

적조구제물질 · 장비 사용기준의 합리적 개선방안연구

**Practical Improvement of Criteria for Red-tide
Control Materials and Facilities**

2006. 6

연구기관 : (주) 메이텍엔지니어링

해 양 수 산 부

제 출 문

해양수산부 장관 귀하

본 보고서를 “적조구제물질·장비 사용기준의 합리적 개선 방안연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2006년 6월 27일

주관연구기관명 : (주)메이텍엔지니어링

총괄연구책임자 : 최 석 원

연 구 원 : 유 흥 일

연 구 원 : 나 기 환

연 구 원 : 김 대 윤

연 구 원 : 손 준 용

연 구 원 : 백 명 선

연 구 원 : 박 석 희

연 구 원 : 최 윤 선

연 구 원 : 최 현 화

연 구 원 : 박 소 영

요 약 문

I. 제 목

적조구제물질·장비 사용기준의 합리적 개선 방안연구

II. 연구개발의 목적 및 중요성

1. 연구개발사업의 목적

남해안과 동해안에서 여름철 대규모 적조 방제 수단의 하나로 지금까지 개발된 적조구제물질을 해양수산부에서 적조구제물질인증 고시안(2004.10월 고시)을 제정, 운영하여 왔으나 현실화되지 못하고 사문화되어 있었다. 이러한 정책상의 미비점을 보완하기 위해 적조구제물질 인증기준 설정 및 평가를 위해 고시안을 종합 재검토하여 검토항목 및 기간을 조정할 필요가 있어 본 정책과제를 수행하였다.

2. 연구개발사업의 중요성

고시안이 본래의 기능을 발휘하지 못하면 개발된 많은 기술들이 사장될 뿐 아니라 개발한 업체측에서는 사용가능 여부를 가능한 빠른 시일 내에 평가를 받아 사업의 추진 여부를 결정하여야 하나 현재의 평가체계에서는 경비의 과다는 물론 시간적으로도 장기간이 소요되어 평가제도의 개선을 요구하여 왔다.

이에는 여러 원인이 있으나 가장 큰 원인은 평가체계에서 갖추어야 할 기준의 설정, 실험과정을 거친 평가에 이르기까지 분명하고도 실질적인 평가체계의 부재라 할 수 있다. 이의 대안으로 기존의 고시안 중 항목별 고시안을 검토하기 위해, 각 항목별 경비를 환경부 환경영향평가 등을 고려하여 평가비용을 낮추고, 구제물질에 살포에 따른 해양생태계의 영향을 구체적으로 파악할 수 있는 자료의 확보가 무엇보다 중요하다.

III. 연구개발 내용 및 범위

기존 고시안의 검토를 위한 기준의 설정과 평가를 위해 수산과학원과 전남도, 경남도, 개발업체 합동으로 이미 수행되었던 구제물질의 현장살포 자료를 검토하고, 생물영향을 구체적으로 파악하기 위한 실험과 이를 바탕으로 고시안의 재작성을 본 정책과제의 범위로 하였다.

1. 적조구제 물질 별 현장 적용 시험

지금까지 적조구제물질을 개발한 업체 및 개발자에 의해 1999년 2월부터 2004년 12월 말 까지 수산과학원에 등록된 174건의 등록된 물질 중 10건의 현장살포시험결과를 분석하였다.

2. 해양생물에 대한 구제물질의 영향 실험

기존 고시안의 평가항목의 설정에서 다양한 항목과 장기간에 걸친 조사기간 및 조사회수의 조정을 위해 민감도가 높은 생물종의 선택을 위해 지금까지 개발된 물질을 큰 범주로 구분하여 이미 허용된 황토 및 유사물질별로 생물영향조사를 실시하였다.

생물종의 선택은 민감도가 크고 시험 검정하는 생물종이 어민 수준에서 용이하게 얻을 수 있는 종과 시험결과를 종합적으로 검정할 수 있는 종을 선택하기 위해 종합 검토한 결과 피조개 및 굴 부착기 유생을 선택하여 실험하는 것이 가장 현실성 있는 대안이었다. 대안의 선택에서 굴과 피조개의 인공채묘는 지금까지 많은 연구로 산업화가 되었고, 현재 어민 수준에서 대량 인공종묘생산이 되고 있으며, 적조 대량 발생시기가 굴 및 피조개의 자연 채묘시기와 일치하여 구제물질에 의한 영향을 직접 받을 수 있는 대표적인 종이다. 또한 어류와 달리 식물플랑크톤을 먹이로 공급해주어야 하기 때문에 구제물질의 영향은 굴 및 피조개의 치패에 직접적인 영향을 줄 뿐 아니라 먹이생물 자체에도 영향을 주게 되므로 패류 치패의 영향여부와 동시에 먹이생물의 간접적인 영향도 검증할 수 있는 이점이 있다.

3. 기존고시안의 재검토

기존 고시안의 검토는 구제물질의 현장 실용성 조사 자료와 생물영향조사결과를 바탕으로 검토하였다. 그러나 현재의 고시안은 본문과 실제 평가에 대한 세부사항

에 대해서는 많은 문제점을 가지고 있다. 이에는 고시안 제정 시 여러 의견들을 전부 수용하여 안을 만들어 백화점식으로 많은 항목의 설정과 장기간을 조사하도록 규정되어 있어 조사경비의 과다에 따라 실용화가 어려운 현실적인 문제가 있다.

구제물질을 개발한 개인과 중소기업들은 평가비용에 실제 2-3억을 요구하는 평가기관의 평가경비를 담당할 수 없는 기업의 영세성에도 문제점이 있지만 설령 평가를 받더라도 제품의 판로 등 수익의 창출이 불확실한 상황에서는 평가를 주저하게 된 결과로서 기존고시안의 문제점의 지적과 대안을 설정하고 평가비용을 추산하여 개정안을 마련한 후 2006년 6월 14일 경남 통영시 마리나리조트에서 공청회를 가져 개정안에 대한 의견을 수렴하였다.

IV. 연구개발결과

1. 적조구제 물질 별 현장 적용 시험

적조구제물질로 등록한 지역별 분포, 재료별, 등록자별 특징을 보면 적조가 전남 나로도에서 최초 발생되지만 적조피해는 경남, 부산, 울산, 경북에 주로 일어나 사회적인 필요성에 의해 영남권에서 소규모업체나 기업인에 의해 구제물질의 개발이 주도되었음을 알 수 있었다.

등록된 물질 중 13종의 현장 적용시험에서 이 중 10종을 분석한 결과 구제물질 별 차이는 있지만 살포 후 30 이내에 80% 정도의 개체수 감소가 있었고, 출현종수의 큰 변동은 없었다.

2. 해양생물에 대한 구제물질의 영향 실험

황토 외 옥광물질 (jade)과 해양기원 산업부산물인 수산화마그네슘을 이용하여 대조구와 함께 50ppm, 100ppm, 200ppm, 400ppm, 800ppm의 농도에서 피조개, 굴 치패농도를 부착기 유생 1미/1ml의 밀도로 하여 부착기질을 넣어 부착이 확인된 뒤에 부착유생의 생존율과 부착율을 측정하였다.

천연물질인 황토 및 옥광물질인 경우 저농도에서는 생존율과 부착율이 큰 차이가 없었지만 산업부산물인 산화마그네슘인 경우 저농도에서도 생존율과 부착율에 큰 차이를 나타내어 현장적용시험에서 별 문제점이 없었던 물질을 걸러내는 결과를 얻어 굴 및 피조개의 부착기 유생을 이용한 구제물질의 생물영향 평가를 합리적으로 수행할 수 있는 근거를 마련하였다.

3. 기존고시안의 재작성

기존 고시안의 구성은 본문 8조와 부칙 2항, 별지 1호 서식에 의한 신청서 및 적조구제물질의 성분분석 결과서 및 현장평가서를 첨부하여 해양수산부장관에게 신청하여 사용하도록 규정하고 있다.

기존 고시안의 골격은 그대로 유지하면서 성분분석 및 현장 실용성 평가에 미비점이 되었던 항목들과 평가 경비추산에 따라 합리적인 고시안을 재작성 하였다. 평가항목도 중요도에 따라 배점을 달리하여 인증시에 분명한 평가를 내릴 수 있도록 점수화하여 평가기준을 확립하였다.

황토 및 유사물질 생물영향조사는 피조개 및 굴의 부착유생을 선정하여 구제물질 농도별로 실험을 한 결과 영향여부를 뚜렷이 구분할 수 있었으며, 이를 바탕으로 많은 항목을 조사하지 않고도 구제물질의 영향여부를 판단할 수 있는 기준을 세울 수 있었다.

이에 따라 개발업체의 평가경비를 줄일 수 있는 구체적인 경비 산출을 하여 기존 고시안과 개정고시안의 항목별 경비를 비교하였다.

V. 연구개발결과의 활용계획

1. 주요 연구 성과

가. 고시안 개정안 작성

현 고시안의 검토 결과 평가항목 및 평가경비를 합리적으로 조정하여, 적조구제 물질을 개발한 중소기업의 사업화를 돕고, 고시안의 사문화를 지양하여 고시안이 적조현장의 구제물질의 적용으로 적조방제에 기여할 수 있는 실용적인 고시안을 재작성하였다. 현재의 사문화된 고시안의 재 고시에 기초자료로 활용할 수 있는 정책 자료 제공으로 본 수산정책과제를 성공적으로 수행하였다.

나. 연구논문 제출 및 국제, 국내학회 발표

적조방제의 하나로 현재 산업화되어 있는 황토살포에 대해서는 국내외 연구자들로부터 황토살포에 따른 해양생태계에 대한 영향 자료 및 생산 요청받고 있어, 이에 대한 구체적인 연구 성과로 적조구제물질 농도 구매에 따른 굴에 미치는 영향은 세계양식학회 및 국내외 학회에 발표할 예정으로 논문을 작성하였다.

1) 발표예정 학술지

- 국내 : 추계 한국해양학회, 수산학회, 한국유해조류연구회 학술 발표대회
- 국외 : Limnology and Oceanography 또는 World Aquaculture Society의 Aquaculture. Easthab 일본회의-11월 요코하마

2. 연구 성과 활용 계획

고시항목 종합검토에서 공청회를 거쳐 항목별 의견을 수렴한 후 고시안 수정안을 작성, 제안하였다.

현 고시안의 문제점인 평가경비의 과다에 의한 적조구제물질 인증 부진을 해결하기 위해 고시 항목 및 조사시기의 조정으로 조사기간 및 평가경비를 대폭 감소시켰다.

평가기간의 단축으로 물질개발 후 현장 사용에 대한 개발자들의 요구를 만족시킬 수 있는 방안을 도출하여 기술개발을 촉진하고 황토 대신의 적조구제 물질투여를 가능하게 할 수 있다.

SUMMARY

This study was carried out to reconstruct the notification of control materials and facilities for red tide control which was started in 2004 by Ministry of Maritime Affairs and Fisheries in Korea. The notification was a unpractical tools for the red tide control materials developers because of the high test cost and long test period. There is a great needs for adjusting the standard method for assessment to the red tide control materials in practical way to minimize the cost and period for the developer without the influencing severe effects in marine ecosystems.

In first step, we analyzed the field data which was obtained in the field under the cooperation authorities of local governments, researchers and developers in September, 2003, in south coast of Chonnam, Kyungnam Province. Second, we assayed the acute test of effectiveness of marine organisms to the red tide control materials such as red clay, the powder of jade and magnesium oxide on shellfish spat larvae of oyster and arkshell clams. With these two results, we tried to rewrite the notification in details.

We gained the results that the numbers of phytoplankton was decreased about 80% compare to the initial conditions in 30 minutes by the analysis of the field data after the spraying the materials on the sea surface but the decreased of number of species was not changed severely. In indoor experiment for the influence of red clay and jade to the spat larvae of oyster and arkshell, they didn't show any other negative effects but the magnesium oxide was severe effect to the larvae in very low concentration. As a result, we could enough to filter out the materials which has passed in the field test.

With these results, we rewrote the notification in practical way to carry out the test standard method for the application red tide control materials and facilities with an optimum level of cost and period compare the present notification.

List of Tables

Table 2-1. Color, parent rock and sampling location of the residual soils (Hwangto) used for this study	7
Table 2-2. X-ray diffraction patterns after various treatments of the clay fraction of a reddish residual soil.	9
Table 2-3. Major element analyses of the residual soils and their parent rocks	11
Table 3-1. Test concentration of control materials 'stock solution	21
Table 3-2. Variation of phytoplankton by control material 1	23
Table 3-3. Variation of phytoplankton by control material 2	24
Table 3-4. Variation of phytoplankton by control material 3	24
Table 3-5. Variation of phytoplankton by control material 4	25
Table 3-6. Variation of phytoplankton by control material 5	25
Table 3-7. Variation of phytoplankton by control material 6	26
Table 3-8. Variation of phytoplankton by control material 7	26
Table 3-9. Variation of phytoplankton by control material 8	27
Table 3-10. Variation of phytoplankton by control materia 9	27
Table 3-11. Variation of phytoplankton by control material 10	28
Table 3-12. Summary of gthe variation of phytoplankton by control material ...	29
Table 3-13. Survival rate of arkshell larvae after 4 days experiment	33
Table 3-14. Survival rate of oyster spat larvae after 4 days experiment	34
Table 3-15. Spat collection rate of oyster after 4 days experiment	35
Table 3-16. Size distribution of oyster spats in experiment concentration	36
Table 3-17. Designation Institute of control materials analysis	40
Table 3-18. Designation Institute of field test of control materials	41
Table 3-19. Criteria of marine environment water quality	43
Table 3-20. Criteria of standard method of field test	46
Table 3-21. Criteria of standard method of spray facilities	52
Table 3-22. Cost of analysis in notification by Ministry of Environment(part)	53

Table 3-23. Assumed assessment cost of present and proposed notification	54
Table 4-1 Assessment point and value	56
Table 5-1. Gradient concentration of experiment	69
Table 5-2. Survival rate of oyster spat larvae after 4 days with control materials	70
Table 5-3. Spat numbers of oyster after 4 days experiment	71
Table 5-4. Size variation of oyster spats after experiment with control materials	72

List of Figures and Photos

Fig 2-1. One loess hour lyo the x-rays diffraction analysis pattern which it follows in various control	8
Fig 2-2. X-rays example of diffraction analysis	14
Fig 3-1. Experiment water tanks for survival rate and spat collection rate of oyster and arkshell larvae	20
Fig 3-2. Regional distribution of registered developers	22
Fig 3-3. Percentage of registered materials	22
Fig 3-4. Percentage of registered developer	23
Fig 3-5. Survival rate of spat larvae of arkshell according to control materials' concentration	34
Fig 3-6. Survival rate of spat larvae of oyster according to control materials' concentration	35
Fig 3-7. Survival rate of spat of oyster according to control materials' concentration	36
Fig 3-8. Size distribution of spat of oyster after experiment	37
Photo 3-1. Experimental design for contol materials effect of oyster and arkshell spat larvae	30
Photo 3-2. Spat larvae of oyster on collection plate	30
Photo 3-3.	31
Photo 3-4. Spat larva of arkshell	31
Photo 3-5. Spat larva of oyster	32
Photo 3-6. Spat larva of oyster before adhering the collector	32
Fig 5-1. Experiment design for control materials effect of oyster and arkshell spat larvae	69
Fig 5-2. Survival rate of spat larvae of oyster according to control materials' concentration	71

Fig 5-3. Survival rate of spat of oyster according to control materials' concentration	72
Fig 5-4. Size distribution of spat of oyster after experiment	73
Photo 5-1. Experimental design for control materials effect of oyster and arkshell spat larvae	73
Photo 5-2. Spat larvae of oyster on collection plate	74
Photo 5-3. Spat oysters on collector's base	74
Photo 5-4. Spat larva of oyster	75
Photo 5-5. Spat larva of oyster before adhering the collector	75

목 차

List of Tables	VII
List of Figures	IX
제 1 장 연구개발 과제의 개요	1
제 1 절 연구개발의 목적	1
제 2 절 연구개발의 필요성	1
1. 기술적 측면	1
2. 경제·산업적 측면	2
3. 사회·문화적 측면	2
제 3 절 연구개발의 범위	3
1. 적조구제물질 인증기준 설정 및 평가(고시안 검토)	3
가. 고시안의 항목검토	3
나. 황토 및 유사물질 생물영향 조사	3
제 2 장 국내외 기술개발 현황	4
제 1 절 국내외 기술개발 현황 및 평가	4
1. 고체상(분말) 물질	6
가. 고체상(분말) 물질의 종류와 특성	6
나. 고체상(분말) 물질의 분석방법	13
2. 액상물질의 특성 및 분석	16
제 2 절 앞으로의 전망	16
1. 본 기술의 우수성과 시장 규모	16
2. 앞으로의 전망	16
제 3 장 연구수행 내용 및 결과	17
제 1 절 연구수행 방법	17
1. 적조구제물질별 현장적용 시험	17
2. 적조구제물질별 생물영향 조사	17

가. 피조개의 유생의 생존율	17
나. 굴 부착기 유생 사육실험	19
3. 적조구제물질 인증기준 설정 및 평가의 재검토	21
제 2 절 연구개발 내용 및 결과	21
1. 적조구제물질별 현장적용 시험	21
2. 해양새물에 대한 구제물질의 영향 시험	29
3. 기존 고시안의 재검토	37
가. 기존고시안의 구성	37
나. 적조구제물질·장비의 사용기준에 관한 기존 고시안 검토	38
4. 고시안의 구제물질 평가비용의 추산	53
제 4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	55
제 1 절 연구개발 목표의 달성도	55
1. 연구개발 목표	55
2. 연구개발 목표의 달성도 및 평가	55
가. 연구개발 목표의 달성도	55
나. 상기평가의 착안점에 따른 달성도에 대한 자체평가	55
제 2 절 산업발전에의 기여도	56
1. 기술적 측면에서의 기여도	56
2. 경제·산업적 측면에서의 기여도	57
제 5장 연구개발 결과의 활용계획	58
제 1 절 연구 성과	58
1. 고시안 개정안 작성	58
2. 연구논문 제출 및 국제, 국내학회 발표	66
제 2 절 연구 성과 활용계획	76
제 6 장 참고문헌	77

표 목 차

Table 2-1. 국내 지질에 따른 대표적인 황토 시료	7
Table 2-2. X-선회절분석에 의한 대표적인 황토의 광물성분	9
Table 2-3. 황토시료의 주화학성분 분석표	11
Table 3-1. 구제물질의 농도별 주입량	21
Table 3-2. 구제물질 1 살포에 따른 식물플랑크톤의 변화	23
Table 3-3. 구제물질2 살포에 따른 식물플랑크톤 변화	24
Table 3-4. 구제물질3 살포에 따른 식물플랑크톤 변화	24
Table 3-5. 구제물질4 살포에 따른 식물플랑크톤 변화	25
Table 3-6. 구제물질5 살포에 따른 식물플랑크톤 변화	25
Table 3-7. 구제물질6 살포에 따른 식물플랑크톤 변화	26
Table 3-8. 구제물질7 살포에 따른 식물플랑크톤 변화	26
Table 3-9. 구제물질8 살포에 따른 식물플랑크톤 종조성변화	27
Table 3-10. 구제물질9 살포에 따른 식물플랑크톤 종조성변화	27
Table 3-11. 구제물질10 살포에 따른 식물플랑크톤 종조성변화	28
Table 3-12. 구제물질 10종 살포에 따른 식물플랑크톤 변화 종합	29
Table 3-13. 구제물질 농도별 4일 후 피조개 부착유생의 생존율 변화	33
Table 3-14. 구제물질 농도별 4일 후 굴 부착유생의 생존율 변화	34
Table 3-15. 구제물질 농도별 4일 후 굴 유생의 부착율 변화	35
Table 3-16. 구제물질농도별 굴 부착유생의 크기변화	36
Table 3-17. 대상물질 분석 기관 지정 현황	40
Table 3-18. 현장 실용성 평가기관 지정 현황	41
Table 3-19. 해양환경 수질 기준표	43
Table 3-20. 현장실용성 평가 조사·실험방법 및 평가기준	46
Table 3-21. 구제물질 살포장비 조사실험 방법 및 평가기준	52
Table 3-22. 환경부 고시 측정수수료(일부 발취)	53
Table 3-23. 기존고시안과 개정고시안의 현장실용성 평가 비용 추산	54

Table 4-1. 평가의 착안점 및 척도	56
Table 5-1. 시험구별 희망농도 구배조절	69
Table 5-2. 구제물질 농도별 4일 후 굴 부착유생의 생존율 변화	70
Table 5-3. 구제물질 농도별 4일 후 굴 부착유생의 개체수 변화	71
Table 5-4. 구제물질농도별 굴 부착치패의 크기변화	72

그림 및 사진 목차

Fig 2-1. 한 황토시료의 각종 처리에 따른 X-선 회절분석 패턴	8
Fig 2-2. X-선 회절분석의 예	14
Fig 3-1. 굴 피조개 유생의 구제물질별 생존율 및 부착율 실험수조	20
Fig 3-2. 등록자별 지역분포도	22
Fig 3-3. 등록 재료별 분포도	22
Fig 3-4. 등록 소속별 분포도	23
Fig 3-5. 구제물질 농도별 4일 후 피조개 부착 유생의 생존율 변화	34
Fig 3-6. 구제물질 농도별 4일 후 굴 부착유생의 생존율 변화	35
Fig 3-7. 구제물질농도별 굴 유생의 부착율 변화	36
Fig 3-8. 구제물질농도별 굴 부착유생의 크기변화	37
Photo 3-1. 구제물질별 패류유생의 생존율, 부착율 실험 장치	30
Photo 3-2. 부착판에 굴 부착치패(1~2 mm)	30
Photo 3-3. 실험수조 밑면에 부착한 굴 치패	31
Photo 3-4. 부착기 피조개 각정기 유생	31
Photo 3-5. 부착기에 들어간 굴 유생의 모습	32
Photo 3-6. 족사를 내놓고 부착기질을 찾는 굴 모습	32
Fig 5-1. 부착율 실험수조 set.	69
Fig 5-2. 구제물질 농도별 4일 후 굴 부착유생의 생존율 변화	71
Fig 5-3. 구제물질농도별 굴 부착유생의 개체수 변화	72
Fig 5-4. 구제물질농도별 굴 부착유생의 크기변화	73
Photo 5-1. 구제물질별 패류유생의 생존율, 부착율 실험 장치	73
Photo 5-2. 부착판에 굴 부착치패	74
Photo 5-3. 실험수조 밑면에 부착한 굴 치패	74
Photo 5-4. 부착기에 들어간 굴유생의 모습	75
Photo 5-5. 족사를 내놓고 부착기질을 찾는 굴 모습	75

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1절 연구개발의 목적

1990년대 중반부터 남해안을 중심으로 대규모로 일어나는 적조로 인하여 막대한 피해가 매년 반복되고 있으며 이를 방지하기 위하여 매년 많은 양의 황토가 바다에 살포되고 있다.

황토의 살포양은 적조발달 정도에 따라 해마다 달라지나 10여만톤 정도가 살포되고 있으며, 이러한 살포에 대해서는 국내 및 국외에서 황토살포에 따른 생태계 영향 등이 제기되고 있으나 아직까지 뚜렷한 방제 방법이 없어 매년 적조가 일어날 때마다 반복 사용되고 있는 실정이다.

최근 이의 대안으로 많은 종류의 황토 유사물질이 개발되었고 산업부산물 등을 적조 현장에 살포하여 적조 구제 효과가 입증되었으나 아직도 생태계 영향 등 세부적으로 영향을 파악하여 적조 현장에서 사용할 수 있도록 적조구제물질 인증제를 시행하여 오고 있다.

제 2절 연구개발의 필요성

1. 기술적 측면

최근 민간업체, 연구소, 대학 등에서 황토 외에도 170여 종의 다양한 적조구제물질이 개발되었고, 해양수산부에서는 이러한 대체물질의 실용화를 위하여 적조구제물질. 장비의 사용기준(해양수산부 고시 제 2004-63호, 2004.10.12)을 마련하여 시행하고 있으나 현행 시행중인 고시는 현장 적용 평가부분에 많은 조사항목과 조사기간이 장기간으로 많은 조사용역비(2억 원 내외)가 요구되어 대부분의 소규모의 영세개발업체로서는 조사경비의 확보가 어렵고, 설령 평가를 받아 고시가 되더라도 현장에서 사용하지 않으면 사업성이 없으므로 현장 평가를 관망하고 있어 현재의 고시안은 사문화되어 가고 있는 실정이다.

따라서 현재의 복잡하고 장기간 요구되는 현장 적용 평가를 보다 단순화하고 단기화 하면서도 명확한 평가기준을 마련하여 현장 적용 여부를 명확히 평가할 수 있는 물질 및 장비의 사용기준을 합리적으로 개선할 필요가 크다.

2. 경제·산업적 측면

현행 고시에서 정한 현장 적용 평가부분의 평가항목 및 기간을 단축하면서도 명확한 기준을 제시할 수 있다면 영세 개발업체의 경제적인 이익은 물론 평가하는 주체들로서도 많은 시간 및 경비를 절감할 수 있다.

개발업체의 적조구제물질이 현장에 적용되어 실제로 적조구제에 황토 대신 새로운 물질이 사용될 수 있다면 자연소재로 최근 건강 기능성 물질로 유용성이 많은 황토 자원의 절약과 함께 산야의 경관보전에도 크게 기여하게 된다.

3. 사회·문화적 측면

황토의 사용으로 현재 적조구제로 인한 수산 피해는 대폭 감소되었지만 새로운 구제물질의 개발 필요성은 사회적으로도 크게 요구되고 있다. 특히 정치권 및 행정부에서와 전남도와 같은 지방자치단체에서도 지속적인 황토사용에 대해 부정적인 시각이 클 뿐 아니라, 이는 다른 분야의 발전에 비추어 볼 때 10여 년간 계속 사용되고 있는 황토를 대신할 물질의 개발을 촉진시켜 사회문제화 되고 있는 적조의 방제에도 기여할 뿐 아니라 적조방제에 있어서는 세계 어느 나라보다 앞서가고 있는 우리나라 적조 방제의 기술개발에 크게 기여하게 될 것이다.

1996년부터 적조구제물질로 황토가 사용되었으며, 민간업체에서 개발한 다양한 적조구제물질은 황토 이외에도 적조구제물질 실용화를 위해 2003-2004년 3차례에 걸쳐 학계 및 연구기관의 적조관련 전문가 회의를 개최하여 2004년 10월에 해양수산부에서 고시안을 제정 고시하였다.

고시안의 주된 내용은 국내외에서 개발한 적조구제 물질 및 장비를 대상으로 하며, 주요 내용은 주요 구성성분 및 중금속을 대상으로 실시하는 화학성분분석과 구제물질의 구제효율, 해양생태계 영향, 생물에 미치는 영향, 사용방법 및 경제성조사를 실시하여 그 결과를 해양수산부에 제출하면 인증하여 고시하도록 되어 있다.

일본의 경우 우리와 같이 대규모 황토살포는 없으나 점토를 사용하여 현장실험을 마친바 있고(Shirota, 1972), 미국의 경우 황토의 시험 결과 황토 내 다량의 인을 포함하고 있어 황토의 살포가 보류되고 있다. 중국이나 홍콩의 경우 황토를 살포하여 적조방제에 활용하고 있으나 우리와 같이 적조구제물질의 개발은 활발하지 못한 것으로 파악되고 있다.

제 3절 연구개발의 범위

1. 적조구제물질 인증기준 설정 및 평가(고시안 종합검토)

가. 고시안의 항목 검토

현 고시안에서 생태계의 영향을 고려하여 필수항목과 부수항목을 조정하여 항목별 우선순위를 정하여 각각 항목별 경비를 산출하였다. 적조구제물질의 성분분석 및 생물영향조사 항목에서도 항목의 중요도에 따라 배점에 차등을 정하여 각 항목별 경비를 추산하여 물질별로 구분, 생태계의 위해 정도에 따라 현 수준보다 완화 또는 강화하는 내용을 검토하였다.

나. 황토 및 유사물질 생물영향조사

지금까지 개발된 물질을 큰 범주로 구분하여 이미 고시안에서 인증된 황토를 기준으로 유사물질별로 생물영향조사를 실시하였다. 생물종의 선택은 민감도가 크고 시험 검정하는 생물종이 어민 수준에서 용이하게 얻을 수 있는 종과 구제물질의 누적 영향을 종합적으로 측정하여 위해여부를 종합적이고 합리적으로 판단할 수 있는 종을 선택하여 종합 검토하였다.

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 1절 국내외 기술개발 현황 및 평가

적조 구제물질로 대두되는 것들로써 황토와 같은 고체상과 화합물질인 액체상으로 나눌 수 있다. 고체상태로는 자연 상태에서 산출하는 흙, 점토, 암석 등과 함께 각종 산업폐기물 및 인공합성물도 있다. 이러한 고체상은 광물 및 화합물로 된 물질단위(물질명)로 이루어져 있다. 이 고체의 성질은 구성된 광물(물질)의 종류와 함량에 좌우되므로 이에 대한 분석이 매우 필요하다. 따라서 여기서는 적조구제물질의 적합성을 검토하는데 고체물질의 성질과 분석방법에 대해서 주로 기술한다. 액체 상태에 대해서는 많은 액체상의 성질과 분석방법이 잘 알려져 있기 때문에 자세한 설명은 여기서 생략한다.

현재 적조 구제물질로 가능한 형태로는 우선 고체상태 물질과 액체물질로 나눌 수 있다. 고체 상태로는 자연 상태에서 산출하는 흙, 점토, 암석 분말 등이 포함될 것이고, 그리고 산업활동에 의해 배출되는 각종 고형 산업폐기물도 있으며, 인공적으로 합성된 복합재료도 포함될 수 있다.

천연재료인 흙, 점토, 암석은 지구의 표면을 이루는 고체물질로서 인간생활에 필요한 각종 산업재료로 활용된다. 실제로 현재에 적조를 구제하는데 천연물이고 흙인 황토가 사용되고 있다. 계속해서 황토와 유사한 천연재료를 사용한 적조구제물질의 개발이 더 많이 이루어질 것으로 예상된다. 천연재료인 흙, 점토, 암석은 기본 물질단위인 광물(鑛物)로 이루어져 있다. 천연물에 포함된 광물의 종류와 함량에 따라서 그 물질의 성질이 다르게 나타나게 된다. 황토가 적조를 제거하게 하는 것도 그 속에 포함된 광물의 역할에 의한 것이다.

광물이란 무기적인 고체로서 일정한 화학조성과 일정한 결정구조를 가지고 있는 물질이라 말할 수 있다. 약 3700여종의 광물이 알려지고 있고, 이들의 각 광물은 각자의 화학성분, 결정구조, 특성을 가지고 있다. 따라서 천연재료의 성질을 이해하기 위해서는 그 속에 함유된 광물의 종류와 함량을 검토하는 것이 우선적으로 필요하다. 그러나 국내에서는 광물을 이해하는 저변인구가 매우 부족하여 고체물질의 분석에 광물성분이 등한시되는 실정이다.

우리나라 황토가 적조에 효과가 있는 것은 황토 속에 함유된 카올린나이트, 일라이트, 베타클라이트 등의 미립인 점토광물이 적조생물에 달라붙어 하부로 침강시키기 때문이다. 즉 나노에서 마이크론 단위에 해당되는 미립의 광물입자가 바닷물에서 응집되는 효과와 광물의 표면화학작용 등에 의해 적조가 침강되고 사멸되게 되는 것이다. 따라서 황토 속에 미립 점토광물이 얼마나 많이 포함되어 있는지에 따라 효과가 달라질 수 있다.

황토라도 입자가 굵고 점토광물이 적은 것은 살포량에 비해 효과가 매우 적을 것은 당연하다. 따라서 적조구제에 좋은 황토를 선택하기 위해서는 광물성분과 입도분석 등이 필요하게 된다.

화학적 성분 분석만으로는 그 속에 어떤 광물이 얼마만큼 포함되는지는 알 수가 없다. 즉, 예를 들어 다이아몬드와 흑연이 각각 포함된 시료가 있다고 할 때, 이들을 구분하기 위해서는 광물성분을 알 수 있는 X-선 회절분석으로 쉽게 구분할 수 있게 된다. 그렇지만 이 시료를 화학분석만 하였다면 구분할 수 없게 된다. 즉 이 두 광물은 화학성분이 모두 탄소로만 구성되어 있기 때문이다. 이와 같이 천연 고체물질의 성질을 알기 위해서는 가장 먼저 광물성분의 분석이 필요한 것이다. 황토도 마찬가지로 여러 광물들로 구성되어 있고, 각 광물들의 화학성분이 다르므로 화학분석만으로는 그 속에 함유된 물질의 성질을 제대로 파악할 수 없게 된다. 특히 황토에는 화학성분이 유사한 여러 가지 규산염광물이 다량 함유되어 있어 화학성분 분석으로 황토의 품질을 평가할 수 없다. 다른 모든 고체물질도 마찬가지로 물질 단위의 광물이나 화합물의 분석이 우선적으로 필요하다. 그리고 보완적으로 화학성분의 분석이 필요하다.

이러한 이유에 따라 광물질의 성분분석을 필수적으로 우선 수행하도록 하였다. 그 다음에 화학성분을 제시하도록 하였다. 광물성분 및 화학성분의 분석치는 전문기관에 의해 분석하여 총합이 거의 100% ($\pm 5\%$)에 도달되어야 한다. 이에 크게 미달될 경우는 주요 성분이 누락되든가 아니면 분석이 제대로 되지 않았음을 보이기 때문이다. 그리고 전체에 비해 함량은 적으나, 유해한 물질이 존재할 수 있기 때문에 환경기준에 있는 유해물질에 대한 성분 분석도 병행될 필요가 있다. 따라서 환경기준에 유해한 물질에 대한 분석결과를 제시하도록 하였다.

그리고 석탄회, 폐석고, 폐소석회, 슬래그 등의 폐기물도 적조구제용으로 사용될 가능성이 있다. 산업활동에 의해 생산되는 이러한 폐기물은 천연 광물질과는 달리 유해성분이 많이 함유될 수 있으므로 이들에 대해서는 구분하여 검토할 필요가 있다. 천연물질이 아니므로 환경친화성을 증명하기 쉽지 않게 된다. 따라서 폐기물인지 천연물인지를 증명할 수 있는 근거 자료의 제시가 필요하다. 고체 폐기물은 천연 광물질과 같이 여러 광물, 화합물 및 비정질 물질로 구성되므로 이들에 대해서도 물질성분 분석과 화학성분 분석이 필요하다.

1. 고체상(분말) 물질

가. 고체상(분말) 물질의 종류와 특성

(1) 황토

우리나라에서 황색 내지 적갈색 풍화토인 소위 황토는 적조구제에 보편적으로 사용되고 있다. 그러나 황토의 물질적인 측면에 대해서는 많은 사람들이 제대로 이해하지 못하고 있다. 따라서 황토가 무엇인지 그 광물성분 및 화학성분에 대해 기존 문헌(황진연 외, 1999; 2000; 2000)을 참고하여 아래와 같이 기술한다.

(가) 황토의 정의 및 산출상태

黃土의 용어는 크게 두가지의 의미로 사용되고 있다. 우리나라에서 일반적으로 널리 사용되는 의미로서는 “빛깔이 누르고 거무스름한 흙” (국어사전)을 말한다. 즉 우리 주변에서 쉽게 볼 수 있는 황색 내지 적갈색을 띠는 흙을 말한다. 최근에 유행하는 황토방, 황토침대 등에 이용하는 황토의 의미가 여기에 해당된다. 황토의 또 다른 의미는 학술적으로 알려진 것으로 “바람에 의해 운반되어 퇴적된 담황색 내지 황회색을 띠는 실트질 퇴적물(Loess)”를 말한다(地學事典). 즉 풍성퇴적물의 의미인 이러한 황토의 특징은 균질하고 0.05-0.005mm인 미사(silt)가 50%이상 이 되고 일반적으로 탄산염의 결핵체를 포함하고 있다. 이것은 중국북부, 유럽, 북미, 뉴질랜드 등 널리 분포하고 있다. 그러나 우리나라에는 이러한 것은 잘 발견되지 않는다. 한자를 사용하는 중국이나 일본에서는 “黃土”라고 하면 모두 풍성퇴적물로서의 의미로 생각하고 있기 때문에 이들 외국인에게는 오해가 없도록 용어사용을 잘 해야 한다. 전술했듯이 우리나라에서 불리워지는 황토는 가까운 산에서 쉽게 볼 수 있는 황색 내지 적갈색의 풍화토를 말하며 특수한 장소에 퇴적된 풍성퇴적물(Loess)을 말하지는 않는다. 우리나라의 황토는 암석이 화학적 풍화작용을 받아 변질되어 토양화되는 과정에 형성되는 풍화잔류토(풍화토)를 말한다. 이러한 황토는 풍화산물이므로 본래 암석의 종류와 풍화정도에 따라 색, 성분, 물리화학적 성질 등이 다양하게 나타날 수 있다. 따라서 황토의 이용에 앞서 이러한 점을 이해해야 할 것이다. 이하에서는 황토의 용어를 일반인들이 말하는 풍화토로서의 황토로 기술한다.

황토는 우리나라 거의 전역에서 쉽게 발견할 수 있는 것으로 우리의 기후조건하에서 암석이 풍화된 잔류토양으로 토양단면의 B층 토양에 주로 해당된다. 모암의 종류와 장소에 따라 산출상태가 다르지만 일반적으로 지표면에서 유기물을 다량 함유한 것 일수록 검은 색을 띠고, 풍화작용이 덜 진행된 약간 깊은 부분에서는 황색에 가까운 색을 띠는 경향이 있다. 황토의 일반적인 토양단면은 유기물을 포함하는 암석의 표토층을 제외하고는 상부에 적갈색을 띠는 부분과 그 아래에 담황색 및 황갈색을 띠는 부분이 나타나고 그 아래에 풍화암 및 경질 모암의 순서로 나타난다. 아래의 표에 국내 지질에 따른 대표

적인 황토 시료의 색과 산출지를 표시하였다. 이러한 적황색 토양 소위 황토는 비교적 전국적으로 고르게 분포하지만, 고지대 및 급경사지, 하천 등에는 잘 나타나지 않는 경향을 보인다. 지역적으로는 경기, 충남, 전북, 전남의 서해안 지역에서 황토의 두께 및 분포 면적이 크게 나타나며, 반면에 강원 및 경북의 동해안 지역에서는 황토의 발달이 비교적 빈약하게 나타난다. 지질에 따른 황토의 산출상태는 화강암, 편마암, 석회암 지역에서 대체적으로 잘 발달하고, 반면에 퇴적암층, 산성 화산암 지역에서는 미약하게 나타났다.

Table 2-1. 국내 지질에 따른 대표적인 황토 시료

Table 1. Color, parent rock and sampling location of the residual soils (Hwangto) used for this study.

Sample No.	Color	Parent rock	Location	
JGA-1	Reddish brown (2.5YR 4/8)	Jurassic granite	Nam-Myeon, Yeongi-Gun,	
JGA-2	Yellowish brown (10 YR 6/4)		Chungcheongnam-Do	
JGB-1	Reddish brown (5YR 4/6)		Geungu-Myeon, Gimje- Gun,	
JGB-2	Yellowish brown (7.5YR 5/8)		Jeonlabuk-Do	
JGC-1	Reddish brown (2.5YR 4/8)		Bongsan-Myeon, Damyang-Gun,	
JGC-2	Orange (5YR 6/8)		Jeonlanam-Do	
JGD-1	Bright brown (7.5YR 5/8)		Jucheon-Myeon, Namweon-Gun,	
JGD-2	Orange (7.5YR 6/8)		Jeonlanam-Do	
CGE-1	Brown (7.5YR 4/6)		Cretaceous granite	Dongmyeon-Myeon, Chilgok- Gun,
CGE-2	Yellowish brown (10YR 5/6)			Gyeongsangbug-Do
CGF-1	Brown (7.5YR 4/6)	Samnam-Myeon, Ulju-Gun,		
CGF-2	Bright brown (7.5YR 5/8)	Gyeongsangnam-Do		
MA-1	Reddish brown (2.5YR 4/8)	Precambrian gneiss & schist	Jeongan-Myeon, Gongju-Gun,	
MA-2	Yellowish brown (10YR 6/4)		Chungcheongnam-Do	
MB-1	Reddish brown (2.5YR 3/6)		Simweon-Myeon, Gochang-Gun,	
MB-2	Orange (2.5YR 6/8)		Jeonlabuk-Do	
MC-1	Reddish brown (2.5YR 4/8)		Hadong-Yeub, Hadong-Gun,	
MC-2	Yellowish brown (10YR 5/4)		Gyeongsangnam-Do	
MD-1	Reddish brown (2.5YR 4/8)		Namjong-Myeon, Gwangju-Gun,	
MD-2	Yellowish brown (10YR 7/6)		Gyeonggi-Do	
SA-1	Brown (7.5YR 4/6)		Cretaceous sedimentray rock	Gunwi-Yeub, Gunwi-Gun,
SA-2	Yellowish brown (10YR 6/6)			Gyeongsangbug-Do
SB-1	Reddish brown (5YR 3/6)	Gunbuk-Myeon, Haman-Gun,		
SB-2	Bright brown (7.5YR 5/6)	Gyeongsangnam-Do		
SC-1	Reddish brown (5YR 3/6)	Nadong-Myeon, Jinju-Si,		
SC-2	Bright brown (7.5YR 5/4)	Gyeongsangnam-Do		
VA-1	Brown (7.5YR 4/6)	Cretaceous volcanic rock	Gwanchon-Myeon, Ymsil-Gun,	
VA-2	Orange (7.5YR 6/8)		Jeonlabuk-Do	
VB-1	Bright brown (7.5YR 5/8)		Simweon-Myeon, Gochang-Gun,	
VB-2	Orange (7.5YR 6/8)		Jeonlabuk-Do	
LA-1	Reddish brown (2.5YR 4/8)	Paleozoic limestone	Maepo-Yeub, Danyang-Gun,	
LA-2	Yellowish brown (7.5YR 5/8)		Chuncheongbuk-Do	
LB-1	Reddish brown (2.5YR 3/6)		Yeongchun-Myeon, Danyang-Gun,	
LB-2	Yellowish brown (7.5YR 5/8)		Chungcheongbuk-Do	

(나) 황토의 구성광물

황토는 공극에 포함되는 물과 공기를 제외한 고체의 대부분이 광물로 구성되어 있다. 물론 고체 중에는 아직 광물이 되지 못한 비정질 물질도 소량 포함될 수 있으며, 식물의 뿌리와 박테리아와 같은 미생물이 포함될 수 있지만, 이러한 물질들은 황토 전체로 볼 때 그 비율은 극히 적다. 따라서 황토의 구성물질은 주로 광물이라고 볼 수 있다. 황토의 구성광물은 석영, 장석, 점토광물, 산화철광물, 깃사이트 등으로 여러 가지 종류를 포함하며, 그 산출지점에 따라 광물종과 그 함량이 다르다. 주로 적색을 띠는 것은 소량의 산화철광물에 기인되는 경우가 많다. 이 중에서 점토광물이 일반적으로 가장 많은 함량을 나타내며, 점토광물로는 버미클라이트, 카오린광물, 일라이트 등의 여러 종류가 포함된다. 대략적으로 측정된 점토광물의 함량은 60-80% 정도에 이르는 것으로 보인다.

이러한 황토의 구성광물에 대한 종류와 함량 분석은 X-선회절분석기를 통하여 가능하게 된다. 아래의 그림과 같이 시료에 따라 다양한 X-선 회절패턴을 보이고, 약품처리 및 가열 등을 행하여 그 변화에 대한 X-선회절선을 조사하여 정확한 광물명을 식별할 수 있다.

Fig 2-1. 한 황토시료의 각종 처리에 따른 X-선 회절분석 패턴

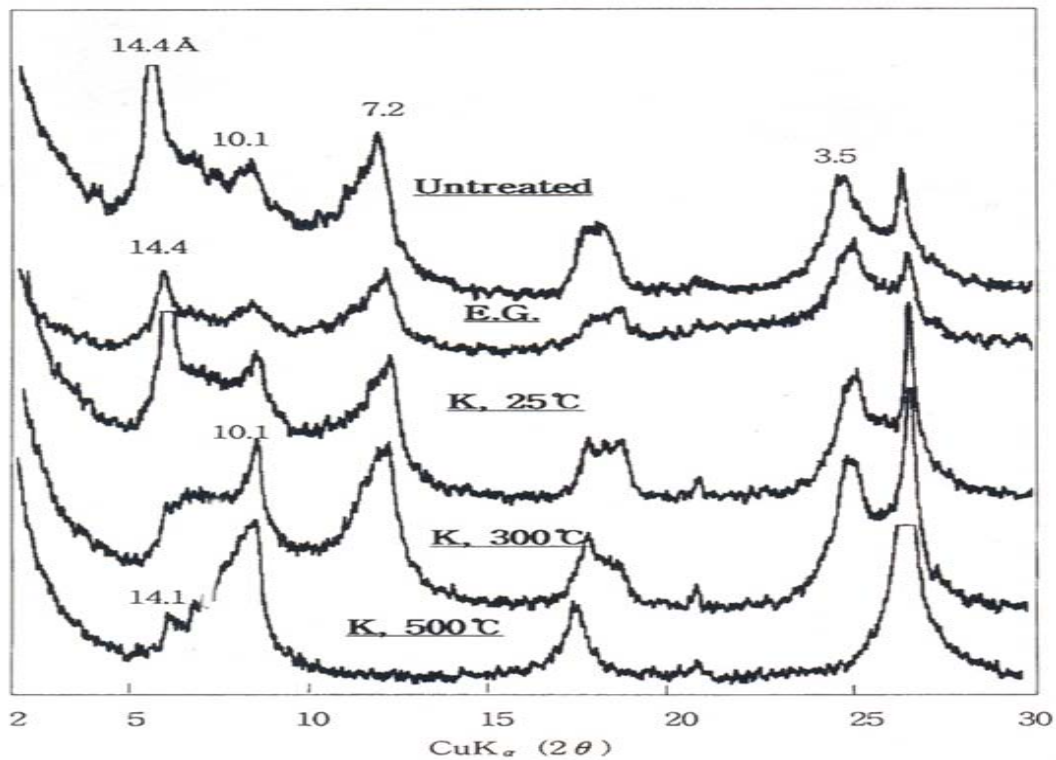


Fig. 1. X-ray diffraction patterns after various treatments of the clay fraction of a reddish residual soil.

이러한 방법으로 시료를 분석하면 전체적인 광물성분을 알 수 있다. 아래의 표에서는 대표적인 황토 시료의 광물성분을 나타냈다.

Table 2-2. X-선 회절분석에 의한 대표적인 황토의 광물성분

Table 2. Mineralogy of the residual soils.

Sample No.	Qtz	Fd	Am	Kao	Ill	14Å	12Å	Gt	Gb
JGA-1	++	+		+++	+			+	
JGA-2	++	++		+++	++		+	+	
JGB-1	+++	+		+++	+	+	+	+	
JGB-2	++	++		++		+	++	+	
JGC-1	++			+++	+			+	
JGC-2	++	+		+++	+	++	+		
JGD-1	++	++		++	+	+		+	
JGD-2	++	+++		++	+		+		
CGE-1	+++	++	+	+		+		+	
CGE-2	++	++	+	+		+			
CGF-1	++	++		++	+	+	+	+	
CGF-2	++	+++		+	+	+	+	+	
MA-1	+++	+		++	+	+		+	
MA-2	++	++		++	++	++		+	
MB-1	++	+		++	+	+		+	
MB-2	++	++		++	+			+	
MC-1	++	+		+++	+	+	+	+	++
MC-2	++	+		+++	++	+	+	+	
MD-1	++	+		+	++	+		+	+
MD-2	++	+		+	++	+			
SA-1	++++	+		+	+	+		+	
SA-2	++++	+++			+				
SB-1	+++	+		+	++	++		+	
SB-2	++	++		+	++	+		+	
SC-1	+++	+		+	+	+	+	+	
SC-2	++	+		++	+	+	+		+
VA-1	+	+++	+	+		+++		+	
VA-2	+	+++	+	+	+	+++			
VB-1	++++	+		+	+	+		+	
VB-2	++++	++		+	+	+			
LA-1	+	+		+	++	+		+	+
LA-2	++	+		+	++	+		+	
LB-1	+	+		+	+	+		+	
LB-2	++	+		+	++	+		+	

Qtz; quartz, Fd; feldspar, Am; amphibole, Kao; kaolin mineral, Ill; illite and mica, 14Å; 14Å-clay mineral, 12Å; 12Å-clay mineral, Gt; geothite, Gb; gibbsite

본래의 모암에 포함된 장석 및 운모 등의 광물이 화학적 풍화작용을 받으면 일반적으로 카올린광물, 일라이트 등의 점토광물로 변하기 때문에 황토에는 점토광물이 많이 포함된다. 이러한 점토광물은 비교적 많은 함량을 차지할 뿐만 아니라 다른 광물에 비해 주변 환경에 대한 반응성이 매우 높은 물질이기 때문에 황토에서 나타나는 대부분의 물리화학적 특성은 주로 이 점토광물에 의해 기인되는 것으로 생각된다. 즉 점토광물의 특성인 미립성, 가소성, 이온교환성, 흡착성, 촉매성, 현탁성 등에 의해 그 성질이 여러 가지 다르게 나타난다.

적갈색의 토양이 황색의 토양에 비해서 석영과 장석의 함량이 적으며, 점토광물의 함량이 더 많은 것으로 나타났다. 적갈색 토양에서의 점토광물은 카오린광물의 함량이 가장 많고, 황색토에 비해 버미클라이트의 함량이 높게 나타났다. 황색토에서는 적갈색토에 비해 일라이트의 함량이 높게 나타났다. 화강암과 화강편마암 지역 토양의 점토광물은 카오린광물의 상대함량이 매우 높게 나타났고, 석회암과 퇴적암 지역에서는 일라이트의 상대함량이 비교적 높게 나타났다. 카오린광물로는 카오리나이트와 할로이사이트가 같이 포함되는데, 적갈색토에서 카오리나이트가 많고 상대적으로 황색토에는 할로이사이트가 다량 나타난다. 이와 같이 황토의 산출지점에 따라 구성광물 성분이 상당히 다르게 나타난다. 따라서 황토의 품질과 성질을 검토하기 위해서는 이러한 광물성분 분석이 매우 필요하다.

(다) 황토의 화학성분

황토의 화학성분은 황토의 특성을 이해하는데 광물성분에 비해 별로 중요하지 않다. 왜냐하면 대부분의 화학성분들이 광물의 구조를 만들고 있기 때문이다. 고체물질의 성질을 파악하는데 보완적으로 화학분석이 필요한 경우가 있다. 아래의 표에서는 일부 황토 시료에 대해 X-선 형광분석을 통하여 주 화학성분을 분석한 결과를 나타냈다.

석회암과 백악기 퇴적암지역을 제외한 대부분 황토의 주 화학성분은 SiO_2 50-65%, Al_2O_3 16-24%, Fe_2O_3 4-9%, MgO 0.6-2.5%, K_2O 1-3%, H_2O 5-15%의 범위로 나타내고 다른 성분은 소량을 포함된다. 보통 적갈색 토양의 하부에 산출하는 황색토의 성분은 모암에 가까운 함량을 나타낸다. 적갈색토는 황색토에 비하여 Al_2O_3 , Fe_2O_3 , H_2O 가 다소 많으며, 반면에 CaO , MgO , K_2O , Na_2O 가 다소 적게 함유된다. 미량성분분석에 있어서 적갈색토의 성분은 모암의 종류에 따라 큰 차이 없이 비슷한 패턴을 나타내었다. 미량화학성분도 모든 황토에 포함되며, 황토 시료에 따라 함량이 다르게 나타난다. 전체적으로 보면 적갈색이 강한 황토에서는 Co, Ni, Cu, Rb, Y, Nb, Cs, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Dy, Pb, 의 함량이 약 10ppm이상으로 다른 원소에 비해 많이 포함되었다. 그러나 담황색 내지 황갈색의 황토는 모암의 종류에 따라 더 많은 성분의 함량 차이를 나타낸다.

Table 2-3. 황토시료의 주 화학성분 분석표

Table 4. Major element analyses of the residual soils and their parent rocks.

(unit: wt. %)

Sample	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	L.O.I.	Total
JGB-1	54.43	16.60	8.82	1.06	0.12	2.63	2.91	2.94	3.46	0.79	6.25	100.01
JGB-2	62.81	20.31	4.37	0.56	0.06	0.88	2.01	1.73	1.23	0.02	6.02	100.00
JGB-R	74.04	14.46	0.15	0.00	0.00	0.07	0.07	10.17	0.88	0.00	0.25	100.09
CGE-1	70.55	15.11	4.28	0.64	0.05	0.76	0.97	3.49	1.38	0.02	3.08	100.33
CGE-2	63.65	18.82	4.81	0.59	0.08	1.40	1.32	3.34	2.13	0.02	3.78	99.94
CGE-R	68.02	15.70	2.72	0.34	0.06	2.34	0.85	4.01	3.55	0.13	2.32	100.04
MA-1	63.99	18.41	4.30	0.52	0.03	0.05	0.99	4.45	0.37	0.05	6.86	100.02
MA-2	61.30	17.78	8.55	0.87	0.05	0.03	0.80	1.73	-0.05	0.06	4.94	96.06
MA-R	61.82	24.13	7.58	0.84	0.06	0.15	1.09	3.51	0.18	0.08	0.52	99.96
MC-1	52.35	24.02	9.66	1.09	0.07	0.17	1.36	2.31	0.18	0.13	8.62	99.96
MC-2	53.56	20.83	8.50	0.92	0.09	0.08	1.63	2.93	0.18	0.15	11.08	99.95
MC-R	61.92	18.39	6.57	0.89	0.06	4.43	2.18	2.04	3.24	0.20	0.06	99.98
SA-1	74.15	13.65	3.50	0.60	0.02	0.64	0.90	2.28	1.17	0.02	3.15	100.08
SA-2	76.47	13.71	1.41	0.28	0.01	0.99	0.48	2.45	2.25	0.01	1.95	100.01
SA-R	80.21	11.82	0.59	0.13	0.01	0.80	0.31	2.40	2.82	0.02	0.87	99.98
SB-1	65.05	16.06	6.37	0.93	0.07	0.15	2.47	2.93	0.38	0.04	5.72	100.17
SB-2	60.76	18.40	7.60	0.88	0.08	0.14	2.95	4.29	0.28	0.05	4.64	100.07
SB-R	52.56	15.11	5.96	0.64	0.07	7.80	3.59	3.87	0.68	0.18	9.54	100.00
VB-1	72.04	15.18	2.78	0.43	0.06	0.06	0.62	4.14	0.22	0.02	4.44	99.99
VB-2	69.64	17.20	2.46	0.28	0.06	0.11	0.49	4.82	1.34	0.02	3.54	99.96
VB-R	77.34	13.20	1.04	0.06	0.02	0.10	0.26	5.29	1.17	0.01	1.54	100.03
LA-1	43.24	24.41	12.04	0.76	0.09	1.38	2.71	3.10	0.01	0.11	10.89	98.74
LA-2	57.58	19.69	8.26	0.85	0.06	0.15	1.97	5.08	0.00	0.09	5.57	99.30
LA-R	1.13	0.76	0.50	0.03	0.01	31.93	20.55	0.16	0.02	0.02	44.89	100.00

Fe₂O₃: Total Fe, L.O.I.: Loss of ignition, R: Fresh rock

(라) 황토의 특성과 활용

오래 전부터 황토는 고가옥의 벽, 바닥, 부엌아궁이 등의 건축재료, 적벽돌, 토기 및 기와의 요업원료, 논외 객토용 즉 토양개량제, 양어장 바닥, 외양간 바닥 깔개 등으로 이용되고 있다. 최근에는 고급아파트의 바닥 및 벽재, 황토욕탕, 황토침대, 황토방석, 의약용, 적조제거용 등 그 용도가 갈수록 다양해지고 있다. 황토의 이러한 용도는 전술한 바와 같이 황토의 주구성물질인 광물의 성질에 기인된다. 광물 중에서도 가장 많은 함량과 특성을 가지는 점토광물에 관계된다는 것은 쉽게 알 수 있다.

건축 재료와 요업원료로의 사용은 황토에 포함된 점토광물의 가소성과 소성고결의 성질을 주로 이용한 것이다. 물고기 양식에 있어 어병의 예방 및 치료에 이용한 것과, 의약용의 사용(류도옥, 1995) 등은 점토광물의 흡착성 및 이온교환성이 큰 역할을 하는 것으로 점토광물이 체내에 들어가서 세균 및 노폐물을 흡착 혹은 이온교환을 하여 배설하게 되기 때문으로 생각된다. 왜냐하면 카오린광물과 스멕타이트 등의 점토광물은 이러한

특성을 이용하여 이미 오래전부터 위장약 등의 내복용 약품으로 사용하고 있기 때문이다(倉林三郎, 1980). 물론 고품질을 위하여 천연의 점토광물을 고순도로 정제를 하던지 인공합성하여 만든 것을 현대 의약품에 사용하고 있다.

적조의 제거에 이용된 황토의 역할에 대해서는 아직 직접 확인하지는 못하였지만 주로 점토광물의 흡착 및 응집현상 즉 표면화학적 작용과 분산-응집 특성에 기인하는 것으로 생각된다. 왜냐하면 점토광물 이외의 석영, 장석, 산화철광물 등의 다른 물질로는 이러한 현상을 설명하기 더욱 어렵기 때문이다.

(2) 맥반석 등의 암석

맥반석과 같은 암석들도 그 종류에 따라 구성 광물종이 다르고 화학성분도 다르게 나타난다. 전술한 황토와 같이 암석들로 다양한 광물성분을 가지고 있고 그에 따라 성질이 다르게 나타난다. 따라서 천연 고체물질에 대해서는 앞에 제시한 분석 내용이 필요하게 된다.

맥반석은 옛날 중국에 있어서 약효가 있는 약석으로써 알려져 이용되어온 암석이다. 이와 같이 맥반석은 학술용어가 아닌 일종의 약제명 혹은 상품명으로 일반적으로 불리워지고 있다. 지금부터 약 380년 전에 중국의 명나라시대에 한방약학의 대가인 李時珍이 펴낸 “本草綱目”이라는 한방약의 권위서에 맥반석의 성질과 효능에 대해 설명되어 있으나, 일반적인 한 암석의 종류에 해당되며 학술적으로 정의된 바가 없으므로 다양한 범위의 암석이 포함될 때도 있다. 일반적으로 맥반석이라고 하는 것들은 담회색, 암록색, 담록색 등의 색깔을 띠며, 백색의 반정을 가지는 것이 많으나 반정이 나타나지 않는 것도 가끔 포함되기도 한다. 백색 반정은 사장석 이 대부분을 차지하고, 그 이외에 석영과 각섬석의 반 정도 소량 포함된다. 여기의 장석들은 부분적으로 견운모 등으로 변질되어 있기도 하다. 석기에는 세립의 석영과 장석이 주로 구성되고 드물게 흑운모와 각섬석 등이 보이며 유색광물들은 녹니석으로 변질되어 나타난다. 일반적으로 석영과 장석이 우세하게 나타나며 그 이외에는 녹니석, 견운모, 고령석 등의 점토광물이 상당량 함유되지만, 산출지점에 따라 이러한 광물성분이 다르게 되며, 또한 화학성분도 다르다.

화강암, 응회암, 셰일, 편마암, 석회암 등의 천연의 모든 암석들과 흙, 점토 등도 다양한 광물성분으로 구성되어 있고, 그 성분이 다르기 때문에 명칭들도 여러 가지로 구분되어 있는 것이다. 따라서 천연의 모든 고체물질은 광물성분의 분석이 필수적이다.

(3) 폐기물 및 인공생성물질

많은 산업폐기물이 배출되어 그 처리 문제가 크게 대두되고 있다. 이에 따라 이러한 폐기물을 재활용하는 측면에서 적조구제 물질로 이용하고자 하는 시도가 많은 것으로 보인다. 석탄회, 폐석고, 폐소석회, 슬래그 등의 고체 폐기물은 대부분이 광물로 구성되어 있

어 전술한 천연 재료와 같이 취급하여 물질 및 화학성분의 분석이 필요하다. 그리고 폐기물이 아닌 각종 인공합성물질도 포함될 수 있다. 이러한 폐기물 및 인공생성물질에는 광물 이외에도 여러 가지 화합물과 유기물질도 포함될 수 있으므로 이에 대한 분석치의 제시가 필요하다. 만약 다른 물질의 분석이 이루어지지 않는다면 분석치의 총합이 100%에 못 미치게 될 것이다. 폐기물은 각 산업별로 종류가 매우 많고, 유해한 성분이 함유될 가능성이 매우 높다. 또한 이러한 인공적 생성물질은 자연친화적이라 볼 수 없으므로 더욱 신중한 평가가 필요하다. 따라서 유해물질의 분석과 폐기물의 혼합량, 공급처 등의 자료의 제시가 필요하다.

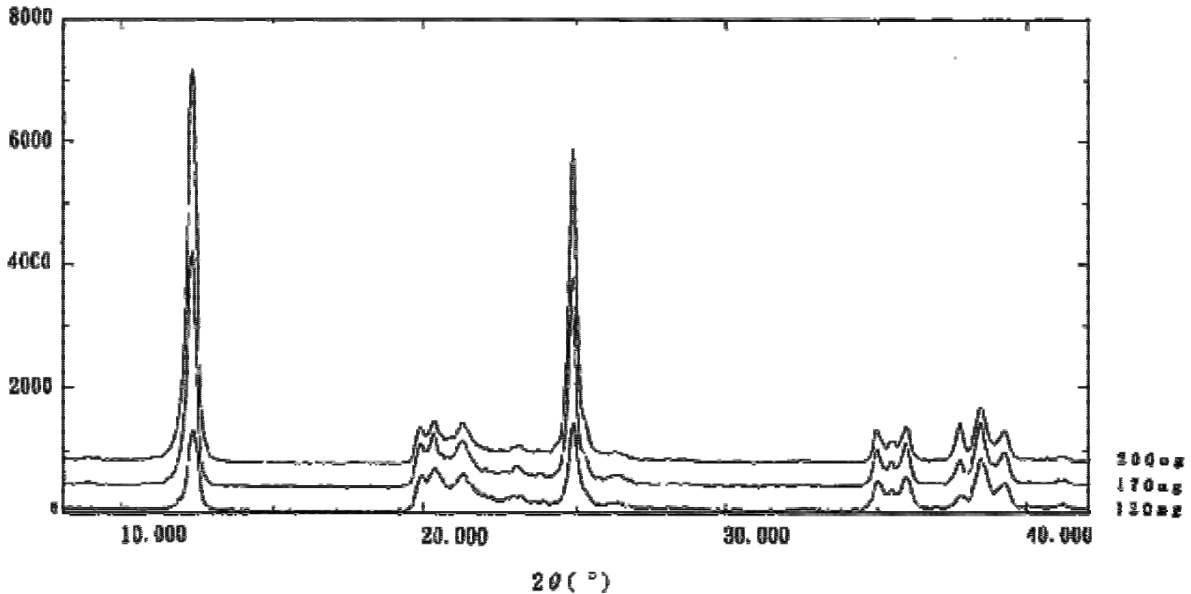
나. 고체상(분말) 물질의 분석방법

(1) X-선 회절분석

X-선 회절분석은 고체물질의 물질(광물 및 화합물) 성분 분석에 매우 효과적이고 가장 보편적으로 사용된다. 이는 시료에 X-선을 쬐어서 물질의 격자 내에 회절을 일으켜 내부의 원자배열구조를 파악하는 것이다. 광물(물질)마다 각자 일정한 원자 배열구조를 가지고 있기 때문에 X-선 회절분석을 통하여 이를 구분할 수 있다. 즉, 광물(물질)의 종류를 식별할 수 있으며, 각 함유량도 파악할 수 있다. X-선 회절분석에는 단결정법과 분말법이 있는데 여러 복합 물질을 분석하는 데는 분말법을 사용한다. 모든 고체물질을 분말로 만들면 X-선회절분석이 가능하다. 아래에는 X-선회절분석의 원리에 대해 간단히 설명한다.

X-선이 결정내의 질서 있게 배열된 입자에 의해 산란되며 산란복사선 간에 간섭이 일어난다. 이것은 산란중심들 사이의 거리가 복사선의 파장크기와 같은 자리의 수이기 때문이다. 이 결과 회절이 생긴다. W.L.Bragg에 의해 도출된 Bragg 식은 X-선의 입사각 θ 가 $\sin\theta=n\lambda/2d$ 의 조건을 만족시키면 결정에서 반사되어 나온다는 것을 말해 준다. 여기서 λ 는 X-선의 파장이고 d 는 격자면 간격이다. 이러한 식을 통하여 격자면 간격을 알 수 있게 되고 물질의 결정구조를 파악할 수 있게 된다. 아래의 그림은 Kaolinite 광물의 회절패턴을 나타냈다. 이와 같이 광물의 종류에 따라 독특한 회절선을 나타내기 때문에 사람의 지문과 같이 물질을 식별할 수 있게 된다.

Fig 2-2. X-선 회절분석의 예



또한 회절선의 세기와 표준시료의 세기를 비교하면 혼합결정의 정량분석이 가능하다. 정량분석은 주로 상업화된 X-선 회절분석용 프로그램을 사용하면 편리하게 분석할 수 있다.

(2) 주 화학성분 분석

고체물질의 화학성분 분석법은 습식법과 건식법이 있으며, 습식법은 고체물질을 용매를 이용하여 액체상태로 만들어 성분 분석하는 것으로서, 직접 화학실험을 통하여 여러 과정을 거쳐 분석하는 경우도 있으나 현재로는 이러한 방법은 잘 사용하지 않고, 주로 기기를 활용하여 분석한다. 고체를 액체화시킨 것을 원자흡광분광분석기(Atomic Absorption Spectrometer, AA), 유도결합플라즈마분광분석기(Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer, ICP-MS) 등의 여러 기기를 사용하여 분석할 수 있다. 분말상태로 분석할 수 있는 것으로는 형광X-선분석법(X-ray fluorescence spectrometry)이 가장 보편적으로 이용되고 있다.

형광X-선분석법은 여러 가지 분석방법 중에서 시료를 용액으로 처리하지 않고도 분석할 수 있고 원자번호 7번인 불소(F)에서 원자번호 92번인 우라늄(U)까지 전 원소를 미량까지 정확하게 분석할 수 있다.

주화학성분 분석은 퍼센트 단위의 함량에 대해 분석하여 전체 총합이 100%에 근접하게 분석하는 것이다. 즉 물질의 주요 화학성분을 말하며, 미량성분과는 대비된다. 이러한 분석은 한국기초과학지원연구원 등의 여러 기관에서 대행하고 있다.

(3) 유해성 원소 및 화합물 분석

중금속과 같은 원소는 지표에서 대부분 미량으로 검출되기 때문에 분해성이 뛰어난 분석장비가 필요하다. 이러한 장비로는 유도결합플라즈마 질량분석기(ICP-MS)와 원자 흡광 분광기(AA) 등이 있으며, 암석 및 토양내의 미량원소의 정량에 많이 사용되고 있다. 특히 일반적으로 알려져 있는 카드뮴, 구리, 비소, 수은, 납, 6가크롬, 아연, 니켈, 불소 등에 대해서는 함량을 정확히 분석하고 그 영향에 대한 검토가 필요하다. 이러한 유해성분의 분석에 대해서는 많은 기관에서 다양한 기기를 활용하여 분석하므로 쉽게 분석치를 얻을 수 있다.

액체 및 기체크로마토그래피와 원소분석기 등을 통하여 특이한 화합물과 유해성 유기물질의 분석도 가능하다. 기체크로마토 그래피는 휘발성 유기물질을 기화시켜 칼럼을 통과함으로써 물질의 정성 및 정량 분석하는 분석 장비로 유기 환경오염물질 분석과 생체 고분자 물질 유기 화합물 분자량 측정 등에 주로 이용되고 있다. 원소 분석기는 시료를 섭씨 1150℃ 정도의 고온에서 연소하여 각종 원소를 함유한 가스로 분해하고 이를 측정하여 원소의 종류와 함량을 알아내는 장비이다. 이 기기에서 분석할 수 있는 원소들은 C, H, N, S, O 등이다.

(4) 입도분석

적조구제에 황토를 살포할 경우에 황토 속에 입자가 굵은 것들은 효과를 발휘하지 못하고 빨리 침강하게 된다. 따라서 입자가 큰 황토는 효율성도 낮으며 해저에 많은 퇴적물을 형성하게 되어 해저 환경에 악영향을 미칠 수도 있다. 그러므로 입자의 검토도 매우 필요하다. 일반적으로 입자는 자갈크기, 모래크기, 실트크기, 점토로 나누어진다. 일반적으로 직경 2mm 이상의 것을 자갈이라 하고 그 이하가 모래가 된다. 2미크론 이하를 점토라 하고 그 이상을 실트라 한다. 입자는 가급적 점토 이하로 작은 것일수록 좋을 것이다.

입도의 분석에는 표준체를 이용하는 체분석이 있으며, 비중을 이용한 방법과, 레이저 빔을 이용한 기기분석 등으로 다양한 방법이 있다. 비중에 의한 방법으로는 No.200체를 통과한 미세 입자가 많으면(약 10%이상) 체분석만으로는 흙의 입도 분포를 파악하기에 부족하다. 이때에는 No.200체 통과분에 대하여 Stokes의 법칙을 이용한 비중계 분석을 실시하여 입도분포를 간접적으로 구한다. 즉, 흙 입자가 섞인 현탁액에서 시간의 경과에 따라 흙 입자의 크기 순서대로 가라앉아서 현탁액의 농도가 변하므로, 현탁액의 비중을 측정하면 흙의 입경과 그 분포를 알 수 있다. 실트와 점토가 대부분인 흙에서는 비중계 분석만으로도 입도분포 곡선을 구할 수 있다.

2. 액상 물질의 특성 및 분석

고체물질의 분석에서 설명한 유도결합플라즈마 질량분석기와 액체 및 기체크로마토 그래피 등을 이용하면 액체 내에 포함된 원소 및 화합물의 분석이 가능하다. 액체의 종류 및 성질이 매우 다양하므로 개발된 물질 종류에 따라 분석방법도 많기 때문에 고체물질의 분석 방법을 준하여 분석하고 결과를 제출할 수 있다.

제 2절 앞으로의 전망

1. 본 기술의 우수성과 시장 규모

현행 적조구제물질·장비의 사용 기준 고시안에 대한 현장평가의 기간과 항목이 조정되어 적조구제물질을 개발한 중소기업이나 개인의 사업기회가 확대되고, 황토 대신 개발한 물질의 사용으로 적조 방제가 가능하여 황토자원의 절약은 물론 새로운 기준안의 적용으로 적조 외에도 기타 해양생태계 영향을 측정할 수 있는 새로운 기술을 확립하였다.

2. 앞으로의 전망

현행 적조구제물질·장비의 인증 기준에 대한 현장평가 비용이 기존의 1/4 수준으로 조절되어 소규모 개발업체의 사업화는 물론 일본이나 미국 등 전 세계적으로 일어나는 적조방제에 대한 물질 개발 시 본 과제에서 얻어진 피해영향조사 방법은 널리 이용될 수 있다.

제 3 장 연구수행 내용 및 결과

제 1 절 연구수행 방법

1. 적조구제 물질별 현장적용 시험

적조구제물질을 바다에 살포 시 생물에 대한 영향은 여러 가지로 나타날 수 있는 점을 감안하여 적조생물의 구제와 동시에 해양생물에는 영향이 적을수록 현장적용성은 커지게 된다. 각 생물에 대한 영향을 장기간에 걸쳐 추적하여 세밀한 경향을 파악하여야 하나 본 용역에서 단기간의 정책과제로서는 충분하지 못하나 2003년 9월 구제물질 개발자들과 수산과학원에서 현장 적용실험을 한 결과를 바탕으로 현장 적용평가의 기준을 재조정하는데 기본자료로 사용하였다.

2. 적조구제 물질별 생물영향조사

지금까지 개발된 물질을 큰 범주로 구분하여 이미 고시안의 공포시 부칙으로 허용된 황토와 2003년 9월 현장조사에서 조사한 구제물질 중 광물질과 산화마그네슘을 대상으로 생물영향조사를 실시하였다. 생물종의 선택은 민감도가 크고 시험 검정하는 생물종이 어민 수준에서 용이하게 얻을 수 있는 종과 정밀한 검정을 필요로 하는 피조개와 굴을 선택하여 종합 검토하였다.

시험장소의 선정은 전남 여수시 화양면 안포리 소재 민간 패류종묘 배양장에서 피조개 및 굴 채묘를 하는 배양장의 시설을 이용할 때 영향조사를 별개로 진행할 때에는 관리와 조사비용이 과다하게 투입되므로 민간배양장의 시설과 경험을 이용할 때에는 조사와 평가비용을 대폭적으로 줄일 수 있는 장점이 있다. 실제 먹이생물과 유생사육에 소요되는 비용을 산출할 때에도 민간배양장에서 실험을 수행할 때에는 직접비와 간접비의 계산을 하기가 쉬워, 외부에서 조사 의뢰 시 조사에 소용되는 경비를 산출함과 동시에 부착유생의 생존율과 채묘율을 구하는 데에도 반복적인 사업이 진행되고 있으므로 통상적인 채묘 결과와 구제물질을 집어넣었을 때의 차이로서 구제물질이 해양생물에 대한 영향을 보다 쉽게 구할 수 있다.

가. 피조개의 유생의 생존율

(1) 어미사육

본 실험에 사용한 어미는 2006년 6월 전남 득량만에서 채취한 2년생 어미로써, 어미는 3톤 사각 FRP 수조에 수용하였으며, 자연수온 $21 \pm 1^\circ\text{C}$ 로 관리하였다.

사육기간 중 공급된 먹이생물은 *Chaetoceros gracilis*, *Pavlova lutheri*, *Nannochloris oculata* 를 혼합하여 매일 사육수 1ml당 $30\sim 55 \times 10^4$ 세포로 공급하였다.

(2) 채란

채란을 위한 어미는 이물질을 제거한 후 자외선 조사 해수가 채워진 3톤 사각 FRP 수조에 수용하여, 사육수온을 1시간에 걸쳐 $3\sim 4^\circ\text{C}$ 상승시켜 주었다. 자극에 반응을 보이지 않는 어미는 2~3회에 걸쳐 연속하여 반복 자극하였다.

방란·방정이 시작되어 충분히 난과 정자가 방출되면 어미를 채란조에서 꺼내고 수정란은 채란하였다. 채란은 망목 크기가 $100\mu\text{m}$ 인 걸름망을 이용하여 배설물과 이물질을 제거하고 수정란은 $20\mu\text{m}$ 걸름망으로 정충을 제거하기 위하여 3~4회에 걸쳐 여과해수로 씻어 주었다.

(3) 유생사육

유생사육은 20톤 콘크리트 사각수조에서 고압 모래여과기로 1차 여과한 후 $10\mu\text{m}$ 카트리지를 통과시켜 사용하였다.

환수는 2일 간격으로 전환수하였고, 환수시 유생의 성장에 따라 걸름망 망목크기를 $40\sim 150\mu\text{m}$ 까지 순차적으로 증가시키면서 유생을 수거하였다. 수거된 유생은 100ℓ 수조에 수용하여 계수한 후 재수용 하였으며, 사육기간 중의 사육수온은 $25\pm 0.5^\circ\text{C}$ 로 유지시키면서 먹이공급은 *Chaetoceros gracilis*, *Pavlova lutheri*, 및 *Isochrysis galbana* 를 동일비율로 혼합하여 매일 2회 사육수 1ml 당 $1\sim 5 \times 10^4$ 세포로 공급하였다.

(4) 부착기 유생의 부착율 실험

부착율 실험은 구제물질(국립수산과학원에 등록된 물질 170여종 중 황토 등 3가지) A,B와 C를 농도별 50, 100, 200, 400, 800ppm으로 설정하였으며, 대조구로는 물질을 투여하지 않는 실험구로써 각각 2회 반복설정 하였다.

실험 용기는 8ℓ 원형 수조를 사용하였으며, 수조 가운데에 코팅 철사를 이용하여 PVC평판($15\text{cm} \times 25\text{cm}$)을 수직으로 고정한 후, 부착기 유생을 각 구간별로 1 ml 당 1개체의 밀도로 수용하였다.

부착기 유생 사육조건은 수온 $24\pm 1^\circ\text{C}$, 염분 31‰로 하였고, 유생은 평균 각장 $201\pm 15\mu\text{m}$ 이며, 먹이공급은 *Chaetoceros gracilis*, *Pavlova lutheri*, 및 *Isochrysis galbana* 를 동일비율로 혼합하여 매일 2회 사육수 1ml 당 $10\sim 40 \times 10^4$ 세포로 공급한 후, 구제물질을 각각의 구간에 농도별로 주입하였다. (Table 1.)

유생의 부착률, 생존율 조사는 실험 개시 2일후 환수를 통하여, 평판에 부착된 개체수를 육안으로 관찰하여 계수하였으며, 생존율은 채취한 사육수에 포함된 전 유생을 대상으로 폐사유무를 조사한 후 이를 기준으로 전체유생의 폐사유무를 용적법으로

계산한 후 생존율을 조사하였다.

$$\text{부착률(\%)} = (\text{부착개체수} / \text{실험개체수}) \times 100$$

나. 굴 부착기 유생 사육실험

(1) 어미사육

본 실험에 사용한 어미는 2006년 5월 전남 가막만에서 채취한 어미로써, 평균 각장 $47.1 \pm 6.3\text{cm}$, 각고 $89.3 \pm 11.5\text{cm}$, 전중 $49.2 \pm 12.8\text{g}$ 이었다.

1톤 원형 FRP 수조에 유수사육을 실시하였으며, 사육수온은 $21 \pm 1^\circ\text{C}$ 로 유지하였다. 사육기간중 공급된 먹이생물은 *Chaetoceros gracilis*, *Pavlova lutheri*, *Nannochloris oculata* 를 혼합하여 매일 사육수 1ml당 $30 \sim 55 \times 10^4$ 세포로 공급하였다.

(2) 채란

채란 방법은 간출과 수온상승자극법을 병용하였으며, 먼저 어미굴 패각에 붙은 이물질을 깨끗이 제거한 후 통풍이 잘되는 곳에 약 1시간정도 간출시킨 후 500ℓ 수조에 수용한 후 수온을 사육수온보다 5°C 이상 상승시켜 산란을 유발하였다.

방란·방정이 시작되어 충분히 난과 정자가 방출되면 어미를 채란조에서 꺼내고 수정란은 채란하였다. 채란은 망목 크기가 $100\mu\text{m}$ 인 걸름망을 이용하여 배설물과 이물질을 제거하고 수정란은 $20\mu\text{m}$ 걸름망으로 정충을 제거하기 위하여 3~4회에 걸쳐 여과해수로 씻어 주었다.

(3) 유생사육

유생사육은 20톤 콘크리트 사각수조에서 고압 모래여과기로 1차 여과한 후 $10\mu\text{m}$ 카트리지를 통과시켜 사용하였다.

환수는 2일 간격으로 전환수 하였고, 환수 시 유생의 성장에 따라 걸름망 망목크기를 $40 \sim 150\mu\text{m}$ 까지 순차적으로 증가시키면서 유생을 수거하였다. 수거된 유생은 100ℓ 수조에 수용하여 계수한 후 재수용 하였으며, 사육기간 중의 사육수온은 $25 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 로 유지시키면서 먹이공급은 *Chaetoceros gracilis*, *Pavlova lutheri*, 및 *Isochrysis galbana* 를 동일비율로 혼합하여 매일 2회 사육수 1ml 당 $1 \sim 5 \times 10^4$ 세포로 공급하였다.

(4) 부착기 유생의 부착율 조사

부착율 실험은 국립수산과학원에 등록된 물질 170여종 중 성분분석을 마치고 현장실험을 거친 구제물질 중 황토, 옥분말, 산화마그네슘을 주 원료로 한 제품 A, B, C를 농도별 0, 50, 100, 200, 400, 800ppm으로 설정하였으며, 구제물질을 넣지 않은 수조를

대조구로 하여 각각 2회 반복설정 하였다.

실험 용기는 10ℓ 원형 수조에 여과해수 8ℓ를 채운 후, 수조 가운데에 코팅 철사를 이용하여 PVC평판(15cm×25cm)을 수직으로 고정한 후, 부착기 유생을 각 구간별로 1 ml 당 1개체의 밀도로 수용하였다(Fig.3-1).

유생 사육조건은 수온 24±1℃, 염분 31‰로 하였고 유생은 평균 각고 319 ±18.6μm 이며, 먹이공급은 *Chaetoceros gracilis*, *Pavlova lutheri*, 및 *Isochrysis galbana* 를 동일비율로 혼합하여 매일 2회 사육수 1ml 당 10~40×10⁴ 세포로 공급한 후, 구제물질을 각각의 구간에 농도별로 주입하였다. (Table 1.)

유생의 부착률, 생존율 조사는 실험 개시 2일후 환수를 통하여, 평판에 부착된 개체수를 육안으로 관찰하여 계수하였으며, 생존율은 채취한 사육수에 포함된 전 유생을 대상으로 폐사유무를 조사한 후 이를 기준으로 전체유생의 폐사유무를 용적법으로 계산한 후 생존율을 조사하였다.

$$\text{부착률(\%)} = (\text{부착개체수} / \text{실험개체수}) \times 100$$

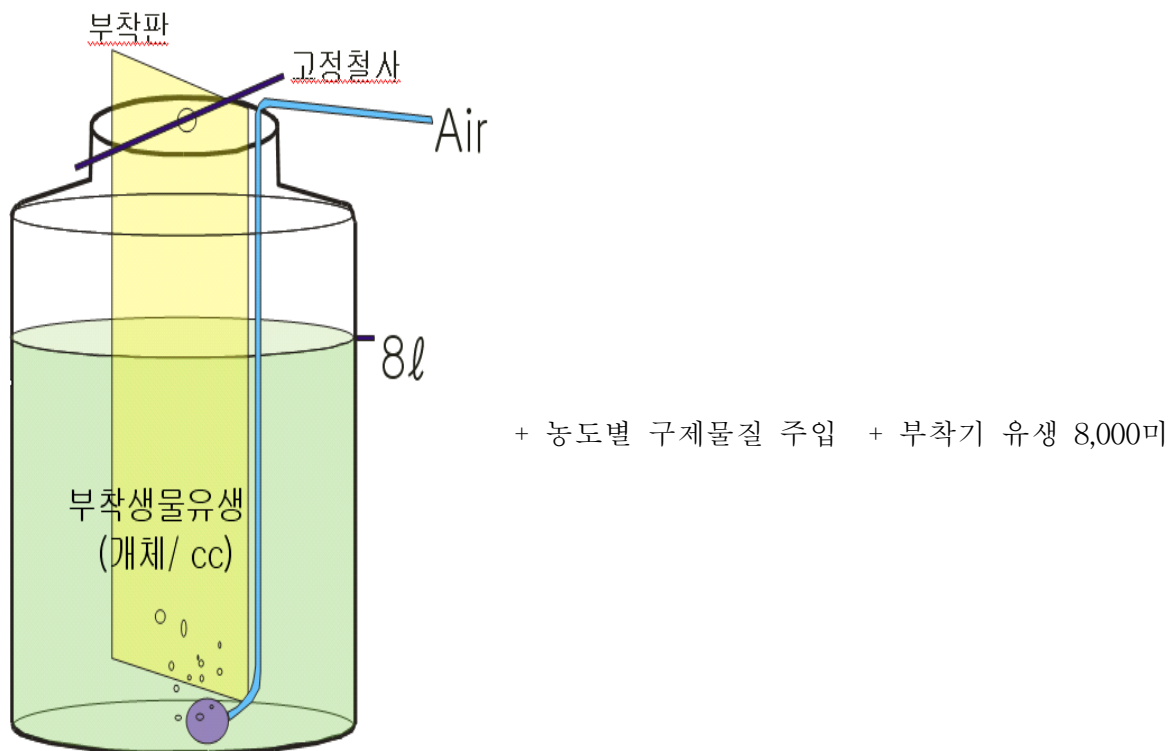


Fig 3-1. 굴 피조개 유생의 구제물질별 생존율 및 부착율 실험수조

Table 3-1. 구제물질의 농도별 주입량

농도	대조구	실 험 구 (ppm)				
	0	50	100	200	400	800
20,000 ppm원액	0	2.5cc/ℓ → 8ℓ	5cc/ℓ → 8ℓ	10cc/ℓ → 8ℓ	20cc/ℓ → 8ℓ	40cc/ℓ → 8ℓ
총주입량 (8ℓ)	0	20cc	40cc	80cc	160cc	320cc

3. 적조구제물질 인증기준 설정 및 평가의 재검토

현 고시안의 문제점을 도출하기 위하여 기존의 자료와 생물영향 조사를 실시하였고, 현 고시안에서 생태계의 영향 등을 고려하여 필수항목과 부수항목을 조정하여 항목별 배점을 정하여 각각 항목별 중요도를 정하였다. 성분분석 및 생물영향조사 항목도 배점의 우선순위를 정하여 각 항목별 경비를 추산하여 물질별로 구분, 생태계의 위해 정도에 따라 현 수준보다 완화 또는 강화하는 내용을 검토하였다.

구제물질 조사비용의 적정화를 산출하기 위하여 환경영향평가의 분석비용 고시 내용과 환경영향조사의 현장조사 시 요구되는 사항들을 고려하여 적정 비용을 추산하였다.

기존 고시안의 검토 및 보완은 조사 자료를 바탕으로 한 항목 씩 검토 보완하였고 공청회를 거쳐 수정하여 고시안을 재검토하였다.

제 2 절 연구수행 내용 및 결과

1. 적조구제 물질별 현장적용 시험

지금까지 적조구제물질을 개발한 업체 및 개발자에 의해 수산과학원에 등록된 건수는 1999년 2월부터 2004년 12월 말 까지 174건이 등록되었다. 이를 등록 지역별, 재료별, 소속별 특성을 조사한 결과는 그림 3-1, 3-2, 3-3과 같다.

이들의 지역별 분포를 보면 영남권이 83건으로 가장 많고, 다음이 수도권으로 60건, 다음이 충청권 18건, 호남권이 9건, 영동권이 4건이었으며 제주도는 등록된 사례가 없었다.

구제물질의 재료별 특성을 보면 광물류가 81건으로 가장 많고, 다음이 약품류가 40건, 황토류가 28건, 기타가 25건 순이었다.

등록자의 소속을 보면 기업체가 89건으로 개인소기업이 대부분을 차지하고 있고, 다음이 개인으로 74건, 대학의 연구실이나 창업보육센터 등에서 9건, 연구소 소속이 2건이었

다. 등록자별 등록건수는 동일인과 기업체 명의로 등록된 5건이 가장 많았다

적조구제물질로 등록된 지역별 분포, 재료별, 등록자별 특징을 보면 적조가 전남 나로
 도에서 최초 발생되지만 적조피해는 경남, 부산, 울산, 경북에 주로 일어나 사회적인 필요
 성에 의해 영남권에서 소규모업체나 기업인에 의해 구제물질의 개발이 주도되었음을 알
 수 있었다.

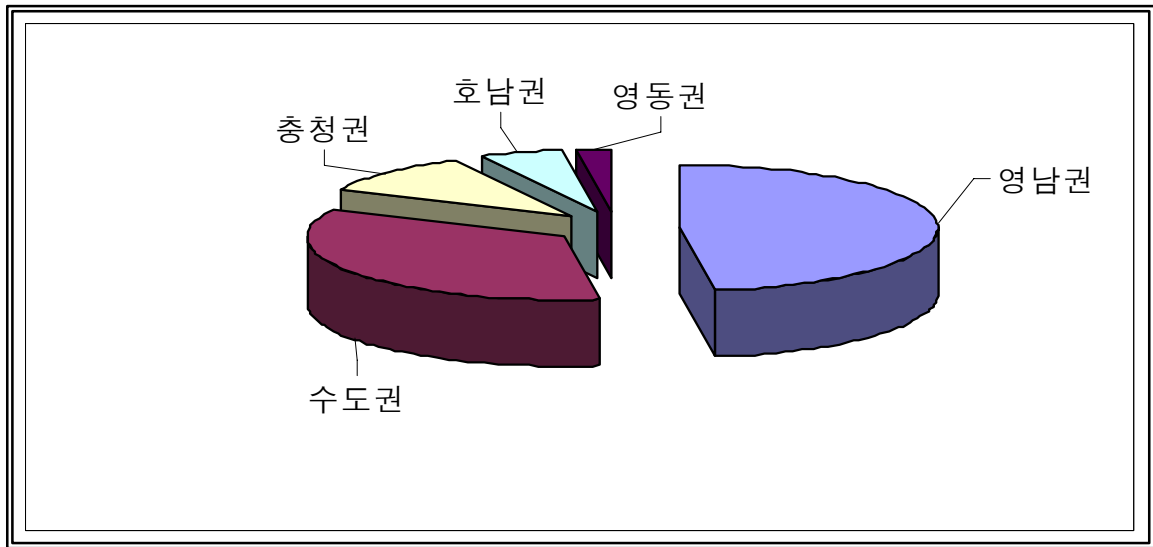


Fig 3-2. 등록자별 지역분포도

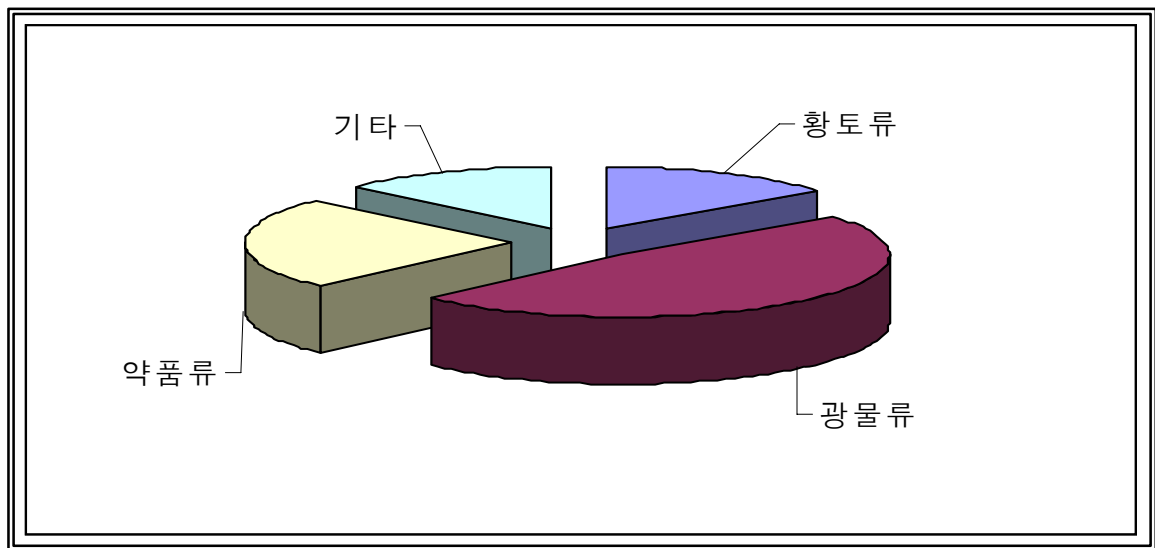


Fig 3-3. 등록 재료별 분포도

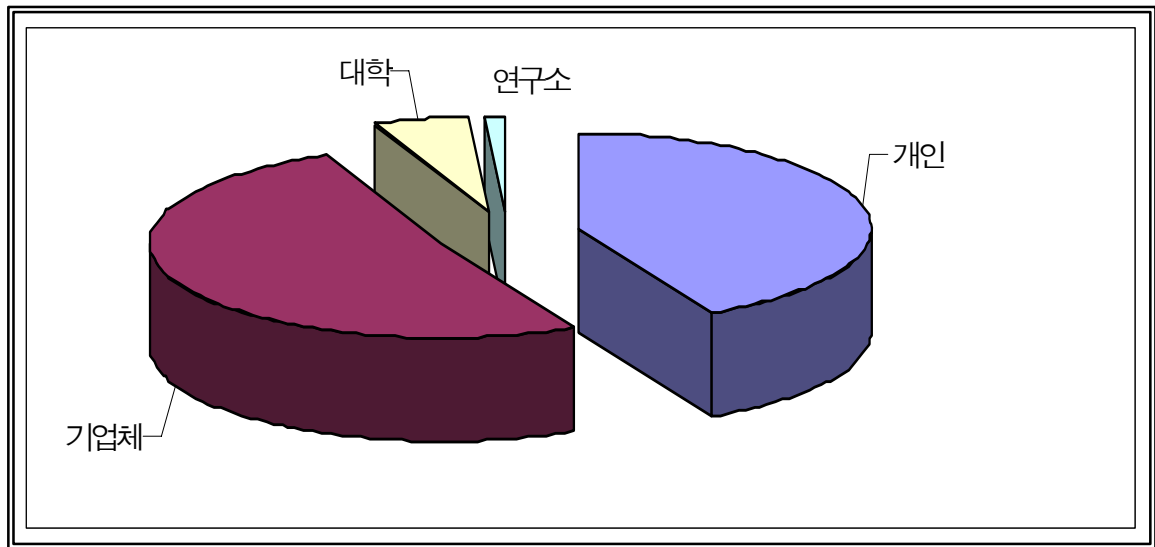


Fig 3-4. 등록 소속별 분포도

해양생태계의 영향을 파악하기 위하여 국립수산과학원에 등록된 물질 중 2003년 9월 적조현장에서 구제물질 12종을 살포하고 이 중 10종에 대해 식물플랑크톤의 변동자료를 중심으로 개체수 변화 및 종의 변동을 분석한 결과는 표 3-1부터 표 3-10에 나타내었다.

현장실험에서 구제물질1 살포 전·후 식물플랑크톤 중 규조류의 군집변동을 조사한 결과, 개체수는 살포직후 감소하였으며,, 종조성은 *Ditylum* sp., *Nitzschia* sp.는 살포 직후 검출되지 않았으며 *Ditylum* sp.는 10분경과 후 다시 출현하여 종조성의 변동이 있었다.

Table 3-2. 구제물질 1 살포에 따른 식물플랑크톤의 변화

종조성 \ 조사시간	살포전	살포직후	살포후 10분	살포후 30분
규조류				
<i>Chaetoceros</i> spp.	20	9	16	5
<i>Ditylum</i> sp.	4	0	4	6
<i>Nitzschia</i> sp.	4	0	0	0
개체수 (cells/mL)	28	9	20	11
출현종수	3	1	2	2

현장실험에서 구제물질2 살포전·후 식물플랑크톤 중 규조류 군집변동을 조사한 결과, 개체수 및 출현종은 살포전·후에 큰 차이가 없었다.

Table 3-3. 구제물질2 살포에 따른 식물플랑크톤 변화

조사시간 \ 종조성	살포전	살포직후	살포후 10분
규조류			
<i>Chaetoceros</i> spp.	43	37	41
<i>Biddulphia longicruris</i>	0	0	1
<i>Nitzschia</i> sp.	8	11	14
개체수 (cells/mL)	51	48	56
출현종수	2	2	3

현장에서 구제물질3 살포 전·후 식물플랑크톤 중 규조류의 군집변동을 조사한 결과, 개체수는 살포직후 감소하기 시작하여 30분후에는 살포 전에 비하여 32cells/ml 감소하였다. 종조성변동은 살포 전에 분포하였던 *Coscinodiscus gigas*, *Rhizosolenia fragilissima*, *Thalassiothrix frauenfeldii*는 살포 후 검출되지 않았다.

Table 3-4. 구제물질3 살포에 따른 식물플랑크톤 변화

조사시간 \ 종조성	살포전	살포직후	살포후 10분	살포후 30분
<i>Biddilphia longicruris</i>	0	1	0	0
<i>Chaetoceros</i> spp.	59	54	45	56
<i>Coscinodiscus gigas</i>	1	0	0	0
<i>Leptocylindrus danicus</i>	0	2	0	0
<i>Nitzschia</i> spp.	13	14	28	6
<i>Rhizosolenia fragilissima</i>	6	0	0	0
<i>Skeletonema costatum</i>	12	8	17	0
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	5	0	0	0
개체수 (cells/mL)	96	79	90	62
출현종수	6	5	3	2

현장실험에서 구제물질4 살포 전·후 식물플랑크톤 중 규조류의 군집변동을 조사한 결과, 개체수는 살포 전에 비하여 살포직후 감소하기 시작하여 10분 후에 57cells/mL 감소하였다. 출현종조성은 뚜렷한 변동이 없었다.

Table 3-5. 구제물질4 살포에 따른 식물플랑크톤 변화

조사시간	살포 전	살포 직후	살포 후 10분	살포 후 30분
종 조성				
규조류				
<i>Chaetoceros</i> spp.	96	44	84	109
<i>Leptocylindrus danicus</i>	0	6	0	0
<i>Nitzschia</i> spp.	24	29	10	30
<i>Rhizosolenia fragilissima</i>	0	0	2	0
<i>Skeletonema costatum</i>	35	33	10	50
<i>Thalassiosira decipiens</i>	8	0	0	4
개체수 (cells/mL)	163	112	106	193
출현종수	4	4	4	4

현장실험에서 구제물질5 살포 전·후 식물플랑크톤의 군집변동을 조사한 결과, 규조류의 개체수는 살포 전에 비하여 살포직후 감소하기 시작하여 30분경과 후에 21cells/mL 감소하였다. 출현종수는 살포 전·후 변화가 없었다.

Table 3-6. 구제물질5 살포에 따른 식물플랑크톤 변화

조사시간	살포 전	살포 직후	살포 후 10분	살포 후 30분
종 조성				
규조류				
<i>Chaetoceros</i> spp.	32	28	20	5
<i>Coscinodiscus</i> sp.	3	1	5	6
<i>Nitzschia</i> sp.	2	1	6	4
개체수 (cells/mL)	37	30	31	15
출현종수	3	3	3	3

현장에서 구제물질6 살포 전·후 식물플랑크톤 중 규조류의 군집변동을 조사한 결과, 개체수는 살포직후 감소하기 시작하여 30분 후에 살포 전에 비하여 39cells/mL 감소하였다. 종조성은 *Coscinodiscus* sp., *Ditylum brightwellii*는 살포 후에 검출되지 않았으며 살포 전에 6종이 출현하였으나 살포 30분경과 후 3종이 출현하였다.

Table 3-7. 구제물질6 살포에 따른 식물플랑크톤 변화

종조성 \ 조사시간	살포전	살포직후	살포후 10분	살포후 30분
규조류				
<i>Chaetoceros</i> spp.	28	25	10	6
<i>Coscinodiscus gigas</i>	0	0	0	1
<i>Coscinodiscus</i> sp.	1	0	0	0
<i>Ditylum brightwellii</i>	4	0	0	0
<i>Leptocylindrus danicus</i>	0	0	4	0
<i>Nitzschia</i> spp.	10	11	25	7
<i>Skeletonema costatum</i>	8	0	8	0
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	2	2	0	0
개체수 (cells/mL)	53	38	47	14
출현종수	6	3	4	3

현장실험에서 구제물질7 살포 전·후 식물플랑크톤 중 규조류의 군집변동을 조사한 결과, 개체수는 살포직후 감소하여 30분 경과 후 검출되지 않았다. 종조성 변동은 *Nitzschia* sp.가 살포직후 소멸하였다.

Table 3-8. 구제물질7 살포에 따른 식물플랑크톤 변화

종 조성 \ 조사시간	살포 전	살포 직후	살포 후 10분	살포 후 30분
규조류				
<i>Chaetoceros</i> spp.	9	2	1	0
<i>Coscinodiscus</i> sp.	1	4	1	0
<i>Nitzschia</i> sp.	1	0	0	0
개체수 (cells/mL)	11	6	2	0
출현종수	3	2	2	0

현장실험에서 구제물질8 살포전·후 식물플랑크톤 중 규조류의 군집변동을 조사한 결과, 규조류의 개체수는 살포직후 살포전에 비하여 14cells/mL감소하였으며, 종조성 변동은 *Ditylum* sp.가 살포 후 출현하지 않았다.

Table 3-9. 구제물질8 살포에 따른 식물플랑크톤 종조성변화

종조성 \ 조사시간	살포전	살포직후	살포후 10분	살포후 30분
규조류				
<i>Chaetoceros</i> spp.	10	3	6	15
<i>Coscinodiscus</i> sp.	3	1	5	6
<i>Ditylum</i> sp.	4	0	0	0
<i>Nitzschia</i> sp.	2	1	6	4
개체수 (cells/mL)	19	5	17	25
출현종수	4	3	3	3

현장실험에서 구제물질9 살포전·후 식물플랑크톤 중 규조류의 군집변동을 조사한 결과, 개체수는 살포직후 살포전에 비하여 4cells/mL 감소하여, 30분 경과후 까지 유사한 수준이었다. 종조성 변동은 살포 10분경과 후부터 *Chaetoceros* spp.가 검출되지 않았다.

Table 3-10. 구제물질9 살포에 따른 식물플랑크톤 종조성변화

종조성 \ 조사시간	살포전	살포직후	살포후 10분	살포후 30분
규조류				
<i>Chaetoceros</i> spp.	8	3	0	0
<i>Coscinodiscus</i> sp.	2	2	3	6
<i>Nitzschia</i> sp.	2	3	4	1
개체수 (cells/mL)	12	8	7	7
출현종수	3	3	2	2

현장실험에서 구제물질10 살포전·후 식물플랑크톤 중 규조류의 군집변동을 조사한 결과, 개체수는 살포직후 살포전에 비하여 10cells/mL 감소하여, 10분경과 후 조금씩 증가하였다. 종조성 변동은 *Coscinodiscus* sp.와 *Chaetoceros* spp.가 살포 직후 소멸하였다.

Table 3-11 . 구제물질10 살포에 따른 식물플랑크톤 종조성변화

조사시간 \ 종조성	살포전	살포직후	살포후 10분	살포후 30분
규조류				
<i>Chaetoceros</i> spp.	11	3	5	7
<i>Coscinodiscus</i> sp.	1	0	4	2
<i>Nitzschia</i> sp.	1	0	0	2
개체수 (cells/mL)	13	3	9	11
출현종수	3	1	2	3

이상의 결과를 종합하면 표 3-11과 같다

식물플랑크톤의 개체수의 변화는 평균적으로 보면 살포 전에 비해 직후에는 70.8%의 생존율을 나타내었고, 10분후에는 81.3%, 30분 후에는 77.6%의 생존율을 나타내었다. 출현 종수의 변화는 평균 3종으로 큰 변화를 나타내지 않았다. 이러한 변화는 살포 직후는 구제물질의 농도가 고농도에서 시간이 지나면서 수평, 수직 혼합이 일어나 외부 유입수에 의한 간섭효과로 인해 출현종수나 개체수의 변화가 일어나는 것으로 판단된다.

또한 구제물질 종류에 따라 미세한 차이를 나타내었는데 이는 실험한 구제물질이 실제적으로 *Cochlodinium* 적조종 외에 기타 식물플랑크톤의 군집에 미치는 영향에 대해서는 보다 정밀한 조사가 필요한 것으로 판단되었다.

Table 3-12. 구제물질 10종 살포에 따른 식물플랑크톤 변화 종합

구제 물질	개체수				출현종수			
	살포 전	살포 직후	10분	30분	살포 전	살포 직후	10분	30분
1	28	9	20	11	3	1	2	2
2	51	48	56	-	2	2	3	-
3	96	79	90	62	6	5	3	2
4	163	112	106	193	4	4	4	4
5	37	30	31	15	3	3	3	3
6	53	38	47	14	6	3	4	3
7	11	6	2	0	3	2	2	0
8	19	5	17	25	4	3	3	3
9	12	8	7	7	3	3	2	2
10	13	3	9	11	3	1	2	3
계	483	338	385	338	32	27	28	22
평균	48	34	39	38	3	3	3	2

2. 해양생물에 대한 구제물질의 영향 실험

지금까지 개발된 물질을 큰 범주로 구분하여 이미 허용된 황토를 기준으로 유사물질별로 생물영향조사를 실시하였다. 생물종의 선택은 민감도가 크고 시험 검정하는 생물종이 어민 수준에서 용이하게 얻을 수 있는 종과 정밀한 검정을 필요로 하는 종을 선택하기 위해 종합 검토한 결과 피조개 및 굴 부착기 유생을 선택하여 실험하는 것이 가장 현실성 있는 대안이었다.

굴과 피조개의 유생의 인공채묘는 지금까지 많은 연구로 산업화가 되었고(유, 1979; 민, 1994), 현재 어민 수준에서 대량 인공종묘생산이 되고 있으며, 적조 대량 발생시기가 굴 및 피조개의 자연 채묘시기와 일치하여 구제물질에 의한 영향을 직접 받을 수 있는

대표적인 종이다. 또한 어류와 달리 식물플랑크톤을 먹이로 공급해주어야 하기 때문에 구제물질의 영향은 굴 및 피조개의 치패에 영향을 줄 뿐 아니라 먹이생물 자체에도 영향을 주게 되므로 패류 치패의 영향여부와 동시에 먹이생물의 간접적인 영향도 검증할 수 있는 이점이 있다.

황토 외 옥광물질 (jade)과 해양기원 산업부산물인 수산화마그네슘을 이용하여 대조구와 함께 50ppm, 100ppm, 200ppm, 400ppm, 800ppm의 농도에서 치패농도를 부착기 유생 1미/1ml의 밀도로 하여 부착기질을 넣어 부착이 확인된 뒤에 다시 정상적인 관리 시 부착유생의 생존율과 부착율을 측정하였다.



Photo 3-1. 구제물질별 패류유생의 생존율, 부착율 실험 장치



Photo 3-2. 부착판에 굴 부착치패(1~2 mm)



Photo 3-3. 실험수조 밑면에 부착한 굴 치패



Photo 3-4. 부착기 피조개 각정기 유생

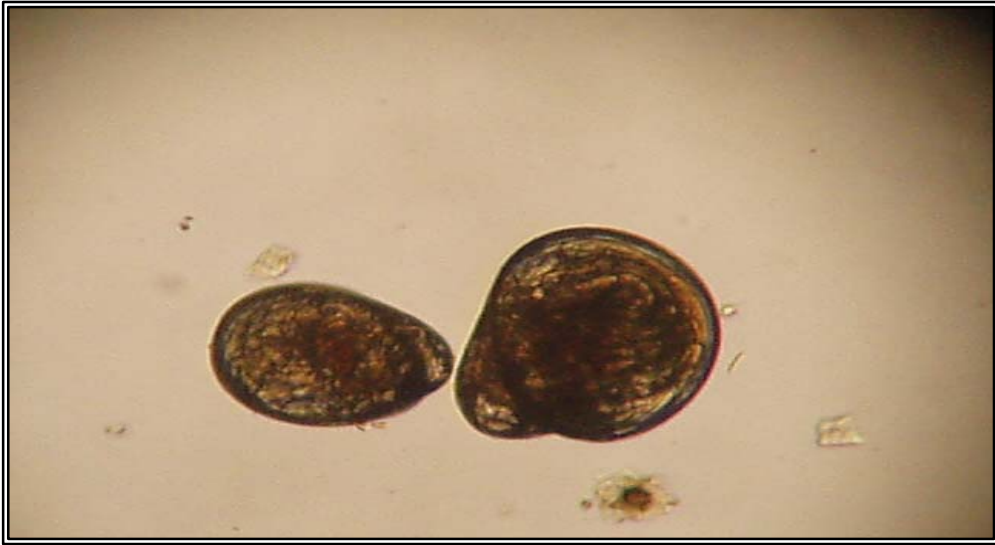


Photo 3-5.부착기에 들어간 굴 유생의 모습



Photo 3-6. 죽사를 내놓고 부착기질을 찾는 굴 모습

피조개 부착유생의 생존율은 대조구의 경우 100%, 구제물질 A의 경우 75~100%, B의 경우 80~98% 와 구제물질 C의 경우 3~98%의 범위를 나타내었으며, 구제물질 A와 B의 경우 물질간의 차이를 나타나지 않았다. 구제물질 A, B와 C를 주입했을 때 50~100ppm구 간에서는 대조구와 비슷한 생존율을 나타내었으나, 구제물질 C 경우 400ppm 구간에서 8, (5~11)%, 800ppm 구간에서 3.5(3~4)%로써 고농도 구간에서 낮은 생존율을 나타내었다.

굴 부착유생의 생존율은 대조구의 경우 75~100%, 구제물질 A의 경우 46~100%, B의 경우 70~100%의 범위를 나타내었으며, 대조구에 비해 높은 생존율을 나타내었다. 구제물질 C의 경우에는 0%로 부착유생이 모두 폐사하였다. 농도별 차이에서는 구제물질 A의 경우 200ppm 구간부터 생존율이 감소하는 경향을 보이다 800ppm구간에서 증가함을 보였으나, 구제물질 B의 경우 농도별 변화양상을 보이지 않았다.

굴 부착율에서는 대조구의 경우 4715.5 (3017~6414), 구제물질 A의 경우 2212~7360개체, B의 경우 1931~7529개체의 범위를 나타내었다. 대조구에 비해 구제물질 A 50~200ppm, 구제물질 B 50~100ppm 농도에서 높은 부착개체수를 나타내었으며, 전반적으로 구제물질 A가 구제물질 B보다 높은 부착율을 보였다. 농도별 차이에서는 구제물질의 A경우 200ppm, 구제물질 B의 경우 100ppm구간부터 점차 부착개체수가 감소하는 경향을 나타내었다.

굴 부착유생의 크기변화에서는 대조구의 경우 0.75~1.30mm, 구제물질 A의 경우 0.70~1.68mm, B의 경우 0.70~1.90mm의 범위를 나타내었으며, 전반적으로 구제물질 A에서 부착유생의 개체 크기가 컸으며, 100ppm에서 1.25mm로 대조구에 비해 크게 나타났으며, 100ppm 구간 이후 점차 감소하는 경향을 보였다. 구제물질 B의 경우 농도에 따른 크기변화가 미비하였으며, 대조구와 비슷한 크기분포를 나타내었다. 구제물질 A의 경우 100ppm, B의 경우 800ppm에서 개체크기가 크게 나타났다.

구제물질 B의 50 ppm의 경우 6004.5 개체가 구제물질 A 100ppm의 경우 5996 개체에 비해 높은 효율을 나타내었다.

Table 3-13. 구제물질 농도별 4일 후 피조개 부착유생의 생존율 변화

(단위 : %)

농도 (ppm)	대조구	실험구				
	0	50	100	200	400	800
구제 물질 A	100	100	99 (98~100)	77.5 (75~80)	89.5 (89~90)	93 (92~94)
구제 물질 B	100	97.5 (97~98)	96.5 (96~97)	84.5 (80~89)	90.5 (89~92)	90 (89~91)
구제 물질 C	100	97.5 (97~98)	93.5 (93~94)	96.5 (96~97)	8 (5~11)	3.5 (3~4)

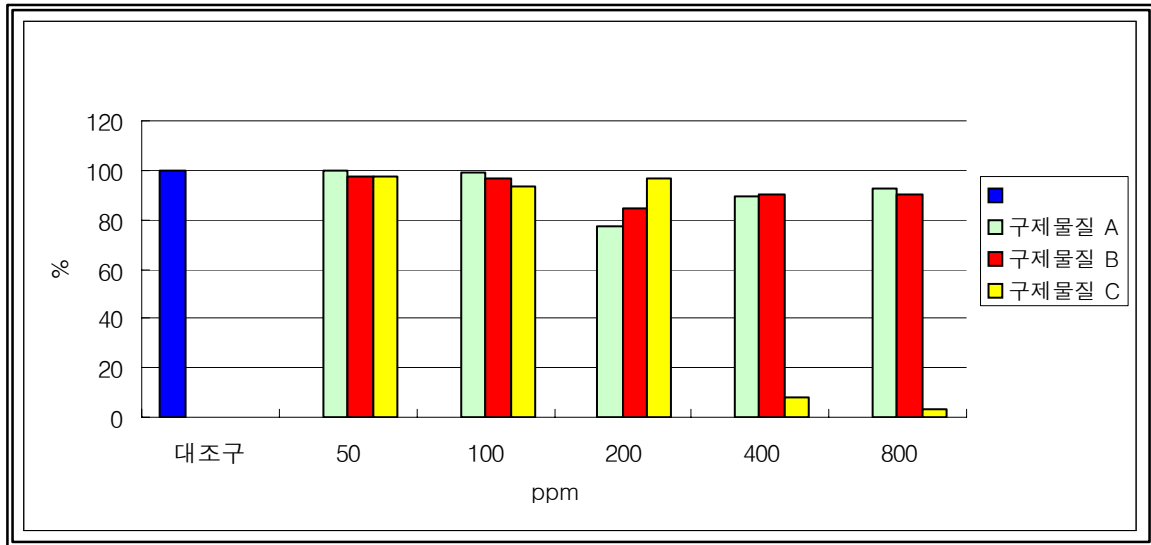


Fig 3-5. 구제물질 농도별 4일 후 피조개 부착 유생의 생존율 변화

Table 3-14. 구제물질 농도별 4일 후 굴 부착유생의 생존율 변화

(단위 : %)

구분	대조구	50	100	200	400	800
		(ppm)				
구제물질 A	87.5 (75~100)	100	100	85 (70~100)	60.5 (46~75)	91.5 (83~100)
구제물질 B		100	84.1 (76~91.2)	96 (95~97)	97	80 (70~90)

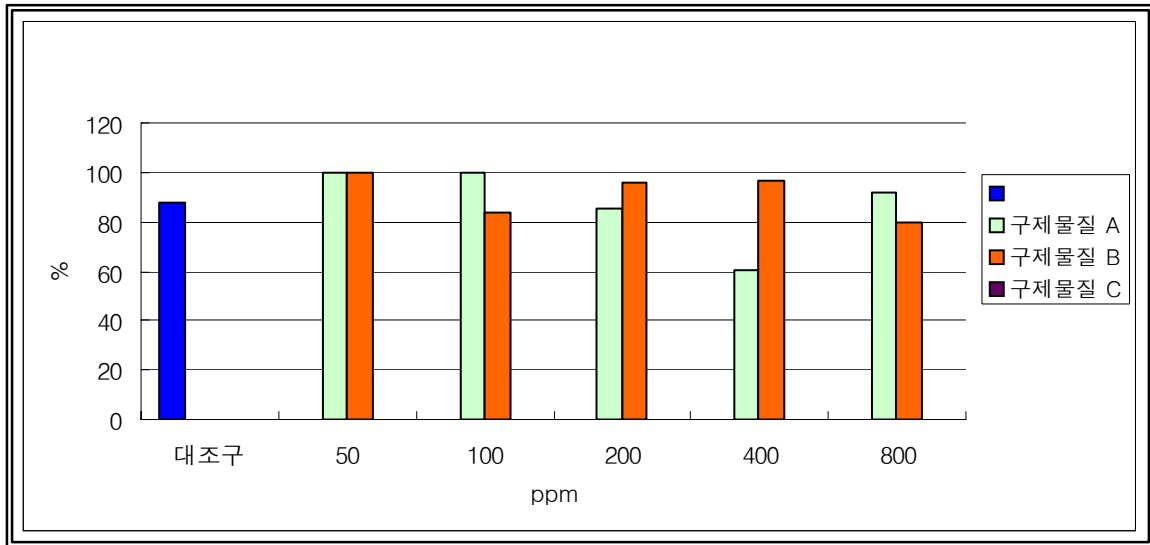


Fig 3-6. 구제물질 농도별 4일 후 굴 부착유생의 생존율 변화

Table 3-15. 구제물질 농도별 4일 후 굴 유생의 부착율 변화

(단위 : indiv.)

구분	대조구	50	100	200	400	800
		(ppm)				
구제물질 A	4715.5 (3017~6414)	5760 (4160~7360)	5996 (4757~7236)	5385 (4480~6290)	3266 (3004~3528)	3328.5 (2212~4445)
구제물질 B		6004 (4480~7529)	4764 (4121~5407)	4133.5 (3605~4662)	3234 (3055~3413)	2114 (1931~2297)

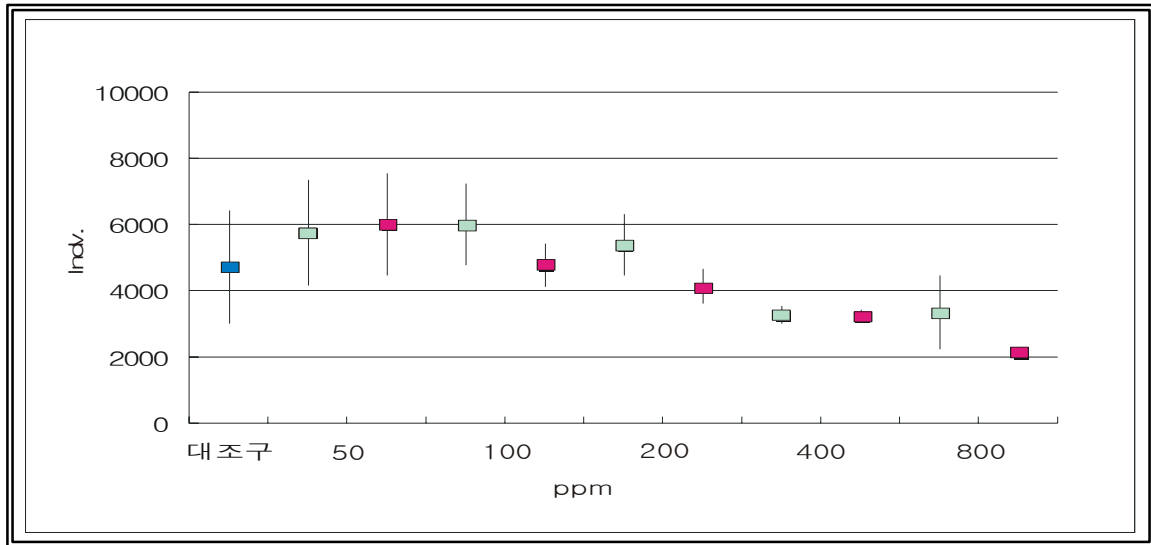


Fig 3-7. 구제물질농도별 굴 유생의 부착율 변화

(■ 대조구, ■ 구제물질 A, ■ 구제물질 B)

Table 3-16. 구제물질농도별 굴 부착유생의 크기변화

구분	대조구	50	100	200	400	800
		(ppm)				
구제물질 A	1.06 (0.75~1.30)	1.05 (0.90~1.50)	1.25 (0.95~1.68)	1.13 (0.70~1.50)	1.11 (0.82~1.65)	1.03 (0.75~1.25)
구제물질 B		1.07 (0.80~1.50)	1.09 (0.77~1.50)	1.04 (0.75~1.50)	1.05 (0.70~1.90)	1.15 (0.75~1.80)

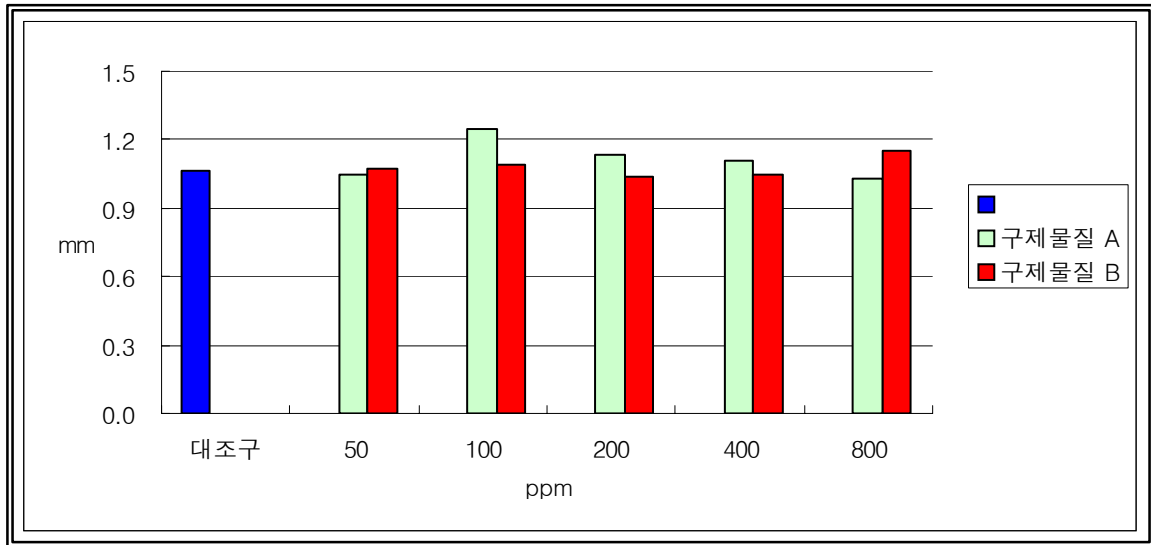


Fig 3-8. 구제물질농도별 굴 부착유생의 크기변화

3. 기존고시안의 재검토

가. 기존 고시안의 구성

기존 고시안의 구성은 본문 8조와 부칙 2항, 별지 1호 서식에 의한 신청서 및 적조구제 물질의 성분분석 결과서 및 현장평가서를 첨부하여 해양수산부장관에게 신청하여 사용하도록 하고 있다.

그러나 현재의 고시안은 본문과 실제 평가에 대한 세부사항에 대해서는 많은 문제점을 가지고 있다. 이에는 고시안 제정 시 여러 의견들을 전부 수용하여 안을 만들어 백화점식으로 많은 항목의 설정과 장기간의 조사로 조사경비의 rhkekdp0 따른 실용화가 어려운 현실적인 문제가 있다. 즉 구제물질을 개발한 개인과 중소기업들은 평가비용에 실제 2-3억을 요구하는 평가기관의 평가경비를 담당할 수 없는 기업의 영세성에 문제점이 있을 뿐 아니라 설령 평가를 받더라도 제품의 판로 등 수익의 창출이 불확실한 상황에서는 평가를 주저하게 된 결과 등록만 되어 있고, 지금까지 한건도 평가를 수행한 실적이 없는 사실이 말해 주고 있다.

따라서 이러한 문제점을 해결하고 황토 대신에 다른 적조구제물질을 개발하여 합리적으로 적조구제에 활용할 필요가 크다. 이를 위해 기존고시안의 문제점의 지적과 대안을 설정하여 검토안을 마련하여 2006년 6월 14일 경남 마리나리조트에서 공청회를 가져 개정안에 대한 의견을 수렴하였다.

나. 적조구제물질·장비의 사용기준에 관한 기존 고시안 검토

수산업법 제79조제1항 제7호 및 수산자원보호령 제16조의 규정에 의거 “적조구제물질·장비의 사용기준”을 다음과 같이 고시합니다.

2004년 10월12일

해양수산부장관

제1조(목적) 이 고시는 수산업법 제79조 제1항2제6호제7호와 수산자원보호령 제16조의 규정에 따라 유해적조생물 구제용으로 사용하는 물질·장비의 사용기준 및 절차 등에 관한 필요한 사항을 정하여 수산생물피해를 최소화하고 해양환경 및 생태계를 보호함을 목적으로 한다.

제2조(성분분석 및 평가조사 대상 등) ①성분분석 및 조사대상은 적조구제를 위해 국내·외에서 개발한 구제물질 및 구제장비를 대상으로 한다.

②성분분석 및 현장실용성 평가(조사)를 받고(자 하는 신청인은)적조구제 물질 및 장비를 사용하고자 하는 신청인은 별지 제1호 서식에 따라 제품설명서 및 다음 각호의 구비서류를 첨부하여 해양수산부장관에게 신청하여야 한다.

1. 구제물질 : 공인시험기관이 분석시험성적서 1부,
현장실용성평가조사서 1부
2. 구제장비 : 현장실용성평가조사서 1부

제3조(성분분석 및 조사기관) 제2조제2항의 규정에 따른 성분분석 및 현장실용성평가기관은 별표1의 성분분석 및 조사기관으로 한다.

제4조(성분분석 및 분석기준) ①대상물질 화학성분 분석(이하 “성분분석”이라한다)은 대상물질의 주요 구성 성분분석 및 화학성분분석을 실시하여야 한다.

②제1항의 규정에 따라 대상물질에 대한 성분분석을 실시하고자하는 신청인은 물질설명서 및 실험용 물질을 구비하여 현장실용성 평가기관에 제출, 현장평가와 동일한 시료를 제3조의 분석기관중에서 신청인이 선정한 기관에 성분분석을 의뢰하도록 하여야 한다.

③성분분석 방법 및 분석기준은 별표 2와 같다.

제5조(현장실용성평가조사 방법 및 평가기준) ①현장실용성평가조사는 구제물질 및 구제장비의 규제효율, 해양생태계 및 생물에 미치는 영향, 사용방법 및 경제성에 대한 평가를 받아야 한다.

②제1항에 따라 현장실용성평가조사를 의뢰하고자하는 신청인은 물질 및 장비설명서를 구비하여 제3조의 규정에서 정한 조사기관중에서 신청인이 선정한 기관에 의뢰한다. 다

만, 장비가 중량물이거나 운반이 곤란한 경우 현장에서 조사·평가 할 수 있다.

③현장실용성평가 조사방법 및 평가기준은 별표 3과 같다.

제6조(적조구제물질 및 구제장비의 사용) ①신청서 검토결과 제4조 및 제5조의 분석기준 및 평가기준에 적합한 물질 및 장비에 한해 적조 구제물질 및 장비로 사용할 수 있다.

②평가기준의 적합여부를 판단하기 위해 해양수산부장관은 국립수산과학원장의 의견을 들을 수 있다.

제7조(검토결과 통보 등) ①해양수산부장관은 제6조제1항의 검토결과 적합한 구제물질 및 장비에 대하여는 그 결과를 신청인에게 통보하고, 검토결과 적합하지 아니한 구제물질 및 장비에 대해 그 사유를 신청인에게 통보하여야 한다.

②해양수산부장관은 제1항 규정에 의거 적합한 물질 및 장비에 대해서는 제품명(규격, 용도), 업체명, 대표자, 소재지 등을 국립수산과학원, 지방청, 시·도, 수협 등 관련기관 및 단체에 통보하고 해양수산부 홈페이지에 게재하여야 한다.

제8조(적조구제물질 및 구제장비 사용금지) 제7조제1항에 의거 적합한 적조구제물질 및 장비에 대하여도 다음 각호의 경우에는 사용을 금지하도록 관련기관 및 단체에 통보하고 해양수산부 홈페이지에 게재하여야 한다.

1. 부정한 방법으로 평가를 받았거나 현장 실용성 평가조사가 신청시 평가와 큰 차이가 있을 경우

2. 제7조에 의거 통보 받은 구제물질 및 장비가 제5조의 평가기준에 미달하는 경우

3. 제7조에 의거 통보 받은 제품이 생태계에 좋지 않은 영향을 미치는 등의 사유로 계속 사용이 적절하지 않다고 판단되는 경우, 국립수산과학원장은 현장 실용성평가조사를 실시할 수 있으며, 조사비용을 신청인에게 부과할 수 있다.

부 칙

① (시행일) 이 고시는 고시한 날부터 시행한다.

② (이미 사용중인 물질 및 장비에 대한 경과 조치) 이 고시 시행전에 이미 활용되고 있는 주제물질(자연황토) 및 장비(전해수황토살포기, 적조제거기, 제트스트리머)는 이 고시에 의거 적합한 물질 및 장비로 본다.

(검토안)

고시안의 전문 및 부칙은 골격은 그대로 유지하면서 제8조 1항과 3항에서 역 검정하는 기관으로 수산과학원을 지정하여 적조구제물질의 인증 및 사용에 따른 문제점 발생 시 생산자 부담으로 조사할 수 있는 체계를 구축하는 것이 필요하다. 이러할 때 장기간 대량살포 시 나타날 수 있는 해양생태계의 위해로부터 안전성을 확보할 수 있는 방안이 될 수 있다.

[별표 1]

성분분석 및 조사기관

1. 대상물질 성분분석 기관

Table 3-17. 대상물질 분석 기관 지정 현황

기 관	소재지	연락처
한국기기유화시험연구원	서울	02)2056-4730~3
한국화학시험연구원	경기	031)999-3141
한국지질자원연구원	대전	042)868-3392

(검토안)

대상물질 성분분석기관으로 위의 3개 기관을 선정하는 것은 적절하다고 판단되었다. 이에 대해서는 공청회에서도 개발업체에서도 별다른 의견을 제시하지 않았다.

2. 현장실용성평가 조사기관

(검토안)

현장실용성평가기관으로 지정된 경우 수산피해조사 기관을 그대로 지정하였으나 이는 현재 적조의 대량발생으로 인한 해역이 남해안 및 동해안에 집중되어 있고, 이 해역에 가까운 평가기관에서 평가를 담당하는 것이 출장경비와 적조에 대한 정보의 용이성 및 접근성을 고려하여 지정할 때에는 평가기관의 적극적인 의지를 고려할 필요가 있다.

추가로 적조에 대한 종합연구를 추진하기 위하여 국내의 적조전문가 그룹이 결성되어 해양수산부에 비영리사단법인으로 등록되어 있으므로 적조의 기본연구 및 방제기술개발 등을 학제 간으로 추진하기 위한 하나의 방안으로 한국유해조류연구회를 평가기관으로 지정할 필요가 크다.

Table 3-18. 현장 실용성 평가기관 지정 현황

대학 및 연구소	전문연구센터	소재지	연락처
경상대	해양산업연구소	경남 통영	055)640-3085
군산대	수산과학연구소	전북 군산	063)469-1754
목포해양대	해양산업연구소	전남 목포	061)240-7058
부경대	해양과학공동연구소	부 산	051)620-6292
서울대	해양연구소	서 울	02)880-6512
여수대	수산해양연구소	전남 여수	061)659-2741
인하대	해양과학기술연구소	인 천	032)860-7701
제주대	해양과환경연구소	제 주	064)783-9260
충남대	해양연구소	대 전	042)821-6440
한양대	물환경생태복원연구실	서 울	02)2290-0956
한국해양연구원	남해연구소	경남 거제	055)639-8400
한국유해조류연구회 (비영리사단법인추가)	연구회 사무국(수과원)	부산	051-720-2520

[별표 2]

대상물질의 성분분석 방법 및 분석기준

1. 주요 구요성분 분석

가. 분석 결과치

- 1) 액상 : 대상물질의 주요 성분들은 mg/ℓ 로 표시
- 2) 분말 : 대상물질의 주요 성분들은 백분율(%)로 표시

2. 용출 성분

가. 분석방법

- 1) 액상 : 수질오염공정시험법으로 분석
- 2) 분말 : 폐기물공정시험법으로 용출 후 수질오염공정시험법으로 분석.
단, 용출액은 증류수로 함.

(검토안)

기존 고시안에서는 적조구제물질의 제1차 선정 역할을 성분분석에서 결과와 분석 방법을 단순화시켰으나 좀 더 세밀한 자료의 획득과정을 분석기관에서 제출 받아야 한다. 또한 구제물질의 질적인 안정성 뿐 아니라 기존 저질과의 차이점이 적으면 적을수록 좋은 구제물질이 되므로 입도분석 등을 하여 추가하여 설정할 필요가 있다. 이러한 구제물질의 성상을 파악할 수 있도록 400배 이상의 고배율 현미경사진도 제출 받아야 한다. 따라서 이러한 점을 고려하여 다음과 같이 개정할 필요가 있다.

1. 고체상(분말) 물질

가. 물질(광물 및 화합물) 성분 분석;

분말을 구성하는 각 물질(광물 및 화합물)을 모두 정량 분석하여 각 물질명에 따른 합계가 중량비 100% (±5%)에 이르는 분석치를 제시함. 분석 결과를 뒷받침하는 X-선회절분석 패턴 등의 직접적 자료도 제시함

나. 화학성분 분석;

(1) 주화학성분; 산화물이나 탄산화물로 나타낸 주화학성분의 합계가 중량비 100% (±5%)에 이르는 분석치를 제시함.

(2) 중금속과 같은 유해성 원소 및 화합물 분석; 환경기준에 유해한 모든 원소 및 화합물의 분석 결과 제시

다. 입도 분석; 점토, 실트, 모래, 자갈과 같은 입도별 분포함량 제시함

라. 천연물과 인공물(폐기물 포함)의 성분 및 함량을 증명하는 근거 자료 제출

2. 액상 물질

가. 화학성분 분석:

(1) 액상 내에 존재하는 모든 이온, 원소, 무기 및 유기화합물을 분석할 수 있는 각종 분석기기를 사용하여, 용매를 포함하여 합계 100% ($\pm 5\%$)에 해당되는 성분분석의 결과 제시

(2) 유해성인 중금속, 유기물, 고분자화합물 등의 종류 및 함량 분석 제시

나. 천연물과 인공물(폐기물 포함)의 성분 및 함량을 증명하는 근거 자료 제출

Table 3-19. 해양환경 수질 기준표

(단위 : mg/l)

분 석 항 목	기 준	비 고
크롬(Cr^{6+})	0.05이하	기준란의 이하는 전 평가항목 해당
비소(As)	0.05	
카드뮴(Cd)	0.01	
납(Pb)	0.05	
아연(Zn)	0.01	
구리(Cu)	0.02	
셀레늄(Se):삭제	0.01	
시안(CN)	0.01	
수은(Hg)	0.00005	
PCB	0.00005	
페놀	0.005	
음이온계면활성제	0.5	

※ 해양환경수질 기준의 일부임

(검토안)

성분분석에서 고체상이든 액상이든 위의 해양환경수질의 범위 안의 분석 농도가 유지되어야 하며, 한 성분이라도 초과할 경우는 재분석 및 재료개선을 한 후 인증하도록 한다.

[별표 3]

현장실용성평가 조사방법 및 평가기준

1. 실험 및 조사방법(기존 고시안)

가. 구제효율

- 1) 실내실험 및 현장 인공생태계(메소코즘)에서 실험
- 2) 메소코즘의 규모 : 가로×세로×깊이(5m×5m×저층바닥까지)
- 3) 구제장비는 현장에서 실험

나. 수질 및 부유생물

- 1) 단기 : 현장 메소코즘에서 실험
- 2) 장기 : 현장에서 실험
- 3) 구제장비는 단기간 현장에서 실험

다. 저서생물

- 1) 장기 : 현장에서 실험

라. 조사기간

- 1) 단기 : 구제물질 살포 또는 구제장비 사용 전 1회 이상, 구제물질 살포 또는 구제장비 사용직후, 10분, 30분, 60분후 조사
- 2) 장기 : 구제물질 살포 전 1회 이상, 살포 후 1년 이상, 연 8회 이상 계절별 조사
단, 메소코즘 및 현장조사는 하계 적조발생 시에 실험 시작

마. 기타

구제물질 · 장비 사용에 따른 해양생태계 및 해양생물에 대한 영향여부 제시

바. 보고서 작성

평가기준에 의거 적합여부 및 사용추천, 불추천 여부 명시

(실험 및 조사방법 검토안)

현장실용성 평가는 구제물질의 인증의 핵심부분으로 현장 접근의 용이성, 평가 경비의 문제를 고려하여 검토하였다. 기존고시안에서는 대용량의 메소코즘(5m X 5m X 5m)을 설치하여 구제물질의 구제효율 등을 단기간에 조사, 평가하도록 하였으나 *Cochlodinium* 적조 특성상 약한 충격에도 분포와 활성이 크게 달라지므로, 목적으로 하는 현장에서의 구제와는 다른 결과를 얻을 수밖에 없으므로 이에 대한 수정이 불가피하다. 또한 조사기간에 있어서도 현장에서 10분과 30분의 짧은 시간차이는 조사과정만 복잡하고 자료의 획득이 어려울 뿐 아니라 단기간의 조사 결과에 대해서도 문제점이 많으므로 현장에서의 조사 평가는 단순할수록 좋은 결과를 얻을 수 있으므로 다음과 같이 검토하였다. 공청회에서도 이에 대한 의견으로 개발업체에서나 시,

군의 참석자들도 동일한 의견을 제시하였다.

가. 구제효율

- 1) 적조발령현장에서 구제물질 또는 장비를 사용하여 구제효율 및 효능을 3회 조사 평가한 자료 제출(야장 및 결과)
- 2) 구제효율은 동일 수괴 내에서 대조구(미살포해역)를 설정하고 살포전과 살포후 10분에서 30분사이 제거효율측정
(조사선 2척 동시 사용)
- 3) 조류 및 해류를 고려하여 동일 수괴에서 조사 및 측정(drogue투하)

나. 수질 및 부유생물

구제효율과 동일한 시간별 층별 수질(온도, 투명도, 암모니아, 질산, 아질산, 인산, 규소, 클로로필 a)과 동·식물플랑크톤의 살포 전후의 정량, 정성 조사

다. 저서생물

살포해역의 저서생물의 정량, 정성 변화를 해양환경공정시험법에 따라 3계절 조사

라. 보고서 작성

- 실내실험과 현장실험 결과를 개조식으로 작성하여 판정결과를 제시할 수 있는 실험결과와 현장조사 자료를 첨부
- 평가기준에 의거 매우우수, 우수, 보통, 보완, 부적으로 세분하여 판정

마. 기타 : 현장조사근거를 시간별, 조사 내용별로 사진 첨부 및 시료는 평가기관에서 5년간 보관

2. 평가항목 및 기준

가. 구제물질

Table 3-20. 현장실용성 평가 조사·실험방법 및 평가기준

평가항목	조사·실험 방법	평가기준
구제효율 (4)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 농도별 구제효율 -실내실험 : 농도별 살포 10분후 구제효율, 최대 구제효율 농도 제시현장 실험 : 최고 구제효율 농도 * 단, 적조생물 농도는 3,000-5,000 개체/ml에서 실험 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 실내실험 적 합 : 1%농도 살포 10분후 구제효율 80% 이상 부적합 : 1%농도 살포 10분후 구제효율 80%미만 ○ 실외실험(메소코즘 실험) 적 합: 1%농도 살포 10분후 구제효율 70%이상 부적합 : 1%농도 살포 10분후 구제효율 70%미만 ○ 실내, 실외구제효율실험 농도별 구제효율제시
	<p>(개정안)</p> <p>적조생물 농도 3,000개체/ml 이상 현장에서 동일 수피 내에 100 ppm 농도 살포 후 10~ 30분내에 표층 1m의 구제효율을 측정</p>	<p>(개정안)</p> <p>구제효율이</p> <p>90%이상:매우우수(5점), 89-80%:우수(4점), 79-70%: 보통(3점), 69-60%:미흡(2점), 59% 이하: 부적합</p>

(구제효율검토안)

구제효율의 조사, 실험에서 실내실험은 자연현장과 같은 적조생물의 활성과 분포특성을 재현한다는 것은 거의 불가능에 가깝고, 적조생물의 농도 조정도 실험적으로 쉽지 않으므로 어류의 폐사가 일어나는 농도인 3,000개체/ml 이상인 조건에서 구제효율을 측정하는 것이 보다 합리적이다. 또한 기존 고시안의 평가기준에서 1% 농도 살포시에 70% 이상 구제효율이 있을 때 적합, 그이하인 경우에는 부적합으로 평가할 경우 모든 구제물질마다 좋은점과 해로운 점이 있기 마련인데, 이를 무시하고 적합, 부적합으로 평가할 경우 평가기준을 통과할 수 있는 물질을 개발하기가 어려우므로 이를 고려 평가기준의 폭과 단계를 보다 세분화하여 평가할 필요가 있다.

(해양생태계 영향 검토안)

해양생태계의 영향 여부는 구제물질의 인증의 가장 핵심 사항으로 수질과 저질의 이화화학적 성분의 변화 정도, 동식물플랑크톤의 변화 정도 및 저서생물의 변동이 가장 중요한 검정 요소가 된다.

수질의 경우 기존 고시안에서는 수온 등 일반화학적 성분 13 항목, 중금속 12항목 등 25 항목을 조사 평가하고, 퇴적물에서는 COD 등 일반 4 항목과 중금속 12항목을 조사, 평가하도록 되어 있다. 이 조사항목들 중 설비와 시간이 장기간 소요되는 항목으로는 식물플랑크톤 잠재력(AGP), 퇴적물의 영양염 용출, 퇴적층의 산소농도 미세 분포 및 변화율을 측정하도록 하고 있으나 이들의 항목측정은 지금까지 황토살포 경험으로 미루어 볼 때 장기간 황토를 집중적으로 살포한 해역에서의 특별한 변화 징후가 확인되지 않았고, 이보다 훨씬 살포량이 많은 어장정화사업의 경우에도 해양생태계에 미치는 부정적인 영향은 보고되지 않았으므로 이들에 대한 조사, 평가는 제외하고, 대신 퇴적물의 중금속변화와 일반화학적 성분의 변화를 추적하여 영향여부를 평가하는 것이 타당하다.

또한 조사기간의 장기와 단기 조사에서 각 항목의 분석치가 인근 미살포해역과 동일하여야 적합 판정을 내린다고 되어 있으나 인근 미살포해역의 정의가 분명하지 않고, 조사하여 얻어진 결과 해석 시 많은 어려움이 예상되므로 메조코즘보다는 현장에서 1ha 이상의 해역에서 살포한 해역을 기준으로 하여 계절별 장기조사를 통한 자료의 해석으로 영향여부를 판단하는 것이 합리적이다.

따라서 조사를 하였어도 자료의 해석과 해양생태계에 미치는 영향을 무시할 수 있는 항목들을 제외한 표 3-20과 같이 수질에서 9개항목, 퇴적물에서 9개 항목을 조사, 평가하고, 평가기준도 적조구제물질 살포 전후의 변동 폭도 하나의 기준보다는 환경 자체에서 일어날 수 있는 편차를 고려한 기준을 설정하는 것이 합리적이므로 해양생태계의 영향을 평가하도록 검토하였다.

기존고시안에서 원생동물, 동식물플랑크톤의 종조성 및 현존량을 조사, 평가하게 되어 있으나 원생동물은 동식물 플랑크톤에 포함시켜 조사 평가하고, 평가기준도 현장조사에서 나타났듯이 변동폭을 넓게 하여 평가가 합리적으로 이루어지도록 조정할 필요가 있다.

(생물영향 검토안)

주요 어류와 패류, 해조류, 기타 등 조사 실험해야 하는 종류는 11종 중에서 채묘에 대한 영향을 조사하기 위해서는 평가기관에서는 장기간 평가생물을 관리하기가 비용, 노력면에서 수월하지가 않다. 이미 본과제의 현장적용성 시험에서 나타낸 결과와 같이 채묘 전체를 영향 조사하는 것보다 위험시기(Critical period)에 단기간에 걸쳐 집중적으로 피해영향을 조사하는 것이 경비면에서나 효율면에서 좋은 결과를 얻을 수 있다.

따라서 여러 측면에서 경제적이면서도 효율적인 피조개나 굴의 영향여부를 살포현장농도의 10배인 1,000 ppm까지의 농도에서의 영향여부로 피해영향여부를 평가하는 것이 합리적이다. 또한 평가기준도 유효구제효율농도의 2배 이상의 농도에서 영향을 미치지 않으면 적합, 미치면 부적합이라고 판정하기보다는 기준의 폭을 넓혀주는 것이 한 항목의 평가기준이 전체의 평가결과에 영향을 크게 주지 않도록 조절하는 것이 필요하다.

Table 3-20. 현장실용성 평가 조사·실험방법 및 평가기준(계속)

평가항목	조사·실험방법	평가기준
해양생태계영향(9)	<ul style="list-style-type: none"> 수온, 염분, 화학적산소요구량, 영양염, pH, 용존산소, 부유물질, 식물플랑크톤성장잠재력(AGP), 중금속(수질, 퇴적물), 클로로필, 퇴적물 화학적 산소요구량, 강열감량, 영양염 용출, 퇴적층의 산소농도 미세분포 및 변화율 	<ul style="list-style-type: none"> 수질 : <ul style="list-style-type: none"> 메소코즘 실험 <ul style="list-style-type: none"> 적합 : 유효구제효율농도에서 살포 10분후 각 항목의 변동폭이 10% 이하 부적합 : 유효구제효율농도에서 살포 10분후 각 항목의 변동폭이 10% 초과 현장실험 <ul style="list-style-type: none"> 단기조사 <ul style="list-style-type: none"> 적합 : 유효구제효율농도에서 살포 10분후 각 항목의 변동폭이 10% 이하 부적합 : 유효구제효율농도에서 살포 10분후 각 항목의 변동폭이 10% 초과 장기조사 <ul style="list-style-type: none"> 적합 : 각 항목의 분석치가 인근 미살포해역과 동일 부적합 : 각 항목의 분석치가 인근 미살포해역과 차이가 있음 퇴적물환경 <ul style="list-style-type: none"> 적합 : 각 항목의 분석치가 인근 미살포해역과 동일 부적합 : 각 항목의 분석치가 인근 미살포해역과 차이가 있음
	<p>(개정안) 수질:수온, 화학적산소요구량, 영양염, 용존산소, 부유물질, 클로로필α 퇴적물:중금속(Cd,Pb,Hg,Cu,Zn, P, CB 및 IL, COD, 유기물)</p>	<p>(개정안) 수질 : 살포 전후 변동폭 10% 이내:매우우수(5), 변동폭 11-19%이내: 우수(4), 20-29%:보통(3), 30-39%:미흡(2), 40%이상:부적(1점) 저질 : 살포 후 변동폭 10%이내: 매우우수(5점) 11-19%:우수(4점), 20-29%:보통(3점), 30-39%:미흡(2점), 40%이상: 부적(1점)</p>
	<ul style="list-style-type: none"> 원생동물, 동·식물플랑크톤 종조성 및 현존량등 	<ul style="list-style-type: none"> 단기조사 <ul style="list-style-type: none"> 적합 : 유효구제효율농도에서 살포 10분후 각 항목의 변동폭이 10% 이하 부적합 : 유효구제효율농도에서 살포 10분후 각 항목의 변동폭이 10% 초과 장기조사 <ul style="list-style-type: none"> 적합 : 각 항목의 분석치가 인근 미살포해역과 동일 부적합 : 각 항목의 분석치가 인근 미살포해역과 차이가 있음
	<p>(개정안) 구제물질 살포 전후의 동식물플랑크톤 종조성 및 개체수 변동</p>	<p>(개정안) -살포 전후 동식물플랑크톤 종조성 살포전후의 변동폭 10% 이내: 매우우수(5), 11-30%: 우수(4), 31-50%:보통(3), 51-70%:미흡(2), 70% 이상: 부적(1) -살포 전후 동식물플랑크톤 개체수 변동 살포 전후의 변동폭 10% 이내: 매우우수(5), 11-30%:우수(4), 31-50%:보통(3),51-70% :미흡(2), 71% 이상:부적(1)</p>
	<ul style="list-style-type: none"> 저서동·식물, 부착생물의 종조성, 분포 밀도 및 개체수 	<ul style="list-style-type: none"> 적합 : 각 항목의 분석치가 인근 미살포해역과 동일 부적합 : 각 항목의 분석치가 인근 미살포해역과 차이가 있음
<p>(개정안) 저서생물 및 양식생물 종조성 및 개체수 변동</p>	<p>(개정안) 계절별 3회장기 조사자료의 살포전후 변동폭이 10%이하:매우우수(5), 11-30%:우수(4), 31-50%:보통(3), 50-70%:미흡(2), 71%이상:부적(1)</p>	

Table 3-20. 현장실용성 평가 조사·실험방법 및 평가기준(계속)

평가항목	조사·실험 방법	평가기준
생물 영향 (4)	○ 주요 어류(조피볼락, 넙치, 돛류 등), 패류(굴, 전복, 담치 등), 해조류(미역, 다시마, 톳 등), 기타(멍게, 미더덕 등)생물에 대한 채묘 등 영향	적 합 : 유효구제효율농도의 2배 이상의 농도에서 영향을 미치지 않아야 됨 부적합 : 유효구제효율농도의 2배 이상의 농도에서 영향을 미침
	(개정안) 패류(굴, 피조개) 부착유생 생존율, 부착율에 의한 채묘영향 조사 해조류(김, 미역)의 채묘영향 조사	(개정안) 생존율 및 부착율이 대조구의 90%이상: 매우 우수(5), 80-89%:우수(4), 70-79%: 보통(3) 60-69%:미흡(2), 59% 이하:부적(1)
사용 방법 (1)	○ 구제물질 사용방법 - 효율적인 현장 사용방법 제시	적 합 : 살포가 용이 부적합 : 살포가 불편
	○ 적정살포량 - 단위면적당 적정살포량 제시	○ 단위면적당 적정살포량 제시
	○ 구제물질 현장살포 장비 - 현장사용시 필요한 주변 기기 제시	적 합 : 운반 및 살포가 용이 부적합 : 운반 및 살포가 불편
	(개정안) 현장살포장비의 살포효율 및 주변기기 운용정도	(개정안) 살포과정 매우 단순 및 간단(5), 단순하지만 주변기기 다소 필요(4), 다소 복잡 (3), 과정 및 주변기기 복잡(2), 매우 복잡(1)
경제성 (2)	○ 단위면적당 소요경비	○면적당 소요액 조사 - ha당 kg 원 - 100평당 kg 원
	○ 황토대비 소요경비	○ 황토대비 소요경비 제시
	(개정안) 황토대비 단위면적당 소요경비	(개정안) 황토 대비 1.5배:매우우수(5), 황토대비 3배: 우수(4), 황토대비 5배:보통(3), 황토 대비 10배: 미흡(2), 황토대비 20배 이상:부적(1)

※ 평가기관에서 평가기준에 의한 항목 평가 후 계수하여 90점이상(적극 추천), 80-89점(추천), 70-79점(추천가능),60-69점(보완 후 재신청), 59점 이하 (부적) 판정 기재

(사용방법 검토안)

사용방법은 적조구제물질의 물리적 특성 및 화학적 성질에 따라 달라지므로 장비사용 측면에서 살포가 용이하고, 효율이 높다면 구제물질의 인증에서 차지하는 비중을 가장 적게 주어 평가하는 것이 합리적이다. 따라서 평가기준을 기존고시안보다 세분화해서 평가할 필요가 있다.

(경제성검토안)

개발된 적조구제물질의 경제성 문제는 실제 적조현장에서 가장 민감하게 개발자에게 영향을 주는 요소로서 경제성 평가는 중요한 항목 중 하나이다. 기존고시안의 조사, 실험 방법에서 황토 대비 단위면적 당 소요경비를 1로 하여 다른 구제물질의 살포경비를 배수로 하여 평가기준을 세우는 것이 합리적이다.

(구제장비 검토안)

적조구제물질의 구제장비는 구제물질 살포에서 기계적인 과정으로 현장성영향평가에 기여하는 바가 크지 않으나 효율적인 살포방법이 없이는 구제물질의 경제성에 영향을 주므로 구제효율, 해양생태계영향이나 생물영향의 배점은 낮게 책정하고 운용방법에서 배점을 높게 하여 구제장비의 평가에 효율적으로 평가하게 배점을 조정하였고, 구제물질과 동일하게 평가하도록 검토하였다.

Table 3-21. 구제물질 살포장비 조사실험 방법 및 평가기준

평가 항목	조사·실험 방법	배점	평가기준
구제 효율	<ul style="list-style-type: none"> ○ 처리용량 <ul style="list-style-type: none"> - 일정 시간당 구제효율 (또는 처리용량) ○ 처리면적 <ul style="list-style-type: none"> - 일정시간당 처리면적 	2	<ul style="list-style-type: none"> ○ 장비가동 1시간후 구제물질 기준과 동일하게 평가
해양 생태계 영향	<ul style="list-style-type: none"> ○ 구제물질과 동일 조사 및 실험 	3	<ul style="list-style-type: none"> ○ 구제물질과 동일하게 평가
생물 영향	<ul style="list-style-type: none"> ○ 구제물질과 동일 조사 및 실험 	3	<ul style="list-style-type: none"> ○ 상 동
운용 방법	<ul style="list-style-type: none"> ○ 장비의 성능 및 운용 방법 <ul style="list-style-type: none"> - 장비의 제원, 성능 및 주변기기제시 - 단위면적당(또는 시간당) 장비의 적정운용기준 및 방법 제시 ○ 기준초과 사용시 문제점 및 대책 <ul style="list-style-type: none"> - 적정사용기준 초과 시 야기될 수 있는 문제점(생물영향 영향 등) 및 대안 제시 	10	<ul style="list-style-type: none"> ○ 현장 운용시 해양생태계 영향, 장비 운용성, 안전성평가 <ul style="list-style-type: none"> - 해양생태계 위해 없고, 안전함 : 매우우수(5), - 약간의 위해와 안전함 : 우수 (4), - 약간의 위해와 안전 보조장치 필요 : 보통(3), - 약간의 위해와 안전장치 필요 : 보완(2), - 심각한 위해와 안전장치 필요 : 부적(1)
경제성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 단위면적당 살포소요경비 	2	<ul style="list-style-type: none"> ○ 장비가격고가 효율성평가 : 황토살포보다 저렴 : 매우 우수(5), 유사 : 우수(4), 2배 이내 : 보통(3), 3-5배 : 보완(2), 5배 이상 : 불가(1)

※ 평가기관에서 평가기준에 의한 항목 평가 후 계수하여 90이상(적극 추천), 80점(추천), 70-79점(추천가능), 60-69점(보완 후 재신청), 59점 이하 (부적)판정 기재

4. 고시안의 규제물질 평가비용의 추산

기존 고시안에서 평가비용은 크게 2종류로 구분되었다. 규제물질의 성상과 구성성분을 분석하여 1차 사용여부를 걸러내고, 여기서 통과한 물질들을 적조 시 바다에 살포하여 구제효율 및 해양생물에 미치는 영향을 평가받도록 고시안은 구성되어 있다.

규제물질의 구성성분의 분석은 한국기기유화시험 연구원의 2개 기관을 분석기관으로 고시하였다. 규제물질의 액상과 분말로 크게 나누어 액상은 수질공정시험법으로, 분말은 폐기물공정시험법으로 용출 후 수질오염공정법으로 분석하도록 고시하였다.

이때 분석 항목은 6가 크롬 외 11 항목으로 환경기술개발및지원에관한법률 제 17조 제 6항 및 동법시행령규칙 제 53조제2항의 규정에 의하여 측정대행업의 측정수수료와 출장비를 고시(2006.6.8)하여 이를 적용하면 표 3-22와 같다.

Table 3-22. 환경부 고시 측정수수료(일부 발체)

(단위: 원)

분야	측정항목	수수료
수질	6가크롬(Cr 6+)	20,700
	비소(As)	31,600
	카드뮴(Cd)	19,800
	납(Pb)	19,800
	구리(Cu)	19,800
	셀레늄(Se)(삭제)	15,500
	시안(Cn)	29,000
	수은(Hg)	27,600
	폴리크로리네이티드비페닐(PCB)	153,300
	페놀	21,400
	음이온계면활성제	26,300
	소계	384,800
출장비	1회	17,000
총계	11성분 분석료 및 1회 출장비	401,800

분석비용의 총계는 401,800원으로 이는 직접경비 외에도 현장조사비용 출장비 및 임차료 등과 기타 경비가 소요되므로 환경부에서 고시한 분석경비를 바탕으로 실제 현장실용성평가에 소요되는 경비를 기존고시안과 개정안을 비교하면 Table 3-?와 같다.

Table 3-23. 기존고시안과 개정고시안의 현장실용성 평가 비용 추산

평가 항목	기존 고시안	개정 고시안
구제효율	소계: 22,000,000원 - 메조코즘 설비 및 실험:20,000,000원 - 실내실험: 1회 20,000,000원	소계: 3,000,000원 현장실험: 10인*100,000원 임차료:선박2척 1,000,000원 분석료 : 5인 * 200,000원
해양생태계 영향	소계: 120,800,000원 -수질:수온 25항목*8회*5정점*20,000원 -저질: 중금속15항목*8회*5정점*20,000원 -동식물플랑크톤:5정점*2종*8회*100,000원 -저서동식물,부착생물:5정점*8회*150,000원 -AGP등 4종*8회*2,000,000원 -출장비 6인*8회*100,000원 -임차료 8회*2척*500,000원	소계: 27,250,000원 -수질:10항목*5회*5정점*20,000 -저질:15항목*5회*5정점*20,000 -동식물플랑크톤:5정점*2종*5회*100,000원 -저서동물: 5정점*5회*150,000원 출장비:6인*5회*100,000원 임차료:6회*500,000원
생물영향	소계: 40,000,000원 어류 등 10종*4,000,000원	소계: 4,000,000원 굴, 피조개 부착물 조사 - 현장인건비:5일*80,000원 - 가온유류비:10드럼*110,000원 -현장임차료:1회2,500,000원
사용방법	소계:2,000,000원 기계사용료:1회 2,000,000원	소계: 2,000,000원 -기계사용료: 2,000,000원
경제성	소계: 2,000,000원 -인건비: 10인*100,000원 -분석료: 1회 1,000,000원	소계: 2,000,000원 -인건비: 10인*100,000원 -분석료: 1회 1,000,000원
직접비 총계	186,800,000원	38,250,000원

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제 1절 연구개발 목표의 달성도

1. 연구개발 목표

해양수산부 적조구제물질인증 고시안(2004.10월 고시)의 적조구제물질 인증기준 설정 및 평가를 위해 고시안을 종합 재검토하여 검토항목 및 기간을 조정하였다. 이에는 항목별 경비를 산출하고 중요도를 분석하였다. 기존의 고시안에서는 현장적용 특히 생물에 대한 영향은 문헌과 경험을 바탕으로 고시안을 작성하여 다양하면서도 평가기준이 불분명한 고시였으나 본 용역에서는 민감도 높은 생물 중 어민 수준에서 관리가 되고 생활사 중에서 민감한 시기를 선택하여 구제물질의 영향을 조사한 결과 현장적용 평가에서는 별 문제점이 발견되지 않아 걸러지지 않았던 구제물질이 걸러지는 결과를 얻었다.

2. 연구개발 목표의 달성도 및 평가

가. 연구개발 목표의 달성도

고시안 종합 검토에서 항목별 고시안을 검토하였고, 각 항목별 경비를 환경부 환경영향평가 등을 고려하여 성분분석에 대한 직접 경비를 산출하였다. 그 결과 현행 고시안 평가경비에 비해 1/4 정도에서 평가할 수 있는 근거를 마련하였으며, 평가항목도 중요도에 따라 배점을 달리하여 인증시에 분명한 평가를 내릴 수 있도록 점수화하여 평가기준을 확립하였다.

황토 및 유사물질 생물영향조사는 피조개 및 굴의 부착유생을 선정하여 구제물질 농도별로 실험을 한 결과 영향여부를 뚜렷이 구분할 수 있었으며, 이를 바탕으로 많은 항목을 조사하지 않고도 구제물질의 영향여부를 판단할 수 있는 기준을 세울 수 있었다.

이에 따라 개발업체의 평가경비를 줄일 수 있는 구체적인 경비 산출을 하여 기존 고시안과 개정고시안의 항목별 경비를 비교하였다.

나. 상기 평가의 착안점에 따른 달성도에 대한 자체평가

고시항목 종합검토에서 공청회를 거쳐 항목별 의견을 수렴한 후 고시안 수정안을 작성, 제안하였고(제 5장 참조). 본 과제 제안 시 평가의착안점 및 척도를 기준으로 자체 평가 시 제안하였던 항목들을 100% 달성하였다.

현 고시안의 문제점인 평가경비의 과다에 의한 적조구제물질 인증 부진은 고 시 항목의 조정으로 조사 및 평가경비를 대폭 감소시켰고, 평가시간의 단축으로 물질개발 후

현장 사용에 대한 개발자들의 요구를 만족시킬 수 있는 방안을 도출하여 본 연구용역을 완료하였다.

다. 평가의 착안점

Table 4-1 평가의 착안점 및 척도

구 분	평가의 착안점 및 척도	
	착 안 사 항	척 도(점수)*
적조구제물질 인증기준 설정 및 평가 (고시안 종합검토)	○ 항목별 고시안 포함 검토 ○ 각 항목별 경비 산출 ○ 각 항목별 중요도 분석	15 20 15
황토 및 유사물질 생물영향조사	○ 민감도 높은 생물종 결정 ○ 항목별 경비비교	30 20

제 2절 산업발전에서의 기여도

1. 기술적 측면에서의 기여도

적조구제물질은 민간업체, 연구소, 대학 등에서 황토 외에도 170여 종의 다양한 적조구제물질이 개발되었고, 해양수산부에서는 이러한 대체물질의 실용화를 위하여 적조구제물질. 장비의 사용기준(해양수산부 고시 제 2004-63호, 2004.10.12)을 마련하여 시행하고 있으나 현행 시행중인 고시는 현장 적용 평가부분에 많은 조사항목과 조사기간이 장기간으로 많은 조사용역비(2억 원 내외)가 요구되어 대부분의 소규모의 영세개발업체로서는 조사경비의 확보가 어렵고, 실령 평가를 받아 고시가 되더라도 현장에서 사용하지 않으면 사업성이 없으므로 현장 평가를 관망하고 있어 현재의 고시안은 사문화되어 가고 있는 실정이었다.

따라서 현재의 복잡하고 장기간 요구되는 현장 적용 평가를 보다 단순화하고 단기화 하면서도 명확한 평가기준을 마련하여 현장 적용 여부를 명확히 평가할 수 있는 물질 및 장비의 사용기준을 합리적으로 개선하였다.

2. 경제 · 산업적 측면에서의 기여도

현행 고시에서 정한 현장 적용 평가부분의 평가항목 및 기간을 단축하면서도 명확한 기준을 제시할 수 있어 영세 개발업체의 경제적인 이익은 물론 평가하는 주체들로서도 많은 시간 및 경비를 절감할 수 있다.

개발업체의 적조구제물질이 현장에 적용되어 실제로 적조구제에 황토 대신 새로운 물질이 사용될 수 있다면 자연소재로 최근 건강 기능성 물질로 유용성이 많은 황토 자원의 절약과 함께 산야의 경관보전에도 크게 기여하게 된다.

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

제 1절 연구성과

1. 고시안 개정안 작성

현 고시안의 검토 결과 평가항목 및 평가경비를 합리적으로 조정하여, 적조구제물질을 개발한 중소기업의 사업화를 돕고, 고시안의 사문화를 지양하여 고시안이 적조현장의 구제물질의 적용으로 적조방제에 기여할 수 있는 실용적인 고시안을 재작성하였다. 고시안의 재 고시에 기초자료로 활용할 수 있는 정책자료 제공으로 본 수산정책과제를 성공적으로 수행하였다.

2004년 12월 14일에 기존 고시한 고시안에서 수정 보완한 고시안은 다음과 같다.

적조구제물질 · 장비의 사용기준에 관한 고시

수산업법 제79조제1항 제7호 및 수산자원보호령 제16조의 규정에 의거 “적조구제물질 · 장비의 사용기준”을 다음과 같이 고시합니다.

2004년 10월12일

해양수산부장관

제1조(목적) 이 고시는 수산업법 제79조 제1항2제6호제7호와 수산자원보호령 제16조의 규정에 따라 유해적조생물 구제용으로 사용하는 물질 · 장비의 사용기준 및 절차 등에 관한 필요한 사항을 정하여 수산생물피해를 최소화하고 해양환경 및 생태계를 보호함을 목적으로 한다.

제2조(성분분석 및 평가조사 대상 등) ①성분분석 및 조사대상은 적조구제를 위해 국내 · 외에서 개발한 구제물질 및 구제장비를 대상으로 한다.

②성분분석 및 현장실용성 평가 (조사)를 받고(자 하는 신청인은)적조구제 물질 및 장비를 사용하고자 하는 신청인은 별지 제1호 서식에 따라 제품설명서 및 다음 각호의 구비서류를 첨부하여 해양수산부장관에게 신청하여야 한다.

1. 구제물질 : 공인시험기관이 분석시험성적서 1부,
현장실용성평가조사서 1부
2. 구제장비 : 현장실용성평가조사서 1부

제3조(성분분석 및 조사기관) 제2조제2항의 규정에 따른 성분분석 및 현장실용성평가 기관은 별표1의 성분분석 및 조사기관으로 한다.

제4조(성분분석 및 분석기준) ①대상물질 화학성분 분석(이하 “성분분석”이라한다)은 대상물질의 주요 구성 성분분석 및 화학성분분석을 실시하여야 한다.

②제1항의 규정에 따라 대상물질에 대한 성분분석을 실시하고자하는 신청인은 물질설명서 및 실험용 물질을 구비하여 현장실용성 평가기관에 제출, 현장평가와 동일한 시료를 제3조의 분석기관중에서 신청인이선정한 기관에 성분분석을 의뢰하도록 하여야 한다.

③성분분석 방법 및 분석기준은 별표 2와 같다.

제5조(현장실용성평가조사 방법 및 평가기준) ①현장실용성평가조사는 구제물질 및 구제장비의 규제효율, 해양생태계 및 생물에 미치는 영향, 사용방법 및 경제성에 대한 평가를 받아야 한다.

②제1항에 따라 현장실용성평가조사를 의뢰하고자하는 신청인은 물질 및 장비설명서를 구비하여 제3조의 규정에서 정한 조사기관중에서 신청인이 선정한 기관에 의뢰한다. 다만, 장비가 중량물이거나 운반이 곤란한 경우 현장에서 조사·평가 할 수 있다.

③현장실용성평가 조사방법 및 평가기준은 별표 3과 같다.

제6조(적조구제물질 및 구제장비의 사용) ①신청서 검토결과 제4조 및 제5조의 분석기준 및 평가기준에 적합한 물질 및 장비에 한해 적조 구제물질 및 장비로 사용할 수 있다.

②평가기준의 적합여부를 판단하기 위해 해양수산부장관은 국립수산과학원장의 의견을 들을 수 있다.

제7조(검토결과 통보 등) ①해양수산부장관은 제6조제1항의 검토결과 적합한 구제물질 및 장비에 대하여는 그 결과를 신청인에게 통보하고, 검토결과 적합하지 아니한 구제물질 및 장비에 대해 그 사유를 신청인에게 통보하여야 한다.

②해양수산부장관은 제1항 규정에 의거 적합한 물질 및 장비에 대해서는 제품명(규격, 용도), 업체명, 대표자, 소재지 등을 국립수산과학원, 지방청, 시·도, 수협 등 관련 기관 및 단체에 통보하고 해양수산부 홈페이지에 게재하여야 한다.

제8조(적조구제물질 및 구제장비 사용금지) 제7조제1항에 의거 적합한 적조구제물질 및 장비에 대하여도 다음 각호의 경우에는 사용을 금지하도록 관련기관 및 단체에 통보하고 해양수산부 홈페이지에 게재하여야 한다.

1. 부정확한 방법으로 평가를 받았거나 현장 실용성 평가조사가 신청시 평가와 큰 차이가 있을 경우

2. 제7조에 의거 통보 받은 구제물질 및 장비가 제5조의 평가기준에 미달하는 경우

3. 제7조에 의거 통보 받은 제품이 생태계에 좋지 않은 영향을 미치는 등의 사유로 계속 사용이 적절하지 않다고 판단되는 경우, 국립수산과학원장은 현장 실용성평가조사를

실시할 수 있으며, 조사비용을 신청인에게 부과할 수 있다.

부 칙

- ① (시행일) 이 고시는 고시한 날부터 시행한다.
- ② (이미 사용중인 물질 및 장비에 대한 경과 조치) 이 고시 시행전에 이미 활용되고 있는 구제물질(자연황토) 및 장비(전해수황토살포기, 적조제거기, 제트스트리머)는 이 고시에 의거 적합한 물질 및 장비로 본다.

[별표 1]

성분분석 및 조사기관

1. 대상물질 성분분석 기관

기 관	소재지	연락처
한국기기유화시험연구원	서울	02)2056-4730~3
한국화학시험연구원	경기	031)999-3141
한국지질자원연구원	대전	042)868-3392

2. 현장실용성평가 조사기관

대학 및 연구소	전문연구센터	소재지	연락처
경상대	해양산업연구소	경남 통영	055)640-3085
군산대	수산과학연구소	전북 군산	063)469-1754
목포해양대	해양산업연구소	전남 목포	061)240-7058
부경대	해양과학공동연구소	부 산	051)620-6292
서울대	해양연구소	서 울	02)880-6512
여수대	수산해양연구소	전남 여수	061)659-2741
인하대	해양과학기술연구소	인 천	032)860-7701
제주대	해양과환경연구소	제 주	064)783-9260
충남대	해양연구소	대 전	042)821-6440
한양대	물환경생태복원연구실	서 울	02)2290-0956
한국해양연구원	남해연구소	경남 거제	055)639-8400
한국유해조류연구회(추가)	연구회사무국	부산	051)720-2520

[별표 2]

대상물질의 성분분석 방법 및 분석기준

1. 고체상(분말) 물질

가. 물질(광물 및 화합물) 성분 분석; 분말을 구성하는 각 물질(광물 및 화합물)을 모두 정량 분석하여 각 물질명에 따른 합계가 중량비 100% ($\pm 5\%$)에 이르는 분석치를 제시함. 분석 결과를 뒷받침하는 X-선회절분석 패턴 등의 직접적 자료도 제시함

나. 화학성분 분석;

(1) 주화학생분; 산화물이나 탄산화물로 나타난 주화학생분의 합계가 중량비 100% ($\pm 5\%$)에 이르는 분석치를 제시함.

(2) 중금속과 같은 유해성 원소 및 화합물 분석; 환경기준에 유해한 모든 원소 및 화합물의 분석 결과 제시

(3) 입도 분석; 점토, 실트, 모래, 자갈과 같은 입도별 분포함량 제시함

(4) 천연물과 인공물(폐기물 포함)의 성분 및 함량을 증명하는 근거 자료 제출

2. 액상 물질

가. 화학성분 분석:

(1) 액상 내에 존재하는 모든 이온, 원소, 무기 및 유기화합물을 분석할 수 있는 각종 분석기기를 사용하여, 용매를 포함하여 합계 100% ($\pm 5\%$)에 해당되는 성분분석의 결과 제시

(2) 유해성인 중금속, 유기물, 고분자화합물 등의 종류 및 함량 분석 제시

나. 천연물과 인공물(폐기물 포함)의 성분 및 함량을 증명하는 근거 자료 제출

(단위 : mg/l)

분 석 항 목	기 준	비 고
크롬(Cr^{6+})	0.05이하	기준란의 이하는 전 평가항목 해당
비소(As)	0.05	
카드뮴(Cd)	0.01	
납(Pb)	0.05	
아연	0.01	
구리(Cu)	0.02	
셀레늄(Se):삭제	0.01	
시안(CN)	0.01	
수은(Hg)	0.00005	
PCB	0.00005	
페놀	0.005	
음이온계면활성제	0.5	

※ 해양환경수질 기준의 일부임

[별표 3]

현장실용성평가 조사방법 및 평가기준

1. 실험 및 조사방법

가. 구제효율

- 1) 적조발령현장에서 구제물질 또는 장비를 사용하여 구제효율 및 효능을 3회 조사 평가한 자료 제출(야장 및 결과)
- 2) 구제효율은 동일 수괴 내에서 대조구를 설정하고 살포전과 살포후 10분에서 30분사이 제거효율측정 (조사선 2척 동시 사용)
- 3) 조류 및 해류를 고려하여 동일 수괴에서 조사 및 측정(drogue투하)

나. 수질 및 부유생물

구제효율과 동일한 시간별 층별 수질(온도, 투명도, 암모니아, 질산, 아질산, 인산, 규소, 클로로필 a)과 동·식물플랑크톤의 살포 전후의 정량, 정성 조사

다. 저서생물

살포해역의 저서생물의 정량, 정성 변화를 해양환경공정시험법에 따라 3계절 조사

라. 보고서 작성

- 실내실험과 현장실험 결과를 개조식으로 작성하여 판정결과를 제시할 수 있는 실험결과와 현장조사 자료를 첨부
- 평가기준에 의거 매우우수, 우수, 보통, 보완, 부적으로 세분하여 판정

마. 기타 : 현장조사근거를 시간별, 조사 내용별로 사진 첨부

2. 평가항목 및 기준

가. 구제물질(개정안)

평가항목	조사·실험 방법	평가기준
구제효율 (4)	적조생물 농도 3,000개체/ml 이상 현장에서 동일 수괴 내에 100ppm 농도 살포 후 10~30분내의 구제효율을 측정	구제효율이 90%이상:매우우수(5점), 89-80%:우수(4점), 79-70%:보통(3점), 69-60%:미흡(2점), 59% 이하:부적합
생물영향 (4)	굴,피조개 부착유생 생존율, 부착율에 의한 채묘영향 조사	생존율 및 부착율이 대조구의 90%이상: 매우 우수(5), 80-89%:우수(4), 70-79%:보통(3) 60-69%:미흡(2), 59% 이하:부적(1)
해양생태영 (9)	수질:수온, 화학적산소요구량, 영양염, 용존산소, 부유물질, 클로로필 a 퇴적물:중금속(Cd,Pb,Hg,Cu,Zn, PCB) IL, COD, 유화물)	수질; 살포 전후 변동폭 10% 이내:매우우수(5), 변동폭 11-19%이내: 우수(4), 20-29%: 보통(3), 30-39%: 미흡(2), 40%이상:부적(1점) 저질; 살포 후 변동폭 10%이내: 매우우수(5점) 11-19%:우수(4점), 20-29%:보통(3점), 30-39%:미흡(2점), 40%이상: 부적(1점)
	구제물질 살포 전후의 동식물플랑크톤 종조성 및 개체수 변동	-살포 전후 동식물플랑크톤 종조성 살포전후의 변동 폭 10% 이내: 매우우수(5), 11-30%: 우수 (4), 31-50%:보통(3), 51-70%:미흡(2), 70% 이상: 부적(1) -살포 전후 동식물플랑크톤 개체수 변동 살포 전후의 변동폭 10% 이내: 매우우수(5), 11-30%:우수(4), 31-50%:보통(3),51-70% :미흡(2), 71% 이상:부적(1)
	저서생물 및 양식생물 종조성 및 개체수 변동	계절별 3회장기 조사자료의 살포전후변동폭이 10%이하:매우우수(5), 11-30%:우수(4),31-50%:보통(3), 50-70%:미흡(2),71%이상:부적(1)
사용방법 (1)	현장살포장비의 살포효율 및 주변기기 운용정도	살포과정 매우 단순 및 간단(5), 단순하지만 주변기기 다소 필요(4), 다소 복잡 (3), 과정 및 주변기기 복잡(2), 매우 복잡(1)
경제성 (2)	황토대비 단위면적당 소요경비	황토 대비 1.5배:매우우수(5), 황토대비 3배: 우수(4), 황토대비 5배:보통(3), 황토 대비 10배: 미흡(2), 황토대비 20배 이상:부적(1)

※평가기관에서 평가기준에 의한 항목 평가 후 계수하여 90점이상(적극 추천), 80-89점(추천), 70-79점(추천가능),60-69점(보완 후 재신청), 59점 이하 (부적) 판정 기재

나. 구제장비

평가 항목	조사·실행 방법	평가기준
구제 효율 (2)	○ 처리용량 - 일정 시간당 구제효율(또는 처리용량) ○ 처리면적 - 일정시간당 처리면적	장비가동 1시간후 구제물질기준과 동일하게 평가
해양 생태계 영향 (3)	○ 구제물질과 동일 조사 및 실험	구제물질과 동일하게 평가
생물 영향 (3)	○ 구제물질과 동일 조사 및 실험	상 동
운영 방법 (10)	○ 장비의 성능 및 운용 방법 - 장비의 제원, 성능 및 주변기기 제시 - 단위면적당(또는 시간당) 장비의 적정운용기준 및 방법 제시 ○ 기준초과 사용시 문제점 및 대책 - 적정사용기준 초과 시 야기될 수 있는 문제점(생물영향 영향 등) 및 대안 제시	현장 운용시 해양생태계 영향, 장비 운용성, 안전성평가 : 해양생태계 위해 없고, 안전함 : 매우 우수(5), 약간의 위해와 안전함 : 우수 (4),약간의 위해와 안전 보조장치 필요 : 보통(3), 약간의 위해와 안전장치 필요 : 보완(2), 심각한 위해와 안전장치 필요 : 부적(1)
경제성 (2)	○ 단위면적당 살포소요경비	○ 장비가격고가 효율성평가 : 황토살포보다 저렴:매우 우수(5), 유사:우수(4), 2배이내:보통(3),3-5배:보완(2), 5배 이상:불가(1)

※ 평가기관에서 평가기준에 의한 항목 평가 후 계수하여 90이상(적극 추천), 80-89점(추천), 70-79점(추천가능), 60-69점(보완 후 재신청), 59점 이하 (부적) 판정 기재

2. 연구논문 제출 및 국제, 국내학회 발표

적조구제물질 농도 구배에 따른 피조개 및 굴에 미치는 영향은 세계양식학회 및 국내외 학회에 발표할 논문을 작성하였다.

1) 발표예정 학술지: 국내(추계 한국해양학회, 수산학회, 한국유해조류연구회 학술 발표대회)

국외(Limnology and Oceanography 또는 World Aquaculture Society의 Aquaculture. Easthab 일본회의-11월 요코하마)

2) 투고시기: 2006년 9월 중 원어민 1차 교정 후

3) 논문 내용: 첨부

Effect of Red tide control materials on spat larvae of Oyster, *Crassostrea gigas*.

적조구제물질이 굴 부착 유생에 미치는 영향

Na, G. H., S.Y. Park, S.M.Lim, & S.W. Choi

Marine Environmental Industrial Technology Co. Ltd., Seoul 110-775, Korea

Abstract

Key words

1. 서론

1995년 유해적조 발생으로 막대한 수산피해를 입은 이후 매년 유해적조의 발생빈도는 증가하고 적조발생해역은 광역화되고 있는 실정이다. 게다가 유해적조의 직·간접적 피해 영향을 받고 있는 대상해역들은 생산성이 높고 시공간적으로 다양하게 이용되고 있는 연안 해역들이어서 유해적조가 경제적으로 뿐만 아니라 인간 활동을 위축시키는 요인으로 작용하고 있다. 그러나 지금까지 적조방제의 어려움과 적조구제 물질 및 기술을 개발한 업계의 요구를 반영하여 친환경적이고 경제성이 있는 구제물질을 개발하기 위하여 국가에서 인증하는 기관의 성분분석표를 제출한 물질들 중에서 중금속등 유해성분을 포함하지 않고, 수산경제에 영향을 미치는 혐오 및 비위생적인 물질이 아니며, 제조공정과 안정성이 명확하지 않은 수입물질 및 육상기원 폐기물과 광산폐기물이 아닌 물질을 대상으로 구제물질들이 개발되었다.

이러한 물질을 현장에서 사용하기 위해서는 각 물질의 적조생물 구제효율 뿐 만 아니라 해양환경저서생태계 및 수산생물 등을 포함하는 해양생태계에 미치는 단·장기적 영향에 대한 평가가 실시되어야 한다.

적조구제물질을 바다에 살포 시 생물에 대한 영향은 여러가지로 나타날 수 있는 점을 감안하여 적조 생물의 구제와 동시에 해양생물에는 영향이 적을수록 현장적용성은 커지게 된다.

지금까지 개발된 물질을 큰 범주로 구분하여 이미 허용된 황토를 기준으로 유사물질별로 생물영향조사를 실시하였다. 생물종의 선택은 민감도가 크고 시험 검정하는 생물종이 어민 수준에서 용이하게 얻을 수 있는 종과 정밀한 검정을 필요로 하는 종을 선택하기 위한 종합 검토한 결과 피조개와 굴 부착기 유생을 선택하여 실험 하였다.

굴과 피조개 유생은 인공채묘가 가능하고 현재 어민 수준에서 대량 인공종묘생산이 되고 있고 적조 대량 발생시기가 굴 및 피조개의 자연 채묘시기와 일치하여 구제물질에 의한 영향을 직접 받을 수 있는 종이다. 또한 어류와 달리 치패에 영향을 줄 뿐 아니라 먹이생물 자체에도 영향을 주게 되므로 패류치패의 영향 여부와 동시에 먹이생물의 간접적인 영향도 검증할 수 있는 이점이 있다.

이러한 황토 외 광물질 1종과 해양기원 산업부산물 1종을 이용하여 대조군과 함께 농도에 따른 부착 유생의 양적인 영향으로 부착율과 생존율, 질적인 영향으로 부착유생의 크기에 대한 영향의 유무가 예상된다. 따라서 적조구제물질이 굴유생의 부착율과 생존율에 대한 영향을 알아보고자 본 연구를 실시하였다.

2. 재료 및 방법

가. 굴 부착기 유생 사육실험

(1)어미사육

본 실험에 사용한 어미는 2006년 5월 전남 가막만에서 채취한 어미로써, 평균 각장 $47.1 \pm 6.3\text{mm}$, 각고 $89.3 \pm 11.5\text{mm}$, 전중 $49.2 \pm 12.8\text{g}$ 이었다.

1톤 원형 FRP 수조에 유수사육을 실시하였으며, 사육수온은 $21 \pm 1^\circ\text{C}$ 로 유지하였다. 사육기간 중 공급된 먹이생물은 *Chaetoceros gracilis*, *Pavlova lutheri*, *Nannochloris oculata* 를 혼합하여 매일 사육수 1ml당 $30 \sim 55 \times 10^4$ 세포로 공급하였다.

(2)채란

채란 방법은 간출과 수온상승자극법을 병용하였으며, 먼저 어미굴 패각에 붙은 이물질을 깨끗이 제거한 후 통풍이 잘되는 곳에 약 1시간정도 간출시킨 후 500ℓ 수조에 수용한 후 수온을 사육수온보다 5°C 이상 상승시켜 산란을 유발하였다.

방란·방정이 시작되어 충분히 난과 정자가 방출되면 어미를 채란조에서 꺼내고 수정란은 채란하였다. 채란은 망목 크기가 $100\mu\text{m}$ 인 걸름망을 이용하여 배설물과 이물질을 제거하고 수정난은 $20\mu\text{m}$ 걸름망으로 정충을 제거하기 위하여 3~4회에 걸쳐 여과해수로 씻어 주었다.

(3) 유생사육

유생사육은 20톤 콘크리트 사각수조에서 고압 모래여과기로 1차 여과한 후 10 μ m 카트리지를 필터를 통과시켜 사용하였다.

환수는 2일 간격으로 전환수 하였고, 환수 시 유생의 성장에 따라 걸름망 망목크기를 40~150 μ m까지 순차적으로 증가시키면서 유생을 수거하였다. 수거된 유생은 100 ℓ 수조에 수용하여 계수한 후 재수용 하였으며, 사육기간 중의 사육수온은 25 \pm 0.5 $^{\circ}$ C로 유지시키면서 먹이공급은 *Chaetoceros gracilis*, *Pavlova lutheri*, 및 *Isochrysis galbana* 를 동일비율로 혼합하여 매일 2회 사육수 1ml 당 1~5 \times 10⁴ 세포로 공급하였다.

나. 부착기 유생의 생존율 · 부착율 실험

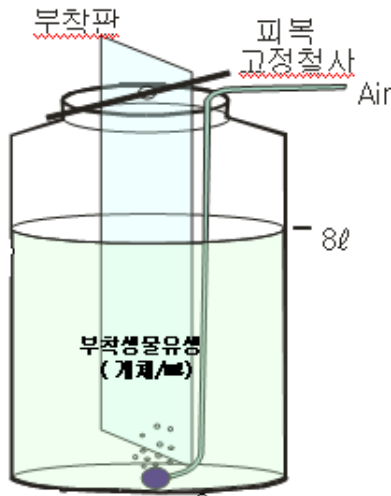
부착율 실험은 구체물질(국립수산과학원에 등록된 물질 170여종 중 황토 등 3가지) A,B와 C를 농도별 50, 100, 200, 400 ,800ppm으로 설정하였으며, 대조구로는 물질을 투여하지 않는 실험구로써 각각 2회 반복설정 하였다.

실험 용기는 8 ℓ 원형 수조를 사용하였으며, 수조 가운데에 코팅 철사를 이용하여 PVC평판(15cm \times 25cm)을 수직으로 고정한 후, 부착기 유생을 각 구간별로 1 ml 당 1개체의 밀도로 (8000개체/8 ℓ)수용하였다.

유생 사육조건은 수온 24 \pm 1 $^{\circ}$ C, 염분 31‰로 하였고 유생은 평균 각고 319 \pm 18.6 μ m 이며, 먹이공급은 *Chaetoceros gracilis*, *Pavlova lutheri*, 및 *Isochrysis galbana* 를 동일비율로 혼합하여 매일 2회 사육수 1ml 당 10~40 \times 10⁴ 세포로 공급하였다. 이후, 구체물질 Jade powder(A), Red clay(B), Magnesium oxide(C)를 건량으로 20,000ppm(20g/ ℓ)로써 stock용액으로 만든 후 아래와 같이 실험구별로 짱으로 집어넣은 후 각 실험구별로 농도를 조정하였다. (Table 1.)

유생의 부착율 실험은 실험 개시 2일후 환수를 통하여, 평판에 부착된 개체수를 육안으로 관찰하여 계수하였으며, 생존율은 채취한 사육수에 포함된 전 유생을 대상으로 폐사유무를 조사한 후 이를 기준으로 전체유생의 폐사유무를 용적법으로 계산한 후 생존율을 조사하였다.

$$\text{부착률 (\%)} = (\text{부착개체수} / \text{실험개체수}) \times 100$$



- + 적조구제물질의 희망농도 조절
- + larvae(유생)

Fig 5-1. 부착을 실험수조 set.

Table 5-1. 시험구별 희망농도 구배조절

농도 (ppm)	0	50	100	200	400	800
20,000 (ppm)원액	0	2.5ml/l → 8l	5ml/l → 8l	10ml/l → 8l	20ml/l → 8l	40ml/l → 8l
총주입량 (8l)	0	20ml	40ml	80ml	160ml	320ml

3. 결과 및 고찰

굴유생은 부유기간 동안 내·외적인 발생 변화를 계속하면서 어느 시점이 되면 어떠한 물질에 부착할 수 있는 부착기 유생의 특징은 안점이 출현하고 발이 형성된다.

굴 치패의 생존율은 대조구의 경우 75~100%, 구제물질 A의 경우 46~100%, B의 경우 70~100%의 범위를 나타내었으며, 대조구에 비해 높은 생존율을 나타내었다. 구제물질 C의 경우는 부착유생이 모두 폐사하여 생존율은 0%로 나타내었다. 농도별 특성에서는 구제물질 A의 경우 50, 100ppm구간에서는 대조구보다 높은 생존율을 나타내었으며, 200ppm 구간부터 생존율이 감소하는 경향으로 대조구보다 낮았으나, 800ppm구간에서 증가함을 보였다. 구제물질 B의 경우 50, 200, 400ppm구간에서 대조구보다 높은 생존율을

나타내었으나, 100, 800ppm구간에서 대조구보다 낮은 생존율을 나타내었으며, 농도별 변화양상을 보이지 않았다. (Table 2., Fig 2)

굴 부착율에서는 대조구의 경우 4,715.5 (3,017~6,414), 구제물질 A의 경우 2,212~7,360 개체, B의 경우 1,931~7,529개체의 범위로 나타내었으며, 전반적으로 구제물질 A의 경우가 구제물질 B의 경우보다 높은 부착율을 보였다. 구제물질 A의 경우 50, 100, 200ppm의 구간에서 대조구보다 높은 부착율을 나타내었으며, 농도별 특성에서는 50, 100ppm 구간에서 부착률이 증가하다가 200, 400, 800ppm구간에서 감소하는 경향을 나타내었다. 구제물질 B의 경우 50~100ppm 농도에서 대조구에 비해 높은 부착율을 나타내었으며, 농도별 특성을 보면, 50 ppm구간에서 평균 6,004의 개체수로 높은 부착율을 나타내었으나, 100, 200, 400, 800ppm에서 점차적으로 감소하는 경향을 나타내었다. (Table 3., Fig 3)

굴 부착유생의 크기변화에서는 대조구의 경우 0.75~1.30mm, 구제물질 A의 경우 0.70~1.68mm, B의 경우 0.70~1.90mm의 범위를 나타내었으며, 전반적으로 구제물질 A에서는 부착유생의 개체 크기가 크고, 100, 200, 400ppm구간에서 대조구에 비해 크게 나타났으며, 100ppm 구간 이후 점차 감소하는 경향을 보였다. 구제물질 B의 경우 대조구와 비슷한 크기양상을 나타내었으며, 농도에 따른 크기 변화는 크게 나타나지 않았다. (Table 4., Fig 4)

이를 종합하여 보면, 구제물질 A의 경우 100ppm에서 생존율 100%, 부착 개체수 5,996 개체와 1.25mm의 개체 크기를 나타내었으며, 구제물질 B의 경우 50 ppm의 경우 생존율 100%, 부착 개체수 6,004.5개체와 1.09mm의 개체 크기로 높게 나타냄으로써, 두 구제물질 간의 주입량에 따른 효과를 본다면, 구제물질 A의 100ppm보다 구제물질 B의 50ppm에서 높은 효율을 나타내었다.

Table 5-2. 구제물질 농도별 4일 후 굴 부착유생의 생존율 변화

(단위 : %)

농도 (ppm)	0	50	100	200	400	800
구제물질 A	87.5 (75~100)	100	100	85 (70~100)	60.5 (46~75)	91.5 (83~100)
구제물질 B		100	84.1 (76~91.2)	96 (95~97)	97	80 (70~90)
구제물질 C		0	0	0	0	0

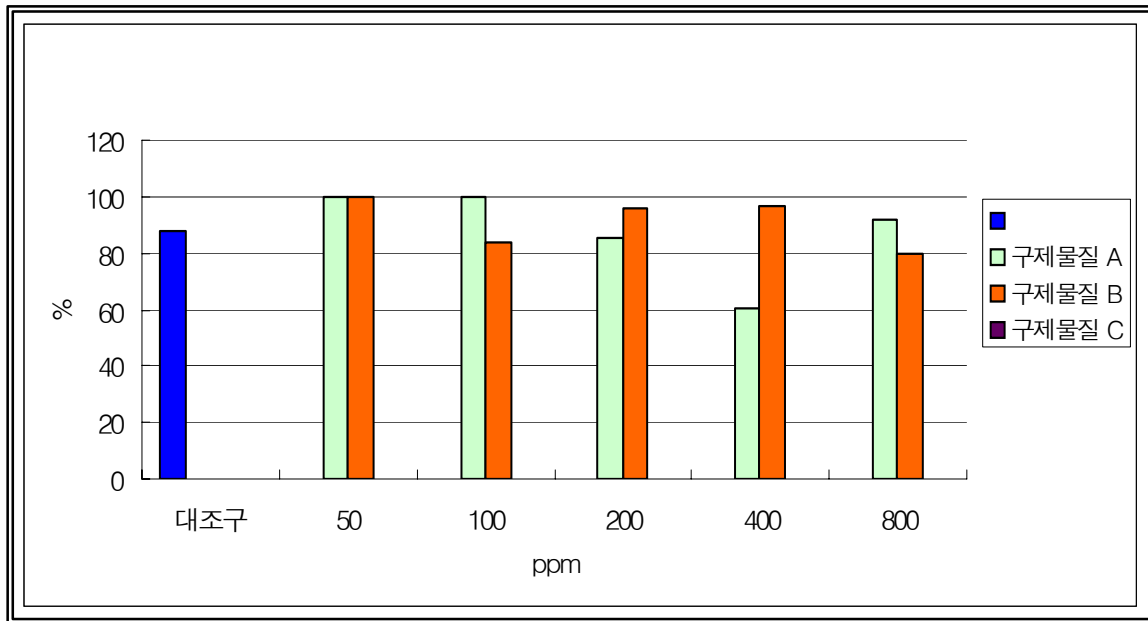
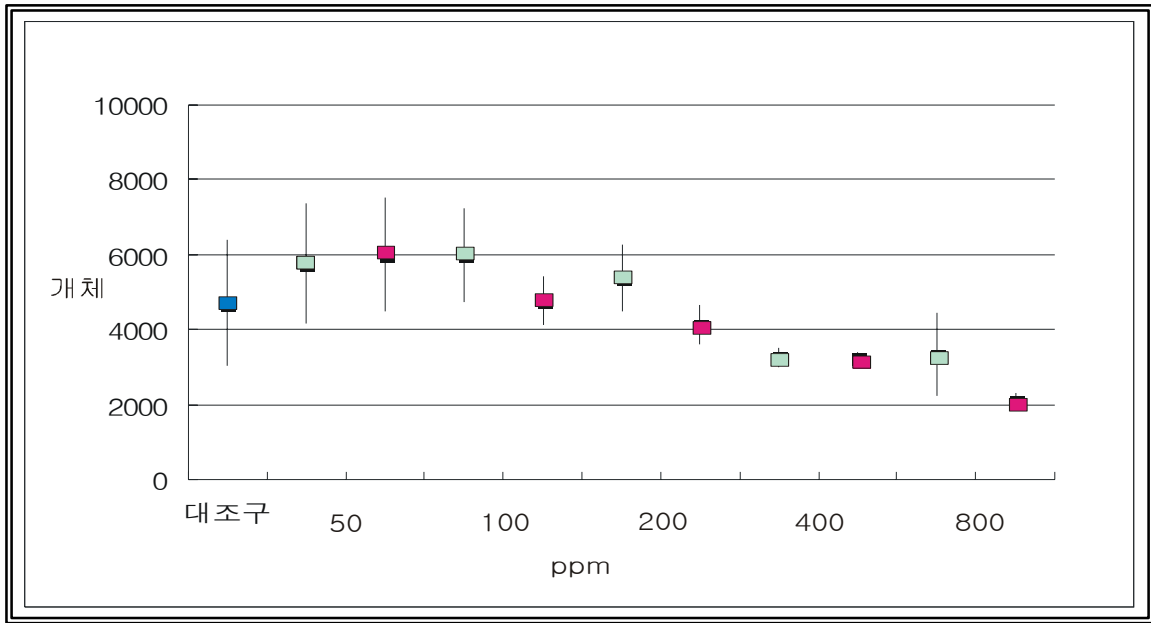


Fig 5-2. 구제물질 농도별 4일 후 굴 부착유생의 생존율 변화

Table 5-3. 구제물질 농도별 4일 후 굴 부착유생의 개체수 변화

농도 (ppm)	0	50	100	200	400	800
구제물질 A	4,715.5 (3,017~6,414)	5,760 (4,160~7,360)	5,996 (4,757~7,236)	5,385 (4,480~6,290)	3,266 (3,004~3,528)	3,328.5 (2,212~4,445)
구제물질 B		6,004 (4,480~7,529)	4,764 (4,121~5,407)	4,133.5 (3,605~4,662)	3,234 (3,055~3,413)	2,114 (1,931~2,297)



(대조구, 구제물질 A, 구제물질 B)

Fig 5-3. 구제물질농도별 굴 부착유생의 개체수 변화

Table 5-4. 구제물질농도별 굴 부착치패의 크기변화

(단위 : mm)

농도 (ppm)	0	50	100	200	400	800
구제물질 A	1.06 (0.75~1.30)	1.05 (0.90~1.50)	1.25 (0.95~1.68)	1.13 (0.70~1.50)	1.11 (0.82~1.65)	1.03 (0.75~1.25)
구제물질 B		1.07 (0.80~1.50)	1.09 (0.77~1.50)	1.04 (0.75~1.50)	1.05 (0.70~1.90)	1.15 (0.75~1.80)

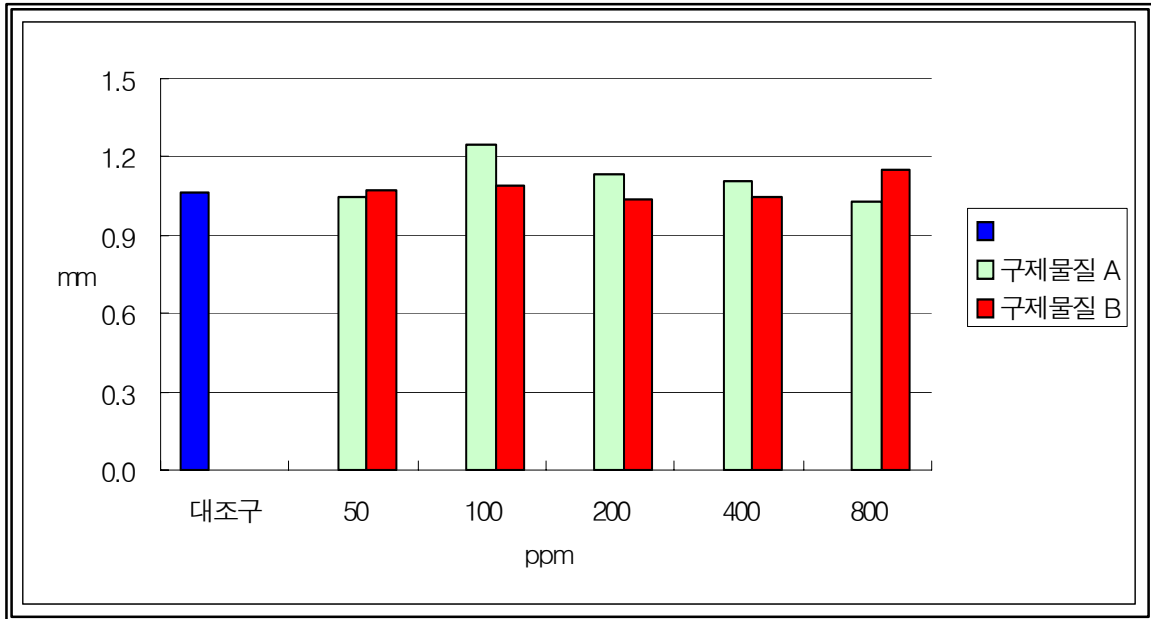


Fig 5-4. 구제물질농도별 굴 부착유생의 크기변화



Photo 5-1. 구제물질별 패류유생의 생존율, 부착율 실험 장치

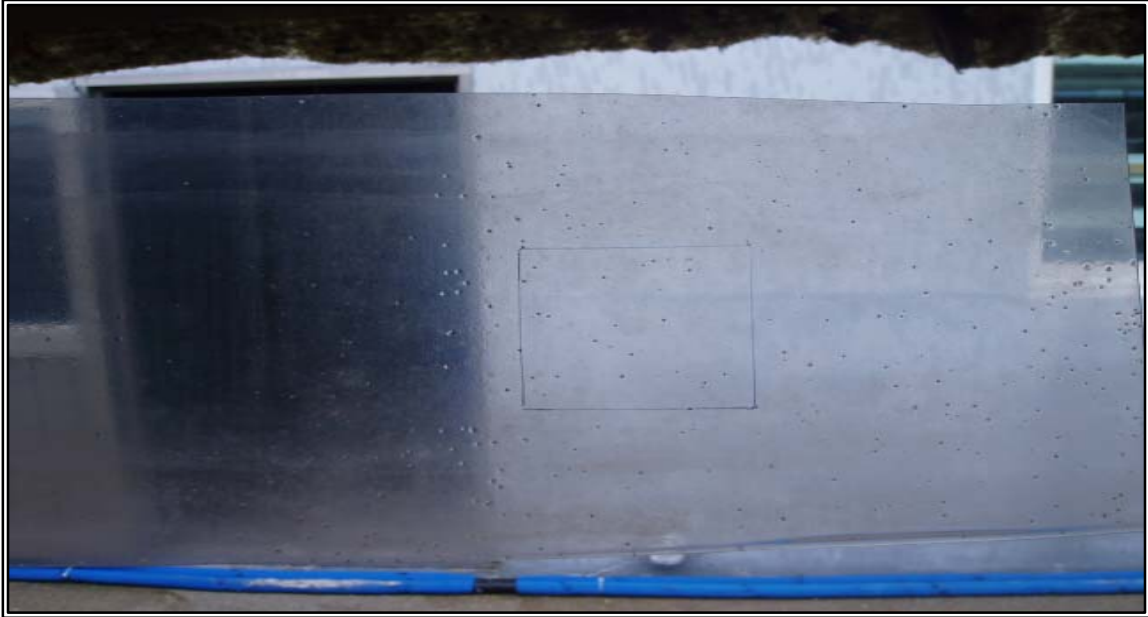


Photo 5-2. 부착판에 글 부착치패



Photo 5-3. 실험수조 밑면에 부착한 글 치패



Photo 5-4. 부착기에 들어간 굴유생의 모습



Photo 5-5. 족사를 내놓고 부착기질을 찾는 굴 모습

제2절 연구 성과 활용계획

본 용역결과는 현 고시안의 개정안으로 작성하여 최종평가를 거친 후 해양수산부 주관 고시안 개정에 대한 관계기관, 수산과학원, 연구소, 대학, 용역기관, 업체대표 등으로 구성된 고시안 개정 최종회의를 거쳐 안으로 확정, 재고시 하는데 기초자료로 활용한다.

연구개발 결과에서 얻어진 황토 및 구제물질에 따른 부착율 향상 결과는 기존의 패류 종묘 양산에서 구제물질이 수질정화작용 및 부착촉진 물질로서의 역할을 측정하여 안정적인 패류종묘 생산에도 활용될 수 있다.

제 6 장 참고문헌

- ① 국립수산물과학원 2003. 노후양식어장의 효율적 개선방안연구. 해양수산부 311pp.
- ② 류도옥 (1995) 黄土의 神秘, 행림출판
- ③ 마산지방해양수산청 1998. 피조개 양식어장의 객토 효과 연구. 농림부 199pp.
- ④ 민광식 (1994) 참굴, *Crassostrea gigas*의 인공종묘생산을 위한 유생사육 조건에 관한 연구. 부산수대 산업대학원 석사학위논문 53pp.
- ⑤ 민광식 외 15인 (1997) 굴 인공채묘 및 현장적용 기술개발에 관한 연구. 농림부, 363pp.
- ⑥ 박경, 나기환, 장은미 2003.해양생태계 보전을 위한 양식어업 시설설치에 관한 연구. 국립공원관리공단, 119pp
- ⑦ 신영태, 이상민 2000. 어장정화사업의 체계적 추진방안. 한국해양수산개발원 기본 연구 2001-16.
- ⑧ 유성규 (2000) 천해양식. 구덕출판사, 71-140, 203-218.
- ⑨ 한국해양수산개발원. 2004. 어장정화사업의 효과분석 및 추진방안에 관한 연구 Draft 151pp
- ⑩ 황진연, 장명익, 김준식, 조원모, 안병석, 강수원 (2000) 우리나라 황토(풍화토)의 구성광물 및 화학성분. 한국광물학회지, 13권 3호, 147-163.
- ⑪ 황진연 (1997) 맥반석과 황토의 특성과 활용. 한국광물학회 창립 10주년 기념 심포지움 논문집, 89-99.
- ⑫ 황진연 (2000) 우리나라 황토의 성분 및 특성. “적조와 황토”에 관한 국가간 심포지움, 국립수산물진흥원, 28-33.

- ⑬ FAO. 2001. Planning and Manugement for sustainalle Coastal Aquaculture Development
- ⑭ 倉林三郎 (1980) 粘土と暮らし, 東海出版會, 日本
- ⑮ 地學團體研究會 (1981) 地學事典, 平凡社