

연구논문

연안개발사업 환경영향평가 영향예측 결과에 근거한 해양생태계 조사정점 선정방안에 관한 연구

조범준 · 맹준호

한국환경정책·평가연구원

(2012년 7월 27일 접수, 2012년 9월 13일 승인)

A Study on Determinations of Survey Station in Marine Ecosystems Based by Impact Prediction of Environment Impact Assessment in Coastal Development Projects

Cho, Beom-Jun · Maeng, Jun-Ho

Korea Environment Institute

(Manuscript received 27 July 2012; accepted 13 September 2012)

Abstract

In case of executing surveys in marine ecosystems, the most important things are scientific selection measures of survey stations that can represent various ecosystems characteristics in subjected areas. The situations show a lot of differences that understand characteristics of marine ecosystems in targeted areas according to selection methods and positions in survey stations. Investigation ranges and station numbers in marine ecosystems are classified according to project characteristics and scales. But, currently a clear divisions or objective standards are not.

Therefore, this study tried to provide selection measures of survey station in scientific and objective marine ecosystems through precise analysis among environmental impact statements of coastal development projects until now. In this study, impact scopes of marine ecosystems correspond to physical impact predictions by undertaking projects. Impact ranges were divided into three(physical impact ranges) coastal waters. In case of proposing numbers of survey stations according to this survey ranges, numbers of investigation stations due to minimum survey scopes in targeted projects applied 20~30% of all numbers in survey stations. Number of survey stations due to average investigation scopes within physical impact ranges applied 60~70% of all numbers in investigation stations. Numbers of survey stations due to maximum survey ranges within physical impact scopes applied 10~20% of all numbers in survey

stations. So, improvement measures were deducted.

Finally, according to prediction ranges in impact of various coastal development projects, several kinds of conclusions are suggested. And, it is thought to be able to use as fundamental database to select investigation stations in marine organisms through this study.

Keywords : marine ecosystems, environmental impact statements, coastal development projects, survey stations, maximum survey ranges, physical impact predictions, fundamental database

1. 서론

연안개발사업의 환경영향평가를 수행함에 있어 사업예정해역의 해양환경 현황을 파악하기 위하여 주변 해역을 대상으로 해양동·식물상에 대한 현황 조사를 실시한다. 해양동·식물상 조사에 있어서 가장 중요한 것은 대상해역의 해양생태계 특성을 대표할 수 있는 조사정점의 과학적 선정방안이다. 특히 조사정점의 선정방법과 위치에 따라 대상해역의 해양생태계 특성 파악에 많은 차이를 나타낸다. 또한, 현황조사 시 선정된 조사정점은 추후 사후환경영향조사의 조사정점으로 그대로 이어지는 바, 최초 조사정점 선정은 더더욱 중요성을 내포하고 있다. 그러나, 현재 사전환경성검토 및 환경영향평가에서 해양동·식물상을 조사함에 있어서 조사자는 현실적인 편의성을 고려하여 최소한의 범위 및 조사지점을 선정하는 경우가 많다. 특히, 대표성이 결여된 조사정점으로 인해 사후환경영향조사 결과는 사업의 영향여부 및 영향정도를 파악하는 자료로 활용되지 못하는 경우가 허다하다.

아울러, 해양동·식물상에 대한 조사범위 및 조사정점의 수는 사업특성 및 사업규모 등에 따라서 구분되어야 하나 현재는 이에 대한 명확한 구분이나 객관적 기준이 없다. 그러므로, 조사기관은 일부 전문가의 의견을 토대로 주관성과 임의성에 근거하여 조사정점이 설정된 후 조사를 시행하고 있어 이와 관련된 많은 보완의견이 요구되고 있는 실정이다.

현재 환경부 환경영향평가 관련 규정 및 국토해양부의 해역이용영향평가서 작성 등에 관한 규정 집 모두 연안개발사업으로 인한 환경영향평가서 작성에서 정점 선정은 사업으로 인해 영향을 받을 수

있는 전체 해역을 대상으로 하는 것으로 명시되어 있다. 그러나 현재의 상황은 경비 등 여러 요인에 의해 지침의 내용이 준수되지 않고 일부 정점에 대해서 조사가 이루어지고 있는 경우가 많다. 또한 사업으로 인해 영향을 받을 것으로 예상되는 해역이 명확하지 않다.

따라서, 본 연구에서는 지금까지의 연안개발사업 환경영향평가서 중 영향예측 분야에 대한 정밀분석을 통하여 과학적이며 객관적인 해양생태계 조사정점 선정방안을 마련하고자 한다. 다시 말해서, 다양한 연안개발사업의 환경영향평가에서 영향 예측한 공사 시 부유토사 확산범위와 운영 시 해수유동 변화 및 오염물질 확산범위 등에 근거하여 각각의 사업특성 및 규모별로 구분된 해양동·식물상 조사정점에 대한 선정방안을 마련하려고 한다.

II. 연구내용 및 추진방법

환경영향평가서를 수행하는 연안개발사업은 항만 및 어항개발사업, 해양매립을 통한 산업단지 조성사업, 연안에 인접한 체육시설 및 관광지 조성사업, 연안준설사업, 해양매립사업, 도로 및 교량건설사업, 발전소 건설사업 등이 있다. 본 연구에서는 이들 전체 사업을 대상으로 하였으며, 분석에 이용한 환경영향평가서는 2008년 1월부터 2010년 12월 까지 3년간 협의 완료된 74개 환경영향평가서를 대상으로 하였다.

연구 추진방법으로 첫 번째로 연안개발사업의 환경영향평가서에서 해양동·식물상 조사정점 선정 사례를 분석하여 문제점을 도출하였으며, 두 번째로 연안개발사업 환경영향평가서를 토대로 해수유

표 1. 연안개발사업의 해역별 및 사업별 분류

구 분	사 업 별	해역별			합 계
		동해	서해	남해	
연안	항만 및 어항개발사업	6	9	9	24
	공유수면 매립사업, 산업단지 및 관광지 조성사업	1	3	11	15
	항로준설사업		1	5	6
	도로 및 교량건설사업		2	3	5
	발전소 건설사업	2	4	4	10
연안 인접 개발 사업	체육시설, 관광지 및 산업단지 조성사업 (오·폐수 처리수의 해양방류 유)		4	5	9
	체육시설, 관광지 및 산업단지 조성사업 (오·폐수 처리수의 해양방류 무)	1	2	2	5
총 합계		10	25	39	74

동 변화, 공사 시 부유토사 확산범위 및 운영 시 오염물질 확산범위, 온배수 확산범위에 따른 영향범위를 분석하였다. 이외에 국내외 해양동·식물상 조사정점 선정방안의 사례에 대한 문헌조사를 수행하였으며, 해양생태계에 대한 조사를 수행하고 있는 여러 연구기관 및 조사기관의 전문가 의견을 수집하였다. 이들 과정을 통해 해양동·식물상 조사정점의 개선방안을 마련하였다.

III. 연구결과 및 고찰

1. 연안개발사업의 해역별 및 사업별 분류

환경영향평가서에서 연안개발사업은 크게 두 가지로 분류된다. 하나는 해양매립을 통해 개발되는 사업이고, 다른 하나는 연안과 인접하여 개발되어 해양환경에 영향을 미치는 사업이다. 해양을 직접 매립하여 개발하는 사업을 세부적으로 분류하면, 항만 및 어항개발사업, 공유수면 매립사업 및 해양매립을 통한 산업단지 및 관광지 조성사업, 항로준설사업, 도로 및 교량건설사업, 발전소 건설사업이 있다. 연안과 인접하여 개발되어 해양에 영향을 미치는 사업으로 산업단지 조성사업, 체육시설 및 관광지 조성사업이 있으며, 이러한 개발사업은 운영 시 오·폐수 처리수의 해양방류 유·무와 사업면적 100만m² 이상 및 이하로 구분지어 나눌 수 있다. 사업면적 100만m²을 기준으로 부유토사 확산범위의 차이가 많이 나기 때문에 사업면적에 따른 분류를 수행하였다. 연안인접 개발사업은 대부분이 해양에서의 매립이 아

닌 육상매립을 통해 이루어지고, 그 중에서 일부는 공유수면 매립이 포함되어 있다. 공유수면이 포함된 매립공사는 해양매립사업에 포함시켜서 분석하였다. 해양에서의 매립공사로는 산업단지 및 관광지 조성사업이 있고, 공유수면 매립면적에 따라 해양생태계의 조사범위와 해양환경 영향예측의 범위(해수유동 변화, 부유사 확산범위 및 오염물질 확산범위)가 차이가 많이 나기 때문에 매립면적을 80만m² 기준으로 나누어 파악하였다(표 1 참조).

2. 해양동·식물상 조사의 현황 및 문제점

1) 해양동·식물상 조사범위

74개 연안개발사업 환경영향평가를 대상으로 해양동·식물상 현황조사의 조사범위를 분석하였다. 표 2에 사업규모별로 해양동·식물상의 현황 조사범위를 최소, 최대 및 평균 조사범위로 나누어서 정리하였다. 다양한 연안개발사업 중에서 해양에서의 매립사업이 해양동·식물상의 조사범위가 가장 넓다는 사실을 파악하였고, 그 외에도 발전소 건설사업과 해양준설사업도 해양동·식물상의 조사범위가 다른 개발사업에 비하여 조사범위를 넓게 선정하였다. 이에 비해서, 직접적인 해양매립은 시행하지 않으나, 해안과 인접하여 개발하는 산업단지, 체육시설 및 관광지 개발사업은 해양동·식물상의 조사범위를 좁게 선정하는 것을 파악하였다.

2) 해양동·식물상 조사정점 수

해양동·식물상 조사정점의 선정방안에 대해 조

표 2. 사업별 해양동·식물상의 최소, 최대 및 평균 조사범위 (단위:km)

통계	사업 구분	항만 및 어항 개발 사업	해양 준설 사업	도로 및 교량 건설 사업	발전소 건설 사업	연안 인접 개발 사업	해양 매립 사업
최소		0.5	2.0	2.0	6.0	0.5	1.0
최대		8.0	12.5	5.0	15.0	4.0	20.0
평균		3.4	7.8	3.4	11.4	2.0	4.2

표 3. 사업별 조사항목에 따른 평균, 최소 및 최대 조사정점 수

구분	통계	동·식물 플랑크톤	조하대 저서동물	조간대 저서동물	해조류	난·자치어	어류
항만 및 어항 개발 사업	최소	3	3	2	2	3	1
	최대	9	9	12	6	9	7
	평균	6	5	4	4	6	3
해양 준설 사업	최소	5	3	3	3	4	3
	최대	10	10	5	6	10	10
	평균	8	8	4	4	8	4
도로 및 교량 건설 사업	최소	8	8	4	4	5	2
	최대	20	20	11	10	10	8
	평균	12	13	7	6	8	4
발전소 건설 사업	최소	8	6	3	3	5	2
	최대	26	25	6	6	15	5
	평균	14	12	4	4	11	4
연안 인접 개발 사업	최소	3	3	3	3	2	2
	최대	12	12	10	7	10	4
	평균	6	7	5	4	5	3
해양 매립 사업	최소	4	4	2	2	3	2
	최대	10	22	22	7	10	6
	평균	7	8	6	4	7	4

사한 결과 전체 산업에서 조사정점의 선정 근거를 제시한 경우는 찾아볼 수 없었고, 전반적으로 사업 대상지구로부터 일정한 간격에 따라 임의적으로 조사정점을 선정하였다. 사업별로 조사항목에 따른 평균 조사정점 수와 최소 및 최대범위를 살펴본 결과, 동·식물플랑크톤의 평균 조사정점 수가 가장 많은 사업은 발전소 건설사업으로 평균 조사정점 수가 14지점이며, 가장 적은 사업은 항만개발사업과 해안인접 개발사업으로 평균 조사정점 수가 6지점에 불과하였다. 조하대 저서동물의 평균 조사정점 수도 마찬가지로 발전소 건설사업이 25지점으로 가장 많았고, 항만개발사업이 5지점으로 가장 적었다. 난·자치어의 평균 조사정점 수도 발전소 건설사업이 11지점으로 가장 많았고, 해안인접 개발사업이 5지점으로 가장 적었다. 조간대 저서동물의 평균 조사

정점 수는 도로 및 교량건설사업이 7지점으로 가장 많았고, 항만개발사업, 해양준설사업 및 발전소 건설사업이 모두 4지점으로 가장 낮게 나타났다. 특히, 발전소 건설사업은 조사항목 중에 동·식물플랑크톤과 조하대 저서동물의 평균 조사정점 수가 가장 많이 나타난 반면에 조간대 저서동물의 평균 조사정점 수는 가장 적게 나타났다. 마찬가지로 해조류도 평균 조사정점 수가 가장 많이 나타난 사업이 도로 및 교량건설사업이었다. 어류의 평균 조사정점 수는 전반적으로 3~4지점으로 파악되었다(표 3 참조).

3) 현황조사에 따른 문제점

연안개발사업에 따른 해양동·식물상의 조사정점을 선정하는데 있어서 조사정점의 근거나 기준을 명확하게 제시한 환경영향평가는 전혀 없었고,

조사를 수행한 기관이 어떤 근거나 기준 없이 임의로 조사정점을 선정하였기 때문에 그 정점에서 공사 시와 운영 시에 따른 해역의 특성상 해양동·식물상의 현황조사를 정확히 파악한 것이라고 보기 어려웠다. 연안개발사업에서 해양동·식물상의 조사범위는 전반적으로 대략 반경 2~4km 이내가 가장 많았으며, 조사를 수행한 기관에 따라 조사범위에 대한 차이가 많이 다르게 나타났다. 특히, 다른 연안개발사업보다 항로준설사업, 매립규모가 큰 공유수면 매립사업 및 발전소 건설사업은 조사범위가 매우 넓기 때문에 이러한 사업을 수행하는 대상해역에는 해역의 형태와 흐름상황을 파악하여 이에 근거하여 조사범위를 폭넓게 선정하는 것이 필요하다.

3. 연안개발사업의 영향예측에 따른 영향범위 선정

연안개발사업으로 인한 해양환경에 미치는 주요

영향은 크게 4가지로 구분할 수 있다. 첫 번째는 공사 시 부유토사 확산으로 인한 영향이고, 두 번째는 매립으로 인한 해수유동변화로 인한 영향이고, 세 번째로는 운영시 오·폐수를 포함한 오염물질의 확산으로 인한 영향이다. 그리고 네 번째로 발전소 건설사업의 경우 온배수로 인한 영향이 있다. 이러한 영향예측은 수치모델링을 통해 예측한다. 따라서 본 연구에서는 연안개발사업 환경영향평가서에서 제시한 네 가지 영향예측 결과에 대한 분석을 통해 영향범위를 산정하였다. 특히 해수유동 범위는 현재 사업대상지의 조석 및 조류에 관한 일반적인 흐름현황에서 사업을 시행한 후의 흐름양상이 어느 정도 변화되었는지에 대하여 그 변화 범위를 의미한 것이다. 즉, 사업 시행 전과 후의 흐름변화를 말한다.

영향범위는 해수유동의 경우 1cm/s의 유속변화를 기준으로 분석하였고, 부유사 확산은 1mg/l를

표. 4. 사업별 영향범위 (단위:km)

사업 구분 (주)	해역	해수유동 변화범위		부유사 확산범위		오염물질 확산범위		온배수 확산범위	
		평균	최대	평균	최대	평균	최대	평균	최대
①	남해	0.9	2.4	0.86	2.0	-	-	-	-
	서해	0.88	1.5	4.7	9.8	-	-	-	-
	동해	0.6	0.8	0.76	1.5	-	-	-	-
②	남해	2.6	5.0	3.1	5.7	-	-	-	-
	서해	1.5	-	2.4	-	-	-	-	-
③	남해	-	-	5.9	9.2	-	-	-	-
	서해	-	-	5.4	7.8	-	-	-	-
④	동해	-	-	1.3	-	-	-	-	-
⑤	남해	-	-	2.5	4.5	1.2	2.0	-	-
	서해	-	-	0.3	0.5	3.0	4.9	-	-
⑥	남해	2.6	4.0	4.3	9.1	2.3	4.4	-	-
	서해	3.7	5.0	8.7	23	-	-	-	-
⑦	남해	1.3	1.7	0.7	1.0	1.4	1.6	-	-
	서해	1.5	-	3.4	-	2.0	-	-	-
	동해	2.2	-	1.0	-	-	-	-	-
⑧	남해	-	-	2.2	3.7	1.3	2.0	-	-
	서해	-	-	0.5	-	3.0	5.1	-	-
⑨	남해	-	-	-	-	-	-	5.5	7.9
	서해	-	-	-	-	-	-	8.1	11.1
	동해	-	-	-	-	-	-	6.8	6.9

주) ①: 항만 및 어항개발사업, ②: 해양준설사업, ③: 연안인접 개발사업(오페수 해양배출이 없고, 사업규모가 백만² 이상), ④: 연안인접 개발사업(오페수 해양배출이 없고, 사업규모가 백만² 이하), ⑤: 연안인접 개발사업(오페수 해양배출이 있음), ⑥: 해양매립사업(사업규모 80만² 이상), ⑦: 해양매립사업(사업규모 80만² 이하), ⑧: 도로 및 교량건설사업, ⑨: 발전소 건설사업

기준으로 분석하였으며, 오염물질은 COD 1mg/l를 기준으로 하였으며, 온배수 확산범위는 1℃를 기준으로 분석하였다. 표 4는 이러한 연안개발사업의 영향범위를 나타낸 것이다.

연안개발사업으로 인한 영향예측 범위를 파악하기 위하여 해수유동 변화와 오염물질 확산범위를 조사 및 정리한 결과, 평균치에서 최소 및 최대범위의 편차가 큰 수치는 통계에서 이상자료(Outliers)라 생각되어 분석에서 제외시켰다. 이상자료는 임의로 관측된 자료 중에서 하나 또는 그 이상의 기대되지 않은 높거나 낮은 값이 있을 경우에 이러한 값은 전반적인 분포 양상과는 다른 자료와 너무 멀리 떨어져 있어서 자료의 대표적인 통계정보를 왜곡시키기 때문에 일반적으로 통계학에서 제거하여 분석을 수행한다(Kottegoda *et al.*, 1997). 영향예측 범위의 산정은 영향범위에 대한 정량적인 기준(정의)에 따라 크게 차이가 나타날 수 있으나, 수치모형의 신뢰수준, 관측자료의 분석 신뢰수준, 대표성 및 불확실성 등을 적절하게 감안하여 평균 확산범위에서 최대 확산범위로 정의하는 것이 합리적일 것으로 판단된다(조홍연 등, 2008).

다양한 연안개발사업의 영향범위를 파악한 결과, 평균을 기준으로 서해안에서 시행하는 사업규모 80만²m² 이상의 해양매립사업이 8.7km로 영향범위가 가장 넓었고, 그 다음이 서해안에서 시행하는 발전소 건설사업이 8.1km를 나타냈다. 한편 서해안에서 시행하는 사업규모 80만²m² 이상의 해양매립사업의 최대 확산범위가 약 23km로 매우 크게 나타났다. 이사업은 대규모 해양매립을 통해 사업을 시행한 송도개발사업으로 인한 영향범위이다. 해역별로는 조석에 의해 해수유동변화폭이 큰 서해안이 남해 및 동해에 비해 영향범위가 넓음을 알 수 있었다. 또한 부유사확산에 따른 영향범위가 해수유동 변화 및 오·폐수 오염물질 확산범위 보다는 더 크다는 사실을 알 수 있었다.

4. 해양동·식물상 조사정점 선정의 개선방안

1) 해양생태계 현황조사 선정의 이론적 고찰

해양생태계 조사는 원칙적으로 대상사업의 종류,

규모 및 해역을 고려하여 계획되어야 하지만, 실제 가이드라인을 통해 모든 경우에 대하여 구체적으로 기준설정을 하기에는 현실적으로 어려움이 있다. 해역이용영향평가서 작성 등에 관한 규정에서는 조건대 생물은 최소 3개 정선(암반 조건대 정선당 3개 정점, 갯벌 정선당 5개 정점), 조하대 생물은 최소 5개 정점을 선정하도록 제시하고 있다. 그러나, 대부분의 해역이용영향평가에서는 대상해역 및 사업규모에 관계없이 갯벌 3정점, 조하대 5정점만을 대상으로 조사가 수행되고 있는 실정이다. 이와 같은 규모로는 우선 제한된 공간에서도 다양한 유형의 군집이 분포하는 대형저서동물의 상태를 파악하기가 불가능하다. 게다가, 조위와 퇴적물의 분포에 따라 변화무쌍한 모습을 갖는 갯벌 저서동물 군집(Yoo, 1998)이나 상부부터 하부까지 퇴적상의 구배가 관찰(Frey *et al.*, 1989)되는 갯벌과 달리 공간적 변화가 훨씬 복잡하다. 생물 다양성의 변동성이 상대적으로 갯벌에 비해 높은 조하대 서식 저서동물 군집을 대상으로 사업시행으로 영향 발생 이전과 이후를 비교하고, 주요 서식종의 분포 현황, 군집의 시·공간적 분포 및 영향에 따른 공간적 범위 추정 등에 대해 정확한 정보를 얻는 것 역시 불가능하긴 마찬가지이다. Omori & Ikeda (1984), Harris *et al.* (2000) 등에서는 각 정점이 서로 이질성(heterogeneity)을 갖는 것에 근거하여 조사정점을 선정하도록 추천하고 있다. 사업 영향의 공간적 범위에 대한 물리적 예측에 근거하여 정점 선정이 필요하며, 사업규모에 따른 최소한의 기준을 설정하여 권장하는 방식이 바람직할 것으로 생각된다.

2) 해양생태계 조사정점 선정의 개선방안

해양생태계 조사정점 선정방안을 마련하기 위하여 연안개발사업 환경영향평가의 영향 예측한 범위를 근거로 해양생태계 조사정점 개선방안을 마련하고자 하였다. 본 연구에서는 이외에도 해역이용영향평가서, 유엔환경 프로그램에서 제시된 영향예측 성분(요소)들 중에서 영향예측 범위에 따른 내용, 생태분야별 여러 기관의 전문가 의견을 참고하였다. 그 중에서 유엔환경 프로그램(United Nations

Environment Programme, 2002)의 환경영향평가 매뉴얼에는 환경영향평가를 위한 상세한 가이드라인을 제공하고 있다. 본 매뉴얼에서는 영향예측에 여러 필수성분 중 확산범위는 물리적인 상황에 근거한 수학적 모형(해수유동모형)과 분야별 전문가 의견 등을 토대로 조사범위 및 조사정점 수를 선정한다고 명시하고 있다. 따라서 본 연구에서는 이를 내용을 근거로 하여 물리적 확산범위 및 전문가의 의견을 토대로 조사정점 개선방안을 마련하고자 하였다.

또한, “사업유형별 평가서 작성을 위한” 환경영향평가서 작성 가이드라인(환경부, 2009)에서는 해양동·식물 중에서 표영생태계(동식물플랑크톤, 난치자어 및 어류)는 해류에 크게 의존하는 생물의 조사를 위해서 대상해역의 물리적 특성을 파악하여 조사범위를 결정한 후, 조사범위 내의 해양생태계 및 특성을 명확히 파악할 수 있도록 조사정점을 선정한다고 제시하고 있다. 더불어서 조사정점의 수는 사업규모, 사업해역 및 사업특성에 따라 그 수를 결정해야 한다고 명시하고 있다. 따라서 본 연구에서는 조사정점 수와 조사범위를 이와 같은 가이드라인에 맞추어서 수행하도록 하였다.

연안개발사업의 종류에 의해 공간범위(조사지점)가 물리적으로 나뉘는 경우, 해양생태계가 사업 대상지구로부터 안팎으로 서로 다른 생태학적인 군집 분포를 보이는 것으로 판단되어 본 연구에서는 사

업시행으로 인한 해양생태계 조사범위를 세 영역(해역)으로 제시하였다. 세 해역이란 사업대상(매립지역) 내에서의 해역, 사업시행으로 인한 물리적 예측에 따른 영향범위 내에서의 해역, 최대한으로 영향을 미치는 해역으로 구분하였다. 영향예측 범위는 주 영향범위와 간접 영향범위로 분류하였으며, 주 영향범위는 세부적으로 사업대상 내에서의 해역과 물리적 예측에 따른 영향범위 내에서의 해역으로 분류하였다. 최소 조사범위는 사업 대상 내에서의 해역이고, 평균 조사범위는 사업시행으로 인한 물리적 예측방법에 따른 영향범위 내에서의 해역에 해당된다. 간접영향범위는 영향 예측한 결과 평균 영향범위와 최대 영향범위 사이의 해역으로 구분하였다.

조사범위에 따른 조사정점 수를 제시하면, 사업대상 내에서의 최소 조사범위에 따른 조사정점 수는 전체 조사정점 수의 20~30%, 물리적 예측에 따른 영향범위 내에서의 평균 조사범위에 따른 조사정점 수는 전체 조사정점 수의 60~70%, 영향범위에서의 최대 조사범위에 따른 조사정점 수는 전체 조사정점 수의 10~20%로 정하여 개선방안을 마련하였다.

표 5~15에 사업별, 해역별 및 사업규모에 따라 해양생태계의 조사범위와 조사정점의 개선방안을 제시하였다.

표 5. 항만 및 어항개발사업(남해)

조사항목	정점 수	조사정점 선정
동·식물 플랑크톤, 조하대 저서동물, 난·자치어	7~10	① 1km이내 2~3지점, ② 2.5km이내 2~3지점 ③ 5km이내 1~3지점
해조류	4~6	① 매립지역내 1~2지점, ② 500m이내 1지점, ③ 1km이내 1지점, ④ 2.5km이내 1지점 ⑤ 5km이내 1지점
조간대 저서동물	4 이상	① 매립지역내 1~2지점, ② 500m이내 1지점, ③ 1km이내 1지점, ④ 2.5km이내 1지점 ⑤ 5km이내 1지점 ※ 조사방식 : 정선조사를 실시, 연성조간대는 1정선당 5지점 선정, 경성조간대는 1정선당 3지점 선정 ※ 단, 남해 동부해역의 경우 1정선 당 3개의 지점으로 구분할 수 없는 경우에는 조차를 고려하여 1정선당 1~2지점 선정
어류	4 이상	10km 이내 4지점
해중림	사업지역 및 인접해역	해중림 (해조류에 의한 해중림 포함)의 존재 가능성이 있는 경우 잠수조사를 실시

표 6. 항만 및 어항개발사업(서해)

조사항목	정점 수	조사정점 선정
동·식물 플랑크톤, 조하대 저서동물, 난·자치어	7~10	① 1km이내 2지점, ② 2.5km이내 2~3지점, ③ 5km이내 2~3지점, ④ 5km이내 1지점, ⑤ 10km이내 1지점 ※ 사업규모가 크지 않는 경우 최대 5km까지 선정
해조류	4~6	① 매립지역내 1~2지점, ② 500m이내 1지점, ③ 1km이내 1지점, ④ 2.5km이내 1지점 ⑤ 5km이내 1지점
조간대 저서동물	4 이상	① 매립지역내 1~2지점, ② 500m이내 1지점, ③ 1km이내 1지점, ④ 2.5km이내 1지점 ⑤ 5km이내 1지점 ※ 조사방식 : 정선조사를 실시, 연성조간대는 1정선당 5지점 선정, 경성조간대는 1정선당 3지점 선정
어류	4 이상	10km 이내 4지점
해중립	사업지역 및 인접해역	해중립 (해조류에 의한 해중립 포함)의 존재 가능성이 있는 경우 잠수조사를 실시

표 7. 항만 및 어항개발사업(동해)

조사항목	정점 수	조사정점 선정
동·식물 플랑크톤, 조하대 저서동물, 난·자치어	6~10	① 1km이내 2~3지점, ② 1.5km이내 2~3지점, ③ 2.5km이내 2~3지점, ④ 5km이내 1지점 ※ 사업규모가 크지 않는 경우 최대 2.5km까지 선정
해조류	5 이상	① 매립지역내 1~2지점, ② 300m이내 1~2지점, ③ 500m이내 1~2지점, ④ 1km이내 1~2지점 ⑤ 2km이내 1지점
조간대 저서동물	4 이상	① 매립지역내 1지점, ② 300m이내 1지점, ③ 500m이내 1지점, ④ 1km이내 1~2지점 ⑤ 2km이내 1지점 ※ 조사방식 : 정선조사를 실시, 경성조간대는 1정선당 3지점 선정 ※ 단, 동해역의 경우 지형특성상 1정선 당 3개의 지점으로 구분할 수 없는 경우에는 조차를 고려하여 1정선당 1~2지점 선정
어류	4 이상	10km 이내 5지점
해중립	사업지역 및 인접해역	해중립 (해조류에 의한 해중립 포함)에 대한 잠수조사를 실시

표 8. 해양준설사업

조사항목	정점 수	조사정점 선정
동·식물 플랑크톤, 조하대 저서동물, 난·자치어	10 이상	① 준설지역 3~4지점, ② 1km이내 2지점, ③ 2.5km이내 2지점, ④ 5km이내 2지점, ⑤ 10km 이내 1~2지점
해조류	5 이상	① 준설지역과 가장 가까운 각각의 조간대지역을 중심으로 조사정점을 3개 선정, ② 1번째 조사지역을 기준으로 1km이내 1지점, ③ 1번째 조사지역을 기준으로 2km이내 1지점
조간대 저서동물	5 이상	① 준설지역과 가장 가까운 각각의 조간대지역을 중심으로 조사정점을 3개 선정, ② 1번째 조사지역을 기준으로 1km이내 1지점, ③ 1번째 조사지역을 기준으로 2km이내 1지점 ※ 조사방식 : 정선조사를 실시, 1정선당 3지점 선정 ※ 단, 남해 동부해역과 동해의 경우 지형특성상 1정선 당 3개의 지점으로 구분할 수 없는 경우에는 조차를 고려하여 1정선당 1~2지점 선정
어류	5 이상	10km 이내 5지점
해중립	사업지역 및 인접해역	해중립 (해조류에 의한 해중립 포함)의 존재 가능성이 있는 경우 잠수조사를 실시

표 9. 연안인접 개발사업(오·폐수 해양배출이 없고, 사업규모가 백만m² 이상)

조사항목	정점 수	조사정점 선정
동·식물 플랑크톤, 조하대 저서동물, 난·자치어	7~10	① 500m이내 2~3지점, ② 1km이내 2~3지점, ③ 2.5km이내 2~3지점, ④ 5km이내 1지점, ⑤ 8km 이내 1지점 ※ 주요 영향범위가 사업지 주변해역임을 감안하여 조사정점을 인접해역으로 집중 배치함
해조류	5 이상	① 사업지역과 접하는 해안을 따라 일정간격으로 조사정점을 2~3개 선정, ② 500m이내 1지점, ③ 1km이내 1지점, ④ 2.5km이내 1지점
조간대저서동물	4 이상	① 사업지역과 접하는 해안을 따라 일정간격으로 조사정점을 2~3개 선정, ② 500m이내 1지점, ③ 1km이내 1지점, ④ 2.5km이내 1지점 ※ 조사방식 : 정선조사를 실시, 1정선당 3지점 선정 ※ 단, 남해 동부해역과 동해의 경우 지형특성상 1정선 당 3개의 지점으로 구분할 수 없는 경우에는 조차를 고려하여 1정선당 1~2지점 선정
어류	4 이상	10km 이내 4지점
해중림	사업지역 및 인접해역	해중림 (해조류에 의한 해중림 포함)의 존재 가능성이 있는 경우 잠수조사를 실시
염생식물	사업 지역 및 인접 해역	염생식물이 존재할 경우 조사 실시

표 10. 연안인접 개발사업(오·폐수 해양배출이 없고, 사업규모가 백만m² 이하)

조사항목	정점 수	조사정점 선정
동·식물 플랑크톤, 조하대 저서동물, 난·자치어	5~7	① 500m이내 2~3지점, ② 1km이내 1~2지점, ③ 2.5km이내 1지점, ④ 5km이내 1지점 ※ 주요 영향범위가 사업지 주변해역임을 감안하여 조사정점을 인접해역으로 집중 배치함
해조류	4 이상	① 사업지역과 접하는 해안을 따라 일정간격으로 조사정점을 2~3개 선정, ② 500m이내 1지점, ③ 1km이내 1지점, ④ 2.5km이내 1지점
조간대 저서동물	4 이상	① 사업지역과 접하는 해안을 따라 일정간격으로 조사정점을 2~3개 선정, ② 500m이내 1지점, ③ 1km이내 1지점, ④ 5km이내 1지점 ※ 조사방식 : 정선조사를 실시, 1정선당 3지점 선정 ※ 단, 남해 동부해역과 동해의 경우 지형특성상 1정선 당 3개의 지점으로 구분할 수 없는 경우에는 조차를 고려하여 1정선당 1~2지점 선정
어류	3 이상	10km 이내 3지점
해중림	사업 지역 및 인접 해역	해중림 (해조류에 의한 해중림 포함)의 존재 가능성이 있는 경우 잠수조사를 실시
염생식물	사업 지역 및 인접 해역	염생식물이 존재할 경우 조사 실시

표 11. 연안인접 개발사업(오·폐수 해양배출이 있음)

조사항목	정점 수	조사정점 선정
동·식물 플랑크톤, 조하대 저서동물, 난·자치어	7~10	① 500m이내 2지점, ② 1km이내 2~3지점, ③ 2.5km이내 2~3지점, ④ 5km이내 1~2지점, ⑤ 8km 이내 1지점 ※ 운영시 지속적으로 해양환경에 영향을 미치는 바, 조사정점을 많이 선정할 필요가 있음
해조류	5 이상	① 사업지역과 접하는 해안을 따라 일정간격으로 조사정점을 2~3개 선정, ② 500m이내 1지점, ③ 1km이내 1지점, ④ 5km이내 1지점
조간대 저서동물	4 이상	① 사업지역과 접하는 해안을 따라 일정간격으로 조사정점을 2~3개 선정, ② 500m이내 1지점, ③ 1km이내 1지점, ④ 5km이내 1지점 ※ 조사방식 : 정선조사를 1정선당 3지점 선정 ※ 단, 남해 동부해역과 동해의 경우 지형특성상 1정선 당 3개의 지점으로 구분할 수 없는 경우에는 조차를 고려하여 1정선당 1~2지점 선정
어류	4 이상	10km 이내 4지점
해중림	사업지역 및 인접해역	해중림 (해조류에 의한 해중림 포함)의 존재 가능성이 있는 경우 잠수조사를 실시
염생식물	사업지역 및 인접해역	염생식물이 존재할 경우 조사 실시

표 12. 해양매립사업(사업규모가 80만²m 이상)

조사항목	정점 수	조사정점 선정
동·식물 플랑크톤, 조하대 저서동물, 난·자치어	10~15	① 매립지역내 2~3지점, ② 2km까지 4~5지점, ③ 5km까지 3~4지점, ④ 10km까지 3지점
해조류	5~8	① 매립지역내 2~3지점 선정, ② 500m이내 1지점, ③ 1km이내 1지점, ④ 2.5km이내 1지점, ⑤ 5km이내 1지점, ⑥ 10km이내 1지점
조간대 저서동물	5~8	① 매립지역내 3지점 선정, ② 500m이내 1지점, ③ 1km이내 1지점, ④ 5km이내 1지점, ⑤ 10km이내 1지점 ※ 조사방식 : 정선조사를 실시, 연성조간대는 1정선당 5지점 선정, 경성조간대는 1정선당 3지점 선정 ※ 단, 남해 동부해역과 동해의 경우 지형특성상 1정선 당 3개의 지점으로 구분할 수 없는 경우에는 조차를 고려하여 1정선당 1~2지점 선정
어류	5 이상	10km 이내 6지점
해중립	사업지역 및 인접 해역	해중립 (해조류에 의한 해중립 포함)의 존재 가능성이 있는 경우 잠수조사를 실시
염생식물	사업지역 및 인접해역	염생식물이 존재할 경우 조사 실시

표 13. 해양매립사업(사업규모가 80만²m 이하)

조사항목	정점 수	조사정점 선정
동·식물 플랑크톤, 조하대 저서동물, 난·자치어	8~12	① 매립지역내 2~3지점 선정, ② 1km이내 2~3지점, ③ 2km이내 2지점, ④ 3km이내 2지점, ⑤ 4km이내 1지점, ⑥ 5km이내 1지점
해조류	5~8	① 매립지역내 2~3지점 선정, ② 500m이내 1지점, ③ 1km이내 1지점, ④ 2.5km이내 1지점, ⑤ 5km이내 1지점
조간대 저서동물	4~6	① 매립지역내 2지점 선정, ② 500m이내 1지점, ③ 1km이내 1지점, ④ 2.5km이내 1지점, ⑤ 10km이내 1지점 ※ 조사방식 : 정선조사를 실시, 연성조간대는 1정선당 5지점 선정, 경성조간대는 1정선당 3지점 선정 ※ 단, 남해 동부해역과 동해의 경우 지형특성상 1정선 당 3개의 지점으로 구분할 수 없는 경우에는 조차를 고려하여 1정선당 1~2지점 선정
어류	4 이상	10km 이내 4지점
해중립	사업지역 및 인접 해역	해중립 (해조류에 의한 해중립 포함)의 존재 가능성이 있는 경우 잠수조사를 실시
염생식물	사업지역 및 인접해역	염생식물이 존재할 경우 조사 실시

표 14. 도로 및 교량건설사업

조사항목	정점 수	조사정점 선정
동·식물 플랑크톤, 조하대 저서동물, 난·자치어	8~13	① 교각설치지점을 따라 3~5지점, ② 1km이내 2지점, ③ 2km이내 1~2지점, ④ 3km이내 1~2지점, ⑤ 4km이내 1~2지점, ⑥ 5km이내 1지점
해조류	5~8	① 교량 시점부와 종점부 2지점, ② 교량 시점부와 종점부를 기준으로 500m 2지점, ③ 1km이내 1지점, ④ 5km이내 1지점
조간대 저서동물	4~6	① 교량 시점부와 종점부 2지점, ② 교량 시점부와 종점부를 기준으로 500m 2지점, ③ 1km이내 1지점, ④ 5km이내 1지점 ※ 조사방식 : 정선조사를 실시, 1정선당 3지점 선정 ※ 단, 남해 동부해역과 동해의 경우 지형특성상 1정선 당 3개의 지점으로 구분할 수 없는 경우에는 조차를 고려하여 1정선당 1~2지점 선정
어류	5 이상	10km 이내 5지점
해중립	사업 지역 및 인접 해역	해중립 (해조류에 의한 해중립 포함)의 존재 가능성이 있는 경우 잠수조사를 실시

표 15. 발전소 건설사업

조사항목	정점 수	조사정점 선정
동·식물 플랑크톤, 조하대 저서동물, 난·자치어	15~20	① 2km까지 7~10지점, ② 5km까지 3~5지점, ③ 10km까지 3지점, ④ 15km까지 2지점
해조류	7~10	① 온배수 배출구 주변 2~3지점, ② 500m이내 1지점, ③ 1km이내 1지점, ④ 5km이내 1지점, ⑤ 8km이내 1지점, ⑥ 10km이내 1지점, ⑦ 12km 이내 1지점
조간대 저서동물	7~10	① 온배수 배출구 주변 2~3지점, ② 500m이내 1지점, ③ 1km이내 1지점, ④ 5km이내 1지점, ⑤ 8km이내 1지점, ⑥ 10km이내 1지점, ⑦ 12km 이내 1지점 ※ 조사방식 : 정선조사를 실시, 연성조간대는 1정선당 5지점 선정, 경성조간대는 1정선당 3지점 선정 ※ 단, 남해 동부해역과 동해의 경우 지형특성상 1정선 당 3개의 지점으로 구분할 수 없는 경우에는 조차를 고려하여 1정선당 1~2지점 선정
어류	5 이상	15km 이내 5지점
해중림	사업지역 및 인접해역	해중림 (해조류에 의한 해중림 포함)의 존재 가능성이 있는 경우 잠수조사를 실시
염생식물	사업지역 및 인접해역	염생식물이 존재할 경우 조사 실시

IV. 결론

해양동·식물상에 대한 조사는 해양환경 영향평가에서 매우 중요한 사항이다. 본 연구에서는 다양한 연안개발사업의 환경영향평가에서 영향 예측한 공사 시 부유토사 확산범위와 운영 시 해수유동 변화 및 오염물질 확산범위 등에 근거하여 각 해역별, 사업 유형별 및 사업규모로 구분함으로써 과학적이며 객관적인 해양동·식물상 조사정점 선정방안을 제시하였다.

해양동·식물상의 영향범위는 사업시행으로 인하여 물리적 영향예측에 해당되며, 해역별로 영향범위를 크게는 평균 및 최대 영향범위로 나누었고, 세부적으로는 세 해역으로 나누었다. 세 해역이란, 사업대상(매립지역) 내에서의 해역, 사업시행으로 인한 물리적 영향범위 내에서의 해역, 물리적으로 최대한 영향범위에서의 해역을 의미한다. 따라서 매립지역 내에서의 해역을 최소 조사범위, 사업시행으로 인한 물리적 영향범위 내에서의 해역을 평균 조사범위, 영향범위 밖에서의 해역을 최대 조사범위라고 표현하였다. 이러한 조사범위에 따라 조사정점 수를 제시하면, 사업대상 내에서의 최소 조사범위에 따른 조사정점 수는 전체 조사정점 수의 20~30%, 물리적 영향범위 내에서의 평균 조사범

위에 따른 조사정점 수는 전체 조사정점 수의 60~70%, 영향범위에서의 최대 조사범위에 따른 조사정점 수는 전체 조사정점 수의 10~20%로 적용하여 개선방안을 도출하였다.

아울러, 조사정점 선정 시 고려하여야 할 사항은 다음과 같다.

첫째, 사업예정지에 대한 정확한 현황파악과, 공사 시 및 운영 시 모니터링을 통해 사업시행으로 인한 영향정도를 정확히 파악하기 위하여 사업지역과 가까운 위치에 조사정점을 많이 선정한다.

둘째, 준설사업은 준설지역의 저서생물 현황 파악과 준설 후 회복과정을 모니터링하기 위해 준설 대상지역에 약 3~5개(사업규모에 따라 결정)의 정점을 선정하여 조사한다.

셋째, 최근 해양생물의 서식지, 산란지, 피난처 및 이산화탄소 흡수 등 다양한 기능으로 해양생태계 및 해양환경 측면에서 그 중요성이 매우 높아지고 있는 잘피류를 포함한 해중림에 대한 조사는 잠수조사를 통해 실시한다.

넷째, 조간대 조사는 정선조사를 통해 실시하며, 연성조간대(갯벌)는 가능한 1개 정선 당 약 5개 정점을 선정하고 경성조간대(암반)는 1개 정선 당 약 3개 정점을 선정한다.

다섯째, 매립사업은 매립지역 내에 대한 해양생

태계(특히 저서생물) 현황을 정확히 파악하기 위하여 저서생물에 대한 정밀조사를 실시해야 한다.

여섯 째, 연안인접 개발사업은 인접한 해안의 공간대 저서생물에 대한 정밀조사를 실시하고, 모니터링 또한 이들 해안의 저서생물조사에 집중하여 실시한다.

일곱 째, 도로 및 교량건설사업은 교각설치 지점에 조사정점을 집중 배치하여 조사를 실시한다.

여덟 째, 최근 이산화탄소 흡수기능으로 기능이 새롭게 밝혀지고 있는 염생식물 군락에 대한 조사를 실시한다.

한편, 현행 환경영향평가제도에서는 조사정점 수도 문제가 될 수 있지만 동정을 정밀하게 하지 못함으로 인해 발생하는 문제가 더 크다고 보여진다. 또한, 동정된 자료의 DB화가 되어 있지 않기 때문에 자료의 상호 비교 및 모니터링이 불가능하다. 조사정점 수는 적더라도 반복채집과 동정을 정확히 하고 자료를 DB화 하는 것도 매우 중요하다고 판단된다.

영향예측의 범위와 조사정점 수를 해석과 관련지어 세분화시킨 내용은 향후 지속적으로 개선의 여지가 남아 있다고 본다. 왜냐하면, 연안개발사업의 유형 및 규모, 해역 및 해저지형의 형태, 해역형태에 따른 유속변화 등이 향후에 사업시행으로 달라질 수 있기 때문에 이러한 영향들을 고려한다면, 지속적으로 해양생태계 조사가 전반적으로 개선되리라 생각된다. 더불어서 본 논문이 환경영향평가서의 해양생태계 조사범위와 조사정점 수에 관해 작성지침이라기 보다는 연안개발사업의 특성 및 규모 등에 따라 해양동·식물의 조사를 실시하는데 있어서 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구를 통하여 얻을 수 있는 기대효과는 연안개발사업 관련 합리적인 환경영향평가 기법을 제공하고, 환경영향평가서 작성을 위한 기초자료로 이용할 수 있을 것이다. 또한 연안개발사업 사후환경영향조사결과의 활용성을 확보하며, 과도한 해양생태계 조사로 인한 불필요한 시간 및 예산낭비를 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

후 기

본 논문은 한국환경정책·평가연구원의 지원으로 수행한 「해안개발사업 환경영향평가 영향예측 결과에 근거한 해양동·식물상 조사정점 선정방안」 연구 결과 중 일부임을 밝히며, 업무지원에 감사드립니다.

참고문헌

- 국토해양부, 2009, 해역이용영향평가서 작성 등에 관한 규정, 국토해양부 고시 제2009-792호, 2009.8.24 일부개정.
- 노영재, 2007, 원자력발전소 온배수 피해액 산정을 위한 영향지수 시안, 한국해양학회지, 제12권 제1호, pp.35~42.
- 맹준호, 조범준, 2010, 해안개발사업 환경영향평가 영향예측 결과에 근거한 해양동·식물상 조사정점 선정방안, KEI Working Paper 2010-11.
- 유재원, 김창수, 정희인, 이용우, 이만우, 이창근, 진승주, 맹준호, 홍재상, 2011, 지식기반적 방법을 활용한 저서생태계 평가의 유효 조사정점 개수 산정, 「The Sea」, Journal of the Korean Society of Oceanography, 16(3), 147-154.
- 조흥연, 조범준, 김상준, 2008, 계절별 염분자료를 이용한 아산만 연안의 담수 영향범위 추정. 한국해안·해양공학회논문집, 20(2), 219-231.
- 환경부, 2007, 사업유형별 환경영향평가서 작성지침(안) 개발연구. 공통지침 해설서.
- 환경부, 2009, 고사·훈령·예규 등 환경영향평가 관련 규정집
- 환경부, 2009, 사업유형별 평가서 작성을 위한” 환경영향평가서 작성 가이드라인. 55-58
- Frey, R.W., J.D. Howard, S.J. Han and B.K. Park, 1989. Sediment and sedimentary

- sequences on a modern macrotidal flat, Inchon, Korea. *J. Sed. Petrol.*, 59, 28-44.
- Kottegoda, N.T. and Rosso, R. 1997, *Probability, Statistics and Reliability for Civil and Environmental Engineers*, McGraw-Hill. 262-267.
- Omori, M., Ikeda, T., 1984, *Methods in Marine Zooplankton Ecology*, xiii, 332, John Wiley.
- United Nations Environment Programme, 2002, *Environmental Impact Assessment Training Resource Manual*. 560-571.
- Yoo, J.W., 1998. The spatial distribution and long-term variation of macrofaunal communities on macrotidal flats in the West Central Coast of Korea. Ph.D. thesis, Inha Univ., 352.

최종원고채택 12. 10. 05