 작성 등에 관한 규정에 따르면, 난·자치어 항목의 작성방법은 구체화되어 있지 않은 상황이나, 해역이용영향평가서 작성 등에 관한 규정에서는 난·자치어네트(망구 60 cm 이상, 망목 330 μm)를 이용하여 시료를 채

집하고, 군집구조에 대하여 정량적 조사(출현종, 개체수, 출현시기, 우점종 등)를 실시하도록 비교적 구체적인 방법을 제시하고 있다.

해역이용협의서 작성 등에 관한 규정에 의하면, 어류 및 수산자원의 경우 사업지역의 어업실태 조사자료(어선세력, 생산량 등 활용 가능한 기존자료)를 활용하고 본문 하단에 출처를 명기하도록 되어 있다. 또한 트롤 또는 사업대상해역에서의 상용어구를 이용한 수산자원 정량조사자료(종조성, 개체수, 우점종, 종다양성 등)를 활용하며, 현장조사 불가능 시, 기존조사, 연구 자료에 근거한 자료를 조사하도록 되어 있다. 그러나, 직접조사 건수가 매우 적으며 대부분 간접조사 자료로 인근 해역의 수협 계통판매자료를 활용하고 있어 사업으로 인한 영향을 파악하기는 어려운 실정이었다.

3.2.4 조사정점의 비 적절성

해역이용협의서 작성 등에 관한 규정에 의하면, 조사정점의 경우 해양화학, 부유생태계와 저서생태계 조사 및 어류 수산자원 등과 최대한 일치하도록 규정하고 있다(해역이용협의서의 경우 최소 대조구 1개 정점 포함 전체 5개 정점 이상). 난·자치어의 경우 211건(전체의 92% 정도)이 동·식물플랑크톤 조사정점과 일치하였으나, 어류의 경우에는 18건 중 3건만이 일치하였다(Table 5).

정점 수의 경우(Fig. 3), 대부분 5개의 정점에서 조사를 실시하였으며(약 54%), 2개의 정점에서 조사를 수행하는 경우도 있었다. 상기

Table 4. The status of sampling methods in fish and fishery resources assessment items related general statement of Sea Area Utilization Consultation

Fish egg and larvae (field survey total number : 229)						Fish (field survey total number : 18)					
Sampling gear	Diameter		Mesh size		Tow method		Sampling time		Sampling gear		
Type	No.	Type	No.	Type	No.	Type	No.	Type	No.	Type	No.
Net	18	45 cm	30	300 μm	116	Oblique tow	72	1 min-5 min	37	Gill net	8
Fish larvae net	28	50 cm	1	303 μm	36	Horizontal tow	48	5 min	72	Pots	6
RN80	27	60 cm	144	330 μm	60	Surface tow	29	5 min-10 min	67	Bottom trawl	1
Ring trawl net	20	80 cm	43	333 μm	11			10 min	1	Trawl	1
Norpac net	36	90 cm	6	500 μm	1					Scuba diving	2
Bongo net	11										
Conical net	88										
No data	1	No data	5	No data	5	No data	80	No data	52	No data	0

Table 5. Consistency of sampling sites of fish and fishery resources with other assessment items* related general statement of Sea Area Utilization Consultation

Classification		Year		Total
		2017	2018	
Fish egg & larvae (field survey total number : 229)	Consistency	110	101	211
	Inconsistency	10	8	18
Fish (field survey total number : 18)	Consistency	0	3	3
	Inconsistency	6	9	15

*Other assesment items: zooplankton and phytoplankton

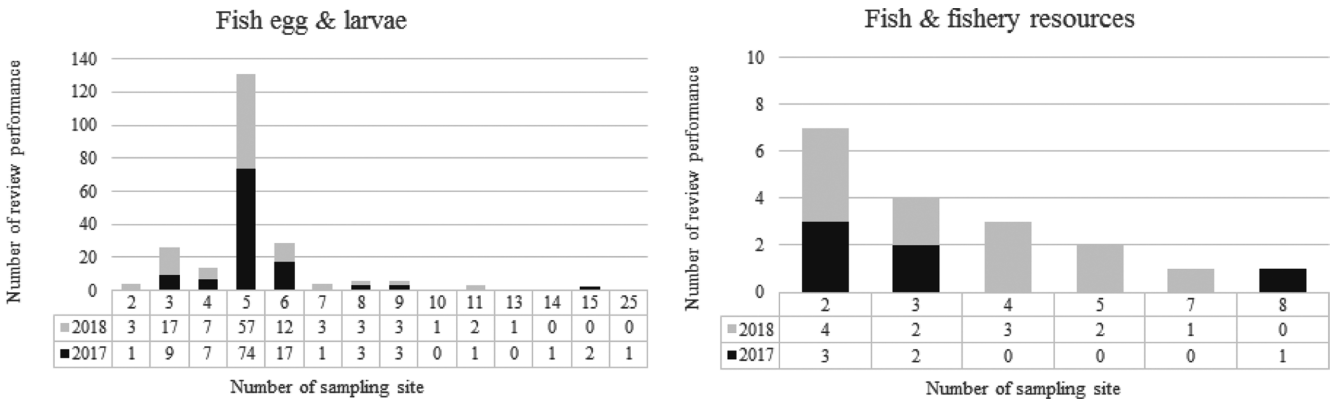


Fig. 3. Comparison with total field survey and number of sampling site in fish and fishery resources assessment items related general statement of Sea Area Utilization Consultation.

작성 규정에 의하면, 사업지역을 중심으로 부유사확산 등의 영향범 위 내·외를 조사하되, 직·간접 영향권을 충분히 고려해야 한다고 명시하고 있으나 조사의 편의성으로 정점위치와 수를 선정하고 있는 것으로 나타났다. 특히, 조사정점 설정 시 적절한 대조구를 선정하여 사업예정지역과의 차이점 등을 비교 분석해야 하나, 일부 사업은 부유사 최대 확산범위 내에 모든 정점을 선정하여 사업으로 인한 영향을 평가하기가 불가능한 경우도 나타났다.

3.2.5 사후모니터링

난·자치어의 경우 협의서 작성 시와 마찬가지로 사후모니터링 시에도 동일 정점에서 직접조사가 이루어지는 반면, 어류 및 수산자원의 경우 사후모니터링에서도 직접조사 보다는 수협 계통판매자료를 활용하여 조사를 계획하는 경우가 많아서 비합리적이었다. 일반해양이용협의서(2017년~2018년) 중 어류·수산자원의 직접조사가 이루어진 사업은 총 18건이었으며, 환경영향평가대상사업을 제외한 해양환경영향조사를 계획한 사업은총 5건이었다(Table 6). 정점의 위치는 협의서 작성 시와 동일한 경우가 대부분이었으나, 일부 사업의 경우 정점 수를 3개에서 5개로 추가 보완 요청하였음에

도 불구하고 사후모니터링에서는 이를 반영하지 않고 협의서와 동일하게 3개의 지점에서 조사를 계획하고 있었다. 조사방법에서도 구체적인 명시없이 현지조사라고 표현하고 있어 협의서 작성 시 조사방법과 동일한지 여부에 대해서 파악하기 어려웠다.

3.2.6 조사결과의 신뢰성

난·자치어 조사 시 우점종 표기 현황을 파악해 본 결과, 전체 229건의 조사 중 어란이 채집되지 않은 경우는 28% 정도, 자치어는 18% 정도였다. 채집되지 않은 원인으로 대부분 겨울철 채집으로 인한 계절적인 특성을 언급하였다. 정확히 종 수준으로 동정한 결과는 어란이 28%, 자치어가 48% 정도로 전체 결과 중 어란은 78%, 자치어의 경우 52%가 미동정 또는 과(family), 목(order)수준의 대부분류군으로 동정되는 것으로 분석되었다(Fig. 4). 난·자치어 조사의 목적은 어떤 어류가 사업지구 주변을 산란장, 성육장으로 활용하고 있는지에 대해 파악하고 피해를 최소화하기 위한 것임에도 불구하고 대부분 불명확하게 동정하고 있는 실정이었다. 일반적으로 멸치어란과 앨통이 어란 등 형태적으로 동정이 가능한 종들이 있는 반면, 나머지는 동정이 어렵거나 불가능하며, 자치어 역시 성장 단계에

Table 6. The status of post-monitoring of fish and fishery resources related general statement of Sea Area Utilization Consultation

Classification	Year		Total
	2017	2018	
Total direct survey of marine impact assessment items	135	132	267
Fish & fishery resources field survey	6	12	18
Post-monitoring	2	3	5

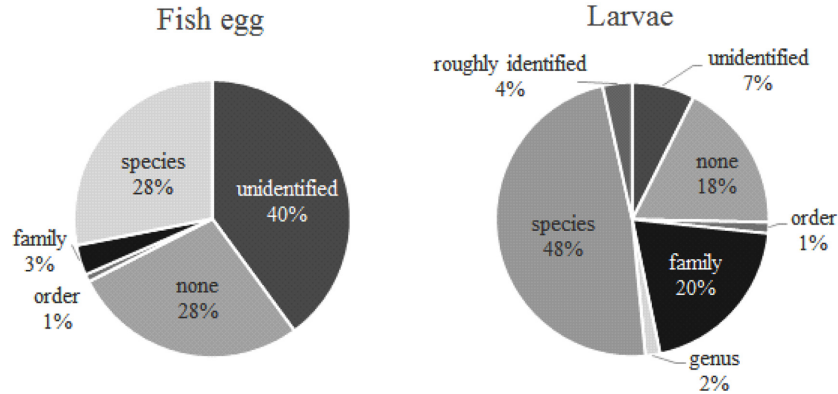


Fig. 4. The status of dominant species in fish egg and larvae assessment items related general statement of Sea Area Utilization Consultation.

따라 같은 종임에도 불구하고 다른 특징을 나타내는 경우가 있다. 이러한 난·자치어 및 어류·수산자원 항목의 평가에서 조사방법, 조사시기, 조사정점의 차이로 인해 종조성 결과에 차이가 있다면, 사업으로 인한 정확한 변화양상을 파악하기 어렵고 결과의 신뢰성에 문제가 생길 수 있으므로 보다 정확한 실태분석이 이루어져야 할 것이다. 평가서 분석결과, 대부분 단순한 결과(종조성, 서식밀도, 생체량, 우점종 등)만을 제시하고 있고, 각각의 결과 값이 가지는 생태적 의미와 다른 항목과의 상호관계 등에 대한 평가가 미흡하였다. 즉, 평가항목별로 영향이 독립적으로 진단되는 상황이었다. 따라서, 난·자치어와 어류·수산자원 및 다른 환경·생태계 평가항목 등을 연계하여 사업시행에 따른 영향을 종합적으로 파악할 수 있도록 고찰할 필요가 있다.

3.3 사례분석(공유수면매립사업)

실제적인 평가서작성 실태를 파악하기 위해 해양환경에 큰 영향을 미치는 공유수면매립사업을 대상으로 수산자원 관련한 평가항목을 분석하였다. Fig. 5에 제시한 바와 같이 해당 사업은 진해만 내부의 공유수면을 매립하여 예상되는 영향으로는 해수유동 변화, 부유사 확산, 조간대와 조하대 상실로 인한 해양생물 서식처 축소 및 훼손, 그리고 자연 해안선 변화를 수반하는 침·퇴적 변화 등이 제기되었다. 특히 매립지역과 인접하여 수산자원보호구역이 위치하고 있고, 사업지구 전면해역에 미더덕, 굴 등의 수하식 양식어업이 이루어지고 있으며, 주변에 어장이 산재하고 있어서 직·간접적인 영향과 피해가 예상되었다.

난·자치어의 경우 10월에 단 1회 직접조사를 실시하였고, 채집 방법(망구 크기, 예망시간)을 명확하게 기재하지 않은 것으로 나타났다. 어류 및 수산자원의 경우 어구사용의 어려움을 설명하면서 직접조사를 실시하지 않고 수협 계통판매자료와 탐문조사를 활용하여 대상해역의 정확한 현황파악에는 한계가 있었다(Table 7). 또한, 난·자치어와 어류 조사결과를 비교하여 사업인근 해역에서 어떠한 종이 산란하고 서식하는지에 대한 고찰이 아닌 채집된 종의 종조성과 현존량만을 제시하였고, 정확한 종이 아닌 대 분류군으로 제시하여 서식종을 판단하기 어려웠다.



Fig. 5. Study area of developmental project for public waters reclamation of Jinhae bay.

종합적으로 주변이 어장이 많이 분포해 있고, 생물의 산란장이자 중요한 서식처인 수산자원보호구역임에도 불구하고 직접조사를 실시하지 않고 기존에 조사된 문헌자료와의 비교검증 없이 평가한 결론은 미흡한 수준이어서 보완이 요구되었다. 또한, 사후모니터링에서도 어류·수산자원 분야는 조사대상에서 제외되어 추가 모니터링 계획이 요구되었다.

3.4 주요 검토의견 분석

해역이용협의서 등의 난·자치어 및 어류·수산자원 분야에서 제시된 주요 검토의견을 분석, 제시하였다(Table 8). 이는 사업추진과 관련한 협의과정에서 높은 빈도로 나오는 보완사항과 검토전문가들의 의견을 알 수 있는데 도움이 될 것이다. 지금까지 언급한 다양한 문제점(현황조사 등)이 중복적으로 제기되고 있는 것으로 나타났다.

Table 7. The status of sampling methods of fish and fishery resources related public water reclamation

		Sampling method	
Fish egg & larvae	Direct survey/Field	Number of survey station	7 stations
		Number of survey	Once
		Season	2018. 10.
		Sampling gear	Conical net
		Diameter	-
		Mesh size	330 μm
		Tow method	Oblique tow
		Sampling time	-
Fish & fishery resources	Indirect survey/ Literature	Season	2017. 11. – 2018. 10.

Table 8. Major review opinion in fish and fishery resources assessment items related general statement of Sea Area Utilization Consultation

Major review opinion	
Survey and prediction	<ul style="list-style-type: none"> · Classification of direct and indirect influence area · Actualization of survey method · Appropriateness of survey period and station · Diversity of collecting method · Understanding of the key species · Consideration of habitat, spawning and growing ground of fishery resources · Comparison and verification of results using the other documentary survey · Understanding of the current situation of fishing ground and fishery activity · Necessity of impact assessment of noise and vibration
Reduction	<ul style="list-style-type: none"> · Control of construction intensity considering the spawning period and fishery activity · Effectiveness of silt protector for suspended solids
Post-monitoring	<ul style="list-style-type: none"> · Reinforcement of direct survey · Accord and expansion of survey stations · Verification of result of prediction before construction
Collect opinions of stakeholder	<ul style="list-style-type: none"> · Agreement and reflection of stakeholder’s opinions including fisherman

4. 개선방안

4.1 직접 현황조사 강화

해양생태계 조사는 개발사업 이전에 국가적 보호생물종과 보존 가치가 높은 생태계에 대한 출현(존재) 및 위치 등에 대한 현황을 파악하고, 공사 전과 공사 중 그리고 시설 운영 시에 발생할 수 있는 주변 해양생태계 변화와 원인을 추적하기 위해 수행한다(Lee *et al.*[2019]). 그러나, 사업에 따른 어장 영향과 수산자원의 피해가 예상됨에도 불구하고 현재 대상해역의 수산자원과 관련된 직접적인 현황파악이 부족한 실정이다. 난·자치어의 경우는 다른 부유 및 저서생태계 항목과 병행해서 조사가 이루어져 상대적으로 조사가 많이 이루어지는 반면(직접조사 약 86%), 어류 및 수산자원 조사의 경우는 전체조사 379건 중 18건만 직접조사를 실시하여 비율이 7% 정도로 매우 낮은 것으로 나타났다. 대부분 수협 계통판매자료를 활용하고 있어 현재 수준의 수산자원에 대한 조사로는 대상해역의 정확한 현황파악이 부족한 뿐만 아니라 개발사업으로 인한 영향을 합리적으로 평가하기가 어렵다. 따라서, 어류 및 수산자원의 경우 현황조사를 난·자치어 조사 수준으로 강화하고, 직접조사와는 별도로 조사결과를 검증하기 위한 간접적인 방안으로 대상지역 주변에서 이루어진 연구와 조사 등의 문헌자료를 활용해서 비교하는 것이 바람직할 것이다.

4.2 조사시기 개선

해역이용협의서 상 조사시기의 경우 대부분의 사업은 1회 조사를 실시하므로 각 계절적 특성을 파악하기에는 어려움이 있다. 추계 혹은 동계시기에 조사를 한 경우 채집량이 다른 계절에 비해 적었으며, ‘계절적 특성으로 인해 난·자치어, 어류가 채집되지 않았다’라고 단순하게 고찰하는 경우가 많았다. 또한 대부분의 평가서에서 ‘우리나라 연안에 분포하는 어류의 산란을 보면 비교적 수온이 높은 늦봄부터 이른 가을까지 산란하는 하계 산란군과 늦가을부터 이듬해 봄까지 산란하는 동계 산란군으로 나뉜다.’라고 평가하였으나, 어류의 산란 시기는 계절적 구분에 따라 6가지 산란형(춘계, 춘하계, 하계, 추계, 동계, 춘추계)으로 구분된다(Aida[1991]). 현장조사 시행 이전에 사업이 예정된 지역의 주요 서식종 파악을 선행한 후 적절한 조사시기를 선정할 필요가 있다. 기본적으로 난·자치어의 경우 4계절 조사(2월, 5월, 8월, 11월)를 시행하는 것이 원칙이며, 겨울, 봄, 여름(2월, 5월, 8월)의 조사는 필수적이다. 또한 어류의 산란이 초여름에 집중하고 있으므로 계절별 조사보다는 여름철의 매월 조사가 필요한 경우도 있어 조사목적에 따른 빈도를 결정해야 한다고(Lee[2004]) 주장하는 전문가도 있다. 현행 해역이용영향평가서는 계절별 조사가 원칙이다. 따라서, 제도개선 측면에서 간이해역 이용협의서를 제외한 일반해역이용협의서의 경우에는 1회 이상 직접조사(대상해역의 주요 서식종을 대상으로 산란시기에 초점을 맞

추어 조사시기 고려)와 나머지 계절에 대해서는 문헌조사를 병행하여 계절별 특성을 파악할 수 있도록 조사를 강화하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

4.3 조사어구 및 방법 개선

특정 연안해역의 어류군집을 연구할 때, 한 종류의 어구만을 이용하여 어류를 채집한 결과가 그 해역의 어류 군집 전체를 대표하기 어려우며(An and Huh[2002]), 동일시기에 동일지역을 대상으로 하더라도 서로 다른 채집기기를 사용할 경우 채집되는 어류의 종조성에 상당한 차이가 있는 것으로 보고된 바 있다(An and Huh[2002]; Ryu *et al.*[2005]). 난·자치어 채집의 경우 사용하는 네트와 망구, 망목 크기에 따라 결과의 차이를 가져올 수 있음에도 불구하고 이들에 대한 통일된 기준없이 조사가 수행된다는 문제점이 있으며(Maeng *et al.*[2017]), 본 연구 결과에서도 동일한 문제점이 분석되었다. 망목은 조사해역에서 우점하는 주요 어종의 난·자치어의 크기에 따라 선택되며, 우리나라 연안역의 경우는 주로 300~330 μm 의 망목을 사용하도록 하고 있으며(Lee[2004]), 본 조사결과에서도 대부분 300~330 μm 의 망목을 사용하고 있었다. 그러나, 망구는 60 cm 이상을 사용하도록 규정하고 있으나, 채집량을 증가시키기 위해서는 80 cm 이상을 사용하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

본 연구결과, 예망방법 등에 대한 구체적인 정보가 없는 경우가 많았다. 현실적으로 사업유형과 규모 및 대상해역의 차이로 인해 동일한 기준의 채집방법을 일률적으로 적용(가이드라인)하기에는 어려움이 있으나, 자어는 일주기 수직이동에 의하여 수직분포가 다르고, 이는 어종과 성장 시기, 해역에 따라 차이를 보이므로 수평 채집방법은 자어의 수직분포의 차이와 주·야간 수직이동에 의하여 출현량이 잘못 평가될 우려가 있으므로 Cha and Park[1995]은 서해 연안에서 적정 채집방법을 검토하여 주간·야간의 경사채집을 제안하였으며(Hwang *et al.*[2008]), 수심을 고려하여 낮은 수심에선 수평 채집을 하고 수심이 보다 깊은 경우에는 경사채집을 하도록 제안하기도 하였다(Lee[2004]). 따라서, 이러한 연구결과를 고려하여 난·자치어의 경우 수심을 고려하여 수평채집과 경사채집을 적절하게 적용하는 것이 필요하다고 판단된다. 또한, 평가서 내용에는 조사어구, 예망방법 등에 대한 정보와 사유를 구체적으로 제시할 필요가 있다. 이는 조사방법의 타당성에 대한 근거가 될 것이며, 각 사업 및 해역별 특성을 고려한 적절한 방법 선정에 도움이 될 것으로 판단된다.

어류 및 수산자원의 채집은 어종 및 해역 특성 등에 맞게 이루어져야 한다. 어류 등 유영동물은 해역마다 생물상의 차이가 있고 그 출현중에 어느 정도 계절성을 보이면서 자연변동이 크기 때문에 우점종이 크게 변화하고, 조사정점 간에 있어서도 불규칙한 변화를 나타내고 있다(Lee[2004]). 현재 대부분의 평가서는 수협 위관자료를 활용하여 결과를 제시하고 있는 상황이다. 위관자료의 경우 상업적 어류만을 대상으로 하고 있기 때문에 해당해역의 모든 서식종을 파악하기 어려우며, 사업대상지의 특성을 정확히 반영하기에는 불가능할 것이다. 어류군집을 파악할 때, 단일 어구만을 이용한 조사결

과는 그 해역의 어류상을 정확하게 나타낼 수 없으므로 다양한 종류의 어구를 활용해서 조사를 실시하는 것이 바람직하다. 그러나, 평가제도에서 어종에 따른 다양한 어구 어법을 현장에 모두 적용하여 조사하기에는 현실적으로 어려움이 있는 것도 사실이다. 따라서 사업대상지에서의 상용어구를 활용한 직접조사와 함께 탐문조사 및 과거 인근 해역에서 실시된 문헌자료 검토(중조성 논문 등)를 병행하여 현재의 문제점을 개선할 필요가 있다.

4.4 적정 조사정점 선정

조사정점의 선정방법과 위치에 따라 대상해역의 해양생태계 특성 파악에 많은 차이를 나타내고, 현황조사 시 선정된 조사정점은 추후 사후모니터링의 조사정점으로 그대로 이어지므로 최초의 조사정점 선정은 더욱 중요하다(Cho and Maeng[2012]). 그러나, 평가서의 대부분은 조사자의 편의상 임의대로 조사정점을 선정하는 경향이 많았다. 따라서 조사자가 해당 정점을 선정한 명확한 근거를 제시할 필요가 있다. 이때 사업의 영향을 파악하기 위해 직접영향을 받는 지역과 간접영향을 받는 지역, 영향이 전혀 없는 대조구도 선정하여 제시하는 것이 바람직할 것이다. 특히, 사업 전·후 영향권을 추적하기 위해 대조구의 설정이 중요하므로 제도개선 측면에서 대조구 수를 현행보다 강화하는 방향(직·간접영향권에서 설정된 정점수의 50% 수준)이 필요하다고 판단된다. 이때 대조구 선정 시에는 무조건 사업지구와 멀리 이격된 지점을 선정하기 보다는 유동장, 퇴적상 등 유사 환경조건 하에서 부유사 확산 등의 영향범위를 벗어난 지점을 고려하는 것이 합리적인 것이다.

또한, 현재 대부분 조사정점이 5개 정도이나, 남해 연안 멀치 난·자치어 채집 간 비교 연구에 따르면(Hwang *et al.*[2008]) 링네트의 수직반복 채집 간 비교에서 수직 3회 반복 채집한 결과, 반복 채집된 알의 밀도간 차이가 유의하지 않은 것으로 나타나서 그 해역의 멀치 알 밀도를 추정하는데 반복채집 보다는 정점수를 늘리는 것이 바람직하다고 언급한 바 있다. 따라서, 이러한 점을 고려하여 채집량을 늘리기 위해서는 정점수를 확대하는 방안을 고려할 필요가 있다.

4.5 조사결과의 신뢰성 향상 및 저감대책의 실효성 강화

해역이용영향평가서 작성 등에 관한 규정에 따르면, 사업시행으로 인한 난·자치어, 어류·수산자원의 영향예측 시 주요 어류의 산란·서식지 및 어로행위 해역에 미치는 영향을 예측하고 그 결과를 기술하도록 명시하고 있으며, 난·자치어의 경우 현장조사 자료와 해수유동 및 부유사 확산 수치모형실험결과를 바탕으로 영향범위 및 정도를 분석하도록 하고 있다. 그러나 대부분 출현종 파악부터 명확하지 않은 자료를 제시하고 있는 실정이다. 이러한 경우에는 전문가의 자문이나 DNA 분자 동정을 통한 자료의 정확성과 신뢰성을 높이고, 난·자치어의 사진자료와 특징을 기재하여 명확한 근거 자료를 제시할 필요가 있다. 또한 예측에서는 주요 어류에 대한 산란기를 명시하고 있지 않으며, 해당 해역의 서식종에 대한 기초자료가 부실하여 신뢰도가 낮은 상황이다. 즉, 출현종, 생체량, 우점

중 등의 조사결과를 단편적으로 나열할 뿐 고찰이 부족하며, 대부분 사업으로 인한 영향이 미미할 것으로만 평가하고 있는 상황이다. 사업지역에 서식하는 종에 대한 정확한 조사를 바탕으로 수산자원의 산란 및 회유시기 등을 철저히 파악하고, 사업영향 지역과 대조구 간의 현황과 차이점 등을 비교 분석해야 할 것이다.

수산자원 생물에 대한 예측은 해수유동, 부유사화산, 오염물질 확산 및 침·퇴적 예측 등과 같이 모델링으로 정량화하기에는 매우 어려울 것이다. 중·장기적인 연구를 통해 수치모델을 구축할 필요는 있으나, 현재의 환경영향평가제도상에서는 다른 평가항목과 연계해서 정성적으로 예측을 하는 것이 현실적이다. 따라서, 예측의 불확실성과 실제 현장에서 나타나는 변화 상황과의 오차를 최대한 줄이기 위해서는 동일사업의 사후모니터링결과를 철저히 확보 분석하는 등 사례분석이 중요할 것으로 판단된다.

저감대책 분야에서 어류·수산자원의 산란시기를 고려한 공사시기 결정 및 공사강도 조절을 많이 제시하고 있으나, 주요 어종 또는 수산생물의 산란기를 명확하게 파악하고 있지 않을 뿐만 아니라 어떤 종을 기준으로 산란기를 고려할 것인지에 대한 내용이 없는 상황이다. 최우점종을 대상으로 할 것인지 혹은 다수의 종이 산란하는 시기를 고려할 것인지에 대한 고찰이 필요하다. 또한, 부유사화산에 따른 오탐방지막 설치를 대부분 제시하고 있어서 원론적이거나 형식적인 수준이 강하다. 현재 오탐방지막의 실제적인 효율이 불확실하므로(모델링에서 대부분 50% 정도 설정) 향후 다양한 사업특성과 현장상황 등을 고려한 적용성 연구가 이루어질 필요가 있다.

4.6 사후모니터링 강화

어류 및 수산자원의 경우 현장조사가 거의 이루어지지 않고 있으며, 대부분 사업지구의 특성을 반영하기가 어려운 수협 계통판매 자료를 활용하고 있는 실정이다. 사후모니터링 역시 문헌자료를 활용하여 조사를 계획하는 경우가 많은 것으로 나타났다. 앞서 언급한 바와 같이 수산자원 분야는 사업이 이루어지기 전의 영향예측이 현실적으로 매우 어려우므로 사업 이후의 변화양상에 대한 사후모니터링이 더욱 중요할 수밖에 없는 분야이다. 따라서 사전조사와 마찬가지로 직접적인 사후모니터링을 강화해야 할 것이다. 사후모니터링 강화방안으로는 첫째, 현재 해역이용협의서의 경우 공사시기에만 조사를 하도록 규정되어 있는 사항을 사업특성을 고려하여 공사와 운영 시로 확대하여 적용할 필요가 있다. 왜냐하면, 온·배수와 오·폐수 배출이 수반되거나 해상풍력발전과 같이 공사단계뿐만 아니라 운영 시에도 해양환경영향을 미칠 수 있는 사업의 경우에 공사시기에만 사후모니터링을 실시하는 것은 비합리적이기 때문이다. 둘째, 계절별 변화상황을 추적할 수 있도록 분기별 조사체제로 정립해야 할 것이며, 셋째, 사전조사와 마찬가지로 직접영향권, 간접영향권 및 대조구를 고려한 조사정점을 구분해서 일관성 있는 조사방법을 적용하여야 할 것이다. 특히, 사후모니터링을 다년도 수행할 경우 조사기관(평가업체)이 달라짐으로 인한 조사방법(채집기구, 조사정점 등)과 결과의 차이가 실제적으로 나타나고 있으므로 이러한 문제점을 해소하기 위해서는 일관성 있는 조사체

제의 정립이 필요하다고 판단된다.

4.7 어류 및 난·자치어 조사정보시스템 구축

해역이용협의 또는 환경영향평가 과정은 쉽게 말해 정보 제시와 공유의 절차로 해석될 수 있다. 이러한 측면에서 본다면, 기존 조사된 자료에 대한 정보시스템 구축이 매우 필요할 것이다. 현재 해양환경평가 분야에서는 해양물리(조석 등), 해양화학(수질 등), 해양생태계(부유 및 저서생물)와 관련된 조사자료가 구축되고 있고(해양환경측정망, 해양생태계기본조사 등), 해역이용협의 또는 환경영향평가과정에서 생산된 자료도 축적되고 있어서 평가서 작성에 활용되거나 검토과정에서 검증자료로 이용되고 있는 상황이다.

그러나, 평가서작성 측면에서, 수산자원과 관련된 난·자치어와 어류 분야는 4.1절(직접 현황조사 강화)에서 언급한 바와 같이 다른 평가항목과 비교해서 상대적으로 조사자료도 많지 않을 뿐만 아니라 연구나 평가제도과정에서 기 수행된 자료의 활용이 거의 없다. 즉, 해역 공간 어디에서 어떤 자료가 있는지 누가 수행했는지에 대한 정보를 획득하기가 막연한 상황이다. 따라서, 개발사업에 따른 대상해역의 수산자원학적 가치와 영향을 평가할 때 어류 및 난·자치어가 필수항목이므로 직접 현황조사와 함께 기 조사된 자료(간접조사)를 활용해서 평가결과를 검증하는 방법이 중요할 것으로 판단된다. 이러한 측면에서 어류 및 난·자치어에 대한 체계적인 조사자료의 구축이 필요할 것이고, 최근 해양공간계획(Marine Spatial Planning) 수립에서도 이러한 정보시스템 구축이 매우 중요한 요소로 고려되고 있다.

5. 결 론

다양한 해양개발사업에 따른 영향은 어장환경 및 수산자원에 직·간접적인 영향을 미치고 어업인과의 갈등을 일으키고 있는 상황임에도 불구하고 현재 해양환경영향평가 과정에서 수산자원과 관련된 조사 및 예측은 다른 항목에 비해 미흡한 상태이다. 해역이용협의서 등의 평가실태를 분석한 결과, 난·자치어의 경우 해양 동·식물플랑크톤 항목과 연계되어 현장조사가 많이 이루어지고 있지만(약 86%), 정확한 종 동정이 이루어지지 않아 해당 해역의 군집구조, 산란종 등이 불명확하여 사업으로 인한 영향을 파악하기 어려운 수준이었다. 특히, 어류 및 수산자원의 경우 대상지역의 특성을 파악하기 어려운 문헌자료를 인용하고 있고, 직접적인 현장조사를 거의 실시하지 않아서(약 7%만 수행) 결과의 신뢰성이 낮은 것으로 분석되었다. 또한, 조사시기, 조사정점, 조사어구, 사후모니터링 등에서 평가의 비합리성이 상당 부분 나타났다. 이러한 평가서의 문제점과 사례분석 및 주요 검토의견 분석 등을 통해서 어류 및 난·자치어 평가 분석의 합리성을 향상시키기 위해서는 첫째, 직접 현황조사의 강화, 둘째, 조사시기의 개선, 셋째, 조사어구 및 방법의 개선, 넷째, 적정 조사정점 선정, 다섯째, 조사결과의 신뢰성 향상 및 저감대책의 실효성 강화, 여섯째, 사후모니터링 강화, 마지막으로 어류 및 난·자치어 조사정보시스템의 구축 등의 제도개선이 필요

할 것으로 판단되었다. 또한, 현재 해양환경영향평가 시 난·자치어, 어류 및 수산자원의 조사방법의 적절성에 대한 연구가 부족하므로 수산자원 관련항목의 실태 분석을 바탕으로 향후 각 해역별(동·서·남해) 특성을 고려한 표준화된 채집방법에 대한 연구가 실시되어야 할 것이다.

후 기

본 논문은 2020년도 국립수산물과학원 수산과학연구사업(R2020047)의 지원으로 수행된 연구입니다.

References

- [1] Aida, K., 1991, Environmental regulation of reproductive rhythms in teleosts, *Bull. Inst. Zool. Acad. Sinica Monogr.*, 16, 173-187.
- [2] An, Y.R. and Huh, S.H., 2002, Species composition and seasonal variation of fish assemblage in the coastal water off Gadeokdo, Korea 3. Fishes collected by crab pots, *J. Korean fish. Soc.*, 35(6), 715-722.
- [3] Cha, S.S. and Park, M.J., 1995, Proper sampling method for larval fish in the western coastal waters. *J. Korean Soc. Oceanog.*, 30(1), 64-68.
- [4] Cho, B.J. and Maeng, J.H., 2012, A study on determinations of survey station in marine ecosystems based by impact predictions of environment impact assessment in coastal development projects. *J. Environ. Impact Assess*, 21(5), 767-779.
- [5] Hajisamae, S. and Chou, L.M., 2003, Do shallow water habitats of an impacted coastal strait serve as nursery grounds for fish?, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 56(2), 281-290.
- [6] Hwang, S.D., Choi, I.S. and Chu, E.K., 2008, Comparison of sampling methods for anchovy eggs and larvae in coastal waters of the south sea of Korea. *Korean J. Ichthyol.*, 20(3), 228-232.
- [7] Jang, J.H., Eom, K.H., Kwon, K.Y, Hong, S.J., Park, J.H. and Kim, G.Y., 2007, Improvement of the EIA for land reclamation projects in the coastal areas of Korea. *J. Environ. Science*, 16(7), 847-853.
- [8] Jeong, J.H., Tac, D.H., Lim, J.H. and Lee, D.I., 2017, Analysis and improvement for impact assessment of suspended solids diffusion by marine development projects. *J. Korean Soc. Mar. Environ. Energy*, 20(3), 160-171.
- [9] Kim, I.C., Kim, G.Y., Jeon, K.A., Eom, K.H., Yu, J. Lee, D.I., Kim, Y.T and Kim, H.J., 2013, Improvement for impact assessment of marine physical on the development of ports and fishing harbors in the East coast. *J. Korean Soc. Mar. Environ. Safety*, 19(2), 111-118.
- [10] Lee, D.I., Kim, G.I., Jeon, K.A., Eom, K.H., Yoo, J. and Kim, Y.T., 2011, An application status and consideration of system improvement on the sea area utilization conference and Impact assessment. *J. Korean Soc. Mar. Environ. Energy*, 14(4), 239-248.
- [11] Lee, D.I., Tac, D.H. and Kim, G.I., 2016, Diagnosis of conflict problem between the marine environmental conservation and development, and policy implication for marine spatial planning. *J. Korean Soc. Mar. Environ. Energy*, 19(3), 227-235.
- [12] Lee, H.M., Son, M.H., Kang, T.S. and Maeng, J.H., 2019, A study on environmental impact assessment guidelines for marine environments in construction projects of offshore waste disposal landfills. *J. Environ. Impact Assess*, 28(3), 312-331.
- [13] Lee, J.H., 2004, Suggest on standardization of ecological survey methods in the Korean watershed, *Korean J. Environ. Biol*, 22(1), 1-11.
- [14] Maeng, J.H., Kim, E.Y., Kang, T.S. and Son, M.H., 2017, A study on environmental impact assessment guidelines for marine environments in construction projects of thermal power plant. *J. Environ. Impact Assess*, 26(1), 78-93.
- [15] Ryu, J.H., Kim, P.K., Kim, J.K and Kim, H.J., 2005, Seasonal variation of species composition of fishes collected by gill net and set net in the middle east sea of Korea. *Kor. J. Ichthyol.*, 17(4), 279-286.
- [16] Song, M.Y, Kim, J.I, Kim, S.T., Lee, J.H. and Lee, J.B., 2012, Seasonal variation in species composition of catch by a coastal beam trawl in Jinhae Bay and Jinju Bay, *J. Korean Soc. of Fisheries Technol.*, 48(4), 428-444.

Received 13 November 2019

Revised 17 December 2019

Accepted 16 January 2020