

어장정화사업 설계기준 기초연구

2007. 12.



해양수산부

제 출 문

해양수산부장관 귀하

본 보고서를 ‘어장정화사업 설계기준 기초연구’ 용역의
최종보고서로 제출합니다.

2007년 12월

(주)메이텍엔지니어링
대표이사 최 석 원

요 약 문

제 1 장 서론

제 1절 연구의 배경 목적 및 필요성

1. 연구의 배경

○ 우리나라는 최근 생활향상으로 육류소비가 점차 늘어나는 추세에 있지만 아직도 수산물이 단백질 공급원으로 중요한 역할을 하고 있다. 수산물의 생산은 2006년 말 연근해 3,032천톤으로 원양에서 58%를 천해 및 내수면 양식에서 42%를 생산하고 있다.

○ 양식생산량의 증가는 양식기술의 꾸준한 발달과 양식어장을 확대한 결과로서 양식품종이 다양화 된 반면 오랫동안 한 곳에서 양식이 계속되면서 패류나 어류양식인 경우 어장의 노후화로 인하여 환경적인 여러 문제가 대두되었다.

○ 1970년대 초반에 양식굴의 대량폐사에 따른 사회적인 문제와 1995년대는 대규모 *Cochlodinium* 적조가 발생하여 막대한 피해를 보아 사회문제화 되었다.

○ 이러한 사회적 대규모 손실문제는 사회문제와 함께 2000년도에 들어서면서 사회의 각 분야와 마찬가지로 수산정책이 생산물량 위주에서 생산질의 문제로 전환하면서 생산질을 결정하는 해양환경관리가 주요한 수산정책으로 자리 잡았다.

2. 연구의 목적

○ 본 연구는 현재 시행중에 있는 어장정화사업의 실태와 성과 및 문제점을 분석하고 이에 관한 외국의 사례 등을 검토한 다음 이를 기초로 하여 어장정화사업을 보다 체계적으로 추진하기 위한 기본정책방향을 제시하고자 한다.

○ 또한 어장정화사업의 효율성 향상을 위하여 기존 설계서 및 정산서 조사·분석을 통하여 기존사업 설계현황 및 사업 시행시의 문제점 등 기존사업의 문제점을 도출하여 이를 바탕으로 어장정화사업 설계기준 및 표준시방서 마련을 위한 이론적 토대를 제시하기 위한 기초연구로 수행되었다.

3. 연구의 필요성

○ 어장정화사업을 실시하기 위한 사전 기초조사 및 실시설계를 할 때에 일정한 기

준이 없어 설계전문회사의 경험에 의존하고 있는 실정이고 사업 설계시 대상지역 어업인 의견을 전적으로 수용하는 경향으로 인해 정확한 사업물량 산출과 적절한 실시 방법을 설계서 내지 시방서에 포함시키지 못하는 한계가 있다.

○ 이로 인하여 오폐물 수거량, 경운, 객토 등 세부 사업규모를 확보된 제원에 맞추어 해역별, 지역별로 상이하게 산출되고 있는 실정이다.

○ 따라서 이러한 여러 가지 문제점을 방지하고, 해역별·지역별 어장정화사업 세부내역을 통일하고 명확한 기준을 마련하여 체계적이고 효율적인 어장정화사업을 설계하여 적절한 어장정화사업 실시와 이로 인한 국가제정의 건전한 집행 도모를 위하여 표준설계서 및 전문시방서 마련이 필요하고 이에 대한 선행연구로 지난 20년간의 실적과 결과를 분석하여 어장정화사업의 방향을 새로이 설정, 추진할 필요가 있다

제 2절 주요연구내용 및 방법

1. 주요연구내용

○ 지금까지 수행된 300여건의 어장정화사업 중 60여건의 엔지니어링 업체의 설계서와 시방서, 감리보고서를 검토, 분석하여 어장정화사업 실태분석, 어장정화정비 세부내역을 조사·분석하였다.

○ 또한 어장정화사업에서 일어났던 직·간접의 문제점을 분석하여 개선방안을 제시하여, 목표로 하는 표준설계서 및 전문 시방서의 작성을 위한 기초자료를 제시하고 이를 위한 정책방향을 제언하였다.

2. 추진방법

○ 본 연구에서 검토·분석한 설계서는 특별관리어장과 일반관리어장 사업이 집중된 남해안에서 20건 이상과 동해안 10건, 서해안 10건 이상의 설계서 및 감리보고서를 검토·분석하였다. 권역별 어장정화사업 현황과 실태분석 문제점 및 개선방안에 대해서는 해역별로 양식방법, 양식종류에 따라 오폐물 분포가 달라지므로 이들에 대한 결과를 설계에 반영하고자 권역별로 해역을 나누어 정리하였다.

○ 책임감리와 설계에서 얻어진 현장경험을 본 연구에서 활용하였고 기존의 어장정화사업효과에 대한 결과(2004. 해양수산부)를 참고하였고, 지자체의 담당공무원을 대상으로 인터넷 설문조사를 실시하여 설계 및 시방서에 대한 의견을 조사하여 그 결과를 분석하였다.

제 2 장 어장정화정비 세부내역 실태분석

제 1절 현황분석

1. 우리나라 양식현황

○ 수산물 생산량의 42%를 차지하는 천해 및 내수면 양식량은 2006년말 현재 1,276천톤으로 해조류가 764천톤, 패류가 392천톤, 어류가 106천톤, 갑각류가 2천톤 정도 생산되고 있다.

○ 양식생산을 위한 양식어장의 변화는 2005년도에 비해 해조류가 5,254ha, 패류가 1,357ha, 어류가 165ha가 증가한 반면 기타 수산 동물은 554ha가 줄어 양식생산량의 증가는 양식어장 변화와 일치하였다.

○ 시도별 양식어장의 변화는 전체적으로 소폭 증가한 반면 부산·울산광역시, 경북도, 경남도, 제주도의 양식장 면적은 소폭 감소하였다.

○ 시도별 품종별 양식장 면적변화는 전남도의 해조류 양식장이 3,579ha 가장 큰 폭으로 증가하였고, 강원도의 기타 수산동물 양식 997ha가 증가한 반면 다른 품종별 양식장 면적의 증감은 그리 크지 않았다.

2. 양식어장 정화사업 현황

○ 1978년 연안어장에 대하여 「수산자원보전지역(지금의 수산자원보호구역)」을 지정, 관리해 왔으나 연안 어장의 오염은 더욱 심화

○ 1986년 양식어장, 마을어장을 대상으로 어장정화사업을 시작

○ 1991년 수산업법에 의해 시·도지사로 사업이 이관, 어장정화사업 본격적 추진

○ 1994년 양식어장 정화·정비사업 신설

○ 1996년 특별관리어장정화사업 시작

○ 2000년 양식어장, 마을어장 정화사업이 ‘양식어장정화사업’으로 통합

○ 2001년 어장관리법 시행과 함께 어장정화정비업체 어장정화사업 시행

3. 일본의 어장정화사업 현황

○ 1970년 연안어업개발대책연구회 설치

○ 1974년 연안어장정비개발법 제정으로 연안어장정비개발계획 수립하여 연안어장 보전사업 실시

○ 2002년 어항·어촌의 정비와 어장의 정비를 통합 실시하는 어항·어장정비법 시행에 따라 어장환경보전창조사업 추진

제 2절 대상어장 종류별 설계내역서 분석

1. 권역별 설계내역서 분석

구분 권역	사업기간 (일)	평균사업비 (천원)	평균사업면적 (ha)	사업비/폐기물 (천원/ton,m ³)	사업비/면적 (천원/ha)
동해중부권역	90일이내	136,110	296	2,531	476
동해남부권역	120일이내	210,240	294	1,549	836
남해동부권역	365일이내	411,818	455	1,388	1,095
남해서부권역	90일이내	256,304	335	530	890
서해중부권역	120일이내	207,955	38	409	690
서해북부권역	60일이내	60,418	128	1,604	370
제주도	90일이내	139,012	286	726	430

2. 대상 어장 종류별 설계내역서 분석

구분 시행처	사업기간 (월)	평균사업비 (천원)	평균사업면적 (ha)	사업비/폐기물 (천원/ton,m ³)	사업비/면적 (천원/ha)
경상남도 (특별관리어장)	12개월이내	2,101,135	924	639	2,698
전라남도 (특별관리어장)	18개월이내	2,550,256	1,916	1,384	1,592

3. 표준설계서 또는 전문시방서 작성현황 분석

○ 어장정화사업의 시방서는 일반시방서와 특별시방서로 구분되어 있으나, 현존하는 타 공사의 시방서에 비해 공종별로 간단하게 지침을 수록하고 있고 어장철거, 가두리양식장 이설, 어장측량, 어장재시설, 가시설물, 회항 등과 같이 부대적인 공종에 대해서는 세부지침이 마련되어 있지 않다.

○ 전문시방서 부재로 지역별, 어장별로 사업공정의 일관성이 떨어지고, 투입장비의 일관성이 결여되며, 설계설명서 전문화 부족으로 사업지구의 양식현황이나 어업권현황이 수록되지 않아 정화사업지구에 대한 정보 미비, 또한 어장별, 품종별 채취시기 차이에 따른 정화사업기간 선정의 어려움 및 효율적인 어장정화 실시가 어렵다.

○ 이러한 문제점 해결을 위해 어장정화사업 전문가 및 단체가 주체가 되어 타당성 조사와 근거마련 후 협의를 거쳐 전문시방서 마련하고, 현장조사시 어업권에 대한 세밀한 조사로 설계설명서 항목의 세분화하며, 양식품종별 생산시기를 고려한 사업기간 설정 및 사업시행 전 양식품종 및 현장여건을 고려한 사업구역 선정이 필요하다.

제 3 장 어장정화사업 문제점 및 개선방안

제 1절 각 단계별 문제점 및 개선방안

1. 어장정화사업 흐름도



2. 기본조사의 문제점 및 개선방안

○ 어장정화사업 실태분석에서 사업비의 규모가 10억이상의 대규모 사업에서는 사전조사가 이루어지고 있으나 소규모 사업에서는 기본조사가 생략된 채 수행되었다.

○ 이는 사업결과의 평가가 제대로 이루어질 수 없는 상황으로 기본조사를 할 수 있는 재원마련을 위한 사업 규모의 조정이 필요하다.

3. 설계물량 산정의 문제점 및 개선방안

○ 설계시 물량산출을 위해 잠수조사, 형망틀조사, Sidescan Sonar조사 등 현 여건 아래서 최선을 다하여 설계물량을 추정하고 있지만 표본조사의 한계, 조사방법 및 장비의 부족, 기술력 부족, 경제성 있는 사업지구 선정 기준 부족 등 많은 문제점을 내포하고 있다.

○ 이를 개선하기 위해서는 현재 0.8%의 표본조사 면적을 증가시키고, 설계시기와 사업시기 차이에 따른 기타 여건변동을 감안한 물량산출 모델개발이 필요하며, 기존 외 조사방법의 개발 및 전수조사가 가능한 조사장비의 개발, 조사·설계업체의 기술력 향상, 사업성 있는 사업구역 선정 기준 마련 등 많은 개선방안이 필요하다.

4. 어장정화사업 공정 투입장비의 문제점 및 개선방안

○ 지역별, 어장종류별, 설계업체에 따라 공정이 다르고 해양특성과 오폐물 종류가 달라 공정의 차이가 있으나 대선적재, 해상운반, 육상하역, 회항 등 지역별 차이 없이 공통적으로 적용될 필요가 있다.

○ 이를 위해 공정별 지침과 기준을 마련하고 공정의 체계화를 위해 공정별 세부검토가 이루어져 공정별 가이드라인을 설정해 정형화된 공정장비의 투입이 필요하다.

○ 또한 지역별로 상이하게 적용되는 작업선 기준을 현행법에 의거하여 30톤 이상의 정화선 사용을 의무화해야 하며, 어장의 환경여건에 따라 기타 등록 선박을 사용하는 등 정화사업 투입 가능선박을 규격화해야 할 필요가 있다.

5. 잠수작업을 통한 폐기물 인양의 문제점 및 개선방안

○ 폐기물 수거를 위한 잠수작업에 관한 전문시방서 부재로 인한 지침이 없고, 표준품셈의 부재로 인해 작업능력을 과다 또는 과소 측정할 우려가 크다.

○ 따라서 전문시방서 및 표준품셈을 마련하기 위한 공정별 진행과정 및 목적에 대한 정확한 이해와 현장 시험작업을 폐기물 분포밀도에 따라 작업효율분석을 하여 전

문시방서 및 표준품셈을 마련하여야 한다.

6. 패각류 인양공정의 문제점 및 개선방안

○ 패각류 인양공정에서 작업 단계별 소요시간, 형망틀 규격에 대한 근거를 마련하여 패각종류와 밀도, 작업조건을 고려한 기준마련이 필요하다.

○ 본 공정의 진행과정과 목적에 대한 정확한 이해로 시험시공으로 작업효율을 분석하기 위한 장비규격, 해황, 시공관리 및 품질관리에 이르는 전문시방서 및 표준품셈 마련이 필요하다.

7. 폐기물 인양공정의 문제점 및 개선방안

○ 폐기물 인양공정에서 작업 단계별 소요시간, 형망틀 규격에 따른 근거를 마련하여 폐기물 종류와 밀도, 작업조건을 고려한 기준마련이 필요하다.

○ 본 공정의 진행과정과 목적에 대한 정확한 이해로 시험시공으로 작업효율을 분석하기 위한 장비규격, 해황, 시공관리 및 품질관리에 이르는 전문시방서 및 표준품셈 마련이 필요하다.

8. 어장바닥고르기 공정의 문제점 및 개선방안

○ 전문시방서 없이 바닥고르기가 시행되어 작업물량을 과다 책정시 부실시공이 되어 쉽고 과소 책정시 사업 효율성을 떨어뜨리는 원인이 된다.

○ 본 공정의 적합성을 현장에서 시험 시공하여 작업효율을 분석, 장비규격 등을 정하여 시공관리 및 품질관리의 기준을 수립하여야 한다.

9. 황토살포 공정의 문제점 및 개선방안

○ 어장저질을 개선하기 위하여 황토살포를 주요공정으로 사업비의 절반을 차지할 정도로 비중이 크나 저질개선 효과에 대한 조사분석이 미흡하고 근거가 없는 실정이다.

○ 이에 대한 기초연구 및 현장에서의 살포기준 마련이 과학적인 자료위에서 결정될 필요가 있고 사업비의 책정이 필요하다.

10. 폐기물 처리의 문제점 및 개선방안

○ 2012년 지금까지 어장정화사업에서 폐기물 중 많은 양을 차지하고 있는 패각의

해양투기는 금지되므로 재활용 및 처리방안이 시급한 현안이다.

○ 가연성 폐기물의 경우 소각과 재활용으로 처리되고 있으나 지역에 따라 처리단가의 많은 차이, 폐기물 단위의 톤과 m³의 혼용, 발주방법의 차이 등 많은 문제점이 있으며, 일관성 있고 통일된 폐기물 처리를 위한 노력이 필요하다.

11. 기타 장비로 인한 문제점 및 개선방안

○ 대선적재 기준은 항만·어항공사 적산기준을 사용하고 있으나 어장정화사업의 폐기물 적재용량과는 차이를 보인다. 투입작업선은 경비산정에 대한 기준이 없어 건설표준품셈의 예선 운전경비를 적용하고 있어 어장정화사업 현장과 다른 문제점이 있다.

○ 대선적재 기준 재정립을 위해서는 대선규격별 가연성폐기물 및 폐각의 적정 적재용량에 대한 적산기준이 마련되어야 하고, 작업선은 투입 규격에 따른 작업선의 손료, 주연료의 사용량, 투입인원에 대한 현장 검증으로 표준품셈이 마련되어야 한다.

12. 가두리양식장 이설에 따른 소요경비 산정의 문제점 및 개선방안

○ 가두리양식장 이설은 설계에 따른 소요경비 산정은 어장설치시 소요경비에 맞추어 어민들의 요구사항을 반영하여 산출되고 있다.

○ 근본적으로 가두리양식장이 시설된 곳은 사업구역에서 제외하거나 출하가 끝나는 시점에 맞추어 작업을 시행해야 하며, 현장에서의 탐문조사 및 시험 이설을 통해 소요 인건비 및 장비투입에 따라 경비 산정기준을 마련해야 한다.

13. 발주방법에 따른 문제점 및 개선방안

○ 어장정화사업은 발주시 지자체별로 용역(기술용역, 일반용역)이나 시설공사로 발주되어 일관된 적격심사세부기준 및 낙찰율이 적용되지 않아 관련업체들의 혼선을 초래하고 있다.

○ 어장정화사업의 성격을 정확히 파악하여 용역/시설공사에 대한 명확한 기준이 정해져 발주가 되어야 하며, 현재 일부 시행중인 지자체처럼 권역별 또는 지역별로 어장정화사업에 대한 적격심사 세부기준이 마련되어야 할 것으로 판단된다.

제 2절 어장정화사업 사후 경제적 효과조사 및 사후모니터링

1. 어장정화사업 사후 경제적 효과조사

○ 지금까지 2,500억원정도의 예산이 투입되어 어장정화사업과 준설이 추진되었지만 사후 모니터링 및 경제적 효과분석에 대해서 평가가 이루어지지 않아 현장에서의 많은 자료들이 사장되고 있어 이에 대한 자료 확보가 필요하다.

○ 따라서, 서비스 산업에서 측정하는 수익모델 개발과 함께 적용결과를 검증할 수 있는 방안 수립을 위해 장기적이고 집중적인 연구 수행이 필요하다.

2. 어장정화사업 사후 환경 모니터링

○ 정화사업 후의 환경변화는 장기간 서서히 변화되고 양식생물 및 서식생물의 변화가 유도되므로 환경변화 모니터링을 세부적으로 장기간 수행하여 어장청소 주기 등을 현실에 맞게 조정할 필요가 있다.

○ 어장정화사업 전후에 해양환경영향평가기관으로 하여금 영향평가 항목을 5년간 조사·평가하여 경제효과조사를 뒷받침 할 수 있는 자료를 확보해야 한다.

제 4 장 표준설계서 및 전문시방서 작성방안

제 1절 세부사업별 표준설계기준·분류 및 작성기준

○ 정화사업은 크게 폐기물인양, 패각인양, 황토살포, 어장바닥고르기, 해상운반, 육상하역, 폐기물처리, 패각처리로 나누며, 표준설계기준 마련을 위한 방안은 다음과 같다.

세부공종	작성기준 마련방안
잠수작업인양	<ul style="list-style-type: none"> · 잠수사 시간당 작업능력 표준품셈 마련 <ul style="list-style-type: none"> → 잠수관련협회 전문가들의 의견수렴 및 현장에서의 검증 → 잠수효율의 해역별 적용을 위한 현장조사(조류, 명암) · 잠수작업선 규격 및 작업선의 경비산정에 대한 표준품셈 마련 <ul style="list-style-type: none"> → 잠수협회 및 선박협회 도움으로 적합한 잠수작업선의 규격 마련 및 동일한 현장여건에서의 작업선 경비산정을 위한 작업 시행
폐기물 및 패각인양	<ul style="list-style-type: none"> · 정화사업에 적합한 작업선 규격에 대한 지침마련 및 인양틀 규격 표준화 <ul style="list-style-type: none"> → 어장별, 작업선 규격별, 인양틀 규격별 작업선의 효율 조사 · 작업선 규격에 따른 작업능력 및 경비산정에 대한 표준품셈 마련 <ul style="list-style-type: none"> → 현장에서의 작업능력과 경비소요에 대한 시험 · 공중별, 작업효율 원인별 적용효율 마련 <ul style="list-style-type: none"> → 어장별, 폐기물밀도별, 패각종류별 적용효율 마련을 위한 현장시험
황토살포	<ul style="list-style-type: none"> · 정화사업 적합 황토의 성분 기준 마련 · 황토살포 퇴적심도 기준 마련 및 저질개선 효과분석 <ul style="list-style-type: none"> → 퇴적심도에 따른 저질개선 효과 분석으로 작성기준 마련
어장바닥고르기	<ul style="list-style-type: none"> · 바닥고르기들의 규격 표준화 <ul style="list-style-type: none"> → 고르기들 규격에 따른 작업효율 측정 및 최적의 규격들 선정 · 작업선 규격에 따른 작업능력 및 경비산정에 대한 표준품셈 마련 <ul style="list-style-type: none"> → 현장에서의 작업능력과 경비소요에 대한 시험
대선적재 해상운반 육상하역	<ul style="list-style-type: none"> · 대선적재용량의 표준품셈화 <ul style="list-style-type: none"> → 항만및어항시설공사의 적산기준을 이용한 현실에 맞는 적재용량 산정
폐기물처리	· 정화사업 폐기물처리 관련 적용법 기준
패각류 처리	· 해양투기에서 토양개량재 사용으로의 전환 처리

제 2절 세부사업별 전문시방서 작성기준

○ 정화사업 시방서는 타 시방서에 비해 부족한 점이 많아, 종합적인 시공기준을 규정한 전문시방서가 조속히 마련되어야 하고, 정화사업 시방서에 적극 활용되어 전문화된 시공은 물론 사업에서 생기는 분쟁의 해결을 위한 지침으로서의 역할을 해야한다.

○ 해상에서 작업이 이루어지는 항만 및 어항공사 전문시방서를 바탕으로 어장정화사업 전문시방서 마련을 위한 작성기준(가안)은 아래와 같다.

장	절	부분	항목	단락	
총칙	일반적인 조건	일반사항	일반사항	적용범위, 용어의 정의, 설계변경, 공사중지, 하도급, 인명 및 재산에 대한 손상, 공사의 지연과 착공, 하자책임, 용어의 해석 등 22개단락으로 구성	
		공사량 측정 재해예방 공사준공	재료 시공 이하생략	해당없음 해당없음 이하생략	
		공사준비 및 시공관리	공사준비 일반, 공사협의 및 조정, 제출서류 및 공정관리		
		자재관리	자재관리		
		품질관리 및 시공점검, 검측	품질관리계획, 시공점검, 확인 및 검측		
		안전 및 보건관리	안전 및 보건관리		
		환경관리	환경관리		
준비공사	해양조사	가시설물	가설 공급시설물 임시가설시설물		
		시공측량	여장측량	일반사항 재료 시공	적용범위, 측량계획서 제출 측량의 기준, 수급인의 책무 해당없음 측량기준점 설치 기준점의 유지관리 시공기간 중 검측
어장정화사업	폐기물 인양	해양조사	환경조사	일반사항 재료 시공	적용범위, 조사계획서제출, 조사의 기준, 수급인의 책무 해당없음 수질조사 해저질조사
		폐기물 인양	폐기물 인양	일반사항 재료 시공	적용범위, 참조규격, 제출물 재료의 품질기준 공통사항, 작업선 선정 시공기준 및 검사 작업허용범위
		어장바닥경운	어장바닥경운	상동	상동
	황토살포	폐각류 인양	폐각류 인양	상동	상동
		잠수사의 폐기물 인양	잠수사의 폐기물 인양	일반사항 재료 시공	적용범위, 참조규격, 제출물 재료의 품질기준 공통사항, 작업선 선정 시공기준 및 검사, 안전관리 작업허용범위
	어장정화사업	황토살포	황토살포	일반사항 재료 시공	적용범위, 참조규격, 제출물 재료의 품질기준 공통사항, 작업선 선정 시공기준 및 검사 작업허용범위
			어장바닥고르기	어장바닥고르기	우동
∴	∴	∴	∴	∴	

제 3절 표준설계 기준 및 전문시방서 작성을 위한 소요자원 분석

1. 표준설계기준 및 전문시방서 작성을 위한 연구항목

○ 기본조사

- 수질 : 수온, SS, DO, COD, T/N, TIP, 규산

- 저질 : IL, COD, AVS
- 저서생물 : 다모류, 연체류, 갑각류 등
- 어획생물 : 저인망조사
- 양식현황조사 : 어장분포현황, 양식품종, 어업권현황, 종묘생산시설
- 수산물 생산 : 수산물 위판, 청취조사
- 설계물량 산출을 위한 조사
 - 잠수조사 - 산업잠수 및 나잠어업 자료 확보
 - 인양틀 형망조사
 - 육안조사 : 조간대
 - Sidescan Sonar조사
- 공정투입장비
 - 공정별 가이드라인 설정
 - 투입선박의 표준품셈 개발
- 폐기물 처리
 - 소각대신 재활용
 - 굴 진주담치 재활용
 - 굴 진주담치 패각 바다처리 방안 연구
- 패각류 처리 방안
 - 인양공정의 명확한 근거설정
 - 굴 진주담치 등 인양능력 검증
 - 굴 진주담치 패각 바다처리 방안
- 황토살포 공정
 - 황토살포의 기준 설정
 - 입자크기 설정
 - 해조류 양식장 살포효과 조사
 - 황토살포 효과조사
 - 저질개선 효과검증
 - 생산기여 원인 조사

2. 표준설계 기준 및 전문시방서 작성을 위한 연구내용

- 기본조사의 연구내용

저질의 조사내용을 바탕으로 저질개선제에 의한 저질개선 내용과 사업공정의 조정

○ 설계물량 산출을 위한 최신 개발방법 연구

잠수조사 및 인양틀 형상조사를 대체할 Sidescan Sonar 심층연구

○ 공정 투입장비 Guideline 설정 연구

투입선박의 표준품셈의 확정과 공정별 투입장비의 guideline 설정

○ 폐기물처리 연구

- 소각대신 재활용을 위한 인양 폐기물의 적정처리 방법연구
- 인양폐기물의 양륙, 운반의 민원문제 해결방안

○ 패각류 처리방안

- 굴 진주담치 등 패각류 재활용 연구
- 바다처리방안 : 해양투기 금지 대처방안 연구

○ 황토살포 공정

- 해조류 양식장 살포에 따른 시기, 양, 효과조사
- 황토살포 저질개선 효과검증
- 생산기여 원인 조사

○ 어장정화사업 경제적 효과조사 연구

- 사업 후 5년간 경제적 효과조사
- 행정단위의 통계에서 만, 해역단위 통계자료 확보방안
- 생산자료 누수에 따른 자료 확보방안
- 소득자료 확보를 위한 설문조사 방안 및 분석 Model개발

○ 어장정화사업 Monitoring

- 기본조사시 행했던 기초자료와의 비교
- CVM기법을 통한 간접효과 연구
- 어장관리법에서 규정한 어장청소 시기 결정연구

3. 소요재원

항 목	추정사업비 (천원)	소요기간 (개월)	주요내용
총 계	1,500,000	24	공정별 문제점 해결 및 사업 전후 효과조사 방안 도출 연구
가. 기본조사 및 공정조정	160,000	12	· 저질의 조사항목 조정 · 저질개선제의 적용 연구 · 사업공정 조정 연구
나. 설계물량산출연구	250,000	12	· 잠수조사 연구 · 폐기물 인양공정 연구 · Sonar 탐지기술
다. 공정 투입장비 Guideline 설정연구	240,000	24	· 투입선박 표준품셈 연구 · 공정별 투입장비 적용연구 · 기타장비의 효율성 분석 연구
라. 폐기물처리 연구	180,000	12	· 재활용 연구(로프, 폐그물) · 처리과정별 민원해결 방안 · 경제성 분석 연구
마. 폐각류 처리방안 연구	150,000	12	· 재활용 연구 · 투기금지에서 부착기질 사용 연구 · 부착기질 크기별 효과·육상처리시 효과 조사
바. 황토살포	240,000	24	· 해조류 양식장 살포 효과 연구 · 황토살포 저질개선 효과 검증 · 생산기여 원인조사
사. 어장정화사업 경제적 효과 조사 연구	100,000	18	· 만, 해역 단위 생산자료 확보방안 · 누수자료 확보방안 · 소득자료 추정위한 분석 Model개발
아. 어장정화사업 사후 Monitoring	180,000	24	· 수질항목 조정 연구 · 저질항목 조정 연구 · 생태계 변화 연구

4. 기대효과

항 목	기대효과
가. 기본조사 및 공정조정	사업의 성패가 기본조사 및 공정에 따른 설계에 달려있고, 이후 사업의 수행은 설계서에 따라 진행되므로 사업목적에 맞는 설계서 작성의 기본지침으로 활용됨
나. 설계물량산출연구	지금까지 물량산출의 부정확으로 기인한 사업비의 과다, 과소 책정에 따른 예산의 비효율성을 제거하고, 정화사업의 효율성 극대화
다. 공정 투입장비 Guideline 설정연구	설계물량에 따른 적정장비의 투입으로 정화사업의 효율성을 극대화함
라. 폐기물처리 연구	어장정화사업 중 폐기물 수거시 부착생물 부패에 따른 하역 작업 중 발생하는 민원문제 해결 및 2012년 이후 폐기물 해양투기 문제 해결
마. 패각류 처리방안 연구	패각의 재활용은 무기소재의 개발 및 바다에 재투입으로 패류, 어류, 해조류 포자의 부착기질로 작용효과 기대
바. 황토살포	황토살포 문제에 대한 국내외 우려를 불식하고 살포지역의 재생산기구를 규명하여 황토살포 효과를 극대화 함
사. 어장정화사업 경제적 효과 조사 연구	정화사업의 경제적 효과를 규명하여 사업타당성 확립 및 예산확보에 이론적 근거 제공
아. 어장정화사업 사후 Monitoring	경제적 효과를 규명하는 기초자료의 제공과 동시에 각 지역 별, 업종별 어장정화사업 순기를 결정하는데 활용됨

제 4절 어장정화사업 설계기준 기초연구 설문조사

1. 설문조사 목적

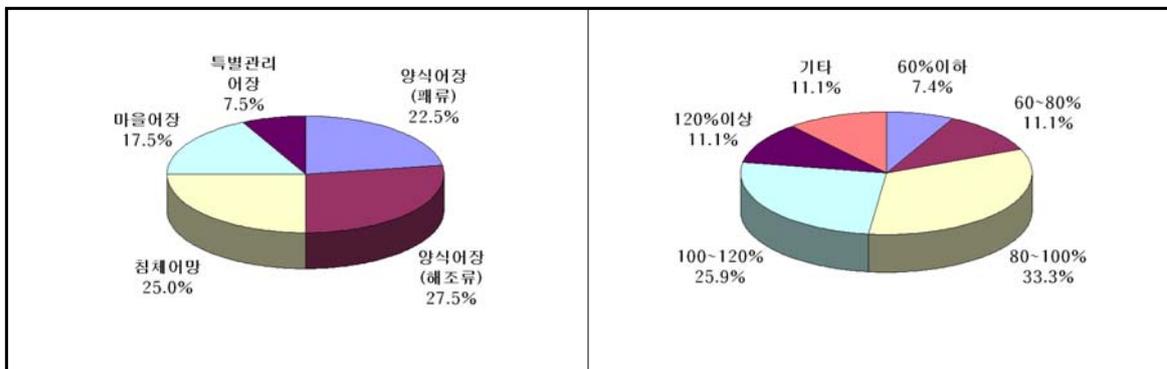
어장정화사업 시행 지방자치단체 담당자를 통해 현재 행해지고 있는 지자체별 어장정화사업 현황을 파악하고, 설계서의 조사물량과 시공시 인양물량의 차이와 원인 및 개선방안 도출하며, 어장정화사업의 효과분석과 아울러 어장정화사업의 문제점 및 개선방안을 마련하는 자료로 활용함을 그 목적으로 하였다.

2. 설문조사 방법

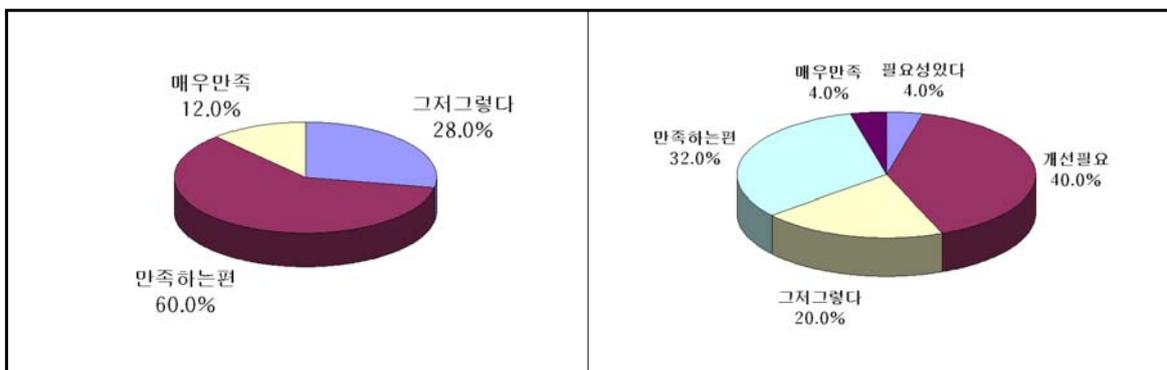
본 설문조사는 어장정화사업 시행 지방자치단체(시, 군, 구) 담당자를 대상으로 10개 문항에 대해 조사가 이루어졌으며, 총 27개 시, 군, 구가 참여했다.

3. 설문조사 결과

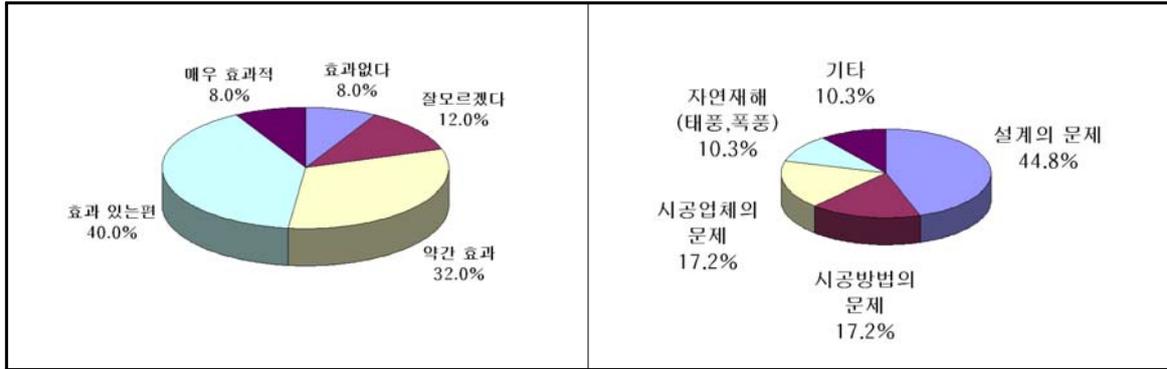
○ 담당 어장정화사업 종류 및 설계물량과 인양물량의 차이 조사



○ 정화사업에 대한 어민들의 만족도 및 담당자의 만족도 조사



○ 어장정화 사업비에 대한 효과 및 설계물량과 시공물량의 차이 원인 조사



○ 설계물량과 사업시 인양물량의 차이를 최소화 할 수 있는 방법 조사

문제점 및 개선방안	비율 (%)
1. 조사회수 증가 및 표본조사에서 전수조사로 변경하여 조사 철저 및 물량산정철저	45.8
2. 현지 어업인 및 관계자의 의견을 충분히 수렴	8.3
3. 설계용역업체와 시공업체의 노력 필요	8.3
4. 수거처리 후 정산하여 사업비지급 및 지역실정 고려한 지역업체의 정화사업 시행 지침 변경	8.3
5. 조사장비의 개발 및 조사 기술력 향상 필요	8.3
6. 인양방법, 기술력, 인양비용 등을 고려한 사업성 있는 사업구역 설정하여 설계반영	4.2
7. 설계기법 개발 및 처리물량 단위 통일 (조사시점과 작업시점 사이의 새로운 변수(태풍, 폐사, 시설물철거)를 고려할수 있는 기법)	12.5
9. 사업시 추가 인양 물량에 대한 정산처리	4.2

○ 효율적인 어장정화사업을 위한 문제점 및 개선방안 조사

가. 설계물량 산출문제 및 개선방안

☞ 문제점

- ① 설계물량과 시공상 인양물량의 차이로 설계변경 및 용역업체의 부실벌점 부과
- ② 현실적으로 물량산정의 어려움
 - 침체어망 인양사업은 수심(100~300m)에서 실시되어 조사방법 부족
 - 서해의 지역특성상 조석간만의 차가 크고 시야가 좁으며, 소나를 이용한 조사 또한 해저면 아래에 침적된 물량은 산출이 힘들다.

☞ 개선방안

- ① 조사기법별 조사회수 증가 및 표본조사에서 전수조사로 변경하여 물량차이를 최소화

② 설계 후 실사업의 기간을 최소화 함으로서 태풍, 폐사, 철거에 따른 물량차이 최소화

- ③ 사후 정산제도 도입 및 어업인들의 정화사업 참여할 수 있도록 조치 마련
- ④ 설계서 물량산출 시 구체적인 방법으로 물량산정
- ⑤ 조사장비의 개발필요

나. 시방서의 문제점 개선방안

☞ 문제점

- ① 바다의 특수성 때문에 다양한 변수가 생겨 시방서대로 시공이 어려움
- ② 용역개념보다는 공사개념으로의 시방 필요

☞ 개선방안

- ① 다양한 변수가 발생할 것을 대비해 많은 특수 사항을 고려한 시방서 작성
- ② 해양수산부에서 행자부 또는 건교부와 협의하여 별도의 지침시달

다. 설계기준의 문제점 및 개선방안

☞ 문제점

- ① 폐기물 처리비용 산정의 문제(예: 일반폐기물처리비, 환경부 고시에 의한 처리비 적용) 및 2007년 어장정화정비업 등록 기준에 따른 각 시도별 의견 상이
- ② 정화사업 실적에 맞는 설계기준 미흡
- ③ 강원도의 경우 사업비 규모가 적고 수심이 낮은 연안에서 실시하고 있어 관련법에 의한 시공업체의 자격기준 수정 필요
- ④ 건설부분 효율 적용으로 사업비/실시설계 효율이 너무 낮게 책정되어 현실성 결여

☞ 개선방안

- ① 해양수산부에서 시도별 의견을 수렴하여 해양폐기물 처리와 침체어망 인양사업 지침서를 재조정하여 효율적 집행이 될 수 있도록 조치 요망
- ② 해양수산부에서 설계세부 기준을 제시

라. 시공상의 문제점 및 개선방안

☞ 문제점

- ① 어장관리법에 의거한 등록기준 미흡
- ② 어장정화정비업체 전문성 결여

③ 시공 미흡

↳ 개선방안

- ① 한국오염방제조합, 어항협회 차원의 전문적 인양이 가능하도록 제도보완
- ② 어장정화는 어업인 스스로 어촌계 차원에서 관리하고 정화하도록 정부지원 배제
- ③ 시공방법에 대한 지속적인 연구개발 필요
- ④ 어장정화정비업 등록기준 강화로 시공업체 부실방지 및 정확한 정화선 검사
- ⑤ 해수부의 폐기물 톤당 사업비 고시 후 설계조사 없이 시공업체의 수거, 처리량에 대

한 사업비 정산

- ⑥ 과다경쟁 지향 및 일일작업물량 또는 작업시간 규정으로 안전사고 및 부당한 사업

추진 예방

- ⑦ 설계물량 초과 시에도 잔존물량 수거방안 마련

⑧ 정화사업이 주로 여름철 금어기(7~8월) 집중되어 업체선정의 어려우므로 겨울철 휴어기에도 사업추진 고려

제 5 장 연구결과 요약 및 정책제언

제 1절 연구결과 요약

앞서 살펴본바와 같이 어장정화사업은 기본조사에서부터 설계, 발주, 시공, 폐기물처리, 효과조사에 이르기까지 정화사업 전반에 걸쳐 다양한 문제점을 나타내고 있으며, 이러한 결과로 인해 이 분야의 기술적인 발전이 더디게 진행되어 왔다. 이러한 문제점을 해결하고 좀 더 발전된 어장정화사업을 추진하기 위해서는 추진 공정별 현장 타당성 조사 및 검증을 통해 표준 설계기준 마련과 함께 전문시방서가 마련되어야 한다.

제 2절 정책제언 - 어장정화사업의 발전방향

- 1986년 어장정화사업이 실시된 이후 현재까지 연안어장 약 40만ha에서 2,500억원을 투자하여 어장쓰레기 25만톤 이상을 수거하여 재활용화 적정처리를 통하여 가두리 어장을 제외한 어장환경이 크게 개선되었다.
- 어장정화사업이 수행되었던 지역 어업인들의 일반적인 평가는 어장정화사업에 대한 평가가 긍정적이며 어획자료가 소실되어 어장정화사업에 대한 사업효과 및 경제성 평가가 제대로 이루어지지 않고 있다.
- 어장정화사업에 따른 효과는 해당 어장들의 환경개선은 물론 인근 해역의 자원량 변동에 영향을 주어 기존자원인 새조개의 대량발생, 키조개의 발생등과 계절별 회유하는 자원의 변동까지 다양하였다. 이러한 자원의 증가와 신규자원의 유입은 지역어업인들의 소득향상에 크게 기여하고 있으나 이에 대한 정성적, 정량적 평가가 제대로 이루어지지 않고 있다.
- 또한 지난 20년 동안 이루어졌던 어장정화사업에 대한 전문시방서와 표준설계서 없이 수산사업시행지침으로 해당지역별 특성 및 형평에 따라 사업이 설계되고 집행되었다. 특히 사업의 진행상 여건이 불리한 동해안, 제주도 권역과 서해안, 남해 서부권역에서 특별관리어장 정화사업을 제외한 어장정화사업은 바다 쓰레기를 수거하는 선에서 어장정화사업이 시행되어 어장정화사업의 효과에 대한 자료의 축적이 거의 전무한 실정이다.
- 따라서 사업효과를 극대화하고 실질적인 어업인 소득을 창출하여 어업인들의 생활

의 질을 높이기 위한 방안으로는 어장정화사업을 소규모로 예산에 맞추어 시행하기 보다는 만별, 지역별, 사전, 사후 경제성 평가 및 모니터링을 활성화하고, 각 공정에 따라 전문시방서와 표준품셈을 마련하여 표준 설계서에 따른 사업 수행이 선행되어야 한다.

목 차

제 1 장 서 론	1
제 1 절 연구의 배경, 목적 및 필요성	1
1. 연구의 배경	1
2. 연구의 목적	1
3. 연구의 필요성	2
제 2 절 주요연구내용 및 방법	2
1. 주요연구내용	2
2. 추진방법	3
제 2 장 어장정화·정비 세부내역 실태분석	5
제 1 절 현황분석	5
1. 우리나라 양식현황	5
2. 양식어장 정화사업 현황	9
2.1. 양식어장 정화사업 역사	9
2.2. 양식어장 정화사업	11
2.3. 특별관리어장 정화사업	12
3. 일본의 어장정화사업 현황	15
제 2 절 대상어장 종류별 설계내역서 분석	20
1. 권역별 설계내역서 분석	20
2. 대상 어장 종류별 설계내역서 분석	32
3. 표준설계서 또는 전문시방서 작성 현황분석	35
제 3 장 어장정화사업 문제점 분석 및 개선방안	40
제 1 절 각 단계별 문제점 및 개선방안	40
1. 어장정화사업 흐름도	40
2. 기본조사의 문제점 및 개선방안	43

3. 설계물량산정의 문제점 및 개선방안	43
4. 어장정화사업 공정, 투입장비의 문제점 및 개선방안	60
5. 잠수작업을 통한 폐기물 인양의 문제점 및 개선방안	67
6. 패각류 인양공정의 문제점 및 개선방안	69
7. 폐기물 인양공정의 공정의 문제점 및 개선방안	72
8. 어장바닥고르기 공정의 문제점 및 개선방안	75
9. 황토살포 공정의 문제점 및 개선방안	79
10. 폐기물처리의 문제점 및 개선방안	80
11. 기타 장비로 인한 문제점 및 개선방안	85
12. 가두리양식 이설에 따른 소요경비 산정의 문제점 및 개선방안	88
13. 발주방법의 차이에 따른 문제점 및 개선방안	89
제 2 절 어장정화사업 사후 경제적 효과조사 및 사후 환경모니터링 조사	91
1. 어장정화사업 사후 경제적 효과조사	91
2. 어장정화사업 사후 환경모니터링 조사	93
제 4 장 표준설계서 및 전문시방서 작성방안	95
제 1 절 세부사업별 표준설계기준·분류 및 작성기준	95
제 2 절 세부사업별 전문시방서 작성기준	96
제 3 절 표준설계기준 및 전문시방서 작성을 위한 소요자원 분석	100
제 4 절 어장정화사업 설계기준 기초연구 설문조사	105
1. 설문조사 목적	105
2. 설문조사 방법	105
3. 설문조사 결과	105
제 5 장 결론 및 정책제언	109
제 1 절 연구결과 요약	109
제 2 절 정책제언	112
제 6 장 참고문헌	113

List of Tables

<표 2-1> 어업품종별 생산량	6
<표 2-2> 품종별 양식어업권 변화추이	7
<표 2-3> 시도별 양식어업권 변화추이	7
<표 2-4> 시도별 품종별 어업권 현황	8
<표 2-5> 일본의 연안어장보전사업 개요	18
<표 2-6> 일본의 연안어장보전사업 추진실적	19
<표 2-7> 동해중부권역 설계서내역 및 정산내역	23
<표 2-8> 동해남부권역 설계서내역 및 정산내역	24
<표 2-9> 남해동부권역 설계서내역 및 정산내역	26
<표 2-10> 남해서부권역 설계서내역 및 정산내역	27
<표 2-11> 서해남부권역 설계서내역 및 정산내역	29
<표 2-12> 서해중부권역 설계서내역 및 정산내역	30
<표 2-13> 제주도 어장정화사업 설계서내역 및 정산내역서	31
<표 2-14> 경상남도 특별관리어장정화사업의 설계서내역 및 정산내역	33
<표 2-15> 전라남도 특별관리어장정화사업의 설계서내역 및 정산내역	34
<표 2-16> 어항 및 항만공사 전문시방서 목차 현황	36
<표 2-17> 어장정화사업 시방서 목차 현황	37
<표 2-18> 양식품종별 생산시기	38
<표 3-1> 해역별 대상어장 특성에 따른 조사방법 분석	45
<표 3-2> 잠수조사에 의한 폐기물 물량산출 방법 예시	49
<표 3-3> 잠수조사에 의한 패각 물량산출 방법 예시	49
<표 3-4> 시험인양에 의한 폐기물 물량산출 방법 예시	50
<표 3-5> 사업면적에 대한 표본조사 확인율 현황	56
<표 3-6> 폐기물량과 사업면적에 대한 사업비 책정 현황	58
<표 3-7> 어장정화사업 지역별, 어장별 주요공정 비교	60
<표 3-8> 동해안 어장별 주요공정에 따른 투입장비 현황	61
<표 3-9> 남해안 어장별 주요공정에 따른 투입장비 현황	63

<표 3-10> 서해안 어장별 주요공정에 따른 투입장비 현황	64
<표 3-11> 해조류 양식어장의 작업선 규격에 따른 일일 작업량 및 소요경비 비교	65
<표 3-12> 대선 + 예선 조합	66
<표 3-13> 건설표준품셈 중 수중고르기 면적 산출식	67
<표 3-14> 잠수사 시간당 작업면적 산출 현황	68
<표 3-15> 잠수작업 능력 산출근거 예시	68
<표 3-16> 패각류 인양시 작업선 능력에 대한 산출근거 예시	70
<표 3-17> 패각류 인양시 작업선 능력 산출 현황(작업선 7~15ton 기준)	70
<표 3-18> 부류식 해조류어장 폐기물 인양시 작업선 능력에 대한 산출근거 예시	72
<표 3-19> 해조류 양식어장 폐기물 인양시 작업선 능력 산출 현황	73
<표 3-20> 수하식 패류양식장 폐기물 인양시 작업선 능력에 대한 산출근거 예시	74
<표 3-21> 수하식 패류어장 폐기물 인양시 작업선 능력 산출 현황	74
<표 3-22> 어장바닥고르기 작업선 능력에 대한 산출근거 예시	76
<표 3-23> 어장바닥고르기 작업선 능력 산출 현황	78
<표 3-24> 황토살포심도 기준	79
<표 3-25> 권역별 폐기물 종류에 따른 처리방법	81
<표 3-26> 방치폐기물처리 이행보증금 산출을 위한 폐기물 종류별 처리단가	83
<표 3-27> 폐기물 분리발주 지자체 현황(2007년)	85
<표 3-28> 대선의 규격에 따른 적재용량	86
<표 3-29> 적재 및 거치, 해상운반 시 장비조합 기준	87
<표 3-30> 가두리양식장 이설에 따른 소요경비	88
<표 3-31> 2007년 어장정화사업 발주현황	89
<표 4-1> 표준설계기준 분류 및 작성기준	95
<표 4-2> 항만 및 여항공사 전문시방서 구성체계	98
<표 4-3> 정화사업 전문시방서 구성체계(가안)	99

List of Figures

<그림 1-1> 어장정화사업 권역별 구분도	4
<그림 2-1> 어장정화사업 4개월후의 환원환경에서 산화환경 변화에 따른 피조개 패각 변화(흑색→황토색)	5
<그림 2-2> 어장정화사업 진행순서	10
<그림 2-3> 경남, 전남 남해안 주요 특별관리어장 정화사업도	14
<그림 3-1> 어장정화사업 흐름도와 주요공정표	42
<그림 3-2> 사이드스캔소나 조사	46
<그림 3-3> 사이드스캔소나조사에 의한 자료해석	47
<그림 3-4> 사이드스캔소나에 의한 취득영상물	47
<그림 3-5> 잠수조사에 의한 폐기물확인 공정	48
<그림 3-6> 시험인양조사에 의한 폐기물 산정	51
<그림 3-7> 폐기물량 산정	52
<그림 3-8> 가연성 폐기물의 부피에 대한 무게비 측정	53
<그림 3-9> 폐기물 처리	54
<그림 3-10> 패각 인양 및 해양투기	55
<그림 3-11> 잠수 및 형망에 의한 검측	77
<그림 3-12> 어장정화사업 경제효과 연구모형도	92

제 1 장 서론

제 1절 연구의 배경 목적 및 필요성

1. 연구의 배경

우리나라는 최근 생활향상으로 육류소비가 점차 늘어나는 추세에 있지만 아직도 수산물이 단백질 공급원으로 중요한 역할을 하고 있다. 수산물의 생산은 2006년말 연근해 3,032천톤으로 원양에서 58%를 천해 및 내수면 양식에서 42%를 생산하고 있다(2007. 해양수산부 통계자료). 양식생산량의 증가는 그동안 양식기술의 꾸준한 발달과 양식어장을 확대한 결과로서 양식기술의 발달은 해조류에서 패류로, 패류에서 어류로의 양식품종이 다양화 된 반면 오랫동안 한 곳에서 양식이 계속되면서 패류나 어류양식인 경우 어장의 노후화로 인하여 환경적인 여러 문제가 대두되었다.

1970년대 초반에 양식굴의 대량폐사에 따른 사회적인 문제와 1995년대는 대규모 *Cochlodinium* 적조가 발생하여 공식적인 폐사액만 764억원으로 간접 사회비용까지 합친다면 1,000억원이 훨씬 넘는 막대한 피해를 보아 사회문제화 되었다. 이러한 사회적 대규모 손실문제는 사회문제와 함께 2000년도에 들어서면서 사회의 각 분야와 마찬가지로 수산정책이 생산물량 위주에서 생산질의 문제로 전환 하면서 생산질을 결정하는 해양환경관리가 주요한 수산정책으로 자리 잡았다.

2. 연구의 목적

1960년대 이후 연안지역에 임해공단이 본격적으로 건설되기 시작함에 따라 오염물질 배출량이 크게 증가했고 대규모 연안 간척·매립사업에 따른 갯벌훼손으로 연안해역의 자정능력이 상실되었으며, 양식물의 장기간 연작에 따른 어장의 노후화와 밀식으로 인해 남해안을 중심으로 한 우리나라의 연안해역은 부영영화가 가속화 되었다. 특히 일부 해역에서는 기상변화에 따라 다르기는 하지만 저수온기보다 고수온기에 수질 및 저질의 변화에 따라 적조와 빈산소수괴의 상승 발생으로 양식품종이 폐사하는 등 어장생산성의 저하를 가져오고 있으며, 양식어장으로서의 지속적 이용을 어렵게 만들고 있다. 이러한 어장생산성 저하문제를 해결하기 위하여 정부는 1986년부터 대규모 예산을 투입하여 어장정화사업을 실시하고 있다. 따라서 본 연구는 현재 시행중에 있는 어장정화사업의 실태와 성과 및 문제점을 분석하고 이에 관한 외국의 사례 등을 검토한 다음 이를 기초로 하여 어장정화사업을 보다 체계적으로 추진하기 위한 기본정책

방향을 제시하고자 한다. 또한 어장정화사업의 효율성 향상을 위하여 기존 설계서 및 정산서 조사·분석을 통하여 기존 정화사업의 설계현황 및 사업 시행시의 문제점을 도출하여 이를 바탕으로 어장정화사업 설계기준 및 표준시방서 마련을 위한 이론적 토대를 제시하기 위한 기초연구로 수행되었다.

3. 연구의 필요성

1986년 연안어장의 환경개선을 위한 퇴적물 수거·처리, 어장바닥의 경운·객토 해저생물 구제, 어장재배치 등 어장정화사업을 실시하여 지속가능한 어업생산기반을 조성하여 어업인 소득증대와 안전한 수산물 생산하고 공급하기위해 어장정화사업을 추진하고 있다. 현재까지 어장정화를 위해 약 400천ha의 수면적에 대하여 2,500억원을 투자하여 어장환경개선으로 어업생산량 증대 효과를 거두고 있으나 어장정화사업을 실시하기 위한 사전 기초조사 및 실시설계를 할 때에 일정한 기준이 없어 설계전문회사의 경험에 의존하고 있는 실정이다. 또한 사업 설계시 대상지역 어업인 의견을 전적으로 수용하는 경향으로 인해 정확한 사업물량 산출과 적절한 실시방법을 설계서 내지 시방서에 포함시키지 못하는 한계가 있다. 이로 인하여 오폐물 수거량, 경운, 객토 등 세부 사업규모를 확보된 제원에 맞추어 해역별, 지역별로 상이하게 산출되고 있는 실정이다. 따라서 이러한 여러 가지 문제점을 방지하고, 해역별·지역별 어장정화사업 세부 내역을 통일하고 명확한 기준을 마련하여 체계적이고 효율적인 어장정화사업을 설계하여 적절한 어장정화사업 실시와 이로 인한 국가제정의 건전한 집행 도모를 위하여 표준설계서 및 전문시방서 마련이 필요하고 이에 대한 선행연구로 지난 20년간의 실적과 결과를 분석하여 어장정화사업의 방향을 새로이 설정, 추진할 필요가 있다.

제 2절 주요연구내용 및 방법

1. 주요연구내용

어장정화사업은 1986년부터 수협을 중심으로 어장정화사업이 실시되었으나 초기에는 정화방법의 체계적인 접근보다는 폐기물을 수거하여 처리하는 단순한 과정으로 수행하였고 폐기물의 처리과정에서도 감독의 어려움과 사업비의 분산 투자로 효과면에서도 뚜렷한 결과를 얻지 못하였다.

이러한 사업의 비효율성을 개선하고자 1995년부터 수협중심에서 주로 남해안의 대규모 패류, 해조류 양식장을 대상으로 지자체가 중심이 되어 전문 엔지니어링업체의

설계와 감리, 어장정화·정비업체의 시공으로 특별관리어장 정화사업과 일반양식어업정화사업이 현재까지 시행되고 있다.

따라서 본 연구에서는 지금까지 수행된 300여건의 어장정화사업 중 60여건의 엔지니어링 업체의 설계서와 시방서, 감리보고서를 검토, 분석하여 어장정화사업 실태분석, 어장정화정비 세부내역을 조사·분석하였다. 또한 어장정화사업에서 일어났던 직·간접의 문제점을 분석하여 개선방안을 제시하여, 목표로 하는 표준설계서 및 전문 시방서의 작성을 위한 기초자료를 제시하고 이를 위한 정책방향을 제안하였다.

2. 추진방법

본 연구에서 검토·분석한 설계서는 특별관리어장과 일반관리어장 사업이 집중된 남해안에서 20건 이상과 동해안 10건, 서해안 10건 이상의 설계서 및 감리보고서를 검토·분석하였다. 권역별 어장정화사업 현황과 실태분석 문제점 및 개선방안에 대해서는 해역별로 양식방법, 양식종류에 따라 오폐물 분포가 달라지므로 이들에 대한 결과를 설계에 반영하고자 권역별로 해역을 나누어 정리하였다.

동해안에서는 연안을 따라 산재한 마을어장이 정화사업의 주 대상이었고 동해안 중에서도 경북울진을 중심으로 한류세력이 강한 강원도 연안의 동해중부와 부산 기장에서부터 울산, 포항, 영덕, 울진을 포함하는 부산에서 경북연안의 해역을 동해남부라 구별하였다<그림 1-1>.

남해권역에서는 부산 가덕도에서부터 경남 남해 하동까지를 남해동부권으로 구분하였다. 이 해역에서는 주로 굴을 중심으로 진주담치, 피조개, 우렁챙이, 미더덕 등 패류 중심의 양식업이 크게 발달하였고 1990년대 들어서는 어류양식도 활성화되었다.

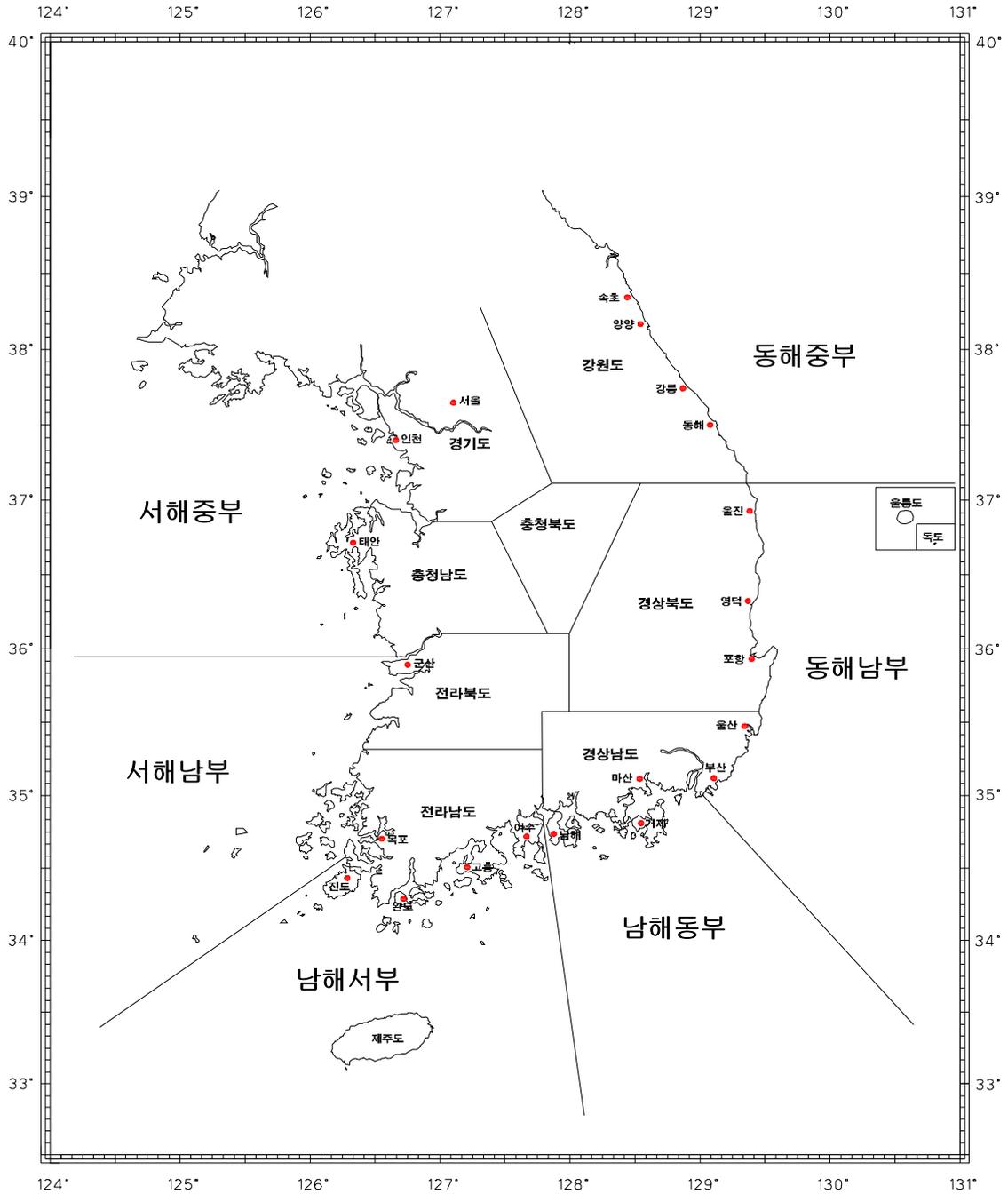
전남 광양만에서부터 여수, 고흥, 해남, 강진, 완도, 진도 연안해역을 남해서부권으로 구분하였다. 최근들어 가두리양식도 활발하지만 주로 해조류와 가막만, 완도지역에서 굴양식, 여자만 고흥연안에서는 바닥식 패류 양식이 활성화되었다.

서해남부권은 전남 함평에서부터 해남 전북고창, 부안, 군산까지 금강 이남을 서해남부권으로 하였는데 주로 마을어장과 갯벌에서 생산되는 바지락등 패류가 중심이다.

서해중부권은 충남서천에서 경기도, 인천까지의 연안해역을 중부권으로 하였는데 여기서는 주로 갯벌에서 생산되는 조개류 및 인천광역시의 연평도, 백령도를 중심으로 북합양식이 성행하고 있는 해역이다.

또한 책임감리와 설계에서 얻어진 현장경험을 본 연구에서 활용하였고 기존의 어장정화사업효과에 대한 결과(2004. 해양수산부)를 참고하였고, 지자체의 담당공무원을

대상으로 인터넷 설문조사를 실시하여 설계 및 시방서에 대한 의견을 조사하여 그 결과를 분석하였다.



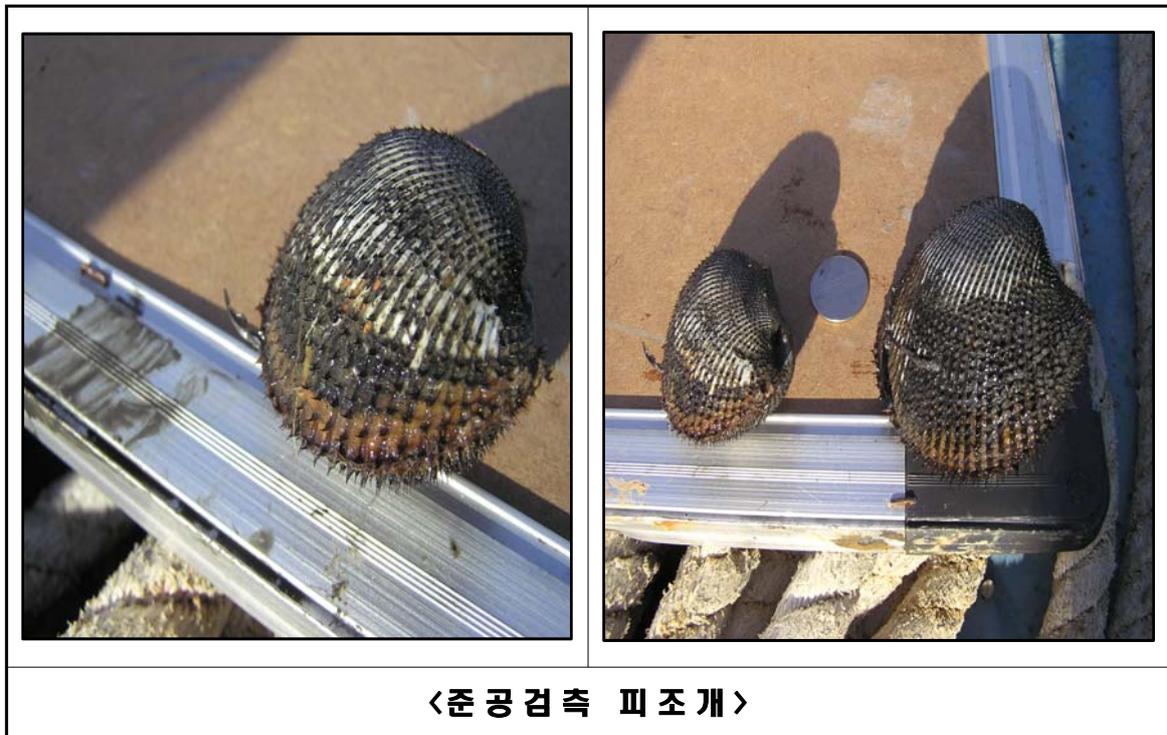
<그림 1-1> 어장정화사업 권역별 구분도

제 2 장 어장정화·정비 세부내역 실태분석

제 1절 현황분석

1. 우리나라 양식현황

수산물 생산량의 42%를 차지하는 천해 및 내수면 양식량은 2006년말 현재 1,276천톤으로 해조류가 764천톤, 패류가 392천톤, 어류가 106천톤, 갑각류가 2천톤정도 생산되고 있다<표 2-1 참조>.



<그림 2-1> 어장정화사업 4개월후 환원환경에서 산화환경 변화에 따른 피조개 패각 변화(흑색→황토색)

<표 2-1> 어업품종별 생산량

(단위 : M/T)

구분		2002	2003	2004	2005	2006	
총계	계	2,476,188	2,487,042	2,519,101	2,714,050	3,032,116	
	해면어업	일반해면어업	1,095,812	1,096,526	1,076,687	1,097,041	1,108,815
		천해양식어업	781,519	826,245	917,715	1,041,074	1,259,274
		원양어업	580,346	544,591	499,400	552,096	639,184
	내수면어업	어로	5,690	6,080	10,302	7,500	7,139
		양식	12,821	13,600	14,997	16,339	17,704
어류	계	1,202,107	1,143,516	1,157,252	1,264,855	1,260,688	
	해면어업	일반해면어업	714,058	656,528	672,227	721,947	715,048
		천해양식어업	48,073	72,393	64,476	81,437	91,123
		원양어업	423,696	397,196	400,134	439,711	433,122
	내수면어업	어로	4,993	4,504	6,288	6,034	5,516
		양식	11,287	12,895	14,127	15,726	15,879
갑각류	계	72,470	89,380	85,262	92,417	109,684	
	해면어업	일반해면어업	57,327	66,002	57,110	62,075	73,715
		천해양식어업	1,403	2,324	2,426	1,399	1,683
		원양어업	13,663	20,927	25,648	28,842	33,807
	내수면어업	어로	61	111	32	66	452
		양식	16	16	46	35	27
패류	계	271,818	402,957	409,739	409,150	474,373	
	해면어업	일반해면어업	57,336	109,878	100,180	81,012	80,434
		천해양식어업	212,433	291,063	304,889	326,255	391,060
		원양어업	-	-	-	-	-
	내수면어업	어로	636	1,465	3,981	1,400	1,171
		양식	1,413	551	689	483	1,708
연체동물	계	394,398	379,092	306,206	295,060	392,047	
	해면어업	일반해면어업	251,411	252,624	232,588	211,517	219,792
		천해양식어업	-	-	-	-	-
		원양어업	142,987	126,468	73,618	83,543	172,255
	내수면어업	어로	-	-	-	-	-
		양식	-	-	-	-	-
해조류	계	507,984	457,208	545,808	636,368	778,667	
	해면어업	일반해면어업	10,427	5,154	9,060	15,212	13,754
		천해양식어업	497,557	452,054	536,748	621,156	764,913
		원양어업	-	-	-	-	-
	내수면어업	어로	-	-	-	-	-
		양식	-	-	-	-	-
기타 수산동물	계	27,411	14,889	14,834	16,200	16,657	
	해면어업	일반해면어업	5,253	6,340	5,522	5,278	6,072
		천해양식어업	22,053	8,411	9,176	10,827	10,495
		원양어업	-	-	-	-	-
	내수면어업	어로	-	-	1	-	-
		양식	105	138	135	95	90

양식생산을 위한 양식어장의 변화는 전년도에 비해 해조류가 5,254ha, 패류가 1,357ha, 어류가 165ha가 증가한 반면 기타 수산 동물은 554ha가 줄어 양식생산량의 증가는 양식어장 변화와 일치하였다<표 2-2 참조>.

<표 2-2> 품종별 양식어업권 변화추이

(단위 : ha)

년 품종	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
해조류	71,543	70,201	69,209	68,062	69,348	69,503	74,757
패류	44,819	46,171	47,138	47,381	47,087	48,193	49,550
어류	2,216	2,256	2,302	2,136	2,002	1,822	1,987
기타수산동물	3,395	3,590	3,594	4,274	4,732	5,150	4,596
합계	121,973	122,218	122,243	121,853	123,169	124,668	130,890

한편 시도별 양식어장의 변화는 <표 2-3>과 같이 전남도가 3,664ha, 강원도가 710ha, 전북도가 489ha, 충남도, 경기도, 인천광역시가 소폭 증가한 반면 부산·울산광역시, 경북도, 경남도, 제주도의 양식장 면적은 소폭 감소하였다. 시도별 품종별 양식장 면적변화는 전남도의 해조류 양식장이 3,579ha로 가장 큰 폭으로 증가하였고, 강원도의 기타 수산동물 양식 997ha가 증가한 반면 다른 품종별 양식장 면적의 증감은 그리 크지 않았다<표 2-4 참조>.

<표 2-3> 시도별 양식어업권 변화추이

(단위 : ha)

년 시도	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
부산	1,760	1,761	1,760	1,730	1,672	1,672	1,671
인천	2,054	2,415	2,474	2,346	2,261	2,152	2,177
울산	504	501	498	495	483	500	490
경기	837	664	1,484	1,483	1,466	1,613	1,893
강원	1,159	1,230	1,288	1,266	1,325	1,585	2,295
충남	7,707	7,456	7,404	7,178	7,218	7,095	8,202
전북	6,294	6,368	6,206	6,198	6,196	6,237	6,726
전남	86,418	86,261	86,038	85,136	86,266	87,531	91,195
경북	3,087	3,206	3,228	3,371	3,374	3,367	3,358
경남	11,450	11,652	11,160	11,940	11,906	11,909	11,879
제주	703	704	703	710	1,002	1,007	1,004
합계	121,973	122,218	122,243	121,853	123,169	124,668	130,890

자료 : 해양수산부, 해양수산통계연보

<표 2-4> 시도별 품종별 어업권 현황

(단위 : ha)

시도	연도	품종	해조류	패류	어류	기타 수산동물	마을어업	정치망어업
부산시	2005년		1,431	234	7	-	1,762	3
	2006년		1,412	252	7	-	1,762	3
인천시	2005년		404	1,519	57	172	1,809	-
	2006년		380	1,570	45	182	2,165	-
울산시	2005년		345	114	18	23	924	61
	2006년		335	114	18	23	924	61
경기도	2005년		825	755	12	21	4,111	-
	2006년		1,118	742	12	11	4,333	-
강원도	2005년		83	945	9	548	10,858	2,226
	2006년		101	641	8	1,545	10,122	2,226
충남도	2005년		3,221	3,236	195	444	5,634	69
	2006년		3,635	3,806	245	517	5,958	66
전북도	2005년		2,492	3,290	41	414	1,462	117
	2006년		3,499	2,866	311	50	1,616	127
전남도	2005년		60,453	26,003	948	127	50,116	683
	2006년		64,032	26,108	837	218	51,717	683
경북도	2005년		101	2,463	92	712	6,093	2,829
	2006년		101	2,454	92	712	6,080	2,825
경남도	2005년		140	9,560	427	1,782	19,460	1,732
	2006년		137	10,018	397	1,327	19,565	1,740
제주도	2005년		7	76	16	908	14,451	144
	2006년		7	981	15	2	14,431	138

2. 양식어장 정화사업 현황

2.1. 양식어장 정화사업 역사

현재 우리 수산업은 국내외적인 여건변화로 인해 큰 시련에 처해 있는데, 국내적으로는 가장 심각한 문제의 하나가 어장생산성이 계속 하락하고 있다는 것이다. 이것은 어선어업뿐 아니라 양식업에 있어서도 마찬가지로, 이러한 상황 하에서는 우리 수산업의 지속적인 발전은 고사하고 현상유지조차도 기대하기 어렵다. 따라서 어장생산성의 회복은 앞으로 우리가 지향해 나가야 할 중요한 정책목표의 하나가 되고 있다.

어장생산성 하락을 가져오는 원인은 여러 가지가 있으나 가장 중요한 것이 그 동안 도시화와 산업화의 과정에서 각종 폐수나 쓰레기 등이 대량으로 바다로 유입되고 대규모의 매립·간척사업이 진행됨에 따라 어업자원의 서식·산란장이 상실되었다는 점이다. 그러나 이에 못지않게 우리 정부와 어업인들에게도 큰 책임이 있는바, 정부에서는 어업자원의 재생산력이나 어장의 수용능력을 고려하지 않고 어업허가와 어업면허를 계속 부여해 왔고, 어업인들은 법으로 정해진 사항을 제대로 준수하지 않은 채 오로지 수산물을 많이 생산하는데 전력해 왔다. 따라서 이로 인해 어장생산성 하락현상이 계속되면서 어선어업의 경우 신규 어업허가를 제한하고 어구사용을 규제하며, 금어구나 금어구를 설정하는 등 어업자원의 회복에 많은 노력을 기울였으나 뚜렷한 효과가 나타나지 않자 1994년부터는 연근해 어선을 직접 감축시키는 연근해어업 구조조정사업을 시작하였다.

한편 양식업에 있어서도 오랫동안 증산정책을 유지, 양식면적을 늘려 왔는데, 몇몇 품종에 있어 과잉생산현상이 나타나자 신규면허를 금지하고 양식장 시설기준을 설정하는 등 생산규제를 하기 시작했다. 그러나 이러한 규제는 과잉생산을 예방하기 위한 것이었지 어장생산성을 회복하기 위한 것은 아니었다. 이후 양식업에 있어서도 어장생산성이 계속 하락하고 특히 각종 병해가 빈발함에 따라 어장환경개선에 관심을 가지기 시작했다. 1978년부터 중요한 연안어장에 대하여 「수산자원보전지역(지금의 수산자원보호구역)」을 지정, 관리해 왔으나 연안 어장의 오염은 더욱 심화되어 이에 대처하는 방안으로 폐기물을 수거하는 어장정화의 필요성이 제기되었고, 이를 체계적으로 추진하기 위하여 1986년부터 어장정화사업을 시작하였다.

어장정화사업이란 환경개선을 통하여 어장정화 및 생산성 향상을 목적으로 어장에 침적되어 있는 쓰레기나 폐기물을 각종 장비를 사용하여 인위적으로 제거하는 사업이다. 1986년부터 양식어장이나 마을어장으로 대상으로 시작되었고(양식어장정화사업),

이후 1994년 양식어장 정화·정비사업이 새롭게 신설되었다. 2000년부터는 양식어장과 마을어장 정화사업이 “양식어장 정화사업”으로 통합되었다. 연안어장의 오염이 점차 대규모화 되어 감에 따라 기존의 일반어장 정화사업이나 양식어장 정화사업으로는 오염물질의 효율적인 제거가 용이하지 않아 대규모의 어장정화가 필요한 지역에 대하여 시행할 목적으로 1996년부터 양식시설이 밀집한 대단위 만을 대상으로 하는 ‘특별관리어장정화사업’이 시작되었다.

사업 초기단계인 1986~1990년 기간 중에는 수협에서 사업을 집행해 왔으며 사업비도 동기간 중 1,891백만원, 연평균 370백만원으로서 집중 투자가 되지 않았다. 그러나 1991년부터 수산업법에 의해 청소명령권을 가진 시·도지사로서 사업이 이관되면서 어장정화사업이 본격적으로 추진되기 시작하였다. 그 이후 2001년 어장관리법 시행과 함께 어장정화·정비 전문업체에서만 어장정화사업을 시행할 수 있도록 하였다.



<그림 2-2> 어장정화사업 진행순서

2.1.1. 현행규정

어장정화사업에 대한 법적 근거는 「어장관리법」 제12조에서 제20조에 나타나 있다. 즉 동 법 제12조는 “어업면허 또는 어업허가를 받은 자는 어장환경의 보전 및 개선을 위하여 수산종묘를 살포하거나 어장의 퇴적물을 수거·처리해야 하되 이 업무를 어장정화·정비업의 등록을 한 자에게 위탁하여 실시할 수 있다” 고 명시되어 있다.

동 법 제 14조에서는 “어업면허나 어업허가를 받은 자와 그 종사자는 어업활동 중 그물·빛줄 등 어구와 양식시설물 등을 어장에 버리거나 방치하여서는 안되며, 폐기하려면 시장·군수·구청장이 설치 운영하는 장소에서 처리하거나 처리하여야 한다” 고 명시되어 있다.

동 법 제14조에서는 “해양수산부장관은 매년 어장정화·정비에 관한 집행지침을 수립하여 시·도지사 및 시장·군수·구청장에게 통보하고, 시·도지사 등은 이에 따라 어장정화·정비 실시계획은 수립해야 한다” 고 하고 있고, 제16조 ~ 제20조에서는 어장정화·정비업의 등록한 자에 대한 등록, 등록의 결격사유, 등록의 취소, 권리·의무의 승계에 대해 규정하고 있다.

2.1.2. 사업시행지침

어장정화사업은 「어장관리법」 제14조에 의거하여 해양수산부에서는 매년 사업시행지침을 작성하고 있는데 2007년도 시행지침의 주요내용은 다음과 같다.

2.2. 양식어장 정화사업

양식어장 정화사업의 내용은 퇴적물 수거, 바닥갈이, 경운·객토, 해적생물 구제 등 어장정화 및 이를 위한 조사·설계·감리 등이고, 지원대상은 어촌계 및 수협어장(동 어장에 영향을 미치는 인근 개인어장 및 공유수면 포함)을 주 대상으로 하되 다수어장이 설치된 해역으로 사업주관기관이 정화선박을 이용하여 정화작업이 필요하다고 판단하는 인접한 5개 이상의 개인어장(어장과 어장사이의 공유수면 포함)도 가능하다. 지원 조건은 국고보조 80%, 지방비 10%, 자담 10%이다.

사업주관기관은 시장·군수·구청장이고 사업대상지 선정에 있어 사업주관기관은 정화사업의 효과제고와 효율적 추진을 위해 어장오염현황, 면적 등을 고려, 우선순위를 정하여 사업을 실시할 수 있다.

조사·설계에 있어 사업주관기관은 다음 사항을 고려하여 「엔지니어링기술진흥법」에 의거 해양수산분야로 신고 된 업체를 선정하여 시행하되, ‘조사’는 공신력

있는 기관(해양수산분야의 대학부설연구소 및 정부출연연구소)도 포함한다.

- 대상수역 어업실태 : 어업종류, 어장면적, 시설(살포)량, 살포 및 채포시기 등
- 사업내용, 사업시기, 추진방법, 사업실시설계, 소요경비 내역
- 사업대상지의 오폐물 실태 및 수거·인양된 오폐물의 처리방안
- 기타 어장정화사업에 필요하다고 인정되어 사업주관기관이 정하는 내용

시공자 선정과 관련하여 사업주관기관은 어장관리법령에 의거 어장정화·정비업 등록업체를 사업자로 선정하여야 한다. 이때 사업주관기관은 견실한 시공업체 선정을 위하여 「국가를당사자로하는계약에관한법률」의 규정에 따라 필요한 사항을 제한할 수 있고, 동 법률 제7조 및 동법 시행령 제26조 제1항 제8호 아목의 규정에 해당하는 경우, 사업집행주체는 수의계약을 체결할 수 있다.

사업비 집행에 있어 저질개선 객토사업비는 정화사업비의 70%를 초과할 수 없으나 70%를 초과하여 집행하여야 할 경우는 그 사유를 명시하여 해양수산부장관의 승인을 얻어야 한다. 그리고 당해연도 사업 집행잔액을 다음 연도 사업예정지구의 조사·설계비로 사용할 수 있으나 사업주관기관은 시·도지사의 협의를 거쳐야 한다. 또한 사업의 원활한 추진을 위해 수산조정위원회가 시설물 철거가 불가피하다고 인정할 경우 철거비 시설지원은 당해 수산조정위원회와 협의하여 지원할 수 있다.

사업관리와 관련하여 사업주관기관은 수거된 오폐물을 재활용 또는 재생처리에 우선 활용하는 등 오폐물 처리계획을 수립하여 처리하여야 하며, 사업시행자로 하여금 본 사업의 추진상황을 수시 확인할 수 있도록 일일 작업일지를 작성하여 비치하도록 하여야 한다.

사후관리 조치로서 사업주관기관은 사업시행 전 및 사업 준공 이듬해부터 2년간 사업대상 어장의 품종별 단위면적당 생산량을 조사하여 사업전후의 효과를 분석하여야 한다. 사업시행 후의 생산량 조사 시에는 정화사업을 실시하지 않은 주변의 비교어장을 선정하고 생산량을 함께 조사하여 정화사업해역과 비사업해역과의 효과를 비교·분석하여야 한다.

2.3. 특별관리어장 정화사업

특별관리어장 정화사업의 내용은 퇴적물 수거, 바닥갈이, 경운·객토, 저질준설, 수로개설, 어장재배치 등으로서 양식어장 정화사업과 비교할 때 저질준설, 수로개설, 어

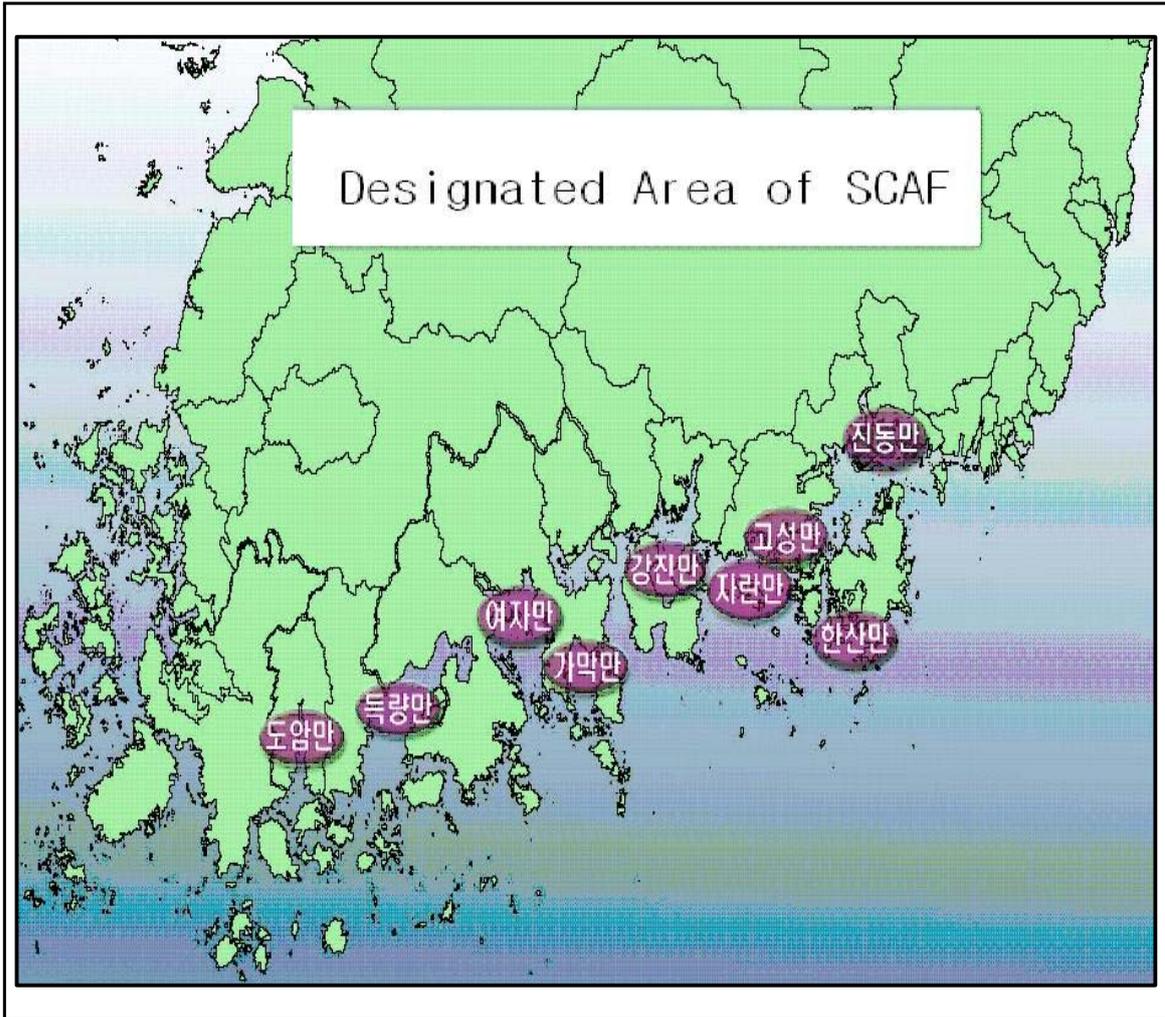
장재배치 등이 추가되었다. 지원대상은 특별관리어장으로 지정된 어장이고, 지원조건은 국고 80%, 지방비 20%이다. 사업주관기관은 시장·군수·구청장이나 사업예정 해역이 2개 이상의 시·군·구 관할인 경우 시·도지사가 정화시기, 방법 등을 조정하고 관리감독을 하여야 한다.

사업시행을 위하여 사업주관기관은 특별관리어장 지정, 기본조사 및 사업설계, 사업시행의 우선순위, 세부사업 추진 등이 포함된 기본계획을 수립하여 정화사업추진위원회의 심의를 거쳐 확정한다. 정화사업추진위원회는 국립수산물연구원, 지방해양수산청, 시·군, 지구별 및 업종별 수협, 수산 및 해양관련대학·연구소, 어업인대표 등 관계전문가로 구성하며, 기본계획 수립, 특별관리어장 지정, 기본조사 및 사업설계, 사업우선순위, 사업추진 방법 및 절차, 사업결과 등에 대해 심의한다.

한편 시·도지사는 오염으로 수산피해가 빈발하거나 어장이 밀집된 수역을 추진위원회의 심의를 거쳐 특별관리어장으로 지정하되, 특별관리어장으로 지정한 경우에는 그 범위, 기본조사 및 어장정화사업 시기, 사업계획과 어업에 대한 제한사항 등 필요한 사항을 공고하거나 기타 방법으로 관련 어업인에게 알려야 한다.

조사·설계와 관련하여 사업주관기관은 다음 사항을 고려하여 「엔지니어링기술진흥법」에 의거 해양수산분야로 신고된 업체를 선정·시행하되, ‘조사’는 공신력 있는 기관(해양수산분야의 대학부설연구소 및 정부출연연구소)도 포함하며 정화사업추진위원회의 심의를 거쳐 확정한다.

- 대상수역 어업실태 : 어업자원별 어장면적, 시설(살포)량, 살포 및 채취시기 등
- 해·어황 여건(조류, 지형구조, 수면적 등) 및 오염실태(저질 등)
- 대상수역에 영향을 미치는 오염원 및 오염부하량(어장 자가오염원 포함)
- 사업내용, 사업우선순위, 사업시기, 추진방법, 사업설계도 및 소요경비
- 대상수역 내 적정양식 총량, 어업권 적정배치도 및 양식어장의 효율적인 관리 방안 (해상중요생산업 등 어장관리에 필요한 어업 포함)
- 사업집행 시 수거된 오폐물, 준설토의 처리방안 등



<그림 2-3> 경남, 전남 남해안 주요 특별관리어장 정화사업도

시공사 선정에 있어 사업주관기관은 어장정화·정비업 등록업체를 사업자로 선정하여야 한다. 그리고 견실한 시공업체 선정을 위하여 「국가를당사자로하는계약에관한법률」의 규정에 따라 필요한 사항을 제한할 수 있고, 동법 제7조 및 동법 시행령 제26조 제1항 제8호 아목의 규정에 해당하는 경우, 사업집행주체는 수의계약을 체결할 수 있다.

사업집행에 있어 환경개선 및 수산피해방지를 위한 사업의 시급성, 사업시행상 필요한 일정기간 휴업의 가능성 및 어업인의 참여도 등을 고려하여 우선순위를 정하고 추진위원회의 심의를 거쳐 집행한다. 이때 저질준설 및 수로개설 사업비는 정화사업비의 30%, 저질개선 객토사업비는 50%를 초과할 수 없으나 이를 초과하여 집행할 경우는 해양수산부장관의 승인을 받아야 한다.

사업관리를 위하여 사업주관기관은 수거된 오폐물을 재활용 또는 재생처리에 우선

활용하는 등 오폐물 처리계획을 수립하여 처리하여야 하고 사업시행자로 하여금 본 사업의 추진상황을 수시 확인할 수 있도록 일일 작업일지를 작성하여 비치하도록 하여야 한다. 또한 효율적인 사업추진을 위하여 시·도(시·군) 어장정화선을 우선 활용할 수 있고, 어장의 재시설시 새로운 부자를 시설할 경우 개량부자를 우선 설치할 수 있다.

사후관리 조치는 양식어장 정화사업과 유사한데 사업주관기관은 사업의 효율적 추진을 위하여 사업점검 및 평가를 실시하고 그 결과를 차기 사업계획에 반영하여야 하고, 사업시행 전 및 사업 준공 이듬해부터 2년간 사업대상 어장의 품종별 단위면적당 생산량을 조사하여 사업효과를 분석하여야 한다. 사업시행후의 생산량 조사 시에는 정화사업을 실시하지 않은 주변의 비교 어장을 선정하고 생산량을 함께 조사하여 정화사업 해역과 비사업 해역과의 효과를 비교·분석하여야 한다.

3. 일본의 어장정화사업 현황

우리나라 수산물의 소비와 여건이 비슷한 일본에서는 연안어장정비개발사업의 하나로 연안어장보전사업을 실시하고 있는데, 이 사업이 우리나라의 어장정화사업과 유사한 성격을 가지고 있다. 일본에서 연안어장정비개발사업을 시작한 것은 1970년대에 들어서면서 200해리 해양시대가 본격화될 경우 많은 원양어장을 상실하게 되고, 근해 어업의 경쟁력도 한국과 중국에 비해 점차 하락할 것이라는 전망 하에서 특별대책으로서 동 사업을 구상하면서 시작되었다.

즉 1970년에 설치된 연안어업개발대책연구회가 연안어업의 진흥을 위해서는 재배어업과 자원조성사업이 중요하다는 의견을 제시하였고, 그에 따라 1974년 5월 17일 ‘연안어장정비개발법’을 제정하여 5년간의 장기계획으로 ‘연안어장정비개발계획’을 수립하였는데 이에 의거하여 어초설치사업, 증식장조성사업, 양식장조성사업, 연안어장조성사업, 해역개발기간사업, 연안어장보전사업, 해역고도이용시스템도입사업, 연안어장적정이용촉진사업과 같은 세부사업을 실시하였다. 제4차 연안어장정비개발사업은 1994년에서 1999년까지로 인공어초설치사업, 증·양식장조성사업, 연안어장보전사업 등을 실시하였다. 이후 연안어장정비개발법의 연안어장보전사업은 어장환경보전창조사업으로 대체되어 2001년까지 연장 추진되었으며, 2002년에는 수산기반정비사업으로서 어항어촌사업과 연안어장정비개발사업을 재편 통합하여 어항·어촌의 정비와 어장의 정비를 통합 실시하는 어항·어장정비법이 시행됨에 따라 현재의 어장환경보전창조사업은 어항·어장정비법 4조의 규정에 근거하여 시행되고 있다.

3.1. 어장정화사업의 제도적 근거

3.1.1. 연안어장보전사업

일본의 연안어장정비사업은 연안어장정비개발법과 동 법 시행령 및 시행규칙에서 구체적인 사항을 규정하고 있는데, 이들 법령에서는 연안어장보전(어장정화)외에 연안어장 정비를 위한 기타 사항도 포함하고 있어 여기서는 연안어장보전과 관계있는 사항만 발췌하여 살펴보기로 한다.

가. 연안어장 정비개발계획의 수립

농림수산성장관은 수산정책심의회 의견 수렴하고 법령에서 정하는 바에 따라 ‘연안어장정비개발계획안’을 작성하여야 한다(법 제6조).

나. 연안어장 정비개발사업의 주체

연안어장 정비개발사업의 집행주체는 사업에 따라 다르나 연안어장보전사업의 경우 지방자치단체 또는 기초단체가 집행주체이다(시행령 제2조).

다. 계획기간

연안어장 정비개발계획은 5년을 1기간으로 하되 당해 계획기간 내에서는 그 계획을 변경할 수 있다(시행령 제2조).

3.1.2. 어항·어장정비법(2002년 최종개정)

가. 목적

수산업의 건전한 발전 및 수산물 공급의 안정을 도모하기 위해 환경과의 조화를 고려하면서 어항·어장정비사업을 종합적이고 계획적으로 추진하며, 어항의 유지관리를 적절하게 실시하고 국민생활의 안정 및 국민경제의 발전에 기여하며 풍요롭고 살기 좋은 어촌진흥에 이바지하는 것을 목적으로 한다.

나. 의의

어항·어장정비사업이란 우수한 어장이 형성되어야 하는 상당 규모의 수면에서 시행하는 어초의 설치, 수산동식물의 증식장 및 양식장의 조성, 기타 수산동식물의 증양식을 추진하기 위한 사업과 어장으로서의 효용이 저하된 수면에 대해 효용을 회복하

기 위해 퇴적물 제거, 기타 어장보전을 위한 사업으로, 본 사업은 지방공공단체 또는 수산업협동조합이 시행한다(제4조).

다. 어항어장정비기본방침

농림수산대신은 어항·어장정비사업 추진에 관련된 기본방침을 정해야 한다. 기본방침을 정할 때에는 관계행정기관장에게 협력을 받는 동시에 수산정책심의회의 의견을 청취해야 한다. 기본방침이 정해진 때에는 지체없이 공포해야 한다. 농림수산대신은 정세의 추이에 의해 필요한 때에 어항·어장정비기본방침을 변경할 수 있다(제6조의 2).

라. 어항·어장정비장기계획

농림수산대신은 어항어장정비사업의 종합적 계획적인 실시에 이바지하기 위해 정령에서 정하는 바에 따라 어항·어장정비기본방침에 근거하여 어항·어장정비사업에 관한 장기계획안을 작성하고 각의에 결정을 요청해야 한다. 어항·어장정비장기계획에서는 일본의 수산업 기반정비에 관련된 과제에 정확하게 대응한다는 관점에서 계획기간에 관련된 어항어장정비사업 실시의 목표 및 사업량을 결정하는 것으로 한다.

어항어장정비장기계획은 수산물 가공·유통의 개선동향 및 수산동식물의 증식, 양식 추진동향을 고려하여 정하도록 한다. 그리고 농림수산대신은 장기계획안을 작성하려고 할 때 관계 도도부현 지사 및 수산정책심의회의 의견을 청취해야 한다. 어항어장정비장기계획이 각의에서 결정된 때에는 지체없이 이를 공포해야만 하고, 어항어장정비장기계획은 수산업 사정, 수산자원의 상황, 경제사정 등의 변동에 의해 필요한 때에 변경하는 것으로 한다(제6조의 3). 본 장기계획은 5년을 1기간으로 하되 당해 계획기간 내에 계획을 변경할 수 있다(시행령 제1조의 2).

3.2. 주요 사업내용

3.2.1. 연안어장보전사업

연안어장정비개발사업의 1995년 기준 연안어장보전사업의 세부사업별 내역은 다음의 <표 2-5>에서 보는 바와 같다. 한편 일본에서는 이 사업의 효율적인 실시를 위해 제3차 사업 때부터 각 도도부현 내 해역별로 생물학적, 사회경제적 요인을 고려하여 전국을 86개 해역으로 구분하고 해역별로 장기정비계획을 수립토록 하되 중요한 사항

에 대해서는 농림수산성의 사전승인을 받도록 하였다.

이 사업과 관련하여 총무청에서 행정감찰한 결과보고서를 보면, 개발계획을 수립하는 과정에서 지방자치단체나 어협 등의 의견을 사전에 충분히 수렴하지 않은 경우가 있었고, 기술적인 면이나 사업시행주체의 부담능력을 충분히 고려하지 않음으로써 사업이 부실화된 경우가 있어 이에 대한 개선이 있어야 할 것으로 지적하고 있다.

<표 2-5> 일본의 연안어장보전사업 개요

사업내용	사업항목	사업규모	사업기간	보조율	
				본토, 북해도	오키나와
효용이 저하되고 있는 연안어장의 생산력 회복을 도모하기 위해 어장퇴적물의 제거, 준설 등을 실시해 어장의 기능을 회복하는 사업	소규모어장 보전사업	220만엔 이상, 1억엔 미만	1년	1/2	1/2
	대규모어장 보전사업	1억엔 이상	3년 이상	1/2	6/10

자료 : 일본 법령을 이용하여 작성.

3.2.2. 어장환경보전창조사업

사업의 목적은 생활폐수의 유입으로 어장의 환경이 악화되고 적조발생이 관찰되는 내만역의 저질을 개선하고 해수교류 촉진 등을 실시함으로써 어장기능 회복과 연안수역 환경개선을 도모하는 것으로, 주요 사업내용은 효용이 저하하고 있는 어장의 생산력 회복 및 수산자원의 생식장 환경을 개선하기 위해 실시하는 사업으로 퇴적물 수거, 저질개선, 해수교류시설 설치, 착정기질의 설치 등이다. 지구인정 기준으로는 수산관계 공공사업의 신규채택사업에 대해서는 ‘농림수산성정책평가 기본계획’ 및 ‘농림수산성정책평가실시계획’에 근거하여 책정된 ‘수산관계공공사업의사업평가실시요령’에 따라 필요성을 확인하고 매년 지구인정 기준(신규사업 채택규칙 및 우선 채택시점)에 근거하여 사업을 채택하고 있다. 또한 매년 지구인정기준에 관련된 기본적인 방침에 대해서는 제3자 위원회(수산청 전문부회)의 의견을 청취하여 결정·공포한다.

사업평가는 수산관련공공사업의 경우 사업채택 이전부터 사업완료 후까지의 개별 사업에 대한 효율성과 사업 실시과정의 투명성을 보다 향상시킨다는 관점에서 ‘농림수산성정책평가기본계획’ 및 ‘농림수산성정책평가실시계획’에 근거하여 책정된 ‘수산관계공공사업의사업평가실시요령’에 의해 개별사업마다 사전, 기간 중, 종료 후 평가·검증을 실시하고 있다. 또한 원칙적으로 사업채택 후 5년이 경과된 시점에서

계속중인 사업 및 기타 상황변화 등으로 재평가할 필요가 있는 사업에 대해서는 사업 기간 중에 평가하고, 또한 사업완료후 일정기간이 경과한 사업에 대해서는 완료 후 평가한다.

비용대 효과분석의 경우 1997년부터 도입하였는데 1999년도에는 전문가들로 구성된 제3자 위원회에서 분석방법의 개발·개량을 실시하였으며, 금후 가능한 사업효과와 화폐화가 가능하도록 분석방법의 개선에 노력하도록 하였다.

3.3. 어장정화사업의 추진실적

3.3.1. 연안어장보전사업

일본에서 연안어장보전을 위해 시행한 사업 중 사업비 1억엔 미만의 소규모 어장보전사업은 1996년 43건이었으나 1997년 40건, 그리고 1998년에는 37건으로 매년 감소하는 추세에 있다. 반면 사업비 1억엔 이상의 대규모 어장보전사업은 1996년에 23건이었던 것이 1997년에 24건, 그리고 1998년에 26건으로 매년 증가추세에 있다. 이렇게 볼 때 일본의 어장정화사업은 소규모 사업에서 대규모 사업으로 변화해 나가고 있음을 알 수 있다<표 2-6 참조>.

<표 2-6> 일본의 연안어장보전사업 추진실적

구분	1996		1997		1998	
	건수	사업비	건수	사업비	건수	사업비
소규모 어장보전사업	43	794	40	818	37	768
대규모 어장보전사업	23	3,989	24	3,953	26	4,948

자료 : 일본수산청, 어업백서, 각 연도.

주) 1998년 이후엔 어장환경보전창조사업으로 대체되어 시행됨.

3.3.2. 어장환경보전창조사업

어장환경보전창조사업은 2000년 2,295백만엔, 2001년 2,311백만엔, 2002년 3,208백만엔을 투자하여 2002년 현재 총 7,814백만엔을 투자하였다.

3.4. 향후 추가되어야 할 세부내역 조사·분석

3.4.1. 기타 외국의 연안폐기물 관리사례

우리나라의 어장정화사업의 개념과 다소 차이는 있으나 영국과 미국의 연안폐기물 관리 사례를 살펴볼 필요가 있다. ‘영국 부유폐기물 그룹(National Aquatic Litter Group)’은 매우 다양한 구성원으로 이루어져 있으며, 국내외에서 기인한 강과 바다 위에 부유하고 있는 폐기물량의 상당한 규모의 감축을 꾀하여 지속가능한 해법과 체계적인 프로그램을 통하여 국지적인 수중생태계의 질을 향상시키는 것을 목표로 하고 있다. 목표 달성을 위한 수단을 다음과 같이 정하고 있다.

- ① 수중폐기물 방지와 제거에 관련된 조직간의 네트워크 형성
- ② 수중환경의 다양한 폐기물 측정을 위한 표준화된 방법론 개발
- ③ 수중환경의 질에 대한 구체적인 목표를 세우기 위한 탐구
- ④ 수중폐기물과 발생원 추적
- ⑤ 목표를 달성하기 위한 캠페인과 법적 강제에 의한 폐기물 발생원 관리
- ⑥ 새로운 지역 프로젝트를 세우고 통합하도록 권유
- ⑦ 수중환경 개선을 위한 기존 프로젝트와 프로그램의 심화를 위한 노력
- ⑧ 부유폐기물 문제를 다루기 위한 대중과 조직의 위상 제고
- ⑨ 해당 의사결정자들과 다른 중요한 이해당사자들에게 충고와 정보 제공

위의 과정을 거쳐 영국 부유폐기물 그룹은 여러 조직을 대표하는 국가적인 조직으로서 정책에 상당한 영향력을 미치고 있다.

미국의 비영리기관인 ‘해양보전센터’는 지난 10년 동안 매년 9월을 국제해안청소의 날로 지켜오고 있다. 해양보전센터는 환경청의 협조로 청소를 한 단계 진전시켜서 국가 부유쓰레기 모니터링으로 발전시켜 훈련된 자원봉사자를 통해 전국적으로 과학적으로 타당한 부유쓰레기 수집프로토콜을 만들어 지역별로 시행하고 있다. 이 프로그램은 첫째, 해안의 부유쓰레기 양이 감소하고 있는가? 둘째, 이 부유쓰레기의 주발생원은 어디인가?에 대한 해답을 주기 위해 설계되었다. 해양보전센터에서는 지점을 선택하고 각 지역에서 활동하는 자원봉사자의 교육과 활동하는 그룹을 지원하는 역할을 수행하고 있다.

영국과 미국에서와 같이 외국의 경우 우리나라와 달리 대규모의 국비를 투자해 어장정화사업을 시행하는 곳은 없고, 앞서 살펴본 사례에서 보면 연안폐기물을 관리하는 주체는 모두 개인이며, 감독 또한 비영리기관 및 단체가 주체가 되어 연안환경보전을 위해 연안폐기물이 관리되고 있다. 당장은 힘들더라도 우리나라에서도 개인이 주체가 되어 연안어장 뿐 아니라 연안환경을 관리할 수 있어야 한다.

일본은 어장환경보전창조사업을 통해 어장의 생산력 회복 및 수산자원의 생식장 환경을 개선하기 위해 퇴적물수거, 저질개선, 해수교류시설, 착정기질의 설치 등을 하고 있다. 또한 사업평가를 위해 사업채택 이전부터 사업완료 후까지의 개별사업에 대한 효율성과 사업 실시과정의 투명성을 보다 향상시킨다는 관점에서 ‘농림수산성정책평가기본계획 및 실시계획’에 근거하여 책정된 ‘수산관계공공사업의사업평가실시요령’에 의해 개별사업마다 사전, 기간 중 종료 후 평가·검증을 실시하고 있으며, 비용대 효과분석을 위해 분석방법의 개발·개량을 실시하여 사업효과의 화폐화가 가능하도록 노력하고 있다.

이와 반대로 우리나라의 어장정화사업은 폐기물수거에 그 초점이 맞추어져 있다. 이를 개선하기 위해서는 효율적인 어장관리와 어장환경 개선을 위해 저질개선방안연구, 해수교류시설 설치, 착정기질의 설치 등 다변화된 어장정화사업을 계획해야 한다. 또한 사업 전·후 효과분석을 통해 어장환경 유지와 비용대 효과분석을 위한 분석방법의 마련을 위해서도 노력해야 할 것이다.

제 2 절 대상어장 종류별 설계내역서 분석

1. 권역별 설계내역서 분석

1.1 동해중부권역

동해안 중부권역은 울진 이북의 강원 연안해역의 마을어장을 중심으로 사업기간이 100일 미만으로 사업비는 최고 228백만원에서 51백만원에 이르기까지 평균 113,110천원으로 어장정화 사업규모로서는 소규모이고 사업면적도 601ha가 최고이고 최하 100ha로서 평균 297ha이었다. 대상면적은 넓으나 실제 폐기물이 집적된 지역은 제한적인 특징을 나타내고 있다. 폐기물 수거량도 대부분 100톤 미만으로 대부분 재활용하였다.

톤당 수거비용은 최대 3,758천원에서 최소 1,492천원이었으며 평균 2,527천원이었다. 1ha단위면적당 사업비는 714천원이 최고였고 337천원이 제일 적었으며 평균 476천원이었다<표 2-7 참조>.

1.2 동해남부권역

동해남부권역은 경북울진에서부터 부산광역시 기장군까지 주로 마을어장 미역 다시마의 해조류 양식장으로 양식밀도가 북권역보다 높았다.

사업기간도 적게는 30일에서 많게는 120일이었고 사업비는 최소 19,200천원에서 최고 323,322천원으로 평균 210,669천원이었다. 사업면적도 부산광역시 해운대구의 26ha에서 435ha범위로 평균 295ha이었다.

폐기물은 주로 폐어구와 양식어구 해적생물로 사업건당 수거한 폐기물량은 16톤에서 194톤으로 평균 폐어구는 33.2톤, 해적생물은 21.4톤이었다. 폐어구는 대부분 소각하였고 소각비용은 톤당 270천원선으로 비교적 높았다.

폐기물 톤당 사업비는 1,200천원에서 5,083천원으로 사업당 차이가 많았고 평균 2,578천원있었다. 단위면적 1ha당 사업비는 571천원에서 1,881천원으로 평균 836천원이었다<표 2-8 참조>.

〈표 2-7〉 동해중부권역 설계서내역 및 정산내역

어장종류	시행처	년도	사업기간 (일)	사업비 (천원)	사업면적 (ha)	폐기물종류	폐기물량 (톤)	폐기물처리 방법	사업비/폐기물 (천원/톤)	사업비/면적 (천원/ha)	폐기물처리단가 (원/ton)
마을어장	동해시	2001	40	51,719	100	폐어구 해적생물	13.3 0.46	소각 매립	3,758	517	150,000 80,000
마을어장	고성군	2001	90	203,000	601	폐어구 해적생물	45 91	재활용 매립	1,492	337	130,000 1,241
마을어장	속초시	2001	50	73,300	185	폐어구 해적생물	36 5	재활용 매립	1,787	396	160,000 2,276
마을어장	속초시	2002	60	74,300	150	폐어구	29	재활용	2,562	495	160,000
마을어장	고성군	2002	80	228,272	440	폐어구 해적생물	40 30	재활용 매립	3,261	518	130,000 15,000
마을어장	고성군	2003	80	214,241	300	폐어구 목재류 해적생물	26 20 23	재활용 재활용 매립	3,104	714	220,000 150,000 15,000
마을어장	삼척시	2003	80	107,940	300	폐어구 폐합성수지류 초목류 철재류	43 2.4 13.1 3.0	재활용 매립 재활용 재활용	1,755	359	230,000 12,000 - -
합계				952,772	2,076	폐어구 해적생물 기타	232.2 149.46 38.5		17,719	3,336	
평균				136,110	296		33.1 21.4 5.5		2,531	476	

<표 2-8> 동해남부권역 설계서내역 및 정산내역

어장종류	시행처	년도	사업기간 (일)	사업비 (천원)	사업면적 (ha)	폐기물종류	폐기물량 (톤)	폐기물처리 방법	사업비/폐기물 (천원/톤)	사업비/면적 (천원/ha)	폐기물처리단가 (원/ton)
마을어장 협동양식	영덕군	2000	-	188,100	100	폐어구	37	소각	5,083	1,881	180,000
해조류 (미역) 양식어장	부산시 해운대구	2003	30	19,200	26	양식어구	16	소각	1,200	738	271,000
마을어장	포항시	2003	120	225,600	391	폐어구	83	소각	2,718	576	270,000
마을어장	포항시	2004	120	207,966	364	폐어구	72	소각	2,888	571	270,000
해조류양식 복합양식	기장군	2005	60	304,506	435	양식어구	115	소각	2,647	700	271,000
해조류 (미역) 양식어장	기장군	2006	60	323,322	430	양식어구	194	소각	1,666	751	271,000
마을어장 협동양식	울진군	2006	90	202,989	318	폐어구 해적생물	27 83	소각 재활용	1,844	638	271,000 -
합계				1,471,683	2,064	폐어구 해적생물	232.2 149.46		18,046	5,855	
평균				210,240	294		33.2 21.4		1,549	836	

1.3. 남해동부권역

부산 낙동강이서에서 경남 남해, 하동군 연안역의 마을어장, 해조류, 굴, 바지락 진주담치, 피조개 양식장에 대한 설계서 및 정산내역서를 보면 사업기간은 90일에서 365일로 평균 206일이었다<표 2-9 참조>.

사업비는 92,842천원에서 777,848천원으로 평균 411,818천원 이었고, 사업면적은 152ha에서 1,138ha의 범위로 평균 455ha이었다.

폐기물은 주로 가연성 폐기물이 주를 이루었고, 패각류와 말뚝, 해적생물이 주를 이루었으며 소각과 재활용 또는 해양투기를 하였다. 수거된 폐기물량은 95m³에서 1,731m³로 가연성 폐기물은 평균 46.4m³, 패각류는 29.9m³이었다.

단위 부피당 또는 무게톤당 사업비는 318천원에서 2,987천원으로 평균 1,388천원이었으며 단위면적당 사업비는 1,096천원이었다.

1.4. 남해서부권역

섬진강 이서의 남해 서부권역의 어장정화사업은 주로 김등 해조류 양식과 수하식굴과 피조개, 전복등 복합양식을 대상으로 분석하였다<표 2-10 참조>.

사업기간은 45일에서 90일의 범위였고 사업비는 117,390천원에서 859,071천원으로 평균 315,054천원이었으며, 사업면적은 145ha에서 860ha의 범위로 평균 336ha이었다.

폐기물의 종류는 주로 가연성 폐기물과 패각류로서 수거된 폐기물은 평균 368m³이었고 패각류는 221m³이었다. 대부분 소각하였고 일부는 재활용되었으며 해상투기도 있었다. 폐기물 톤당, m³당 사업비는 295천원에서 1,065천원으로 평균 530천원이었다. 단위면적 1ha당 사업비는 586천원에서 1,223천원의 범위로 평균 890천원이었다.

<표 2-9> 남해동부권역 설계서내역 및 정산내역

어장종류	시행처	년도	사업기간 (일)	사업비 (천원)	사업면적 (ha)	폐기물종류	폐기물량 (톤, m³)	폐기물처리 방법	사업비/폐기물 (천원/톤,m³)	사업비/면적 (천원/ha)	폐기물처리단가 (원/ton, m³)
해조류 마을어장	부산시 강서구	2002	90	490,000	1,138	가연성폐기물 해적생물 뒹	164ton	소각 재활용 재활용	2,987	430	271,000
굴수하식 양식어장 정지망	고성군	2003	365	479,972	247	가연성폐기물 패각류 뒹, 말뚝	497m³ 955m³ 56m³	소각 해양투기 재활용	318	1,943	135,000
마을어장 바지락 살포식	남해군	2003	90	92,842	152	가연성폐기물 패각류	4m³ 92m³	소각 재활용	967	610	80,462 55,000
마을어장	사천시	2006	120	218,429	300	가연성폐기물 패각류	8m³ 87m³	소각 재활용	2,297	728	-
굴, 담치 수하식 피조개 살포식	통영시	2006	365	777,848	440	가연성폐기물 패각류	339m³ 1,731m³	소각 해양투기	375	1,767	266,000
합계				2,059,091	2,277		232.2 149.46		6,944	5,478	
평균				411,818	455		46.4 29.9		1,388	1,095	

〈표 2-10〉 남해서부권역 설계서내역 및 정산내역

어장종류	시행처	년도	사업기간 (일)	사업비 (천원)	사업면적 (ha)	폐기물종류	폐기물량 (m ³)	폐기물처리 방법	사업비/폐기물 (천원/m ³)	사업비/면적 (천원/ha)	폐기물처리단가 (원/m ³)
부류식(김) 양식어장	완도군	2000	90	859,071	860	가연성폐기물	1,422m ³	소각	604	998	50,000
부류식(김) 양식어장	장흥군	2001	90	187,488	200	가연성폐기물 패각류	122m ³ 54m ³	소각 재활용	1,065	937	95,000 -
부류식(김) 양식어장	고흥군	2002	50	201,266	200	가연성폐기물	188m ³ 126m ³	소각 일부재활용	640	1,006	120,000 50,000
수하식(굴) 양식어장	진도군	2002	50	136,517	145	가연성폐기물 패각류	281m ³ 85m ³	소각 재활용	372	941	86,364 20,833
부류식(김) 양식어장	진도군	2003	60	216,915	300	가연성폐기물	510m ³	소각	425	723	76,000
수하식(굴) 살포식 (피조개) 양식어장	여수시	2003	45	589,821	482	가연성폐기물 패각류	283m ³ 1,713m ³	소각 해상투기	295	1,223	95,000
부류식(김) 양식어장	장흥군	2003	50	211,966	300	가연성폐기물	546m ³	소각	388	706	86,364
부류식(김) 전복,다시마 양식어장	해남군	2004	60	117,390	200	가연성폐기물	260m ³	소각	451	586	135,000
합계				2,520,434	2,687	가연성폐기물 패각류	2,947 1,767		4,240	7,120	
평균				256,304	335		368 220		530	890	

1.5. 서해 남부권역

전남 서부연안의 신안군, 함평군, 영광군 관내 양식어장은 주로 해조류 양식과 마을 어업과 패류양식어업이 주로 이루어지고 있는 해역이다. 사업기간은 40일에서 120의 범위였고 사업비는 151,129천원에서 322,000천원의 범위로 평균 207,955천원이었다. 사업면적은 150ha에서 718ha의 범위로 평균 388ha이었다<표 2-11참조>.

폐기물의 종류는 주로 가연성 폐기물 김양식시 버려지는 목재, 철재 양식폐기물이었으며 가연성 폐기물은 평균 421톤, 패각류는 252톤이었다. 대부분 소각되거나 일부 재활용하였으며 신안군에서는 2005년부터 폐기물은 분리 발주하였다.

톤당 m^3 비는 312천원에서 842천원으로 평균 409천원이었고, 1ha단위면적당 사업비는 280천원에서 1,007천원으로 평균 690천원이었다. 폐기물처리 단가 또한 50,000원부터 280,000원까지 다양하였다.

1.6. 서해중부권역

금강이북 충남 서천에서 태안군까지 어장정화사업은 마을어장과 해조류 양식장을 대상으로 실시되었다. 사업기간은 30일에서 60일 사이로 짧았으며 사업비도 4,842천원에서 193,500천원까지 차이가 많았으며 평균 60,418천원이었다. 사업면적은 17ha에서 285ha의 범위로 평균 128ha이었다<표 2-12참조>.

폐기물은 주로 가연성 폐기물, 해적생물, 패각류 이었으며 대부분 소각되었고 일부는 재활용하였다. 톤당, m^3 당 폐기물 수거사업비는 1,234천원에서 1,835천원으로 평균 1,604천원이었고 1ha단위면적당 사업비는 97천원에서 678천원의 범위였으며 평균 371천원이었다.

1.7. 제주도 권역

제주도 일원의 양식어장 정화사업은 마을어장이 주된 사업으로 사업기간은 60일에서 90일 범위였으며 사업비는 67,500천원에서 139,331천원으로 평균 139,013천원이었다. 사업면적은 149ha에서 330ha 범위로 평균 286ha이었다<표 2-13 참조>.

폐기물의 종류는 주로 가연성 폐기물과 철재류가 주였으며 소각 및 재활용 하였다. 수거된 폐기물의 양은 2톤부터 2,851 m^3 까지 평균 116 m^3 가 수거되었다. 톤당, m^3 당 사업비는 488천원부터 1,104천원까지 범위이었고 평균 726천원이었으며 1ha단위면적당 사업비는 342천원에서 548천원으로 평균 430천원이었다.

〈표 2-11〉 서해중부권역 설계서내역 및 정산내역

어장종류	시행처	년도	사업기간 (일)	사업비 (천원)	사업면적 (ha)	폐기물종류	폐기물량 (톤, m ³)	폐기물처리 방법	사업비/폐기물 (천원/톤,m ³)	사업비/면적 (천원/ha)	폐기물처리단가 (원/ton, m ³)
지주식 해조류 양식어장	영광군	2001	60	198,534	200	지주대 (철재, 목재)	1,422m ³	재활용	139	992	-
부류식(김) 양식어장	영광군	2002	50	190,520	200	가연성폐기물	290m ³	소각	656	952	120,000
지주식 해조류 양식어장	신안군	2002	40	151,129	150	가연성폐기물 목재지주대 철재지주대	88m ³ 131m ³ 17ton 22ton	소각 재활용 소각 재활용	-	1,007	120,000 50,000 280,000 -75,000
마을어업 패류양식업	함평군	2003	120	190,609	680	가연성폐기물	372m ³	소각	512	280	-
패류 양식어업	함평군	2004	90	216,406	718	가연성폐기물	257m ³	소각	842	301	68,000
지주식(김) 양식어장	신안군	2005	90	322,000	461	가연성폐기물 지주대 (철재, 목재)	198ton 833ton	분리발주	312	698	분리발주
지주식(김) 양식어장	신안군	2006	90	186,490	310	가연성폐기물 지주대 (철재, 목재)	106ton 355ton	분리발주	404	601	분리발주
합계				1,455,688	2,719	가연성폐기물 패각류	2,947 1,767		2,865	4,831	
평균				207,955	388		421 252		409	690	

<표 2-12> 서해북부권역 설계서내역 및 정산내역

어장종류	시행처	년도	사업기간 (일)	사업비 (천원)	사업면적 (ha)	폐기물종류	폐기물량 (톤, m³)	폐기물처리 방법	사업비/폐기물 (천원/톤,m³)	사업비/면적 (천원/ha)	폐기물처리단가 (원/ton, m³)
마을어업	태안군	2004	60	9,170	17	가연성폐기물 해적생물	2ton 3ton	소각 재활용	1,835	539	305,000
마을어업	보령시	2004	60	81,000	150	가연성폐기물 해적생물	16m³ 9ton	소각 재활용	-	540	60,000
마을어장	서천군	2006	30	13,580	140	가연성폐기물 (말목)	11ton	소각	1,234	97	250,000
마을어장	태안군	2006	30	4,842	48	-	-	-	-	-	-
부류식 해조류 양식어장	보령시 신흥수협	2007	40	193,500	285	가연성폐기물 철재류	103ton 8ton	소각 재활용	1,743	678	271,000
합계				302,092	640	가연성폐기물 패각류	2,947 1,767		4,812	1,854	
평균				60,418	128		589 353		1,604	370	

〈표 2-13〉 제주도 어장정화사업 설계서내역 및 정산내역서

어장종류	시행처	년도	사업기간 (일)	사업비 (천원)	사업면적 (ha)	폐기물종류	폐기물량 (톤, m ³)	폐기물처리 방법	사업비/폐기물 (천원/톤,m ³)	사업비/면적 (천원/ha)	폐기물처리 단가 (원/ton, m ³)
마을어업	북제주군	2002	90	81,719	149	가연성폐기물 철재류	150m ³ 16m ³	소각 재활용	492	548	148,000
마을어업	서귀포시	2003	60	67,500	165	가연성폐기물 납 및 철재	79m ³ 3ton	소각 재활용	823	409	84,000
마을어장	북제주군	2003	90	139,331	330	가연성폐기물 철재류	169m ³ 116m ³	소각 재활용	488	422	91,813
마을어장	제주시	2003	60	74,000	216	가연성폐기물 철재류	67m ³ 2ton	소각 재활용	1,104	342	84,000
합계				362,550	860	가연성폐기물 철재류	465 137		2,907	1,721	
평균				139,012	286		116 34		726	430	

2. 대상 어장 종류별 설계내역서 분석

2.1. 특별관리어장 정화사업

일반어장과 대규모로 시행되었던 특별관리어장 정화사업은 남해안의 주요 13개 만에서 시행한 결과는 다음과 같다.

경상남도의 창원시 진동만, 남해군 강진만, 마산시 진동만, 통영시 한산만, 마산시 반동해역 등 6개 만에서 특별관리어장 정화사업은 사업기간이 짧게는 9개월 길게는 12개월이었고, 사업비도 547,812천원에서 4,344,000천원으로 평균 2,101,135천원이었다. 사업면적도 220ha에서 2,000ha까지 평균 925ha이었다<표 2-14 참조>.

폐기물은 주로 가연성 폐기물과 패각류, 양식어구, 철재류 등이었고 가연성 폐기물은 평균 1,601m³을 소각하였고 패각류는 평균 2,417m³를 해양투기 하였다.

톤당, m³당 사업비는 389천원에서 1,563천원까지였으며 평균 639천원인 반면 1ha 단위면적당 사업비는 2,698천원이었다.

전라남도의 관내 특별관리어장의 정화사업 설계 및 정산내역은 전남 도암만, 여자만·가막만, 득량만에서 7건의 분리 발주한 특별관리어장 정화사업의 결과는 사업기간이 10개월에서 18개월까지였고 사업비는 2,209,809천원에서 4,200,000천원으로 평균 2,550,256천원으로 정화사업 중 가장 대규모로 시행되었다. 사업면적은 1,307ha에서 3,500ha의 범위였으며 평균 1,916ha이었다.

수거된 폐기물은 가연성 폐기물과 패각류로서 평균 1,263m³이었고 패각류는 평균 2,207m³가 해양투기 되었다. 1ha당 사업비는 1,200천원에서 2,898천원으로 평균 1,734천원이었다<표 2-15 참조>.

〈표 2-14〉 경상남도 특별관리어장정화사업의 설계서내역 및 정산내역

어장종류	시행처	년도	사업기간 (개월)	사업비 (천원)	사업면적 (ha)	폐기물종류	폐기물량 (m³)	폐기물처리 방법	사업비/폐기물 (천원/톤, m³)	사업비/면적 (천원/ha)	폐기물처리 단가 (원/m³)
패류 양식어장	거제시 (진동만)	2000	12	547,812	460	가연성폐기물 패각류	654m³ 552m³	소각 해양투기	453	1,190	70,000
패류 양식어장	남해군 (강진만)	2001	9	2,480,000	2,000	가연성폐기물 패각류	637m³ 949m³	소각 해양투기	1,563	1,240	80,000
패류 미더덕 양식어장	마산시 (진동만)	2002	12	4,344,000	1,468	가연성폐기물 패각류	3,696m³ 1,584m³ 5,887m³	소각 재활용 해양투기	389	2,959	135,000 65,000
패류 우렁챙이 양식어장	통영시 (한산만)	2003	12	2,995,000	1,031	가연성폐기물 패각류	1,959m³ 2,749m³	소각 해양투기	636	2,904	135,000
패류 양식어장	경상남도 (한산만)	2003	12	1,240,000	370	가연성폐기물 패각류	496m³ 2,596m³	소각 해양투기	401	3,351	135,000
패류 미더덕 양식어장	마산시 (반동해역)	2005	12	1,000,000	220	가연성폐기물 (양식어구) 철재류	146m³ 407m³ 29m³ 1,966m³	소각 재활용 재활용 해양투기	392	4,545	120,000 70,000
합계				12,606,812	5,549	가연성폐기물 패각류	9,608 14,500		3,834	16,189	
평균				2,101,135	924		1,601 2,417		639	2,698	

<표 2-15> 전라남도 특별관리어장정화사업의 설계서내역 및 정산내역

어장종류	시행처	년도	사업기간 (개월)	사업비 (천원)	사업면적 (ha)	폐기물종류	폐기물량 (m³)	폐기물처리 방법	사업비/폐기물 (천원/톤,m³)	사업비/면적 (천원/ha)	폐기물처리 단가 (원/m³)
해조류 (김,미역,툇) 패류(굴) 양식어장	전라남도 (도암만)	1999	14	3,476,791	2,224	가연성폐기물	2,596m³	소각	1,339	1,563	108,579
패류 양식어장	전라남도 (여자만)	2001	18	4,200,000	3,500	가연성폐기물 패각류	525m³ 1,638m³	소각 해양투기	1,941	1,200	95,000
패류 양식어장	고흥군 (여자만)	2003	10	2,209,809	1,500	가연성폐기물 패각류	225m³ 585m³	소각 해양투기	2,728	1,473	120,000
패류 해조류 양식어장	강진군 (도암만)	2003	10	2,791,066	1,813	가연성폐기물 패각류	683ton 1,819m³	소각 해양투기	1,115	1,539	240,000
패류 해조류 양식어장	여수시 (가막만)	2003	10	4,174,125	1,440	가연성폐기물 패각류	3,758m³ 8,725m³	소각 해양투기	334	2,898	105,000
패류 양식어장	전라남도 (가막만)	2004	10	1,875,038	1,409	가연성폐기물 패각류	965m³ 1,804m³	소각 해양투기	677	1,330	120,000
패류 양식어장	보성군 (득량만)	2004	10	1,496,116	1,307	가연성폐기물 패각류	81m³ 879m³	소각 재활용	1,558	1,144	98,000 20,000
합계				20,222,945	13,193	가연성폐기물 패각류	8,833 15,450		9,692	11,147	
평균				2,550,256	1,916		1,262 2,207		1,384	1,592	

3. 표준설계서 또는 전문시방서 작성현황 분석

3.1. 현황

시방서란 공사수행에 관련된 제반규정 및 요구사항을 총칭한 것을 말한다. 시방서는 표준시방서, 전문시방서, 공사시방서로 나눌 수 있으며, 표준시방서는 시설물의 안전 및 공사시행의 적정성과 품질확보 등을 위하여 시설별로 정한 표준적인 시공기준으로서 발주청 또는 설계 등 용역업자가 공사시방서를 작성하는 경우에 활용하기 위한 시공기준을 말한다. 전문시방서는 시설물별 표준시방서를 기본으로 모든 공종을 대상으로 하여 특정한 공사의 시공 또는 공사시방서의 작성에 활용하기 위한 종합적인 시공기준을 말한다. 공사시방서는 공사별로 건설공사 수행을 위한 기준으로서 계약문서의 일부가 되며, 설계도면에 표시하기 곤란하거나 불편한 내용과 당해 공사의 수행을 위한 재료, 공법, 품질시험 및 검사 등 품질관리, 안전관리계획 등에 관한 사항을 기술하고, 당해 공사의 특수성, 지역여건, 공사방법 등을 고려하여 공사별, 공종별로 정하여 시행하는 시공기준을 말한다.

이러한 공사시방서가 가져야하는 기능을 정리하면 첫째 공사의 질적 요구조건을 규정하며, 설계도서의 하나로서 법적 구속력을 가지며, 둘째 계약 당사자간의 위험 부담 책임 범위와 한계를 명시하며, 셋째 법원에서 약속을 강제할수 있도록 하기에 충분한 원인을 명확히 확인하며, 넷째 시공 사전 준비, 시공 중의 점검, 시공 완료후의 확인·점검을 위한 지침서이다.

업종별 전문시방서 현황은 건설공사전문시방서(한국토지공사), 댐하수도공사전문시방서(한국수자원공사), 고속도로공사전문시방서(한국도로공사), 항만어항공사전문시방서(해양수산부), 철도공사전문시방서(철도청), 주택건설전문시방서(대한주택공사) 등 다양하게 대규모 공사 부문에서 설계과 시공의 기준인 전문시방서를 마련해놓고 공사시방서 작성에 활용하고 있다.

항만 및 어항공사 전문시방서는 장(대공종), 절(소공종), 부분, 항목 및 단락으로 구성되어 있고, 항목에서는 일반사항과 재료, 시공으로 분류된다. 일반사항에서는 적용범위, 참조규격, 제출물에 대한 규정이 서술되고, 시공에서는 작업선 선정, 공사의 한계, 예항 및 회항, 시공관리 등 세분화하여 규정을 정해두고 있다<표 2-16 참조>.

<표 2-16> 어항 및 항만공사 전문시방서 목차 현황

대공종	소공종	부분
제 1장 총칙	1-1 일반적인 조건	일반사항, 공사량 측정, 재해예방, 공사준공
	1-2 공사준비 및 시공관리	공사준비 일반, 공사협의 및 조정, 제출서류 및 공정관리
	1-3 자재관리	자재관리
	1-4 품질관리 및 시공점검, 검측	품질관리계획, 시공점검, 확인 및 검측
	1-5 안전 및 보건관리	안전 및 보건관리
	1-6 환경관리	환경관리
	1-7 가시설물	가설 공급시설물, 임시가설시설물
제 2장 준비공사	1-1 시공측량	육상측량, 수심측량
	1-2 해양조사	해양조사, 환경조사,
	1-3 지반조사	시추조사, 시료채취, 해저 음파 지층 탐사, 시운딩, 물리탐사
	1-4 건설재료 시험 및 검사	시험일반, 토질시험, 암석시험
∴	∴	∴

일반시방서는 보편적으로 갖추어야하고 지켜야하는 규범을 규정하고 있으며, 건설교통부 주관하여 학회, 협회 등의 의견을 수렴하여 제정하는 것이다. 특별시방서는 일반시방서의 범위안에서 전문적인 규정과, 일반시방서에 규정하지않은 특정분야의 특정 규범을 정하는 것으로서 특정분야의 기술적인 설계자의 의지에 의하여 결정되는 것이다.

어장정화사업에 대한 표준 및 전문시방서는 마련되어 있지 않고, 현재 정화사업 설계서에는 일반시방서와 특별시방서로 구분되어 있으며, 시방서에 설명된 목차는 <표 2-17>과 같다. 어장정화사업 시방서에서는 타 공사에 비해 공종별로 간단하게 지침을 정해 놓고 있다. 또한 특별시방서에 포함되지 않은 어장철거, 가두리양식시설 이설, 어장측량, 어장재시설, 가시설물, 회항 등의 공종에 대해서는 정확하게 지침을 정해놓고 있지 않아 설계서 작성시 공정이 상이하게 되는 차이점을 가져오게 되는 원인이다.

〈표 2-17〉 어장정화사업 시방서 목차 현황

현행 어장정화사업 시방서	
일반시방서	특별시방서
1-1 총칙	2-1 사업개요
1-2 시공계획 및 관리	2-2 적용
1-3 안전관리	2-3 현장사무소
1-4 현장대리인 및 현장중사원	2-4 어장철거
1-5 공정관리	2-5 폐기물인양
1-6 검사 및 사업비 지급	2-6 폐각인양
1-7 기타	2-7 폐각처리
	2-8 어장바닥경운
	2-9 객토(황토살포) 및 바닥고르기
	2-10 폐기물 처리

정화사업 사업기간의 산정은 타 업종의 사업기간 산정에 비해 어려움이 많다. 대상 해역에는 다양한 종류의 양식 어패류와 해조류가 서식하기 때문에 이에 따른 어업 순기가 각기 다를 수밖에 없다. 즉 품종별 생산시기를 피하여 어장철거와 바닥청소가 가능한데 어느 품종에서는 어장철거와 청소가 가능하지만 이때 또 다른 특정 품종은 생산시기에 이르러 사업이 불가능한 경우가 있다.

3.2. 표준설계서 및 전문시방서 부재로 인한 문제점

3.2.1. 전문시방서 부재로 인한 문제

전문시방서는 모든 공종을 대상으로 하여 특정한 공사의 시공 또는 공사시방서의 작성에 활용하기 위한 종합적인 시공기준을 말한다. 현재 정화사업은 특수한 공정들로 사업이 시행되어지는데, 전문시방서가 없기 때문에 지역별, 어장별로 사업공정의 일관성이 떨어지게 되고, 이로 인해서 투입장비의 일관성 또한 떨어지는게 현실이다. 이것은 모든 사업의 기본이 되는 지침서로 지역별, 어장별로 통일된 설계서 마련을 위해서

는 무엇보다도 먼저 전문시방서가 마련되어야 한다.

3.2.2. 설계설명서 전문화 부족

설계설명서는 본 사업명, 사업지역 및 사업물량, 사업의 목적, 주요사업내용, 사업기간, 예정공정표 등 사업에 필요한 기본적인 항목들을 설명하는 것으로 내용을 볼 때 사업전반에 관한 사항을 한눈에 파악할 수 있어야 한다. 그러나 기존의 설계설명서는 기본적인 양식품종이나 어업권현황에 대한 자세한 설명은 빠져있어 설계서만으로는 정화사업 전체에 대한 정보를 얻기 어렵다.

3.2.3. 사업기간 산정의 어려움

수하식 굴 양식의 경우 생산시기가 10월에서 이듬해 4월 사이로 정화사업 가능기간이 5월과 9월 사이인 반면 채묘식 굴양식의 경우에는 반대로 생산시기가 4월에서 8월 사이로 정화사업이 9월에서 이듬해 3월 사이에 가능하다. 또한 수하식 우렁쉥이 양식은 3월에서 5월 사이가 생산시기로 6월 이후 이듬해 2월까지가 정화사업이 가능하지만, 새조개, 왕우럭 그리고 피조개와 같은 품종은 생산시기가 6월에서 이듬해 1월 사이로 청소가능시기는 2월에서 5월 사이다<표 2-18 참조>. 이와 같이 품종별로 채취와 정화사업의 순기에 다양한 차이가 있기 때문에 사업기간의 선정이 어렵고, 광범위한 지역을 대상으로 짧은 시간에 효율적인 어장 정화를 실시하기에는 어려움이 많은 실정이다.

<표 2-18> 양식품종별 생산시기

품 종	생산시기	정화사업 가능시기
수하식 굴	10월 ~ 4월	5월 ~ 9월
채묘식 굴	4월 ~ 8월	9월 ~ 3월
수하식 우렁쉥이	3월 ~ 5월	6월 ~ 2월
새조개, 왕우럭, 피조개	6월 ~ 1월	2월 ~ 5월

3.3. 개선방안

3.3.1 전문시방서 마련

전문시방서는 한국토지공사, 한국수자원공사, 해양수산부, 철도청 등 전문화된 기관을 중심으로 마련되어 있다. 전문시방서 마련을 위해서는 어장정화사업 전문가와, 설계업체 관계자, 시공업체 관계자, 담당공무원 등 다양한 분야의 전문가들이 모여 해양수산부가 주체가 되어 타당성 조사와 근거 용역 후 협의를 거쳐 이루어져야 할 것으로 본다.

3.3.2. 설계설명서의 항목의 세분화

현재 설계설명서 항목을 구체적으로 세분화해서 사업구역내의 양식어장 분포현황, 양식품종, 어업권현황 등을 확인할 수 있는 자료의 기술이 필요하다. 이를 위해서는 현장조사시 어업권에 대한 조사도 세밀하게 이루어져야 한다.

3.3.3. 양식품종별 생산시기를 고려한 사업기간 설정

지역별 해황, 사업량을 기준으로 사업기간을 설정하는 것도 중요하지만, 양식어장의 경우 품종에 따라 상이한 생산시기를 나타내므로, 이를 고려하여 사업기간을 선정해야 한다. 또한 발주 전 정화사업 사업구역을 선정함에 있어 어장품종 및 현장 여건을 고려하여 어업인에게 정화사업으로 인한 피해가 최소화 될 수 있도록 해야한다.

제 3 장 어장정화사업 문제점 및 개선방안

제 1절 각 단계별 문제점 및 개선방안

1. 어장정화사업 흐름도

1.1. 예산확보 및 설계사 선정

어장정화사업이나 특별관리어장 정화사업의 추진은 양식어장 환경관리에서 국가예산을 투입하여 직접적인 환경관리대책의 하나로 현재는 해양수산부에서 예산을 확보, 각 지자체로부터 사업예산을 신청받아 국가정책에 따라 예산을 차등 보조하는 형태로 진행되고 있다.

각 지자체에서는 지원된 예산과 자체부담금으로 시·군으로 예산을 재배정하면 어업인들의 동의로 사업지구를 선정할 지역에 사업지구를 선정한다.

시·군에서는 현재 국내 3~4개사의 설계사를 대상으로 설계사를 결정하면 계약이 이루어진 설계사는 현장조사와 현장실태조사에서 환경조사와 함께 물량산출과 사업비, 사업면적을 산정하기 위한 현장조사와 함께 설계서를 작성한다.

1.2. 설계서 작성 및 납품

설계서의 작성은 엔지니어링진흥협회에 해양·수산분야에 등록된 업체 중 선정된 업체가 조사계획을 수립하고 현장조사를 마친 후 설계서를 작성하고 납품하여 예산에 맞추어 사업면적과 사업추정 물량을 발주처(시·군)에서 검토한 후 사업자(어장정화정비업체)를 경쟁입찰로 선정한다.

어장정화사업 수행과정은 설계서에 따라 진행되므로 물량산출과 사업면적의 결정은 뱃속이나 바다 속에 있는 폐기물과 저질상태를 정확히 추정하기는 사실상 불가능하므로 여기에서 오는 오차가 사업진행에 어려움을 주기도 한다. 이러한 오차의 범위가 크지 않을 때는 최종 사업 마무리시 정산하여 처리하고 있다.

그러나 설계서와 시공상의 차이가 클 경우 설계변경이나 사업 중지와 같은 문제에 부딪치면 사업진행이 어려울 뿐 아니라 사업 부실화의 원인이 되기도 한다.

현재 일부 지자체에서는 소규모 사업규모에 따른 예산으로 인하여 예산을 절감하기

위해 사업집행주체가 직접 설계하는 경우가 있다. 엔지니어링 전문업체와 비교 시 걸 보기에는 설계서의 큰 차이를 나타내지 않지만 가장 중요한 물량산출에서는 큰 차이를 보인다. 엔지니어링 전문업체는 어민들을 대상으로 한 탐문조사와 잠수조사 그리고 시험틀인양 등과 같은 방법으로 현장여건 파악 후 물량산출 및 사업구역이 설정되지만 일부 지자체에서는 예산절감을 위해 직접적인 현장조사가 이루어지지 않는 상태에서 물량산출 및 사업구역이 설정이 된다. 이로 인하여 시공시 물량의 차이가 발생할 가능성이 높고, 인양물량이 과다하거나 과소할 경우 정화사업의 경제성, 사업성에 대한 불만이 쌓일 수 있으며, 제대로된 정화사업이 이루어지기 힘들어 정화사업에 대한 어민들의 신뢰 약화 및 시공사의 원망을 야기하기 쉽다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서는 먼저 소규모사업구역에서 사업성이 있는 대규모 정화사업으로의 전환을 통해 예산의 확보가 이루어져 엔지니어링 전문업체의 세밀한 현장조사 후 사업이 진행되어야 한다.

1.3. 시공 및 감리

경쟁 입찰에 의해 시공사가 선정되면 시공사와 감독관과 감리사가 협의하여 정화사업계획을 수립하여 어촌계 및 어장주의 협조로 어장철거가 끝난 구역부터 어장정화사업이 실제적으로 추진된다. 이때 침적폐기물의 인양과 동시에 인양된 폐기물들은 수량을 파악한 후 수거 폐기물은 처리업체의 적정한 과정을 거쳐 소각이나 재활용하고 패각류는 해양투기나 재활용을 하게 된다.

폐기물의 수거가 끝난 어장은 오염이 심한 패류양식어장인 경우 저질개선을 위해 황토를 살포하고 어장 바닥고르기를 한 후 잠수검측과 동시에 바다에서 완전한 폐기물의 수거가 불가능하므로 형망검측에 의한 폐기물량 검측으로 오차범위 내에 폐기물 잔존 시에는 준공처리를 하여 사업비 정산과 함께 사업을 마무리한다.



〈그림 3-1〉 어장정화사업 흐름도와 주요공정표

2. 기본조사의 문제점 및 개선방안

2.1. 기본조사란?

설계사가 선정된 후 정화사업 추진을 위한 물량산출을 위해 설계서를 작성하기 전 사업전반에 대한 사업전 어장의 일반환경과 서식생물, 양식상태, 사업전 후로 인근해역에 미치는 영향에 의한 정화사업의 효과를 비교하기 위한 사전조사이다.

2.2. 기본조사 내용 및 방법

기본조사의 내용은 사업 시행전 양식어장의 환경, 특히 수질과 저질의 사업전 현황을 파악하고, 서식생물의 분포를 조사하여 사업 후의 효과와 비교하기 위한 자료의 확보를 위한 내용으로서 해양수산부(2003)의 해양환경공정시험법에 따라 진행하고 있다.

2.3. 기본조사의 문제점 및 개선방안

어장정화사업 실태분석에서 나타난 바와 같이 사업비가 10억 이상되는 대규모 사업인 경우에는 사전조사가 이루어지고 있으나 사업 수행상 편의를 도모하기 위한 소규모 사업에서는 기본조사가 생략된 채 사업이 진행된 경우가 많다.

이는 조사비용의 문제뿐 아니라 현실적으로 조사가 어려운 부분도 있다. 즉 동해안이나 제주도의 경우 사업비 대비 폐기물 수거가 어렵거나 적을 경우 조사만 마치고 사업으로 이행되기 어려운 현실적인 문제도 있기 때문이다.

그러나 사전조사를 충실히 하여 기본 자료가 축적되지 않은 상황에서 예산형편상 이견, 편의성이건 여러 건으로 나누어 사업을 집행하다보면 누적된 사업비에 비해 사업 결과의 측정 및 평가가 이루어질 수 없으므로 사업을 대규모로 추진하여 기본조사를 충실히 하는 것이 사업의 기본일 것이다.

3. 설계물량산정의 문제점 및 개선방안

3.1. 물량산정 절차

사업비에 적합한 물량을 산출하기 위해 현재 시행되고 있는 조사방법은 잠수조사, 인양틀을 이용한 시험인양조사, 기타 육안조사 및 사이드스캔소나를 이용한 조사 등 크게 4가지로 나누어진다.

잠수조사는 안전사고 예방을 위해 짝잠수를 실시하는 것을 원칙으로 하고 있다. 입수 전 조사방향을 결정하고 입수 후 조사방향으로 진행하여 폐기물 확인 및 분포상태를 파악하고, 사업대상지구의 확인 가능한 시야를 판단하게 되며, 선상위에서 관리하는 자는 입수 및 출수 좌표를 기록하여 거리를 산정하게 된다. 폐기물과 패각물량 산출을 위해 퇴적심도와 방형구를 이용한 패각의 분포밀도, 패각의 상태촬영 및 기록이 이루어진다.

시험인양조사는 가연성 폐기물 산정을 위해 일정 크기의 인양틀을 투하하여 충분한 시간동안 예인하면서 물량을 산정하는 방법을 말한다. 투하좌표와 인양좌표, 인양틀 길이를 기록하여 조사거리 및 인양면적을 산출하게 되고, 인양된 폐기물의 부피 및 무게를 측정하는 방법을 말한다.

육안조사는 간사지로 드러나는 마을어장이나 수면으로 드러나는 지주식어장의 폐기물 및 지주대의 물량산정을 위해 사용된다. 어장 구역 전체를 확인하여 폐기물량을 산정할 수 있어 효과적이다.

사이드스캔소나(Sidescan Sonar) 조사란 선박으로 예인하면서 Towfish에서 고주파의 음원을 송신하여 반사되어 되돌아오는 음파신호를 수신하면서 화면상에 2차원으로 형상화하여 해저면과 물체를 식별하고 크기 및 부피를 산정할 수 있게 하는 수중탐사기구를 말한다. 사이드스캔소나 조사는 DGPS에 조사구역 입력 후 사이드스캔소나의 조사폭에 따라 진행라인을 입력하고 진행라인을 따라 Towfish를 예인하면서 영상물을 획득하게 된다. 이 때 획득된 영상물을 분석하여 물량을 산정하게 된다.

대상해역별 어장종류에 따른 조사방법은 <표 3-1>과 같고, 어장정화사업 물량산정을 위한 조사는 기본적으로 폐기물의 종류 및 분포 상태를 알아보기 위해 간사지 마을어장을 제외한 모든 어장에서 잠수조사는 필수적으로 이루어지며, 각 해역별 특징, 어장종류, 폐기물 종류, 어장의 해저면 상태에 따라 조사방법이 다르게 적용되었다.

3.2. 권역별 물량산정 예

동해안은 대상어장이 주로 마을어장과 일부 해조류 양식어장이고, 타 해저에 비해 투명도가 높으며, 해저면이 암반으로 구성되어 있어 잠수조사시 타 해역에 비해 보다 넓은 면적을 확인할 수 있어 대부분 잠수조사가 이루어졌다.

남해안은 대상어장이 주로 수하식(살포식) 패류양식장과 부류식해조류어장 그리고 일부 마을어장이고, 서해안에 비해 다소 높은 투명도를 보이며, 해저지형은 완만한 사

니질로 구성되어 있어 대부분 잠수표본조사와 시험인양조사를 통해 물량산정이 이루어지고 있다.

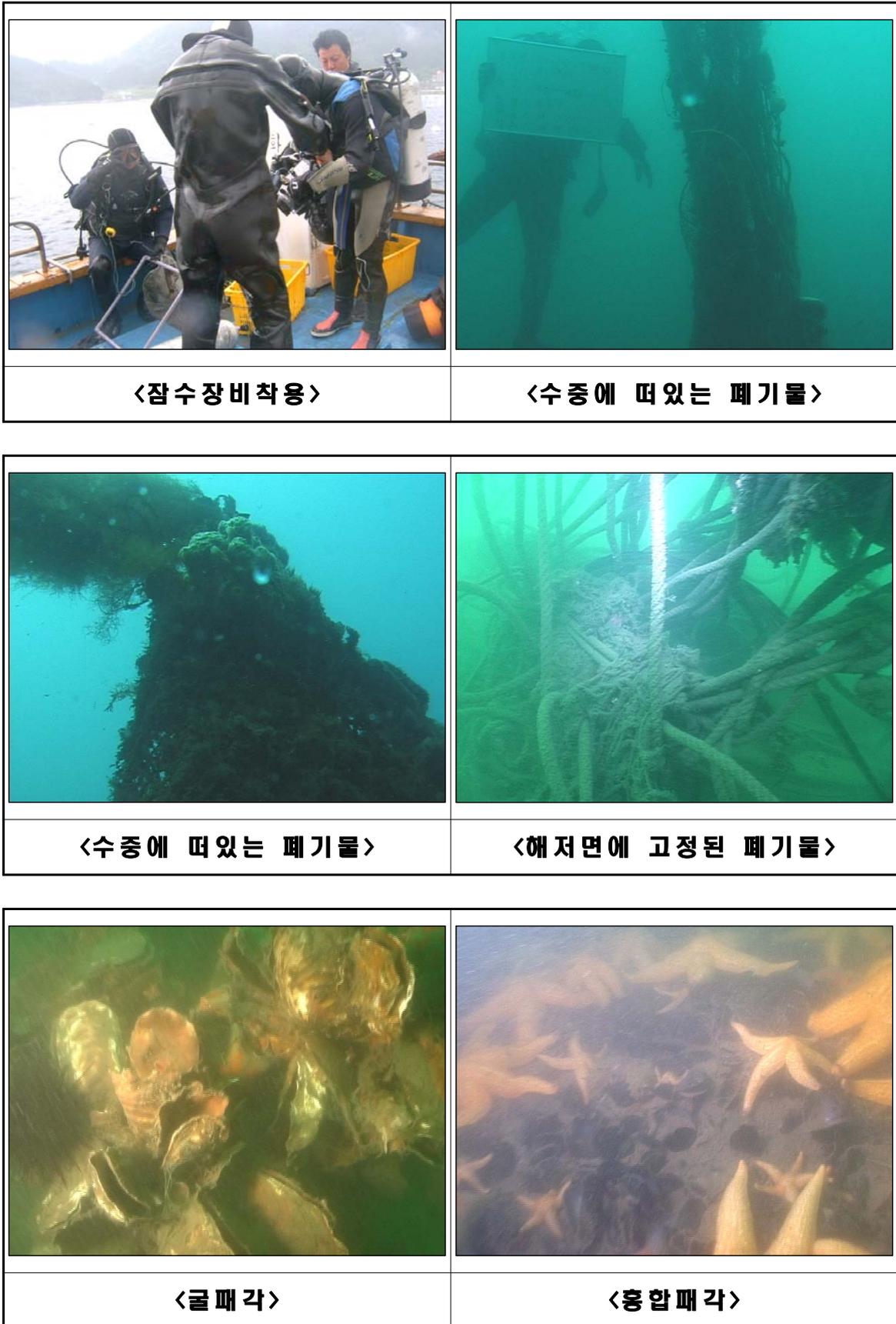
서해안은 대상어장이 주로 지주식해조류어장과 마을어장 그리고 일부 부류식해조류양식어장이다. 우리나라 연안 중 가장 낮은 투명도를 보이고, 해저지형은 마을어장의 경우 간조시 대부분 조간대 부분으로 드러나고 펄과 자갈로 이루어져 있으며, 그 외 조하대 부분에 위치한 어장은 펄로 이루어져 있다.

<표 3-1> 해역별 대상어장 특성에 따른 조사방법 분석

구분	어장종류	조사방법	해양특성
동해 (제주)	· 마을어장 · 부류식해조류어장	· 잠수조사 · 사이드스캔소나	· 해저면 시야 : 양호 · 해저상태 : 암반
남해	· 패류어장 · 부류식해조류어장 · 마을어장	· 잠수조사 · 시험인양조사 · 잠수조사	· 해저면 시야 : 보통 · 해저상태 : 펄
서해	· 지주식해조류어장 · 마을어장(조간대) · 마을어장(조하대) · 부류식해조류어장 · 살포식패류어장	· 육안조사 및 탐문조사 · 육안조사 · 잠수조사 · 시험인양조사 · 시험인양조사	· 해저면 시야 : 불량 · 해저상태 : 조하대(펄) 조간대(자갈, 펄)



<그림 3-2> 사이드스캔소나 조사



<그림 3-5> 잠수조사에 의한 폐기물확인 공정

<표 3-2>는 동해안 울진군 마을어장의 잠수조사에 의한 물량산출 방법을 나타낸 것이다. 잠수조사면적 대비 조사시 확인물량을 바탕으로 전체 사업구역에 대한 물량이 산출되고, 이 때 조사면적은 이동거리와 잠수시야에 의해 정해진다.

<표 3-2> 잠수조사에 의한 폐기물 물량산출 방법 예시

〈울진군. 2006년 설계서〉									
사업지구	사업면적 (ha)	조사면적 (m ²)	침체어구류				해적생물		
			중소형 (kg)	대형 (kg)	ha당물량 (kg/ha)	총물량 (ton)	확인개체 (마리/10m ²)	ha당개체 (마리/ha)	총물량 (ton)
곡해어촌계	40	2,760	5	-	18	1	6	6,000	12
...
진북어촌계	80	3,600	80	2,500	222	20	0.66	660	3
계	318	25,970	138	3,100	348	27	34	33,860	83

사업지구	잠수 NO.	수심 (m)	이동거리	잠수시야	조사면적 (m ²)	침체어구류			해적생물	
						중소형 (kg)	대형 (kg)	ha당물량 (kg/ha)	확인개체 (마리/10m ²)	ha당개체 (마리/ha)
곡해어촌계	1	5	120	10	1,200	5	-	42	6	6,000
...
진북어촌계	4	6	146	10	1,460	-	-	0.1	100	사업제외
소계			276		2,760	5	-	42	12	12,000

<표 3-3>은 남해안 고성군 패류양식장의 잠수조사에 의한 패각 물량산출 방법을 나타낸 것이다. 보통 패각물량 산정은 일정한 크기의 방형구를 이용한 표본조사와 패각 퇴적심도 조사를 통해 침적된 패각 물량이 산정되며, <표 3-3>은 방형구를 이용한 패각물량 산정표이다. 어장내 몇 개의 방형구에서 표본으로 패각을 수거하고, 평균 방형구 물량을 구한 후 오페물변환율 및 인양패각 잔존율을 구하여 인양패각물량이 산정되며, 파쇄율을 곱하여 처리패각물량이 구해진다.

<표 3-3> 잠수조사에 의한 패각 물량산출 방법 예시

〈고성군. 2003년 설계서〉										
면허번호	사업면적 (ha)	방형구 물량 (m ³ /m ²)	평균방형구물량 (m ³ /m ²)	총조사 패각물량 (m ³)	패각 분포율 (%)	오페물 변환율 (%)	인양패각 잔존율 (%)	파쇄율 (%)	인양패각 물량 (m ³)	처리패각 물량
188(골)	4.5	0.002688	0.002656	119.52	100	50	20	30	47.81	14.34
...
공유수면	5.0	0.013440	0.0259200	1,296.00	100	50	20	30	518.40	155.52
계	83.94								3,184.94	955.18

<표 3-4>는 남해안 해남군 해조류양식어장의 잠수조사에 의한 폐기물 물량산출 방법을 나타낸 것이다. 부류식해조류양식어장은 인양틀을 이용한 시험인양조사가 이루어지고 예망면적 대비 인양된 물량을 산정하여 사업구역에 대한 전체 물량을 추정한다. 이 때 예망면적은 예망속도, 예망시간, 형망효율에 의해 정해진다.

<표 3-4> 시험인양에 의한 폐기물 물량산출 방법 예시

〈해남군. 2004년 설계서〉							
NO.	예망속도 (km/hr)	예망시간 (초)	예망거리 (m)	형망효율 (%)	예망면적 (ha)	인양물량 (m ³)	폐기물 종류
1	7	60	116.67	100	0.028	0.05	페로프
...
7	7	60	116.67	100	0.028	0.01	페로프
계					0.252	0.23	

* 표본조사 시 갈쿠리 폭 2.4m, 1개를 사용하여 예망함
 . 사업구역 내 단위면적당 가연성 폐기물량
 = 총가연성물량 0.23 m³ ÷ 표본조사면적 0.252 ha = 0.91 m³/ha
 . 사업구역 내 총 가연성 침적폐기물량
 = 단위면적 당 가연성 침적폐기물량 0.91 m³/ha × 전체사업면적 200 ha = 182 m³

지주식해조류양식어장의 경우 선상에서 육안으로 전체 지주대를 계수하여, 지주대 종류별 길이와 지름 그리고 무게 등을 측정하여 전체 물량을 산정한다. 간사지의 마을 어장의 경우 도보로 어장을 육안으로 확인하여 물량을 산정한다.



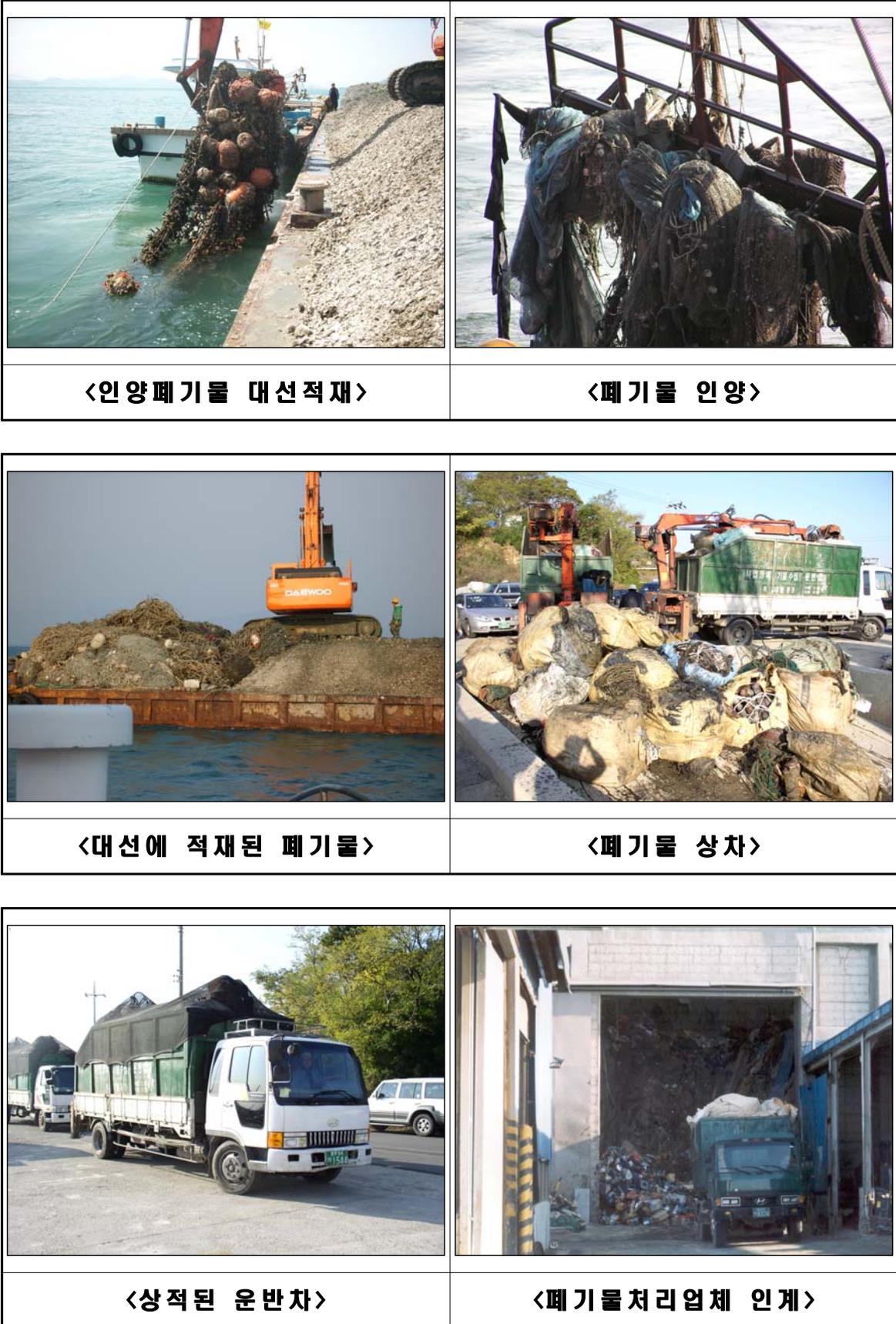
<그림 3-6> 시험인양조사에 의한 폐기물 산정



<그림 3-7> 폐기물량 산정



<그림 3-8> 가연성 폐기물의 부피에 대한 무게비 측정



<그림 3-9> 폐기물 처리



<그림 3-10> 패각 인양 및 해양투기

3.3. 물량산정의 문제점 및 개선방안

3.3.1. 표본조사의 한계

<표 3-5>는 시·군별로 어장정화사업 설계물량 산출을 위해 사업면적에 대한 조사면적 비율을 나타낸 것이다. 현재 우리나라에서는 전수조사에 대한 경제적 어려움으로 표본조사를 실시하고 있으며, 각 지역별 확인율을 구해본 결과 잠수조사의 경우 0.26~2.45%, 시험인양조사의 경우 0.10~0.47%로 아주 낮게 나타났다. 평균적으로 전체 사업면적 중 0.5%의 면적을 확인 후 사업물량을 추정하는 것이다. 이로 인해 설계 물량의 부정확한 산출로 시공시 설계변경이 빈번히 이루어지고 있다.

<표 3-5> 사업면적에 대한 표본조사 확인율 현황

해역	잠수조사			해역	시험인양조사		
	사업면적 (ha)	조사면적 (ha)	확인율 (%)		사업면적 (ha)	조사면적 (ha)	확인율 (%)
삼척시(2003)	300	1.5	0.50	장흥군(2001)	200	0.1	0.05
울진군(2006)	318	2.6	0.82	고흥군(2002)	200	0.2	0.10
기장군(2005)	435	1.7	0.39	진도군(2002)	145	0.3	0.21
기장군(2006)	430	2.0	0.47	장흥군(2003)	300	1.4	0.47
포항시(2003)	391	1.0	0.26	진도군(2003)	300	0.6	0.20
포항시(2004)	364	8.9	2.45	해남군(2004)	200	0.2	0.10
평균	373	2.9	0.81	평균	224	0.47	0.19

3.3.2. 조사방법 및 조사장비의 부족

앞서 살펴본 바와 같이, 현재 시행되고 있는 조사방법은 크게 잠수조사와 시험인양조사 그리고 기타 육안조사 및 사이드스캔소나 조사로 국한되어 있으며, 각각의 방법 또한 많은 문제점을 가지고 있다.

잠수조사는 눈으로 확인이 가능하므로 폐기물의 종류, 분포상태, 부피의 산정에는 용이하고, 잠수구간 내에서 촬영으로 직접적인 확인이 가능하므로 데이터의 신뢰도도 높다. 또한 해저면에 묻힌 폐기물의 확인이 가능하고, 패각의 물량산정이 용이하다. 그러나 잠수조사는 시야, 해황, 수심 및 조사시간의 제약을 많이 받으므로 조사면적의 한계가 있다.

시험인양조사는 직접 확인이 가능하므로 폐기물의 종류, 부피 및 무게의 산정이 용이하고, 설계예산서 폐기물 인양에 대한 산출근거 마련이 용이한 장점이 있다. 그러나 긴 로프의 침적이 많은 해조류 양식장의 경우 과다 물량산출의 우려가 있고, 전용작업선이 아닌 경우 말목에 연결된 로프 및 대형물량은 인양 확인이 어려워 설계물량 산출의 부정확성을 초래할 수 있다.

육안조사는 폐기물 하나하나를 확인 할 수 있으나, 서해안의 펄로 이루어진 마을어장은 진입이 곤란한 지역이 많고, 저주식어장의 경우 물에 잠긴 물량에 대한 확인이 어려운 문제점들이 있다.

3.3.3. 기술력 부족

물량산정은 현재의 확인 물량을 기준으로 미래 진행될 사업 시점의 물량을 추정하는 것이다. 아무리 정확한 현재의 물량을 산정하더라도 어장내 물량은 태풍이나, 폐사 그리고 시설물 철거에 따라 많은 차이를 가져온다. 예를 들어, 2006년 통영시 양식어장 정화사업에서는 진주담치의 자연탈락으로 인해 현저하게 물량이 증가되었고, 이로 인해 설계변경이 되었다. 이러한 결과를 보더라도 물량산정에 대한 기법개발도 필요한 실정이라 하겠다.

현재 어장정화사업 중 유일하게 사용되는 탐사장비는 사이드스캔소나로 이 장비는 사업구역에 대한 전수조사가 가능하고, 수 cm까지의 분해능을 가지고 있어 해저면 물체의 부피를 산정할 수 있으나, 영상물 분석 전문기술 부족으로 물량산정 시 오차를 보인다.

3.3.4. 경제성 있는 사업지구 선정 기준 부족

<표 3-6>은 2000~2006년까지 설계된 동해안 사업지역별 폐기물량 및 사업면적에 대한 사업비를 나타낸 것이다. 강원도 지역의 경우 단위무게당 폐기물에 대한 사업비는 평균 2,532천원인 것으로 나타났고, 사업면적당 사업비는 평균 477천원인 것으로 나타났으며, 경북과 부산의 경우 단위무게당 폐기물에 대한 사업비는 평균 2,579천원인 것으로 나타났고, 사업면적당 사업비는 평균 837천원인 것으로 나타났다. 폐기물 1ton에 대한 사업비는 유사하게 나타났지만 사업면적에 대한 사업비는 약 2배 정도의 차이가 났다. 2000년 영덕군의 설계서에서는 폐기물 1ton당 사업비가 5,084천원으로 2003년 부산 해운대구의 1,200천원에 비해 4배 이상 높게 나타나 지역별로 폐기물을

인양·처리하는 비용에 많은 차이를 나타내었다. 우리나라는 사업지역 및 조사지역은 사업금액에 따라 조사 이전에 일률적으로 정해진다. 이러한 사업구역은 표본조사 대상이 되고, 사업성 있는 사업구역 선정에 위한 단위면적당 투입비용 또는 사업물량 당 투입비용에 대한 기준이 없어 물량산정 후 사업성 여부에 상관없이 사업구역으로 정해지는 경우가 많아, 사업의 효율성이 크게 낮아 많은 경제적 손실을 가져오고 있다.

<표 3-6> 폐기물량과 사업면적에 대한 사업비 책정 현황

사업지역	사업비/폐기물 (천원/ton)	사업비/사업면적 (천원/ha)	사업지역	사업비/폐기물 (천원/ton)	사업비/사업면적 (천원/ha)
동해시(2001)	3,759	517	영덕군(2000)	5,084	1,881
고성군(2001)	1,493	338	해운대구(2003)	1,200	738
속초시(2001)	1,788	396	포항시(2003)	2,718	577
속초시(2002)	2,562	495	포항시(2004)	2,888	571
고성군(2002)	3,261	519	기장군(2005)	2,648	700
고성군(2003)	3,105	714	기장군(2006)	1,667	752
삼척시(2003)	1,755	360	울진군(2006)	1,845	638
평 균	2,532	477	평 균	2,579	837

3.4. 개선방안

3.4.1. 표본조사 면적 증가 및 전수조사

정확한 물량산정을 위해서는 사업면적에 가까운 면적을 눈으로 확인하는 것이 무엇보다 중요하다. 그러기 위해서는 현재 0.8%의 확인율을 높여 설계물량의 오차범위를 좁혀야 한다. 1회 잠수조사 및 형망조사는 그 면적이 한정되어 있으므로 조사횟수를 증가시켜야 하며, 그러기 위해서는 조사비용의 증가가 뒤따를 것으로 판단된다.

3.4.2. 물량산출 기법의 개발

엔지니어링 업체의 설계에 의한 어장정화사업은 1996년부터 시행되었으나 현재까지 설계기법 및 시공방법의 차이는 개선되지 않았다. 또한 매년 설계시기와 시공시기의 차이 뿐 아니라 태풍과 폐사, 시설물 철거로 인해 물량 증감이 발생하여 설계변경이

다수 이루어지고 있다. 이를 줄이기 위해서는 기본적으로 물량산출 기법이 개발되어야 하고 조사시점과 작업시점 사이의 변수로 작용되는 태풍, 폐사, 시설물 철거를 고려할 수 있는 어장정화사업만의 물량산출 모델 개발이 필요할 것으로 보인다.

3.4.3. 조사방법 및 조사장비의 개발

현재 사용되는 조사방법은 각각의 문제점을 가지고 있으며, 이를 보완하기 위해서는 조사업체의 조사방법 개선과 기술력 향상이 이루어져야 한다. 패각 산정을 위해 현재 잠수사를 이용한 방형구 조사 및 퇴적심도 조사가 이루어지고 있으나, 이러한 조사는 패각에서 이용가능한 그래프 개발이나 지층탐사기를 이용한 패각 깊이 산정 등 다양한 조사장비의 개발 필요성이 절실하다. 또한 조사방법 및 조사장비의 투입 전 지역의 특성을 파악하기 위해서는 현지 어업인 및 관계자의 충분한 의견이 수렴되어야 하며 이를 바탕으로 조사 및 물량산정이 이루어지면 보다 정확성을 기할 수 있을 것으로 보인다.

3.4.4. 조사·설계업체의 기술력 향상

현재 어장정화사업 중 유일하게 사용되는 장비는 사이드스캔소나이며, 이 장비는 전수조사가 가능하고, 수 cm까지의 분해능을 가지고 있어 해저면 물체의 부피를 산정할 수 있으나, 널리 사용되지는 않는다. 사이드스캔소나는 암반과 폐기물의 구분이 어려운 단점이 있으나, 남해안이나 서해안의 펄 지역에서는 활용될 가치가 있어 보이며, 잠수조사를 병행하여 보다 정확한 자료 획득을 위해 영상물 분석 기술을 향상시켜야 한다.

3.4.5. 사업성 있는 사업구역 선정

사업성 있는 사업구역 선정을 위한 단위면적당 투입비용 또는 사업물량당 투입비용에 대한 기준이 먼저 마련되어야 할 것으로 보인다. 사업성 있는 사업구역의 선정을 위해서는 먼저 조사·설계용역 발주 이전에 담당 공무원이 지역 어민들의 의견을 수렴하여 타 지역에 비해 오염도가 높은 사업구역을 선정해야 하기 때문에 담당 공무원들의 노력이 필요하다. 또한 조사·설계업체는 정확한 물량산정을 위해 노력해야 할 것이며, 물량산정 후 조사물량을 바탕으로 사업성 있는 사업구역 선정을 위해 정확한 데이터 분석과 공무원 및 어업인들과의 협조가 이루어져야 할 것이다.

4. 어장정화사업 공정, 투입장비의 문제점 및 개선방안

4.1. 권역별 시공현황

어장정화사업 공정은 <표 3-7>과 같이 지역별로, 어장별로 다소 차이가 나타나며, 크게 폐기물 인양, 황토살포, 어장바닥고르기, 대선적재, 해상운반, 육상하역, 폐기물 처리 공정으로 나눌 수 있었다.

<표 3-7> 어장정화사업 지역별, 어장별 주요공정 비교

동해안	남해안		서해안	
	마을어장	패류어장	부류식해조류어장	지주식해조류어장
1. 잠수사 폐기물 탐색	1. 폐기물 인양	1. 폐기물 인양	1. 지주대수거	1. 폐항목수거
2. 폐기물 인양	2. 패각류 인양	2. 대선적재	2. 폐기물 인양	2. 폐기물수거
3. 해적생물 탐색 및 인양	3. 대선적재	3. 해상운반	3. 해상운반	3. 운반
4. 인양폐기물 해상운반	3. 패각류 해상투기	4. 육상하역	4. 육상하역	4. 폐기물처리
5. 육상하역	4. 황토살포	5. 폐기물처리	5. 폐기물처리	
6. 가연성폐기물 처리	5. 어장바닥고르기			
7. 해적생물 육상운반	6. 해상운반			
8. 해적생물 처리	7. 육상하역			
	8. 폐기물처리			

4.1.1. 동해안

동해안 어장정화사업에 투입된 어장별 주요공정에 따른 투입장비 현황은 <표 3-8>과 같다. 주요공정 중 마을어장의 경우 2개의 공정에서 5개의 공정으로 나타났다. 예로서, 해조류어장의 경우 부산 해운대구는 잠수를 통한 인양공정으로 설계되었고, 기장군은 인양작업선을 이용한 작업공정으로 설계되었으며, 회항 및 어장측량 공정이 추가되어 있어 유사한 지역이지만 다른 공정으로 설계가 되었다.

공정별 투입장비를 살펴보면, 지역별로 매우 상이한 장비가 투입됨을 알 수 있었다. 동해안 정화사업의 주 공정은 오폐물 탐색 및 인양이며, 이 공정에 투입된 장비는 잠수지원선과 인양을 위한 작업선, 대선, 예선, 크레인 투입이 일반적이었다. 시군별로 잠수작업선만 투입되거나, 잠수작업선과, 크레인, 예선, 대선이 조를 이루어 투입된 경우도 있었다. 해상운반 및 육상하역 공정에는 크레인과, 대선, 예선이 일반적으로 투입

되었으나 공정에 포함되지 않은 경우도 있었다. 장비별 규격을 살펴보면 잠수지원선의 경우 2~10ton, 인양작업선의 경우 3~20ton까지 다양하게 나타났다. 크레인은 동일하게 10ton이 사용되었고, 폐기물을 적재하는 대선은 인양폐기물량에 상관없이 100~700ton, 예선은 80~500hp으로 폐기물량에 상관없이 매우 다양하게 사용되었다.

<표 3-8> 동해안 어장별 주요공정에 따른 투입장비 현황

어장종류	사업해역	연도	주요공정	투입장비
마을어장	동해시	2001	· 오폐물 탐색, 인양 · 오폐물 하역 및 상차	· 수거작업선(5~10ton) · 잠수지원선(2~5ton) · 백호(0.7m ³)
마을어장	고성군	2003	· 오폐물 탐색, 인양 · 해상운반 및 육상하역 · 해적생물수거 및 운반작업 · 해적생물 상차 · 해적생물 육상운반	· 잠수작업선(3~5ton) 크레인(10ton), 대선(100ton), 예선(80hp) · 크레인(10ton), 대선(100ton), 예선(80hp) · 형망작업선(5~10ton) · 백호(0.7m ³) · 덤프트럭(15ton)
마을어장 협동양식	영덕군	2000	· 오폐물 탐색, 인양 · 오폐물 상차 및 운반	· 잠수기선, 작업선(10ton), 예선(500hp) 대선(700ton), 크레인(40ton) · 백호(0.7m ³), 덤프트럭(15ton)
마을어장 해조류 (미역) 양식어장	포항시 부산시 해운대구	2004 2003	· 오폐물 탐색 및 인양 · 오폐물 탐색 · 오폐물 인양 · 해상운반 및 육상하역	· 잠수작업선(4~10ton), 작업선(10ton) · 잠수작업선(5~10ton), 크레인(10ton), 예선(350hp), 대선(500ton) · 크레인(10ton), 예선(350hp), 대선(500ton)
해조류 (미역) 양식어장	기장군	2006	· 오폐물 인양 · 대선이적, 해상운반, 육상하역 · 회항 · 어장측량	· 인양작업선(20ton), 작업보조선(1ton) · 크레인(10ton), 대선(500ton), 예선(350hp) · 대선(500ton), 예선(350hp)

4.1.2. 남해안

남해안 어장정화사업에 투입된 어장별 주요공정에 따른 투입장비 현황은 <표 3-9>와 같다. 남해안 수하식패류양식어장 정화사업 설계공정은 대부분 폐기물 인양, 패각류 인양, 패각류 처리, 어장바닥경운, 대선적재, 해상운반, 육상하역, 폐기물처리, 회항, 어장측량 순으로 이루어진다. 진도군(2002) 설계서에는 회항공정이 포함되어 있으며, 대선적재는 제외되어 있다.

살포식 패류양식어장은 어장바닥경운을 통한 오폐물 인양, 황토살포, 어장바닥고르기, 해상운반, 육상하역, 폐기물처리, 패각류처리 공정 순으로 이루어지고 있으며, 타 어장과 달리 황토살포 공정이 포함되어 있다. 사천시(2006) 설계서는 타 시·군의 설계서에 비해 해상운반과, 육상하역 공정이 제외되어 있으며, 통영시(2006) 살포식 패류

양식어장에는 황토살포 공정을 적용하지 않았다.

해조류 양식어장은 오폐물인양, 대선적재, 해상운반, 육상하역, 폐기물처리, 어장측량의 공정으로 이루어져 있다. 완도군(2000) 설계서에서는 대선적재 항목이 없고, 장흥군(2003) 설계서에는 어장측량 항목이 추가되었으며, 기타 해남군(2004) 설계서에는 어장재시설과 가두리양식장 이설 등의 항목이 포함되어 있었다.

공정별 투입장비 현황을 살펴보면, 지역에 따라 다소 다른 투입장비가 사용되었으며, 패각류 및 폐기물 인양 공정에 전라남도에서는 50ton의 정화선이, 경상남도에서는 지역에 많이 분포되어 있는 5~15ton의 형망선이 주로 사용되었다. 패각류 처리 공정에는 토운선(500m³)이 공통적으로 사용되었고, 예선과 대선 조합은 250hp에 300ton, 250hp에 500ton, 350hp에 500ton, 450hp에 500ton 등 다양하게 사용되었다. 어장바닥고르기 공정에서는 전라남도에서는 2.5~10ton, 경상남도에서는 5~10ton이 사용되어 동해안과 마찬가지로 지역별, 어장품종별 정화사업 공정 및 투입장비가 다르게 설계되었으며, 같은 양식어장이지만 서로 다른 정화사업 공정으로 설계되고 있었다.

4.1.3. 서해안

서해안 어장정화사업에 투입된 어장별 주요공정에 따른 투입장비 현황은 <표 3-10>과 같다. 서해안 지주식 양식어장 정화사업 설계공정은 대부분 폐항목수거, 오폐물인양, 대선적재, 해상운반, 육상하역, 폐기물처리 순으로 이루어졌다. 폐항목 수거방법은 인력, 작업선, 백호를 이용한 방법이었고, 신안군(2006) 설계서에는 어장측량 공정이 새로이 추가되었다.

마을어장 정화사업은 지역에 따라 수거 방법이 달리 적용되었고 섬지역의 경우 잠수를 이용한 폐기물 및 해적생물 수거가 이루어졌으며, 간사지에 위치한 마을어장은 인력 및 장비를 동원한 직접적인 폐기물 수거가 이루어져 공정의 다양함을 보였다. 특히 태안군(2006) 설계서에는 기존의 정화사업과 달리 마을어장 진입로를 설치하는 작업이 이루어졌다.

공정별 투입장비 현황을 살펴보면, 폐항목 수거에 사용된 작업선은 1~10ton으로 다양하게 나타났고, 함평군(2004)에서는 어장경운을 위해 50ton 급의 정화선이 투입되었으며, 마을어장 내 폐항목 수거를 위해 습지굴삭기와 경운기가 이용되었다. 서해안은 동해, 남해에 비해 어장은 많지 않지만, 다양한 어장종류와 갯벌환경 때문에 보다

다양한 투입장비로 정화사업이 행해지고 있다.

<표 3-9> 남해안 어장별 주요공정에 따른 투입장비 현황

어장종류	사업해역	연도	주요공정	투입장비
수하식 패류어장	고성군	2003	<ul style="list-style-type: none"> · 패각류 및 폐기물 인양 · 굴 패각 처리 · 해상운반 및 육상하역 · 어장바닥경운 · 회항 	<ul style="list-style-type: none"> · 작업선(7~15ton), 작업보조선(2~5ton), 백호(1.0m³), 대선(500ton) · 백호(1.0m³), 예선(250hp), 토크선(500m³) · 크레인(10ton), 예선(250hp), 대선(500ton) · 작업선(7~15ton), 뗏목(8×12m) · 예선(250hp), 대선(500ton)
수하식 살포식 패류어장	통영시	2006	<ul style="list-style-type: none"> · 폐기물 인양 · 해상운반 · 육상하역 · 패각류 인양 · 패각류처리 · 어장바닥경운 · 회항 	<ul style="list-style-type: none"> · 작업선(7~15ton), 작업보조선(2~5ton), 대선(500ton), 백호(1.0m³) · 예선(350hp), 대선(500ton) · 크레인(10ton), 대선(500ton), 예선(350hp) · 작업선(7~15ton), 작업보조선(2~5ton), 대선(500ton), 백호(1.0m³) · 백호(1.0m³), 예선(350hp), 토크선(500m³) · 작업선(7~15ton), 뗏목(8×12m), · 예선(350hp), 대선(500ton), 토크선(500m³)
수하식 패류어장	진도군	2002	<ul style="list-style-type: none"> · 오폐물 인양 · 대선적재 및 해상운반 · 육상하역 및 상차 	<ul style="list-style-type: none"> · 작업선(50ton), 작업보조선(3~5ton) · 예선(250hp), 대선(300ton), 백호(0.7m³) · 예선(250hp), 대선(300ton), 크레인(10ton) · 백호(0.7m³)
수하식 살포식 패류어장	여수시	2003	<ul style="list-style-type: none"> · 오폐물 인양 · 패각류처리 · 황토살포 · 어장바닥고르기 · 해상운반 및 육상하역 	<ul style="list-style-type: none"> · 작업선(50ton), 대선(500ton), · 작업선(2.5~10ton), 작업보조선(2~5ton), 대선(500ton), 백호(1.0m³), 뗏목(8~12m) · 예선(450hp), 대선(500ton), 백호(1.0m³), 토크선(500m³) · 예선(450hp), 대선(500ton), 백호(1.0m³) · 작업선(2.5~10ton), 작업보조선(2~5ton), 대선(500ton), 백호(1.0m³), 뗏목(8~12m) · 예선(450hp), 대선(500ton), 백호(1.0m³), 크레인(10ton)
마을어장 살포식 패류어장	남해군	2003	<ul style="list-style-type: none"> · 어장바닥경운 · 황토살포 · 어장바닥고르기 · 해상운반 · 육상하역 	<ul style="list-style-type: none"> · 작업선(5~10ton), 뗏목(8×12m) · 예선(250hp), 대선(500ton), 백호(1.0m³) · 작업선(5~10ton) · 작업선(5~10ton), 뗏목(8×12m) · 크레인(10ton)
마을어장 살포식 패류어장	사천시	2006	<ul style="list-style-type: none"> · 어장바닥경운 · 황토살포 · 어장바닥고르기 	<ul style="list-style-type: none"> · 작업선(5~10ton), 뗏목(8×12m), 예선(250hp), 대선(500ton), 백호(1.0m³) · 예선(350hp), 대선(500ton), 백호(1.0m³) · 작업선(5~10ton)
부류식김 양식어장	완도군	2000	<ul style="list-style-type: none"> · 오폐물 인양 · 해상운반 · 육상하역 	<ul style="list-style-type: none"> · 작업선(50ton), 대선(500ton), 백호(1.0m³), 예선(250hp) · 대선(500ton), 예선(250hp) · 크레인(10ton)
부류식김 양식어장	장흥군	2003	<ul style="list-style-type: none"> · 오폐물 인양 · 적재, 해상운반, 육상하역 · 어장측량 	<ul style="list-style-type: none"> · 작업선(50ton), 작업보조선(3~5ton) · 예선(250hp), 대선(300ton), 크레인(10ton)

<표 3-10> 서해안 어장별 주요공정에 따른 투입장비 현황

어장종류	사업해역	연도	주요공정	투입장비
지주식 해조류 양식어장	영광군	2001	· 폐항목수거 · 폐항목운반 · 어장바닥경운	· 인력, 작업선(1~3ton) · 인력, 뗏목(8~12m) · 작업선(5~10ton)
지주식 해조류 양식어장	신안군	2002	· 폐항목수거 · 오폐물 인양 · 적재, 해상운반, 육상하역	· 작업선(5~10ton), 작업보조선(2~5ton) · 작업선(5~10ton), 작업보조선(2~5ton) · 예선(250hp), 대선(300ton), 크레인(10ton)
지주식 해조류 양식어장	신안군	2006	· 폐항목수거(선박) · 폐항목수거(백호) · 어장바닥경운 · 해상운반 · 육상하역 · 어장측량	· 작업선(2~3ton), 운반선(5ton), 뗏목(8×12m) · 백호(0.2m ³), 운반선(5ton), 뗏목(8×12m) · 작업선(2~3ton), 뗏목(8×12m) · 운반선(5ton), 뗏목(8×12m) · 크레인(10ton)
패류 양식어업	함평군	2004	· 어장경운 · 조간대 오폐물 수거 · 해상운반 · 육상하역	· 작업선(50ton) · 인력, 작업선, 관리선, 대선(300ton), 백호 · 예선(250hp), 대선(300ton) · 예선(250hp), 대선(300ton), 크레인(10ton)
마을어장	보령시	2004	· 오폐물 및 해적생물 수거	· 잠수작업선(2~5ton)
마을어장	서천군	2006	· 폐항목 수거 · 오폐물 수거 · 운반	· 습지굴삭기(0.4m ³), 경운기(1ton) · 인력, 경운기(1ton) · 경운기(1ton)
마을어장	태안군	2006	· 돌 적재 작업 · 돌 운반 작업 · 돌 적하 작업	· 습지굴삭기(0.4m ³), 경운기(1ton) · 경운기(1ton) · 습지굴삭기(0.4m ³), 경운기(1ton)

4.2. 어장정화사업 공정, 투입장비의 문제점

4.2.1. 어장정화사업 공정의 일관성 결여

앞서 살펴본 바와 같이 현재 어장정화사업공정은 지역별, 어장종류별, 설계업체에 따라 달라지는 경향을 보였다. 지역별로 어장종류에 따라 해양특성이 다르고, 인양되는 오폐물의 종류가 다르기 때문에 인양방법에 따른 공정의 차이는 있을 수 있으나, 대선적재, 해상운반, 육상하역, 회항 등 공통적인 공정에 대해서는 지역에 상관없이 공통적으로 적용되어야 한다. 또한 시공하기에 앞서 어장철거, 가두리양식장 이설이 이루어지고, 시공이 완료되면 어장측량 및 어장재시설이 이루어지는데, 현재 이 공정에 대한 정확한 지침마련이나 기준마련은 되어 있지 않은 상태다. 이런 상태에서 정화사업시 지원비를 일부 시·군에서 설계에 반영하는 것은 미지원어민들은 형평성 문제를 자주 제기하여 문제가 되었다.

4.2.2. 공정별 투입장비의 일관성 결여

공정별 투입장비 또한 지역별, 어장종류별, 설계업체에 따라 달라지는 경향을 보였다. 투입장비 또한 지역별로 어장종류에 따라 해양특성이 다르고, 인양되는 오폐물의 종류가 다르기 때문에 인양방법에 따른 투입장비 및 장비 규격의 차이는 있을 수 있으나, 유사한 해양조건에서 동일한 양식장을 인양할 때의 투입장비는 통일되어야 한다. <표 3-11>은 투입장비 규격에 따른 작업량 및 소요단가를 나타낸 것이다. 동일한 해조류 양식장이지만 동해남부권역의 기장군과 남해서부권역의 장흥군에서 다른 작업선 규격이 투입되었고, 일일 작업량은 장흥군의 50ton급이 많았으나, 경비를 살펴볼 때 기장군 정화선의 정화사업 효율이 좋게 나타났다. 이처럼 동일한 어장에 대해 같은 공종 작업시 규격이 다른 장비가 투입되도록 설계된다는 것은 곧 사업비의 낭비와 직결되는 것이다.

<표 3-11> 해조류 양식어장의 작업선 규격에 따른 일일 작업량 및 소요경비 비교

사업지역	작업선규격(ton)	작업량(ha/일)	소요단가(원/ha)
기장군(2006)	20	5.36	261,142
장흥군(2003)	50	8.00	300,554

4.3. 개선방안

4.3.1. 어장정화사업 공정의 체계화

어장정화사업 공정은 지역별, 어장 종류별로 일정한 지침 없이 진행되고 있다. 따라서 어장정화사업 공정의 체계화를 위해 현재 진행중인 공정별 세부검토를 통해 중복이 되거나 불필요한 공정은 제외시키고, 필요한 공정은 추가를 시켜 정화사업 전문시방서에 반영을 하되 지역별, 어장종류별로 세분화할 필요가 있다.

이를 바탕으로 「항만 및 어항공사 전문시방서」와 같이 공정별 가이드라인을 정해 활용할 수 있는 방안을 강구하고, 설계 및 시공업체가 보다 정형화된 공정 속에서 사업을 수행할 수 있도록 해야 한다.

4.3.2. 공정별 투입장비의 체계화

어장정화사업은 모든 작업이 해상에서 이루어지므로, 해상안전에 주의를 해야한다. 안전한 작업을 위해서라도 적절한 규격의 장비 투입은 필수라 할 수 있다. 현재 어장정화정비업 대부분의 공정은 작업선에 의해 이루어지며, 작업선은 2007년 6월 29일 일부 개정시행된 「어장관리법」 시행령 별표 1의 어장정화정비업 등록기준에 의하면 어장에 침적된 폐어구·어망·오물 등을 수거·인양 및 운반 할 수 있는 총톤수 30톤 이상의 선박이라고 규정되어 있다. 따라서 기존에는 어장환경의 다양성과 양식물의 채취시기 등 여러 어장여건에 따라 투입가능한 선박 중심의 설계가 이루어졌지만, 법의 개정과 함께 30톤 이상의 정화선 투입이 의무화 되고 있다. 하지만 어장정화사업은 양식순기를 고려하여 짧은 시간 안에 다량의 선박을 동원하여 작업을 해야 하는 경우가 빈번하므로 어장환경에 따라 30톤 이상의 정화선 사용을 기준으로 하되 어장 여건에 따라 기타 등록 선박을 사용하는 등 정화사업 투입 가능선박을 규격화해야 될 것으로 사료된다. 또한 기존의 작업선은 경비 산출근거가 없어 「표준품셈 제11장 기계화시공」 11-44-가항에 규정되어 있는 예선의 손료 및 운전경비를 적용하여 설계서에 사용되고 있지만 현실적으로 차이가 크므로 투입선박에 대한 표준품셈을 마련해야 한다. 사용된 대선 및 예선에 대한 장비조합은 「표준품셈 제11장 기계화시공」 11-44-바항에 나타나 있으며, 정화사업에서도 대선의 폐기물 적재량을 규정하여, 그에 따라 대선과 예선의 조합을 규정해야 한다<표 3-12 참조>.

<표 3-12> 대선 + 예선 조합

대선(ton)	예선(hp)	대선(ton)	예선(hp)
100	80	1,000	550
200	180	1,500	800
300	250	2,000	1,200
500	350	3,000	2,000
700	450		

5. 잠수작업을 통한 폐기물 인양의 문제점 및 개선방안

5.1. 잠수작업을 통한 폐기물 인양

마을어장 및 협동양식어장 정화사업은 주로 잠수작업에 의해 행해지며, 잠수작업의 시간당 면적 산출은 [건설표준품셈 14-3] 사석고르기에서 잠수부 1조의 시간당 수중 고르기 능력을 산출하는 품셈을 활용하고 있으며, 수중고르기 능력에 관한 품셈은 <표 3-13>과 같다.

<표 3-13> 건설표준품셈 중 수중고르기 면적 산출식

[건설표준품셈 14-3 사석고르기] 중 2항 수중고르기	
$A = a \times E$	A : 잠수부 1조의 시간당 수중 고르기 능력(m^2)
	a : 표준 고르기 면적(m^2/hr)
	E : 작업효율

잠수사 시간당 작업면적 산출현황은 <표 3-14>와 같고, 수중고르기 품셈이 적용된 잠수사 능력 산출근거는 <표 3-15>와 같다. 동해지역에서 산출된 잠수사의 시간당 작업면적은 삼척시와 포항시에서 6,000 m^2/hr 로 나타났고, 울진군과 해운대에서는 7,500 m^2/hr 로 나타나 비슷한 수심과 환경에도 불구하고 작업면적의 차이를 보였다. 그 차이는 잠수사의 탐색가능거리에서 나타났고, 탐색거리는 폐기물 분포밀도와 수심, 해류에 영향을 받을 수 있으나 비교된 지역의 큰 차이는 나타나지 않았다. 잠수 1조당 투입인원은 1~3명으로 큰 차이를 보였으며, <표 3-15>에서 1인당 잠수사 작업면적으로 비교해 볼 때, 해운대에서 7,500 m^2/hr 으로 작업효율이 가장 높았고, 포항시에서 2,000 m^2/hr 으로 가장 낮게 나타났다.

<표 3-14> 잠수사 시간당 작업면적 산출 현황

구분 해역(연도)	시간당 작업면적 (m ² /hr)	탐색수거면적 (m ²)	시야 (m)	탐색가능거리 (m)	작업효율 (%)	잠수1조 인원 (인)
삼척시(2003)	6,000	8,000	20	400	0.75	2
울진군(2006)	7,500	10,000	20	500	0.75	3
포항시(2004)	6,000	8,000	20	400	0.75	3
해운대(2003)	7,500	10,000	20	500	0.75	1

<표 3-15> 잠수작업 능력 산출근거 예시

잠수사 시간당 작업면적의 산출(2003년 삼척시 설계서) $A = a \times E$ A : 잠수사 1조의 시간당 수중 오폐물 탐색 및 수거능력(m ²) a : 표준 수중오폐물 탐색, 수거면적(m ² /hr) E : 작업효율 $A = 8,000\text{m}^2/\text{hr} \times 0.75 = 6,000\text{m}^2/\text{hr}$ a : 8,000m ² /hr(수중 오폐물 표층분포지역 적용) E : 0.75 (명암 보통, 수심 15m 적용) · 잠수사 2인 1조 운용원칙(잠수사, 잠수보조사)						
a의 값						
수중오폐물 표층분포지역			비고			
8,000(20m × 400m)			수심 15m기준			
· 상기 시간당 잠수사 탐색능력은(a)은 시정이 보통인 해역의 실측값임 · 상기 수거사업 해역의 경우 시정이 보통인 해역으로써 실증실험결과 1시간당 약 400m의 탐색가능 · 작업효율값(E)은 토목품셈 14-3 사석고르기의 효율값을 적용함.						
구분 수심(m)	천후		조류		명암	
	조용할때	풍랑	0~2.8km/hr	2.8~5.5km/hr	보통	흐릴때
0~15	0.75	0.64	0.75	0.53	0.75	0.49
15~20	0.57	0.48	0.57	0.40	0.57	0.37
20~25	0.41	0.35	0.41	0.29	0.41	0.27
25~30	0.35	0.3	0.35	0.25	0.35	0.23
① 토목품셈 14-3. 나항 ② 천후는 월간 20일 정도의 작업일수를 취할 수 있을 경우 1.00으로 한다. ③ 명암은 바닷물의 투명도, 상부 구조물의 유무 등에 따라 판단한다. ④ 작업효율의 값은 시공조건(천후, 조류, 명암) 중 최악의 경우 하나만 택한다						

5.2. 잠수작업을 통한 폐기물 인양의 문제점

이러한 결과는 기본적으로 전문시방서 부재로 잠수사의 폐기물 인양작업에 대한 정확한 지침서가 없기 때문에 비롯된 것이며, 또한 표준품셈의 부재로 인해 생긴 결과이다. 위의 사유로 설계자의 잘못된 판단으로 일일작업능력을 과다하게 측정할 경우에는 부실시공의 문제점을 낳게 되고, 과소하게 측정된 경우에는 예산의 낭비를 가져오는 원인이 된다.

5.3. 개선방안 - 전문시방서 및 표준품셈의 마련

전문시방서 및 표준품셈의 마련을 위해 본 공정의 진행과정 및 목적에 대한 정확한 이해가 있어야 된다. 먼저 전문시방서 마련을 위해 현행 잠수사의 폐기물인양 공정에 대한 작업의 적합성을 현장에서 시험시공하여 판단한 후 시험작업을 통한 작업효율 분석, 폐기물 분포밀도에 따른 작업효율 분석 그리고 해황에 따른 작업효율 분석으로 시공에 대한 전문화된 방법과 재료에 대한 규정 및 시공관리 및 품질관리, 안전관리에 관한 기준까지 전반적으로 마련되어야 한다. 또한 수심에 따른 감압시간을 충분히 고려하여 일일작업면적 산출식이 마련되어야 한다. 특히 잠수는 수중에서 이루어지는 작업으로 전문적이고 위험이 상존하는 작업이므로 전문시방서 마련시 안전에 대한 특별한 기술이 필요하며, 이를 위해 1인 잠수보다는 2인 이상을 1조로 구성하는 기준도 마련해야 할 것이다.

6. 패각류 인양공정의 문제점 및 개선방안

6.1. 패각류 인양공정 현황

패각류 인양공정은 주로 남해권역의 수하식 굴 어장과 진주담치 어장에서 행해졌다. 설계서에 나타난 산출근거는 <표 3-16>과 같고, 작업선 1회 작업소요시간은 형망틀 투망 4분, 예망 30분, 양망 15분, 형망선 이동(운반) 3분, 인양패각 대선이동 15분, 형망선 이동(작업선) 3분 등 70분이다. 패각류 일일 인양물량은 일일작업횟수와 작업회당 인양물량에 의해 작업선 능력은 결정되어진다. 일일 작업선 인양 횟수는 총 6회가 적용되었고, 점심시간 및 휴식시간이 작업공정 내에 포함되어 있으며, 1회 패각물량은 형망틀 2개에 각각 1^m씩 인양하는 것으로 총 2^m가 적용되어 1일 패각 인양물량은 12^m인 것으로 산출되어 있다.

<표 3-16> 패각류 인양시 작업선 능력에 대한 산출근거 예시

<2003년 고성군 설계서> 해저 패각류 인양시 작업선 능력 1. 작업선 작업(7-15ton)	
○ 작업선 1회 작업소요시간	
· 작업틀 투망 (2개)	: 4 분
· 작업선 예망	: 30 분
· 작업틀 양망	: 15 분
· 작업선 이동(운반)	: 3 분 (작업지 - 대선 : 200m 거리)
· 인양패각 대선이적	: 15 분
· 작업선 이동 (작업선)	: 3 분 (대선 - 작업지)
· 계 (1회 작업소요시간)	: 70 분
○ 작업선 1일 굴패각 등 작업횟수	
· 1일 오전, 오후 각 3회 형망선 작업 (총 6회)	
· 형망선 인양작업 6 회 × 70 분 = 420분	
· 점심 및 휴식시간 : 60 분	
· 계 :	480 분
○ 작업선 1척 1회 작업시 인양 오페물(팩각 등) 물량	
- 형망틀 2 개 × 1.0 m ³ = 2.0 m ³	
○ 작업선 1일 작업 굴패각 등 인양물량	
- 2.0 m ³ /척.회 × 1 일 × 6 회 = 12 m ³ /일.척	

패각류 인양시 작업선 작업능력 산출현황을 <표 3-17>에서 살펴보면, 경남에 위치한 모든 시·군에서 1회 작업소요시간은 70분, 1일 작업횟수는 6회로 동일하게 나타났고, 1회 인양물량과 1일 인양물량은 거제시, 고성군 및 남해군에서 각 2.0m³ 와 12.0 m³로 나타났고, 마산시와 통영시에서 각 2.4m³ 와 14.4m³로 나타나 다소 차이를 보였다.

<표 3-17> 패각류 인양시 작업선 능력 산출 현황(작업선 7~15ton 기준)

구분 해역(연도)	작업소요시간 (분)	1일작업횟수 (회)	1회 인양물량 (m ³ /회)	굴패각 인양물량 (m ³ /척.일)
고성군(2003) 거제시(2000) 남해군(2001)	70	6	2.0	12.0
마산시(2002, 2005) 통영시(2003, 2006)	70	6	2.4	14.4

6.2. 패각류 인양공정의 문제점

설계서에 사용되는 산출근거에서 작업단계별 소요시간 및 형망(틀)의 크기에 대한 명확한 근거를 찾기가 어렵다. 형망틀 투망의 경우는 수심에 따라 소요시간이 달라질 수 있으며, 형망선 예망의 경우 패각종류와 패각 분포밀도, 작업선의 마력 및 수심 등에 따라 예망시간은 큰 차이를 보일 것으로 판단된다. 또한 작업지에서 대선 간 형망선의 이동은 작업선의 속력과 거리에 따라 달라질 수 있으므로 이러한 세부 내용이 포함되어야 할 것으로 보인다. 인양패각 대선이적은 백호에 의해 이루어지나 백호의 작업능력에 대한 산출근거 없이 작업소요시간이 정해져 있어 백호의 작업능력에 대한 기준도 필요할 것으로 보이고, 사용되는 형망(틀)의 재질 및 크기에 따라 인양물량의 차이를 보일 수 있으므로 기준마련이 필요하다.

이러한 결과는 기본적으로 전문시방서 부재로 패각 인양작업에 대한 정확한 지침서가 없기 때문에 비롯된 것이며, 또한 표준품셈의 부재로 인해 생긴 결과이다. 위의 사유로 설계자의 잘못된 판단으로 일일작업능력을 과다하게 측정할 경우에는 부실시공의 문제점을 낳게 되고, 과소하게 측정된 경우에는 예산의 낭비를 가져오는 원인이 된다.

6.3. 패각류 인양공정의 개선방안 - 전문시방서 및 표준품셈의 마련

전문시방서 및 표준품셈의 마련을 위해 본 공정의 진행과정 및 목적에 대한 정확한 이해가 있어야 된다. 먼저 전문시방서 마련을 위해 현행 패각인양 공정에 대한 작업의 적합성을 현장에서 시험시공하여 판단한 후 시험작업과 작업효율 분석, 장비규격에 따른 작업효율 분석 그리고 해황에 따른 작업효율 분석으로 시공에 대한 전문화된 방법과 재료에 대한 규정 및 시공관리 및 품질관리에 관한 기준까지 전반적으로 마련되어야 한다. 또한 패각 인양의 경우 패각의 종류에 따라 인양능력(m^3/hr)이 달라지므로, 품종별 효율을 달리 적용해야 될 것으로 보인다. 실제 작업의 경우 해저면에 오래 침적된 굴은 파쇄 없이 인양되지만 진주담치의 경우 인양 도중 일부는 파쇄되고, 형망 사이로 빠져나가 작업이 진행될수록 남아있는 진주담치 패각은 인양이 어렵게 된다. 따라서 패각 종류별 다른 인양효율 적용을 위해 표준품셈 마련 과정에서 고려되어야 할 것이다. 마련된 전문시방서와 조사를 바탕으로 작업능력 산출식의 확립과 적정한 예망속도의 규정, 사용재료의 규정이 이루어져야 한다.

7. 폐기물 인양공정의 문제점 및 개선방안

7.1. 폐기물 인양공정 현황

해조류양식어장과 수하식 패류양식어장의 폐기물 인양 공정은 남해 전반에 걸쳐 이루어진다. 현행 해조류양식어장 정화사업에서 폐기물인양 공정의 작업선 능력에 대한 산출근거는 <표 3-18>과 같고, 예상속도, 예상시간, 경운틀 폭과 작업효율에 의해 폐기물 인양공정에 대한 작업선 능력은 결정되어진다.

<표 3-18> 부류식 해조류어장 폐기물 인양시 작업선 능력에 대한 산출근거 예시

<2004년 해남군 설계서> 어장경운 및 오폐물 인양시 작업선 능력 1. 작업선 작업(50ton)	
○ 작업선 인양능력	
- 작업선 예상속도 평균	: 4.5 knot(속도 : 8,350 m/hr)
- 1시간 작업면적	
인양틀 폭 3.2 m × 1 개 × 8,350 m/hr × 100%	=26,720 m ² (약 2.67 ha)
○ 작업선 1회 작업소요시간	
· 작업틀 투망 (1개)	: 5 분
· 작업선 예망	: 40 분
· 작업틀 양망 (1개)	: 10 분
· 인양 오폐물 대선이적	: 10 분
· 작업지 회항 및 투망준비	: 5 분
· 계 (1회 작업소요시간)	: 70 분
○ 작업선 1회 예망 면적	
· 작업선 1시간 작업면적 × 작업선 1회당 예상시간	
· 2.67 ha/60분 × 40 분/회	= 1.78 ha/회
○ 작업선 1척당 1일 작업 횟수	
일일 작업시간 480 분/일 ÷ 1회 작업시 작업시간 70 분/회	= 6.86회/일
○ 작업선 1일 인양 작업면적	
1회 예상면적 1.78 ha/회 × 1일 작업횟수 6.86 회/일	= 12 ha/일

해조류 양식어장의 폐기물 인양시 작업선 작업능력 산출현황을 살펴보면 <표 3-19>와 같고, 1회 작업소요시간은 60~80분, 이 중 인양틀 예망 소요시간은 30~40분으로 나타났고, 사용된 인양틀은 2.4~3.2m, 예상속도는 2.7~4.5knot로 나타났으며, 1일 인양면적은 5~12ha로 나타나 유사한 지역의 동일한 어장임에도 불구하고 작업선 능력의 많은 차이를 보였다. 또한 전남지역과 기장군 등 지역에 따라 사용된 작업선의

규격이 다르게 나타났다.

<표 3-19> 해조류 양식어장 폐기물 인양시 작업선 능력 산출 현황

구분 해역(연도)	작업선 (ton)	1회 작업 소요시간 (분/회)	인양틀 예망 소요시간	인양틀폭 (m)	예망속도 (knot)	1일 인양면적 (ha/일)
완도군(2000)	50	60	30	2.5	2.7	5
장흥군(2001)	50	80	35	2.4	4.5	7
고흥군(2002)	50	60	30	2.4	4.5	8
진도군(2003)	50	60	30	2.4	4.2	7.48
장흥군(2003)	50	60	30	2.4	4.5	8
해남군(2004)	50	70	40	3.2	4.5	12
기장군(2004)	20	60	30	2.4	3.0	5.36
보령신항수협(2007)	1~3	55	40	0.3	4.0	1.28

현행 수하식 패류어장 정화사업에서 폐기물인양 공정의 작업선 능력에 대한 산출근거는 <표 3-20>과 같고, 일일작업횟수와 작업회당 인양물량에 의해 작업선 능력은 결정되어진다. 해조류양식어장은 작업선 능력이 ha로 규정되어진 반면 수하식 패류어장에서는 인양물량(m³)에 의해 결정되었다. 특히 일일 작업선 인양 횟수 및 인양물량은 아무런 근거없이 4회에 2m³가 적용되었고, 점심시간 및 휴식시간이 작업공정 내에 포함되어 있으며, 대선이적 시간이 20분 적용되었는데도 불구하고 회당 25분의 폐기물 절단 정리 및 보조작업 소요시간을 적용하고 있다.

수하식 패류양식 어장에 사용되어지는 작업선은 7~15ton 형망선으로 경남지역에서 살포식 패류의 채취 및 양식어장 관리를 위해 등록되어진 선박들이었다. 작업선 1회 작업소요시간은 형망틀 투망 4분, 예망 25분, 양망 25분, 작업선 인양폐기물 운반이동 3분, 인양폐기물 대선이적 20분, 작업선 작업지 이동 80분으로 나타났다. 작업선 1일 작업횟수는 4회이고 작업선 1척 1회 작업시 인양 폐기물량은 2m³이며, 작업선 1일 작업물량은 총 8m³로 경남의 시군 모두 동일하게 적용되었다<표 3-21참조>.

<표 3-20> 수하식 패류양식장 폐기물 인양시 작업선 능력에 대한 산출근거 예시

<2003년 고성군 설계서>
 침적폐기물 인양시 작업선 능력
 1. 작업선 작업(7~15ton)
 ○ 작업선 1회 작업소요시간

- 경운틀 및 칼뎛 투망 : 4 분
- 경운틀 및 칼뎛 예망 : 25 분
- 경운틀 및 칼뎛 양망 : 25 분
- 작업선 인양폐기물 운반이동 : 3 분
- 작업선 인양폐기물 대선이적 : 20 분
- 작업선 작업지 이동 : 3 분
- 계 (1회 작업소요시간) : 80 분

○ 작업선 1일 침체어구 인양 작업횟수 : 1일 오전, 오후 각2회 형망선 작업 (총 4회)

- 작업선 인양작업 4 회 × 80 분 = 320분
- 매회 작업선 작업시 작업보조선 페어구 절단 정리 및 보조작업 소요시간
4 회 × 25 분 = 100 분
- 점심 및 휴식시간 : 60 분
- 계 : 480 분

○ 작업선 1척 1회 작업시 침체어구 인양물량

- 작업선 또는 칼뎛 사용 1회 인양물량 : 2 m³

○ 작업선 1일 작업 침체어구 인양물량

- 1일 4 회 × 2.0 m³ = 8 m³

○ 작업선 1척 1일 침하 말목(뎛) 인양물량

- 1일 480 분 / 뎛 1개당 15분 소요 = 32 개 인양

<표 3-21> 수하식 패류어장 폐기물 인양시 작업선 능력 산출 현황

구분 해역(연도)	작업소요시간 (분)	1일작업횟수 (회)	1회 인양물량 (m ³ /회)	폐기물 인양물량 (m ³ /척.일)
고성군(2003) 남해군(2001) 마산시(2002) 통영시(2003) 마산시(2005) 통영시(2006)	80	4	2.0	8.0

7.2. 폐기물 인양공정 문제점

해조류 양식어장의 경우 동일한 규격의 작업선을 유사한 수심의 지역에 사용했음에도 불구하고 일일 5~12ha의 작업범위를 나타내 작업선 간 작업효율이 2배 이상 낮고, 패류 양식어장의 경우 폐기물 종류, 1회 작업면적과 폐기물 분포밀도에 상관없이 2m³가 적용되어 경남의 전 지역에는 일일 8m³의 폐기물을 인양할 수 있다고 설계되어 있다. 이것은 달리 말하면 경남지역의 폐기물 분포밀도는 어느 어장에 상관없이 동일하다는 것을 보여주는 결과라 여겨진다.

이러한 결과는 기본적으로 전문시방서 부재로 폐기물 인양작업에 대한 정확한 지침서가 없기 때문에 비롯된 것이며, 또한 표준품셈의 부재로 인해 생긴 결과이다. 위의 사유로 설계자의 잘못된 판단으로 일일작업능력을 과다하게 측정할 경우에는 부실시공의 문제점을 낳게 되고, 과소하게 측정된 경우에는 사업효율성을 떨어뜨리는 원인이 된다.

7.3. 폐기물 인양공정 개선방안 - 전문시방서 및 표준품셈의 마련

전문시방서 및 표준품셈의 마련을 위해 본 공정의 진행과정 및 목적에 대한 정확한 이해가 있어야 된다. 먼저 전문시방서 마련을 위해 현행 폐기물인양 공정에 대한 작업의 적합성을 현장에서 시험시공하여 판단한 후 시험작업과 작업효율 분석, 장비규격에 따른 작업효율 분석 그리고 해황에 따른 작업효율 분석으로 시공에 대한 전문화된 방법과 재료에 대한 규정 및 시공관리 및 품질관리에 관한 기준까지 전반적으로 마련되어야 한다. 마련된 전문시방서와 조사를 바탕으로 작업능력 산출식의 확립과 적절한 예상속도의 규정, 사용재료의 규정 및 작업능력 산출 시 작업면적 기준 또는 작업시간에 대한 인양물량 기준을 마련하여 단위의 통일을 가져와야 할 것이다.

8. 어장바닥고르기 공정의 문제점 및 개선방안

8.1. 어장바닥고르기 공정 현황

현행 정화사업에서 작업선 능력에 대한 산출근거는 <표 3-22>와 같고, 예상속도, 예상시간, 경운틀 폭과 작업효율에 의해 어장바닥고르기 공정에 대한 작업선 능력이 결정되어진다. 살포식패류양식장과 공유수면에서의 어장바닥경운에 대한 작업선 능력에 대한 산출근거 또한 <표 3-22>와 동일하게 나타났다. 어장바닥고르기는 오폐물 인

양이 모두 완료된 후 황토살포에 의한 저질개선효과를 높이기 위한 공정으로 이론상 으론 어장에 폐기물이 없는 상태이고, 어장바닥경운은 해저 폐기물 인양과 동시에 저질개선효과를 높이기 위해 행하는 공정으로 해저면의 폐기물 분포밀도는 분명히 차이가 남에도 불구하고 동일한 산출근거에 의해 작업량이 결정된다는 것은 문제가 있다는 것을 보여주고 있다. <표 3-22>에 의하면 인양 오폐물 이적이나 작업지 회항 및 투망준비 시간이 포함되어 있으며, 이것은 앞서 행해진 어장바닥경운 공정에서의 오폐물 인양이 완벽하게 이루어지지 않았다는 결론을 가져온다. 따라서 어장고르기 작업은 투망과 예망 그리고 양망의 공정으로 이루어지는 것이 이상적이다.

어장바닥고르기 작업과 황토살포 이전에 살포식패류어장 및 공유수면에 침적된 오폐물 인양을 위해 행해지는 어장바닥경운 작업과 비교시 남해동부해역 대부분의 시군에서 동일한 산출근거에 의해 동일한 시간 및 장비 적용으로 같은 작업능력(5.0ha/일)이 산출되는 오류가 나타났다.

<표 3-22> 어장바닥고르기 작업선 능력에 대한 산출근거 예시

<2003년 남해군 설계서> 어장바닥고르기 작업선 능력 1. 작업선 작업(5~10ton)	
○ 작업선 경운능력	
- 작업선 예망속도 평균	: 1.8 knot(속도 : 3,340 m/hr)
- 1시간 경운면적	
인양틀 폭 2.4 m × 2 개 × 3,340 m/hr × 66%	= 10,581 m ² (약 1.0 ha)
○ 작업선 1회 작업소요시간	
· 어장바닥고르기틀 투망 (2개)	: 4 분
· 어장바닥고르기틀 예망	: 60 분
· 어장바닥고르기틀 양망 (2개)	: 10 분
· 인양 오폐물 이적	: 10 분
· 작업지 회항 및 투망준비	: 6 분
· 계 (1회 작업소요시간)	: 90 분
○ 작업선 1척당 1일 작업 어장바닥경운	
· 1.00 ha × 450 분 / 90 분	= 5.00ha



<그림 3-11> 잠수 및 형망에 의한 검측

8.2. 어장바닥고르기 공정 문제점

어장바닥고르기에 사용되어지는 작업선은 2.5~10ton이고, 1회 작업소요시간은 60~90분, 인양틀 예망소요시간은 30~60분, 사용된 인양틀폭은 2.4~6m,, 예망속도는 1.8~4.5knot, 1일 경운면적은 5.0~12.0ha로 나타나 작업선 규격에 상관없이 인양틀 크기가 다르게 나타났고, 동일한 작업선 규격에 동일한 인양틀을 사용하더라도 예망속도에 차이를 보였다<표 3-23참조>.

이러한 결과는 기본적으로 전문시방서 부재로 어장바닥고르기 작업에 대한 정확한 지침서가 없기 때문에 비롯된 것이며, 또한 표준품셈의 부재로 인해 생긴 결과이다. 위의 사유로 설계자의 잘못된 판단으로 일일작업능력을 과다하게 측정된 경우에는 부실시공의 문제점을 낳게 되고, 과소하게 측정된 경우에는 사업효율성을 떨어트리는 원인이 된다.

<표 3-23> 어장바닥고르기 작업선 능력 산출 현황

구분 해역(연도)	작업선 (ton)	1회 작업 소요시간 (분/회)	인양틀 예망 소요시간	인양틀폭 (m)	예망속도 (knot)	1일 고르기면적 (ha/일)
남해군(2003)	5~10	90	60	2.4	1.8	5.0
사천시(2006)	5~10	80	50	2.4	3.4	5.0
장흥군(2001)	3~10	70	40	2.4	3.2	6.1
여수시(2003)	2.5~10	60	30	6	4.3	12.0
전라남도(2000)	4~10	80	50	2.4	4.1	6.0
강진군(2003)	4~10	60	30	2.4	4.3	6.0
여수시(2003)	3~10	75	40	2.4	4.5	5.3

8.3. 어장바닥고르기 공정 개선방안 - 전문시방서 및 표준품셈의 마련

전문시방서 및 표준품셈의 마련을 위해 본 공정의 진행과정 및 목적에 대한 정확한 이해가 있어야 된다. 먼저 전문시방서 마련을 위해 현행 어장고르기 공정에 대한 작업의 적합성을 현장에서 시험시공하여 판단한 후 시험작업과 작업효율 분석, 장비규격에 따른 작업효율 분석 그리고 해황에 따른 작업효율 분석으로 시공에 대한 전문화된 방법과 재료에 대한 규정 및 시공관리 및 품질관리에 관한 기준까지 전반적으로 마련되어야 한다. 마련된 전문시방서와 조사를 바탕으로 작업능력 산출식의 확립과 적절한 예망속도의 규정 및 사용재료의 규정이 이루어져야 할 것으로 보인다.

9. 황토살포 공정의 문제점 및 개선방안

9.1. 황토살포 공정 현황

정화사업에서 사용되는 황토는 1차 점토(primary clay)인 kaolin류의 표층이 풍화되어 형성되며, 산화철(Fe_2O_3)성분이 많아 붉은 색을 띠며, 4면체(SiO_2)와 8면체(Al_2O_3)가 1:1로 형성된 2층구조를 가지며, SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 가 주성분으로 이루어진 조립의 흙으로 정의되어 있으며, 이러한 황토를 살포하도록 규정하고 있다. 또한 지방에서는 토취장 선정 후 3개의 정점 이상에서 감독관 입회하에 시료를 채취하여 국가에서 공인한 시료분석기관에 의뢰하여 시험분석표를 감독관에게 제출하여 승인을 받도록 정하고 있으나, 승인을 받기 위한 황토성분의 기준이 정해져 있지 않아 시·군별로 다른 기준이 적용되고 있다.

황토물량의 산정은 정화사업시 설계서에 황토살포심도를 <표 3-24>와 같이 0.12~0.27cm로 지역별로 다양하게 나타나고 있었다. 이것은 황토가 어장바닥 저질개선을 위해 단위면적당 소요물량과 살포심도가 정해져 있지 않고 어떤 근거로 황토살포심도를 정하여졌는지 근거가 없으며 황토살포에 소요되는 비용 예산 또한 다르게 나타나고 있는 실정이다.

<표 3-24> 황토살포심도 기준

해역(연도)	황토살포심도(cm)
남해군(2003)	0.2
사천시(2006)	0.27
장흥군(2001)	0.12
여수시(2003)	0.17

9.2. 황토살포의 공정의 문제점

황토살포는 살포식 패류양식장을 중심으로 양식장 저질 개선을 위한 하나의 공정이다. 그러나 황토살포가 저질개선에 얼마만큼의 효과가 있는지에 대한 분석은 미진하므로 많은 의문점을 가지게 한다. 일부 전문가들은 해양생물의 정상적인 성장은 pH 7.6~8.5의 알칼리성 환경에서만 가능한데 사용되는 황토는 pH 5.0~5.5의 강산성으로 바다에 살포된 황토가 저질에 침전해 점질막층을 형성하므로 저질 속으로 산소가 들

어가는 것을 막아 양식어장의 저질을 산성환경으로 변화시켜 수산생물의 생존을 저해한다고 보고하고 있다.

9.3. 개선방안 - 황토살포의 저질개선에 대한 효과분석 선행

전문가들은 황토살포에 대한 효과에 대해서 많은 이견을 내놓고 있다. 정화사업보다는 적조에 훨씬 많은 예산과 황토살포가 이루어지므로 적조방제용 황토살포가 해양생태계에 미치는 영향에 대해 끝없는 논쟁을 하고 있으며, 효과분석을 위한 연구도 함께 수행되고 있다. 따라서 황토살포를 하기 이전에 황토가 저질개선에 얼마만큼의 효과가 있는지, 황토 살포 후 저질환경은 어떻게 변화하는지 또한 살포식 패류양식장에서 얼마만큼의 생산력을 증가시키는지에 대한 연구수행이 먼저 이루어져야 할 것으로 보인다. 이에 따라 황토살포 공정의 추가 여부를 판단해야 될 것으로 보인다.

10. 폐기물처리의 문제점 및 개선방안

10.1. 폐기물 처리현황

권역별로 수거된 폐기물은 어장에 따라 각기 다른 폐기물 종류를 보였다<표 3-25 참조>. 인양된 폐기물 종류는 크게 가연성폐기물(폐어구, 폐어망)과 패각, 해적생물, 목재류, 철재류로 분류가 되며, 어장종류에 따라 다소 다른 폐기물 종류를 나타내었다. 어장별로 나타나는 폐기물 특징은 모든 어장에서 가연성폐기물의 수거가 기본이 되며, 마을어장 및 협동양식어장의 경우 해적생물, 부류식해조류어장의 경우 철재말목과 목재말목, 패류양식어장의 경우 패각, 지주식해조류어장의 경우 목재지주대와 철재지주대가 주를 이루었다.

폐기물 종류에 따른 처리방법은 어장정화사업 중 대부분을 차지하는 가연성폐기물은 소각이 주를 이루며, 일부 재활용업체에 위탁처리 되었다. 해적생물은 주로 매립이 되었고, 일부는 농가에서 재활용되었다. 패각류는 주로 해양투기가 이루어졌고 일부는 석회비료의 원료로 사용하기 위해 재활용업체에 위탁처리 되었다. 목재류는 지주식해조류양식장에서 수거된 지주대 중심으로 대부분 어민들에 의해 재활용되어졌으며, 사용이 불가능한 지주대 및 어장말목 일부는 소각처리업체에 위탁처리 되었다. 철재류 중 닳은 어민에게 반납되고, 기타 철재는 폐기물재활용업체에 판매되어지는 등 같은 성상의 폐기물이라 할지라도 다양한 방법으로 처리되고 있다.

〈표 3-25〉 권역별 폐기물 종류에 따른 처리방법

구 분	어장형태	폐기물종류	처리방법
동해북부권역 (제주권역)	· 마을어장	· 가연성폐기물(어구, 어망) · 해적생물 · 목재류, 철재류	· 소각, 재활용업체 위탁처리 · 매립 · 재활용
동해남부권역	· 마을어장 · 협동양식어장	· 가연성폐기물(어구, 어망) · 해적생물	· 소각처리업체 위탁처리 · 재활용
	· 해조류어장	· 가연성폐기물(어구, 어망)	· 소각처리업체 위탁처리
남해동부권역	· 마을어장	· 가연성폐기물(어구, 어망) · 해적생물	· 소각처리업체 위탁처리 · 재활용
	· 부류식해 조류어장	· 가연성폐기물(어구, 어망) · 철재류(땃)	· 소각처리업체 위탁처리 · 재활용
	· 수하식, 살포식 패류어장 · 우렁쟁이어장, 정치망	· 가연성폐기물(어구, 어망) · 패각류 · 목재류, 철재류(땃)	· 소각처리업체 위탁처리 · 해양투기, 재활용업체위탁 · 재활용
남해서부권역	· 부류식해 조류어장	· 가연성폐기물(어구, 어망) · 목재류(말목)	· 소각, 재활용업체 위탁처리 · 재활용
	· 수하식, 살포식 패류어장	· 가연성폐기물(어구, 어망) · 패각류	· 소각처리업체 위탁처리 · 해양투기, 재활용업체위탁
서해남부권역	· 마을어장 · 살포식패류어장 · 부류식해 조류어장	· 가연성폐기물(어구, 어망)	· 소각처리업체 위탁처리
	· 지주식해 조류어장	· 가연성폐기물(어구, 어망) · 목재지주대 · 철재지주대	· 소각, 재활용업체위탁처리 · 재활용, 소각업체 위탁처리 · 재활용
서해북부권역	· 마을어장	· 가연성폐기물(어구, 어망) · 해적생물 · 목재류(말목)	· 소각처리업체 위탁처리 · 재활용 · 소각
	· 부류식해 조류어장	· 가연성폐기물(어구, 어망) · 철재류(땃)	· 소각처리업체 위탁처리 · 재활용

10.2. 폐기물 처리 문제점

10.2.1. 폐기물 단위 혼용에 따른 문제점

폐기물 종류에 따른 처리단가는 지역에 따라 차이를 나타내고 있으며, 폐기물인양과 처리물량의 단위 또한 ton과 m³가 혼용되고 있다. 물량산정 시 가연성폐기물의 경우 1 m³당 0.3ton의 비중이 적용되고 있으나 어장정화사업에서 수거되는 폐기물은 로프, 폐어망, 어장별 다른 양식어구 등 다양한 종류를 나타내므로 일괄적으로 0.3ton의 비중을 적용하여 폐기물량 산정 및 처리단가를 설정하는 것은 많은 오차를 가져올 수 있다. 또한 현재 환경부예규 「제249호 방치폐기물처리 이행보증 업무처리 지침」의 방치폐기물 비중에서 표에 의하면 폐합성수지류의 경우 0.4ton/m³의 비중을 적용하도록 나와 있어 많은 시군에서 적용하고 있다. 인양과정에서의 폐기물량(m³)과 처리과정에서의 폐기물량(ton)의 일관성과 폐기물 대선 적재에 대한 정확한 품셈 마련을 위해서도 어장정화사업 만의 폐기물 종류에 따른 적용비중의 지침이 세부적으로 반드시 정해져야 한다.

10.2.2. 폐기물 처리단가의 일관성 결여

가연성폐기물 중 소각처리단가는 ton당 130,000 ~ 305,000원으로 2.3배의 차이를 보이고 있으며, m³당 50,000 ~ 266,000원으로 5배의 차이를 나타낸다. 해적생물의 매립단가는 1,241~15,000 원/ton으로 나타났고, 소각처리단가는 매립단가보다 5배 이상 높은 80,000원으로 나타났다. 패각은 대부분 해양투기가 되었지만 일부는 재활용되어 그 단가는 20,833 원/m³로 매우 낮게 나타났고, 목재류의 소각은 ton당 150,000 ~ 280,000원 인 것으로 나타나 지역별로 매우 상이한 처리단가가 적용되고 있다. 환경부 고시 제 2004-91호 「폐기물관리법시행령」 제 26조의 5제2항의 규정에 의하여 방치폐기물처리 이행보증금 산출을 위한 폐기물의 종류별 처리단가는 <표 3-26>에 고시된 바와 같고 폐합성수지, 폐합성고무의 경우 271,000 원/ton, 소각대상 오니류와 기타 소각대상 사업장 일반폐기물은 266,000 원/ton으로 규정되어 있고, 현재 이 중 전자의 처리단가가 많이 적용되고 있는 실정이다. 따라서 정화사업에서 수거되는 폐기물에 대해서도 정확한 정의와 종류 및 그에 따른 처리단가가 규정되어야 할 것으로 보인다.

〈표 3-26〉 방치폐기물처리 이행보증금 산출을 위한 폐기물 종류별 처리단가

폐기물의 종류	처리단가(원/톤)
폐유, 폐유기용제(비할로겐족), 폐합성수지, 폐합성고무	271,000
폐유기용제(할로겐족)	526,000
폐페인트 및 폐락카	305,000
폐농약, 폐유독물, 폐석면	526,000
폴리클로리네이티드비페닐 함유 폐기물	804,000
폐산, 폐알칼리	297,000
폐광재(지정폐기물)	146,000
소각대상 오니류, 기타 소각대상 사업장일반폐기물	266,000
매립대상 사업장일반폐기물	67,000
기타 매립대상 지정폐기물	98,000
건설폐기물	23,000
감염성폐기물	773,000

10.2.3. 폐기물처리 발주의 일관성 결여

폐기물처리를 위한 용역발주는 지자체별로 다른 성향을 보였다. 대부분의 지자체에서는 폐기물인양 및 처리를 통합적으로 발주를 하는 반면 일부 지자체에서는 폐기물 인양 용역과 폐기물 처리 용역을 분리발주하는 것으로 나타났다. 2007년 폐기물 분리발주 지자체 현황은 〈표 3-27〉과 같고, 주로 전라남도에 위치한 시·군에서 폐기물 분리발주가 이루어지는 것으로 나타났다.

<표 3-27> 폐기물 분리발주 지자체 현황(2007년)

시행처	폐기물 처리물량	
	가연성	패각
장흥군	63ton	
보성군	7ton	130ton
전라남도	131ton	3,188ton
여수시		3,602ton
신안군	30ton	
사천시	46m ³	37m ³

자료) 국가종합전자조달 홈페이지

10.3. 폐기물 처리의 개선방안

10.3.1. 폐기물 처리방법의 확립

가연성 폐기물의 경우 현재 소각과 재활용으로 처리되고 있다. 그러나 「건설폐기물의 재활용촉진에 관한 법률」 시행령 3장에서는 건설폐기물의 친환경 적정처리에 관해 규정하고 있다. 따라서 어장정화사업의 경우에도 수거되는 폐기물에 관해서는 친환경적 처리방법을 모색해야 한다. 가연성폐기물의 경우 대선위에서 재활용 용도에 적합하게 분리가 이루어져야하며, 패각의 경우 2012년에는 해양투기가 금지되므로 토량개량제로 및 기타의 처리 방법을 유도해야 한다. 또한 수중에서 인양된 폐기물은 젖은 상태이므로, 건조를 충분히 시켜 처리하는 것이 중요하며, 폐기물 계측을 위해 폐기물 종류별 건조상태에 대한 연구 및 지침마련도 되어야 할 것이다.

10.3.2. 폐기물 단위의 통일

폐기물 인양공정에서의 단위와 폐기물 처리공정에서의 단위가 혼용되고 있어 최종 정산시 인양물과 처리폐기물이 일치가 되지 않는 문제점이 있다. 어장정화사업에서 수거되는 폐기물 종류에 따른 비중을 조사하여 기준을 확립하는 것도 좋은 방법이겠지만, 수분의 함량에 따라 많은 차이를 보일 수 있으며, 부피 산정 또한 자를 이용하여 대선에서 측정하거나 폐기물 운반차량의 적재 공간 부피를 산출하는 경우도 있으나 이것 또한 설계서에서 제시한 부피와 무게 비를 맞추기에는 어려운 경향이 있다. 따라서 어장정화사업에서 수거되는 이러한 문제점을 해소하기 위해서는 설계시 폐기물인

양과 폐기물처리 공정에서의 ton으로 단위를 통일하여 설계를 함이 손쉬운 방법이며, 처리되는 폐기물의 무게를 기준으로 하고 부피를 인정해주는 방법도 고려해 볼 만 하다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해서는 시공업체와 시·군과의 상호 협조와 설계 시 물량 환산 및 단위에 대한 기준을 시방서에 명시해야 하겠다.

10.3.3. 폐기물 종류별 처리단가의 규정

환경부 고시 제 2004-91호 「폐기물관리법시행령」 제 26조의 5제2항의 규정에 의하여 방치폐기물처리 이행보증금 산출을 위한 폐기물의 종류별 처리단가의 적극적인 활용이 우선 필요할 것으로 보인다. 또한 현재 적용되고 있는 소각 및 재활용에 대한 폐기물 처리단가의 적법성과 문제점을 검토하여 정화사업에서 수거되는 폐기물에 대한 정확한 정의와 종류 및 그에 따른 처리단가가 규정되어야 할 것으로 보인다.

10.3.4. 폐기물처리 발주방법의 통일

「건설폐기물의 재활용 촉진에 관한 법률」 제 15조 1항 및 시행령 제 11조 에는 당해 건설공사에서 발생하는 건설폐기물의 발생량 중 위탁처리하는 건설폐기물의 양이 100톤 이상인 건설공사는 분리발주하도록 되어 있다. 또한 환경부의 「건설폐기물처리용역 분리발주 시행지침」에는 「국가를 당사자로 하는 계약에 관한 법률」 적용대상으로 행정기관, 정부투자기관 등에서 100톤('06.12.31까지 500톤)이상 발생하는 건설폐기물을 위탁처리 하고자 하는 경우에는 건설공사와 폐기물처리용역을 분리하여 발주하여야 하고, 건설폐기물량 발생량이 100ton 미만인 경우에도 분리발주를 적극 이행함이 바람직하다고 지침을 정하고 있다. 폐기물 처리업체가 시공사로부터 하도급시 처리비 덤핑 등에 의한 저가 수주로 불법처리의 개연성이 높아지는 문제점이 있다. 처리업체의 시설 및 능력 등을 평가하여 적격업체 선정 및 정당한 처리비의 지급으로 폐기물의 적정처리 및 폐어구(로프, 어망, 지주대) 등의 재활용을 촉진해야 함이 바람직하다.

11. 기타 장비로 인한 문제점 및 개선방안

11.1. 기타 장비 사용현황

현행 어장정화사업에서 사용되는 대선적재기준은 항만·어항공사 적산기준 중 사석적

재용량을 기준으로 하여 적용하고 있으며 대선 규격에 따른 적재용량은 <표 3-28>와 같다. 대선 300톤의 속채움 재료의 경우 134m³, 피복석의 경우 153m³이고, 500톤의 경우 속채움 재료일 경우 227m³, 피복석일 경우 259m³로 규정되어 있고, 현행 어장정화사업 설계서에서는 134m³와 227m³를 적재용량으로 규정하여 사용하고 있다.

<표 3-28> 대선의 규격에 따른 적재용량

대선규격 (ton)	적재용량	
	속채움(m ³)	피복석(m ³)
300	134	153
500	227	259

자료) 항만·어항공사 적산기준

11.2. 대선 적재기준 문제점

실제 현장에서 적용 시 대선적재물이 다르기 때문에 많은 차이를 보인다. 항만·어항공사 적산기준에 적용된 재료는 사석으로 정화사업의 폐기물과는 많은 차이를 보이고 있다.

항만·어항공사 적산기준 중 적재 및 거치, 해상운반시 대선과 예선, 대선과 크레인에 대한 장비조합은 <표 3-29>와 같다. 어장정화사업에는 대선과 예선의 조합은 아래 표의 기준에 맞춰 사용되어지는 추세이며, 대선과 크레인 조합은 적재나 거치되는 물량의 비중이 다르기 때문에 정화사업에서의 장비조합과는 많은 차이를 보인다.

앞서 설명한 바와 같이 어장정화사업과 항만·어항공사는 많은 차이를 나타내므로 현장에서 사용되는 용도와 작업의 특성에 맞게 새로운 적산기준이 마련되어야 한다.

〈표 3-29〉 적재 및 거치, 해상운반 시 장비조합 기준

예선(HP)	대선(ton)	크레인(ton)
40	30	-
60	50	-
80	100	10~25
120	120, 150	30~50
180	200	70~80
250	300	100~150
350	500	-
450	700	-
800	1,500	-

11.3. 투입작업선의 경비산정 문제점

투입작업선은 공정에 따라 다소 차이를 보이며, 경비산정에 대한 기준이 없어 건설 표준품셈의 예선 운전경비를 적용하고 있다. 적용되는 노무비 또한 실제 작업에 투입되는 인원이 아닌 예선 적산기준을 적용하기 때문에 노무비의 과대 산정이 이루어지고 있다. 이런 문제점을 해결하기 위해서는 작업선박에 대한 규격별 표준품셈이 마련되어야 한다.

11.4. 개선방안

11.4.1. 대선적재 기준의 마련

대선적재 기준 재정립을 위해서는 사업물량에 대한 적절한 대선의 투입기준을 마련해야 하고, 대선의 규격에 따라 폐기물 종류별 적재용량에 대한 품셈이 마련되어야 한다. 이를 위해서는 현장에서 가연성 폐기물 및 폐각의 적정 적재용량에 대한 검증이 이루어져야 할 것으로 보인다.

11.4.2. 투입작업선의 경비산정 표준품셈 마련

투입작업선의 표준품셈 마련을 위해서는 작업선의 규격에 대한 기준을 먼저 정한 후 이 기준에 따른 작업선의 손료, 주연료의 사용량, 투입인원에 대한 현장 검증을 거쳐 정화사업에 대한 표준품셈이 마련되어야 한다.

12. 가두리양식장 이설에 따른 소요경비 산정의 문제점 및 개선방안

12.1. 가두리양식장 이설 소요경비 산정 현황

<표 3-30>은 정화사업 구역 내에 위치한 가두리양식장 이설을 위해 현재 설계서에 반영되는 소요경비를 나타낸 표이다. 어장정화사업 시행으로 인해 사업구역내에 위치하거나 피해를 미칠 것으로 판단되는 지역에 위치한 가두리양식장의 피해를 막기 위해서는 사업 시행전 가두리양식장의 이설이 이루어져야 한다. 일부 시공업체는 사업시행으로 가두리양식장 어장주로부터 피해 소송으로 법적 절차를 밟았으며, 대부분 어장정화사업은 고수온기에 이루어지므로 피해원인을 분석하기에는 많은 어려움이 따르는 실정이다. 이로인해 일부 시군에서는 어장정화사업으로 인한 가두리양식장의 피해를 막기 위해 설계내역서에 가두리이설에 대한 공종을 만들어 소요경비를 산정하고 있다.

<표 3-30> 가두리양식장 이설에 따른 소요경비

〈해남군, 2004년〉						
가두리양식장 이설경비						
양식시설 셋트 설치비 소요액						
항목	규격	단위	수량	단가	소요액	비고
부자	100	개	8	7,000	56,000	지원
이끼리	쇠	개	90	14,000	1,260,000	지원
이끼리 줄	18mm	환(바퀴)	20	55,000	1,100,000	지원
이끼리 줄	36	환(바퀴)	3	250,000	750,000	지원
이끼리 설치비		개	90	8,000	720,000	지원
견인비		식	1	200,000	200,000	지원
반영(ha당)	셋트 설치비용 지원				4,086,000	1책당 510,750

12.2. 가두리양식장 이설 소요경비 산정의 문제점 및 개선방안

가두리 이설에 대한 정확한 산정기준이 없기 때문에 소요경비 산정에 있어 많은 어려움을 겪고 있다. 소요경비 산정은 어장설치시 소요경비에 맞추어 어민들의 요구사항을 반영하여 산출되고 있는 것이 현실이다.

이러한 문제점을 해소하기 위해 근본적으로 가두리양식장이 시설된 곳은 사업구역에서 제외하여야 하며, 포함을 시킬경우는 출하가 끝나는 시점에 맞추어 작업을 시행

해야 할 것으로 보인다. 가두리양식장은 해저면에 가연성폐기물 뿐 아니라 대부분 사료가 침퇴적 되어 있어 현재 사용중인 형망틀로 작업을 할 경우 2차 오염을 유발할 수 있어 다른 방법으로 정화사업이 시행되어야 하기 때문이다. 또한 정화사업으로 인한 가두리양식장의 피해가 예상되는 지역에서는 가두리양식장 이설이 절대적으로 필요하기 때문에 이에 따른 경비산정은 현장에서의 조사를 통해 소요인건비 및 장비투입에 따라 적절한 기준을 마련하여 품셈화 하고 전문시방서에도 어장이설에 대한 시공방법이 명확히 명시되어야 할 것으로 보인다.

13. 발주방법의 차이에 따른 문제점 및 개선방안

13.1. 어장정화사업의 발주현황

2007년 어장정화사업의 발주현황은 <표 3-31>과 같고, 대부분 용역으로 발주되었지만 부산광역시 해운대구에서는 시설공사로 발주하였다. 용역 발주현황은 기술용역과 일반용역이 거의 비슷하게 나타나 지자체별 많은 차이를 보이고 있다.

<표 3-31> 2007년 어장정화사업 발주현황

발주기관		구분	적격심사기준
경상남도	사천시	기술용역	· 지방자치단체 적격심사기준(행정자치부예규제182호) · 경상남도 어장정화·정비사업용역 적격심사세부기준
	마산시	일반용역	
	통영시		
	남해군		
전라남도	완도군	기술용역	· 지방자치단체적격심사기준(행정자치부예규제182호) · 전라남도 특별관리어장 정화사업용역 적격심사세부기준
	해남군		
	보성군		
	장흥군		
	전라남도	일반용역	
	고흥군		
	무안군		
강원도	진도군		
	고성군	기술용역	· 지방자치단체 적격심사기준(행정자치부예규제182호) · 지방자치단체 기술용역 적격심사세부기준
	강릉시	일반용역	
삼척시			
경상북도	울진군	기술용역	(행정자치부예규제245호)
제주도	제주시	기술용역	· 제주시 어장정화사업용역 적격심사세부기준
	서귀포시		
인천광역시	중구	일반용역	· 인천광역시 어장정화·정비사업용역 적격심사세부기준
부산광역시	해운대구	시설공사	· 지방자치단체 시설공사 적격심사세부기준 (행정자치부예규제244호)

적격심사세부기준은 경상남도, 전라남도, 제주도, 인천광역시의 경우 행정자치부의 승인을 얻어 내부의 어장정화사업에 대한 적격심사세부기준을 정해 적용하고 있었고, 강원도, 경상북도의 경우는 「지방자치단체 기술용역 적격심사세부기준」(행정자치부 예규제245호)을 따르고 있었으며, 시설공사로 발주된 부산광역시 해운대구에서는 「지방자치단체 시설공사 적격심사세부기준」(행정자치부예규제244호)을 적용하고 있어 지자체별로 어장정화사업의 발주형태 및 적격심사세부기준을 다르게 적용되고 있다.

13.2. 어장정화사업 발주의 문제점 및 개선방안

용역과 공사의 사전적 의미를 살펴보면, 용역의 경우 재화의 형태를 취하지 아니하고 생산과 소비에 필요한 노무를 제공하는 일이라 규정하고 있다. 재료가 없이 사람 즉 인력만 투입되어 목적을 달성하는 업태를 말한다. 공사는 토목이나 건축 따위의 일이라 해석하고 있다. 즉 사람과 설비용 자재 등 재료가 투입되어 목적물을 만드는 업태를 말한다.

현재 어장정화사업의 입찰을 관할하는 조달청에서는 용역은 업무편의상 기술용역과 일반용역으로 구분하며, 기술용역은 건설기술관리법 제2조 제3호, 엔지니어링기술진흥법 제2조 제1호, 건축사법 제2조 제3호·4호, 전력기술관리법 제2조 제3호·4호, 정보통신공사업법 제2조 제8호·9호, 소방법 제61조의 2·3호, 측량법 제2조 제1호 등에 규정한 용역 및 이에 준하는 용역이며 이를 제외한 모든 종류의 용역은 일반용역으로 분류하고 있다.

일반용역의 경우 정보통신관련, 폐기물처리, 시설물 관리, 청소, 경비 용역, 조경관리 용역, 육상운송 용역, 학술연구 용역, 전시 및 행사대행 용역, 광고 및 디자인 용역, 감리 및 검사 용역, 장비 유지·보수 용역, 보험 용역 등으로 규정하고 있으며, 기술용역의 경우 건설기술용역, 엔지니어링기술진흥법에 의한 기술용역으로서 엔지니어링 활동, 기타 개별법에서 정한 기술용역 등으로 분류하고 있다.

기술용역의 경우는 「행정자치부예규 제 245호」 지방자치단체 기술용역 적격심사세부기준에 의거 지방자치단체가 집행하는 기술용역계약에 적용할 적격심사 세부기준을 정하고 있으며, 시설공사의 경우 「행정자치부예규 제 244호」 지방자치단체 시설공사 적격심사세부기준에 의거 지방자치단체가 집행하는 시설공사계약에 적용할 적격심사 세부기준을 정하고 있어 용역과 시설공사에 대한 구분을 뚜렷히 하고 있다. 이처럼 적격심사 세부기준은 시공할 업체의 능력을 평가하는 기준으로 매우 중요하며, 이 기준

에 의해 낙찰율이 달라진다.

현재 지자체별로 어장정화사업의 발주형태 및 적격심사세부기준을 다르게 적용해 관련 업체들의 혼선을 초래하고 있는 실정이다.

위의 문제점을 해소하기 위해서는 먼저 어장정화사업이 용역으로 분류되어야 할지 아니면 시설공사로 분류되어야 할지에 대한 명확한 논의가 있어야 하며, 경상남도, 전라남도, 제주도, 인천광역시처럼 권역별 또는 지역별로 어장정화사업에 대한 적격심사 세부기준이 마련되어야 할 것으로 판단된다.

제 2절 어장정화사업 사후 경제적 효과조사 및 사후모니터링

1. 어장정화사업 사후 경제적 효과조사

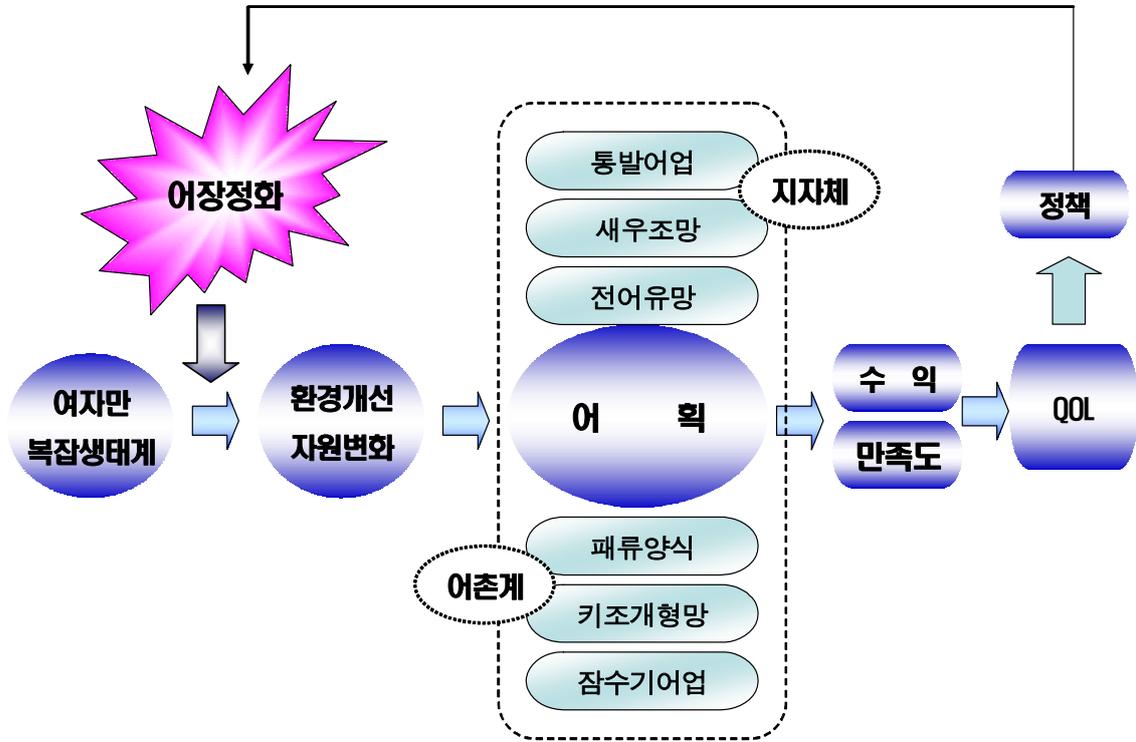
1.1. 경제적 효과조사의 필요성

어장정화사업은 막대한 국가예산을 투입하여 연안어장의 환경을 개선시켜 연안어민의 소득을 창출하고 환경개선을 시켜 바다의 생산력과 함께 바다의 부가가치를 창출하고자 실시하는 주요 서비스 사업이라고 볼 수 있다<그림 3-12 참조>.

현재 어장정화사업지침에 따라 해당 지자체에서는 사업 후 2년동안 사업효과에 대해 조사 보고하도록 하고 있으나 형식적인 절차를 밟아 세부적이고 심층적인 분석과 평가를 거치지 않고 형식적으로 보고하고 있다(신등,2004).

이는 사업의 경제적 효과 및 평가는 공무원 수준에서 할 수 없는 경제적인 전문분야로서 분석방법의 적용, 모집단의 추출, 자료획득 및 결과해석에 많은 어려움이 있기 때문이다.

지금까지 2,500억원정도의 예산이 투입되어 어장정화사업과 준설이 추진되었지만 사후 모니터링 및 경제적 효과분석에 대해서 본격적인 평가가 이루어지지 않았다.



<그림 3-12> 어장정화사업 경제효과 연구모형도

1.2. 경제적 효과분석 문제점

어장환경이 개선되고 어획대상 새로운 종의 유입과 기존 어획대상 종의 생산증대에 대한 현장조사가 쉽지 않은 현실적인 어려움으로 지금까지 경제적 효과분석이 극히 제한적일 수밖에 없고, 그 조사결과에 대해서도 신뢰성의 문제가 있다(신등, 2004).

가능한한 전수조사와 현업의 어업인들을 통한 자료의 확보가 우선되어야 하고, 얻어진 자료의 신뢰도 문제가 따르게 된다. 또한 양식생산물의 유통은 임의상장제를 통하여 공식적인 통계자료에서 누락되어 실제로 어장정화 효과가 뚜렷한데도 효과측정에 반영되지 못하고 사장되는 경우가 대부분이다.

일례로 가막만에서 1997년 어장정화 사업후 대규모 새조개 발생으로 정화사업비를 훨씬 상회하는 소득을 올렸지만 공식적인 자료에서는 누락되었었고, 2003년 여수 화양면 안포어촌계 인근 해역에서 200억 이상의 소득이 있었지만 공식적인 통계에서 누락되었다.

가막만, 여자만 어장정화사업 효과조사가 해양수산부 수산특정 연구과제로(2007년) 자연과학적인 측면에서 조사가 수행되었으나 현장에서의 많은 어획자료들이 사장되고 있어 이에 대한 자료의 확보가 무엇보다 필요하다.

1.3. 개선방안

어장정화사업 전후의 어업 변화를 추적하여 어장정화사업의 효과를 분석하는 과정이 반드시 포함되어야 한다.

이에는 서비스 산업에서 측정하는 수익모델과 대안을 설정하여 신뢰도가 높은 측정 방법을 활용하여 수익모델 개발과 함께 적용결과를 검증할 수 있는 방안을 수립해야 한다. 이를 위해 모델로 할 수 있는 지역을 택하여 장기적이고 집중적인 연구를 수행할 필요가 있다.

2. 어장정화사업 사후 환경모니터링

2.1. 사후 환경모니터링의 필요성

정화사업후의 환경변화는 장기간 서서히 변화되고 양식생물 및 서식생물의 변화가 유도되므로 이에 대한 장기 환경변화 모니터링이 필요하다.

나등(2007)에 의하면 오염이 심한 가막만 북서부 해역에서 어장정화 후 생물상의 변화는 저서생물 중 오염지시자인 *Capitella capitata*의 경우 점점 분포밀도가 감소하여 종 다양성이 증가되었고, 양식생물 변화는 오염이 심한 해역에서 생산성이 높은 진주담치에서 미더덕으로 양식종의 천이가 일어났음이 밝혀졌다.

여자만의 경우에서도 어장정화사업이 완료된 지역에서만 키조개치패의 대량 발생 등으로 치패이식이 전남 보성군 해역으로 활발히 이루어지고 있는 점 등을 볼 때 서식생물, 양식 생산량 조사 및 환경모니터링을 세부적으로 장기간 수행하여 어장관리법에서 규정한 어장청소 주기 등을 어장 현실에 맞게 조정할 필요가 있다.

2.2. 사후 환경모니터링 방법

연안의 대규모 공사 및 그 영향을 파악하기 위해서 사업 전에는 환경영향평가를 실시하고 공사중이거나 공사후에는 5년동안 환경영향조사를 수행하도록 환경영향평가법에서는 규제하고 있다.

따라서 어장관리법에서도 이러한 규정을 준용하여 어장정화사업 전후에는 해양환경영향평가기관으로 하여금 사업전후 영향평가 항목을 5년간 환경영향을 조사평가하여 경제효과조사를 뒷받침할 수 있는 자료를 확보하여야 한다.

경제효과가 뚜렷할 시에는 어장정화사업을 활성화하여 연안어민의 생산성 향상에 서비스하고 안전한 수산 먹거리 생산에 국가예산이 귀중히 쓰여 수산물 생산과 소비가 선순환구조로 이루어질 수 있도록 사후환경모니터링은 강화되어야 한다.

제 4 장 표준설계서 및 전문시방서 작성방안

제 1절 세부사업별 표준설계기준·분류 및 작성기준

표준설계 작성기준을 정하기 위해서는 먼저 각각의 공종에 대한 정의가 바로서야 하며 각 공정의 진행과정과 목적에 대한 기준이 있어야 한다. 그 후 각각의 공종별 설계기준 마련을 위한 작성기준이 정해질 수 있다. 현재 정화사업은 크게 폐기물 인양, 패각인양, 황토살포, 어장바닥고르기, 해상운반, 육상하역, 폐기물처리, 패각처리로 나누며, 표준설계기준 마련을 위한 방안은 다음과 같다.

<표 4-1> 표준설계기준 분류 및 작성기준

세부공종	작성기준 마련방안
잠수작업인양	<ul style="list-style-type: none"> · 잠수사 시간당 작업능력 표준품셈 마련 <ul style="list-style-type: none"> → 잠수관련협회 전문가들의 의견수렴 및 현장에서의 검증 → 잠수효율의 해역별 적용을 위한 현장조사(조류, 명암) · 잠수작업선 규격 및 작업선의 경비산정에 대한 표준품셈 마련 <ul style="list-style-type: none"> → 잠수협회 및 선박협회 도움으로 적합한 잠수작업선의 규격 마련 및 동일한 현장 여건에서의 작업선 경비산정을 위한 작업 시행
폐기물 및 패각 인양	<ul style="list-style-type: none"> · 정화사업에 적합한 작업선 규격에 대한 지침마련 및 인양틀 규격 표준화 <ul style="list-style-type: none"> → 어장별, 작업선 규격별, 인양틀 규격별 작업선의 효율 조사 · 작업선 규격에 따른 작업능력 및 경비산정에 대한 표준품셈 마련 <ul style="list-style-type: none"> → 현장에서의 작업능력과 경비소요에 대한 시험 · 공종별, 작업효율 원인별 적용효율 마련 <ul style="list-style-type: none"> → 어장별, 폐기물밀도별, 패각종류별 적용효율 마련을 위한 현장시험
황토살포	<ul style="list-style-type: none"> · 정화사업 적합 황토의 성분 기준 마련 · 황토살포 퇴적심도 기준 마련 및 저질개선 효과분석 <ul style="list-style-type: none"> → 퇴적심도에 따른 저질개선 효과 분석으로 작성기준 마련
어장바닥고르기	<ul style="list-style-type: none"> · 바닥고르기들의 규격 표준화 <ul style="list-style-type: none"> → 고르기들 규격에 따른 작업효율 측정 및 최적의 규격들 선정 · 작업선 규격에 따른 작업능력 및 경비산정에 대한 표준품셈 마련 <ul style="list-style-type: none"> → 현장에서의 작업능력과 경비소요에 대한 시험
대선적재 해상운반 육상하역	<ul style="list-style-type: none"> · 대선적재용량의 표준품셈화 <ul style="list-style-type: none"> → 항만및어항시설공사의 적산기준을 이용한 현실에 맞는 적재용량 산정
폐기물처리	<ul style="list-style-type: none"> · 정화사업 폐기물처리 관련 적용법 기준
패각류 처리	<ul style="list-style-type: none"> · 해양투기에서 토량개량재 사용으로의 전환 처리

제 2절 세부사업별 전문시방서 작성기준

현재 정화사업 시방서는 일반시방서와 특별시방서로 나뉘어져 있고, 일반 해상에서 이루어지는 공사와는 다른 형태의 공종으로 구성되어 타 공사의 시방서를 적용하기가 힘들다. 이를 위해 어장정화사업에 대한 용어의 정의와 검토가 필요하다. 지금도 사업의 성격을 놓고 용역이나 공사인가에 대한 논의가 분분하다. 행정자치부나 해양수산부에서는 용역으로 유권해석하고 있으나 용역으로 보기에 는 대규모의 장비나 과정이 포함되어 있어 공사로 분류하여 처리해야 공종에 따른 노무비 등의 적용요율 유지되므로 이에 대한 절충안을 심층적으로 분석할 필요가 있다.

그러나 현재의 시방서는 본 사업에 있어서 필요한 공종에 대한 시방만을 반영하고 있어 타 시방서에 비해 부족한 점이 많다. 따라서 어장정화사업의 종합적인 시공기준을 규정한 전문시방서가 조속히 마련되어야 하고, 정화사업 시방서에 적극 활용되어 전문화된 시공은 물론 사업에서 생기는 분쟁의 해결을 위한 지침으로서 역할을 해야 할 것이다.

현재 정화사업 시방서는 타 시방서에 비해 세부내용을 찾기가 힘들며, 해상에서 작업이 이루어지는 항만 및 어항공사 전문시방서를 바탕으로 어장정화사업 전문시방서 마련을 위한 작성기준을 살펴보았다.

총칙은 공사에 대한 일반적인 사항을 포함하므로, 타 전문시방서에도 동일하게 적용되고 있는 부분이다. 총칙은 7절로 구성되고 항목별 단락에는 세부 시방에 관한 지침을 정해 놓고 있다. 총칙에는 기본적인면서 계약 및 시공관리 전반에 관한 중요한 내용들이 포함되어 있으므로 총칙은 타 전문시방서의 내용을 대부분 적용하되 정화사업에 맞게 타당성 검토 후 적용되어야 한다.

준비공사는 사업전 사전조사에 대한 지침으로 어장정화사업에서는 어장측량 및 해양조사에 대한 구체적인 시방이 마련되어야 할 것으로 보인다. 어장측량은 어장정화사업 공종으로 자리잡은 것은 아니며 현재 시·군별로 약간의 차이를 보이고 있어 어장정화사업의 범위를 먼저 지침화 하는게 급선무라 하겠다. 이러한 어장측량에는 측량법 등 작업규정 세부기준과 좌표계의 사용, 측량기술자의 시행의무, 성과물의 제출 및 보고, 승인 사항이 포함되어야 한다. 시공 항목에 필요한 전문적인 사항은 측량에 대한 전문시방을 참조하여 작성한다.

환경조사는 적용범위, 조사계획서 제출, 조사의 기준, 수급인의 책무에 대한 지침이

정해져야 하고, 재료와 시공방법에 관한 구체적인 사항도 포함되어야 한다(항만 및 어항공사 전문시방서 제 2장 준비공사 해양조사 참조).

해양환경조사의 주요 시방은 다음과 같다. 수질조사 및 해저질 조사의 경우 먼저 채수(채취) 지점과 수심 그리고 조사항목과 측정방법이 기술되어야 하고, 채수 후 시험 방법 및 보고서 작성에 대한 사항이 기술되어야 한다. 현행 「항만 및 어항공사 전문시방서」 제 2장 준비공사 중 해양조사에 의하면 해양수질의 경우 항목은 수온, 염분, 용존산소량(DO), 수소이온농도(pH), 투명도, 수색으로 정하고 있으며, 해양저질의 경우 입도와 공사로 인해 당해 수역의 저질 및 수질을 변화시킬 것으로 예상되는 항목을 선정한다고 기술되어 있어 본 사업의 전문시방서 마련에서는 환경 전문가들의 의견을 수렴하여 어장환경에 영향을 미치는 주된 측정항목을 선정해야 할 것이다.

준비공사 다음에는 어장정화사업의 시공이 이루어진다. 시공에는 폐기물 인양과, 황토살포, 폐기물처리에 이르기까지 전반적인 공종을 포함하며, 각 부분에서는 폐기물 인양을 세분화하여 잠수작업에 의한 폐기물인양, 어장바닥경운에 의한 폐기물인양, 패각인양 전 및 해조류 양식장의 폐기물인양, 패각류 인양으로 세분화한다. 황토살포는 황토살포와 어장바닥고르기로 나누어 세분화하여 항목 및 단락별로 시방이 이루어져야 한다. 어장정화사업의 단락에는 재료의 품질기준, 작업선 선정, 시공기준 및 검사, 안전관리, 작업허용범위 등이 구체적으로 시방되어야 한다.

<표 4-2> 항만 및 어항공사 전문시방서 구성체계

장	절	부분	항목	단락
총 칙	일반적인 조건	일반사항 공사량 측정 재해예방 공사준공	일반사항 재료 시공 이하생략	적용범위, 용어의 정의, 설계변경, 공사중지, 하도급, 인명 및 재산에 대한 손상, 공사의 지연과 착공, 하자책임, 용어의 해석 등 22개단락으로 구성 해당없음 해당없음 이하생략
	공사준비 및 시공관리	공사준비 일반, 공사협의 및 조정, 제출서류 및 공정관리		
	자재관리	자재관리		
	품질관리 및 시공점검, 검측	품질관리계획, 시공점검, 확인 및 검측		
	안전 및 보건관리	안전 및 보건관리		
	환경관리	환경관리		
	가시설물	가설 공급시설물 임시가설시설물		
준 비 공 사	시공측량	육상측량 수심측량		
	해양조사	해양조사, 환경조사	일반사항 재료 시공	적용범위, 조사계획서제출, 조사의 기준, 수급인의 책무 해당없음 수질조사 해저질조사
	지반조사	시추조사, 시료채취, 해저 음파 지층탐사, 사운딩, 물탐사	이하생략	이하생략
	건설재료 시험 및 검사	시험일반, 토질시험, 암석시험		
∴	∴	∴	∴	∴
사 석 및 고 르 기 공 사	사석공사	사석공	이하생략	이하생략
	고르기공사	고르기공	일반사항 재료 시공	적용범위, 관련규정, 제출물 해당없음 공통사항, 고르기작업 각종고르기 및 사석시공시 허용오차
∴	∴	∴		

<표 4-3> 정화사업 전문시방서 구성체계(가안)

장	절	부분	항목	단락	
총 칙	일반적인 조건	일반사항	일반사항	적용범위, 용어의 정의, 설계변경, 공사중지, 하도급, 인명 및 재산에 대한 손상, 공사의 지연과 착공, 하자책임, 용어의 해석 등 22개단락으로 구성	
		공사량 측정	재료	해당없음	
		재해예방	시공	해당없음	
		공사준공	이하생략	이하생략	
		공사준비 일반, 공사협의 및 조정, 제출서류 및 공정관리			
		자재관리			
		품질관리 및 시공점검, 검측			
준 비 공 사	공사준비 및 시공관리	자재관리			
		품질관리 및 시공점검, 검측			
		안전 및 보건관리			
		환경관리			
		가시설물			
		시공측량	어장측량	일반사항 재료 시공	적용범위, 측량계획서 제출 측량의 기준, 수급인의 책무 해당없음 측량기준점 설치 기준점의 유지관리 시공기간 중 검측
		해양조사	환경조사	일반사항 재료 시공	적용범위, 조사계획서제출, 조사의 기준, 수급인의 책무 해당없음 수질조사 해저질조사
어 장 정 화 사 업	폐기물 인양	폐기물 인양	일반사항 재료 시공	적용범위, 참조규격, 제출물 재료의 품질기준 공통사항, 작업선 선정 시공기준 및 검사 작업허용범위	
		어장바닥경운	상동	상동	
		패각류 인양	상동	상동	
	황토살포	잠수사의 폐기물 인양	일반사항 재료 시공	적용범위, 참조규격, 제출물 재료의 품질기준 공통사항, 작업선 선정 시공기준 및 검사, 안전관리 작업허용범위	
		황토살포	일반사항 재료 시공	적용범위, 참조규격, 제출물 재료의 품질기준 공통사항, 작업선 선정 시공기준 및 검사 작업허용범위	
어장바닥고르기		우동	어장바닥경운과 상동		
∴	∴	∴	∴	∴	

제 3절 표준설계 기준 및 전문시방서 작성을 위한 소요자원 분석

1. 표준설계기준 및 전문시방서 작성을 위한 연구항목

1.1. 단계별 문제점 해결을 위한 연구항목

1.1.1. 기본조사

- 수질 : 수온, SS, DO, COD, T/N, TIP, 규산
- 저질 : IL, COD, AVS
- 저서생물 : 다모류, 연체류, 갑각류 등
- 어획생물 : 저인망조사
- 양식현황조사 : 어장분포현황, 양식품종, 어업권현황, 종묘생산시설
- 수산물 생산 : 수산물 위판, 청취조사

1.1.2. 설계물량 산출을 위한 조사

- 잠수조사 - 산업잠수 및 나잠어업 자료 확보
- 인양틀 형망조사
- 육안조사 : 조간대
- Sidescan Sonar조사

1.1.3. 공정투입장비

- 공정별 가이드라인 설정
- 투입선박의 표준품셈 개발

1.1.4. 폐기물 처리

- 소각대신 재활용
- 굴 진주담치 재활용
- 굴 진주담치 패각 바다처리 방안 연구

1.1.5. 패각류 처리 방안

- 인양공정의 명확한 근거설정
- 굴 진주담치 등 인양능력 검증

- 굴 진주담치 패각 바다처리 방안

1.1.6. 황토살포 공정

- 황토살포의 기준 설정
- 입자크기 설정
- 해조류 양식장 살포효과 조사
- 황토살포 효과조사
 - 저질개선 효과검증
 - 생산기여 원인 조사

2. 표준설계 기준 및 전문시방서 작성을 위한 연구내용

2.1. 기본조사의 연구내용

저질의 조사내용을 바탕으로 저질개선제에 의한 저질개선 내용과 사업공정의 조정

2.2. 설계물량 산출을 위한 최신 개발방법 연구

잠수조사 및 인양틀 형망조사를 대체할 Sidescan Sonar 심층연구

2.3. 공정 투입장비 Guideline 설정 연구

투입선박의 표준품셈의 확정과 공정별 투입장비의 guideline 설정

2.4. 폐기물처리 연구

- 소각대신 재활용을 위한 인양 폐기물의 적정처리 방법연구
- 인양폐기물의 양륙, 운반의 민원문제 해결방안

2.5. 패각류 처리방안

- 굴 진주담치 등 패각류 재활용 연구
- 바다처리방안 : 해양투기 금지 대처방안 연구

2.6. 황토살포 공정

- 해조류 양식장 살포에 따른 시기, 양, 효과조사

- 황토살토 저질개선 효과검증
- 생산기여 원인 조사

2.7. 어장정화사업 경제적 효과조사 연구

- 사업 후 5년간 경제적 효과조사
- 행정단위의 통계에서 만, 해역단위 통계자료 확보방안
- 생산자료 누수에 따른 자료 확보방안
- 소득자료 확보를 위한 설문조사 방안 및 분석 Model개발

2.8. 어장정화사업 Monitoring

- 기본조사시 행했던 기초자료와의 비교
- CVM기법을 통한 간접효과 연구
- 어장관리법에서 규정한 어장청소 시기 결정연구

3. 소요재원

항 목	추정사업비 (천원)	소요기간 (개월)	주요내용
총 계	1,500,000	24	공정별 문제점 해결 및 사업 전후 효과조사 방안 도출 연구
가. 기본조사 및 공정조정	160,000	12	· 저질의 조사항목 조정 · 저질개선제의 적용 연구 · 사업공정 조정 연구
나. 설계물량산출연구	250,000	12	· 잠수조사 연구 · 폐기물 인양공정 연구 · Sonar 탐지기술
다. 공정 투입장비 Guideline 설정연구	240,000	24	· 투입선박 표준품셈 연구 · 공정별 투입장비 적용연구 · 기타장비의 효율성 분석 연구
라. 폐기물처리 연구	180,000	12	· 재활용 연구(로프, 폐그물) · 처리과정별 민원해결 방안 · 경제성 분석 연구
마. 폐각류 처리방안 연구	150,000	12	· 재활용 연구 · 투기금지에서 부착기질 사용 연구 · 부착기질 크기별 효과·육상처리시 효과 조사
바. 황토살포	240,000	24	· 해조류 양식장 살포 효과 연구 · 황토살포 저질개선 효과 검증 · 생산기여 원인조사
사. 어장정화사업 경제적 효과 조사 연구	100,000	18	· 만, 해역 단위 생산자료 확보방안 · 누수자료 확보방안 · 소득자료 추정위한 분석 Model개발
아. 어장정화사업 사후 Monitoring	180,000	24	· 수질항목 조정 연구 · 저질항목 조정 연구 · 생태계 변화 연구

4. 기대효과

항 목	기대효과
가. 기본조사 및 공정조정	사업의 성패가 기본조사 및 공정에 따른 설계에 달려있고, 이후 사업의 수행은 설계서에 따라 진행되므로 사업목적에 맞는 설계서 작성의 기본지침으로 활용됨
나. 설계물량산출연구	지금까지 물량산출의 부정확으로 기인한 사업비의 과다, 과소 책정에 따른 예산의 비효율성을 제거하고, 정화사업의 효율성 극대화
다. 공정 투입장비 Guideline 설정연구	설계물량에 따른 적정장비의 투입으로 정화사업의 효율성을 극대화함
라. 폐기물처리 연구	어장정화사업 중 폐기물 수거시 부착생물 부패에 따른 하역 작업 중 발생하는 민원문제 해결 및 2012년 이후 폐기물 해양투기 문제 해결
마. 패각류 처리방안 연구	패각의 재활용은 무기소재의 개발 및 바다에 재투입으로 패류, 어류, 해조류 포자의 부착기질로 작용효과 기대
바. 황토살포	황토살포 문제에 대한 국내외 우려를 불식하고 살포지역의 재생산기구를 규명하여 황토살포 효과를 극대화 함
사. 어장정화사업 경제적 효과 조사 연구	정화사업의 경제적 효과를 규명하여 사업타당성 확립 및 예산확보에 이론적 근거 제공
아. 어장정화사업 사후 Monitoring	경제적 효과를 규명하는 기초자료의 제공과 동시에 각 지역 별, 업종별 어장정화사업 순기를 결정하는데 활용됨

제 4절 어장정화사업 설계기준 기초연구 설문조사

1. 설문조사 목적

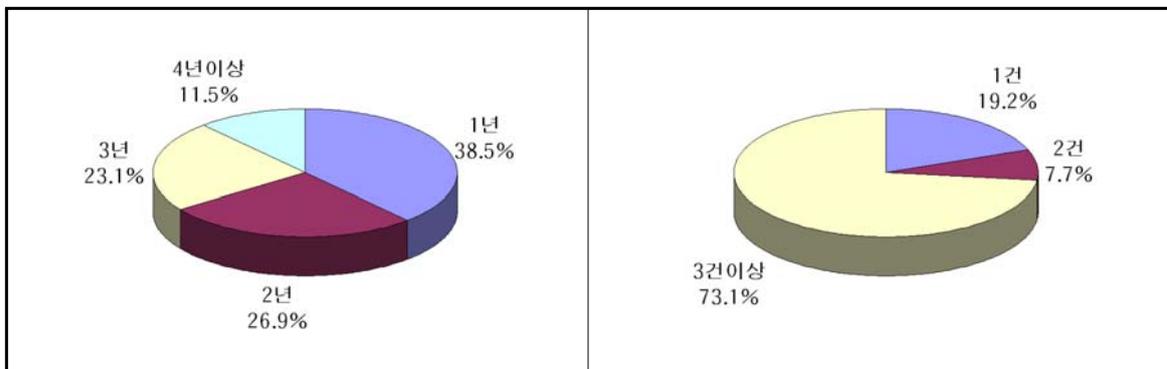
어장정화사업 시행 지방자치단체 담당자를 통해 현재 행해지고 있는 지자체별 어장정화사업 현황을 파악하고, 설계서의 조사물량과 시공시 인양물량의 차이와 원인 및 개선방안 도출하며, 어장정화사업의 효과분석과 아울러 어장정화사업의 문제점 및 개선방안을 마련하는 자료로 활용함을 그 목적으로 하였다.

2. 설문조사 방법

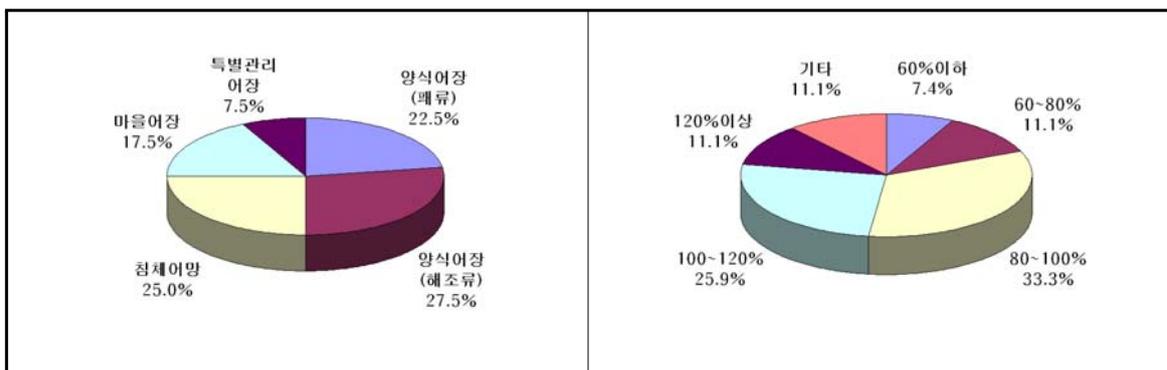
본 설문조사는 어장정화사업 시행 지방자치단체(시, 군, 구) 담당자를 대상으로 10개 문항에 대해 조사가 이루어졌으며, 총 27개 시, 군, 구가 참여했다.

3. 설문조사 결과

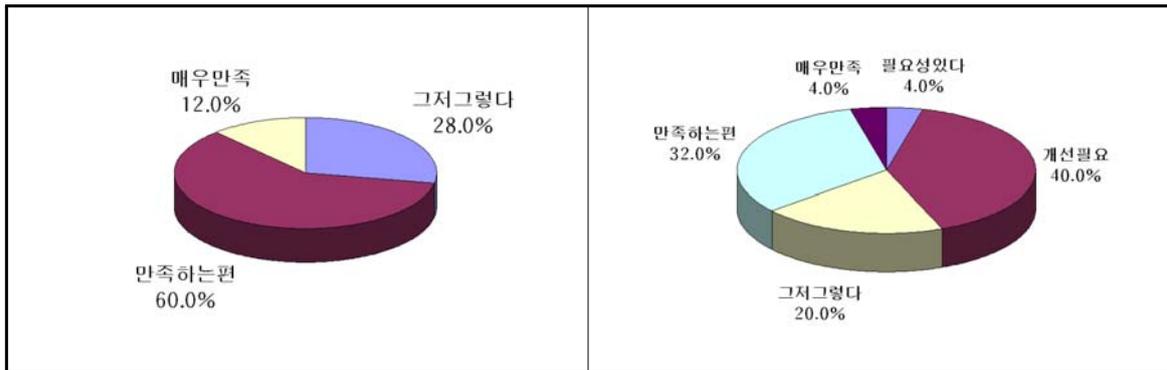
1) 담당자의 어장정화사업 업무경력 및 사업건수



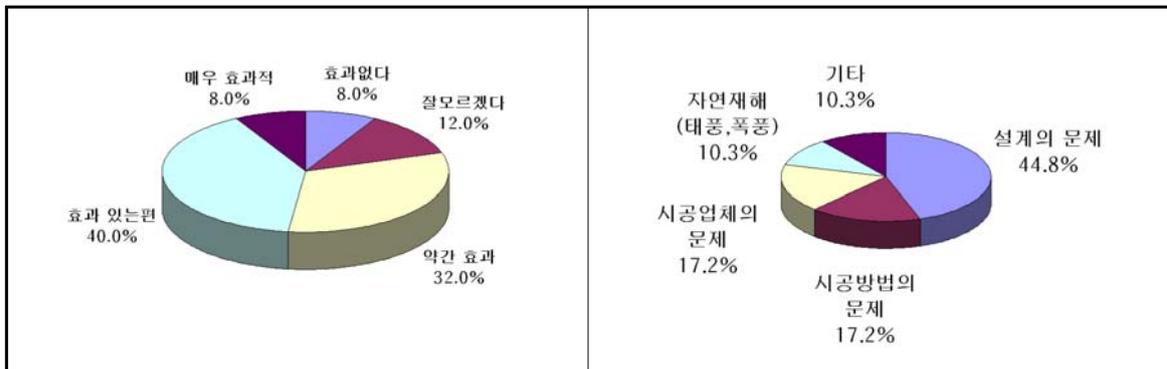
2) 담당 어장정화사업 종류 및 설계물량과 인양물량의 차이



3) 정화사업에 대한 어민들의 만족도 및 담당자의 만족도



4) 어장정화 사업비에 대한 효과 및 설계물량과 시공물량의 차이 원인



5) 설계물량과 사업시 인양물량의 차이를 최소화 할 수 있는 방법

문제점 및 개선방안	비율 (%)
1. 조사회수 증가 및 표본조사에서 전수조사로 변경하여 조사 철저 및 물량산정철저	45.8
2. 현지 어업인 및 관계자의 의견을 충분히 수렴	8.3
3. 설계용역업체와 시공업체의 노력 필요	8.3
4. 수거처리 후 정산하여 사업비지급 및 지역실정 고려한 지역업체의 정화사업 시행 지침 변경	8.3
5. 조사장비의 개발 및 조사 기술력 향상 필요	8.3
6. 인양방법, 기술력, 인양비용 등을 고려한 사업성 있는 사업구역 설정하여 설계반영	4.2
7. 설계기법 개발 및 처리물량 단위 통일 (조사시점과 작업시점 사이의 새로운 변수(태풍, 폐사, 시설물철거)를 고려할수 있는 기법)	12.5
9. 사업시 추가 인양 물량에 대한 정산처리	4.2

6) 효율적인 어장정화사업을 위한 문제점 및 개선방안

가. 설계물량 산출문제 및 개선방안

○ 문제점

- ① 설계물량과 시공상 인양물량의 차이로 설계변경 및 용역업체의 부실벌점 부과
- ② 현실적으로 물량산정의 어려움
 - 침체어망 인양사업은 수심(100~300m)에서 실시되어 조사방법 부족
 - 서해의 지역특성상 조석간만의 차가 크고 시야가 좁으며, 소나를 이용한 조사 또한 해저면 아래에 침적된 물량은 산출이 힘들다.

○ 개선방안

- ① 조사기법별 조사회수 증가 및 표본조사에서 전수조사로 변경하여 물량차이를 최소화
- ② 설계 후 실사업의 기간을 최소화 함으로서 태풍, 폐사, 철거에 따른 물량차이 최소화
- ③ 사후 정산제도 도입 및 어업인들의 정화사업 참여할 수 있도록 조치 마련
- ④ 설계서 물량산출 시 구체적인 방법으로 물량산정
- ⑤ 조사장비의 개발필요

나. 시방서의 문제점 개선방안

○ 문제점

- ① 바다의 특수성 때문에 다양한 변수가 생겨 시방서대로 시공이 어려움
- ② 용역개념보다는 공사개념으로의 시방 필요

○ 개선방안

- ① 다양한 변수가 발생할 것을 대비해 많은 특수 사항을 고려한 시방서 작성
- ② 해양수산부에서 행자부 또는 건교부와 협의하여 별도의 지침시달

다. 설계기준의 문제점 및 개선방안

○ 문제점

- ① 폐기물 처리비용 산정의 문제(예: 일반폐기물처리비, 환경부 고시에 의한 처리비 적용) 및 2007년 어장정화정비업 등록 기준에 따른 각 시도별 의견 상이
- ② 정화사업 실적에 맞는 설계기준 미흡
- ③ 강원도의 경우 사업비 규모가 적고 수심이 낮은 연안에서 실시하고 있어 관련 법에 의한 시공업체의 자격기준 수정 필요

④ 건설부분 효율 적용으로 사업비/실시설계 효율이 너무 낮게 책정되어 현실성 결여

○ 개선방안

① 해양수산부에서 시도별 의견을 수렴하여 해양폐기물 처리와 침체어망 인양사업 지침서를 재조정하여 효율적 집행이 될 수 있도록 조치 요망

② 해양수산부에서 설계세부 기준을 제시

라. 시공상의 문제점 및 개선방안

○ 문제점

① 어장관리법에 의거한 등록기준 미흡

② 어장정화정비업체 전문성 결여

③ 시공 미흡

○ 개선방안

① 한국오염방제조합, 어항협회 차원의 전문적 인양이 가능하도록 제도보완

② 어장정화는 어업인 스스로 어촌계 차원에서 관리하고 정화하도록 정부지원 배제

③ 시공방법에 대한 지속적인 연구개발 필요

④ 어장정화정비업 등록기준 강화로 시공업체 부실방지 및 정확한 정화선 검사

⑤ 해수부의 폐기물 톤당 사업비 고시 후 설계조사 없이 시공업체의 수거, 처리량에 대한 사업비 정산

⑥ 과다경쟁 지향 및 일일작업물량 또는 작업시간 규정으로 안전사고 및 부당한 사업 추진 예방

⑦ 설계물량 초과 시에도 잔존물량 수거방안 마련

⑧ 정화사업이 주로 여름철 금어기(7~8월) 집중되어 업체선정의 어려우므로 겨울철 휴어기에도 사업추진 고려

제 5 장 연구결과 요약 및 정책제언

제 1절 연구결과 요약

2006년말 수산물 생산의 42%를 차지하는 양식어업의 어장환경을 관리하기 위한 정책의 하나로 어장정화사업을 1986년부터 시행하여 왔다.

그 동안 많은 시행착오와 현장여건의 어려움을 해결하면서 가두리어장을 제외한 40만ha에 달하는 면적을 어장정화사업을 수행하였다. 막대한 양적인 사업물량을 처리하고 있지만 세부적으로는 아직도 해결하여야 할 문제점들이 많다 특히 정화사업에 관한 표준 설계서와 전문시방서 없이 사업이 진행되어 이 분야의 기술적인 발전이 더디게 진행되어 왔다. 이러한 문제점들을 해결하고 좀 더 발전된 어장정화사업을 추진하고자 정화사업의 기준이 되는 설계기준을 확립하기 위한 기초연구를 수행하여 지금까지 동, 서, 남해권역별로 진행되었던 설계서와 정산보고서를 검토한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 기본조사의 문제점 및 개선방안

어장정화사업 실태분석에서 사업비의 규모가 10억이상의 대규모 사업에서는 사전조사가 이루어지고 있으나 소규모 사업에서는 기본조사가 생략된 채 수행되었다. 이는 사업결과의 평가가 제대로 이루어질 수 없는 상황으로 기본조사를 할 수 있는 재원마련을 위한 사업 규모의 조정이 필요하다.

2. 설계물량 산정의 문제점 및 개선방안

설계시 물량산출을 위해 잠수조사, 형망틀조사, Sidescan Sonar조사 등 현 여건아래서 최선을 다하여 설계물량을 추정하고 있지만 표본조사의 한계, 방법 및 장비의 부족, 기술력 부족, 사업지구 선정에 많은 문제점을 내포하고 있다. 이를 개선하기 위해서는 현재 0.8%에 달하는 표본조사의 비율을 2%선으로 늘리고 설계시기와 사업시기 차이에 따른 기타 여건변동을 감안한 물량산출 모델개발이 필요하며, 기존 외 조사방법의 개발 및 전수조사가 가능한 조사장비의 개발, 조사설계업체의 기술력 향상, 사업성 있는 사업구역 선정 기준 마련 등 많은 개선방안이 필요하다.

3. 어장정화사업 공정 투입장비의 문제점 및 개선방안

지역별, 어장종류별, 설계업체에 따라 공정이 다르고 해양특성과 오폐물 종류가 달라 공정의 차이가 있으나 대선적재, 해상운반, 육상하역, 회항 등 지역별 차이 없이 공통적으로 적용될 필요가 있다.

이를 위해 공정별 지침과 기준을 마련하고 공정의 체계화를 위해 공정별 세부검토가 이루어져 공정별 가이드라인을 설정해 정형화된 공정장비의 투입이 필요하다.

4. 잠수작업을 통한 폐기물 인양의 문제점 및 개선방안

폐기물 수거를 위한 잠수작업에 관한 전문시방서 부재로 인한 지침이 없고, 표준품셈의 부재로 인해 작업능력을 과다 또는 과소 측정할 우려가 크므로 전문시방서 및 표준품셈을 마련하기 위한 공정별 진행과정 및 목적에 대한 정확한 이해와 현장 시험작업을 폐기물 분포질량에 따라 작업효율분석을 하여 전문시방서 및 표준품셈을 마련하여야 한다.

5. 패각류 및 폐기물 인양공정의 문제점 및 개선방안

패각류 인양공정에서 작업 단계별 소요시간, 형상들의 근거를 마련하여 패각 및 폐기물 종류와 밀도, 작업조건을 고려한 기준마련이 필요하다.

본 공정의 진행과정과 목적에 대한 정확한 이해로 시험시공으로 작업효율을 분석하기 위한 장비규격, 해황, 시공관리 및 품질관리에 이르는 전문시방서 및 표준품셈 마련이 필요하다.

6. 어장바닥고르기 공정의 문제점 및 개선방안

전문시방서 없이 바닥고르기가 시행되어 작업물량을 과다 책정시 부실시공이 되기 쉽고 과소 책정시 사업 효율성을 떨어뜨리므로 본 공정의 적합성을 현장에서 시험 시공하여 작업효율을 분석, 장비규격 등을 정하여 시공관리 및 품질관리의 기준을 수립하여야 한다.

7. 황토살포 공정의 문제점 및 개선방안

어장저질을 개선하기 위하여 황토살포를 주요공정으로 사업비의 절반을 차지할 정도로 비중이 크나 저질개선 효과에 대한 조사분석이 미흡하고 근거가 없는 실정이다.

이에 대한 기초연구 및 현장에서의 실편기준 마련이 과학적인 자료위에서 결정될 필요가 있고 사업비의 책정이 필요하다.

8. 폐기물 처리 및 재활용 문제점 및 개선방안

2012년 지금까지 어장정화사업에서 폐기물 중 많은 양을 차지하고 있는 폐각의 해양투기는 금지되므로 재활용 및 처리방안이 시급한 현안이다.

가연성 폐기물의 경우 소각과 재활용으로 처리되어 별 문제점이 없으나 처리물량의 폐기물 단위를 통일하기 위한 노력이 필요하며 단가와 발주방법의 통일도 필요하다.

9. 기타 장비로 인한 문제점 및 개선방안

대선적재 기준은 항만·어항공사 적산기준을 사용하고 있으나 어장정화사업의 폐기물 적재용량과는 차이를 보인다. 투입작업선은 경비산정에 대한 기준이 없어 건설표준품셈의 예선 운전경비를 적용하고 있어 어장정화사업 현장과 다른 문제점이 있다.

대선규격별 가연성폐기물 및 폐각의 적정 적재용량에 대한 현장 검증으로 적산기준이 마련되어야 하고, 작업선은 투입 규격에 따른 작업선의 손료, 주연료의 사용량, 투입인원에 대한 현장 검증으로 표준품셈이 마련되어야 한다.

10. 가두리양식장 이설에 따른 소요경비 산정의 문제점 및 개선방안

가두리 이설에 대한 전문시방서 및 정확한 산정기준이 없기 때문에 소요경비 산정의 어려움 및 지역적 차이를 보이고 있다.

근본적으로 가두리양식장이 시설된 곳은 사업구역에서 제외하거나 출하가 끝나는 시점에 맞추어 작업을 시행해야 하며, 현장에서의 탐문조사 및 시험 이설을 통해 소요 인건비 및 장비투입에 따라 경비 산정기준을 마련해야 한다.

11. 발주방법의 차이에 따른 문제점 및 개선방안

지자체별로 어장정화사업의 발주형태(용역/시설공사) 및 적격심사세부기준을 다르게 적용해 관련 지자체 및 업체들의 혼선을 초래하고 있는 실정이다.

어장정화사업의 성격을 정확히 파악하여 용역/시설공사에 대한 명확한 기준이 정해져 발주가 되어야 하며, 현재 일부 시행중인 지자체처럼 권역별 또는 지역별로 어장정화사업에 대한 적격심사 세부기준이 마련되어야 한다.

제 2절 정책제언 - 어장정화사업의 발전방향

- 1986년 어장정화사업이 실시된 이후 현재까지 연안어장 약 40만ha에서 2,500억원을 투자하여 어장쓰레기 25만톤 이상을 수거하여 재활용화 적정처리를 통하여 가두리어장을 제외한 어장환경이 크게 개선되었다.
- 어장정화사업이 수행되었던 지역 어업인들의 일반적인 평가는 어장정화사업에 대한 평가가 긍정적이며 어획자료가 소실되어 어장정화사업에 대한 사업효과 및 경제성 평가가 제대로 이루어지지 않고 있다.
- 어장정화사업에 따른 효과는 해당 어장들의 환경개선은 물론 인근 해역의 자원량 변동에 영향을 주어 기존자원인 새조개의 대량발생, 키조개의 발생등과 계절별 회유하는 자원의 변동까지 다양하였다. 이러한 자원의 증가와 신규자원의 유입은 지역어업인들의 소득향상에 크게 기여하고 있으나 이에 대한 정성적, 정량적 평가가 제대로 이루어지지 않고 있다.
- 또한 지난 20년 동안 이루어졌던 어장정화사업에 대한 전문시방서와 표준설계서 없이 수산사업시행지침으로 해당지역별 특성 및 형평에 따라 사업이 설계되고 집행되었다. 특히 사업의 진행상 여건이 불리한 동해안, 제주도 권역과 서해안, 남해 서부권역에서 특별관리어장 정화사업을 제외한 어장정화사업은 바다 쓰레기를 수거하는 선에서 어장정화사업이 시행되어 어장정화사업의 효과에 대한 자료의 축적이 거의 전무한 실정이다.
- 따라서 사업효과를 극대화하고 실질적인 어업인 소득을 창출하여 어업인들의 생활의 질을 높이기 위한 방안으로는 어장정화사업을 소규모로 예산에 맞추어 시행하기 보다는 만별, 지역별, 사전, 사후 경제성 평가 및 모니터링을 활성화하고, 각 공정에 따라 전문시방서와 표준품셈을 마련하여 표준 설계서에 따른 사업 수행이 선행되어야 한다.

제 6 장 참고문헌

- 강창근, 이필용, 박주석, 김평중. 1993, 한국연안 표층퇴적물중의 유기물함량 분포특성, 한국수산학회지, 26(6), 557-566.
- 강훈, 김종구., 2006. 생태계모형을 이용한 가막만 해역의 환경용량 산정, 한국환경과학회지 15(10), 951-960.
- 국립수산과학원, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006. 한국해양환경조사연보.
- 국립수산과학원, 2002, 연안어장환경평가 보고서
- 국립수산과학원, 2003, 2004, 2005, 2006. 최종평가 자료.
- 국립수산과학원, 2003, 노후 양식어장의 효율적 저질개선방안연구 최종보고서, 해양수산부
- 국립수산과학원 2004, 국립수산과학원사업보고서(1/2). pp33-55.
- 국립수산진흥원, 1993, 양식어장 퇴적물개선 기술개발
- 국립수산진흥원, 1996, 저질 및 수질개선제(클리어워터)가 수산생물에 미치는 병리학 적 영향 및 유효성에 대한 연구
- 김동명, 2005, 가막만의 COD 거동 및 분포 특성 평가를 위한 생태계 모델링, 한국환경과학회지, 14(9), 835-842.
- 김성재, 1998, 적조제거를 위하여 사용하는 자연상태 황토입자의 해수중에서의 침강 특성, 해양산업연구소보, 10, 51-55.
- 김성재, 1999, 해수 중에서 자연상태 황토입자의 침강특성, 한국수산학회지, 32(6), 706-712.
- 김성재, 2000, 적조생물의 구제(2. 황토에 의한 적조생물의 응집제거), 한국수산학회지, 33(5), 455-462.
- 김성재, 2003, 소성골패각분말과 황토의 동시 사용에 의한 적조생물의 응집, 한국수산학회지, 36(6), 716-722.
- 김숙양, 윤성규, 박영태, 김귀영, 전상호, 2005, 황토살포에 의한 해양환경 및 생물변화 특성, 한국물환경학회·대한상하수도학회 공동춘계학술발표회, 747-751.
- 김영일, 2003. 준설물질해양배출평가체제개발연구용역, 한국해양연구원
- 김인규, 서성훈, 강진양, 2000. 황토의 일반적 특성 및 산화철 함량, 약제학회지, 30(3), 219-222.

- 김평중, 허승, 오봉철, 이원찬, 주현희, 이필용, 1998. 황토피복에 의한 해저 퇴적물중의 영양염 용출 억제효과, 한국수산학회지 추계학술발표대회, 397-398.
- 김평중, 허승, 윤성중, 2002. 황토살포에 의한 해수 중 영양염류의 흡착제거기구, 한국수산학회지, 35(2), 146-154.
- 나기환, 박경대, 최우정, 박영철, 1997. 황토살포에 의한 *Cochlodinium polykrikoides* 적조 제어기술개발, 한국수질보전학회 학술연구발표회 논문초록집, 53-55.
- 노일현, 윤양호, 김대일, 박종식, 2006. 가막만 표층퇴적물중 유기물량의 시·공간적 분포특성, 한국해양공학회지, 9(1), 1~13.
- 농림수산부, 1998. 피조개 양식어장의 객토 효과연구, 199.
- 마산지방해양수산청, 1998. 피조개 양식어장의 객토효과 연구, 농림부.
- 마채우, 홍성운, 임현식, 1995. 득량만의 저서동물분포. 한국수산학회지, 28(5), 503-516.
- 메이텍엔지니어링(주), 2003. 여자만 특별관리어장 정화사업 종합감리보고서
- 문성용, 윤호섭, 서호영, 최상덕, 2006. 가막만 동물플랑크톤 군집의 변동특성과 환경요인. Vol. 28(2):79-94
- 문희수, 1995. 점토광물학, 민음사, pp85-140.
- 박철, 1989. 연안역 동물플랑크톤 시료의 변이: 반복 채집 및 시간별 채집의 필요성. 한국해양학회지. 24(4):165-171
- 박광석, 전희동, 2002. 해저 퇴적물 오염 개선을 위한 제강슬래그 복토 정화법의 활용, RIST 연구논문, 16(2), 132-139.
- 박치현, 이병호, 2006, 적조 방제용 황토살포가 연안 저서생태계에 미치는 영향, 한국환경 과학회지, 15(11), 1035-1043.
- 신영태, 2004 어장정화사업의 효율적 추진을 위한 정책방안, 월간해양수산, 242, pp1-3
- 신영태, 이상민, 2000. 어장정화사업의 체계적 추진 방안, 한국해양수산개발원
- 여수시, 2001. 오염해역(선소)준설공사 해양환경모니터링조사 보고서, 4-1~4-85.
- 여수시, 2002. 오염해역(선소)준설공사 해양환경모니터링조사 보고서, 4-1~4-84.
- 여수시, 2004. 오염해역(선소)준설공사 해양환경모니터링조사 보고서, 3-1~3-91.
- 여수시, 2005. 가막만 특별관리어장 정화사업 책임감리용역 종합감리보고서

- 유선재, 김종구, 김종배, 2000. 갯벌과 황토에 의한 중금속 (Cu, Cd, Pb)의 흡착 kinetics, 한국수산학회지, 33(3), 250-256.웅천 지구 택지개발 매립에 따른 해양환경변화 연구보고서
- 이성재, 배범한, 박규홍, 강성원, 황규대, 지재성, 2003. 준설퇴적물 분류 및 오염물질의 물리화학적 전처리, 대한환경공학회지, 25, 55-63
- 이연규, 김종규 외, 2006. 가막만 자연환경과 산업, pp52~73
- 이요상, 2005. 저수지 퇴적물 용출이 수질에 미치는 영향, 대한환경공학회 춘계학술연구발표회, 1149-1152.
- 이재성, 김기현, 유 준, 정래홍, 고태승, 2003. 산소 미세전극을 이용한 남해연안 퇴적물/해수 계면에서 산소소모율 및 유기탄소 산화율 추정. 한국해양학회지-바다, 8, 392-400.
- 이진환, 윤수미, 2000. 여자만의 수질과 식물플랑크톤군집. Algae Volume 15(2):89-98
- 이창희, 1997. 오염퇴적물 관리의 필요성과 정책방향, 한국환경정책평가연구원 환경포럼
- 이창희, 유혜진, 2000. 수저퇴적물 환경기준 개발에 관한 연구, 한국환경정책평가연구원 연구보고서.
- 일본수산자원보호협회편, 2000. 신편수질 오탁지침.
- 전라남도청, 1998. 득량만 및 여자만 기본조사 및 실시설계 용역조사 보고서
- 전라남도청, 1998. 득량만 및 도암만 기본조사 및 실시설계 용역조사 보고서.
(주)한국해양기술, pp563
- 정규진, 김미경, 홍태기, 2003. 황토 주성분(Si, Fe, Al, Mg, Ca)의 분리 및 정량, 한국환경분석학회지, 6(2), 153-155.
- 정연규, 박규홍, 배범한, 조경숙, 김용학, 김성훈, 최태영, 2001. Hydrocyclone을 이용한 준설퇴적물의 입자분리와 유기물의 거동, 대한환경공학회, 2001. 춘계학술연구발표회 논문집(I), 이화여자대학교, 11-12.
- 조성진, 박천서, 엄대익, 1994. 토양학, 향문사, pp150-210.
- 조현구, 2000. 국내 황토(Hwangto) 산업에서 광물학적 지식의 필요성, 한국광물학회지 (광물과 산업), 13(2), 1-7.
- 최정, 김정제, 신영호, 1985. 토양학 실험, 형설출판사, pp1-226.

- 최희구, 김평중, 이원찬, 윤성중, 김학균, 이흥재, 1998. 황토의 유해성 적조생물 *Cochlodinium*종의 제거효과, 한국수산학회지, 31(1), 109-113.
- 한국해양수산개발원, 2000. 어장정화사업의 체계적 추진방안 최종보고서
- 한국해양수산개발원, 국립수산과학원, 2004. 적조방제용 황토살포의 효과분석 및 개선방안에 관한 연구
- 한국해양연구원, 1997. 해양오염방제 및 환경회복기술(연안환경 개선기술), BSPN00307 -949-2, 환경부, 과학기술처, pp37-265.
- 해양수산부, 2001. 어장관리법/시행규칙/시행령
- 해양수산부, 2001. 환경관리해역 시범해역관리 시행계획 수립연구, 275.
- 해양수산부, 2004. 어장정화사업의 효과분석 및 추진방안에 관한 연구, 116~125.
- 해양수산부, 2005. 어촌어항법/시행규칙/시행령
- 해양수산부, 2005. 해양환경공정시험방법
- 허희권, 김도현, 안승환, 박경원, 2000. 1998년 하계 여자만의 저질환경 특성, 18(2), 227~235.
- 환경부, 2002. 토양오염공정시험방법
- 환경부, 2007. 환경정책기본법
- 황응주, 고문정, 강미연, 송영채, 김명진, 고성정, 조규태, 2006. 연안어장 준설퇴적물 내 유기물의 안정화 연구, 한국폐기물학회, 23(3), 222-268.
- 황진연, 장명익, 김준식, 조원모, 안병석, 강수원, 2000. 우리 나라 황토(풍화토)의 구성 광물 및 화학성분, 13(3), 147-163.
- 황청연, 조병철, 2005. 산소 미세전극을 이용한 강화군과 인천 북항 조간대 갯벌의 순 광합성률 측정, 한국해양학회지-바다, 10, 31-37.
- Bouldin D. R., 1968. Models describing the diffusion of oxygen and other mobile constituents across mud-water interface. J. Ecol., 56:77-87.
- Bryan, G.W. 1976. Some aspects of heavy metal tolerance in aquatic organisms. In: Effects of Pollutants on Aquatic Organisms, A.P.M. Lockwood, eds., Cambridge University press, London, pp. 7-35.
- Cai W. J., and F. L. Sayles, 1996. Oxygen penetration depths and fluxes in marine sediments. Mar. Chem., 52: 123-131.

- Clack R. B., 1992. Metals. In: Marine Pollution, Oxford University Press, New York. pp. 64-82.
- Claisse, D., M. Joanny and J. Y. Quintin, 1992, Le r'eseau national d'observation de la qualite du milieu marin (RNO). Analysis, 20, M19-M22.
- Daskalakis, K. D. and T. P. O'Connor, 1995, Distribution of chemical concentrations in U.S. coastal and estuarine sediment. Marine Environment Research, 40, 381-398.
- Donald, C. M., B. B. McCain, D. W., Brown, U. Varanasi, M. M. Krahn, M. S. Myers, S. L. Chan, R. Thomas and R. Evans, 1987, Sediment-associated contaminants and liver diseases in bottom-dwelling fish. Ecological Effects in situ Sediment Contamination, 149, 67-74.
- Epping E.H.G. and W. Helder, 1997. Oxygen Budgets calculated from in situ oxygen microprofiles for Northern Adriatic sediments. Con. Shelf Res., 17: 1737-1764.
- Fernandez, P., R. M. Vilanova, C. Martinez, P. Appleby and J. O. Grimalt, 2000, The historical record of atmospheric pyrolytic pollution over Europe registered in the sedimentary PAH from remote mountain lakes. Environmental Sciences and Technology, 34, 1906-1913.
- Friligos, N. and A. Zenetos, 1988. Elefsis Bay anoxia : Nutrient conditions and benthic community structure. Mar. Ecol., 9(4), 273-290.
- Gaimer, G. and M. Elbrachter. 1987. "Heterotrophic Nutrition," In *The Biology of Dinoflagellates*. ed. F.J.R. Taylor. Blank. Sci. Publ., p. 268.
- Glud R. N., Gundersen J. K., Revsbech, N. P., and Jørgensen B. B., 1994, Effects on the benthic diffusive boundary layer imposed by microelectrodes, Limnol. Oceanogr. 39(2), 462-467.
- Grey, J.S., R.S. Wu and Y.Y. Or, 2002. Effects of hypoxia and organic enrichment on the coastal marine environment. Mar. Ecol. Prog. Ser., 238, 249-279.
- Gronlund, W. D., J. E. Stein, S. L. Chan, D. W. Brown, B. McCain, J. T. Landahl, R. C. Clark, M. M. Krahn, M. S. Myers and U. Varanasi, 1991, Multidisciplinary assessment of pollution at three sites in Long island sound. Estuaries, 14,

299-305.

- Gunderson J. K., Ramsing, N. B., and Glud, R. N., 1998, Predicting the signal of O_2 microsensors from physical dimensions, temperature, salinity, and O_2 concentration, *Limnol. Oceanogr.*, 43(8), 1932-1937.
- Halsall, C. J., L. A. Barrie, P. Fellin, D. C. G. Muir, B. N. Billeck, L. Lockhart, F. Y. Rovinsky, E. Y. Kononov and B. Pastukhov, 1997, Spatial and temporal variation of polycyclic aromatic hydrocarbons in the Arctic atmosphere. *Environmental Sciences and Technology*, 31, 3593-3599.
- Johnston, R. 1976. *Marine pollution*. Academic Press. New York, 729pp.
- Knopp, D., M. Seifert, V. Vaananen and R. Niessner, 2000, Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in contaminated water and soil samples by immunological and chromatographic methods. *Environmental Science and Technology*, 34, 2035-2041.
- Leland, H.V. and J.S. Kuwabara. 1985. Trace metals. In: *Fundamentals of Aquatic Toxicology*. G.M. Rand and S.R. Petrocelli, ed. Hemisphere Publishing Corporation, New York, pp. 374-415.
- Mohan, R.K., M. P. Brown, C. R. Barnes. 2000, Design criteria and theoretical basis for capping contaminated marine sediments. *Applied ocean research*, 22- 85-93
- Murphy T. P. and E. E. Prepas. 1990. Lime treatment of hardwater lakes to reduce eutrophication. *Veth. Internat. Verein Limnol.*, 24, 327-334.
- Murphy T. P., K. G. Hall and T. G. Northcote. 1988. Lime treatment of a hardwater lake to reduce eutrophication. *Lake and Reservoir Mgmt*, 42, 51-62.
- Nilson H.C. and R. Rosenberg, 1994. Hypoxic response of two marine benthic communities. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 115, 209-217.
- Peter Berg, 1998, Interpretation of measured concentration profiles in sediment pore water, *Limnol. Oceanogr.*, 43(7), 1500-1510.
- Revsbech N. P. , Nielsen J., and Hansen P. K., 1988, Benthic primary production and oxygen profiles, Nitrogen cycling in coastal marine environments, John

- Wiley & Sons Ltd., 69-83pp.
- Revsbech N. P., Madson B., and Jørgensen B. B., 1986. Oxygen production and consumption in sediments determined at high spatial resolution by computer simulation of oxygen microelectrode data, *Limnol. Oceanogr.*, 31(2), 293-304.
- Suomela J., Gran V., Helminen H., Lagus A., Lehtoranta J., and Sipura J., 2005, Effects of sediment and nutrient enrichment on water quality in the Archipelago Sea, northern Baltic: An enclosure experiment in shallow water. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 65, 337-350.
- Thornton, I. 1983. *Applied environmental geochemistry*. Academic press, London, 501pp.
- Ullman W. J., Aller R. C., 1982, Diffusion coefficients in nearshore marine sediments, *Limnol. Oceanogr.*, 27(3), 552-556.
- Unisense, 2006, <http://www.unisense.com>
- USEPA, 2005, Contaminated Sediment Remediation Guidance for Hazardous Waste Sites, EPA-540-R-05-012, OSWER 9355.0-85.
- USEPA, NOAA, FWS, AND USGS, 2005, National Coastal Condition Report II, EPA-620/R-03/002.
- Yuan C.G., Shi J.B., He B., Liu, J.F., Liang, L.N. Jiang, J.B. 2004. Speciation of heavy metals in marine sediments from the East China Sea by ICP-MS with sequential extraction. *Environment International* 30, 769- 783.
- 佐藤善徳. 1989. 底質の有機汚染と改善手法. 養殖, 56-59.