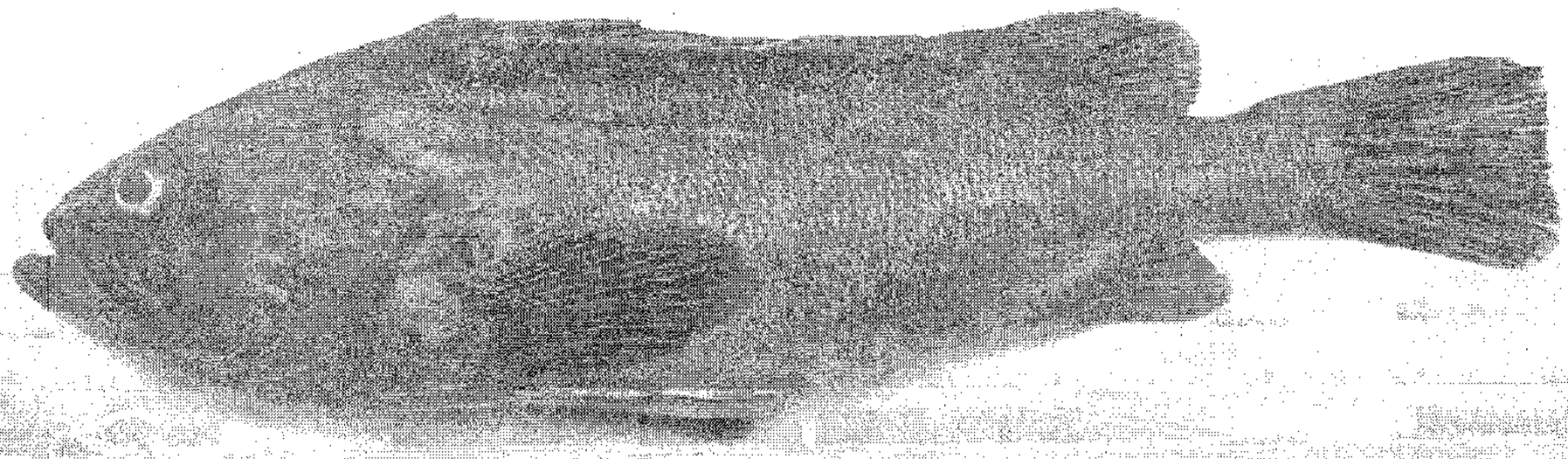
발 간 등 록 번 호
11-1520635-000107-01

과 학 원 간 행 물 번 호
TR-2007-AQ-002

GOVP1200720599

조피볼락 양식 표준 지침서

Standard Manual of Black Rockfish Culture



2007. 4

해양수산부
국립수산과학원
National Fisheries Research & Development Institute

머 리 말

수산식품은 친환경 건강식품으로써 그 수요가 지속적으로 증가될 것으로 보이며, 어업생산의 한계로 인하여 양식 수산식품에 대한 의존도는 지속적으로 늘어날 전망입니다.

국내 양식 산업은 21세기 대국민 단백질 공급의 차원에서 그 중요성이 점차 증대되고 있으나, 최근 들어 WTO/DDA 및 FTA 등 무역 자유화의 세계적인 추세로 인하여 외국산 저가 활어의 대량 수입에 의한 국내산의 가격하락 및 소비부진 등으로 양식경영이 매우 어려운 상황에 직면해 있습니다. 이러한 양식 산업의 위기 극복을 위한 방안의 하나로서 국립수산과학원에서는 국내·외 양식여건의 변화에 능동적으로 대처하기 위하여 주요 양식 품종을 대상으로 2004년부터 연차별로 양식 표준화 연구 로드맵을 작성하여 넙치, 조피볼락, 전복, 뱀장어 등을 대상으로 연구를 수행하고 있습니다.

우리나라 양식 대상 어류 중에서 넙치 다음으로 중요한 조피볼락의 경우, 국립수산과학원에서 1984년 인공종묘 생산기술을 개발한 이후, 괄목할만한 성장을 지속하여 왔으며, 최근에는 우리나라 연간 전체 해산어류 양식생산량인 91,093톤 중에서 조피볼락 생산량이 27,517톤으로 약 30%의 비중으로 주요 양식어종으로 확고한 자리를 차지하고 있습니다. 따라서 조피볼락 양식의 지속적인 생산성 유지와 합리적인 경영기법의 도입으로 과학적이고 경쟁력 있는 산업으로 육성하기 위하여 조피볼락 양식 표준화 연구를 수행하게 되었습니다.

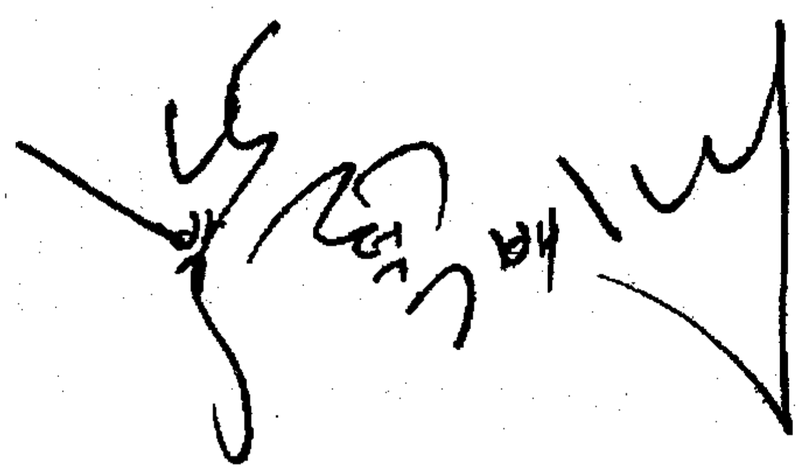
본 연구에서는 2005년부터 2006년까지 2개년에 걸쳐 동·서·남해안의 각 해역별로 표본양식장을 선정, 현장을 직접 방문하여 양식 및 경영실태를 파악하였습니다. 또한, 국내·외 조피볼락 양식에 대한 문헌자료를

수집하여 종합적으로 분석한 다음, 이러한 연구결과를 토대로 조피볼락 양식 생산 기술 과정을 서술하여 표준지침서로 발간하게 되었습니다.

이 지침서는 조피볼락에 대하여 실제 우리나라 양식현장에서의 친어 관리, 종묘생산, 양성관리, 영양 및 사료, 질병대책 등의 양식기술과 지역별 및 규모별 해상가두리 양식 경제성 분석결과를 제시한 것으로, 경쟁력 있고 안정적인 조피볼락 양식 산업을 위한 길잡이로서 적극 활용될 수 있기를 기원합니다.

끝으로 이 지침서가 발간되기까지 조피볼락 양식실태 및 경제성 분석 현장조사에 적극적으로 협조해 주신 양식어업인 및 지방해양수산청 관계자 여러분께 감사드리며, 우리원 집필진 여러분의 노고에 치하를 드리는 바입니다.

2007. 4



목 차

1. 일반 현황 및 생태 1
가. 연구 추진 배경 1
나. 조피볼락 양식의 역사 2
다. 양식 현황 및 생산량 2
(1) 양식 현황 2
(2) 양식 생산량 3
라. 분류 및 특성 5
(1) 분류학적 위치 및 명칭 5
(2) 조피볼락의 특성 5
(가) 종류 및 분포 5
(나) 형태적 특성 5
(다) 생태적 특성 6
(라) 성장 및 식성 특성 6
(마) 어체 성분 및 구성 8

2. 육상수조식 종묘생산 9
가. 친어 관리 9
(1) 친어 확보 9
(2) 친어 성숙 9
(3) 친어 수용 9
(가) 자연산 친어 9
(나) 양식산 친어 10
(4) 자어 산출 10

(가) 산출시기 추정 10
(나) 난 발생 및 부화 자어 11
(다) 산출 행동 12
(라) 산출 유형 12
(마) 산출시각 및 소요시간 13
(바) 포란수 13
(5) 산출자어 수집 15
(6) 자어 사육 시설 16
(7) 사육밀도 및 선별 17
(가) 사육밀도 조절 17
(나) 선별방법 및 유의 사항 17
나. 먹이생물 배양 18
(1) 클로렐라 배양 18
(2) 윤충 배양 19
(3) 알테미아 부화 20
다. 천연 플랑크톤의 채집 21
라. 먹이공급 체계 22
(1) 먹이공급 개시시기 22
(2) 배합사료 먹이붙임 23
(3) 먹이공급순서 24
(4) 먹이선택 24
마. 사육수 관리 25
(1) 사육수 25
(2) 환수 25
(3) 사육 수온 25
(4) 바닥청소 26
바. 자·치어기 성장 26

3. 축제식 및 해상가두리 종묘생산 ····· 29
가. 축제식 종묘생산 ····· 29
나. 해상가두리 종묘 생산 ····· 30
4. 해상가두리 양성 ····· 31
가. 사육장소 ····· 31
나. 사육시설 ····· 31
(1) 표층 해상가두리 ····· 31
(2) 중층 침설식 해상가두리 ····· 32
다. 종묘 선정 ····· 32
라. 사육환경 ····· 35
(1) 조도 ····· 35
(2) 사육수온 ····· 35
마. 사육밀도 ····· 35
(1) 표준 입식 밀도 ····· 35
(2) 재해복구비용 산정 기준 밀도 ····· 37
바. 먹이공급 ····· 37
(1) 먹이선택 ····· 37
(2) 먹이전환 ····· 38
(3) 먹이공급횟수 ····· 38
(4) 먹이공급량 ····· 38
사. 성장 ····· 39
(1) 해상가두리 양식장에서 성장 ····· 39
(2) 육상수조식 양식장에서 성장 ····· 40
아. 기타 사육관리 ····· 41
(1) 적조발생 단계별 사육관리 ····· 41
(2) 고수온기 사육관리 ····· 42
(3) 사육일지 관리 ····· 43

자. 해상가두리 사육밀도별 현장 실험 43
(1) 2005년산 종묘의 사육 실험 44
(가) 1차 실험 44
(나) 2차 실험 46
(2) 2006년산 종묘의 사육 실험 48
(가) 사육환경 및 사료공급 48
(나) 사육결과 48

5. 영양 및 사료 50
가. 사료개발 현황 50
(1) 단백질(아미노산) 영양연구 51
(2) 에너지(단백질/에너지 비) 요구량 53
(3) 지질(지방산) 영양연구 55
(4) 비타민 58
(5) 미네랄 62
(6) 어분대체 사료원 64
(7) 사료원료 소화율 67
나. 조피볼락 사료의 발전방향 68

6. 질병과 대책 70
가. 개요 70
(1) 발병 원인 및 조건 70
(2) 질병의 발생요인 70
(가) 양식장 환경의 악화 70
(나) 보균어의 유입 70
(다) 어체 건강도의 저하 71
나. 질병 발생시 진단요령 71

(1) 질병 진단 방법 ····· 71
(가) 설문지 조사 ····· 71
(나) 어군 진단 ····· 71
(다) 개체 진단 ····· 71
(라) 배양 ····· 71
다. 주요 어병의 종류와 발병 시기 ····· 72
라. 조피볼락의 주요 질병 ····· 73
(1) 림포시스티스병 ····· 73
(가) 감염증상 및 원인 ····· 73
(나) 치료 및 예방대책 ····· 73
(2) 비브리오병 ····· 74
(가) 감염증상 및 원인 ····· 74
(나) 치료 및 예방대책 ····· 75
(3) 연쇄구균증 ····· 75
(가) 감염증상 및 원인 ····· 75
(나) 치료 및 예방대책 ····· 76
(4) 활주세균증 ····· 76
(가) 감염증상 및 원인 ····· 76
(나) 치료 및 예방대책 ····· 77
(5) 선회병 ····· 78
(가) 감염증상 및 원인 ····· 78
(나) 치료 및 예방대책 ····· 78
(6) 아가미 흡충병 ····· 79
(가) 감염증상 및 원인 ····· 79
(나) 치료 및 예방대책 ····· 80
(7) 클라벨라충 ····· 80
(가) 감염증상 및 원인 ····· 80

(나) 치료 및 예방대책 ····· 81
(8) 황지증 ····· 81
(가) 감염증상 및 원인 ····· 81
(나) 치료 및 예방대책 ····· 82
7. 해상가두리 조피볼락 양식 경제성 분석 ····· 86
가. 목적 ····· 86
(1) 경제성 분석 개요 ····· 86
(2) 주요 분석 내용 ····· 86
나. 경영실태 조사 ····· 86
(1) 조피볼락 양식 현황 ····· 86
(2) 조피볼락 양식업체 실태 파악을 위한 현장 조사 ····· 88
(3) 조피볼락 양식 경영실태 개요 ····· 88
다. 비용구조분석 ····· 89
(1) 지역별 비용구조 분석 비교 ····· 89
(2) 규모별 비용구조 분석 비교 ····· 92
라. 표준양식원가 산정 및 표준양식소득 도출 ····· 94
(1) 표준양식원가 산정을 위한 기본 값의 추정 ····· 94
(가) 표준종묘비의 추정 ····· 94
(나) 표준생산량의 추정 ····· 96
(다) 표준사료비의 추정 ····· 97
(라) 규모별 조정계수 ····· 98
(마) 기타 표준원가의 추정 ····· 99
(바) 지역별, 규모별 표준판매단가의 추정 ····· 103
(2) 지역별·규모별 표준양식원가의 추정 ····· 103
(가) 남해안 거제지역의 규모별 표준양식원가 ····· 103
(나) 남해안 통영지역의 규모별 표준양식원가 ····· 104
(다) 남해안 여수지역의 규모별 표준양식원가 ····· 105

(라) 서남해안 완도지역의 규모별 표준양식원가 ····· 106
(마) 서해안 흑산도 지역의 규모별 표준양식원가 ····· 107
(바) 서해안 태안·홍성 지역의 규모별 표준양식원가 ····· 108
(3) 조피볼락의 표준양식소득 도출 ····· 110
(가) 지역별 규모별 표준생산금액의 추정 ····· 110
(나) 지역별 규모별 표준양식소득 ····· 111
마. 수익성 및 경제성 분석 ····· 115
(1) 조피볼락 양식의 손익분기점 판매단가 분석 ····· 115
(가) 거제지역 양식업체의 손익분기점 판매단가 ····· 115
(나) 통영지역 양식업체의 손익분기점 판매단가 ····· 116
(다) 여수지역 양식업체의 손익분기점 판매단가 ····· 117
(라) 완도지역 양식업체의 손익분기점 판매단가 ····· 117
(마) 흑산도지역 양식업체의 손익분기점 판매단가 ····· 118
(바) 태안·홍성지역 양식업체의 손익분기점 판매단가 ····· 119
(사) 지역별 손익분기점 판매단가의 비교 ····· 120
(2) 판매가격 변동에 따른 수익성 변동 효과 분석 ····· 120
(가) 규모별 가격변동에 따른 양식이익 변동 비교 ····· 121
(나) 가격변동에 따른 매출액양식이익률 변동 효과 분석 ····· 122
(다) 투자수익율 변동 효과 분석 ····· 123
(3) 주요변수 변동효과 분석 ····· 125
(가) 주요변수 변동에 따른 양식이익 변동 효과 분석 ····· 125
(나) 주요변수 변동에 따른 매출액양식이익률 변동 효과 분석 ····· 127
(다) 주요변수 변동에 따른 투자수익률 변동 효과 분석 ····· 129
바. 조피볼락 양식 민감도 분석 ····· 132
(1) 조피볼락 양식비용의 특성 분석 ····· 132
(가) 양식장의 분류 ····· 133
(나) 양식 비용 특성 분석 ····· 136

(다) 양식장 운영에 따른 비용특성분석 ····· 143
(2) 민감도 분석 ····· 157
(가) 민감도 분석 모형의 구축 ····· 157
(나) 변수의 민감도 분석 ····· 160
(다) 양식장의 수익성 제고를 위한 방안 ····· 164

8. 조피볼락 양식 생산 공정 ····· 167
가. 친어 확보 ····· 167
(1) 친어의 크기 ····· 167
(2) 친어의 수용 ····· 167
나. 자어 산출 ····· 168
(1) 산출 시기의 추정 ····· 168
(2) 산출 행동 ····· 168
다. 자어 수집 ····· 168
라. 자어 사육 시설 ····· 169
(1) 사육 수조 ····· 169
(2) 차광 시설 ····· 169
마. 먹이생물 배양 ····· 170
(1) 클로렐라 배양 ····· 170
(2) 윤충 배양 ····· 170
(3) 알테미아 부화 ····· 170
바. 자·치어기 사육밀도 및 선별 ····· 171
(1) 사육밀도 조절 ····· 171
(2) 선별 ····· 171
사. 자·치어기 먹이공급 체계 ····· 172
(1) 먹이공급개시 시기 ····· 172
(2) 배합사료 먹이붙임 ····· 173

(3) 먹이공급순서 ····· 173
(4) 먹이 선택 ····· 174
아. 자·치어기 사육 환경 ····· 174
(1) 사육수 관리 ····· 174
(2) 환수 ····· 175
(3) 사육 수온 ····· 175
(4) 바닥청소 ····· 175
자. 양성 관리 ····· 176
(1) 종묘 선정 ····· 176
(2) 사육 환경 ····· 176
(3) 먹이 공급 ····· 177
차. 생사료 및 배합사료 관리 ····· 177
(1) 생사료 구입 ····· 177
(2) 배합사료 및 첨가제 구입 ····· 178
(3) 사료의 제조 및 공급 ····· 178
카. 수산용 의약품 관리 ····· 179
(1) 질병의 진단 및 사용약제 선정 ····· 179
(2) 수산용 의약품 구입 ····· 179
(3) 약사료의 제조 방법 ····· 179
(4) 투약시의 사료 공급 ····· 180
(5) 휴약기간의 준수 및 출하시 주의사항 ····· 181
(6) 양식어의 건강도 모니터링 ····· 181
타. 출하 관리 ····· 181

9. 참고문헌 ····· 183

표 목 차

표 1-1. 전국 시·도별 양식방법에 따른 어류양식어가 수 ····· 3
표 1-2. 전국 시·도별 어종에 따른 양식어가 수 ····· 3
표 1-3. 연도별 양식어류 생산량 ····· 4
표 2-1. 조피볼락 자·치어기 사육일수에 따른 먹이공급체계 ····· 22
표 4-1. 표층해상가두리 표준시설 내역(1ha) ····· 33
표 4-2. 해상가두리 양식장에서 조피볼락 크기별 사육(입식) 밀도 ····· 36
표 4-3. 조피볼락 전장에 대한 체중 환산표 ····· 36
표 4-4. 해양수산분야 재해복구비용 산정을 위한 조피볼락 표준사육밀도 ··· 37
표 4-5. 해상가두리 양식장에서 조피볼락 성장 ····· 40
표 4-6. 2005년산 종묘의 사육밀도별 1차 실험기간의 사료공급일수 및 사육수온 ····· 44
표 4-7. 2005년산 조피볼락 종묘의 사육밀도별 1차 실험기간의 성장 결과 ··· 45
표 4-8. 2005년산 종묘의 사육밀도별 2차 실험기간의 사료공급일수 및 사육 수온 ····· 46
표 4-9. 2005년산 조피볼락 종묘의 사육밀도별 2차 시험기간 동안 성장 결과 ····· 47
표 4-10. 2006년산 종묘의 사육밀도별 실험기간의 사료공급일수 및 사육 수온 ····· 48
표 4-11. 2006년산 조피볼락 종묘의 사육밀도별 성장 시험 결과 ····· 49
표 5-1. 생사료 종류별 일반성분 함량 ····· 51
표 5-2. 단백질 사료원별 단백질 및 주요 아미노산 함량 ····· 52
표 5-3. 단백질 요구량 ····· 53
표 5-4. 단백질에 대한 에너지 비 ····· 55

표 5-5. 동물성 및 식물성 지질원들의 주요 지방산 조성 ····· 57
표 5-6. 조피볼락에 있어 지방산 요구량 ····· 57
표 5-7. 주요 사료원들의 비타민 조성 ····· 60
표 5-8. 조피볼락에 있어 비타민 요구량 ····· 62
표 5-9. 주요 사료원들의 미네랄 조성 ····· 63
표 5-10. 조피볼락에 있어 미네랄 요구량 ····· 64
표 5-11. 어분대체사료원에 대한 연구 ····· 66
표 5-12. 사료원의 영양소 소화율에 대한 연구 ····· 68
표 6-1. 주요 어류 질병의 종류와 주 발병 시기 ····· 72
표 7-1. 조피볼락 해상가두리 양식 현황 ····· 87
표 7-2. 현장 조사 양식업체 수 ····· 88
표 7-3. 조피볼락 해상가두리양식 경영실태 개요 ····· 89
표 7-4. 지역별 비용구조의 항목별 비교 ····· 90
표 7-5. 규모별 비용구조의 항목별 비교 ····· 92
표 7-6. 지역별 표준종묘비 산정을 위한 기본 자료 ····· 94
표 7-7. 육상수조산 종묘생산업체의 종묘생산원가 ····· 95
표 7-8. 축제식 노지산 종묘생산업체의 종묘생산원가 ····· 96
표 7-9. 지역별 표준생산량 산정을 위한 기본 자료 ····· 96
표 7-10. 지역별 표준사료비 산정을 위한 기본 자료 ····· 97
표 7-11. 사료계수의 산출 ····· 98
표 7-12. 조정계수 산정을 위한 규모별 평균값 ····· 98
표 7-13. 규모별 조정계수 산정을 위한 기본값 ····· 99
표 7-14. 지역별 평균약품비와 평균관리비 및 평균상각비 ····· 100
표 7-15. 규모별 평균약품비와 평균관리비 ····· 100
표 7-16. 규모별 평균상각비 ····· 101
표 7-17. 약품비, 관리비, 상각비에 대한 규모별 조정계수 1 ····· 101
표 7-18. 약품비, 관리비, 상각비에 대한 규모별 조정계수 2 ····· 101

표 7-19. 수면적에 따른 소요인력 ····· 101
표 7-20. 규모별 표준인건비 ····· 102
표 7-21. 지역별 규모별 표준약품비, 표준관리비, 표준상각비,
표준인건비 ····· 102
표 7-22. 지역별 어체중별 가격과 기준가격 ····· 103
표 7-23. 거제지역의 규모별 표준값 ····· 103
표 7-24. 거제지역의 규모별 표준판매금액, 표준종묘비 및
표준사료비 ····· 104
표 7-25. 거제지역의 규모별 표준양식원가 ····· 104
표 7-26. 통영지역의 규모별 표준값 ····· 104
표 7-27. 통영지역의 규모별 표준판매금액, 표준종묘비 및
표준사료비 ····· 105
표 7-28. 통영지역의 규모별 표준양식원가 ····· 105
표 7-29. 여수지역의 규모별 표준값 ····· 105
표 7-30. 여수지역의 규모별 표준판매금액, 표준종묘비 및
표준사료비 ····· 106
표 7-31. 여수지역의 규모별 표준양식원가 ····· 106
표 7-32. 완도지역의 규모별 표준값 ····· 106
표 7-33. 완도지역의 규모별 표준판매금액, 표준종묘비 및
표준사료비 ····· 107
표 7-34. 완도지역의 규모별 표준양식원가 ····· 107
표 7-35. 흑산도지역의 규모별 표준값 ····· 107
표 7-36. 흑산도지역의 규모별 표준판매금액, 표준종묘비 및
표준사료비 ····· 108
표 7-37. 흑산도지역의 규모별 표준양식원가 ····· 108
표 7-38. 태안·홍성지역의 규모별 표준값 ····· 108
표 7-39. 태안·홍성지역의 규모별 표준판매금액, 표준종묘비 및
표준사료비 ····· 109

표 7-40. 태안·홍성지역의 규모별 표준양식원가 ····· 109
표 7-41. 양식지역별로 규모에 따른 표준양식원가 비교 ····· 110
표 7-42. 지역별로 규모에 따른 표준생산금액 ····· 110
표 7-43. 규모별, 지역별 표준양식소득과 양식이익률 및 투자수익률 ···· 111
표 7-44. 지역별 손익분기 판매단가의 비교 ····· 120
표 7-45. 가격변동에 따른 양식이익 변동의 지역별 비교 ····· 121
표 7-46. 가격변동에 따른 매출액양식이익률 변동의 지역별 비교 ····· 122
표 7-47. 가격변동에 따른 투자수익률 변동의 지역별 비교 ····· 124
표 7-48. 주요변수 변동이 양식이익에 미치는 영향 ····· 125
표 7-49. 주요변수 변동이 매출액양식이익률에 미치는 영향 ····· 127
표 7-50. 주요변수 변동이 투자수익률에 미치는 영향 ····· 130
표 7-51. 군집분석의 결과요약 ····· 134
표 7-52. 군집분석의 통계량 ····· 135
표 7-53. 최종 군집중심 ····· 136
표 7-54. 지역별 인건비 ····· 138
표 7-55. 규모별 인건비 ····· 139
표 7-56. 지역별 사료비 ····· 140
표 7-57. 규모별 사료비 ····· 141
표 7-58. 지역별 약품비 ····· 143
표 7-59. 규모별 약품비 ····· 143
표 7-60. 지역별 치어크기, 육성기간, 성어 평균중량 ····· 145
표 7-61. 규모별 치어크기, 육성기간, 성어 평균중량 ····· 145
표 7-62. 지역별 수온, 어망깊이, 생존율 ····· 147
표 7-63. 지역별 양식기간, 출하크기에 따른 수익성 ····· 148
표 7-64. 규모별 수온, 어망깊이, 생존율 ····· 149
표 7-65. 규모별 양식 환경에 따른 수익성 ····· 150
표 7-66. 지역별, 규모별 성장율 ····· 152
표 7-67. 지역별 성장률에 따른 수익성 ····· 153

표 7-68. 규모별 성장률에 따른 수익성 ····· 153
표 7-69. 양식 환경변수간의 상관계수 ····· 154
표 7-70. 최고수온과 성장률의 회귀식 ····· 155
표 7-71. 규모에 따른 비용회귀식 ····· 155
표 7-72. 규모에 따른 이익회귀식 ····· 155
표 7-73. 지역, 규모에 따른 비용추정치 ····· 160
표 7-74. 생존율 변동에 따른 지역별 생산량추정치 ····· 162
표 7-75. 생존율 변동에 따른 규모별 생산량추정치 ····· 162
표 7-76. 생존율 변동에 따른 매출액 변동 ····· 163

그림 목차

그림 1-1. 연도별 양식어류, 넙치 및 조피볼락 생산량 변화 비교 ····· 4
그림 1-2. 자연산 조피볼락의 연령에 따른 전장 및 체중 변화 ····· 7
그림 1-3. 양식산 조피볼락의 전장(L)에 대한 체중(W)의 변화 ····· 7
그림 2-1. 조피볼락 친어의 항문(an), 생식구(go) 및 비뇨기돌기(up)의 위치와 성숙시기에 다른 3가지 형태 ····· 13
그림 2-2. 조피볼락 난발생 및 부화자어 ····· 14
그림 2-3. 조피볼락의 초기 성장에 따른 형태적 변화 ····· 27
그림 4-1. 표층해상가두리 표준 시설도(1ha) ····· 33
그림 4-2. 중층침설식 가두리 모식도 ····· 34
그림 4-3. 해상가두리 양식장에서 조피볼락 전장 크기별 입식(사육)밀도 ····· 36
그림 4-4. 육상수조식 사육시스템에서 사육 기간에 따른 평균 전장 및 체중 변화 ····· 40
그림 4-5. 2005년산 종묘의 사육밀도별로 1차 실험기간 중의 전장 및 체중 변화 ····· 45
그림 4-6. 2005년산 종묘의 사육밀도별로 2차 실험기간의 평균전장 및 체중 변화 ····· 47
그림 4-7. 2006년산 종묘의 사육 밀도별 평균 전장 및 체중 변화 ····· 49
그림 5-1. 어유 강제산화에 의한 일간 색깔 변화 ····· 58
그림 5-2. 어유 강제산화에 의한 일간 과산물가의 변화 ····· 58
그림 7-1. 거제지역 양식업체의 손익분기점 판매단가 ····· 115
그림 7-2. 통영지역 양식업체의 손익분기점 판매단가 ····· 116
그림 7-3. 여수지역 양식업체의 손익분기점 판매단가 ····· 117

그림 7-4. 완도지역 양식업체의 손익분기점 판매단가 ····· 118
그림 7-5. 흑산도지역 양식업체의 손익분기점 판매단가 ····· 118
그림 7-6. 태안·홍성지역 양식업체의 손익분기점 판매단가 ····· 119
그림 7-7. 주요변수 변동의 양식이익 변동 효과(0.25ha 규모) ····· 126
그림 7-8. 주요변수 변동의 양식이익 변동 효과(0.75ha 규모) ····· 126
그림 7-9. 주요변수 변동의 양식이익 변동 효과(1.25ha 규모) ····· 126
그림 7-10. 주요변수 변동의 매출액양식이익률 변동 효과
(0.25ha 규모) ····· 128
그림 7-11. 주요변수 변동의 매출액양식이익률 변동 효과
(0.75ha 규모) ····· 129
그림 7-12. 주요변수 변동의 매출액양식이익률 변동 효과
(1.25ha 규모) ····· 129
그림 7-13. 주요변수 변동의 투자수익률 변동 효과(0.25ha 규모) ····· 131
그림 7-14. 주요변수 변동의 투자수익률 변동 효과(0.75ha 규모) ····· 132
그림 7-15. 주요변수 변동의 투자수익률 변동 효과(1.25ha 규모) ····· 132
그림 7-16. 양식장 규모에 따른 양식 이익 ····· 157

1. 일반 현황 및 생태

가. 연구 추진 배경

우리나라 양식업은 전반적인 산업화와 함께 급속히 발전되어 왔다. 총 수산물중에서 어업생산량의 비중은 정체 또는 감소하고 있으나, 양식어업 생산량의 비중은 2000년에 26.0%에서 2006년에 41.5%로 높아지고 있다. 그 중에서도 어류양식 생산량은 지속적인 증가 추세를 보여 2000년 생산량이 25,986톤에서 2006년에는 91,093톤으로 약 3.5배 증가하고 있으나, 양식 산업은 도시 하수의 유입 등으로 인한 연안 양식장의 부영양화 현상, 양식장 수질환경의 악화, 잦은 적조발생으로 어류의 대량 폐사 등이 발생하여 양식생산성이 저하되고 있다. 또한 최근 들어 양식 현장에서는 사료비의 증가와 노동 인력의 부족 등으로 인한 양식원가의 상승, 외국산 활어의 대량 수입에 따른 어가 하락 등으로 양식 경영에 어려움을 겪고 있는 실정이다.

따라서 양식 산업의 경쟁력 제고 방안의 하나로서 국립수산과학원에서는 양식 생산비 절감을 위한 배합사료개발, 질병예방, 육종, 시설자동화 등 4대 핵심기술개발 과제를 선정하여 추진하고 있으며, 이와 함께 주요 양식품종별로 식품으로서의 안정성을 확보하고 생산 기술을 제고시켜 양식 산업을 경쟁력 있는 산업으로 육성하고, 또한 국내·외 양식여건의 변화에 능동적으로 대처하기 위하여 주요 양식 품종을 대상으로 연차별로 양식표준화 로드맵을 작성하고자 2004년부터 넙치, 조피볼락, 전복, 뱀장어 등을 대상으로 양식표준화 연구를 수행하게 되었으며, 이러한 연구의 일환으로 2005년부터 2006년까지 2년간 주요 양식 품종의 하나인 조피볼락을 대상으로 양식 표준화 연구를 수행하게 되었다.

나. 조피볼락 양식의 역사

우리나라 조피볼락 양식은 국립수산과학원에서 새로운 양식 품종 개발을 위하여 1984~1986년에 조피볼락, 농어 등을 대상으로 산란기 조사, 수정률 및 부화율 조사, 자·치어 성장 등에 대한 사육 시험을 실시하였다. 1990년대 이후 방어 치어 채포 부진에 의한 해상 가두리 양식장의 방어 생산의 격감으로 인공종묘 생산으로 치어의 대량 확보가 용이한 조피볼락 및 넙치를 중심으로 조피볼락은 해상가두리 방법으로 넙치는 육상수조식 방법으로 양식이 활성화되기 시작하였다.

다. 양식 현황 및 생산량

(1) 양식 현황

2005년말 기준으로 전국 시·도별 양식방법에 따른 양식어가수는 표 1-1에서 보는 바와 같이 해상가두리식 어가가 2,383으로 전체어가수 3,290의 72.4%를 차지하고 있고, 육상수조식 어가가 682로 20.7%, 축제식 어가가 113으로 3.4%를 차지하고 있다. 어종별로 양식어가 수는 조피볼락 어가가 2,170으로 전국 어가수 6,111의 35.5%를 차지하고 있으며, 이중에서 전남이 1,012가구로 조피볼락 양식가구의 46.6%를 차지하고 있다(표 1-2).

표 1-1. 전국 시·도별 양식방법에 따른 어류양식어가 수

구 분	계	부산	인천	울산	경기	강원	충남	전북	전남	경북	경남	제주
계	3,290	25	7	15	3	10	351	44	1,388	114	1,020	229
육상수조식	682	23	0	10	0	9	0	1	273	77	62	227
해상가두리식	2,383	2	0	5	1	1	347	1	1,043	25	956	2
축제식	113	0	7	0	2	0	4	42	45	12	1	0
기타	31	0	0	0	0	0	0	0	27	3	1	0

표 1-2. 전국 시·도별 어종에 따른 양식어가 수

구 분	계	부산	인천	울산	경기	강원	충남	전북	전남	경북	경남	제주
계	6.111	32	7	19	3	11	447	57	2.691	141	2.462	241
조피볼락	2,170	4	0	2	1	1	334	1	1,012	31	783	1
돔류	1,989	3	0	7	0	2	56	2	828	15	1,065	11
넙치류	741	23	0	10	0	8	0	1	311	89	72	227
농어	394	0	0	0	0	0	9	1	262	1	121	0
숭어	242	0	4	0	2	0	37	38	38	0	123	0
능성어	58	0	0	0	0	0	0	0	24	0	34	0
기타	517	2	3	0	0	0	11	14	216	5	264	2

(2) 양식 생산량

2006년도 천해양식어업 생산량은 1,258,827톤으로 어류 91,093톤, 패류 391,041톤, 해조류 764,515톤, 갑각류 1,683톤, 기타수산동물 10,495톤으로 어류는 전체 생산량의 약 7.2%를 차지하며, 이 중에서 넙치와 조피볼락이 약 71,351톤으로 약 78.3%의 비중을 차지하고 있다(표 1-3). 조피볼락 생산량 추이를 살펴 보면, 1990년도에는 조피볼락 생산량이 1,922톤에 불과하던 것이 해마다 증가하여 1997년도에는 11,069톤까지 증가한 후 IMF 시대를 맞아 양식 어류 소비의 감소로 2000년에는 8,473톤까지 감소한 후 2001년부터 증가하기 시작하여 2006년에는 27,517톤까지 생산량이 증가 추세를 보이고 있다(그림 1-1).

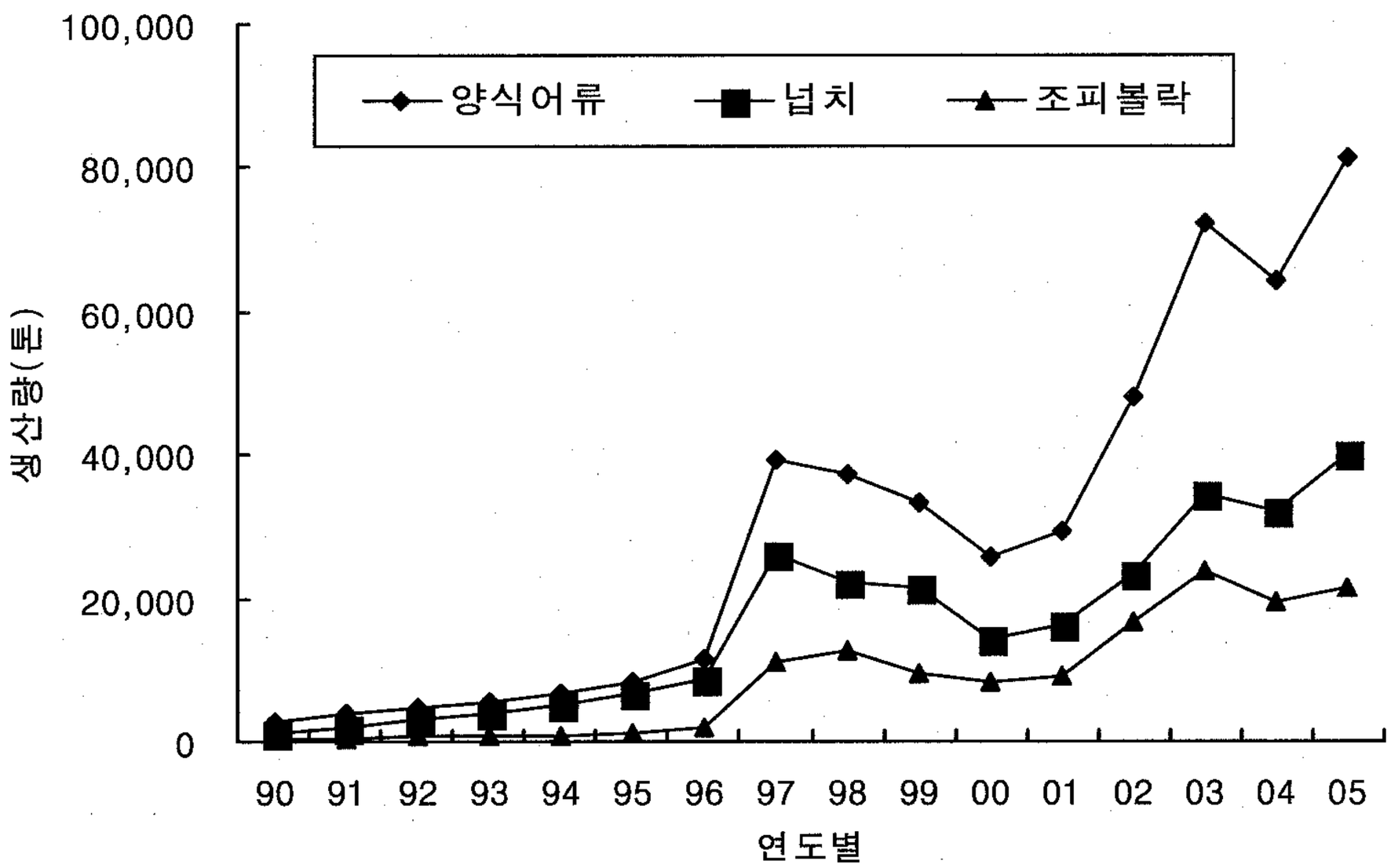


그림 1-1. 연도별 양식어류, 넙치 및 조피볼락 생산량 변화 비교.

표 1-3. 연도별 양식어류 생산량

구 분	연도별 어류 생산량 (톤)						
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
소 계	25,986	29,297	48,073	72,393	64,476	81,421	91,093
넙 치	14,127	16,426	23,343	34,533	32,141	40,059	43,834
조피볼락	8,473	9,254	16,548	23,771	19,576	21,297	27,517
참 돔	412	641	960	4,417	3,988	5,816	4,386
감 성 돔	221	275	685	1,084	1,379	2,671	2,705
기타돔류	386	94	234	1,287	1,430	2,048	1,689
숭 어	968	1,415	3,898	4,093	3,596	5,500	5,651
농 어	605	873	2,006	2,778	1,850	2,600	1,571
기타어류	794	319	399	430	516	1,430	3,740

※ 자료 : 어업생산통계(해양수산부)

라. 분류 및 특성

(1) 분류학적 위치 및 명칭

경골어강 Class Osteichthyes

양볼락목 Order Scorpaeniformes

양볼락과 Family Scorpaenidae

○ 학 명 : *Sebastes schlegeli* Hilgendorf

○ 영 명 : Black rockfish, Korean rockfish Schlegel's rockfish

○ 일 명 : クロソイ (Kurosoi)

○ 중국명 : 許氏平鮋(xǔ-shì-píng-yóu), 黑鯙(hēi-jūn)

(2) 조피볼락의 특성

(가) 종류 및 분포

전 세계적으로 볼락속 어류는 104종이 알려져 있으며, 이 중에서 북동태평양에는 72종이 북서태평양에는 28여종이 북대서양에는 4종이 있다. 우리나라 청진 이남 전 연안, 일본 북해도 이남, 중국 북부 연안, 발해, 황해에 분포한다.

(나) 형태적 특성

체색은 암회갈색으로 복부는 연한 빛을 나타내고 몸 옆에는 분명치 않은 흑갈색의 가로띠가 있으며, 눈에서 뒤쪽으로 비스듬하게 2개의 흑색띠가 있다. 체형은 긴 타원형으로 측편으로, 꼬리지느러미 뒤끝은 수직형이거나 약간 볼록하다. 아래턱이 위턱보다 약간 돌출되어 있으며, 양턱에는 융털모양의 이빨띠가 있다. 두 눈 사이에는 넓고 편평하고, 눈 앞 안전골 아래에 단단한 3개의 가시가 있다. 뒷지느러미 2번째 가시는

두껍고 커서 첫번째 가시보다 약 2배이며, 3번째 가시는 가늘지만 2번째 가시보다는 약간 길다. 가슴지느러미 뒤끝은 항문까지 도달하여, 꼬리지느러미 아래와 양끝부분은 희다. 위턱 뒷부분과 아래턱을 제외하고는 모두 빗비늘로 덮여 있다.

(다) 생태적 특성

서식 수층은 저층이며 주로 수심 10~100m되는 연안의 암초지대에 살고 있으며, 비교적 활동성이 적은 정착성 어류이다. 계절적으로 심천이동을 행하여, 봄철에는 얕은 곳, 가을에는 깊은 곳으로 이동한다. 서해안에서는 수온이 내려가는 가을부터 겨울에 걸쳐 발해나 황해북부 해역에서 남하하기 시작하여 1월에는 북위 25도선 즉, 흑산도 서방해역에서 월동하고, 봄이 되면 북상 또는 연안으로 이동하는 것으로 추정하고 있다. 또한 산출 시기에는 연안의 얕은 암초지대로 접근하는 습성이 있다.

(라) 성장 및 식성 특성

자연에서의 조피볼락 성장은 산출 후 만 1년생이 전장 16.8cm 체중 75.8g, 2년생은 25.5cm, 260.3g, 3년생은 32.3cm, 534.0g, 4년생은 37.3cm, 822.8g, 5년생은 40.5cm, 1,053g, 6년생은 44.1cm, 1,362g 정도로 자라며, 최대 몸길이는 약 60cm로 보고되어 있다(그림 1-2).

자연산 조피볼락의 전장(L)과 체중(W)과의 상관 관계식은 다음과 같다(식-1).

$$W = 0.015 \times L^{3.016} \quad (r^2=096) \qquad (식-1)$$

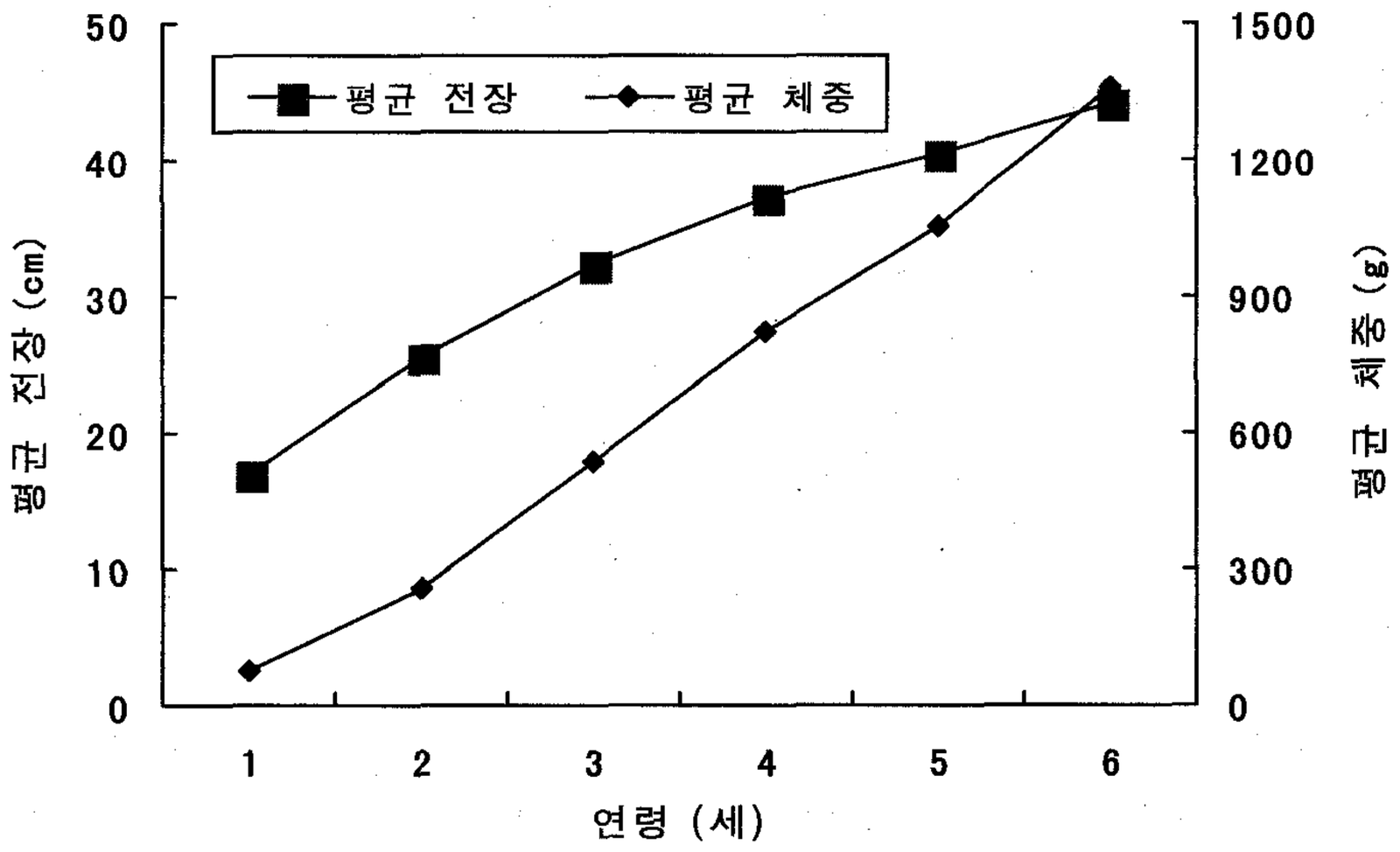


그림 1-2. 자연산 조피볼락의 연령에 따른 전장 및 체중 변화.

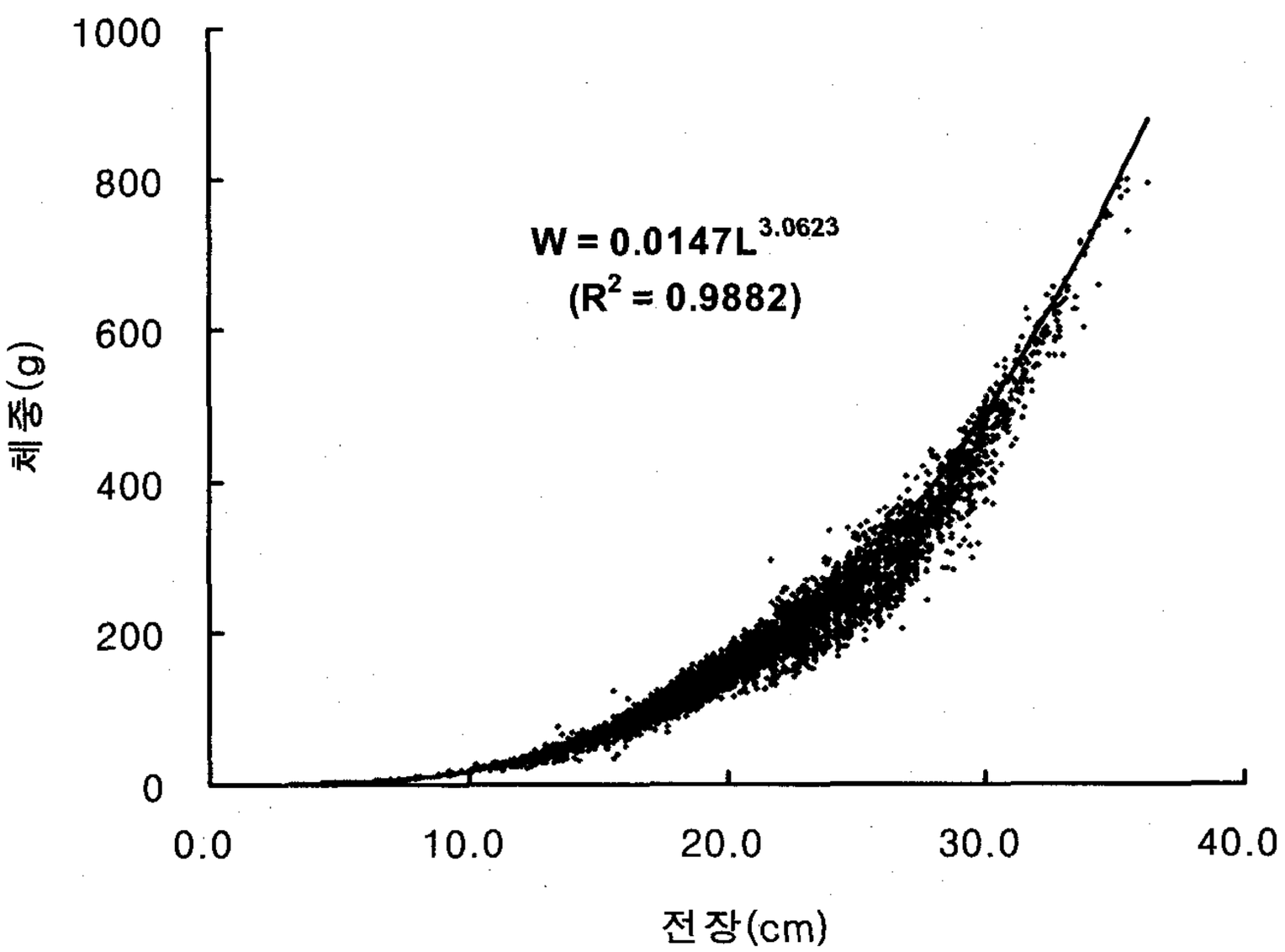


그림 1-3. 양식산 조피볼락의 전장(L)에 대한 체중(W)의 변화.

전장 4~40cm 크기의 양식산 조피볼락의 전장(X)과 체중(Y)과의 상관 관계를 .나타낸 그림은 1-3과 같으며, 상관 관계식은 다음과 같다(식-2).

$$Y = 0.0147 \times X^{3.0623} \quad (r^2=0988) \qquad \text{(식-2)}$$

자연에서 조피볼락 식성은 주로 어류를 잡아먹으며, 그 외 새우류, 게류, 갑각류와 오징어류 등도 포식한다.

(마) 어체 성분 및 구성

조피볼락의 가식부 100g에 대한 어체 성분을 분석한 자료해 보면(국립수산과학원, 1989), 각 성분에 대한 구성 비율은 수분이 77.0%, 단백질이 19.5%, 지방이 2.2%, 회분이 1.3% 순이며, 무기질 성분 중에서 칼슘과 인은 각각 42.0 mg, 220 mg이 함유되어 있다. 이 중에서 단백질을 구성하고 있는 아미노산의 성분 분석 결과, 글루탐산이 2,700 mg로 가장 많고, 다음으로 아스파르트산(1,900 mg), 리신(1,800 mg), 로이신(1,500 mg) 순으로 함유되어 있다.

2. 육상수조식 종묘생산

가. 친어 관리

(1) 친어 확보

종묘생산을 위한 조피볼락 친어는 크게 양식산 친어와 자연산 친어로 구분할 수 있으며, 수컷은 2년생 이상 암컷은 3년생 이상이면 친어로서 사용이 가능하다.

암컷의 경우 어체 크기가 작으면 산출자어수가 적고, 어체 크기가 너무 크면 산출자어수가 많으나 건강하지 못한 자어를 산출하는 경우가 있으므로 종묘생산에 이용할 건강한 자어를 산출하기 위하여 만 4~7년생의 어미를 확보하여 사용하는 것이 좋다.

(2) 친어 성숙

최초 성숙은 암컷이 만 3세(전장 약 35.2 cm), 수컷은 만 2세(전장 약 28 cm)에 이루어지며, 성숙 시기는 암컷과 수컷이 서로 상이하여 암컷의 산출 시기는 수온이 13~17℃ 범위인 3월 하순에서 6월 상순 사이이고, 수컷의 정소 성숙 시기는 9~11월이다. 수컷의 정소가 성숙하는 이 시기에 암컷과 수컷이 교미를 하여, 암컷 난소강 내에 정자를 지니고 있다가 다음해 봄에 암컷 난모세포의 성숙이 이루어지면, 체내에서 수정이 일어나 암컷의 난소 내에서 발생, 부화하여 난황이 거의 흡수된 후에 자어로 산출된다.

(3) 친어수용

(가) 자연산 친어

자연산 친어를 이용할 경우에는 채포 후 2~3일 내에 산출할 수 있는 산출 직전 상태의 어미를 육상 수조로 옮겨 자어를 받거나 또는 수컷과

교미한 후인 암컷을 복부가 불러오기 이전인 겨울철에 채포하여 육상수조에 적응시킨 후 먹이를 공급하면서 사육하여 자연 산출을 유도하는 것이 건강한 산출 자어를 획득할 수 있다. 어미의 복부가 불러오기 시작하여 완전히 불러오기까지의 기간 중에 어미를 육상수조로 옮기게 되면, 채포 및 수송 스트레스로 인하여 먹이도 먹지 않으며, 자어 산출도 정상적이지 못하여 부화되지 않은 난을 산란하거나, 부화된 자어를 산출하고도 자어를 부상시키는 행동을 하지 않아 사산으로 되는 경우가 많이 발생한다. 그러므로 어미의 복부가 불러오기 시작하여 산출기가 가까워 오기까지의 기간 동안에 어미를 수송 또는 이동시키는 것은 종묘생산을 위한 자어를 확보하는 데에 있어 좋지 못한 방법이다.

(나) 양식산 친어

양식산 친어의 경우 역시 육상수조로 옮기는 시기를 자연산 친어를 사용한 경우와 마찬가지의 방법으로 고려하여 결정하여야 한다. 특히, 양성장에서 단지 식용으로 판매하기 위하여 고밀도로 사육 관리하던 양식산 친어는 영양상태가 부실할 수 있어, 안정된 상태에서 교미를 하지 못하므로 수정율이 낮거나, 정상적인 난 발생이 되지 않아 난산 또는 사산율이 높아진다. 따라서 친어관리 차원에서는 체중 약 1~2㎏ 정도의 조피볼락을 저밀도로 수용하여 신선하고 영양가 높은 먹이를 공급하면서 사육 관리하여야 한다. 이렇게 친어를 관리하는 것이 건강한 산출 자어를 얻는 좋은 방법이다.

(4) 자어 산출

(가) 산출시기 추정

산출시기의 추정은 암컷의 생식구, 항문, 비뇨돌기와 그 주변부의 변

화 관찰로 가능하다(그림 2-1).

산출시기가 가까워지면 항문으로부터 비뇨돌기에 이르기까지 거의 동일하게 팽출되어 있으나, 생식구의 선단부는 팽출되어 있지 않으며 항문으로부터 비뇨돌기에 걸쳐서 그 주변부위는 자색이나 암청색의 색깔을 나타낸다.

산출 직전이 되면 항문, 생식구, 비뇨돌기의 각개구 부위는 현저히 팽출하여 그 부변 부위의 색깔은 암청색 또는 암자색을 띤다.

(나) 난 발생 및 부화 자어

난의 발생과정과 부화자어의 형태는 그림 2-2에서 보는 바와 같다(김 등, 1991). 미수정란(A)과 64세포기(B 난으로부터 3시간 30분에 상실기에 달하며(C), 9시간 후에 포배기(D), 33시간 후에 배반은 넓어지면서 난황을 덮어 내려와 배환을 형성한다(E). 64세포기에서 50시간 후에 배반은 난황의 3/4정도를 덮어 내려오며(F), 60시간 후에는 배체가 형성되고(G), 68시간 후에는 두부에 이포와 체측에 4~5개의 근절이 형성된다(H). 84시간 후에는 두부에 이포, 및 안포에 렌즈가 분화하며, 근절은 8~10개로 증가한다(I). 94시간 후에는 이포가 형성되며(J), 102시간 후에는 근절이 15~20개로 증가하고 심장이 분화하여 박동이 시작되며, 배체에 막지느러미가 형성된다(K). 110시간 후에는 꼬리가 완전하게 분리되며 근절은 20~22개가 형성되고(L), 125시간 후에는 배체의 복부가 발달하고 근절은 22~24개가 형성된다(M). 134시간 후에는 적색소포가 착색되고, 막상의 가슴지느러미가 분화하여 부화 직전에 달한다(N).

부화 직후의 자어는 전장 3.25~3.30 mm로 큰 난황과 유구를 가지고 있으며, 입과 항문이 열려 있지 않고, 항문은 몸의 중앙에 위치한다. 근절은 24~25개이며, 흑색소포는 심장 주변과 비뇨관 주변에 분포한다(O). 부화 2일째 자어는 전장이 3.95~4.05 mm로 체형은 부화 직후 자

어와 거의 비슷하지만, 두부가 약간 커지고, 난황이 약간 흡수되어 있다. 흑색소포가 비뇨관 주변에서는 소실되고, 새로이 복부의 제 3~7근절 하부에 출현한다(P). 부화 4~5일째의 자어는 전장이 4.25~4.57 mm로 두부의 눈 앞쪽에서 입과 비공이 열리기 시작하고, 난황은 더욱 줄어들고 적색소포의 변화는 없으며, 근절은 10-11+14-15=24~26개이다(Q).

(다) 산출행동

복부가 현저하게 비대한 친어 중에서 마취를 행할 때, 외부생식구의 주변부위가 일률적으로 암청색을 띄고 이 부위에 태아의 눈이 보이는 개체에서는 산출이 가깝다.

수조에 수용 후의 친어는 주수구 바로 아래 또는 나무판 등의 그늘진 장소에 정지하고 낮에는 움직이지 않는다. 이따금 입을 크게 벌리고 동시에 몸을 움직이는 동작을 나타내기도 한다. 이러한 동작은 산출이 가까워지면 빈번하고 아가미 뚜껑의 개폐운동도 한층 활발하다. 이 때에 먹이를 섭취한 개체는 위 내용물을 모두 토해낸다.

(라) 산출유형

친어의 '지느러미 운동으로 수류를 일으키는' 행동과 자어의 탄생과의 관계를 보면 '지느러미 운동으로 수류를 일으키는' 행동을 받으면서 탄생된 자어는 12시간 후에도 생존하고 있지만, '지느러미 운동으로 수류를 일으키는' 행동을 받지 않은 자어는 부상하여도 전부 사망한다. 이러한 관찰 결과로부터 친어가 행하는 '지느러미 운동으로 수류를 일으키는' 행위는 자어의 생존에 있어서 불가피하다는 것을 알았다. '지느러미 운동으로 수류를 일으키는' 행동은 친어자체의 활력에 의한 것으로서 활력이 왕성한 경우는 모두 '지느러미 운동으로 수류를 일으키는' 행동

이 나타내지만(정상산출), 활력이 저하되어 있는 경우 또는 스트레스가 많은 환경에서 사육된 경우에는 자어는 방출하지만 '지느러미 운동으로 수류를 일으키는' 행위가 보이지 않는 이상 산출을 하게 된다.

(마) 산출시각 및 소요시간

산출개시 시각은 일몰부터 밤중에 이루어진다. 그러나 대부분 22시부터 새벽 1시경에 집중해서 행해진다. 1회 산출에 소요되는 시간은 1시간부터 1시간 30분이고 1시간 이내가 대부분이다.

(바) 포란수

포란수는 어미의 크기에 따라 다르며, 체장 30 cm의 어미는 약 8만립, 체장 35 cm는 약 10만립, 체장 40 cm는 약 20만립, 체장 45 cm는 약 40만립 정도이다.

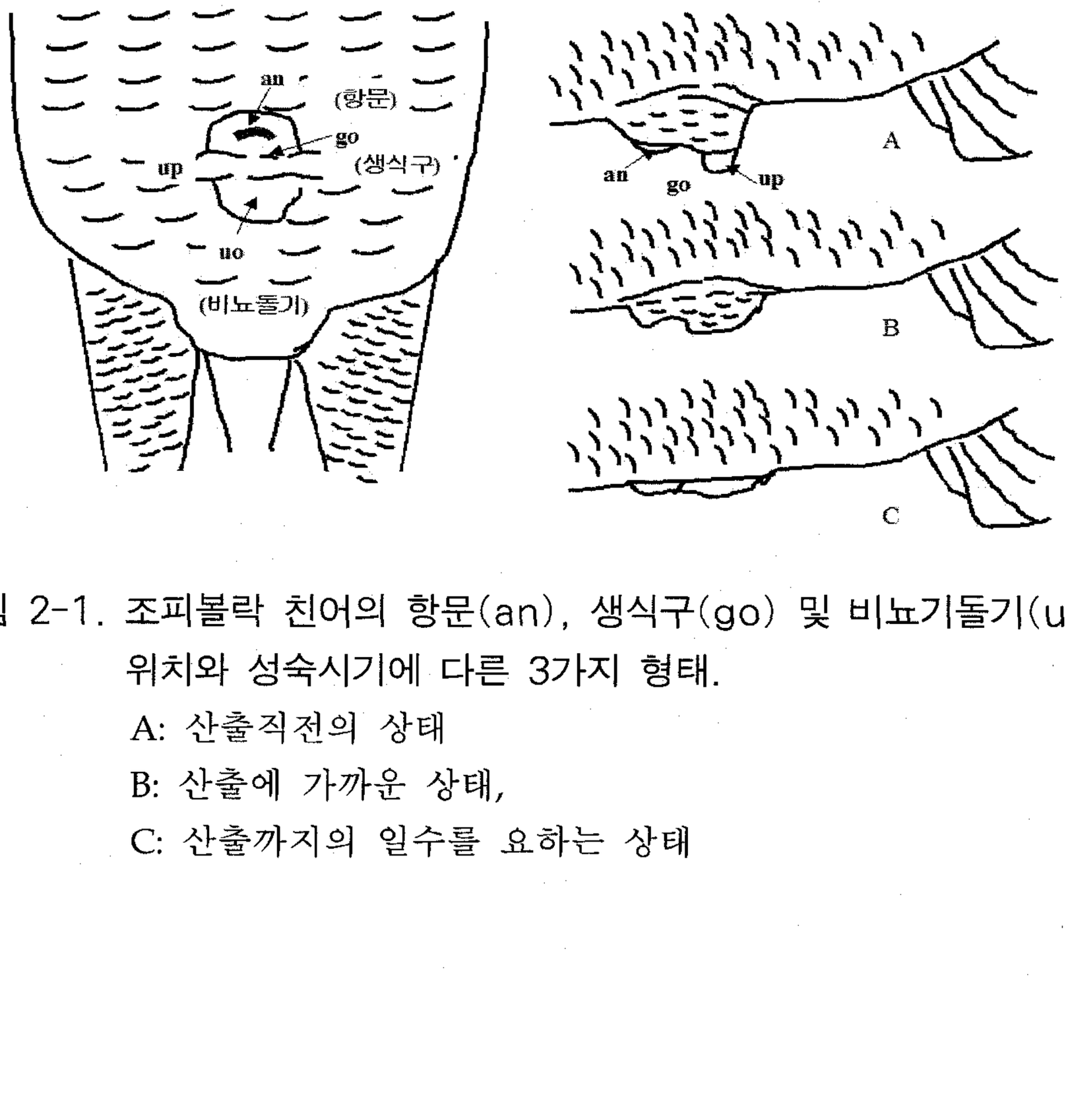


그림 2-1. 조피볼락 친어의 항문(an), 생식구(go) 및 비뇨기돌기(up)의 위치와 성숙시기에 다른 3가지 형태.
A: 산출직전의 상태
B: 산출에 가까운 상태,
C: 산출까지의 일수를 요하는 상태

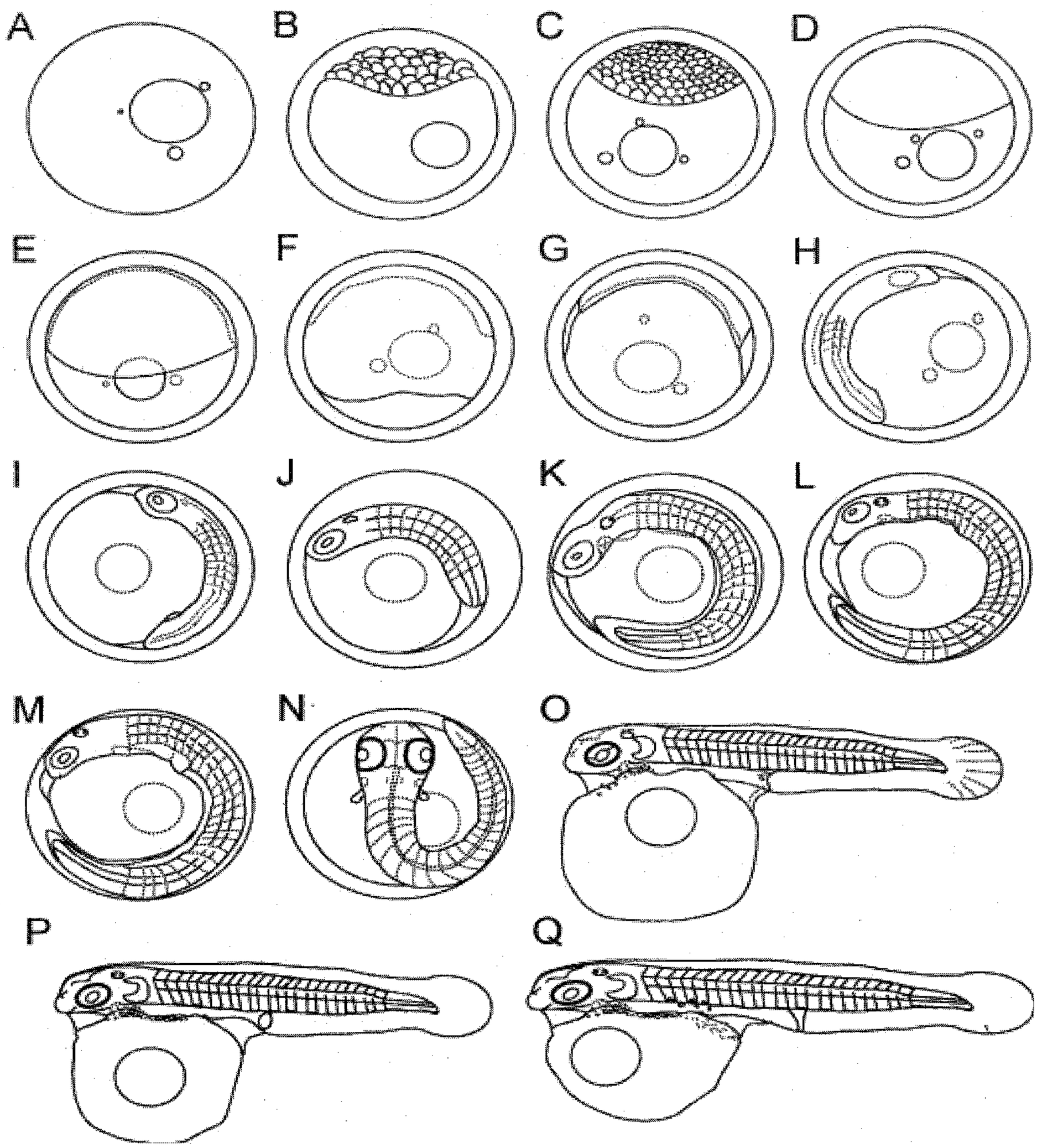


그림 2-2. 조피볼락 난발생 및 부화자어.

A. 미수정란, B. 64세포기, C. 상실기, D. 포배기, E. 배환형성, F. 낭배기, G. 배포형성, H. 근절 형성, I. 체절증가, J. 이표형성, K 막지느러미 형성, L. 꼬리 분리, M. 복부발달, N. 부화직전, O.부화직후자어, P. 부화2일째자어, Q. 부화 4-5일째자어

(5) 산출자어 수집

조피볼락은 부화 자어를 산출하기 때문에 종묘생산의 첫 단계로서 산출된 자어의 수집을 들 수 있다. 산출 자어의 수집 방법으로는 첫째, 어미를 사육 또는 관리하여오던 수조에서 자연 산출된 자어를 수집하여 자어 사육수조로 옮기는 방법과 둘째, 산출 직전의 어미를 미리 자어사육수조에 옮겨 자어 산출이 끝난 후 친어를 잡아내는 방법을 이용할 수가 있다.

친어사육수조에서 바로 산출된 자어를 수집할 경우에는 주로 야간에 산출 행동을 하므로 친어관리는 주간에는 유수식으로 사육하다가 저녁이 되면 사육수의 주입을 중단하여 지수식으로 관리하는 것이 야간에 산출된 자어가 수조 밖으로 배출되는 것을 방지할 수 있는 하나의 방법이다. 또 하나는 유수량을 줄이고 자어 도피망을 배수구 쪽에 설치하여 산출자어가 산출 수조 밖으로 빠져나가는 것을 방지할 수 있다. 이때 자어도피망의 망목이 너무 작으면 수조내 배설물 등의 찌꺼기에 의하여 막히는 경우가 생길 수 있으며, 망목이 너무 크면 산출된 자어가 빠져나갈 수 있으므로 적당한 크기의 망목(약500 ㎛)을 선택하는 것이 중요하다. 이 때에는 유수량이 너무 많아서 설치한 도피망 부분의 유속이 빠를 경우는 산출된 자어가 유속에 견디지 못하여 설치한 도피망을 막게 되어 사육수가 수조를 넘는 경우가 발생하므로 주의하여야 한다. 산출 후 산출 수조에 분산되어 있는 자어를 잡아내는 작업을 용이하게 하기 위하여, 산출 직후의 자어가 가지는 추광성을 이용하여 수조의 한 곳에 빛을 비추면 자어가 모이게 되도록 자어의 수집이 비교적 간단하다. 즉, 자어 산출이 완전히 끝난 후 산출조의 한 부분에만 빛을 비추고 다른 부분은 차광을 하여 어둡게 하여 공기의 공급(aeration)을 아주 약

하게 또는 중단시키면 자어는 20~30분 내에 밝은 곳으로 모이게 된다. 이렇게 모인 자어를 물과 함께 떠서 자어를 사육할 수조로 옮기면 된다. 이 때는 가능한 한 큰 용기를 이용하여야 채포 및 수송 시 일어나는 스트레스를 최소화할 수 있다. 이러한 작업은 산출 당일 또는 적어도 그 다음날에는 모두 완료하여야 한다.

또 다른 방법으로, 미리 자어사육수조로 친어를 옮겨서 산출시킬 경우에는 산출 직전의 친어 즉, 1~2일 내에 산출할 수 있는 친어를 옮겨야만 건강한 자어를 얻을 수 있다. 그렇지 못한 경우에는 사산율이나 기형율이 높아 종묘생산에 사용할 수 없게 된다. 만약 사산율이나 기형율이 높은 산출 자어를 종묘 생산에 이용할 경우에는 비록 건강하게 보이는 자어를 선별하여 사용한다 하더라도, 좋은 성장을 기대하기 어려우므로, 종묘단계까지 성공적인 종묘생산을 위하여 가능한 산출된 자어가 모두 정상인 무리로부터의 자어를 이용하는 것이 좋다.

(6) 자어 사육 시설

산출자어의 사육수조는 작게는 2 m^3 부터 크게는 100 m^3 이상까지 이용할 수가 있지만, 조피볼락의 종묘생산을 위하여 비교적 큰 수조를 이용하는 것이 수질안정 및 자어가 안정된 상태로 성장할 수 있으므로 높은 생존율 및 양호한 성장을 기대할 수 있다. 따라서 최근에는 200~300 m^3 이상의 큰 수조도 이용되고 있다. 사육수조의 수심은 자어의 성장과 관리측면을 고려할 때 1~1.5 m 가 적당하다. 또한, 자어를 수용하기 전에는 미리 수조를 건조시키고 소독을 하여 종묘생산 기간 중에 발생할 수 있는 질병을 미리 예방하여야 한다.

빛의 밝기는 사육관리 방법과 연관하여 결정되어야 하지만 직사광선

을 피하여 수조내의 부착생물의 번식을 억제하고, 차광시설을 하여 표층조도가 100~500 Lux 정도 되도록 조절한다.

산출자어 수용 시에는 수용할 수조에 미리 클로렐라와 윤충을 넣은 후에 자어를 수용하는 것이 초기 생존율을 높이는 하나의 방법이다.

(7) 사육밀도 및 선별

(가) 사육밀도 조절

조피볼락 종묘 생산시 인공배합사료의 먹이 붙임이 완전히 이루어지기전 시기 즉, 자·치어가 건강하지 못한 상태에서는 사육하던 자치어를 다른 수조 또는 가두리 시설로 옮기게 되면 그에 따른 스트레스로 인하여 많은 폐사가 예상되므로, 산출자어를 사육수조에 최초 수용시 적당한 밀도로 유지시켜 사육하는 것이 매우 중요하다. 따라서 산출 자어의 최초 수용 밀도는 m^3당 5,000~7,500마리 정도로 조절하는 것이 적당하다. 산출자어의 마리수를 계산할 때는 한 마리씩 계수가 불가능하므로, 자어를 수용할 때에 자어를 이동시키는 용기에 대략 몇 마리인가를 추정하는 용적법으로 환산하는 것이 편리하다. 배합사료의 먹이 붙임이 완전히 끝난 후에는 성장함에 따라 적절한 밀도로 조정해 주어야 하는데 전장 2 cm 때는 m^3당 2,300마리, 3 cm 때는 m^3당 2,000마리가 적당하다.

(나) 선별방법 및 유의사항

같은 수조 내에 개체간의 차이가 심하게 생길 경우에는 공식현상이 발생하여 생존율을 낮추고, 비교적 작은 개체는 정상적으로 성장이 이루어지지 못하므로, 이때는 선별을 해 주어야 하며, 선별방법은 직접 눈

으로 관찰하여 큰 개체와 작은 개체를 분리 수용하는 방법을 택하여야 한다. 만약 개체간에 크기 차이가 심하지 않으면서 몇 마리의 숙성어가 있어서 공식현상이 염려될 경우에는 그러한 숙성어 만을 수조에서 잡아내면 된다. 단, 잦은 선별은 스트레스로 인하여 성장을 저해시키며, 선별 시에 입은 상처로 인하여 2차 질병감염의 원인이 되어 폐사율을 높이는 결과를 초래한다는 점을 염두에 두어야 한다. 물론 선별 전에는 절식이 필요하며, 선별 후에는 필히 항생제로 약욕을 하여 세균의 2차 감염을 예방하는 것이 좋다.

나. 먹이생물 배양

(1) 클로렐라 배양

클로렐라(*Chlorella* spp.) 배양 적지로는 충분한 광선이 들어오고 공기소통이 좋아야 한다. 실내는 환경조절이 용이하므로 번식속도는 빠르나, 면적의 제한을 받는 단점이 있으며, 실외는 배양 물량을 충분히 확보할 수 있다는 장점이 있다.

배양수조의 형태는 원형, 장방형, 정방형 등이 있으며, 크기는 1 m^3 이하부터 200 m^3 이상까지 다양하게 이용가능하다. 클로렐라 배양을 위한 사육 환경조건으로서 적수온은 22~23℃이며, 적정 비중은 1.020이다.

시비재로서 일반비료를 사용할 경우 유안, 과인산석회 및 요소를 각각 1 m^3당 100 g, 15 g, 5 g 내외로 첨가하거나, 질산염($NaNO_3$)과 인삼염(NaH_2PO_4)과 같은 공업용 화학제품을 1 m^3당 각각 150 g, 10 g의 비율로 첨가하거나 또는 시판되는 복합액체비료를 1 m^3당 50~100 mL 정도 첨가한 후 클로렐라를 접종하여 배양한다.

접종농도는 수온과 사용 시기에 따라 다르지만 빠른 시간 내에 고농도로 사용하기 위해서는 $1{,}000\times10^4$ 세포/mL 이상으로 접종하며, 접종 후 4~7일 이후에는 $2{,}000\sim2{,}500\times10^4$ 세포/mL로 되어 윤충의 먹이로 사용 가능하므로, 이 때에 강한 폭기(aeration)를 실시한다.

윤충의 먹이로서 사용된 수량만큼 여과해수를 보충하고 영양염을 첨가하는 과정을 반복하며, 새로운 접종에 사용하는 클로렐라는 최대 성장기에 달한 것을 이용한다.

재접종은 수온의 급격한 상승, 장기간 배양, 우기로 인한 일사량 부족 또는 규조류의 혼입 등에 따라 담흑색의 거품이 발생하거나 배양수가 다갈색으로 변하면 클로렐라의 세포 수가 격감하므로, 이때에는 카트리지 필터(3 μm 이하)로 배양수를 여과하여 사용하고 수조는 완전히 말린 후 다시 접종하여 배양한다.

(2) 윤충 배양

윤충(rotifer, *Brachionus plicatilis*)의 배양 수조는 소형(1~6 m^3)이나 대형(20~50 m^3) 어느 것이나 좋지만 생산방식, 필요량 및 배양시기 등에 따라 수조용량을 결정하게 되는데, 배양수조 용량은 자치어 사육 용량의 2~3배가 필요하지만, 최근 윤충의 고밀도 배양이 가능한 농축클로렐라의 상품화로 배양 수조의 크기를 1.5~2 m^3으로 축소시키는 것이 가능하게 되었다.

배양 방법은 해산클로렐라수($2{,}000\sim2{,}500\times10^4$ 세포/mL)를 배양수로 사용하여 담수 및 해수를 주입하여 비중 1.020 내외, 수온 20~28℃에서 클로렐라 농도를 $500\sim1{,}500\times10^4$ 세포/mL로 조절한다.

최초 접종농도는 1 mL당 100개체로 시작하여, 1주일 후에는 약 200개

체/mL로 증식한다. 망목크기 40~60 μm의 물러가제로 걸러서 넙치 자어의 먹이로 사용하고 다시 클로렐라를 공급하여 배양한다. 빵효모나 유지효모를 이용하여 클로렐라 해수나 영양 강화용 먹이로 2차 배양을 하여 영양 강화 후 먹이로 사용한다. 2차 배양 기간은 5~6시간부터 14~29시간이다. 빵효모나 유지효모를 사용할 경우 1일 공급량은 윤충 100만 개체당 각각 1~2.5 g, 0.25~1.0 g으로 하루 1~3회 공급하는 것이 적당하다.

(3) 알테미아(Artemia) 부화

알테미아(brine shrimp)는 미국의 캘리포니아 연안, 브라질, 중국 등의 연안에서 서식하는 소형 갑각류의 일종으로서 가뭄이 계속되는 건조기에 물이 증발하여 염분이 너무 올라가서 더 이상 생존할 수 없게 되면, 이때 알테미아 성체는 고염분, 고온 및 건조에도 잘 견딜 수 있는 알(내구란)을 많이 낳고 죽는다. 이 알들을 수집하여 진공 건조시켜서 밀봉하여 상품화하여 판매하고 있다.

알테미아의 부화는 100~1,000 L의 용기에 여과해수를 넣고 1 L당 1~3 g의 알테미아 건조란을 넣고 포기시켜 부화시킨다. 최적 부화 수온은 24~26℃로 알려져 있으며, 수온 28~30℃에서 부화에 소요되는 시간은 24~30시간이다. 산지에 따라 약간씩의 차이가 있으므로 각 상품의 적수온과 염분농도를 맞추어 주는 것이 좋다.

부화 후엔 유생의 추광성을 이용하여 껍질 및 부화한 유생을 분리하여 수거한다. 비교적 높은 영양가를 유지하고 있는 부화 직후의 노플리우스 단계에서 먹이로 사용하며, 클로렐라 해수나 유화오일 등으로 영양 강화하여 사용하기도 한다.

알테미아 1 g을 부화하면 25만~28만 마리의 노플리우스가 부화된다.

새로 부화한 노플리우스 크기는 대략 전장 0.45 mm, 폭 0.17 mm 이다. 광염성 및 광온성으로 염분 5~150‰, 수온 6~35℃의 범위에서 생존이 가능하고 용존산소가 1 mg/L 이하인 환경에서도 살 수 있다.

다. 천연 플랑크톤의 채집

동물성 먹이로 윤충, 알테미아 노우프리우스 유생, 티그리오푸스 이외에도 천연 코페포다(요각류)를 이용하게 된다. 천연플랑크톤에는 어류의 먹이로 가치가 있는 코페포다(요각류)가 많으므로 먹이원으로 유용하게 이용되지만, 채집된 플랑크톤 중에는 먹이로서 부적합한 종류가 혼재하므로 이를 선별해야 하는 어려움이 있다. 천연 플랑크톤은 양적, 질적인 면에서 계절적 변동이 심할 뿐만 아니라 필요한 시기에 필요한 양의 확보가 매우 곤란하다. 특히 해황여건에 따라 채집이 곤란한 경우가 적지 않으므로 계획성 있는 공급은 불가능하다고 본다. 따라서 천연 플랑크톤은 어류의 종묘생산시 알테미아를 공급하는 시기에 영양가의 보충효과를 위한 차원에서 이용될 수 있을 것이다.

채집방법은 야간에 바다 가두리의 중앙에 점등하여 추광성에 의해 유집된 플랑크톤을 펌프나 에어리프트(air-lift)를 이용하여 플랑크톤 망으로 거르는 방법과 조류(潮流)를 이용하여 플랑크톤 망으로 채집하는 방법 등을 들 수 있다. 또 육상양식장의 경우 취수하는 부분에 망을 설치하여 24시간 채집도 가능하다. 채집망은 해조, 기타찌꺼기 등의 잡물을 제거하기 위하여 망목이 큰 것으로 먼저 거른 뒤에 플랑크톤이 빠져나가지 않을 정도의 망목의 것(예, 비닐망 또는 뮬러가제 등)을 설치하는 것이 좋다.

라. 먹이공급 체계

자·치어의 사육에 중요한 것은 적절한 사육수 관리와 영양가가 충분한 먹이의 공급이다(표 2-1).

표 2-1. 조피볼락 자·치어기 사육일수에 따른 먹이공급체계

산출후일수 / 먹이종류	0	10	20	30	40	50
윤 충	10~15개체/ml					
알테미아유생		0.1~3개체/ml/일				
배 합 사 료		5~20g/ml/일		포식량/일		
		<먹이붙임단계>		<먹이전환후>		

(1) 먹이공급 개시시기

최초 먹이공급은 산출 당일 또는 적어도 산출 1일 후에는 공급하여야 하며, 산출 후 5~8일은 윤충을 주로 공급하여야 하며, 그 후 20일 까지는 윤충과 알테미아의 부화유생을 혼합하여 공급하고, 적어도 인공배합사료 또는 죽은 먹이로의 붙임이 완전히 끝나는 시기까지는 이들 먹이생물을 계속 공급해 주어야 한다.

조피볼락은 다른 종과는 다르게 난태생 어종으로 어미의 뱃속에서 부화하여 다른 어종에 비하여 비교적 큰 자어로 산출되기 때문에, 처음부터 먹이 섭취량이 많으며, 이에 따라 윤충의 공급량은 사육수 mL당 10개체 이상 공급하는 것이 좋다. 알테미아 부화유생은 초기먹이로서 비교적 쉽게 구입하여 공급할 수 있으며 조피볼락 자어가 쉽게 섭취한다는 장점은 있으나, 먹이로서의 영양이 충분하지 않으므로 해산클로렐라나 기타 영양 강화제로 2차 영양 강화시켜 공급하는 것이 좋으며, 동시에 배합사료를 동시에 공급하는 것이 영양보충 차원에서 유리하다.

(2) 배합사료 먹이붙임

조피볼락은 다른 어종에 비하여 생물먹이로부터 배합사료로의 먹이붙임이 힘든 종이므로 자어 사육초기부터 배합사료로의 길들이기를 시작하여야 하며, 그렇지 않으면 움직이지 않는 죽은 먹이로의 먹이 붙임이 어려워지고, 산출 후 20~25일 정도에 대량 폐사를 일으키는 경우가 많다. 따라서 적어도 알테미아 부화유생을 공급하기 이전시기부터 초기 미립자사료를 이용하여 자어를 움직이지 않는 먹이에 적응시켜 나가야 한다.

초기의 자어는 소화기관의 발달이나 소화기능이 완전하지 못하므로 인공 배합사료를 잘 받아먹더라도 배합사료만을 먹이게 되면 소화를 전혀 시키지 못하여 많은 폐사가 일어나게 된다. 그러므로 사육초기에는 먹이생물, 즉, 윤충와 알테미아를 주 먹이로 이용하면서 배합사료는 단지 자어의 눈에 익혀둔다는 생각으로 공급하여야 하며, 사육수 중에 먹이생물의 밀도가 낮아지는 시간대를 택하여 1일 여러 차례 나누어 공급하는 것이 좋다.

(3) 먹이공급순서

윤충 만을 공급하는 시기에는 사육수 중에 윤충의 밀도가 일정하게 유지되도록 하기 위하여, 사육수 중의 윤충 수를 계속 조사하여 적정밀도 이하로 되지 않도록 공급이 지속적으로 이루어져야 한다. 윤충 수, 알테미아유생 및 인공배합사료를 같이 공급하는 시기에는 제일 먼저 배합사료, 그 다음으로 윤충, 마지막으로 알테미아 유생을 공급하는 순으로 하여야 배합사료로의 먹이 붙임도 쉬워지고, 비교적 영양가나 소화가 잘 이루어지는 윤충의 공급량을 늘릴 수 있어 좋다.

(4) 먹이선택

조피볼락의 종묘 생산시 적절한 먹이는 이들 자·치어가 요구하는 충분한 영양분을 지니고 있는 먹이라고 할 수 있겠다. 그러나 이들 자·치어의 영양요구에 대하여는 정확히 밝혀진 바가 없고, 단지 일반적인 해산어류가 요구하는 영양가를 고루 갖춘 것을 선택하여야 한다. 따라서 윤충은 가능한 해산클로렐라로 배양한 것을 사용하는 것이 좋으나, 최근 농축 담수산 클로렐라나 효모로 배양하는 경우가 많으므로, 먹이로 사용하기 위하여 해산어가 필수적으로 요구하는 n3-HUFA와 같은 고도불포화지방산의 보충을 위한 영양 강화가 요구된다. 알테미아의 경우에는 내구란이 생산되는 산지에 따라서 영양가가 차이가 많으며, 해산어가 요구하는 지방산을 충분히 가지고 있지 않으므로, 부화 후 노우플리우스 치어용 사료가 생산되므로 이를 사용하는 것이 좋으며, 사육수질 안정을 위하여 적어도 사육초기에는 수중에서 부패가 잘 일어나지 않는 고품질의 것을 사용하는 것이 좋다.

마. 사육수 관리

(1) 사육수

사육수는 초기에는 모래여과기나 그 외의 필터를 이용한 여과해수를 사용하는 것이 좋으나, 깨끗한 해수라면 자연해수를 그대로 사용하여도 무방하다.

최초 산출자어의 수용시부터 적어도 약 10일째까지는 차광효과, 수질안정 효과 및 자어가 먹다 남은 생물먹이 영양가의 유지 효과를 위하여 사육수에 해산클로렐라수를 첨가하는 것이 좋다. 첨가하는 클로렐라 농도는 사육수 mL당 20~100만 세포 정도로 되도록 유지해 주는 것이 좋다. 즉, 클로렐라를 첨가했을 때 사육수조의 바닥이 보일 정도가 적당하다. 이 때 첨가하는 클로렐라는 클로렐라 배양조에서 충분히 배양된 것 즉, 배양수에 첨가한 비료가 거의 다 소모된 상태의 것을 이용하여야 한다.

(2) 환수

조피볼락은 초기에 유수식 사육을 하게 되면 생존율이 극히 낮아진다는 보고가 있으므로, 최초 8~10일 까지는 지수식 사육 방법으로 환수량은 사육수를 1일 20~50%씩을 교환해 주는 방법을 택하고, 그 이후부터는 유수식으로 전환하여 어체가 성장함에 따라 환수량을 점차 늘려 나간다.

(3) 사육 수온

초기 사육수온은 자어산출 수조의 수온을 기준으로 하여 조절해 주어야 하는데 15~18℃ 정도가 적당하며, 적정 수온 범위에서는 비교적 높은 수온에서 자어의 성장이 빠르다. 따라서 어미를 관리하던 수조로부터 산출된 자어를 최초 자어수조로 수용 시에는 가능한 자어산출조의 수온과 동일하게 맞추어 주어야 한다. 만약, 수온이 동일하지 않을 경우

그 차이는 0.5~1.0℃ 범위를 벗어나지 않도록 주의하여야 한다. 특히 자어를 수용할 수조가 자어산출 수조보다 수온이 더 낮을 경우 스트레스가 더욱 커지므로 곤란하다. 자어 수용 후에는 적절한 수온으로 서서히 변화시켜 빠른 성장을 유도하는 방법을 택하는 것이 좋다.

(4) 바닥청소

바닥청소는 사이폰을 사용하여 먹이찌꺼기, 배설물 및 사체를 제거하며, 가능한 한 사육중인 조피볼락이 스트레스를 받지 않도록 주의하여 실시하여야 한다. 최초 사이폰 청소는 약 5~7일 만에 실시하는 것으로도 충분하며, 그 이후는 바닥에 쌓인 찌꺼기가 부패하지 않는 범위 내에서 1~3일마다 실시하도록 한다. 초기부터 배합사료를 공급하는 경우에는 사육어가 받아먹지 않고 가라앉은 먹이가 바닥에서 썩지 않도록 보다 자주 바닥청소를 해주는 것이 수질을 안정시킬 수 있다. 그러나 조피볼락은 비교적 사이폰 청소 시에 다른 어종에 비하여 스트레스를 많이 받기 때문에, 가능한 바닥청소 횟수를 줄이는 것이 양호한 성장을 기대할 수 있다.

바. 자·치어기 성장

조피볼락의 인공 종묘생산시 사육결과를 보면 전장 5.7~6.6 mm의 부화자어로부터 부화후 30일째에 전장 8.6~13.4 mm로, 부화후 60일째에 전장 25.9~40.2 mm까지 성장하였다. 사육 수온에 따라 성장차가 심하였으며, 수온이 높았던 수조에서의 성장이 비교적 빨랐다.

조피볼락의 초기 성장에 따른 형태적 변화는 그림 2-3과 같다. 산출 직후의 자어는 전장 5.45~5.55 mm로 아직 난황은 완전히 흡수되지 않고, 1개의 유구가 있으며, 입과 항문이 열려 있다. 특히 이 때의 자어는 추광성을 나타내며 수조의 표층을 유영한다. 부화후 2~3일째 자어는 전장

5.60~6.25 mm로 난황은 거의 흡수되고 없으나, 가슴지느러미 아래에 유구가 확인될 정도로 남아 있으며, 담황색의 식소포가 점상으로 꼬리 중앙부의 체측 빛 배쪽에 산재되어 있다. 산출후 5~6일째의 자어는 전장 6.05~6.62 mm로 난황과 유구를 완전히 흡수하여 후기자어로 이행된다.

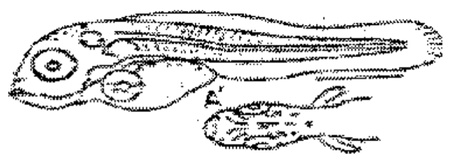
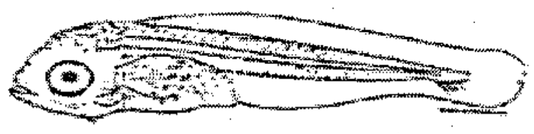
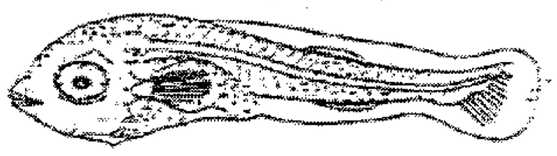
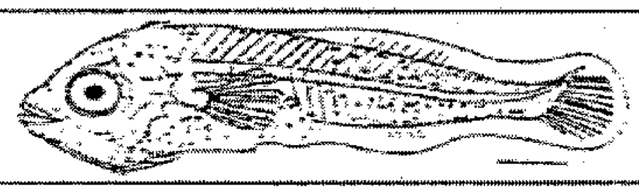
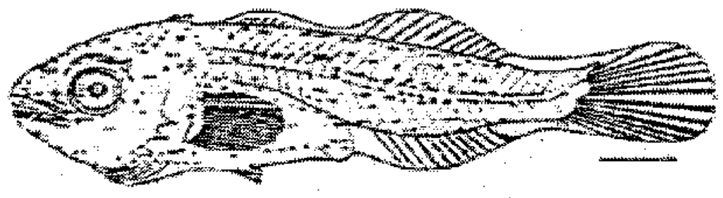
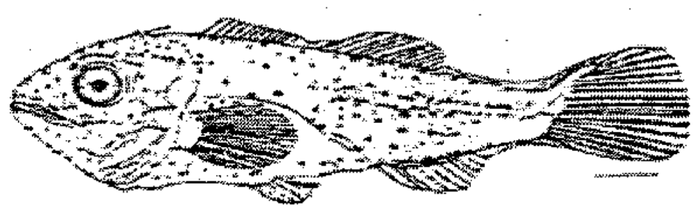
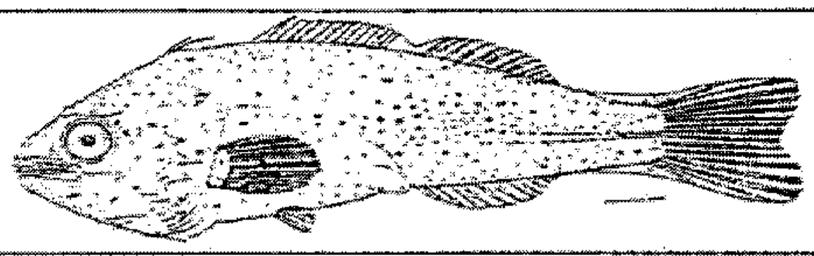
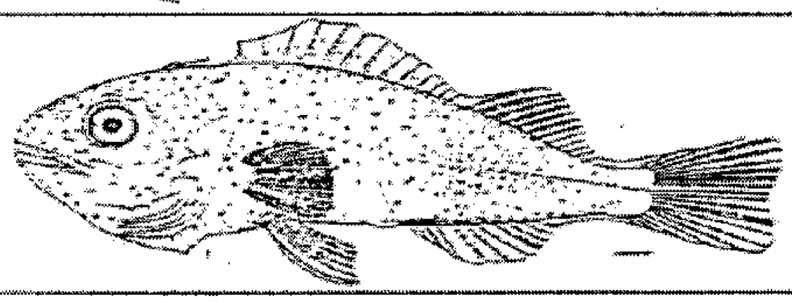
산출후 일수 (일)	외 부 형 태	자치어 크기 (mm)
0		5.52
2~3		5.80
5~6		6.23
10~11		7.67
13~15		9.45
16~18		11.05
19~21		13.98
22~25		15.12
26~32		18.86

그림 2-3. 조피볼락의 초기 성장에 따른 형태적 변화.

가슴지느러미의 원기가 분화하기 시작하며, 흑색소포는 두정부, 위턱과 아래턱, 복부 및 미부의 체측 그리고 배쪽과 등쪽 가장자리를 따라 근절마다 약 1개씩의 나뭇가지 모양의 흑색소포가 출현한다. 또한 막지느러미 위의 색소포는 소실된다. 산출후 10~11일째 자어는 전장 7.36~7.85 mm로 가슴지느러미 및 꼬리지느러미 줄기는 10~12개로 분화되며, 등지느러미와 뒷지느러미가 융기되기 시작하여 지느러미가 각각 6~7개씩 출현한다. 산출 후 16~18일째 자어는 전장 9.41~12.85 mm로 처음 제 1등지느러미가 융기하여 6개의 극조가 형성되고, 제 2등지느러미에 11~12개의 연조가 형성된다. 상하악골에는 작은 이빨이 발달한다. 산출후 22~25일째에는 전장이 14.02~16.45 mm로 성장하며, 배지느러미 1극 5연조, 가슴지느러미 18연조 및 꼬리지느러미가 30~31연조로 각 지느러미가 정수에 달하여 치어기로 이행한다. 흑색소포는 크기가 작아지고 숫자는 증가하여 체측의 중앙부분과 윗부분에 띠를 형성하며, 전체 표면에 별모양의 흑색 및 황색의 색소포가 산재한다. 산출 후 26~32일째의 치어는 전장 16.25~20.45 mm로 되어 성어의 체형과 닮고, 두부의 발달이 현저해지며 체표면은 연한 황색으로 착색되어진다.

3. 축제식 및 해상가두리 종묘생산

가. 축제식 종묘생산

조피볼락 생산 단가를 절감할 수 있는 방법 요구에 부응하여 유휴 축제식 새우 양식장을 이용하여 조피볼락의 종묘를 생산하는 방법이 서해안에서 주로 행해지고 있다(해양수산부, 2002).

부화 치어의 먹이 생물을 충분히 확보하기 위해서는 축제식 호소에 해수를 취수하기 전에 연안수의 플랑크톤의 종 조성을 조사하여 두어야 하며, 치어의 생존율 향상을 위한 먹이생물 양을 종묘생산 종료 시까지 지속적으로 유지하여야 한다.

초기 먹이생물을 대량으로 배양하기 위한 시비재는 질소질 비료와 알파파, 규산염 등을 병행해서 사용하는 것이 요각류의 밀도를 안정적이고 지속적으로 유지시킬 수 있는 것으로 보고 되어 있다.

유생사육 조건으로는 노지에서 요각류의 적정 배양조건을 조사한 결과, 화학비료 사용량은 300평당 기준으로 복합비료 2.4 kg, 요소비료 3.6 kg, 규산질 비료 2.4 kg 살포이며, 시비 후 30일째 가장 많은 개체가 증식하는 것으로 보고되어 있다.

축제식에서 출현하는 동물플랑크톤 중 copepoda, copepoda nauplii, polychaeta, polychaeta larvae가 우점종을 차지하였으며, 그 다음으로 게류 megalopa, noctiluca, gastropoda, gastropoda larvae, jellyfish 등이 차지하고 있으며, 이들은 자·치어의 먹이로 이용된다.

종묘의 자어기에는 코페포다 유생, 치어기에는 코페포다 성체를 주로 먹이로 섭취하고, 종묘 생산량 증가를 위하여 인위적으로 배양한 코페포다 유생을 공급하는 것이 좋다. 동물플랑크톤 개체 밀도는 자·치어의 성장 및 생존율에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 보고 되어 있으며, 초기 먹이생물의 부족은 개체간의 성장 차이를 가져와 공식에 의해 생존율 저하의 원인이 될 수 있다.

나. 해상가두리 종묘 생산

해상가두리 종묘생산 방법의 주요 장점으로는 환경 친화적인 방법으로 종묘생산 시설비 및 운영비가 다른 종묘생산방법에 비해 적게 들고 다른 방법에 비해 비교적 전문 기술이 없어도 가능하다(전라남도, 1997).

친어의 확보 및 관리는 육상수조식 및 축제식과 동일하며, 해상가두리에서 종묘생산은 무엇보다도 자어 산출용 모기장 그물을 설치하고 가두리에 친어를 입식시기를 결정하는 것이 중요한데 이는 너무 일찍 설치하면 그물망에 규조류의 부착이 심하기 때문이다.

자어의 먹이는 가두리 양식장 주변의 천연 플랑크톤(코페포다)을 채집하여 자어의 먹이로 활용한다. 이 때 플랑크톤의 채집은 수직폐쇄채집망을 이용하며, 채집되는 동물성플랑크톤 중에서 일반적으로 요각류가 가장 우점하고 있으며, 그 외 단각류, 난바다곤쟁이류, 유형류 등도 포함되어 있다. 플랑크톤의 수층 분포는 3~5 m에서 주로 분포하고, 요각류의 종류로는 Oithona davisae, Calanus sinicus, Microsetella rosea, Macrosetella gracilis 등이 있으며, 크기는 150~500 ㎛ 이다.

플랑크톤의 유집은 주야간 수직운동과 주광성을 이용하여 가두리 주변 해역에 분포하고 있는 플랑크톤을 모은다. 유집 방법은 가두리에 소형 모터펌프(0.25~0.5Hp)를 설치하고, 가두리 측면 해수표면 30 cm 위에 전등(60W)을 설치하며, 전등 바로 밑 해수표면 30~60 cm 이심에 펌프 취수구를 설치한다. 이 때 펌프의 취수구 바깥에 700~1,000 ㎛의 모기장 그물은 그 속에 뮬러가제(망목 300~1,000 ㎛)를 설치하여 크기가 너무 커서 먹이로 사용할 수 없는 자·치어 및 플랑크톤이 흡입될 수 없도록 하여야 한다. 플랑크톤의 채집은 가두리 위에 설치한 모터펌프를 이용하여 오후 8시부터 다음날 아침 7시까지 행한다. 현재 이 방법은 실제 산업적으로 이용되고 있지 않다.

4. 해상가두리 양성

가. 사육장소

해상가두리 양식장의 시설 적지로서는 연간 수온이 조피볼락 성장에 알맞은 기간이 긴 곳이 적합하며, 태풍이나 파랑의 영향을 받지 않고 항구에 가깝거나 선박의 운항에 따른 소음이나 기름의 영향을 받을 우려가 적은 곳이 좋다. 또한 적조나 수질오염 등의 영향이 없는 곳으로 조류소통이 좋고 종묘나 먹이의 구입 및 운반이 용이하고 판매시장이 가까운 곳일수록 좋다.

가. 사육시설

(1) 표층 해상가두리

가두리를 이용할 때에는 기존 방어 사육용으로 사용되고 이는 5×5 m 또는 10×10 m 크기의 그물가두리를 이용하면 가능하다(그림 4-1, 표 4-1). 가두리의 망지는 일반적으로 랏셀망을 사용하며 어릴 때에는 무결모지망을 사용한다. 어체중에 대한 망목은 성장과 함께 달라지며 최초 4~5 cm 크기의 종묘를 방양시에는 22~27절 무결절 모지망을 사용하고, 이 후 당년 8월말~10월 중순까지 즉, 30~75 g 까지는 18절 그물을, 10월 중순~이듬해 4월 초순까지 즉 75~135 g 일 때는 10절 그물, 135 g 이상에서는 7절 그물을 사용하는 것이 보통이다. 그물코의 크기를 결정하는 기준은 사육어가 빠져나가지 않을 정도 내에서 큰 것을 선택하여야 한다. 그러므로써 해수의 소통을 양호하게 유지할 수 있으며, 빠른 성장을 기대할 수 있다.

(2) 중층 침설식 해상가두리

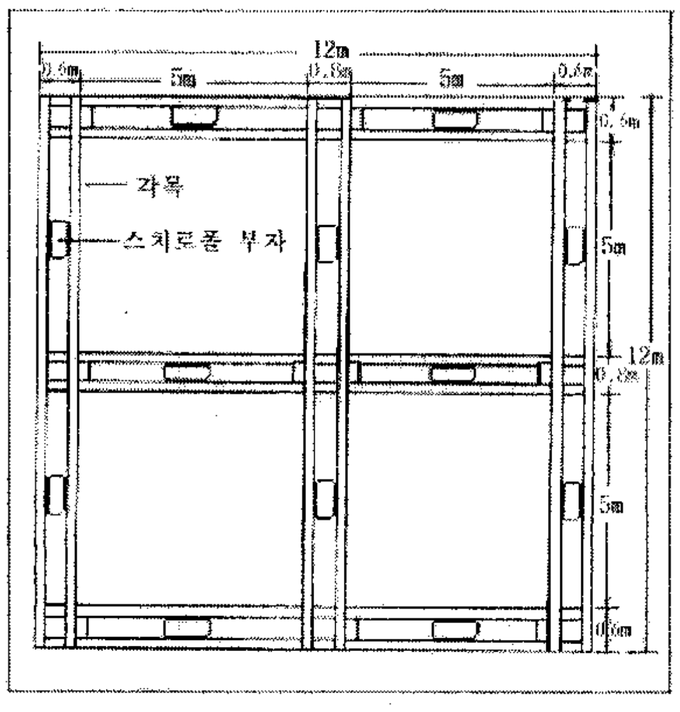
동해안 지역 중에서 경북지방은 외양성 지형으로 풍파의 직접적인 영향을 받으며, 저질은 자갈과 사니질로 형성되어 있고 수심은 15~20 m의 완만한 지형으로 중층 침설식 가두리를 설치하게 용이한 조건을 갖추고 있다(그림 4-2). 또한 육지와 인접하여 사료의 운반 및 출하가 용이하여야 한다.

표층 해상 가두리는 태풍, 적조 등의 자연재해 내습 시 피해 경감을 위한 대책 수립이 어려운 실정이나, 중층 침설식 해상가두리는 양식시설이 수직으로 이동이 가능한 시설 (수면에서 5~10 m이하에 설치된 가두리 형태)로서 풍파의 영향을 많이 받는 경북 동해안 지역 특성에 알맞게 시설이 개조되어 있다. 중층 침설식 가두리는 수심 20~30 m의 자갈 또는 사니질로 형성된 지역에 어장이 시설되어 있으며, 수직으로 5 m 정도 이동이 가능하다.

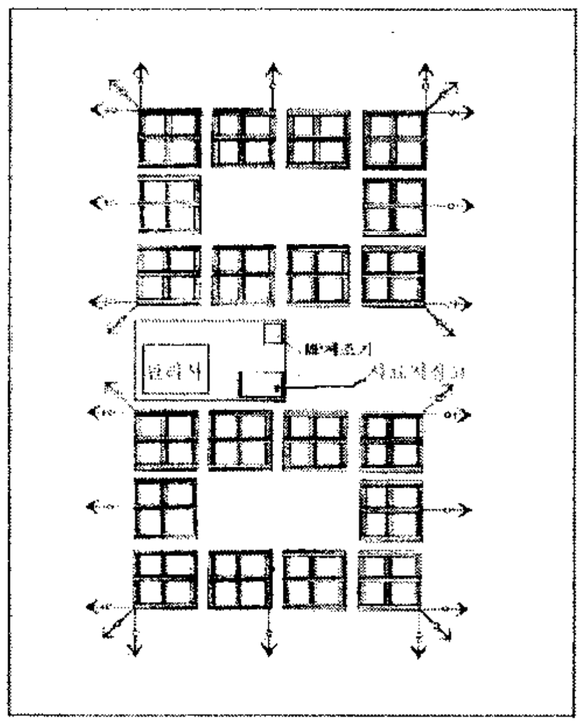
초기에는 지름 5 m 규격의 원추형 채롱식 가두리를 시설하였으나, 조피볼락의 활동 공간이 상하에서 제한받는다는 것을 인식하고, 1998년 5 m 규격의 4각형 중층 침설식 가두리를 설계하여 설치하였다. 2000년 이후에는 수면 이용률을 극대화하기 위해 7~10 m형 대형 사각 가두리를 제작하여 설치하여 사용하고 있다.

다. 종묘 선정

양성에 사용할 종묘는 자체 생산한 종묘나 다른 종묘배양장에서 구입한 치어를 이용할 수 있으나, 어느 쪽이든 성장이 빠르고 건강하지 않으면 곤란하다.



투영도



시설전개도

그림 4-1. 표층해상가두리 표준 시설도(1ha).

표 4-1. 표층해상가두리 표준시설 내역(1ha)

항 목	규 격	단위	수량	비 고
1. 자 재				
목 재	아비동			
부 자	(12 cm×15 cm×10 m)	개	240	
닻	대형 (400L)	개	420	
닻 줄	철제 75 kg	개	26	
사 육 망	PP로프 ø40 mm	m	1,170	수심 15 m 기준
(방오처리망)	모지망 105경	조	5	
	무결절 30합 8절	조	40	5×5×3 m
	무결절 15합 12절	조	40	
	무결절 12합 18절	조	10	5×5×3 m
	무결절 9합 20절	조	10	
부자결착줄	PE로프 ø10 mm	m	2,400	
볼트, 낫트	33cm×6부	개	1,440	10×10×3 m
저망고정테두리	아연 pipe ø11 mm	개	40	10×10×3 m
저망고정테두리	아연 pipe ø11 mm	개	10	
2. 기타시설				
작 업 대	10×10 m	대	1	
관 리 사	4×6 m	동	1	5×5 m
사료저장고	3평	동	1	10×10 m
MP 제조기	대형	대	1	
어망세척기	고압	대	1	
3. 인 원				
가두리 제작및 시설	남	명	120	8명×15일
어망결착	남	명	20	(20조 제작)

따라서 자체에서 생산한 종묘라면 선별에 문제가 없겠으나, 다른 곳으로부터 입식할 경우에는 종묘의 선택에 세심한 주의가 필요하다.

일단 건강한 종묘를 육안으로 판별하는 기준으로는 수조 내에서 떼를 지어 정상적인 유영을 하고, 체색이 옅으면서 체형은 유선형이며, 먹이 섭취행동이 활발하여야 하며 또한 병증이 없이 전체적으로 크기가 같은 종묘이어야 한다. 가장 중요한 사항은 같은 날 산출된 자어가 같은 크기로 성장한 것으로 일령기준으로 60일 이내에 4~5 cm로 성장한 치어를 선택하는 것이다. 만약 같은 크기의 종묘라도 산출된 날이 많이 다를 경우에는 이전의 성장속도가 달랐음을 추측할 수 있으며, 종묘 입식 후 짧은 기간 내에 성장차가 생겨서 계속적으로 선별하여야 하는 어려움이 따르게 되며, 종묘 생산시 성장속도가 늦었던 개체는 종묘크기 이후에도 성장속도가 느릴 수 있다는 것을 염두에 두어야 한다.

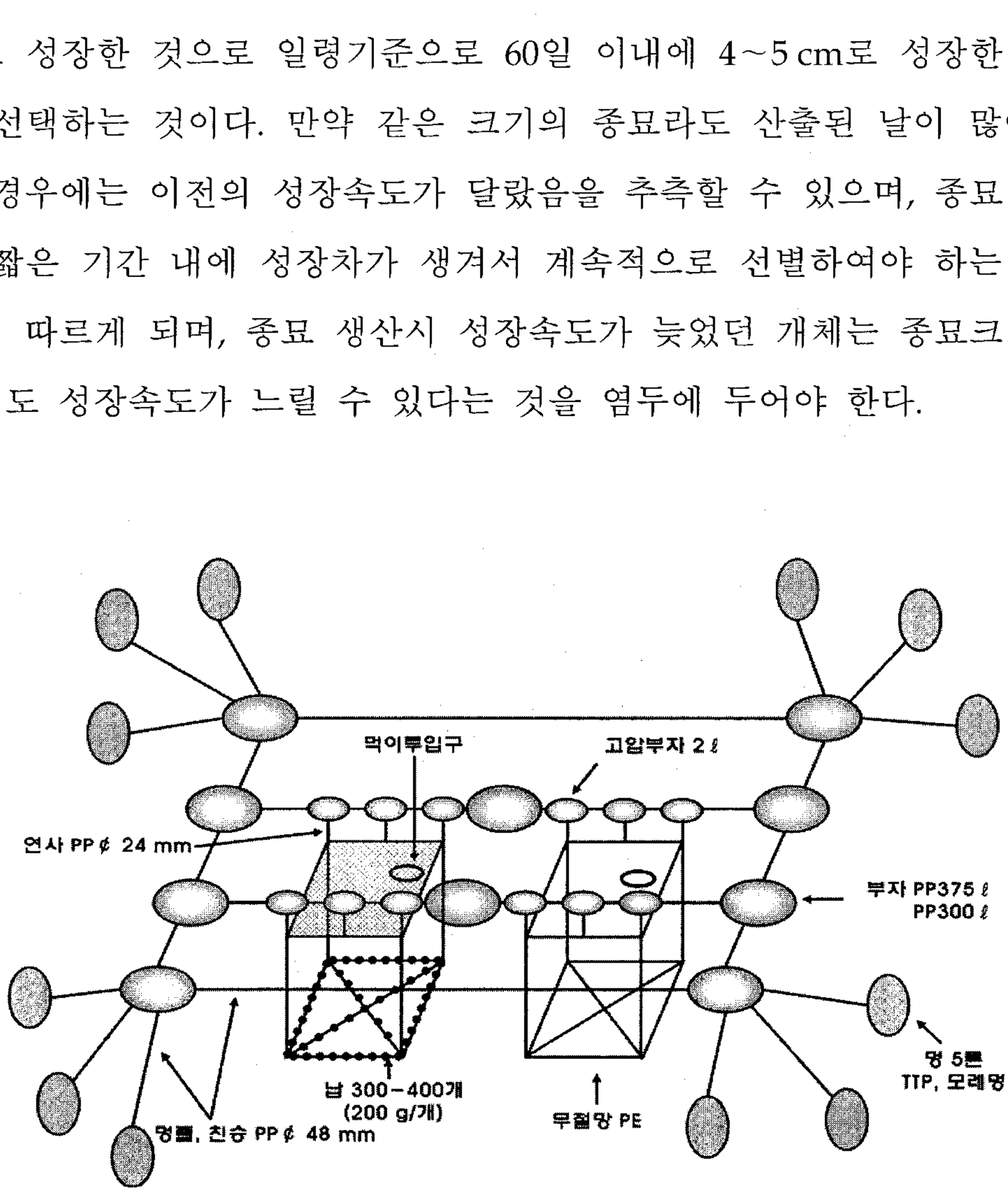


그림 4-2. 중층침설식 가두리 모식도.

라. 사육환경

(1) 조도

조피볼락은 자연에서 암초지대에 서식하는 종이므로 차광을 할 수 있다면 차광시설로 조도를 어느 정도 낮추어 주는 것이 좋다. 그러나 광주기에 있어서는 광주기를 달리한 실험결과 하루 18시간 이상 불을 밝혀둔 조건에서 양호한 성장을 보였다.

(2) 사육수온

조피볼락의 사육수온은 15~18℃가 성장을 위한 최적이라고 볼 수 있으며, 12℃에서도 사료효율, 성장 등 정상적인 사육이 가능하므로 이러한 수온시기에 빠른 성장을 꾀하는 것이 유리하다. 해상가두리의 경우 수온을 인위적으로 조절할 수 없기 때문에 성장에 적합한 사육수온이 유리한 해역에서 사육하는 것이 빠른 성장을 기대할 수 있다.

마. 사육밀도

(1) 표준 입식 밀도

표층 해상가두리 양식장에 있어서 조피볼락 크기별로 평균 입식(사육) 마리수는 표 4-2와 같으며, 조피볼락 전장에 대한 체중을 환산하면, 표 4-3과 같다. 조피볼락 전장(X)에 대한 입식량(Y)과의 상관관계식은 아래와 같다(그림 4-3).

$$Y=276{,}955X^{-1.2694} \quad (R^2=0.8478,\ n=40)$$

표 4-2. 해상가두리 양식장에서 조피볼락 크기별 사육(입식) 밀도

전장 (cm)	체중 (g)	사육(입식) 밀도		
		마리수 (5×5×5 m)	총중량 (kg/5×5×5 m)	단위중량 (kg/m^3)
5	2	34,377	68.8	0.55
8	9	18,691	168.2	1.35
10	17	13,996	237.4	1.90
15	59	8,274	488.2	3.91
20	142	5,698	809.1	6.47
25	281	4,267	1,199.0	9.59
30	491	3,369	1,654.2	13.2
35	787	2,759	2,171.3	17.4

표 4-3. 조피볼락 전장에 대한 체중 환산표

전장(㎝)	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
중량(g)	0.4	1	2	4	6	9	12	17	23	30
전장(㎝)	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
중량(g)	38	48	59	72	86	103	121	142	165	190
전장(㎝)	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
중량(g)	217	248	281	317	355	397	442	491	542	598
전장(㎝)	33	34	35	36	37	38	39	40		
중량(g)	657	720	787	857	932	1,012	1,096	1,184		

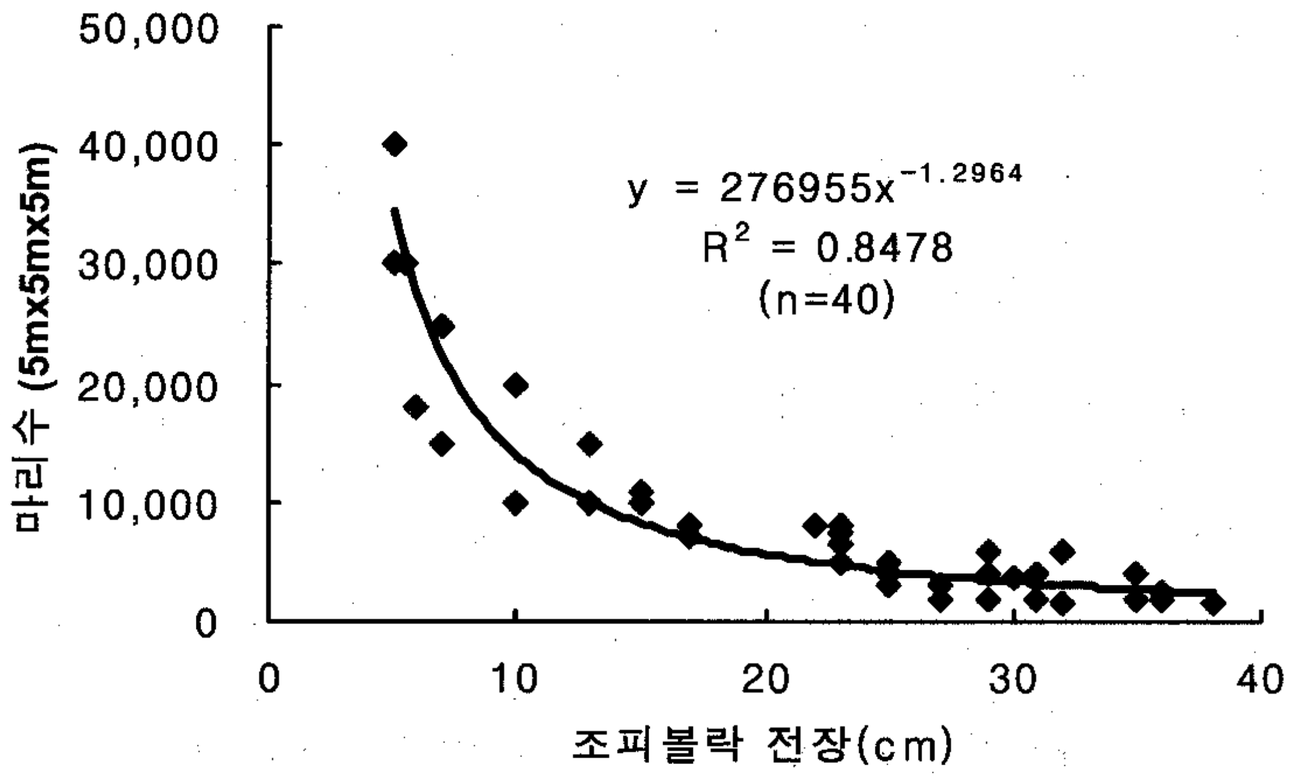


그림 4-3. 해상가두리 양식장에서 조피볼락 전장 크기별 입식(사육)밀도.

(2) 재해복구비용 산정 기준 밀도

해양수산분야 재해복구비용 산정(해양수산부 고시 제2005-78호)을 위한 표준사육밀도는 전장 13 cm 미만의 치어는 22,000마리, 전장 13~26 cm 크기의 중간어는 13,000마리, 전장 26 cm 이상의 성어는 6,000마리를 재해복구비용 산정시 보상 마리로 정하고 있다(표 4-4).

표 4-4. 해양수산분야 재해복구비용 산정을 위한 조피볼락 표준사육밀도

시설별(어종)	구 분	치 어	중간어	성 어
해상가두리 (조피볼락)	전 장	13 cm 미만	13~26 cm	26 cm 이상
	최대 수용마리수	22,000	13,000	6,000

※ 해상가두리 1대의 규격 : (5×5×5 m)

바. 먹이공급

(1) 먹이선택

먹이의 종류는 정어리, 전갱이, 고등어, 까나리 등 가격이 싼 잡어를 들 수 있으며, 또한 이러한 생사료와 분말 배합사료를 적당량 혼합하여 모이스트펠렛을 제조하여 사용할 수 있는데, 조피볼락 치어기에 이들 먹이로 성장비교를 해본 결과 모이스트펠렛 사료를 공급하였던 것이 성장 및 생존율이 양호하다는 보고가 있다. 따라서 분말사료의 양을 생사료의 10~20% 비율로 혼합하여 모이스트펠렛 형태로 공급하는 것이 어체의 성장측면이나 사료관리측면 및 사육수질 관리측면 등에서 양호하며, 또한 종합비타민이나 미네랄 같은 영양제를 사료에 혼합하여 공급함으로써 성장률과 생존율을 더욱 높일 수 있다. 최근 국내에서 조피볼

락에 대한 영양요구와 사료개발 연구에서 질 좋은 배합사료를 개발하여 생사료와 비교 분석한 결과, 이러한 배합사료로써 사육하여도 조피볼락의 성장이나 성분 뿐 아니라 맛에 있어서도 차이가 없다는 보고가 있고, 국립수산과학원 양식사료 연구센터 조피볼락용 실용배합사료를 개발하여 보급 중에 있다.

(2) 먹이전환

입식 초기에는 종묘생산시 계속 먹여오던 것과 동일한 사료를 일정기간동안 공급하는 것이 조피볼락 치어가 새로운 사육환경에 빨리 적응할 수 있도록 하는 것이다. 따라서 최초 입식 후 2주 내지 4주 동안에는 종묘생산시와 동일한 사료를 공급하고, 그 후에는 관리 및 취급이 편리한 사료로 전환하면 된다

(3) 먹이공급횟수

어린시기에는 1일 2~3회로 공급하고, 성장에 따라서 횟수를 줄여 판매 크기로 성장하면 1일 1~2회로 공급한다. 그러나 수온이 낮은 겨울철 저수온기에는 2일에 1회 또는 3일에 1회로 줄여서 공급하는 것이 좋으며, 여름철 고수온기 역시 먹이공급량을 줄이는 것이 좋다.

(4) 먹이공급량

초기 종묘를 방양시에는 상호 공식방지를 위하여 포식량을 공급해야 하지만, 조피볼락은 식성이 좋아서 포식한 상태에서도 계속해서 먹으려는 습성이 있으므로, 특히 건조 펠렛사료를 공급할 때에는 먹이를 공급하면서 배가 불러오는 것을 직접 눈으로 확인하여 적당한 수준에서 공

급을 중지하여야 한다. 적정 먹이공급량을 결정하기 위한 실험결과 당년생 치어는 포식량의 약 80%, 1년생 치어는 포식량의 약 70% 공급으로 포식량을 공급하였을 때와 동일한 성장을 나타내며, 사료효율면에서는 오히려 포식량을 공급하였을 때보다 더 좋은 것으로 나타났다. 따라서 먹이공급량의 결정은 어체가 성장함에 따라 상대적으로 1마리당 섭취량은 감소하며, 사육환경 즉, 사육수온 및 사육밀도에 따라서도 섭취량이 변하므로, 매 1주일 또는 2주일 마다 1일 포식량을 조사하여 포식량의 70~80%를 공급하여야 사료효율이 높아 사료의 허실이 없으며, 성장 및 생존율에도 좋은 결과를 기대할 수 있다. 즉 치어기에는 포식량을 80~90%를 공급하지만, 다음해에는 포식량의 70%만을 공급하여도 충분하다(국립수산과학원, 1995). 특히 사료비가 생산비의 50% 이상을 차지하게 됨으로, 성장이 정상적인 범위 내에서 최소량의 먹이를 공급하여 생산함으로서 생산단가를 낮추어 경제성 있는 생산과 더 많은 소득을 올릴 수 있다.

사. 성장

(1) 해상가두리 양식장에서 성장

동·서·남해 양식지역에 따라 다소 차이는 있지만, 조피볼락 치어의 입식 시기는 대략 6~7월로서 평균 체중 1~2 g을 수용하여 사육한 경우 성장을 조사해 보면, 1년 6개월 사육 후 250~400 g, 2년 사육 후 300~500 g, 3년 사육후에는 450~550 g 성장하였다(표 4-5).

표 4-5. 해상가두리 양식장에서 조피볼락 성장

사육시기	당년 6~7월	당년 10월	차년 4월	차년 12월	차차년 6월	차차년 12월
사육기간(개월)	1	4	10	18	24	30
평균 체중(g)	1~2	30~50	120~180	250~400	300~500	450~550
평균 전장(cm)	4~5	12~14	19~22	24~28	26~30	29~31

(2) 육상수조식 양식장에서 성장

조피볼락을 육상수조에서 모이스트펠렛 사료를 1일 1~2회 포식량을 공급하며 사육한 경우를 보면 그림 4-4과 같다.

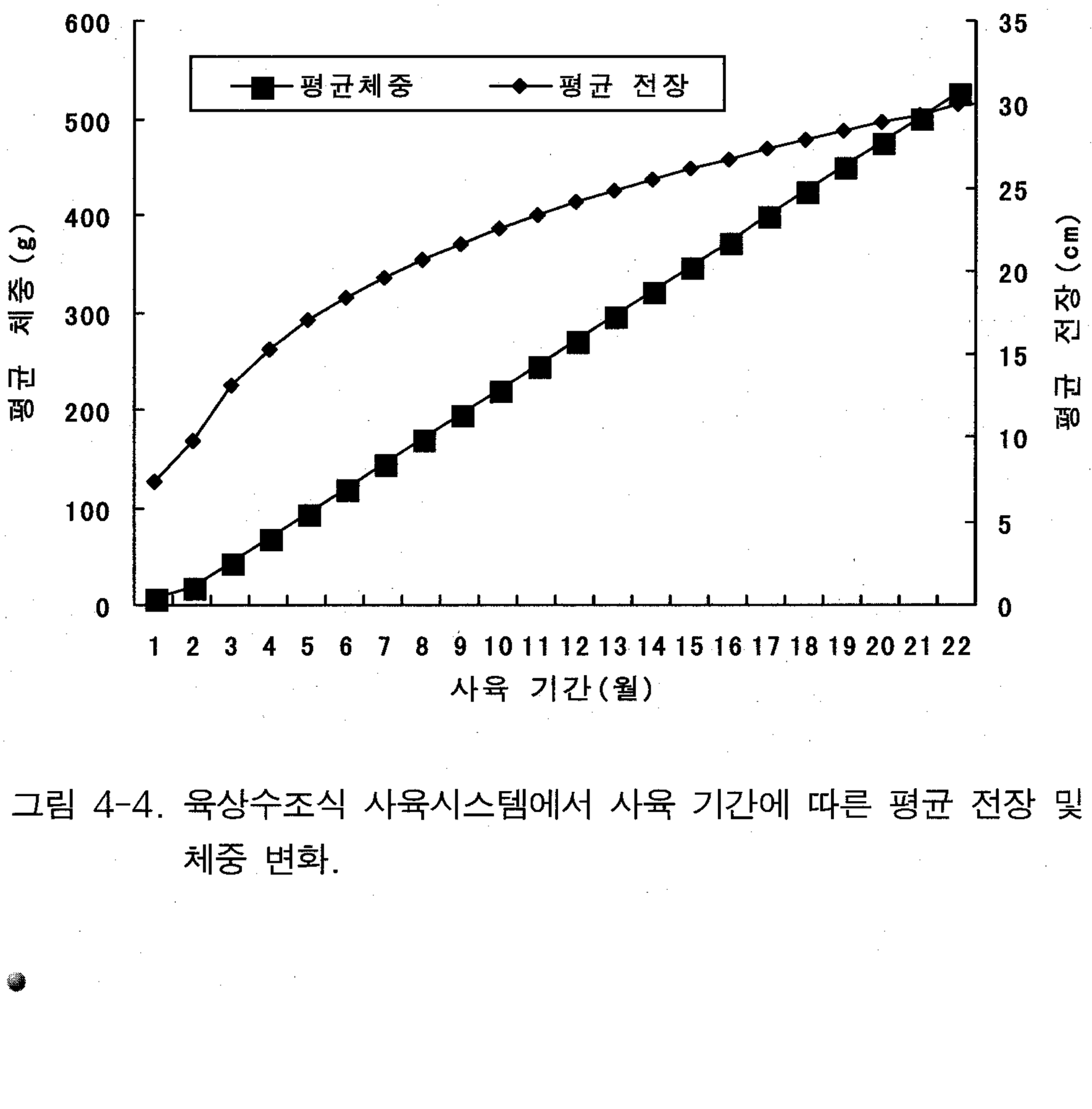


그림 4-4. 육상수조식 사육시스템에서 사육 기간에 따른 평균 전장 및 체중 변화.

평균체중 7.5 g의 조피볼락 치어로부터 냉동전갱이와 분말배합사료를 각각 절반씩 혼합하여 moist pellet 사료로 만들어 공급하여 사육한 결과, 만 1년이면 약 300 g까지 성장하며, 만 1년 6개월이면 약 450 g, 만 2년이면 약 600 g 까지 성장하는 것으로 조사되었으나, 최근에는 육상수조식 사육시스템에서 양성은 거의 이루어지지 않고 있다.

아. 기타 사육관리

(1) 적조발생 단계별 사육관리

(가) 평상시

양식어업인과 지도기관에서는 적조 발생시 대처요령 및 피해 최소화를 사전교육실시, 상호 긴밀한 연락체제 유지하고, 양식장에서 적정수용밀도의 유지, 포기 또는 산소공급 장치설치 및 정비, 가두리 묶음 로프의 보강을 통한 가두리 침하 또는 부상 작업에 대비한다.

(나) 적조 발생시

관련기관에서는 적조확산 및 이동상황의 파악, 양식어장 지도관리, 신속한 상황전파 및 보고를 실시하고 어장관리 요령에 따라 피해 방지에 최선을 다한다.

양식어업인은 먹이공급 중단하고 적조생물 밀도에 따라 사료공급량을 조절하며, 산소공급기, 수차, 폭기, 낙차식 양수 또는 선박을 활용하여 양식장 주변 적조생물을 분산시킨다. 시설물의 이동이 가능 시에는 안전수역으로 이동 시키거나 또는 육상수조 등으로 양식물을 이동시키고, 수심 조절 가능 가두리인 경우에는 5 m 이하 수층으로 침

하시킨다.

(다) 적조 소멸시

적조가 소멸된 후에는 가두리 망의 청소와 교체를 실시하고, 중단한 사료 공급을 점진적으로 늘려 정상화한다.

(2) 고수온기 사육관리

조피볼락은 수온 15~18℃에서 성장이 가장 좋기 때문에 수온이 23℃ 이상 올라가면 먹이섭취량이 극히 저하하며, 25℃ 이상으로 상승하면 생리기능이 현저히 떨어진다. 따라서 고수온기에는 밀식 방지, 신선도가 저하된 사료 투여 금지, 망갈이와 선별 등은 실시하지 않아야 한다.

고수온이 장기간 유지될 때에는 사망률이 극히 높아지기 때문에 주의를 기울여야 한다. 가능하다면 여름철 고수온이 오기 전에 출하 가능한 크기는 판매를 하고, 사육 밀도를 낮추어 주어야 한다.

하계 고수온과 적조발생을 대비하여 산소발생기, 액화산소 등의 산소 공급장치를 갖추어 두는 안전하다.

여름철에는 사료를 과잉투여하지 말고 1일 포식량의 70~80% 정도를 공급하는 것이 좋으며, 공급하는 사료는 고온 또는 직사광선에 변패하지 않도록 주의하여 신선한 먹이를 공급하도록 해야 한다. 특히 하계 고수온기에는 산화가 빠르게 진행되기 때문에 동결사료의 해동은 가능한 한 빠른 시간 내에 끝내고 선도가 떨어지지 않도록 한다.

영양장애를 방지하기 위하여 종합비타민제를 사료에 1~3% 첨가하여 주는 것도 좋다. 먹이는 한낮의 최고 더운 시간에는 피하여 공급하도록 하여야 한다.

(3) 사육일지 관리

조피볼락 양성시 종묘구입처, 종묘구입일 및 종묘의 크기와 상태를 기록한 뒤 입식하고, 판매시까지의 매일의 날씨, 수온, 비중, 먹이종류 및 공급량 폐사마리수, 폐사원인 등 사육시 발생하는 모든 사항을 기록하여 비교 검토함으로서 차후의 양식시 참고자료로 이용할 수 있도록 해야 한다. 또, 병어나 이상개체가 발생하면 초기에 가까운 전문기관에 의뢰하여 적절한 처리로 피해를 최소화하여야 하며, 그 발병 원인과 예방 및 치료방법을 정확히 숙지 또는 기록하여 차후 같은 문제로 인한 피해가 발생하지 않도록 해야 한다.

자. 해상가두리 사육밀도별 현장 실험

해상가두리에서 조피볼락 사육밀도별 현장 실험은 여수 돌산 지선 해역에 있는 6×6×5 m 해상 가두리에서 2005년산 종묘와 2006년산 종묘를 대상으로 EP 사료(조단백질 42%, 조지방 8%, 조회분 17%, 조섬유 3% 함유)를 공급하면서 수행하였다. 2005년산 종묘의 경우 1차 실험은 2005년 11월 8일부터 2006년 4월 27일까지 171일간 평균 전장 13 cm, 평균 체중 38 g 크기로서 최초 입식밀도를 밀도구, 중밀도구, 고밀도구로 하여 각각 9,000마리, 13,000마리, 18,500마리씩 수용하여 실시하였고, 2차 실험은 2006년 4월 29일부터 12월 22일까지 238일간 평균전장 17.5~17.8 cm, 평균 체중 110~122 g 크기로서 입식밀도를 4,000마리, 7,000마리, 10,000마리로 조정하여 성장률 및 생존율을 각각 조사하였다. 2006년산 종묘의 경우 2006년 6월 29일부터 11월 28일까지 153일간 평균 전장 7 cm, 평균 체중 5.8 g 크기로서 최초 입식밀도를 저밀도구, 중밀도

구, 고밀도구로 하여 각각 10,000마리, 20,000마리, 30,000마리씩 수용하여 실시하였다.

(1) 2005년산 종묘의 사육 실험

(가) 1차 실험

1) 사육환경 및 사료공급

1차 실험기간동안 배합사료 공급일수와 사육수온은 표 4-6와 같으며, 2005년 11~12월까지는 최소 2일 간격으로 사료를 공급하였으나, 저수온기에는 4~5일 간격으로 사료를 한번씩 공급하였으며 2006년 1월의 최저 기온은 5.7℃를 나타내었다.

표 4-6. 2005년산 종묘의 사육밀도별 1차 실험기간의 사료공급일수 및 사육 수온

월 별	'05. 11월	12월	'06. 1월	2월	3월	4월
사료공급일수	23	14	7	6	11	8
평균수온(℃)	15.7±0.8	10.6±0.6	8.3±0.8	7.1±0.8	9.2±0.7	12.0±0.8
수온범위(℃)	13.9~17.3	8.2~13.7	7.3~9.5	5.7~8.0	7.9~10.3	10.3~13.6

2) 사육결과

2005년산 조피볼락 종묘의 사육 밀도별로 성장을 비교한 결과는 그림 4-5와 표 4-7에서 보는 바와 같이 실험어의 평균체중의 증가 배수는 저밀도구, 중밀도구, 고밀도구에서 각각 3.21배, 3.05배, 2.89배로 밀도가 낮을수록 어체의 성장이 빨랐으며, 일간성장률과 사료효율도 낮은 밀도구일수록 높았으나, 생존율은 사육밀도별로 차이가 거의 없었다.

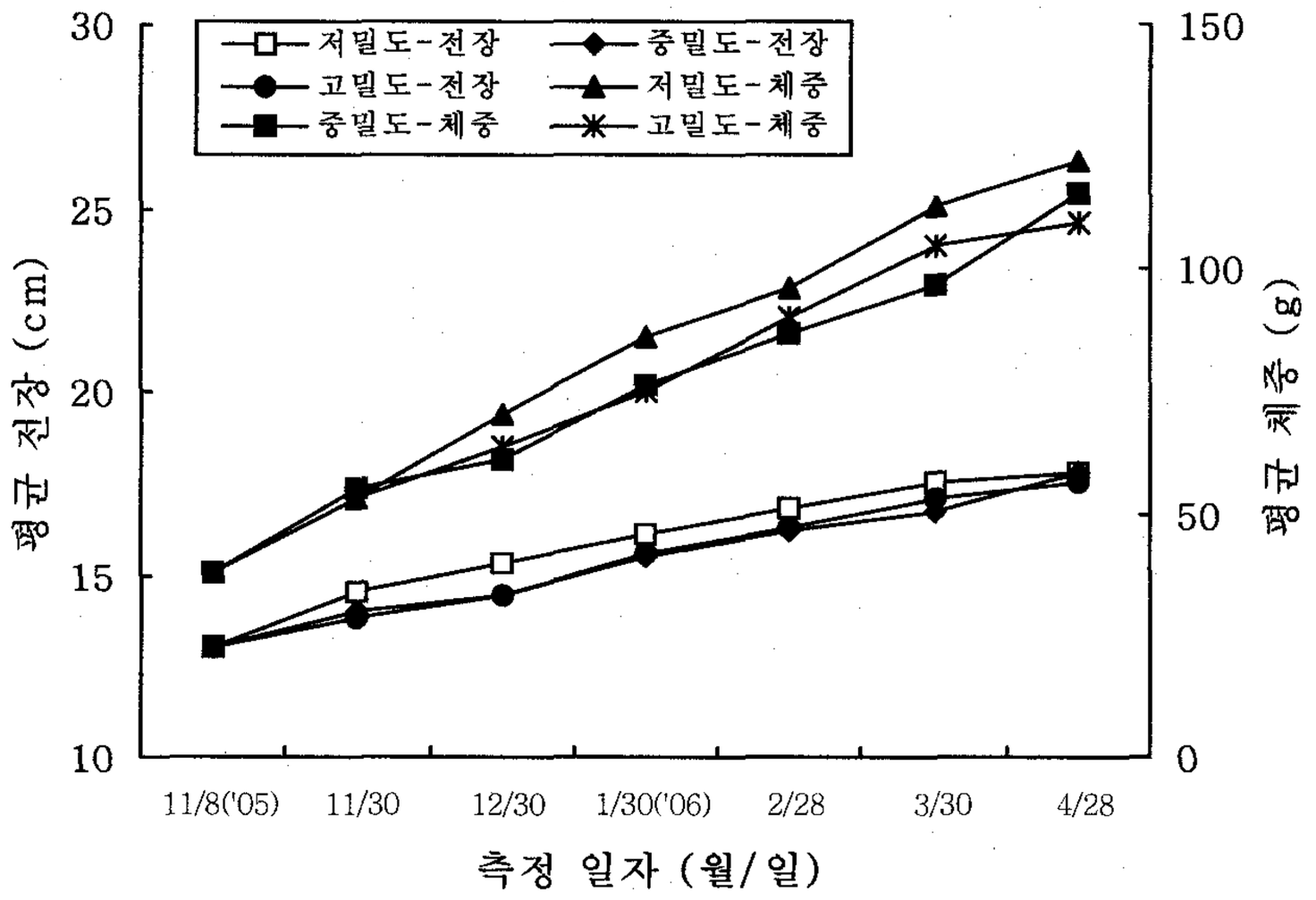


그림 4-5. 2005년산 종묘의 사육밀도별로 1차 실험기간 중의 전장 및 체중 변화.

표 4-7. 2005년산 조피볼락 종묘의 사육밀도별 1차 실험기간의 성장 결과 (2005. 11.8~2006. 4.27 : 171일간)

구 분		사육밀도		
		저밀도	중밀도	고밀도
실험 시작시	마리수	9,000	13,000	18,500
	평균전장 (cm)	13.1	13.1	13.1
	평균체중 (g)	38	38	38
	총중량 (kg)	342	494	703
	수용적당 중량 (kg/m^3)	2.7	3.9	5.6
실험 종료시	마리수	8,945	12,917	18,377
	평균전장 (cm)	17.8	17.8	17.5
	평균체중 (g)	122	116	110
	총중량 (kg)	1,091	1,498	2,021
	수용적당 중량 (kg/m^3)	8.7	11.9	16.0
생 존 율 (%)		99.4	99.4	99.3
사료총공급량 (kg)		708	1,074	1,507
폐사어 총중량 (kg)		4.4	6.4	9.1
일간사료공급율 (%)		0.58	0.63	0.64
일간성장률 (%)		0.61	0.59	0.57
사료효율 (%)		106.4	94.1	88.1

(나) 2차 실험

1) 사육환경 및 사료공급

2차 실험기간 중에 5월에는 2일 간격으로 사료를 공급하였으나, 6월부터 7월까지 수온 상승기에는 사료를 3~4일에 한번씩 공급하였고, 하절기인 8월에는 소량씩 2일에 한번씩 공급하였다(표 4-8).

표 4-8. 2005년산 종묘의 사육밀도별 2차 실험기간의 사료공급일수 및 사육 수온

월 별	'05 5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
사료공급일수	15	8	8	14	7	11	12	8
평균수온(℃)	15.6±1.4	19.7±0.7	21.3±0.9	24.0±1.4	24.2±1.4	21.7±0.9	16.6±2.1	12.4±0.5
수온범위(℃)	13.5~18.2	18.4~20.4	19.5~22.8	19.5~26.5	22.2~26.8	19.8~22.7	13.8~20.0	10.9~12.9

2) 사육결과

2차 실험기간 중 사육일수 경과에 따른 사육밀도별 평균 전장과 체중의 변화를 보면, 그림 4-6에서 보는 바와 같이, 저밀도구, 중밀도구, 고밀도구 순으로 성장이 가장 빨랐다. 하절기인 7~8월의 월간 성장을 살펴보면 7월에는 성장이 정체하였고, 8월에도 거의 성장하지 않았으나, 9월은 평균 수온이 8월과 비슷한 값을 나타내었지만, 수온이 낮아지는 계절적 특성으로 인해 성장이 빨랐다. 표 4-9에서 보는 바와 같이 실험어의 평균 체중의 증가 배수는 저밀도구, 중밀도구, 고밀도구에서 각각 2.43배, 2.34배, 2.31배로 저밀도구와 중밀도구는 차이가 거의 없었으나, 저밀도구가 사료효율과 생존율이 가장 높았다.

본 실험에서는 EP 사료만을 공급하여 사육하였는데, MP 사료만을 공급하여 사육한 다른 실험 결과와 비교했을시, 조피볼락의 성장이 느려 양질의 조피볼락 사료개발이 더욱 요구된다.

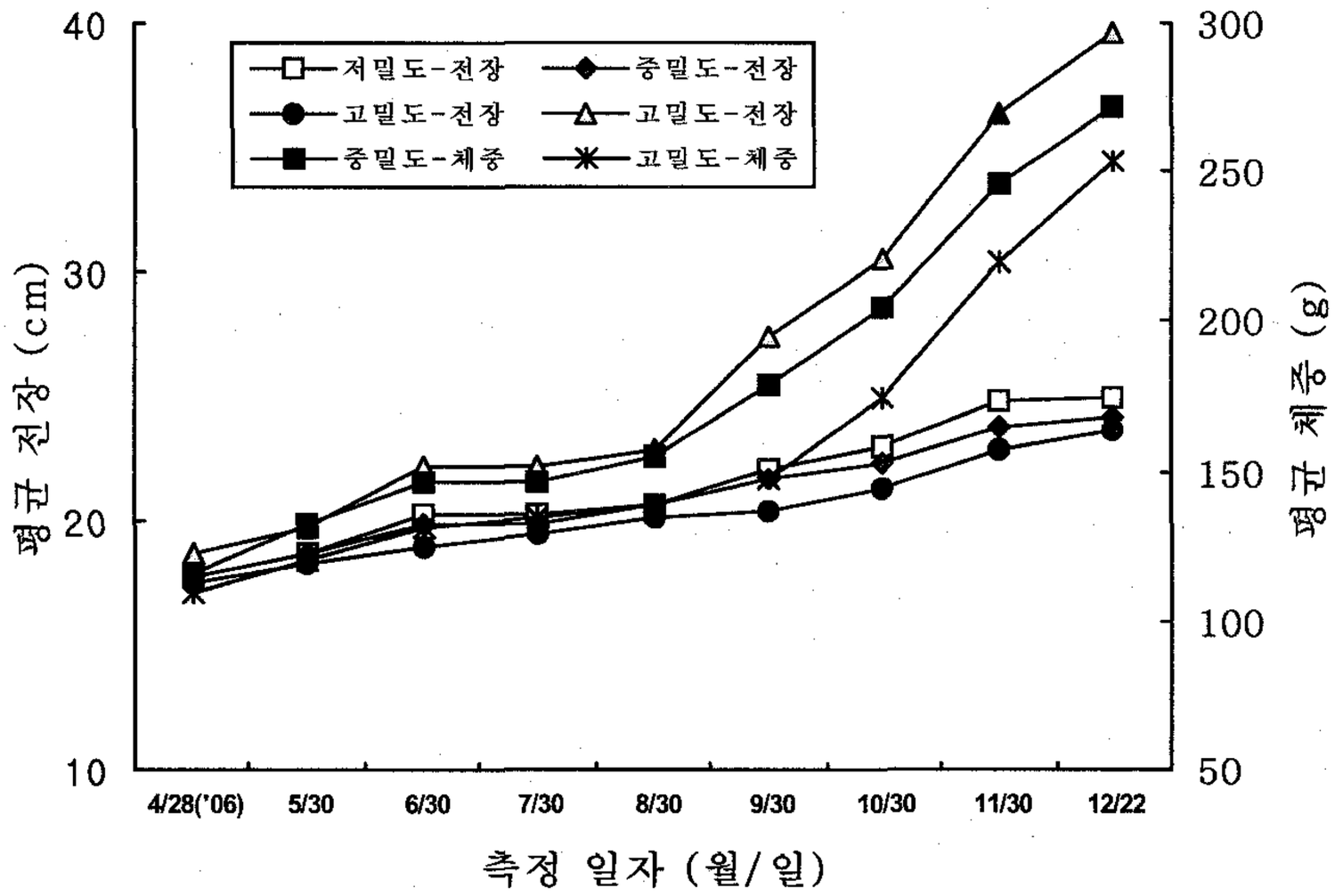


그림 4-6. 2005년산 종묘의 사육밀도별로 2차 실험기간의 평균전장 및 체중 변화.

표 4-9. 2005년산 조피볼락 종묘의 사육밀도별 2차 시험기간 동안 성장 결과 (2006. 4.28~2006. 12.21 : 238일간)

구 분		사육밀도		
		저밀도	중밀도	고밀도
실험 시작시	마리수	4,000	7,000	10,000
	평균전장 (cm)	17.8	17.8	17.5
	평균체중 (g)	122	116	110
	총중량 (kg)	488	812	1,100
	수용적당 중량 (kg/㎥)	3.9	6.4	8.7
실험 종료시	마리수	3,809	6,599	9,296
	평균전장 (cm)	25.0	24.1	23.6
	평균체중 (g)	297	272	254
	총중량 (kg)	1,131	1,795	2,361
	수용적당 중량 (kg/㎥)	9.0	14.2	18.7
생 존 율 (%)		95.2	94.3	92.7
사료총공급량 (kg)		975	1,657	2,263
폐사어 총중량 (kg)		40.0	77.8	128.1
일간사료공급율 (%)		0.300	0.328	0.342
일간성장률 (%)		0.210	0.210	0.210
사료효율 (%)		70.1	64.0	61.4

(2) 2006년산 종묘의 사육 실험

(가) 사육환경 및 사료공급

사육실험 기간동안 배합사료 공급일수와 사육수온은 표 4-10과 같았으며, 2006년 8~9월의 평균 수온은 24℃ 전후였다. 2006년산 종묘인 치어의 경우 2005년산 종묘인 미성어 크기와 달리 하절기인 7~9월에는 매일 사료 한번씩 사료를 공급하였다.

(나) 사육결과

2006년산 종묘의 사육밀도별 평균전장과 체중은 그림 4-7에서 보는 바와 같이 저밀도구는 성장이 중밀도구와 고밀도구에 비해 상대적으로 높은 경향을 나타내었다. 실험어의 평균체중의 증가 배수는 저밀도, 중밀도, 고밀도구에서 각각 7.06배, 5.22배, 5.63배로 중밀도구와 고밀도구는 차이가 거의 없었으나, 저밀도구는 성장률이 높았고, 일간성장률과 사료효율도 비슷한 경향을 나타내었으나, 생존율은 사육밀도별로 큰 차이가 없었다(표 4-11).

표 4-10. 2006년산 종묘의 사육밀도별 실험기간의 사료공급일수 및 사육수온

월 별	2006. 7월	8월	9월	10월	11월
사료공급일수	23	27	30	30	18
평균수온(℃)	21.3±0.9	24.0±1.4	24.2±1.4	21.7±0.9	16.6±2.1
수온범위(℃)	19.5~22.8	19.5~26.5	22.2~26.8	19.8~22.7	13.8~20.0

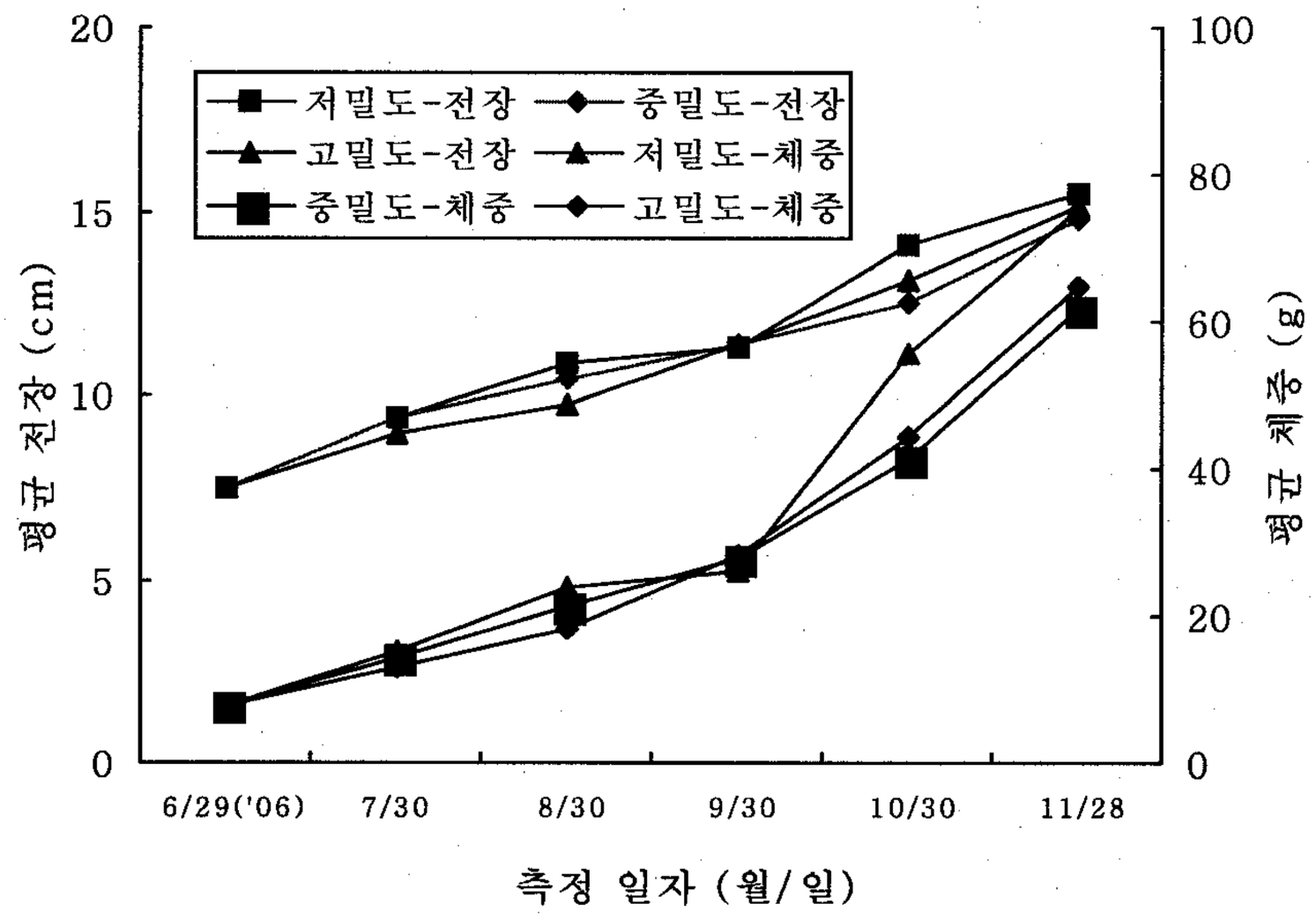


그림 4-7. 2006년산 종묘의 사육 밀도별 평균 전장 및 체중 변화.

표 4-11. 2006년산 조피볼락 종묘의 사육밀도별 성장 시험 결과 (2006. 6 29~2006. 11.28 : 153일간)

구 분		사육밀도		
		저밀도	중밀도	고밀도
실험 시작시	마리수	10,000	20,000	30,000
	평균전장 (cm)	7.5	7.5	7.5
	평균체중 (g)	7.9	7.9	7.9
	총중량 (kg)	79	158	237
	수용적당 중량 (kg/㎥)	0.63	1.25	1.88
실험 종료시	마리수	9,845	19,607	29,282
	평균전장 (cm)	15.5	14.8	15.1
	평균체중 (g)	75.4	61.7	64.9
	총중량 (kg)	742	1,210	1,900
	수용적당 중량 (kg/㎥)	5.89	9.60	15.08
생 존 율 (%)		98.5	98.0	97.6
사료총공급량 (kg)		446.6	825.9	1,234.5
폐사어 총중량 (kg)		6.5	13.7	26.1
일간사료공급율 (%)		0.218	0.253	0.239
일간성장률 (%)		0.327	0.327	0.327
사료효율 (%)		149.9	129.0	136.8

5. 영양 및 사료

가. 사료개발 현황

조피볼락 양식비용은 크게 종묘비, 사료비, 인건비 등 3가지로 크게 나눌 수 있으며, 이 중에서 사료비가 지역별 편차를 감안하더라도 평균 52%를 차지하기 때문에 양식비용 절감을 위해서는 사료비를 줄이기 위한 연구가 절실함을 알 수 있다. 현재, 조피볼락의 사육에 이용되고 있는 사료는 대부분 생사료이며, 연안 환경오염, 어자원의 남획, 어장축소 등 연안자원의 감소로 수급이 점차 어려워지고 있으며, 이는 가격상승의 직접적인 원인이 되고 있다. 또한 생사료는 그 종류 및 계절에 따라 영양성분이 불균형하고, 쉽게 산패 및 부패될 가능성이 높으며, 생사료의 관리를 위해 추가적인 부대시설 및 비용이 필요하기 때문에 조피볼락의 양식비용이 지속적으로 증가하고 있는 것이 현실이다(표 5-1). 앞으로 WTO/DDA, FTA 등 시장개방이 가속화 될 것으로 예상할 때 값싼 수입산 수산물은 지속적으로 증가할 것으로 판단되며, 조피볼락 양식업이 경쟁력을 갖추기 위해서는 양식비용 절감 및 품질향상을 위한 구체적인 대안 마련이 이루어져야 한다. 양식비용의 절감 및 품질향상을 위해서는 무엇보다도 생사료 대체를 위해 값싸고 품질 좋은 배합사료개발 연구가 이루어져야 하며, 양식시설의 현대화, 백신개발, 유전육종 등의 연구들이 뒤따라야 될 것으로 판단된다.

그러므로, 조피볼락을 치어기(50 g 이하), 육성기(40~150 g), 성어기(150 g 이상)로 성장단계를 구분하여 사료영양 연구 현황을 단백질과 아미노산의 중요성, 에너지 균형의 중요성, 미량영양소 연구(비타민, 미네랄), 사료원료 이용성 연구(어분대체, 첨가제)에 대한 연구결과를 고찰함

으로서 산·학·연이 배합사료에 대한 이해의 폭을 넓혀 서로 협력 관계에서 생사료에서 배합사료로 자연스럽게 전환될 수 있는 계기를 마련할 필요가 있다.

표 5-1. 생사료 종류별 일반성분 함량

어종	체중(g)	수분(%)	조단백질(%)	조지질(%)	조회분(%)
고등어	85.6	75.2	19.1	2.5	3.0
	408	65.1	18.5	13.8	2.5
전갱이	12.1	79.7	14.9	1.2	3.5
	33.8	72.1	19.4	5.4	2.6
정어리	13.9	74.0	19.2	3.2	3.2
	92.3	67.6	17.7	10.8	3.2

(1) 단백질(아미노산) 영양연구

단백질은 모든 식물과 동물체에 존재하며 아미노산들이 펩타이드 결합으로 연결되어 있는 복합유기물로 생체내에서 새로운 조직생성(성장과 번식), 효소, 항체, 헤모글로빈 등의 합성, 에너지원 등의 역할을 하며, 어류 체조성내 65%~75%(건물량 기준) 차지하기 때문에 가장 먼저 고려해야 할 영양소라고 할 수 있다. 조피볼락은 자연상태에서 어류, 새우류, 오징어 등을 포식하는 연안 정착성 육식성 어종으로, 이러한 생태에 기초하여 배합사료내에서 단백질원으로 어분, 새우분, 오징어간분이 많이 이용되고 있다(표 5-2). 하지만, 최근 들어 이러한 단백질원의 수급 불균형과 가격상승으로 식물성 단백질원인 대두박, 콘글루텐밀의 이용에 대한 많은 연구들이 이루어지고 있다. 단백질 요구량은 단백질이 아미노산으로 이루어져 있기 때문에 사료내 필수아미노산과 비필수아미노

산의 총량이라고 할 수 있으며, 어류의 단백질 요구량은 어체의 크기와 연령이 증가함에 따라서 감소한다고 알려져 있다. 조피볼락에 있어 단백질 요구량은 표 5-3에 나타내었다. 조피볼락 치어기에 있어 주단백질원으로 어분을 사용할 경우 단백질 요구량은 40% 내외, 정제사료원인 조피볼락 근육분과 카제인을 사용할 경우 50% 내외로 보고되고 있으며, 사료원에 따른 단백질 요구량의 차이는 사료원의 아미노산의 총량 및 아미노산의 이용율 등의 차이에 기인하는 것으로 판단되며, 배합사료 제작 시 이러한 점들을 감안해야 될 것으로 사료된다. 조피볼락 성어기에 있어 주단백질원으로서 어분을 사용할 경우 치어기와 유사하게 40%로 나타난 것으로 볼 때, 조피볼락의 단백질 요구량은 다른 어종에 비해 성장단계에 대한 편차가 적은 것으로 생각된다. 또한, 육성기 단백질 요구량 및 성장단계별 필수아미노산에 대한 연구는 아직 이루어져 있지 않아 이에 대한 연구가 필요한 실정이다. 앞으로 조피볼락 단백질 영양연구는 성장단계별 요구량 연구, 생산단가 절감을 위한 값비싼 사료원의 대체 연구 등 친환경적이고 경제성 있는 고효율, 저오염 배합사료 개발에 초점을 맞추어야 한다.

표 5-2. 단백질 사료원별 단백질 및 주요 아미노산 함량

사료원	국제사료 번호	건조중량 (%)	조단백질 (%)	아르지닌 (%)	히스티딘 (%)	라이신 (%)	메치오닌 (%)	시스틴 (%)
어분(청어)	5-02-000	92	72.0	4.54	1.65	5.57	2.08	0.74
새우분	5-04-226	88	39.9	2.35	0.90	2.17	0.82	0.59
오징어간분*	-	89	50.8	2.79	-	2.88	1.09	0.63
대두박	5-04-604	90	44.8	3.39	1.19	2.85	0.57	0.07
콘글루텐밀	5-28-242	91	60.7	2.02	1.31	1.11	1.63	1.20

* 연구소 실제분석치

자료: NRC (National Research Council), Nutrient Requirements of Fish, 1993.

표 5-3. 단백질 요구량

사육시기	크기 (g)	수온 (℃)	사육 기간	단백질원	평가 기준	요구량 (%)	비고
치어기	8～20	23.4±0.26	48일	어분	성장	40% 내외	Lee et al. (1993)
	7～24	19～22	8주	조피볼락 근육분 카제인	〃	50% 내외	Kim et al. (2001)
성어기	215～280	〃	48일	어분	〃	40% 내외	Lee et al. (1993)

※ 치어기 : 50 g 이하, 성어기 : 150 g 이상

(2) 에너지(단백질/에너지 비) 요구량

에너지는 생명체의 생존에 가장 기본적으로 요구되므로 양어사료를 배합하는데 있어 우선적으로 고려해야 할 것이 사료내 에너지 함량이다. 그러나, 실제적으로 단백질은 가장 비싼 에너지원이고 성장에 필수적인 영양소이기 때문에 적정한 단백질의 함량이 먼저 고려의 대상이 되며, 결과적으로 단백질과 에너지의 균형에 초점을 맞추게 된다. 이런 점에서 어류의 에너지 요구량은 단백질과 에너지비(단백질(mg)/에너지(kcal))로써 나타내는데, 사료의 에너지 함량이 단백질에 비하여 너무 적거나 또는 많아도 사육어의 성장에 지장을 줄 수 있으므로 단백질과 에너지 비는 항상 균형을 이루어야 한다. 어류의 적정 단백질에 대한 에너지 비는 대체로 81～113 mg/kcal 범위인데, 이것은 돼지나 가금류의

40~80 mg/kcal에 비해 현저히 높은 값임을 알 수 있다. 또한, 어류는 에너지원으로써 지질과 탄수화물에 비해 단백질을 우선적으로 이용함으로써 에너지원의 목적보다는 조직 합성을 위한 단백질 이용을 증진시키는 측면이 영양적, 환경적 및 경제적인 관점에서 중요하다. 즉, 단백질 함량에 비해 에너지가 부족한 사료를 먹이면 사육어는 유지에 필요한 에너지를 충당하기 위해 단백질을 분해하여 에너지원으로 사용하므로 단백질 효율이 낮아지고 성장도 저하시킬 뿐만 아니라 암모니아 생성으로 인한 과다한 질소 배설을 초래한다. 이와 반대로 에너지 함량이 너무 많으면 사육어의 사료 섭취량이 적어지고, 이에 따라 다른 필수 영양소를 충분히 공급받을 수 없게 되므로 성장이 저하된다. 뿐만 아니라, 사료의 에너지 함량이 지나치게 높을 때에는 어체내 지방이 과도하게 축적되어 식품으로서의 가치가 떨어진다. 이와 같이, 어류는 에너지원으로써 지질과 탄수화물에 비해 단백질을 우선적으로 이용함으로써 에너지원의 목적보다는 조직 합성을 위한 단백질 이용을 증진시키는 측면이 영양적, 환경적 및 경제적인 관점에서 중요하다.

조피볼락에 있어 단백질/에너지 비는 치어기에 대한 연구결과가 보고되고 있으며, 그 요구량을 표 5-4에 나타내었다. 적수온기인 19~22℃에서 조피볼락 치어는 사료내 단백질함량 50%, 지질함량 11%, 단백질/에너지 비 125 mg/kcal가 증체율 및 사료효율을 증대시킬 수 있으며, 저수온기인 13℃에서 조피볼락 치어는 사료내 단백질함량 47%, 지질함량 17%, 단백질/에너지 비 105 mg/kcal가 적당 할 것으로 사료된다. 이와 같이 수온에 따라 단백질/에너지 비가 달라질 수 있기 때문에 이에 대한 체계적인 연구가 이루어져야 한다. 현재 단백질/에너지 비에 대한 연구는 치어기에 치중하고 있기 때문에 육성기 및 성어기를 중심으로

이루어져야 될 것으로 사료된다. 또한, 대부분의 실험사료가 펠렛기를 이용한 사료 형태이기 때문에 상업사료 제조시 이용되는 익스투루더를 이용한 사료의 형태로 제작하여 실험하는 것이 실질적으로 연구결과를 산업에 이용 및 응용할 수 있다.

표 5-4. 단백질에 대한 에너지 비

사육시기	크기 (g)	수온 (℃)	사육 기간	단백질원	평가 기준	요구량 (%)	비고
치어기	7~24	19~22	8주	조피볼락 근육분 카제인	성장	단백질: 50% 지질: 11% 125 mg protein/kcal	Kim et al. (2001)
육성기	21~60	13	20주	어분, 육분, 콘글루텐밀, 대두박, 혈분, 우모분	〃	단백질: 47% 지질: 17% 105 mg protein/kcal	Lee et al. (2002)

※ 치어기 : 50 g 이하, 육성기 : 50 g 이상

(3) 지질(지방산) 영양연구

지질은 사료의 에너지원으로 단백질이나 탄수화물보다 에너지가가 높아 값비싼 단백질을 절약할 수 있는 중요한 에너지원일 뿐 아니라, 지용성 비타민의 전달체 역할을 하는 중요한 영양소이다. 또한 체내에서 지질과 지방산은 지용성 비타민의 흡수, 세포막 형성, 지방성 호르몬과 담즙 형성 및 체내 에너지 축적 등에 중요한 역할을 한다. 특히, 지질은 필수 지방산의 공급원으로 양식 대상종의 성장과 체내대사에 필수적인 역할을 하는 중요한 영양소이다. 특히, 지질은 필수 지방산의 공급원으로 양식 대상종의 성장과 체내대사에 필수적인 역할을 하는 중요한 영

양소이다. 그리고 고도불포화지방산은 생체막의 유동성 및 효소활성에 영향을 미치며, prostaglandin의 전구물질 등 그 역할이 매우 중요한 것으로 알려져 있다.

양식사료에서 많이 이용되는 지질원에는 어유, 아마인유 등이 있으며, 표 5-5에 나타내었다. 일반적으로 동물성 지질원인 청어유, 멸치유, 대구간유은 팔미트산과 같은 포화지방산은 낮고 EPA(Ecosa pentaenoic acid), DHA(Docosa hexaenoic acid)와 같은 불포화지방산의 함량이 높다. 반면에, 식물성 지질원은 지질원의 특성에 따라 다르게 나타났는데, 아마인유는 리놀렌산이 높고, 대두유 및 콘유는 리놀레산, 팜유는 포화지방산인 팔미트산이 높다. 해산어는 사람 및 담수어와 달리 필수 지방산으로 EPA, DHA 같은 n-3 계열 불포화지방산을 요구하는 것으로 나타로 주로 어유를 지질원으로 많이 이용하고 있다. 조피볼락에 있어서 필수지방산의 요구량을 표 5-6에 나타내었다. 20℃ 내외의 수온에서 조피볼락 치어는 n-3 HUFA(highly unsaturated fatty acid)를 1~1.5%를 요구하는 것으로 나타났으며, 반면에 조피볼락 성어는 1% 내외로 치어에 비해 낮은 요구량을 보였다.

현재, 조피볼락 배합사료를 생산하는데 있어 지질원은 대부분 어유로 n-3 HUFA가 높은 반면에 가격이 비싸며, 산화가 되기 쉬운 단점이 있다(그림 5-1, 5-2). 앞으로 정어리유, 명태유, 오징어유 등 비싼 어유를 대체할 수 있는 식물성 어유 및 어유대체품에 대한 연구가 우선 이루어져야 될 것으로 생각된다. 또한 이와 더불어 지질원이 산화되어 발생되는 지질과산화가 사료의 품질 및 어체에 미치는 영향을 조사하여야 앞으로 사료의 안정성을 확보하기 위한 사료의 품질관리에 대한 연구가 더욱 필요하다.

표 5-5. 동물성 및 식물성 지질원들의 주요 지방산 조성

지질원 종류		지방산의 종류 (%)					
		팔미트산	리놀레산	리놀렌산	EPA	DHA	n-3 계열 HUFA 합계
동물성 지질원	청어유	12.7	1.1	0.6	8.4	4.9	17.8
	멸치유	17.4	1.2	0.8	17.0	8.8	31.2
	대구간유	13.5	1.4	0.6	11.2	12.6	27.0
식물성 지질원	아마인유	5.3	12.7	53.3	-	-	53.3
	대두유	10.3	51.0	6.8	-	-	6.8
	콘유	10.9	58.0	0.7	-	-	0.7
	팜유	43.5	9.1	0.2	-	-	0.2

※ EPA : Ecosa pentaenoic acid, DHA : Docosa hexaenoic acid
※ n-3 계열 HUFA 합계: 이중결합의 위치가 ω-3에 있는 것 중에서 EPA, DHA 등 이중 결합수가 3개 이상인 것의 총합

표 5-6. 조피볼락에 있어 지방산 요구량

사육시기	크기 (g)	수온 (℃)	사육 기간	주지질원	평가 기준	요구량 (%)	비고
치어기	6-34	23.2±0.04	10주	오징어간유 대두유	성장	n-3 HUFA 1.2%	Lee et al. (1993)
	6-34	23.2±0.04	10주	오징어간유 대두유	혈청, 조직	n-3 HUFA 1.5%	
	5-23	21.3±0.7	6주	Lauric acid Oleaic acid Linoleic acid	성장	n-3 HUFA 0.9%	
성어기	130-190	21.1±0.05	8주	오징어간유 대두유	성장, 체성분	n-3 HUFA 0.94%	

※ 치어기 : 50 g 이하, 성어기 : 150 g 이상

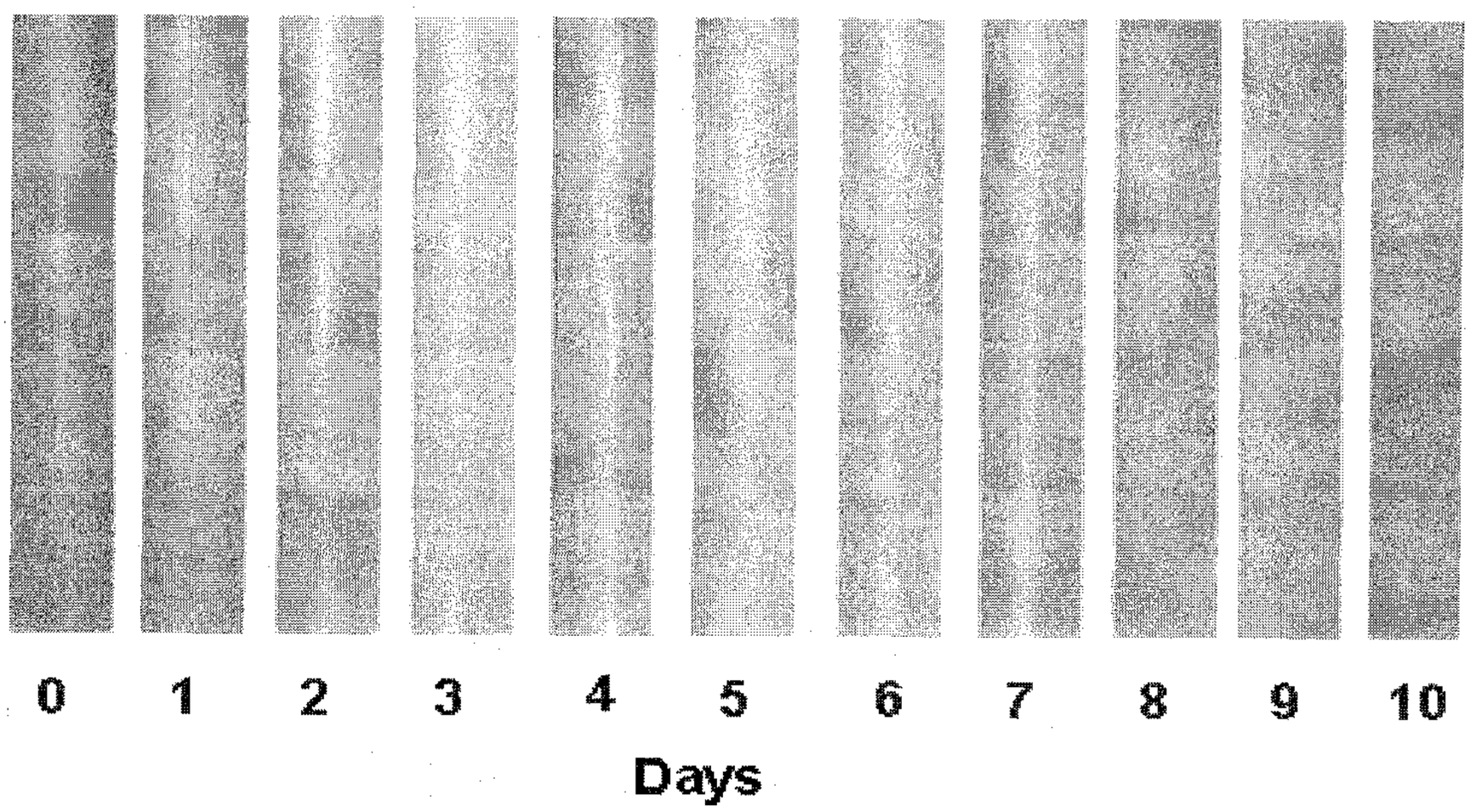


그림 5-1. 어유 강제산화에 의한 일간 색깔 변화.

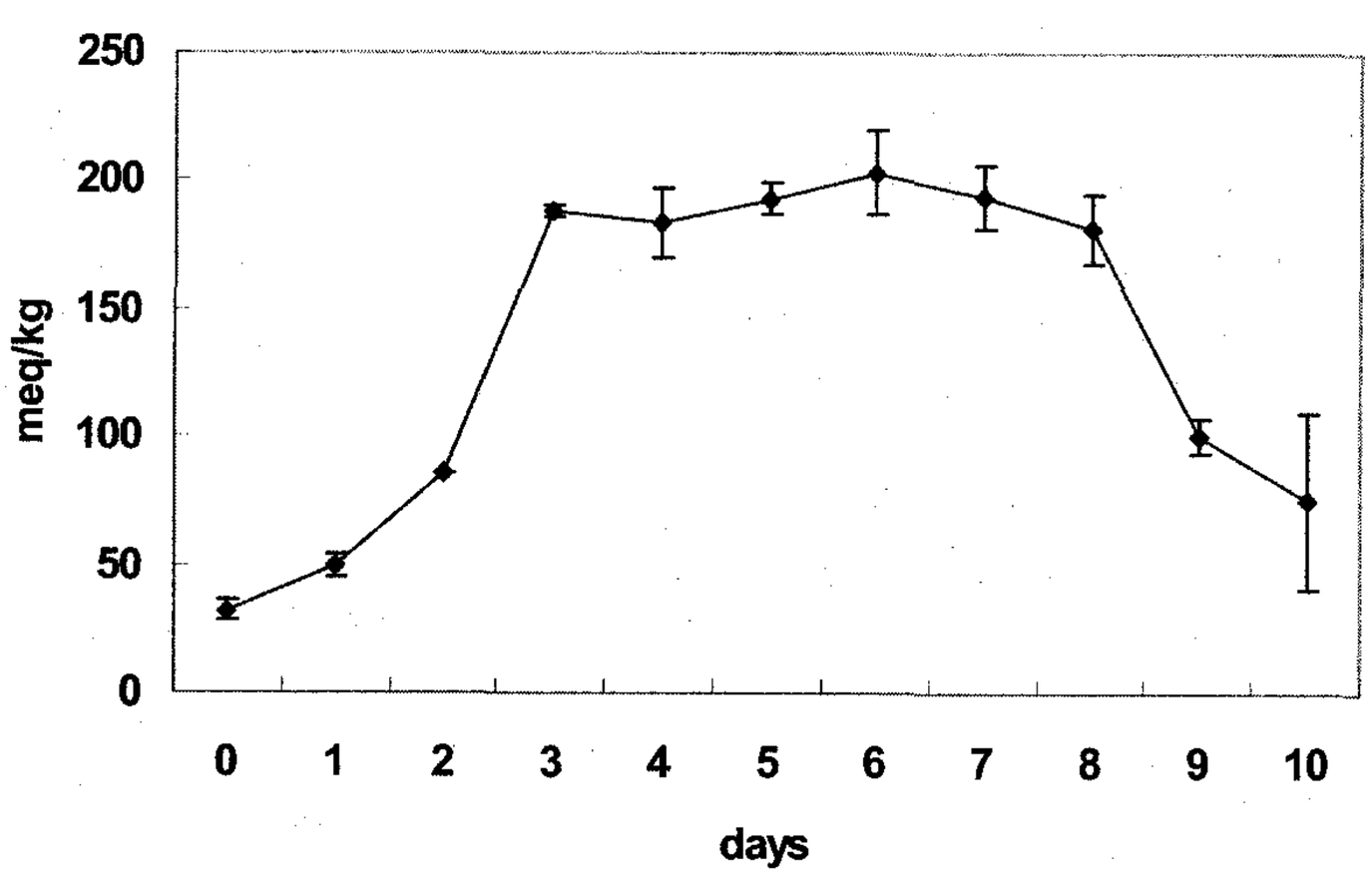


그림 5-2. 어유 강제산화에 의한 일간 과산물가의 변화.

(4) 비타민

비타민은 유기화합물로 정상적인 성장, 생식 및 건강을 위해 사료 중에서 미량이 요구되는 필수영양소로 지용성과 수용성 비타민으로 나뉘

어 진다. 지용성 비타민은 A, D, E, K가 현재까지 알려져 있으며, 체내에 저장되기 때문에 지속적인 공급이 불필요하며 주로 분으로 배출되는 특성을 지니고 있다. 반면에 수용성 비타민은 비타민 C와 비타민 B군으로 나누어지며, 체내에 잘 저장되지 않으므로 지속적인 공급이 필요하며 주로 뇨로 배출되는 특성을 가지고 있다. 일반적으로 어류의 비타민의 요구량은 어류의 크기, 종, 환경, 연령, 성숙단계 등의 요인들에 따라 다르다. 예를 들어 자어기 및 치어기의 경우 육성기에 비해 그 요구량이 높게 나타나며, 또한 같은 어체 크기에서도 스트레스나 질병과 같은 환경조건하에서는 정상적인 환경에 비해 3~10배 정도로 증가할 수 있다. 비타민의 공급이 요구량에 비해 부족하였을 경우 비타민 결핍 (Avitaminosis)이 나타나며, 과다하였을 경우 과비타민증(Hypervitaminosis)이 나타난다. 조피볼락에서 많이 이용되는 사료원들에 함유되어 있는 비타민조성을 표 5-7에 나타내었다. 대분의 사료원에 비타민 C를 제외하고 많은 종류의 비타민들이 함유되어 있는 것을 알 수 있다. 하지만, 식물성 사료원인 탈피대두박, 콘글루텐밀, 소맥에는 비타민 B12를 함유하고 있지 않기 때문에 이를 고려할 필요가 있다. 조피볼락에 있어 이러한 비타민에 대한 연구는 비타민 C, E, 콜린 등이 이루어져 있지만 나머지 비타민에 대한 연구는 아직 미비한 실정이다. 비타민 A(베타카로틴)는 정상적인 성장, 번식, 질병 감염에 대한 저항력 등을 위해 필수적으로 공급되어야 하는 영양소로서 최근에 와서 항산화제의 기능도 있는 것으로 보고되고 있다. 어류에 있어서 사료내 비타민 A가 결핍되었을 경우 성장부진, 높은 치사율, 눈의 손상, 빈혈 등이 나타난다고 보고되고 있다. 하지만, 아직 조피볼락에 대한 연구는 이루어지지 않아 향후 이에 대한 연구가 필요하다.

표 5-7. 주요 사료원들의 비타민 조성

사료원	비타민 종류									
	티아민 (mg/kg)	리보 플라빈 (mg/kg)	피리독신 (mg/kg)	판토텐산 (mg/kg)	니아신 (mg/kg)	폴산 (mg/kg)	비타민 B_{12} (㎍/kg)	콜린 (mg/kg)	바이오틴 (mg/kg)	토코페롤 (mg/kg)
어분 (청어)	0.4	9.7	4.77	17.3	85	0.30	430.0	5,266	0.49	22.1
육분	0.2	5.3	4.60	4.9	53	0.50	91.0	1,922	0.11	1.0
가금부 산물	0.2	10.5	4.41	11.1	47	0.51	301.2	6,020	0.09	2.2
탈피대 두박	3.1	2.9	4.9	14.8	22	0.7	-	2,753	0.32	3.3
콘글루 텐밀	0.3	2.0	6.9	3.5	60	0.30	-	352	0.19	23.4
소맥	4.5	1.3	3.0	10.1	53	0.4	-	1,004	0.11	11.1

※ 참고문헌: NRC(1993)

비타민 C(아스코르빅산)는 많은 대사작용에 중요한 역할을 할 뿐만 아니라 뼈, 아가미의 지지연골, 혈관, 표피, 지느러미 및 부상조직의 구성성분인 콜라겐의 합성, 항산화제 등 중요한 역할을 한다. 육상동물과 다르게 어류에서는 비타민 합성효소인 L-gulonolactone axidase이 결핍되어 있어 비타민 C를 합성을 할 수 없기 때문에 사료를 통하여 반드시 공급되어져야 한다. 만약, 비타민 C가 사료내 결핍될 경우 어류에서는 척추 변형, 상처회복의 지연, 외 및 내출혈과 지느러미 부식, 아가미 섬유 연골의 만곡 등이 나타난다고 보고되고 있다. 치어기 조피볼락에 있어서 사료내 비타민 요구량은 표 5-8과 같다. 비타민 C 공급원으로 L-ascorbic acid를 이용하였을 때, 비타민 C의 요구량은 사료내 65 mg/kg diet로 나타났으며, 비타민 결핍시에 척추측만과 척추전만현상이 나타났

다. 비타민 E(토코페롤)는 세포막과 지단백질에서 불포화지방산의 과산화형성을 방지하는 항산화제로서 주된 역할을 담당하므로, 어류에 있어 사료내 지질함량은 사료내 비타민 E의 함량에 영향을 미친다고 보고되고 있다. 만약, 사료내 비타민 E가 결핍되면 근섬유의 괴사, 심장부종, 탈색증, 빈혈, 암수 생식기관 병적현상 (수정률 감소), 지방간 등이 나타날 수 있다. 치어기 조피볼락에 있어서 사료내 비타민 E 공급원으로 L-α-tocopheryl acetate를 이용하였을 때, 비타민 E 요구량은 사료내 45 mg/kg로 나타났다. 콜린은 인지질과 같은 복합지질의 중요한 구성요소로서 불안정한 메틸 그룹의 공급원이며 아세틸콜린의 전구물질로서 지방대사에 관여한다. 또한, Phosphatidyl-choline(PC)은 세포막의 구성성분으로서 지방의 운송을 촉진한다. 이러한 콜린은 사료내 충분한 메틸기를 가지고 있는 메티오닌을 공급했을 때 동물의 간에서 콜린의 합성이 가능해진다. 하지만, 어류 치어기의 경우에는 성장에 필요한 콜린의 생합성이 부족하여 사료내 콜린의 첨가는 필수적이다. 치어기 조피볼락에 있어서 콜린요구량은 1,132 mg choline chloride/kg diet로 나타났다. 이와 같이 비타민은 사료내 미량 요구되지만 어류의 대사를 원활이 하는데 중요한 역할을 하기 때문에 반드시 사료내 첨가되어야 하는 영양소이다. 하지만, 일반적으로 비타민은 단가가 높기 때문에 사료내 적정함량만 첨가하는 것이 상업용 사료의 생산단가를 낮추는데 도움이 될 것으로 판단된다. 또한 비타민은 사료의 가공 및 보관시에 파괴 또는 반감될 수 있으므로 사료의 품질관리 차원에서 보관기간과 연관하여 연구가 진행되어야 될 것으로 사료된다. 또한 앞으로 각 사육시기별 연구되지 않은 비타민에 대한 요구량 실험과 실용적인 비타민 복합제에 대한 연구가 필요하다.

표 5-8. 조피볼락에 있어 비타민 요구량

사육시기	항 목	크기(g)	수온(℃)	사육 기간	평가 기준	요구량 (mg/1 kg diet)
치어기 (50 g 이하)	비타민 E 요구량	12~40	13~17	8주	성장	45 mg
	비타민 C 요구량 (L-ascorbic acid)	7~21	13~18	16주	성장	65 mg
	Choline 요구량	7~21	19±1.0	8주	성장	1132 mg

(5) 미네랄

미네랄은 어류의 골격구조형성, 전자전달, 산-염기평형조절, 삼투압조절의 역할을 할뿐만 아니라 호르몬과 효소의 중요한 구성요소로서 효소를 활성화시키는 역할도 가지고 있다. 어류는 육상 가축동물과는 달리 몇 종의 미네랄을 제외하고는 외부의 수중환경에서 대부분의 미네랄을 흡수할 수 있다. 일반적으로 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg), 나트륨(Na), 칼륨(K), 철(Fe), 아연(Zn), 구리(Cu) 그리고 셀레늄(Se)은 어류의 영양적인 요구량을 충족시키는 양이 수중으로부터 공급된다. 하지만 인과 황의 경우에는 수중내 그 함량이 적기 때문에 사료로부터 공급하는 것이 더 효과적이다. 조피볼락에서 많이 이용되는 사료원들에 함유되어 있는 미네랄 조성을 표 5-9에 나타내었다. 조피볼락에 있어 미네랄 요구량을 표 5-10에 나타내었다. 대부분의 사료원에 많은 종류의 미네랄들이 함유되어 있는 것을 알 수 있다. 하지만, 식물성 사료원인 탈피대두박, 콘글루텐밀, 소맥은 동물성 사료원에 비해 칼슘, 인 함량이 낮기 때문에 이를 고려할 필요가 있다.

표 5-9. 주요 사료원들의 미네랄 조성

사료원	미네랄 종류 (mg/kg)							
	칼슘 (%)	인 (%)	마그네슘 (%)	철 (mg/kg)	구리 (mg/kg)	아연 (mg/kg)	망간 (mg/kg)	황 (%)
어분(청어)	2.20	1.67	0.14	114	5.6	125	4.8	0.46
육분	8.27	4.10	0.27	441	9.70	80	9.5	0.50
가금부산물	3.51	1.83	0.18	442	14.1	121	11.0	0.52
탈피대두박	0.26	0.64	0.30	131	20.3	57	37.2	0.44
콘글루텐밀	0.30	0.44	0.14	229	5.6	125	4.8	0.46
소맥	0.04	0.37	0.12	35	5.1	35	30.4	5.1

칼슘과 인은 일반적으로 골격구조의 발달과 유지 및 생리학적인 과정에 중요한 역할을 한다. 이러한 칼슘과 인은 서로 상호작용을 통해 그 이용성이 달라지기 때문에 사료내 칼슘과 인의 적정비율을 맞추는 것이 매우 중요하다. 인은 어류에 있어서 사료의 형태로 공급되어야 하는 필수영양소로, 성장, 번식, 건강 등의 정상적인 생명활동 등 생물화학적 반응에 중요한 역할을 한다. 사료내 인이 결핍되면 성장부진, 뼈의 광물화 (bone mineralization), 체지방 증가, 혈액내의 인 수준 감소, 두부 기형 (frontal bone), 척추 만곡, 늑골과 가슴지느러미 연조내의 비정상적 석회화 등의 현상이 발생되어 어류의 성장을 저해시킬 수 있다. 하지만, 사료내 인이 과잉 첨가되면 조류의 성장을 촉진하여 부영양화를 야기시키는 원인이 되기 때문에 적정요구량을 첨가하는 것이 무엇보다도 중요하다. 치어기 조피볼락에 있어서 인요구량은 최대성장 위해 사료내 총인함량이 0.3%가 적합한 것으로 나타났다. 카제인을 기초로 한 사료에서 P, Ca, Zn, Mg, Fe, K, Mn, Se 중 하나만 결핍되더라도 조피볼락 치어의 성장이 감소하는 것으로 나타났으나, 어분을 기초로 한 사료의 경우에는 미네랄을 결핍시

키더라도 성장에 영향을 미치지는 않았다. 따라서 조피볼락 사료에서 어분을 주원료로 이용한다면 미네랄 결핍은 없을 것으로 사료된다. 미네랄의 경우에도 비타민과 마찬가지로 단가가 높기 때문에 사료내 적정함량만 첨가하는 것이 상업용 사료의 생산단가를 낮추는데 도움이 될 것으로 생각되며, 앞으로 미네랄 복합제에 대한 연구가 수행되어야 할 것으로 사료된다. 또한 상업적으로 이용되고 있는 미네랄은 화학제품이기 때문에 자연에서 얻을 수 있는 다시마분말, 약돌 등에 대한 연구도 필요하다.

표 5-10. 조피볼락에 있어 미네랄 요구량

사육시기	실험주제	크기 (g)	수온 (℃)	사육 기간	평가 기준	요구량
치어기 (50 g이하)	P, Ca, Zn, Mg, Fe, K, Mn, Se의 유무에 의한 영향(카제인)	4~2	17~3	10주	성장	한가지라도 부족하면 성장저하 (정확성은 떨어짐)
	P, Ca, Zn, Mg, Fe, K, Mn, Se의 유무에 의한 영향(어분)	4~5	20~23	10주	성장	어분 basis 인 경우 추가 필요는 거의 없을 것으로 사료됨
	인요구량	4-12	20±1.0	10주	성장	0.3%

(6) 어분대체 사료원

조피볼락의 사료 제작에 이용되는 사료원 중에서 단백질원은 가장 비용부담이 크다. 특히 어분은 높은 단백질 함량과 기호성으로 인해 조피볼락용 배합사료 뿐만 아니라 양식 사료에서 가장 많이 이용되어 온 사료원이다. 어분은 청어, 전갱이, 멸치류 등을 가공한 것으로, 우리나라에서 이용되는 어분은 칠레, 페루, 러시아 등으로부터 대부분 수입하고 있는 실정이다. 현재, 조피볼락을 포함한 해산어 양식업은 증가하고 있어,

어분의 수요 또한 증가할 것으로 예상되지만, 환경오염, 국제어업 환경 변화 등으로 어분에 이용되는 어업생산량이 정체 또는 감소 추세에 있다. 올해 어분 가격은 1톤에 1,500~1,800 $로 작년에 비해 거의 2배 가까이 증가하고 있어 앞으로 어분의 안정적 공급은 물론 가격상승으로 인한 경제적 손실은 불가피한 실정이다. 또한, 이러한 수급의 문제와 경제적인 문제 이외에도 어분에 포함된 과량의 인(3~5%)은 조류의 성장을 촉진하는 주요 성장인자로서 수계내 용존산소의 고갈이나 부영양화 등의 현상을 유발하여 수중생물에 유해한 환경적 영향을 초래하며 여름에 양식장의 자가 오염의 주원인이 되고 있어 어분대체 사료원 개발은 매우 시급한 실정이다. 그동안 어류영양학자들은 어분대체 단백질원으로 식물성 단백질원(대두박, 콘글루텐밀, 면실박, 채종박 등) 및 동물성 단백질원(오징어간분, 육분, 혈분, 우모분, 가금부산물 등)을 이용하여 어분을 부분적 또는 전체적으로 대체할 수 있는 연구를 수행하여 왔다. 특히, 식물성 사료원 중에서 대두사료원은 단백질함량이 40% 이상이고 아미노산 조성이 양호할 뿐만 아니라 가격이 어분의 약 1/5밖에 되지 않으며(1 kg에 약 300원), 공급이 안정적이고 인의 함량(0.5~0.8%)로 낮아 전 세계적으로 어분 대체원으로서 가장 많이 이용되고 있다. 조피볼락에 있어 어분대체사료원에 대한 연구를 표 5-11에 나타내었다. 조피볼락 치어에 있어서 대두박으로 단독 첨가시 어분단백질의 약 20%, 대두박에 아미노산 및 첨가제 추가시에는 30%까지 어분단백질을 대체할 수 있는 것으로 보고되고 있다. 그 외에 콘글루텐은 10%, 육골분은 10%, 육분,10%, 혈분 10%까지 단독첨가시 어분대체 효과가 있는 것으로 나타났다. 조피볼락 육성에 있어서 대두박의 경우 치어기와 마찬가지로 어분단백질의 약 20%, 대두박에 아미노산 및 첨가제 추가시에는 30%까지 어분단백질

을 대체할 수 있는 것으로 나타났다. 그 외에 면실박은 15%, 채종박은 5%까지 단독첨가시 어분대체 효과가 있는 것으로 나타났다. 이와 같이 어분대체원의 개발은 배합사료의 생산단가를 직접적으로 낮출 수 있는 방법이다. 하지만, 아직 조피볼락에 있어 치어기에 관한 연구로 국한되어 있으며 이 또한 침강 펠렛사료이기 때문에 현장 사료회사에 적용하는데 어려움이 있다. 따라서, 앞으로 조피볼락 사육시기별로 익스트루더 펠렛형태의 실험사료를 이용하여 어분대체 실험이 이루어진다면 직접적으로 양식사료의 생산단가를 절감하는데 도움이 될 것이다.

표 5-11. 어분대체사료원에 대한 연구

사육시기	항 목	크기 (mm, g)	수온 (℃)	사육기간	평가기준	대체율 (%)	비고
치어기	어분대체품 (6가지 단백질 사료원 혼합물) 이용가능성	25-50	15-19	16주	성장	25%+아미노산	
	대두박, 콘글루텐밀, 육골분, 육분 및 혈분의 대체수준	5.7-22	18-22	45일	성장	대두박 10% 콘글루텐밀 10% 육골분 10% 육분 10% 혈분 10%	Lee et al. (1996)
	백색어분과 갈색어분의 비교평가	5.7-22	18-22	45일	성장	백색어분이 우수함	
	탈피대두박 대체수준	2.5-17	23±1.5	8주	성장	단독 20%, 30+아미노산	
	면실박 및 채종박 대체수준	22-60	15-21	9주	성장	면실박 15%, 채종박 5%	
육성기	대두박 대체수준	23-62	15-21	9주	성장	단독 20%	
	탈피대두박 대체수준	21.5-80	21±0.05	12주	성장	단독 20% 30%+아미노산	
성어기	어분평가	86-185	11-18	21주	성장	갈색어분 100% 가장 좋음	

※ 치어기 : 50 g 이하, 육성기 : 50~150 g, 성어기 : 150 g 이상

(7) 사료원료 소화율

영양소 소화율은 사료원의 품질평가를 하는 가장 중요한 평가 방법이며, 어류에서는 그 생태환경 및 생리적 특성으로 인해 영양소 소화율 측정은 소화지시제인 Cr_2O_3를 사료에 혼합하여 간접적으로 소화율을 측정하는 방법이 많이 적용되고 있다. 영양소 중에서 단백질은 사료단가의 40~70%를 차지하는 중요한 영양소로서 필수아미노산의 공급과 비필수 아미노산의 합성을 위한 질소성분의 공급에 중요한 역할을 한다. 하지만 단백질의 부산물인 암모니아는 어류에 독성을 띠며, 수질오염을 야기시킬 수 있다. 인은 성장, 번식, 건강 등의 정상적인 생명활동과 호흡, 광합성, 근수축, 세포분할, 유전정보 전달 및 발효 등의 생물화학적 반응에 있어서 중요한 역할을 담당하는 영양소이며, 자연환경에 있어 담수와 해수내 인의 함량은 0.02~0.6 mg/L로 매우 낮게 분포하기 때문에 어류는 인을 사료의 형태로 공급 받아야 한다. 반면에 과잉이거나 소화율이 낮으면 위에서 언급했듯이 수질오염을 야기시킬 수 있다. 그러므로 사료원의 소화율 중에서 저오염 사료원을 개발하는데 있어 단백질과 인의 소화율은 매우 중요하다. 조피볼락 치어기에 있어서 9가지의 사료원에 대한 단백질 및 인 소화율은 표 5-12에 나타내었다. 단백질 소화율은 어분대체품인 BAIFA-M^{TM} 71%, 어분 88%, 조피볼락 근육분이 93%, 대두박 76%, 콘글루텐이 79%, 육골분 64%, 수지박이 72%, 혈분 59%, 가금부산물이 41%, 오징어간분 87%로 나타났다. 인 소화율은 어분대체품인 BAIFA-M^{TM} 67%, 어분 60%, 조피볼락 근육분이 76%, 대두박 13%, 콘글루텐이 22%, 육골분 28%, 수지박이 57%, 혈분 74%, 가금부산물이 53%, 오징어간분 73%로 나타났다. 어류에 있어 사료원의 소화율은 분수집을 해야 하므로 시간 및 비용의

표 5-12. 사료원의 영양소 소화율에 대한 연구

사육시기	항 목	크기 (mm, g)	수온 (℃)	사육 기간	사료원	사료원 소화율 (%) 영양소	%
치어기 (50g이하)	각 사료원의 단백질 및 인 소화율	3-15	19	6주	BAIFA	단백질	71
						인	67
					어분	단백질	88
						인	60
					조피볼락 근육분	단백질	93
						인	76
					대두박	단백질	76
						인	13
					콘글루텐	단백질	79
						인	22
					육골분	단백질	64
						인	28
					수지박	단백질	72
						인	57
					혈분	단백질	59
						인	74
					가금부산물	단백질	41
						인	53
					오징어간분	단배질	87
						인	73

부담이 매우 크다. 앞으로 어류의 사료원 소화율을 간편하고 실용적으로 할 수 있는 방법의 검색이 우선되어야 될 것으로 생각되며, 조피볼락 육성기 및 성어기의 각 사료원에 대한 소화율 평가가 이루어져야 될 것으로 사료된다.

나. 조피볼락 사료의 발전방향

조피볼락 양식에 있어 사료비는 생산단가의 약 50% 이상을 차지하기 때문에 사료영양 연구는 가장 중요한 부분이라고 할 수 있다. 하지만,

아직까지 거의 대부분의 양식장에서 생사료를 사용하고 있으며, 배합사료 사용은 부진한 실정이다. 앞으로 이러한 문제를 해결하기 위하여 산·학·연이 상호 협력 체제를 구축하여 양식어업인은 시험양식장을 제공하고, 사료회사는 연구기관에 협조하여 산·학·연 및 양식어업인이 신뢰 할 수 있는 배합사료의 품질평가를 현장양식장에서 실험을 통하여 결과를 도출하는 것이 가장 바람직하다고 생각한다. 이와 더불어 품질평가 이후에 사료도 식품이라는 생각으로 사료의 안정성 차원에서 품질관리 및 사양관리 표준화 연구가 이루어진다면 서로간의 신뢰를 회복하여 자연스럽게 생사료에서 배합사료로 전환할 수 있을 것으로 사료되며, 이를 통해 양식어업인은 편리하게 사료를 관리하고 양식비용을 절감할 수 있을 것으로 사료된다.

6. 질병과 대책

가. 개요

(1) 발병 원인 및 조건

조피볼락에 발생하는 질병을 발병 원인별로 구분하면 크게 3가지로 분류된다. 즉, 세균성질병, 기생충성 질병, 바이러스성 질병으로 나눌 수 있으며, 그 밖에 사료에 의한 영양결핍 또는 산패에 의한 영양성 문제에 의해서도 질병이 발생할 수 있고, 이들은 각각 독립적으로 또는 서로 연관되어 복합적으로 일어나는 경우가 많다.

질병이 발생하기 위해서는 첫째, 질병을 일으킬 수 있는 병원체가 있어야 하며, 둘째, 병원체가 증식하기에 좋은 환경이 조성되어야 하며, 사육어는 나쁜 수질환경이어야 하며, 셋째, 사육어는 병원균의 침입이 용이하도록 저항력의 약화 등이 조건이 있으며 이러한 조건이 복합적으로 갖추어질 때 질병이 발생된다.

(2) 질병의 발생요인

(가) 양식장 환경의 악화

고밀도 사육이나 사료의 과잉 공급으로 인해 수질이 악화되고, 이에 따라 어체는 건강이 나빠지며 항균력이 약해지는 반면, 병원균은 번식하기에 좋은 환경으로 된다.

(나) 보균어의 유입

어류 질병을 일으키는 대부분의 병원균은 전염성을 지니고 있으며, 한번 발생하면 대단히 빠른 속도로 확산 전염되는 경우가 많다.

종묘 도입 시 병원균을 보균하고 있는 어류를 양성장에 도입시킨다든가, 그 후 발병한 고기를 선별 시 다른 수조나 가두리로 옮기면 전체 어류에 병을 일으키는 경우가 종종 있다.

(다) 어체 건강도의 저하

사육 어류에 알맞지 않은 사료를 공급하거나 보관을 잘못하여 질이 저하된 사료를 공급하게 되면 어체 건강이 나빠지고 병원균에 대한 저항력이 약해져 소향의 병균 침입에도 견디지 못하고 발병이 된다.

관리상의 부주의나 선별시의 상처로 인하여 세균이 침입하여 어체의 건강이 저하되는 경우도 있다.

나. 질병발생시 진단요령

(1) 질병 진단 방법

(가) 설문지 조사

조사내용은 양식장에서 관리하고 있는 모든 사육환경, 사육 작업일지, 사육방법, 질병 발생시 발병 경과 사항 및 이력 등을 기록한다.

(나) 어군 진단

어류의 유영상태 및 행동, 어류의 색깔, 먹이 먹는 상태 등을 관찰한다.

(다) 개체 진단

병어를 채취해 외부 및 내부적 증상 등을 관찰하여 기록한 후 내부기관 조직을 해부하여 조직상태 등의 이상 유무를 판단한다.

(라) 배양

해부시 조직 이상으로 여겨지는 개체에 대해서는 배지 등을 이용하여 배

양한 후 원인균을 분리하여 둔다.

다. 주요 어병의 종류와 발병 시기

병원균도 다른 생물과 마찬가지로 증식에 알맞은 환경조건이 있으며 그중에서도 수온이 가장 큰 영향을 미치게 되므로 자연수온 상태에서는 각 질병종류별로 발병시기가 다르다.

최근에는 넙치를 연중 사육함에 따라 시기에 관계없이 발병하며, 새로운 질병들이 계속적으로 나타나고 있는 실정이다(표 6-1).

표 6-1. 주요 어류 질병의 종류와 주 발병 시기

구 분	종 류	주 발생 시기
세균성 질병	장관백탁증	종묘 생산 시
	활주세균증	3~9월
	비브리오병	연중
	에드와드병	고수온기(7~10월)
	연쇄구균증	연중
기생충성 질병	백점병	여름철(7~9월)
	트리코디나병	여름철(7~9월)
	스쿠티카병	연 중
바이러스성 질병	이리도바이러스병	종묘입식 후
	해산버나바이러스병	종묘입식 후
	바이러스성 출혈성 패혈증	종묘입식 후
	바이러스성 신경괴사증	종묘입식 후
	바이러스성 상피증생증	종묘생산 시
	림포시스티스병	종묘입식 후
	랍도바이러스병	저수온기

라. 조피볼락의 주요 질병

(1) 림포시스티스병

(가) 감염증상 및 원인

오래전부터 알려져 있는 바이러스성 질병으로 우리나라에서는 조피볼락에서 처음 보고된 이후 각종 해산어 및 담수어에 발병되고 있다. 최근 넙치, 참돔, 농어, 방어, 조피볼락 등 대부분의 양식어종에서 쉽게 발견될 정도로 널리 전국적으로 확산되고 있어 많은 피해를 주고 있다.

증상은 지느러미, 꼬리, 두부, 표피 등에 크고 작은 종양이 생겨 수포성의 세포 덩어리를 쉽게 확인할 수 있다. 종양은 흰색 또는 회색을 띠고 있으나 때로는 혈액이 유출되어 붉게 보이는 부분도 있다. 모세 혈관이 파열되어 2차적으로 비브리오균이 감염되면 전신적으로 패혈증이 생겨 폐사되는 경우도 있다.

이병의 원인 바이러스는 이리도바이러스에 속하는 정20면체의 DNA바이러스로서 입자의 크기는 숙주에 따라 다르면 바이러스의 감염경로는 정확하게 밝혀져 있지 않으나 입이나 상처를 통하여 감염된 경우가 많다.

외관적으로 간단히 진단되며, 지느러미나 체표에 백화된 부분이나 출혈된 부분을 자세히 관찰하면 많은 수포성 세포 덩어리를 볼 수 있다. 수포성 세포는 크기가 0.2~0.5 mm 정도로 환부의 생체표본에서 투명한 세포를 관찰할 수 있다.

(나) 치료 및 예방대책

림포시스티스병의 효과적인 치료법은 아직까지 알려져 있지 않다. 수온이 25℃ 이상으로 지속되는 여름철이 지나면 이 병은 치유되는 경우도 있으나 해상가두리에서는 연중 발생, 확산되고 있는 추세이다.

최근의 연구에 의하면 넙치에 백신처리 후 바이러스를 인위 감염시킨 결과, 처리하지 않은 대조구에 비하여 발병률이 낮은 것으로 나타나 백신 개발에 의한 예방대책을 마련할 수 있을 것으로 생각된다.

(2) 비브리오병

(가) 감염증상 및 원인

종묘를 해상 가두리에 옮긴 수 사육하면 1~2주일이 지난 후 대량 폐사한다. 비브리오병에 감염되면 오랫동안 만연하기 때문에 치료시기를 잘 선택해야 대량폐사를 줄일 수 있다. 이 때가 대략 6월 상순경으로 크기는 3~5 cm이며 수온은 16~20℃ 정도이다. 외부증상은 두부 이상이 주된 증상이며, 아가미 뚜껑의 발적이나 부어오름, 입 가장자리가 붉어지며 안구돌출, 백탁, 체측 근육부의 백탁 융기와 꼬리 자루 부위의 종창이나 출혈 등이 나타난다. 또한 두부가 팽창되고 백탁되며 약간 윤이 나므로 두부 전체가 종창된 느낌이며 두부에 심한 출혈도 관찰된다. 내부증상을 보면 진피와 피하조직, 근육조직, 결합조직에서 병원균이 증식되며, 각 내장에서도 증식되어 신장이나 비장이 비대해지며 신장의 조혈조직이나 비장 세포를 변성, 괴사시킨다. 따라서 조피볼락은 전신적인 패혈증으로 죽게 되며, 약제를 투여하지 않으면 90% 정도의 폐사율을 나타낸다.

조피볼락에 유행되는 비브리오병의 원인균은 *Vibrio ordalii* 이며, 그람음성 단간균이고, 독성이 강해 큰 피해를 입힌다. 이 균은 건강한 어체에는 감염되지 않지만, 운반이나 선별시의 스트레스나 체표에 상처가 나면 질병이 발생한다.

(나) 치료 및 예방대책

예방적인 측면을 고려하여 선별, 이동 또는 운반시에는 반드시 수산용 약제를 사용하여 약욕해야 하며, 환수량을 늘려주고 밀도를 낮추어 주는 것이 중요하다. 감염된 어체로부터 세균을 분리하여 약제감수성 시험을 실시한 후, 적정 항생제를 선정하여 경구투여하면 치료 효과를 충분히 거둘 수 있으며, 선정된 항생제를 용법에 따라 사료에 첨가하여 5일 정도 경구투여하면 효과가 나타난다. 병어의 발견이 늦어져 투약시기를 놓친 경우에는 치료효과가 나타나지 않는 경우가 있으므로 조기에 발견하여 치료하는 것이 매우 중요하다.

(3) 연쇄구균증

(가) 감염증상 및 원인

해상가두리에서 사육되는 조피볼락에 7월부터 10월에 걸쳐 연쇄구균증이 유행되어 지속적으로 폐사수가 증가한다. 외부증상은 안구돌출과 눈 가장자리의 출혈이 관찰되고, 아가미 뚜껑 내부에 출혈과 결절이 나타난다. 수온이 낮아지면 안구가 백탁되고 체색이 검게 되면서 체표 점액이 과다 분비된다. 또 한 각 지느러미가 붉어지면서 붕괴되고 탈락되며 복부가 팽만되며 해부하면 복수가 고여 있으며 뇌 충혈, 유문수, 간, 비장, 신장과 장에 염증성 출혈이 관찰된다. 이 질병에 감염되었을 경우 거의 모든 장기에서 연쇄구균이 쉽게 분리된다.

조피볼락 병어에서 분리되는 원인균은 그람양성인 *Streptococcus*속의 일종으로서 긴 사슬을 형성하는 β-용혈성이며 병원성이 강하고, 염분 농도 0.5%에서 가장 잘 자라며 1% 이상에서는 증식이 급격히 중지된다.

생사료로 투여하는 경우 이 균에 감염된 생사료가 고수온기에 직접

감염원이 되기도 한다. 봄에는 가두리에서 거의 연쇄구균증이 나타나지 않지만, 가을에 접어들면서 대부분의 양식 조피볼락에서 연쇄구균증을 접할 수 있다. 이와 같은 현상은 봄부터 가을에 이르는 긴 시일에 걸쳐 감염된 연쇄구균이 고수온기에 급격히 증가함으로써 장염을 유발시키고 나아가서 연쇄구균증으로 발병하기 때문이다.

(나) 치료 및 예방대책

연쇄구균증으로 진단되면 매일같이 그 폐사율이 증가하기 때문에 곧 치료해야 한다. 가두리 가장 자리에 많이 분포하고 있는 균이나 사료 중에 함유된 연쇄구균이 수온 상승에 따라 급격히 증식하기 때문에 장염이 일어나고 이러한 증상이 지속되면 폐사율이 높아진다. 따라서 약 7일간 절식시켜 장염을 치유하여 폐사율이 줄어들면 정상투여 사료량의 3분의 1정도 양에 약제를 혼합하여 투여한다. 연쇄구균증의 치료를 위해서는 병어에서 원인균을 분리하여 약제감수성 시험을 실시한 후에 효과적인 약제를 투여하면 피해를 줄일 수 있다. 25℃ 이상의 고수온기에는 그물 갈이 출하 등으로 인한 스트레스를 주지 않아야 하며 또한 사료의 양이나 횟수를 줄이고, 선도가 높은 생사료를 구입하여 투여하여야 한다.

(4) 활주세균증

(가) 감염증상 및 원인

가두리 양식장에서는 5~6월경 3~4 cm의 조피볼락 치어에 활주세균증이 발생하여 폐사를 일으킨다. 활주세균은 번식이 빨라 수일 만에 치어의 대량폐사를 초래하는 경우가 많다. 활주세균증은 봄과 가을에 많이 유행하지만 여름철에도 수온변화나 수질변화가 심할 때 쉽게 발병한다. 봄에

는 수온의 일교차가 커져서 조피볼락의 저항성은 떨어지고 활주세균의 번식은 활발해지므로 조피볼락의 상피세포를 공격해 쉽게 병소를 부식시킨다. 외부증상은 체색이 퇴색되거나 지느러미가 황백색으로 뿌옇게 변하면서 붕괴되는 증상을 보인다. 초기에는 체색이 검게 되고 힘없이 떠다니기도 한다. 이때 아가미 조직을 관찰하면 아가미에 활주세균을 관찰할 수 있다. 병이 진행되면 아가미는 황백색으로 변하면서 조직이 붕괴되고 괴사되기도 한다. 후기에는 꼬리지느러미가 백탁되면서 부분적으로 탈락된다. 이와 같은 병어가 한 두 마리 발견된 후 5~6일이 지나면 대량폐사하게 되며, 밀식해서 사육하였을 경우나 선별 후에 주로 발생한다.

이 질병의 원인균은 *Flexibacter maritimus*로 그람음성 장간균이며 환부의 조직을 현미경으로 관찰하면 10~20 ㎛의 긴 간균이 모여 있는 것을 볼 수 있다. 병원균은 15~20℃ 범위에서 가장 잘 자라지만 보다 낮은 수온에서도 서서히 증식하여 병을 일으킨다.

(나) 치료 및 예방대책

활주세균증에 대한 치료효과를 높이기 위해서는 사육밀도를 낮추어 주어야 하며 종묘의 경우 다른 곳으로 운반하거나 가두리로 옮길 때에는 항생제 등으로 약욕처리를 해야 한다. 운반 후 사육수조에서 발병한 경우에는 약제감수성 시험을 한 후에 효과적인 약제로 약욕과 경구투어를 병행하는 것이 바람직하다.

가두리에 나가기 전 치어 때에는 수조 내에서 사육하기 때문에 약욕으로 치료가 가능하다. 중증인 경우 약욕만으로는 치료하기 힘들기 때문에 OTC를 어체중 1 kg당 200 mg 용량으로 먹이에 첨가하여 수 일간 경구투약하면서 약욕하면 된다.

(5) 선회병

(가) 감염증상 및 원인

선회병은 조피볼락 치어에 특이적으로 발생하는데 감염된 치어는 머리의 뇌부분이 붉게 발적되고 수면 위를 빙빙 돌다가 폐사한다고 하여 선회병이라고 불리워졌다. 1차 발병은 크기가 1.5~2.0 cm 시기에 일어나며 2차 발병은 크기가 4.5~5.0 cm 시기로 육상수조에서 관찰해보면 간 실질세포가 위축되고 부분적으로 괴사되었으며 신장의 세뇨관 상피세포의 심한 괴사, 신장 조혈조직의 출혈이 관찰된다. 또 장내 융모가 배열을 구분할 수 없을 정도로 심하게 괴사되었으며, 붕괴된 융모부분에 미립자 사료와 구균이 혼재되어 있다.

선회병의 원인균은 그림양성 포도상구균인 *Staphylococus epidermis*로서 이 균은 공기, 토양 및 인체의 피부에 존재하지만, 해수에서는 거의 존재하지 않는다. 따라서 감염경로를 살펴보면 공기중이나 사람의 손에 붙어 있는 원인균이 사료에 부착되어 이것을 먹은 조피볼락 치어의 소화관에서 뇌조직으로 침입하여 뇌조직의 평형 및 중추신경에 손상을 주어 선회하면서 폐사하게 하는 것으로 추정된다.

(나) 치료 및 예방대책

이 병은 일차적으로 소화관에 감염되어 그 기능을 떨어뜨리므로 질병 발생시 3일 가량 굶겨 소화관의 기능을 회복시킨 후 치료약제를 투여하는 것이 바람직하다. 치료약제의 투여방법은 종묘배양장에서 크람블이나 펠렛을 투여할 경우 투여사료의 5~10%에 해당하는 신선한 어유에 약제를 현탁한 후 사료와 잘 버무려 약제가 사료표면에 잘 흡착되도록 그늘에서 말린 후 투여한다. 가두리에서 선어사료를 투여할 경우 선어

분쇄어육과 약제를 고루 혼합한 배합사료가 1:1로 되게 잘 섞은 다음, 약제 유실 방지를 위하여 점결제를 0.2% 정도 첨가하는 것이 좋다. 약제사료의 투여량과 투여횟수는 약제의 체내농도를 높이기 위하여 평소 사료 투여량의 50~70%, 그리고 투여횟수도 1일 1회가 바람직하다. 이병을 예방하기 위해서는 조피볼락 치어에 사료 투여시 손, 신발 등을 소독한 후 투여하는 것이 좋으며, 투여하고 남은 사료를 개봉, 방치할 경우 공기 중의 원인균이 사료에 부착되기 때문에 남은 사료는 잘 밀봉하여 내장 보관하는 것이 효과적인 예방대책이다.

(6) 아가미흡충병

(가) 감염증상 및 원인

9~10월 남해안 해상가두리 양식장에서 사육되는 조피볼락이 체색이 검어지면서 쇠약해지고 유영력이 저하되는 것을 종종 볼 수 있다. 이들 병어는 체표나 아가미에 점액이 과다 분비되고 상피세포의 증식이 일어나며 빈혈이 나타나고 호흡기능이 저하된다.

조피볼락의 아가미에 기생하는 이 기생충은 단생충류 (Monogenea)에 속하는 아가미흡충 (*Microcotyle sebastis*)으로서 대칭인 충체와 비대칭 후고착기, 파악기로 이루어지고 있다. 충체의 길이가 1.2~2.9 mm이며 파악기와 정소의 수가 40~46개 및 23~29개이며 육안으로 갈색을 나타낸다. 이 기생충은 해상가두리에서 사육되는 조피볼락의 아가미에 기생하면서 어류의 혈액을 먹기 때문에 어류의 아가미 상피조직이 붕괴되고 박리된다. 또한 출혈과 부식 및 유착을 수반한 심한 염증으로 빈혈을 유발하며 병소를 통한 2차 감염이 일어난다.

(나) 치료 및 예방대책

조피볼락 아가미에 기생하는 *Microcotyle sebastis*충에 의해 발생되는 이 질병은 육상 수조 양식장에서의 발생 사례는 힘들고 주로 남해안의 해상 가두리 양식장에서 수온 상승기인 3~5월과 수온 하강기인 9~10월에 많이 유행하는데 특히 수온 하강기에 큰 피해를 주는 경우가 많다. 수온이 상승하기 시작하는 봄철에는 이 흡충이 조피볼락에서 검출되었으나, 고수온기인 6~7월에는 검출되지 않다가 9~10월에는 70~80%나 검출되므로 유행지에서는 9월과 10월에 주기적인 가두리망의 청소와 교체가 필요하다. 가두리에서 사육되는 조피볼락은 약욕하기는 힘들 뿐만 아니라 효과도 기대하기 힘들다. 그러므로 치료효과를 높이기 위해서는 감염어 (아가미 당 충체 100마리)에 어체중 1 kg당 프라지콴텔 200 mg을 감염 정도에 따라 3회 격일 경구 투여하여야 한다.

(7) 클라벨라충

(가) 감염증상 및 원인

겨울철 저수온기의 해상가두리에서 사육중인 조피볼락의 지느러미 끝에 기생성 요각류인 클라벨라충이 종종 발견된다. 이 기생충은 암컷이 조피볼락의 지느러미와 체표에 부착, 기생하나 직접적인 병해는 일으키지 않는다. 그러나 지느러미 연조에 단단하게 부착한 기생충은 기생부우에 점액을 과다 분비시키게 하고 그 결과, 2차 감염을 유발하며 림포시스티스병 또는 연쇄구균증 등과 함께 복합감염증을 일으키게 한다. 조피볼락의 지느러미에 기생하는 이 요각류는 클라벨라충 (*Clavella* sp.)으로서 두흉부(2.7~2.9 mm), 알 주머니(2.4~3.2 mm)로 이루어져 있으

며, 두 흉부는 원통형의 긴 팔(2.6~2.8 mm)과 그 융합된 끝에 컵 모양의 부착기(bulla, 0.06 mm)가 있다. 몸통은 통통한 절구통 모양이며 알주머니는 방망이 모양으로 속에는 알이 여러 줄로 채워져 있다.

(나) 치료 및 예방대책

이 병의 원인충인 클라벨라충의 생활사를 살펴보면 수온 14℃에서 포란성체는 약 3~5일 만에 알을 방출하며, 방출된 알은 1~2시간 후에 배 발생단계를 거쳐 노플리우스 유생으로 부화한다. 이후 1~2시간 만에 탈피한 후 다시 수 시간 만에 코페포다 유생으로 변태하여 조피볼락에 기생하게 된다. 이 기생충의 감염은 3~5월에 100%의 감염률을 나타내며 수온 상승기인 6~7월에는 감염률이 70~50%로 감소되고 고수온기인 8월에는 검출되지 않는 경우도 있다. 따라서 조피볼락은 저수온기에 체력이 약해져 저항력도 약해 클라벨라충이 쉽게 부착하게 된다. 이 기생충에 의한 직접적인 피해는 크지 않으나 이 충에 의한 2차 감염에 의해 피해가 발생되는 경우가 많다. 현재까지 유효한 약제가 개발되지 않아 직접적인 구제가 어려우나 이 기생충의 생활사를 이용하여 감염형인 코페포다 유충의 침입을 막아주어야 한다. 따라서 질병 유행기인 저수온기에는 주기적인 망 교체를 하며 밀식을 피해야 한다.

(8) 황지증

(가) 감염증상 및 원인

황지증은 1~2년에 걸쳐 장기간 가두리에서 사육되는 어류에서 쉽게 관찰되는 질병으로 어체의 근육부가 황색으로 변하는 증상을 나타낸다. 지방이 황갈색이나 황적색으로 변해 내장, 복강에 유착되는 것이 특징적

이며, 두개골 내 지방도 황색으로 변해 두부골격이 괴사되어 외부로 퍼지기도 한다. 이와 같은 경우 두부 표피가 파열하는 경우도 있다. 일반적으로 이 병에 의한 폐사율은 그다지 높지 않으나 체력이 약해지고 힘없이 유영하며 먹이를 잘 먹지 않는다. 병리조직학적 관찰에 의하면 간실직조직이 암갈색 색소에 의하여 침착되고 괴사된 부분이 관찰된다.

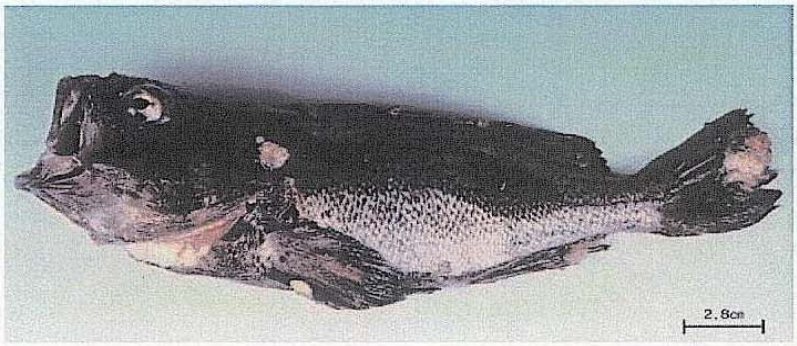
방어에 있어서는 저수온기에만 나타나는 병이지만 조피볼락에서는 지방산을 지닌 사료를 투여했을 때 발생되는 질병으로 추정되고 있다. 원인은 사료가 변질되어 생산된 지방산에 의한 중독이다. 변패된 사료를 투여하면서 정기적으로 해부하여 관찰하면 지방 변색이 진행되어 가는 것을 관찰할 수 있다. 이 질병은 변패된 사료를 먹은 후 증상이 바로 나타나는 것이 아니라 15~20일 후에 증세가 나타나며 폐사되기 시작하면 폐사량이 지속적으로 증가하게 된다.

(나) 치료 및 예방대책

황지증에 대한 특별한 치료방법은 없으므로 선도가 높은 생사료를 투여하는 것이 가장 좋은 예방법이다. 황지증은 산화된 생사료가 장관에 흡수되어 비타민 E를 소모함으로서 지방세포가 변성, 붕괴되어 유발되는 질병이므로 예방을 위해서 산패된 사료를 투여하지 않아야 하며, 산패가 우려되는 사료를 투여할 시에는 비타민 E를 충분히 첨가하여 조피볼락 복강조직의 비타민 E량을 높이고 과산화물치(POV)를 낮추어야 한다. 특히 야외 가두리 작업 시 생사료에 직접적으로 태양광선이 쬐지 않도록 그물이나 천막 아래서 작업을 하여 사료의 변질을 예방하는 세심한 주의가 필요하다. 그리고 글루타치온을 2주일간 연속 투여하면 간기능 개선에 도움이 된다.

〈 조피볼락 주요 질병 〉

림포시스티스병



지느러미 및 체표에 궤양형성

비브리오병

아가미 퇴색 및 주둥이 주변 충혈

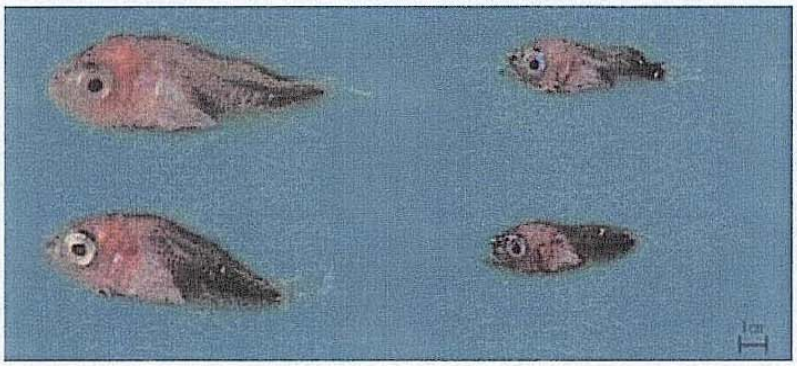
연쇄구균증

간의 염증성 출혈

활주세균증

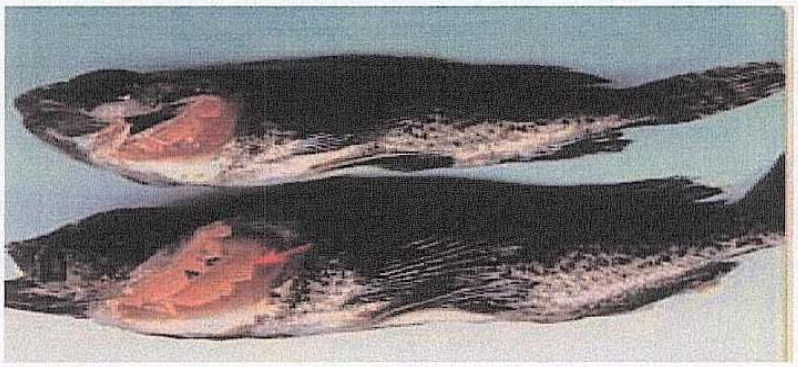
아가미 부식 및 결손

선회병



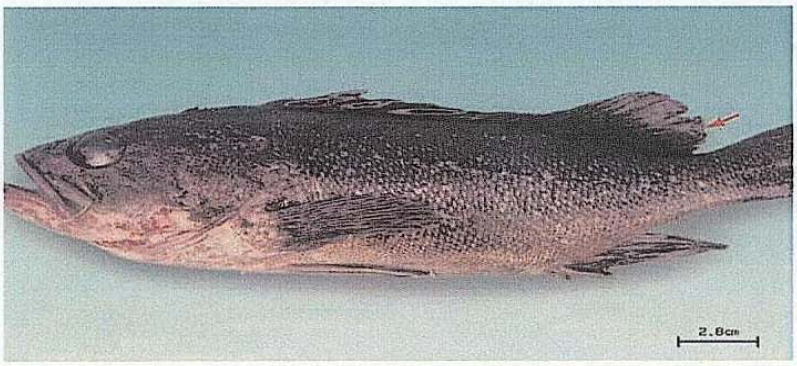
뇌의 발적

아가미흡충병



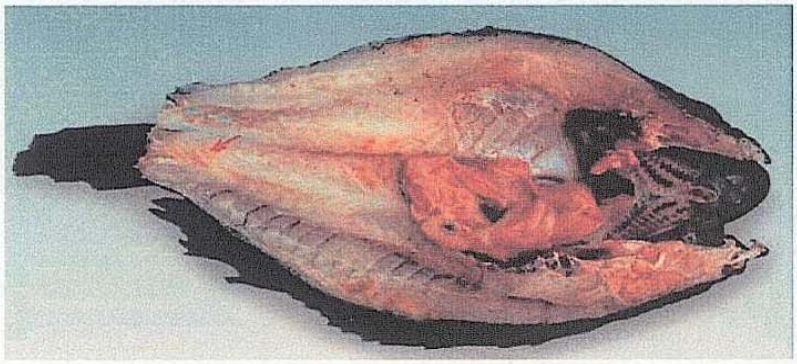
아가미조직의 결손 및 부식

클라벨라병



지느러미에 클라벨라 기생으로 인한 부식

황지증



근육, 내장, 뇌 등에 황갈색 지방유착

7. 해상가두리 조피볼락 양식 경제성 분석

가. 목적

(1) 경제성 분석 개요

해산어류 양식업에서 넙치 다음으로 중요한 위치를 점하고 있는 조피볼락을 대상으로 동·서·남해안 해상가두리 양식장의 경영실태를 조사하고, 이를 이용하여 지역별·규모별로 비용구조분석, 수익성분석, 민감도분석 등을 시도하고, 이를 표준화함으로써 보다 정확한 조피볼락 양식의 경제성 평가를 위해 2006년 3월부터 11월까지 경제성 분석을 실시하였다.

(2) 주요 분석 내용

해상가두리 조피볼락 양식의 경제성 분석을 위해 다음의 사항을 조사하여 분석하였다.

- 지역별·규모별 해상가두리 조피볼락의 경영실태 조사
- 지역별·규모별 비용구조분석과 소득분석
- 지역별·규모별 표준양식원가 추정
- 지역별·규모별 수익성 분석 및 경제성 분석
- 민감도 분석 및 양식소득 향상 방안 모색

나. 경영실태 조사

(1) 조피볼락 양식 현황

우리나라의 2004년말 지역별 해상가두리식 조피볼락 양식 현황을 보면 표 7-1과 같다.

표 7-1. 조피볼락 해상가두리 양식 현황

구 분		양식장 수 (개소)	양식장 구성비 (%)	양식 면적 (㎡)	양식면적 구성비(%)	사육량 (천마리)	사육량 구성비(%)
전국		**2,079**	**100.0**	**1,168,676**	**100.0**	**235,516**	**100.0**
충남	계	344	16.5	147,080	12.6	24,259	10.3
	보령	149	7.2	51,070	4.4	4,921	2.1
	서산	45	2.2	13,210	1.1	2,025	0.9
	홍성	34	1.6	10,257	0.9	711	0.3
	태안	105	5.1	67,863	5.8	16,067	6.8
	당진	11	0.5	4,680	0.4	536	0.2
전남	계	978	47.0	708,112	60.6	78,206	33.2
	여수	504	24.2	133,254	11.4	39,753	16.9
	고흥	12	0.6	39,422	3.4	2,330	1.0
	함평	1	0.0	1,470	0.1	200	0.1
	완도	142	6.8	169,009	14.5	10,867	4.6
	진도	12	0.6	11,294	1.0	782	0.3
	신안	307	14.8	353,664	30.3	24,275	10.3
경북	계	28	1.3	41,704	3.6	12,140	5.2
	포항	22	1.1	29,568	2.5	7,907	3.4
	경주	3	0.1	8,568	0.7	3,295	1.4
	영덕	1	0.0	1,000	0.1	188	0.1
	울진	2	0.1	2,568	0.2	750	0.3
경남	계	723	34.8	265,586	22.7	119,483	50.7
	통영	515	24.8	168,086	14.4	71,375	30.3
	사천	11	0.5	2,894	0.2	1,070	0.5
	거제	82	3.9	60,573	5.2	30,221	12.8
	고성	3	0.1	2,944	0.3	499	0.2
	남해	78	3.8	24,550	2.1	11,295	4.8
	하동	34	1.6	6,539	0.6	5,026	2.1
기타	계	6	0.3	6,194	0.5	1,428	0.6

※ 자료 : 해양수산부(2005.12) 행정자료(조사는 2004년도 1년간이며, 발표시기는 2005년 말임).

(2) 조피볼락 양식업체 실태 파악을 위한 현장 조사

남해안과 서해안에서는 표층 해상가두리 조피볼락 양식업체를 중심으로 현장 탐문하여 경제성 분석 항목을 조사하였으며, 동해안에서는 중층침설식 해상가두리 양식업체를 대상으로 조사하였다. 또한 남해안과 서해안에 있는 종묘생산업체도 조사하였다.

조사방법은 양식 현장에서 해당업체의 경영자와의 인터뷰를 통하여 경영 자료를 수집하였다.

현장 조사한 양식업체 수는 표 7-2와 같다.

표 7-2. 현장 조사 양식업체 수

	동해안	남해안 (거제·통영)	남해안 (여수)	남해안 (완도)	서해안 (흑산도)	서해안 (홍성·태안)	종묘 생산업	합계
조사양식 업체수	3	13	9	12	7	6	8	58
활용양식 업체수	3	12	9	12	7	5	8	56

현장 조사한 자료 중 남해안 통영의 1개 업체와 서해안 홍성의 1개 업체는 중간육성 판매를 실시하므로 분석에 이용되지 못하였으며, 종묘생산업체는 표준 종묘비 산정에만 활용하였다.

(3) 조피볼락 양식 경영실태 개요

현장실태 조사를 통하여 파악한 조피볼락 해상가두리 양식의 경영 실태를 요약하면 표 7-3와 같다.

이를 토대로 비용구조, 수익성 및 경제성을 평가하였다.

표 7-3. 조피볼락 해상가두리양식 경영실태 개요

구분	지역	거제	통영	여수	완도	흑산도	태안·홍성
사육밀도 (마리/0.1ha)	평균값	42,055	49,329	47,786	29,597	21,285	30,433
	최대값	88,542	61,224	69,444	57,870	40,000	37,594
	최소값	26,774	32,407	20,000	18,939	8,000	14,881
생존율 (%)	평균값	55.47	64.64	63.33	56.03	47.82	48.32
	최대값	66.67	68.57	74.00	79.05	66.67	61.11
	최소값	45.96	48.70	50.00	40.00	30.00	44.44
출하중량 (g)	평균값	425	373	363	472	437	429
	최대값	550	440	450	540	500	500
	최소값	300	350	280	400	190	300
출하단가 (원/kg)	평균값	7,244	5,829	636	8,653	9,761	8,427
	최대값	10,000	11,333	8,511	10,000	11,000	10,000
	최소값	6,000	5,000	4,475	7,407	5,000	6,364
생산량 (kg/0.1ha)	평균값	9,919	11,905	10,998	7,825	4,445	6,311
	최대값	17,500	15,238	18,519	13,426	7,289	7,519
	최소값	6,610	6,944	5,920	3,788	1,700	3,385
종묘단가 (원/마리)	평균값	217	211	195	240	141	189
	최대값	250	250	250	270	250	200
	최소값	150	180	120	150	50	150
양성기간 (개월)	평균값	22	20	21	21	28	26
	최대값	24	21	24	24	40	28
	최소값	17	18	17	18	24	22

다. 비용구조분석

(1) 지역별 비용구조 분석 비교

조사업체의 양식원가 구성을 비용항목별로 비교한 결과는 다음과 같이 분석되었다(표 7-4).

표 7-4. 지역별 비용구조의 항목별 비교

(단위 : %)

구분		종묘비	사료비	약품비	인건비	관리비	판매비	상각비	합계
전국	범위	7.1~14.1	41.7~58.3	0.1~5.7	8.0~21.0	5.7~17.0	0.8~3.8	7.7~15.2	100
	평균	11.7	52.4	2.9	13.3	8.7	1.5	9.4	100
구룡포	범위	5.9~11.4	42.2~63.8	0.03~0.08	5.3~20.5	15.7~20.5	1.3~1.7	7.6~8.7	100
	평균	7.1	58.3	0.1	8.0	17.0	1.5	7.9	100
거제	범위	10.6~17.6	46.9~65.7	1.5~10.6	6.8~12.6	4.1~7.0	0.9~1.8	3.6~12.3	100
	평균	14.4	57.2	3.5	9.8	6.4	1.1	7.7	100
통영	범위	7.7~15.0	48.5~61.0	0.2~3.6	9.5~22.1	3.4~8.2	0.7~1.0	5.7~9.8	100
	평균	12.7	55.8	2.6	14.3	5.7	0.8	7.9	100
여수	범위	6.6~23.9	42.2~69.8	0.3~3.1	6.4~17.8	3.1~9.2	0.7~1.6	6.1~11.7	100
	평균	13.7	56.6	1.6	12.3	6.2	1.0	8.6	100
완도	범위	8.0~18.7	33.9~58.2	0.8~13.9	6.5~24.2	6.7~11.0	0.8~1.6	5.9~11.7	100
	평균	11.9	50.2	5.7	14.4	8.3	1.1	8.3	100
흑산도	범위	2.4~11.0	16.5~59.1	0.1~2.3	10.0~41.4	5.9~14.2	1.4~4.8	9.8~26.4	100
	평균	8.6	41.7	1.4	21.0	8.3	3.8	15.2	100
태안·홍성	범위	7.9~16.6	21.0~57.0	0.5~8.0	11.5~33.7	6.8~20.4	0.8~1.4	8.7~18.3	100
	평균	13.7	46.8	5.2	13.4	9.2	1.3	10.5	100

① 사료비

흑산도지역의 사료비의 비중은 양식원가의 41.7%로 조사한 지역 가운데 가장 낮으며, 그 다음으로 태안·홍성지역이 양식원가의 46.8%로 비중이 낮은 편이고, 구룡포지역은 양식원가의 58.3%로 비중이 가장 높았다. 서해안의 흑산도지역과 태안·홍성지역에서는 남해안이나 동해안보다 양식원가에서 사료비의 비중이 낮은 것으로 나타났다.

② 종묘비

구룡포지역의 종묘비는 양식원가의 7.1%로 비중이 가장 낮고, 그 다

음으로 흑산도지역이 양식원가의 8.6%로 비중이 낮은 편이며, 거제지역은 양식원가의 14.4%로 비중이 가장 높았다. 그리고 구룡포지역과 흑산도지역을 제외하면, 종묘비는 양식원가의 13~15% 정도의 비중을 차지하는 것으로 나타났다.

③ 약품비

구룡포지역의 약품비는 양식원가의 0.1%로 비중이 가장 낮고, 완도지역이 양식원가의 5.7%로 비중이 가장 높았다. 그리고 흑산도지역과 여수지역의 약품비 비중은 비교적 낮은 반면에, 완도지역과 태안·홍성지역의 약품비 비중은 비교적 높은 것으로 나타났다.

④ 인건비

구룡포지역의 인건비는 양식원가의 8.0%로 비중이 가장 낮으며, 그 다음으로 거제지역이 양식원가의 9.8%로 인건비의 비중이 낮은 편이고, 흑산도지역은 양식원가의 21.0%로 비중이 가장 높았다. 구룡포, 흑산도, 거제지역을 제외한 나머지 지역의 인건비는 양식원가의 12~15% 정도의 비중을 차지하는 것으로 나타났다.

⑤ 관리비

통영지역의 관리비는 양식원가의 5.7%로 비중이 가장 낮았고, 구룡포지역이 양식원가의 17.0%로 비중이 가장 높았다. 구룡포지역을 제외하면, 관리비는 6~9% 정도의 비중을 차지하는 것으로 나타났다.

⑥ 상각비

거제지역의 상각비는 양식원가의 7.7%로 비중이 가장 낮았고, 흑산도지역이 양식원가의 15.2%로 비중이 가장 높았다. 서해안지역이 상각비의 비중이 높으며, 서해안을 제외하면 상각비는 양식원가의 8% 정도의 비중을 차지하는 것으로 나타났다.

⑦ 판매비

통영지역의 판매비는 양식원가의 0.8%로 비중이 가장 낮았고, 흑산도 지역이 양식원가의 3.8%로 비중이 가장 높았다. 흑산도 지역을 제외하면 판매비는 양식원가의 1~2% 정도를 차지하는 것으로 나타났다.

(2) 규모별 비용구조 분석 비교

규모별 양식원가 구성을 비용항목별로 분석한 결과는 표 7-5와 같이 나타났다.

표 7-5. 규모별 비용구조의 항목별 비교

(단위 : %)

구 분		종묘비	사료비	약품비	인건비	관리비	판매비	상각비	합계
0.5ha미만	범위	2.4~18.7	21.1~69.8	0.2~4.4	1.7~41.4	1.0~20.4	0.5~2.8	5.2~18.3	100
	평균	12.1	52.6	2.4	15.1	7.4	1.2	9.2	100
0.5~1.0 ha	범위	6.2~23.9	39.4~65.7	0.1~8.7	6.8~21.5	4.8~11.0	0.8~4.8	3.6~19.2	100
	평균	11.9	56.0	4.2	11.7	7.6	1.3	7.3	100
1 ha이상	범위	6.5~17.5	16.5~52.7	0.5~13.9	11.9~38.2	6.6~11.7	0.9~4.8	9.8~26.4	100
	평균	13.9	43.9	4.7	15.9	7.6	1.8	12.1	100

① 사료비

사료비는 1.0ha 이상 규모에서 양식원가의 43.9%로 비중이 가장 낮으며, 그 다음으로 0.5ha 미만 규모이고, 0.5~1.0ha 규모는 양식원가의 비중이 56.0%로 가장 높았다.

② 종묘비

종묘비는 0.5~1.0ha 규모에서 양식원가의 11.9%로 비중이 가장 낮았고, 그 다음으로 0.5ha 미만 규모이고, 1.0ha 이상 규모는 양식원가의 13.9%로 비중이 가장 높았다.

③ 약품비

약품비는 0.5ha 미만 규모가 양식원가의 2.4%로 비중이 가장 낮고, 그 다음으로 0.5~1.0ha 규모이고, 1.0ha 이상 규모는 양식원가의 4.7%로 비중이 가장 높았다.

④ 인건비

인건비는 0.5~1.0ha 규모가 양식원가의 11.7%로 비중이 가장 낮으며, 그 다음으로 0.5ha 미만 규모이고, 1.0ha 이상 규모는 양식원가의 15.9%로 비중이 가장 높았다.

⑤ 관리비

관리비는 0.5ha 미만 규모가 양식원가의 7.4%로 비중이 가장 낮으며, 그 다음으로 0.5~1.0ha 규모와 1.0ha 이상 규모는 양식원가의 7.6%로 동일한 비중을 차지하고 있다.

⑥ 상각비

상각비는 0.5~1.0ha 규모가 양식원가의 7.3%로 비중이 가장 낮으며, 그 다음으로 0.5ha 미만 규모이고, 1.0ha 이상 규모는 양식원가의 12.1%로 비중이 가장 높았다.

⑦ 판매비

판매비는 0.5ha 미만 규모가 양식원가의 1.2%로 비중이 가장 낮았고, 그 다음으로 0.5~1.0ha 규모이고, 1.0ha 이상 규모는 양식원가의 1.8%로 비중이 가장 높았다.

라. 표준양식원가 산정 및 표준양식소득 도출

(1) 표준양식원가 산정을 위한 기본 값의 추정

표준원가를 산정하기 위해서는 이에 사용될 기본 값을 먼저 추정해야 한다. 이를 위해 양식원가의 특성을 보면, 생산량과 비례되는 원가와 시설규모와 비례적인 원가 그리고 지역과 관련되는 원가로 구분된다.

생산량과 상관되는 원가는 종묘비, 사료비, 판매비가 있으며, 시설규모와 상관되는 원가로는 약품비, 인건비, 관리비, 감가상각비가 있고, 지역과 관련되는 원가항목은 없는 것으로 나타났다.

이러한 표준양식원가의 산정은 남해안지역과 서해안지역으로 한정하여 분석하였다. 동해안은 양식방법의 차이, 즉 중층 침설식 가두리로 표층가두리와 양식방법이 다르기 때문이다.

(가) 표준종묘비의 추정

생산량과 관련되는 항목 중 종묘비는 다음과 같이 산출하였다.

표준종묘비=사육량×종묘단가×수면적

지역별 표준종묘비 산정을 위한 기본 자료는 표 7-6와 같다.

표 7-6. 지역별 표준종묘비 산정을 위한 기본 자료

지역	거제	통영	여수	완도	흑산도	태안·홍성
평균사육량(마리/0.1ha)	42,055	49,329	47,786	29,597	21,285	30,433
수정사육량(마리/0.1ha)	31,541	34,530	33,450	29,597	21,285	30,433
종묘단가(원/마리)	220	210	200	240	140	190
평균면적(ha)	0.86	0.25	0.32	0.77	0.68	0.71

수정 사육량은 수면적 0.1ha당 사육량이 40,000마리 이상인 지역에 대해 0.7 내지 0.75를 곱하여 30,000~40,000마리 범위로 산정한 값이다. 이를 표준양식원가 산정을 위한 자료로 사용하기로 한다.

그리고 종묘단가는 지역별 차이를 고려하여 조정한 값이다.

한편 종묘생산업체의 대한 조사 자료를 가지고 종묘생산원가를 산정하였다. 8개 조사업체 중에서 7개 업체를 분석에 활용하였는데, 이 중에서 육상수조산 종묘생산이 5개 업체이고, 축제식 노지산이 2개 업체이다.

먼저 육상수조산 종묘생산업체의 조피볼락 종묘생산에 대한 판매량, 판매금액, 생산원가, 종묘생산이익, 마리당 생산원가, 마리당 평균판매단가를 보면 표 7-7과 같다.

표 7-7. 육상수조산 종묘생산업체의 종묘생산원가

지역	수면적 (㎡)	판매량 (천마리)	판매금액 (천원)	비용합계 (천원)	생산이익 (천원)	생산원가 (원/마리)	평균판매가 (원/마리)
거제	1,580	2,500	362,500	139,440	223,060	56	145
거제	1,304	3,000	247,500	119,090	128,410	40	83
보령	588	1,500	114,000	93,160	20,840	62	76
보령	1,470	3,000	237,500	181,430	56,080	73	95
태안	2,204	1,500	135,000	143,660	-8,660	96	90
평균						62	100

그리고 축제식 노지산 종묘생산업체의 조피볼락 종묘생산에 대한 판매량, 판매금액, 생산원가, 생산이익, 마리당 생산원가, 마리당 평균판매단가를 보면 표 7-8과 같다.

표 7-8. 축제식 노지산 종묘생산업체의 종묘생산원가

지역	면적 (ha)	판매량 (천마리)	판매액 (천원)	비용계 (천원)	생산이익 (천원)	생산원가 (원/마리)	평균판매가 (원/마리)
태안	10	700	82,250	40,540	41,710	58	118
태안	11	1,200	141,000	54,330	86,670	45	118

표 7-7과 표 7-8을 비교해 보면, 육상수조산의 종묘생산단가가 축제식 노지산보다 조금 높은 것을 알 수 있다. 축제식 노지산에 있어서 투자금액이 6억원 정도 소요되었을 경우 투자수익률을 산정하여 본 결과, 종묘 판매가격은 최소한 마리당 100원 이상 되어야 종묘생산업을 유지할 수 있을 것으로 판단된다.

(나) 표준생산량의 추정

표준생산량은 다음과 같이 산출하였다.

표준생산량 = 사육량 × 생존율 × 출하 마리당 평균중량 × 수면적

지역별 표준생산량 산정을 위한 기본 자료는 표 7-9와 같다.

표 7-9. 지역별 표준생산량 산정을 위한 기본 자료

지역	거제	통영	여수	완도	흑산도	태안·홍성
사육량 (마리/0.1ha)	31,541	34,530	33,450	29,597	21,285	30,433
생존율(%)	55.47	64.64	63.33	56.03	47.82	48.32
출하 평균중량 (kg/마리)	0.425	0.373	0.363	0.472	0.437	0.429
평균면적(ha)	0.86	0.25	0.32	0.77	0.68	0.71

사육량은 위에서 산출한 수정 값이고, 생존율은 지역별 평균생존율이며, 출하 마리당 평균중량도 지역별 평균중량이다.

(다) 표준사료비의 추정

사료비는 생산량에 비례하는 함수라고 할 수 있다. 따라서 표준사료비는 다음과 같이 산정하였다.

표준사료비 = 면적당 표준생산량 × 생산kg당 사료비 평균 × 수면적

지역별 표준사료비 산정을 위한 기본 자료는 표 7-10와 같다.

표 7-10. 지역별 표준사료비 산정을 위한 기본 자료

지역	거제	통영	여수	완도	흑산도	태안·홍성
생산 kg당 사료비(원)	3,663	4,823	3,162	3,838	3,248	3,117
수정생산 kg당 사료비(원)	3,663	4,343	3,164	3,839	3,249	3,119
평균면적(ha)	0.86	0.25	0.32	0.77	0.68	0.71

수정생산 kg당 사료비는 다음과 같이 산출하였다.

면적당 생산량에 생산 kg당 사료비를 곱하여 사료금액을 산출하고, 이를 지역별 평균 사료단가인 450원으로 나누어 사료량을 산정한 후, 이를 다시 면적당 생산량으로 나누면 개략적인 사료계수가 산출된다. 이러한 사료계수를 표 7-11에서 보면, 통영지역의 경우에는 사료계수가 너무 높다. 따라서 이에 0.8을 곱하여 수정사료계수를 산출하였다. 그리고 수정사료계수에 450원을 곱하여 수정생산kg당 사료비를 산출하였다.

표 7-11. 사료계수의 산출

지역	면적당 생산량 (kg/0.1ha)	생산 kg당 사료비 (원/kg)	사료량 (kg)	사료계수	수정사료 계수	수정 생산 kg당 사료비 (원/kg)
거제	9,919	3,663	80,741	8.14	8.14	3,663
통영	11,905	4,823	127,595	10.7	8.57	3,857
여수	10,998	3,162	77,279	7.03	7.03	3,164
완도	7,825	3,838	66,739	8.53	8.53	3,839
흑산도	4,445	3,248	32,083	7.22	7.22	3,249
태안·홍성	6,311	3,117	43,714	6.93	6.93	3,119

(라) 규모별 조정계수

위와 같은 표준종묘비, 표준사료비, 표준생산량이 규모에 따라 차이가 날 것이다. 이러한 차이를 반영하기 위하여 규모별로 차이를 조정하는 값을 산정하였으며, 이러한 값을 규모별 조정계수라고 한다. 이를 위해 먼저 규모별로 평균값을 산출하였으며, 그 결과는 표 7-12과 같이 나타났다. 이 경우 면적당 생산량은 사육밀도에 생존율과 평균크기를 곱하여 산출되므로 별도의 값을 조정할 필요가 없으며, 종묘단가는 지역별로 차이가 있을 뿐이지 규모별로 차이가 난다고는 볼 수 없고, 판매가격 역시 크기에 따른 차이일 뿐 규모별로 차이가 난다고 볼 수 없기 때문에 별도의 조정계수를 산출하지 않았다.

표 7-12. 조정계수 산정을 위한 규모별 평균값

규모	평균면적 (ha)	사육밀도 (마리/0.1ha)	추정생존율 (%)	출하 kg당 사료비 (원/kg)	평균크기 (g/마리)
0.5미만	0.26	39,700	61.4	3,846	409
0.5-1.0	0.64	41,601	55.4	3,829	435
1.0이상	1.44	23,731	52.3	3,159	423

표 7-12에서 사육밀도를 보면, 수면적 1.0ha 이상 규모의 경우 0.1ha당 23,731마리로 다른 규모에 비해 너무나 낮은 것을 알 수 있다. 따라서 1.0ha 이상 규모의 경우 사육밀도를 0.5~1.0ha 규모의 85%로 수정하여 규모별 조정계수 산정을 위한 기본값을 산출하였다(표 7-13).

표 7-13. 규모별 조정계수 산정을 위한 기본값

규모	평균면적 (ha)	사육밀도 (마리/0.1ha)	추정생존율 (%)	출하 kg당 사료비 (원/kg)	평균크기 (g/마리)
0.5미만	0.26	39,700	61.4	3,846	409
0.5-1.0	0.64	41,601	55.4	3,829	435
1.0이상	1.44	35,361	52.3	3,159	423

(마) 기타 표준원가의 추정

약품비, 인건비, 관리비, 상각비 및 판매비의 표준값은 다음과 같이 산정하였다.

첫째, 약품비와 관리비 및 상각비는 지역별 평균값을 산출하고 이를 지역별 표준으로 추정하였으며, 이러한 지역별 표준값에 규모별 조정계수를 곱하여 지역별 규모별 표준원가를 산정하였다.

둘째, 인건비는 지역별 차이를 가정하지 않고, 규모별 차이만 가정하였으며, 상용인력의 경우 1인은 연간 1,800만원, 추가인력은 1인당 연간 1,500만원으로 추정하였다. 그리고 일용인력의 인건비는 1인당 5만원으로 추정하였다.

셋째, 판매비는 생산금액의 1%로 하였으나, 흑산도의 경우 지역의 특수성을 반영하여 판매금액의 3%로 추정하였다.

이상과 같은 기준에 따라 지역별 규모별 표준비용을 산정하기 위하여 먼저 지역별 평균약품비와 평균관리비 및 평균상각비를 보면 표 7-14와 같다.

표 7-14. 지역별 평균약품비와 평균관리비 및 평균상각비

(단위 : 천원)

구분	수면적(ha)	약품비	관리비	상각비
거제	0.86	18,870	35,040	42,000
통영	0.25	5,470	11,850	16,450
여수	0.32	3,570	13,690	18,830
완도	0.77	26,200	38,270	38,310
흑산도	0.68	3,380	19,720	35,910
태안,홍성	0.67	15,530	27,490	31,590

한편 규모별 차이를 산정하기 위한 규모별 평균약품비와 평균관리비를 보면 표 7-15와 같다.

표 7-15. 규모별 평균약품비와 평균관리비

(단위 : 천원)

규모	평균면적	약품비	관리비
0.5ha미만	0.25	4,150	12,820
0.5~1.0ha	0.64	18,930	34,100
1.0ha이상	1.44	25,800	41,330

한편 상각비의 경우에는 환산면적을 사용하지 않고 실제면적을 사용하여 규모별 평균값을 산정하였으며, 그 결과는 표 7-16과 같다.

표 7-16. 규모별 평균상각비

(단위 천원)

규모	평균면적 (ha)	상각비
0.5ha미만	0.26	23,100
0.5~1.0ha	0.67	38,380
1.0ha이상	1.25	54,720

표 7-15과 표 7-16의 자료로서 조정계수 1(표 7-17)과 조정계수 2(표 7-18)를 산출하였다.

표 7-17. 약품비, 관리비, 상각비에 대한 규모별 조정계수 1

규모(ha)	약품비	관리비	상각비
0.5미만	0.219	0.376	0.602
0.5~1.0	1	1	1
1.0이상	1.363	1.212	1.426

표 7-18. 약품비, 관리비, 상각비에 대한 규모별 조정계수 2

규모(ha)	약품비	관리비	상각비
0.5미만	1	1	1
0.5~1.0	4.557	2.660	1.662
1.0이상	6.210	3.224	2.369

그리고 수면적에 따른 소요인력을 추정한 결과는 표 7-19와 같다.

표 7-19. 수면적에 따른 소요인력

수면적 (ha)	0.25 미만	0.25 ~0.4	0.4 ~0.5	0.5 ~0.7	0.7 ~0.8	0.8 ~1.0	1.0 ~1.1	1.1 ~1.3	1.3 ~1.5
상용인력(명)	1	1	2	2	3	4	4	4	5
일용인력(명)	50	100	50	150	150	50	150	200	50

이러한 소요인력을 가지고 규모별 표준인건비를 산정한 결과는 표 7-20과 같다.

표 7-20. 규모별 표준인건비

(단위 : 천원)

규모	상용인력	일용인력	상용인건비	일용인건비	총인건비
0.25ha	1명	100명	21,600	5,000	26,600
0.75ha	3명	150명	57,600	7,500	65,100
1.25ha	4명	200명	75,600	10,000	85,600

그리고 지역별 평균약품비와 평균관리비 및 평균상각비에 규모별 조정계수를 곱하여 지역별 규모별 표준비용을 산출한 결과는 표 7-21과 같다.

표 7-21. 지역별 규모별 표준약품비, 표준관리비, 표준상각비, 표준인건비

(단위 : 천원)

지역	규모(ha)	약품비	관리비	상각비	인건비
거제	0.25	4,140	13,172	25,277	26,600
	0.75	18,865	35,037	42,000	65,100
	1.25	25,712	42,470	59,886	85,600
통영	0.25	5,465	11,847	16,449	26,600
	0.75	24,904	31,512	27,331	65,100
	1.25	33,942	38,198	38,971	85,600
여수	0.25	3,575	13,688	18,834	26,600
	0.75	16,288	36,411	31,293	65,100
	1.25	22,200	44,136	44,620	85,600
완도	0.25	5,749	14,385	23,054	26,600
	0.75	26,197	38,266	38,305	65,100
	1.25	35,704	46,384	54,618	85,600
흑산도	0.25	741	7,413	21,615	26,600
	0.75	3,377	19,719	35,914	65,100
	1.25	4,603	23,903	51,209	85,600
태안·홍성	0.25	3,409	10,334	19,011	26,600
	0.75	15,533	27,490	31,587	65,100
	1.25	21,170	33,322	45,039	85,600

(바) 지역별, 규모별 표준판매단가의 추정

판매금액을 산출하기 위하여 kg당 판매가격을 조사한 결과 지역별로 약간의 차이가 있었으며, 중량별로도 가격의 차이가 있었다. 따라서 지역별 중량별 판매가격을 가지고 지역별 중량별 기준가격을 추정하고 이를 지역별 규모별 마리당 생산중량에 곱하여 지역별 규모별 판매가격을 추정하였다. 먼저 지역별로 어체중량별 가격과 기준 가격을 보면 표 7-22와 같다.

표 7-22. 지역별 어체중별 가격과 기준가격

(단위 : 원/kg)

어체중량	완도	태안	거제	통영	여수	흑산도
500g이상	10,000	10,625	9,375	8,750	9,625	11,250
400g	8,000	8,500	7,500	7,000	7,700	9,000
기준가격 (원/어체중g)	20	21.3	18.8	17.5	19.3	22.5

(2) 지역별 · 규모별 표준양식원가의 추정

(가) 남해안 거제지역의 규모별 표준양식원가

거제지역의 규모별 표준종묘비와 표준사료비 및 표준판매금액을 산정하기 위한 표준값을 추정하면 표 7-23과 같다.

표 7-23. 거제지역의 규모별 표준값

규모 (ha)	입식량 (마리/0.1ha)	생존율 (%)	출하kg당 사료비(원)	종묘단가 (원/마리)	면적당생산량 (kg/0.1ha)	출하크기 (g/마리)
0.5미만	30,100	61	3,679	220	7,392	400
0.5-1.0	31,541	55	3,663	220	7,436	425
1.0이상	26,810	52	3,022	220	5,805	413

표 7-23 자료를 활용하여 거제지역의 규모별 표준판매금액, 표준종묘비 및 표준사료비를 추정하면 표 7-24와 같다.

표 7-24. 거제지역의 규모별 표준판매금액, 표준종묘비 및 표준사료비

규모(ha)	생산량(kg)	판매금액(천원)	종묘비(천원)	사료비(천원)
0.25	18,479	138,504	16,555	67,984
0.75	55,768	444,403	52,043	204,279
1.25	72,567	562,322	73,728	219,313

거제지역의 규모별 표준양식원가를 추정한 결과는 표 7-25와 같다.

표 7-25. 거제지역의 규모별 표준양식원가

(단위 : 천원)

규모(ha)	종묘비	사료비	약품비	인건비	관리비	상각비	판매비	양식원가
0.25	16,555	67,984	4,140	26,600	13,172	25,277	1,385	155,113
0.75	52,043	204,279	18,865	65,100	35,037	42,000	4,444	421,768
1.25	73,728	219,313	25,712	85,600	42,470	59,886	5,623	512,333

(나) 남해안 통영지역의 규모별 표준양식원가

통영지역의 규모별 표준종묘비와 표준사료비 및 표준판매금액을 산정하기 위한 표준값을 추정하면 표 7-26과 같다.

표 7-26. 통영지역의 규모별 표준값

규모 (ha)	입식량 (마리/0.1ha)	생존율 (%)	출하kg당 사료비(원)	종묘단가 (원/마리)	면적당생산량 (kg/0.1ha)	출하크기 (g/마리)
0.5미만	34,530	65	3,857	210	8,326	373
0.5-1.0	36,184	58	3,840	210	8,375	397
1.0이상	30,756	55	3,168	210	6,539	386

표 7-26 자료를 이용하여 통영지역의 규모별 표준판매금액, 표준종묘비 및 표준사료비를 추정하면 표 7-27과 같다.

표 7-27. 통영지역의 규모별 표준판매금액, 표준종묘비 및 표준사료비

규모(ha)	생산량(kg)	판매금액(천원)	종묘비(천원)	사료비(천원)
0.25	20,814	135,862	18,128	80,268
0.75	62,813	435,925	56,990	241,192
1.25	81,734	551,594	80,736	258,943

통영지역의 규모별 표준양식원가를 추정한 결과는 표 7-28과 같다.

표 7-28. 통영지역의 규모별 표준양식원가

(단위 : 천원)

규모(ha)	종묘비	사료비	약품비	인건비	관리비	상각비	판매비	양식원가
0.25	18,128	80,268	5,465	26,600	11,847	16,449	1,359	160,117
0.75	56,990	241,192	24,904	65,100	31,512	27,331	4,359	451,389
1.25	80,736	258,943	33,942	85,600	38,198	38,971	5,516	541,905

(다) 남해안 여수지역의 규모별 표준양식원가

여수지역의 규모별 표준종묘비와 표준사료비 및 표준판매금액을 산정하기 위한 표준값을 추정하면 표 7-29와 같다.

표 7-29. 여수지역의 규모별 표준값

규모 (ha)	입식량 (마리/0.1ha)	생존율 (%)	출하kg당 사료비(원)	종묘단가 (원/마리)	면적당생산량 (kg/0.1ha)	출하크기 (g/마리)
0.5미만	33,450	63	3,164	200	7,690	363
0.5-1.0	35,052	57	3,150	200	7,736	386
1.0이상	29,794	54	2,599	200	6,039	375

표 7-29 자료를 이용하여 여수지역의 규모별 표준판매금액, 표준종묘비 및 표준사료비를 추정하면 표 7-30과 같다.

표 7-30. 여수지역의 규모별 표준판매금액, 표준종묘비 및 표준사료비

규모(ha)	생산량(kg)	판매금액(천원)	종묘비(천원)	사료비(천원)
0.25	19,224	134,336	16,725	60,817
0.75	58,017	431,029	52,578	182,744
1.25	75,493	545,399	74,486	196,193

여수지역의 규모별 표준양식원가를 추정한 결과는 표 7-31과 같다.

표 7-31. 여수지역의 규모별 표준양식원가

(단위 : 천원)

규모(ha)	종묘비	사료비	약품비	인건비	관리비	상각비	판매비	양식원가
0.25	16,725	60,817	3,575	26,600	13,688	18,834	1,343	141,582
0.75	52,578	182,744	16,288	65,100	36,411	31,293	4,310	388,725
1.25	74,486	196,193	22,200	85,600	44,136	44,620	5,454	472,688

(라) 서남해안 완도지역의 규모별 표준양식원가

완도지역의 규모별 표준종묘비와 표준사료비 및 표준판매금액을 산정하기 위한 표준값을 추정하면 표 7-32와 같다.

표 7-32. 완도지역의 규모별 표준값

규모 (ha)	입식량 (마리/0.1ha)	생존율 (%)	출하kg당 사료비(원)	종묘단가 (원/마리)	면적당생산량 (kg/0.1ha)	출하크기 (g/마리)
0.5미만	28,244	62	3,855	240	7,781	444
0.5-1.0	29,597	56.03	3,839	240	7,827	472
1.0이상	25,158	52.92	3,167	240	6,111	459

표 7-32 자료를 이용하여 완도지역의 규모별 표준판매금액, 표준종묘비 및 표준사료비를 추정하면 표 7-33과 같다.

표 7-33. 완도지역의 규모별 표준판매금액, 표준종묘비 및 표준사료비

규모 (ha)	생산량(kg)	판매금액(천원)	종묘비(천원)	사료비(천원)
0.25	19,452	172,715	16,947	74,992
0.75	58,705	554,171	53,275	225,337
1.25	76,388	701,215	75,473	241,921

완도지역의 규모별 표준양식원가를 추정한 결과는 표 7-34와 같다.

표 7-34. 완도지역의 규모별 표준양식원가

(단위 : 천원)

규모(ha)	종묘비	사료비	약품비	인건비	관리비	상각비	판매비	양식원가
0.25	16,947	74,992	5,749	26,600	14,385	23,054	1,727	163,454
0.75	53,275	225,337	26,197	65,100	38,266	38,305	5,542	452,022
1.25	75,473	241,921	35,704	85,600	46,384	54,618	7,012	546,713

(마) 서해안 흑산도 지역의 규모별 표준양식원가

흑산도지역의 규모별 표준종묘비와 표준사료비 및 표준판매금액을 산정하기 위한 표준값을 추정하면 표 7-35와 같다.

표 7-35. 흑산도지역의 규모별 표준값

규모(ha)	입식량 (마리/0.1ha)	생존율 (%)	출하kg당 사료비(원)	종묘단가 (원/마리)	면적당생산량 (kg/0.1ha)	출하크기 (g/마리)
0.5미만	20,312	53	3,263	140	4,422	411
0.5-1.0	21,285	48	3,249	140	4,448	437
1.0이상	18,959	45	2,681	140	3,639	425

표 7-35 자료를 이용하여 흑산도지역의 규모별 표준판매금액, 표준종묘비 및 표준사료비를 추정하면 표 7-36과 같다.

표 7-36. 흑산도지역의 규모별 표준판매금액, 표준종묘비 및 표준사료비

규모 (ha)	생산량(kg)	판매금액(천원)	종묘비(천원)	사료비(천원)
0.25	11,054	102,229	7,109	36,071
0.75	33,360	328,012	22,349	108,387
1.25	45,487	434,923	33,178	121,936

흑산도지역의 규모별 표준양식원가를 추정한 결과는 표 7-37과 같다.

표 7-37. 흑산도지역의 규모별 표준양식원가

(단위 : 천원)

규모(ha)	종묘비	사료비	약품비	인건비	관리비	상각비	판매비	양식원가
0.25	7,109	36,071	741	26,600	7,413	21,615	3,067	102,616
0.75	22,349	108,387	3,377	65,100	19,719	35,914	9,840	264,687
1.25	33,178	121,936	4,603	85,600	23,903	51,209	13,048	333,476

(바) 서해안 태안·홍성 지역의 규모별 표준양식원가

태안·홍성지역의 규모별 표준종묘비와 표준사료비 및 표준판매금액을 산정하기 위한 표준값을 추정하면 표 7-38과 같다.

표 7-38. 태안·홍성지역의 규모별 표준값

규모(ha)	입식량 (마리/0.1ha)	생존율 (%)	출하kg당 사료비(원)	종묘단가 (원/마리)	면적당생산량 (kg/0.1ha)	출하크기 (g/마리)
0.5미만	29,042	54	3,132	190	6,271	403
0.5-1.0	30,433	48.32	3,119	190	6,309	429
1.0이상	25,868	45.64	2,573	190	4,925	417

표 7-38를 이용하여 태안·홍성지역의 규모별 표준판매금액, 표준종묘비 및 표준사료비를 추정하면 표 7-39와 같다.

표 7-39. 태안·홍성지역의 규모별 표준판매금액, 표준종묘비 및 표준사료비

규모 (ha)	생산량(kg)	판매금액(천원)	종묘비(천원)	사료비(천원)
0.25	15,678	134,429	13,795	49,104
0.75	47,314	431,327	43,367	147,549
1.25	61,566	545,775	61,437	158,408

태안·홍성지역의 규모별 표준양식원가를 추정한 결과는 표 7-40과 같다.

표 7-40. 태안·홍성지역의 규모별 표준양식원가

(단위 : 천원)

규모(ha)	종묘비	사료비	약품비	인건비	관리비	상각비	판매비	양식원가
0.25	13,795	49,104	3,409	26,600	10,334	19,011	1,344	123,597
0.75	43,367	147,549	15,533	65,100	27,490	31,587	4,313	334,939
1.25	61,437	158,408	21,170	85,600	33,322	45,039	5,458	410,433

이상의 결과로부터 지역별로 규모에 따른 표준양식원가를 비교하면 표 7-41에서 보는 바와 같이 흑산도지역이 종묘비, 사료비, 관리비 등이 타 지역에 비해 낮아 양식원가가 가장 낮은 것으로 분석되었다.

표 7-41. 양식지역별로 규모에 따른 표준양식원가 비교

(단위 : 천원)

지역	규모(ha)	종묘비	사료비	약품비	인건비	관리비	상각비	판매비	양식원가
거제	0.25	16,555	67,984	4,140	26,600	13,172	25,277	1,385	155,113
	0.75	52,043	204,279	18,865	65,100	35,037	42,000	4,444	421,768
	1.25	73,728	219,313	25,712	85,600	42,470	59,886	5,623	512,333
통영	0.25	18,128	80,268	5,465	26,600	11,847	16,449	1,359	160,117
	0.75	56,990	241,192	24,904	65,100	31,512	27,331	4,359	451,389
	1.25	80,736	258,943	33,942	85,600	38,198	38,971	5,516	541,905
여수	0.25	16,725	60,817	3,575	26,600	13,688	18,834	1,343	141,582
	0.75	52,578	182,744	16,288	65,100	36,411	31,293	4,310	388,725
	1.25	74,486	196,193	22,200	85,600	44,136	44,620	5,454	472,688
완도	0.25	16,947	74,992	5,749	26,600	14,385	23,054	1,727	163,454
	0.75	53,275	225,337	26,197	65,100	38,266	38,305	5,542	452,022
	1.25	75,473	241,921	35,704	85,600	46,384	54,618	7,012	546,713
흑산도	0.25	7,109	36,071	741	26,600	7,413	21,615	3,067	102,616
	0.75	22,349	108,387	3,377	65,100	19,719	35,914	9,840	264,687
	1.25	33,178	121,936	4,603	85,600	23,903	51,209	13,048	333,476
태안·홍성	0.25	13,795	49,104	3,409	26,600	10,334	19,011	1,344	123,597
	0.75	43,367	147,549	15,533	65,100	27,490	31,587	4,313	334,939
	1.25	61,437	158,408	21,170	85,600	33,322	45,039	5,458	410,433

(3) 조피볼락의 표준양식소득 도출

(가) 지역별 규모별 표준생산금액의 추정

지역별로 규모에 따른 표준생산금액을 추정한 결과는 표 7-42와 같다.

표 7-42. 지역별로 규모에 따른 표준생산금액

(단위 : 천원)

규모(ha)	거제	통영	여수	완도	흑산도	태안·홍성
0.25	138,504	135,862	134,336	172,715	102,229	134,429
0.75	444,403	435,925	431,029	554,171	328,012	431,327
1.25	562,322	551,594	545,399	701,215	434,923	545,775

(나) 지역별 규모별 표준양식소득

지역별로 규모에 따른 양식소득과 양식이익률 및 투자수익률을 산출하기 위해서는 투자금액을 정확히 파악되어야 한다. 현장조사를 실시하였으나 양식어업 종사자들의 응답이 미흡하여 투자금액을 확실히 알 수 없었다. 따라서 여기서는 현장조사 파악된 평균적인 투자금액인 0.1ha당 7,000만원을 적용하여 투자수익률을 산출하였다.

규모별 및 지역별로 표준양식소득과 양식이익률 및 투자수익률을 산정하여 비교하면 표 7-43과 같다.

표 7-43. 규모별, 지역별 표준양식소득과 양식이익률 및 투자수익률

(단위 : 천원, %)

규모(ha)	지역	생산량(kg)	판매금액	양식원가	양식이익	양식이익률	투자수익률
0.25	거제	18,479	138,504	155,113	-16,609	-12.0	-9.5
	통영	20,814	135,862	160,117	-24,255	-17.9	-13.9
	여수	19,224	134,336	141,582	-7,246	-5.4	-4.1
	완도	19,452	172,715	163,454	9,260	5.4	5.3
	흑산도	11,054	102,229	102,616	-387	-0.4	-0.2
	태안·홍성	15,678	138,504	155,113	-16,609	-12.0	-9.5
0.75	거제	55,768	444,403	421,768	22,635	5.1	4.3
	통영	62,813	435,925	451,389	-15,463	-3.5	-2.9
	여수	58,017	431,029	388,725	42,305	9.8	8.1
	완도	58,705	554,171	452,022	102,149	18.4	19.5
	흑산도	33,360	328,012	264,687	63,325	19.3	12.1
	태안·홍성	47,314	444,403	421,768	22,635	5.1	4.3
1.25	거제	72,567	562,322	512,333	49,989	8.9	5.7
	통영	81,734	551,594	541,905	9,689	1.8	1.1
	여수	75,493	545,399	472,688	72,711	13.3	8.3
	완도	76,388	701,215	546,713	154,502	22.0	17.7
	흑산도	45,487	434,923	333,476	101,447	23.3	11.6
	태안·홍성	61,566	562,322	512,333	49,989	8.9	5.7

① 0.25ha 규모의 지역간 비교

표준생산량을 비교해 보면 통영, 완도, 여수, 거제지역은 지역간에 별로 차이가 없고, 태안·홍성지역의 생산량은 이들 지역 보다 많이 적으며, 흑산도지역의 생산량은 매우 적은 것을 알 수 있다.

표준판매금액을 비교해 보면 완도지역의 판매금액이 가장 많지만, 그 다음인 거제, 통영, 태안·홍성, 여수지역에서는 지역간에 차이가 거의 없으며, 흑산도지역의 판매금액은 매우 낮게 나타나고 있다.

표준양식원가를 비교해 보면 완도, 통영, 거제지역의 양식원가는 거의 차이가 없고, 그 다음으로 여수와 태안·홍성지역의 순이며, 흑산도지역은 양식원가가 가장 적은 것을 알 수 있다.

표준양식이익을 비교해 보면 태안·홍성지역과 완도지역은 양식이익이 어느 정도 있지만, 흑산도지역과 여수, 거제, 통영지역에서는 양식손실이 발생하였으며, 특히 통영지역과 거제지역은 양식손실이 매우 많은 것을 알 수 있다.

표준양식이익률을 비교해 보면 태안·홍성지역의 양식이익률은 8.1%로 가장 많지만 이는 다른 업종의 매출액이익률에 비하면 매우 낮은 수준이며, 그 다음으로 완도지역의 양식이익률이 5.4%이지만 역시 다른 업종에 비해 매우 낮은 편이다. 그 밖에 흑산도지역과 여수, 거제, 통영지역에서는 양식이익률이 음(-)의 값으로 판매금액이 생산원가도 보상하지 못하며, 특히 통영지역과 거제지역의 경우에는 양식이익률이 -10% 이상으로 매우 낮은 것으로 나타났다.

표준투자수익률을 비교해 보면 태안·홍성지역의 투자수익률이 8.1%로 가장 많지만, 이는 은행이자율을 조금 넘는 정도에 지나지 않아 통상적인 수산업의 사회적 할인율에 미치지 못하는 것을 알 수 있다. 그

다음 순위인 완도지역의 투자수익률은 5.3%로 은행이자율 정도이며, 흑산도지역의 경우에는 투자수익률이 -0.2%로 수익률이 거의 없는 것으로 나타났다. 그 밖에 여수, 거제, 통영지역의 투자수익률은 음(-)의 값으로 나타나고 있으며, 특히 통영지역과 거제지역의 경우에는 투자수익률이 -13.9%와 -9.5%로 악화된 것으로 나타났다.

ⓑ 0.75ha 규모의 지역간 비교

표준생산량을 비교해 보면 통영, 완도, 여수, 거제지역은 지역간에 별로 차이가 없고, 태안·홍성지역의 생산량은 이들 지역 보다 많이 적으며, 흑산도지역의 생산량은 매우 적은 것을 알 수 있다.

표준판매금액을 비교해 보면 완도지역의 판매금액이 가장 많지만, 그 다음인 거제, 통영, 태안·홍성, 여수지역에서는 지역간에 차이가 거의 없으며, 흑산도지역의 판매금액은 매우 낮게 나타나고 있다.

표준양식원가를 비교해 보면 완도, 통영, 거제지역의 양식원가는 거의 차이가 없고, 그 다음으로 여수와 태안·홍성지역의 순이며, 흑산도지역은 양식원가가 가장 적은 것을 알 수 있다.

표준양식이익을 비교해 보면 완도지역과 태안·홍성지역의 양식이익이 가장 많고, 그 다음으로 흑산도와 여수지역이며, 거제지역은 겨우 흑자를 유지하는 수준이고, 통영지역에서는 양식손실이 발생하였음을 알 수 있다.

표준양식이익률을 비교해 보면 태안·홍성지역과 흑산도지역 및 완도지역은 양식이익률이 상당히 높은 것으로 나타났고, 그 다음으로 여수지역의 양식이익률은 10% 정도이다. 그 밖에 거제지역의 양식이익률은 5.1%로 매우 낮으며, 통영지역에서는 양식이익률이 음(-)의 값으로 판매금액이 생산원가에도 미치는 못한다는 것을 알 수 있다.

표준투자수익률을 비교해 보면 완도지역과 태안·홍성지역의 투자수

익률은 18%를 넘지만, 흑산도지역은 12.1%로 나타나고 있다. 그 밖에 여수지역은 투자수익률이 8.1%, 거제지역의 투자수익률은 4.3%인 반면에, 통영지역의 경우에는 투자수익률이 음(-)의 값으로 나타나고 있다.

ⓒ 1.25ha 규모의 지역간 비교

표준생산량을 비교해 보면 통영, 완도, 여수, 거제지역은 지역간에 별로 차이가 없고, 태안·홍성지역의 생산량은 이들 지역 보다 많이 적으며, 흑산도지역의 생산량은 매우 적은 것을 알 수 있다.

표준판매금액을 비교해 보면 완도지역의 판매금액이 가장 많지만, 그 다음인 거제, 통영, 태안·홍성, 여수지역에서는 지역간에 차이가 거의 없으며, 흑산도지역의 판매금액은 매우 낮게 나타나고 있다.

표준양식원가를 비교해 보면 완도, 통영, 거제지역의 양식원가는 거의 차이가 없고, 그 다음으로 여수와 태안·홍성지역의 순이며, 흑산도지역은 양식원가가 가장 적은 것을 알 수 있다.

표준양식이익을 비교해 보면 완도지역과 태안·홍성지역의 양식이익이 가장 많고, 그 다음으로 흑산도지역이다. 그 밖에 여수지역과 거제지역은 양식이익이 8,000만원도 되지 못하며, 통영지역은 겨우 흑자를 유지하는 수준임을 알 수 있다.

표준양식이익률을 비교해 보면 흑산도지역과 태안·홍성지역 및 완도지역은 양식이익률이 20% 이상으로 상당히 높은 것으로 나타났지만, 그 다음 순위인 여수지역의 양식이익률은 13% 정도이며, 거제지역의 양식이익률은 9% 정도이다. 그리고 통영지역에서는 양식이익률이 1.8%로 적자를 면하는 수준임을 알 수 있다.

표준투자수익률을 비교해 보면 완도지역의 투자수익률은 17.7%로 가장 높고, 그 다음이 태안·홍성지역으로 투자수익률이 15.5%이다. 이 밖

에 흑산도지역의 투자수익률이 11.6%이고, 여수지역은 8%, 거제지역의 투자수익률은 5.7%이나, 통영지역의 경우에는 투자수익률이 1.1%로 은행이자율에도 미치지 못하는 것을 알 수 있다.

끝으로 규모별로 양식이익률과 투자수익률이 어떻게 변하는 가를 비교하여 보면 규모가 커질수록 양식이익률과 투자수익률은 높아지는 것을 알 수 있으며, 또한 양식이익률은 모든 지역에서 규모가 가장 큰 1.25ha에서 가장 높은 것을 알 수 있다.

그러나 투자수익률을 보면, 투자수익률이 높은 완도, 태안·홍성, 흑산도지역의 경우에는 1.25ha 보다 0.75ha의 투자수익률이 더 높은 것을 알 수 있다. 따라서 1.25ha 보다는 0.75ha 규모가 더욱 투자수익률이 높으므로 바람직한 규모라고 할 수 있다.

마. 수익성 및 경제성 분석

(1) 조피볼락양식의 손익분기점 판매단가 분석

(가) 거제지역 양식업체의 손익분기점 판매단가

거제지역 양식업체의 손익분기점 판매단가를 산정하여 보면 그림 7-1과 같이 나타났다.

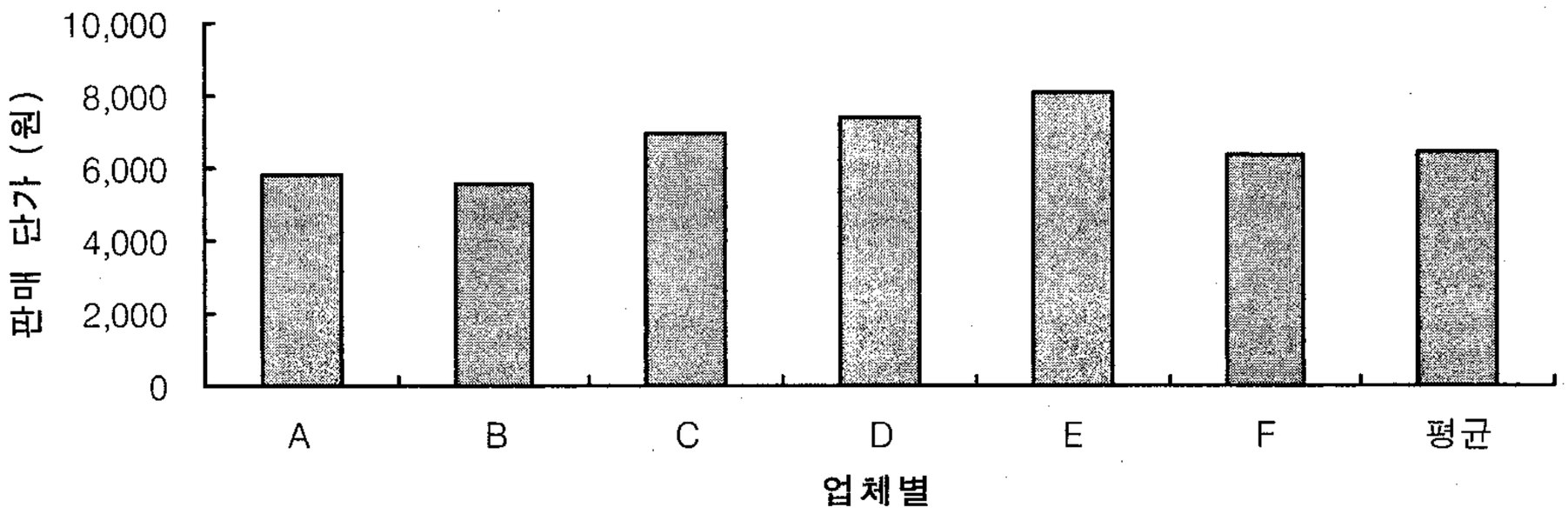


그림 7-1. 거제지역 양식업체의 손익분기점 판매단가.

거제지역 양식업체의 손익분기점 판매단가는 kg당 최저 5,564원에서 최고 8,076원까지 나타났으며, 평균값은 6,396원이었다. 그리고 평균보다 낮은 양식업체가 3개이고, 평균보다 높은 양식업체가 3개이었다. 거제지역의 양식업체 중 양식손실을 초래한 2개 업체를 제외하고 손익분기점을 산출하면 평균값은 6,240원으로 나타났다.

(나) 통영지역 양식업체의 손익분기점 판매단가

통영지역 양식업체의 손익분기점 판매단가를 산정하여 보면 그림 7-2와 같이 나타났다.

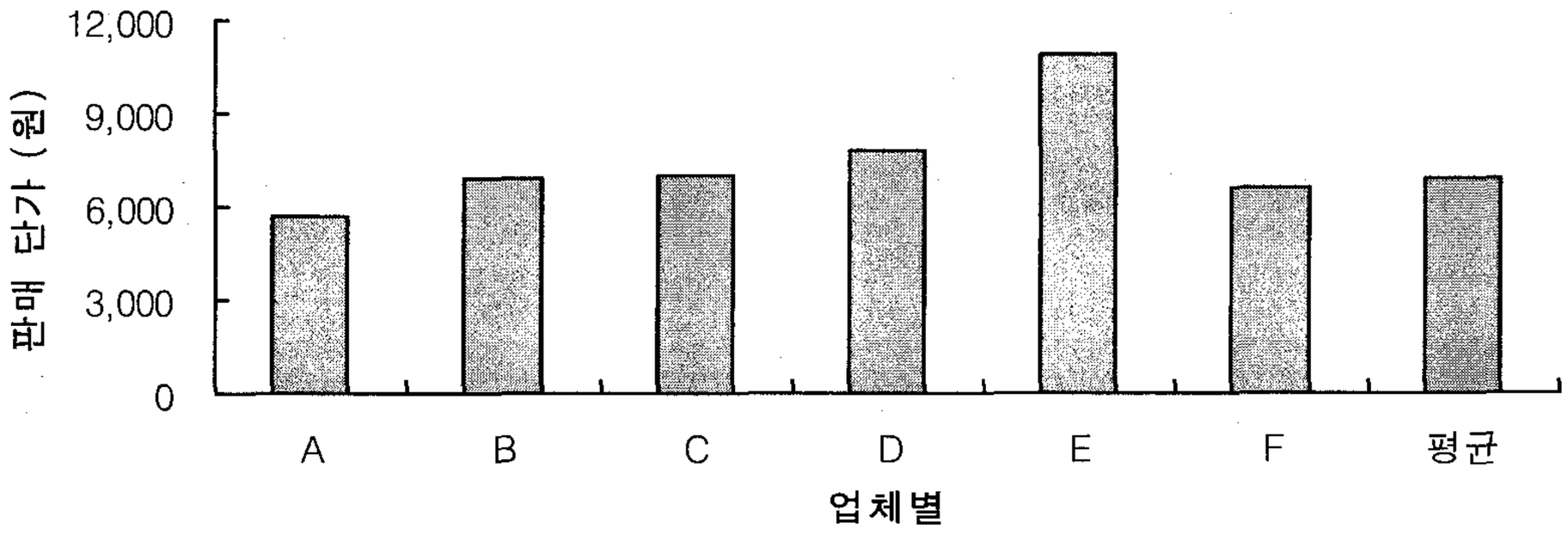


그림 7-2. 통영지역 양식업체의 손익분기점 판매단가.

통영지역 양식업체의 손익분기점 판매단가는 kg당 최저 5,703원에서 최고 10,854원까지 나타났으며, 평균값은 6,874원이었다. 그리고 평균보다 낮은 양식업체가 2개이고, 평균보다 높은 양식업체가 4개이었다. 통영지역의 양식업체 중 손익분기점이 현저히 높은 한 업체를 제외하고 손익분기점 판매단가를 산출하면 평균값은 6,514원으로 나타났다.

(다) 여수지역 양식업체의 손익분기점 판매단가

여수지역 양식업체의 손익분기점 판매단가를 산정하여 보면 그림 7-3과 같이 나타났다.

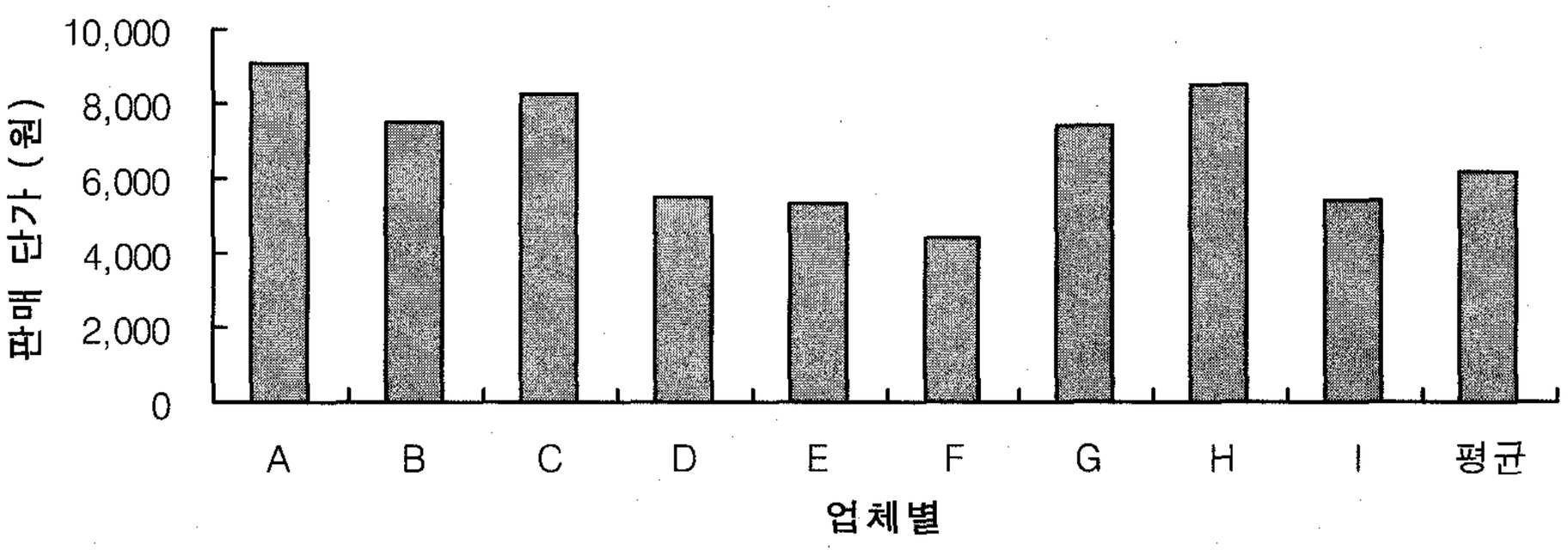


그림 7-3. 여수지역 양식업체의 손익분기점 판매단가.

여수지역 양식업체의 손익분기점 판매단가는 kg당 최저 4,415원에서 최고 9,085원까지 나타났으며, 평균값은 6,195원이었다. 그리고 평균보다 낮은 양식업체가 4개이고, 평균보다 높은 양식업체가 9개이었다. 여수지역의 양식업체 중 양식손실을 초래한 5개 업체를 제외하고 손익분기점 판매단가를 산출하면 평균값은 5,707원으로 나타났다.

(라) 완도지역 양식업체의 손익분기점 판매단가

완도지역 양식업체의 손익분기점 판매단가를 산정하여 보면 그림 7-4와 같이 나타났다.

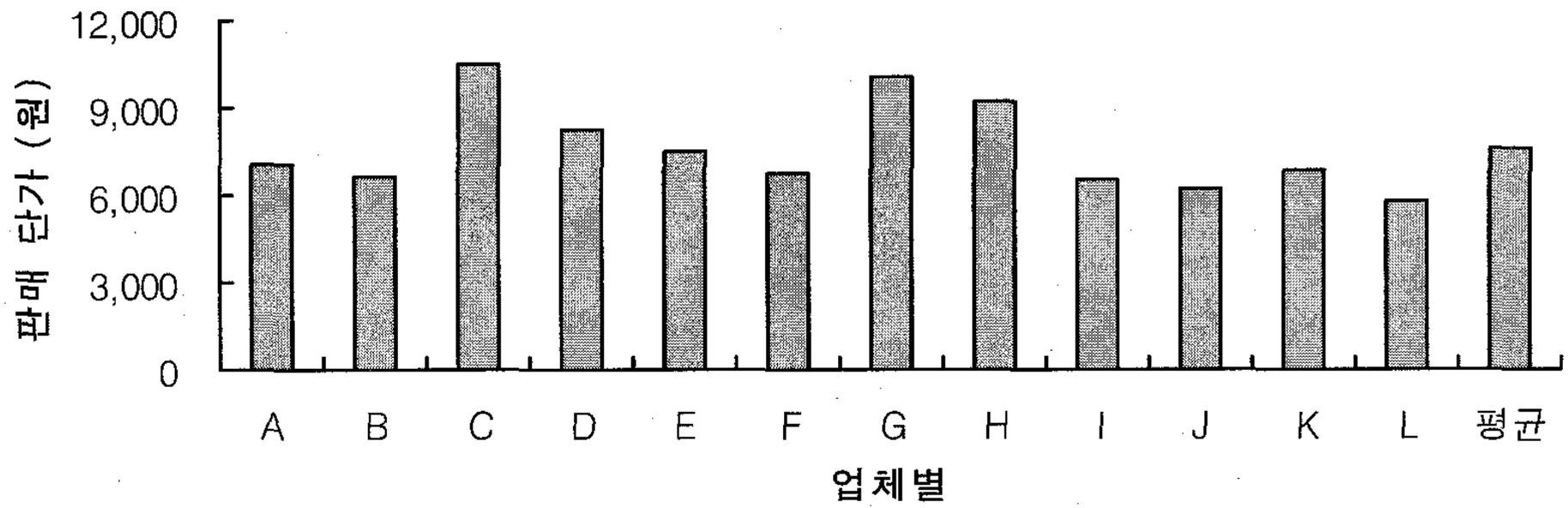


그림 7-4. 완도지역 양식업체의 손익분기점 판매단가.

완도지역 양식업체의 손익분기점 판매단가는 kg당 최저 5,735원에서 최고 10,492원까지 나타났으며, 평균값은 7,635원이었다. 그리고 평균보다 낮은 양식업체가 8개이고, 평균보다 높은 양식업체가 4개이었다. 완도지역의 양식업체 중 양식손실을 초래한 3개 업체를 제외하고 손익분기점 판매단가를 산출하면 평균값은 6,862원으로 나타났다.

(마) 흑산도지역 양식업체의 손익분기점 판매단가

흑산도지역 양식업체의 손익분기점 판매단가를 산정하여 보면 그림 7-5와 같이 나타났다.

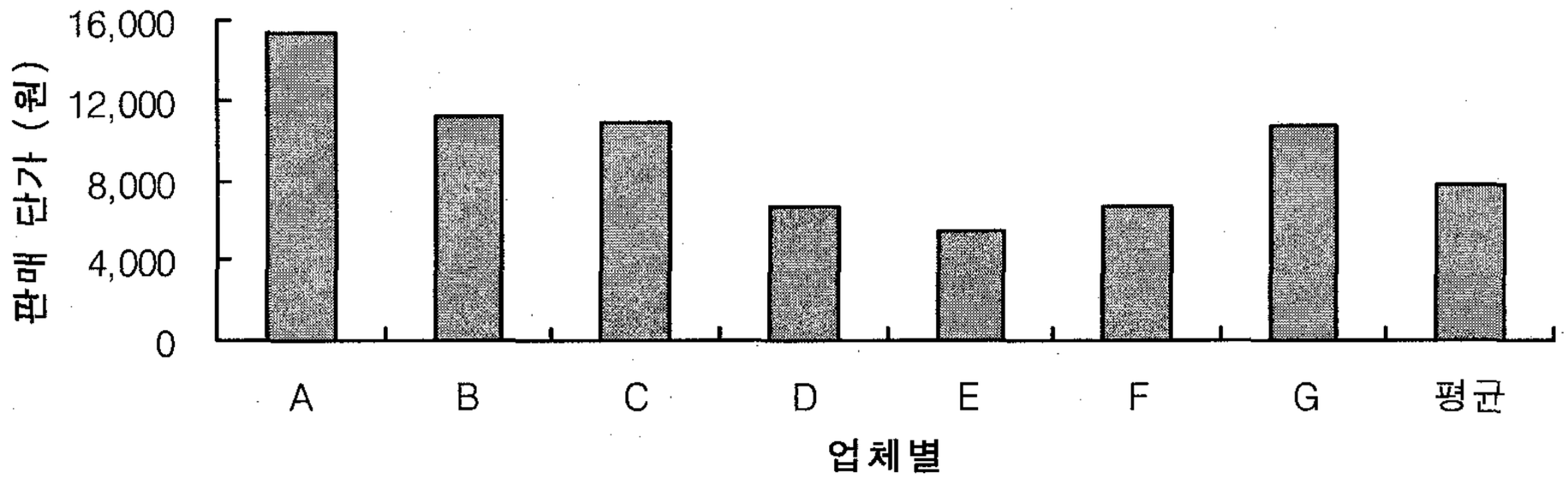


그림 7-5. 흑산도지역 양식업체의 손익분기점 판매단가.

흑산도지역 양식업체의 손익분기점 판매단가는 kg당 최저 5,474원에서 최고 15,406원까지 나타났으며, 평균값은 7,729원이었다. 그리고 평균보다 낮은 양식업체가 3개이고, 평균보다 높은 양식업체가 4개이었다. 흑산도지역의 양식업체 중 양식손실을 초래한 4개 업체를 제외하고 손익분기점 판매단가를 산출하면 평균값은 6,501원으로 나타났다.

(바) 태안·홍성지역 양식업체의 손익분기점 판매단가

태안·홍성지역 양식업체의 손익분기점 판매단가를 산정하여 보면 그림 7-6과 같이 나타났다.

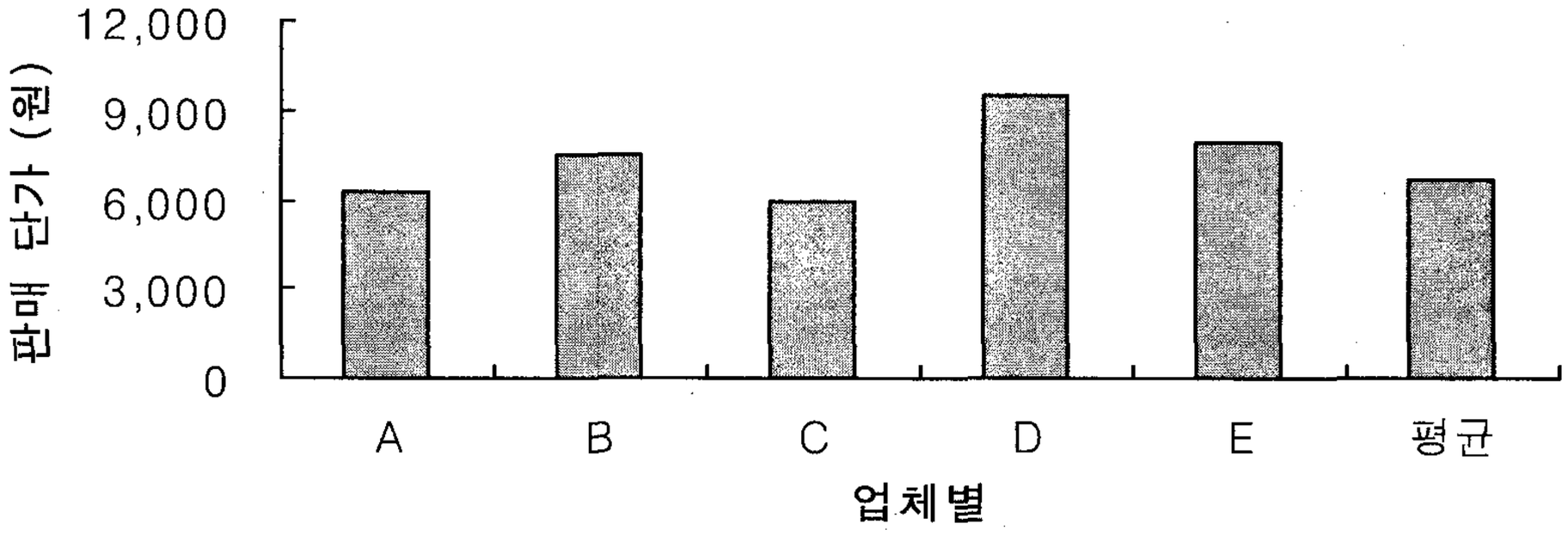


그림 7-6. 태안·홍성지역 양식업체의 손익분기점 판매단가.

태안·홍성지역 양식업체의 손익분기점 판매단가는 kg당 최저 6,000원에서 최고 9,486원까지 나타났으며, 평균값은 6,648원이었다. 그리고 평균보다 낮은 양식업체가 2개이고, 평균보다 높은 양식업체가 3개이었다. 태안·홍성지역의 양식업체 중 양식손실을 초래한 1개 업체를 제외하고 손익분기점 판매단가를 산출하면 평균값은 6,582원으로 나타났다.

(사) 지역별 손익분기점 판매단가의 비교

지역별 손익분기점 판매단가를 비교해 보면 표 7-44와 같다.

표 7-44. 지역별 손익분기 판매단가의 비교

(단위 : 원/kg)

지역	최저값	최고값	평균값	적자업체 제외*	수정평균 값1**	수정평균 값2***
거제	5,564	8,076	6,396	6,240	6,130	6,411
통영	5,703	10,854	6,874	6,514	6,514	6,799
여수	4,415	9,085	6,195	5,707	6,331	6,846
완도	5,735	10,492	7,635	6,862	6,862	6,831
흑산도	5,474	15,406	7,729	6,501	6,501	6,303
태안홍성	6,000	9,486	6,648	6,582	6,570	6,930

* 통영지역을 제외하고는 적자업체를 제외하고 손익분기점을 산출한 값이며, 통영지역의 경우에는 최고값을 제외하고 손익분기점을 산출한 값임.

** 수정평균값1은 예외적으로 높거나 낮은 업체를 제외하고 손익분기점 평균값을 산출한 값이며, 이 경우 지역 전체의 평균값을 산출하였음.

*** 수정평균값2는 예외적으로 높거나 낮은 업체를 제외한 손익분기점을 단순 평균한 값임.

이를 보면, 손익분기점 판매단가는 지역별로 다소 차이가 있지만, kg당 6,000~7,000원 정도일 것으로 판단된다.

(2) 판매가격 변동에 따른 수익성 변동 효과 분석

여기서는 판매가격이 변동할 경우 지역별 규모별로 양식이익과 매출액이익률 및 투자수익률의 상관관계를 비교하였다. 이 경우 가격기준은 완도지역의 500 g 크기 1 kg의 판매가격이 10,000원을 기준가격으로 하기로 한다.

(가) 규모별 가격변동에 따른 양식이익 변동 비교

규모별로 가격변동에 따른 양식이익의 변동을 지역별로 비교하면 표 7-45와 같다.

표 7-45. 가격변동에 따른 양식이익 변동의 지역별 비교

(단위 : 천원)

규모(ha)	구분	거제	통영	여수	완도	흑산도	태안·홍성
0.25	30%하락	-57,744	-64,606	-47,143	-42,036	-30,136	-29,094
	20%하락	-44,032	-51,155	-33,844	-24,937	-20,219	-15,785
	10%하락	-30,321	-37,705	-20,545	-7,838	-10,303	-2,477
	기준값	-16,609	-24,255	-7,246	9,260	-387	10,832
	10%상승	-2,897	-10,804	6,054	26,359	9,529	24,140
	20%상승	10,815	2,646	19,353	43,458	19,446	37,448
	30%상승	24,527	16,096	32,652	60,557	29,362	50,757
0.75	30%하락	-109,352	-144,933	-85,711	-62,440	-32,126	-31,716
	20%하락	-65,357	-101,777	-43,039	-7,577	-309	10,985
	10%하락	-21,361	-58,620	-367	47,286	31,508	53,687
	기준값	22,635	-15,463	42,305	102,149	63,325	96,388
	10%상승	66,631	27,693	84,977	157,012	95,142	139,089
	20%상승	110,627	70,850	127,649	211,875	126,959	181,791
	30%상승	154,623	114,007	170,321	266,738	158,777	224,492
1.25	30%하락	-117,020	-154,135	-89,273	-53,759	-25,116	-26,753
	20%하락	-61,351	-99,527	-35,278	15,661	17,072	27,278
	10%하락	-5,681	-44,919	18,716	85,082	59,259	81,310
	기준값	49,989	9,689	72,711	154,502	101,447	135,342
	10%상승	105,659	64,296	126,705	223,922	143,634	189,374
	20%상승	161,329	118,904	180,700	293,342	185,822	243,405
	30%상승	216,999	173,512	234,694	362,763	228,009	297,437

0.25ha 규모의 경우 판매가격률 상승으로 인한 양식이익의 증가 효과는 완도지역이 가장 높고, 그 다음이 태안·홍성지역이다. 그리고 여수, 거제, 흑산도지역의 순이며, 통영지역의 판매가격률 상승효과가 가장 낮은 것을 알 수 있다.

0.75ha 규모의 경우 판매가격률 상승으로 인한 양식이익의 증가 효과는 완도지역이 가장 높고, 그 다음이 태안·홍성지역이다. 그리고 여수,

거제, 흑산도지역의 순이며, 통영지역의 판매가격률 상승효과가 가장 낮은 것을 알 수 있다.

1.25ha 규모의 경우에도 판매가격률 상승으로 인한 양식이익의 증가효과는 완도지역이 가장 높고, 그 다음이 태안·홍성지역이다. 그리고 여수, 거제, 흑산도지역의 순이며, 통영지역의 판매가격률 상승효과가 가장 낮은 것을 알 수 있다.

(나) 가격변동에 따른 매출액양식이익률 변동 효과 분석

가격변동이 매출액 양식이익률에 미치는 영향을 살펴보기 위해 양식장 규모별로 30% 하락에서 30% 상승까지 변환시켜 분석해 보면 표 7-46과 같다.

표 7-46. 가격변동에 따른 매출액양식이익률 변동의 지역별 비교

(단위 : %)

규모(ha)	구분	거제	통영	여수	완도	흑산도	태안·홍성
0.25	30%하락	-59.6	-67.9	-50.1	-34.8	-42.1	-30.9
	20%하락	-39.7	-47.1	-31.5	-18.0	-24.7	-14.7
	10%하락	-24.3	-30.8	-17.0	-5.0	-11.2	-2.0
	기준값	-12.0	-17.9	-5.4	5.4	-0.4	8.1
	10%상승	-1.9	-7.2	4.1	13.9	8.5	16.3
	20%상승	6.5	1.6	12.0	21.0	15.9	23.2
	30%상승	13.6	9.1	18.7	27.0	22.1	29.0
0.75	30%하락	-35.2	-47.5	-28.4	-16.1	-14.0	-10.5
	20%하락	-18.4	-29.2	-12.5	-1.7	-0.1	3.2
	10%하락	-5.3	-14.9	-0.1	9.5	10.7	13.8
	기준값	5.1	-3.5	9.8	18.4	19.3	22.3
	10%상승	13.6	5.8	17.9	25.8	26.4	29.3
	20%상승	20.7	13.5	24.7	31.9	32.3	35.1
	30%상승	26.8	20.1	30.4	37.0	37.2	40.0
1.25	30%하락	-29.7	-39.9	-23.4	-11.0	-8.2	-7.0
	20%하락	-13.6	-22.6	-8.1	2.8	4.9	6.2
	10%하락	-1.1	-9.0	3.8	13.5	15.1	16.6
	기준값	8.9	1.8	13.3	22.0	23.3	24.8
	10%상승	17.1	10.6	21.1	29.0	30.0	31.5
	20%상승	23.9	18.0	27.6	34.9	35.6	37.2
	30%상승	29.7	24.2	33.1	39.8	40.3	41.9

0.25ha 규모의 경우 판매가격률 상승으로 인한 매출액양식이익률의 증가 효과는 태안·홍성지역이 가장 높고, 그 다음이 완도지역이다. 그리고 흑산도, 여수, 거제지역의 순이며, 통영지역은 판매가격률 상승에 따른 매출액양식이익률 변동 효과가 가장 낮은 것으로 나타났다.

0.75ha 규모의 경우 판매가격률 상승으로 인한 매출액양식이익률의 증가 효과는 태안·홍성지역이 가장 높고, 그 다음이 흑산도지역과 완도지역이다. 그리고 여수, 거제지역의 순이며, 통영지역은 판매가격률 상승에 따른 매출액양식이익률 변동 효과가 가장 낮은 것으로 나타났다.

1.25ha 규모의 경우 판매가격률 상승으로 인한 매출액양식이익률의 증가 효과는 태안·홍성지역, 흑산도지역 및 완도지역이 미세한 차이로 앞서고 있다. 그 다음으로 여수, 거제지역이며, 통영지역은 판매가격률 상승에 따른 매출액양식이익률 변동 효과가 가장 낮은 것으로 나타났다.

(다) 투자수익률 변동 효과 분석

가격변동이 투자수익률에 미치는 영향을 규모별, 지역별로 비교하면 표 7-47과 같다.

0.25ha 규모의 경우 판매가격률 상승으로 인한 투자수익률의 증가 효과는 완도지역이 가장 높고, 그 다음이 태안·홍성지역이다. 그리고 여수, 거제, 흑산도지역의 순이며, 통영지역은 판매가격률 상승에 따른 투자수익률 변동 효과가 가장 낮은 것으로 나타났다.

0.75ha 규모의 경우 판매가격률 상승으로 인한 투자수익률의 증가 효과는 완도지역이 가장 높고, 그 다음이 태안·홍성지역이다. 그리고 여

표 7-47. 가격변동에 따른 투자수익률 변동의 지역별 비교

(단위 : %)

규모(ha)	구분	거제	통영	여수	완도	흑산도	태안·홍성
0.25	30%하락	-33.0	-36.9	-26.9	-24.0	-17.2	-16.6
	20%하락	-25.2	-29.2	-19.3	-14.2	-11.6	-9.0
	10%하락	-17.3	-21.5	-11.7	-4.5	-5.9	-1.4
	기준값	-9.5	-13.9	-4.1	5.3	-0.2	6.2
	10%상승	-1.7	-6.2	3.5	15.1	5.4	13.8
	20%상승	6.2	1.5	11.1	24.8	11.1	21.4
	30%상승	14.0	9.2	18.7	34.6	16.8	29.0
0.75	30%하락	-20.8	-27.6	-16.3	-11.9	-6.1	-6.0
	20%하락	-12.4	-19.4	-8.2	-1.4	-0.1	2.1
	10%하락	-4.1	-11.2	-0.1	9.0	6.0	10.2
	기준값	4.3	-2.9	8.1	19.5	12.1	18.4
	10%상승	12.7	5.3	16.2	29.9	18.1	26.5
	20%상승	21.1	13.5	24.3	40.4	24.2	34.6
	30%상승	29.5	21.7	32.4	50.8	30.2	42.8
1.25	30%하락	-13.4	-17.6	-10.2	-6.1	-2.9	-3.1
	20%하락	-7.0	-11.4	-4.0	1.8	2.0	3.1
	10%하락	-0.6	-5.1	2.1	9.7	6.8	9.3
	기준값	5.7	1.1	8.3	17.7	11.6	15.5
	10%상승	12.1	7.3	14.5	25.6	16.4	21.6
	20%상승	18.4	13.6	20.7	33.5	21.2	27.8
	30%상승	24.8	19.8	26.8	41.5	26.1	34.0

수, 거제, 흑산도지역의 순이며, 통영지역은 판매가격률 상승에 따른 투자수익률 변동 효과가 가장 낮은 것으로 나타났다.

1.25ha 규모의 경우 판매가격률 상승으로 인한 투자수익률의 증가 효과는 완도지역이 가장 높고, 그 다음이 태안·홍성지역이다. 그리고 여수, 거제, 흑산도지역의 순이며, 통영지역은 판매가격률 상승에 따른 투자수익률 변동 효과가 가장 낮은 것으로 나타났다.

(3) 주요변수 변동효과 분석

조피볼락 판매가격, 생존율, 사료비 및 종묘비의 변동이 지역별 규모별로 양식이익과 매출액양식이익률 및 투자수익률에 얼마나 영향을 미치는지를 분석해 보기로 한다.

(가) 주요변수 변동에 따른 양식이익 변동 효과 분석

조피볼락의 판매단가, 생존율, 사료비 및 종묘비가 증가하거나 감소하였을 경우 규모별로 지역별에 따른 양식이익에 얼마나 영향을 미치는지를 분석한 결과는 표 7-48과 같다.

표 7-48. 주요변수 변동이 양식이익에 미치는 영향

(단위 : 천원)

규모별 (ha)	지역	판매가격10% 상승	생존율10% 증가	사료비10% 절감	종묘가격10% 상승
0.25	거제	13,712	6,914	6,798	-1,655
	통영	13,450	5,423	8,027	-1,813
	여수	13,299	7,218	6,082	-1,673
	완도	17,099	9,600	7,499	-1,695
	흑산도	9,916	6,309	3,607	-711
	태안・홍성	13,308	8,398	4,910	-1,380
0.75	거제	43,996	23,568	20,428	-5,204
	통영	43,157	19,037	24,119	-5,699
	여수	42,672	24,398	18,274	-5,258
	완도	54,863	32,329	22,534	-5,327
	흑산도	31,817	20,979	10,839	-2,235
	태안・홍성	42,701	27,946	14,755	-4,337
1.25	거제	55,670	33,739	21,931	-7,373
	통영	54,608	28,713	25,894	-8,074
	여수	53,995	34,375	19,619	-7,449
	완도	69,420	45,228	24,192	-7,547
	흑산도	42,188	29,994	12,194	-3,318
	태안・홍성	54,032	38,191	15,841	-6,144

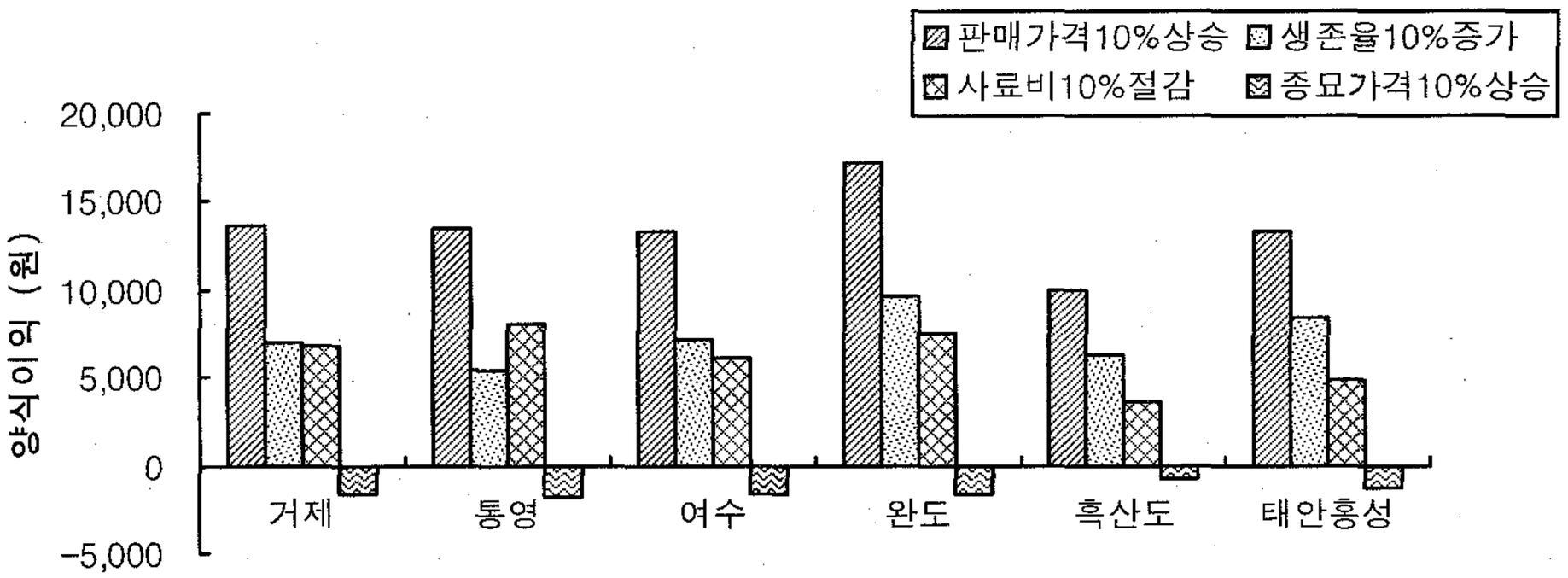


그림 7-7. 주요변수 변동의 양식이익 변동 효과(0.25ha 규모).

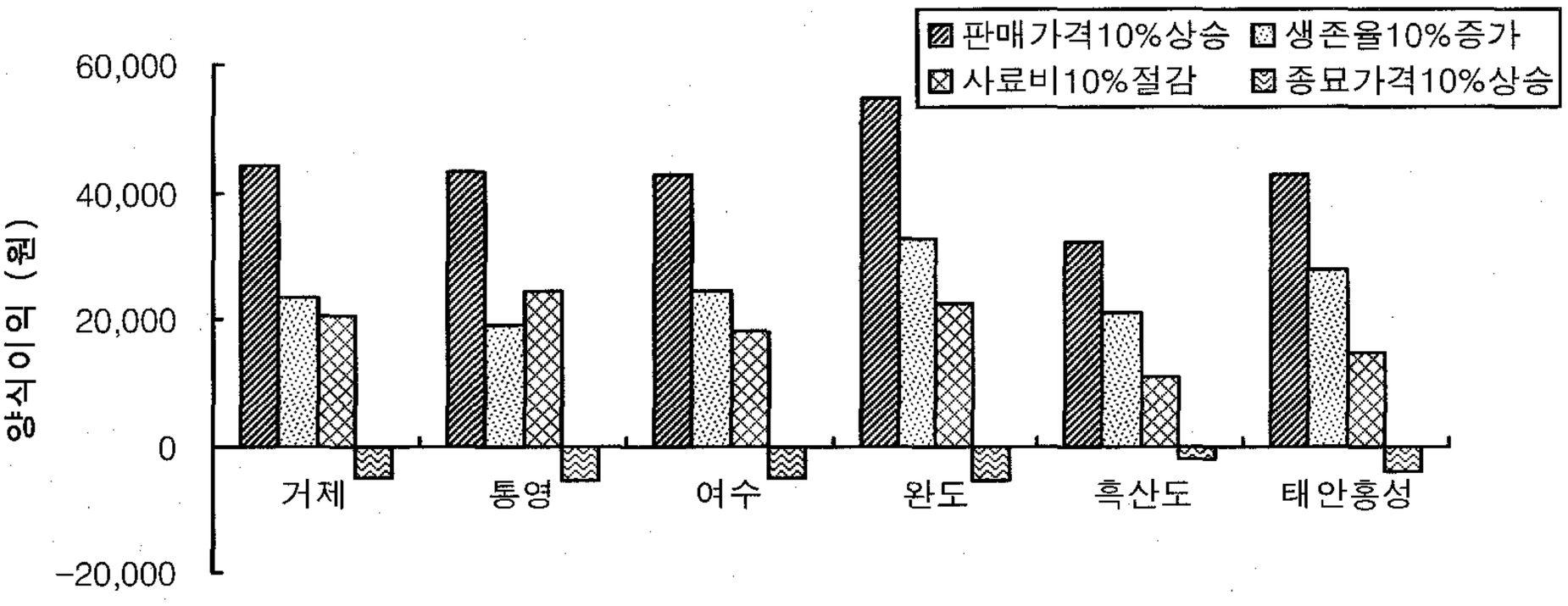


그림 7-8. 주요변수 변동의 양식이익 변동 효과(0.75ha 규모).

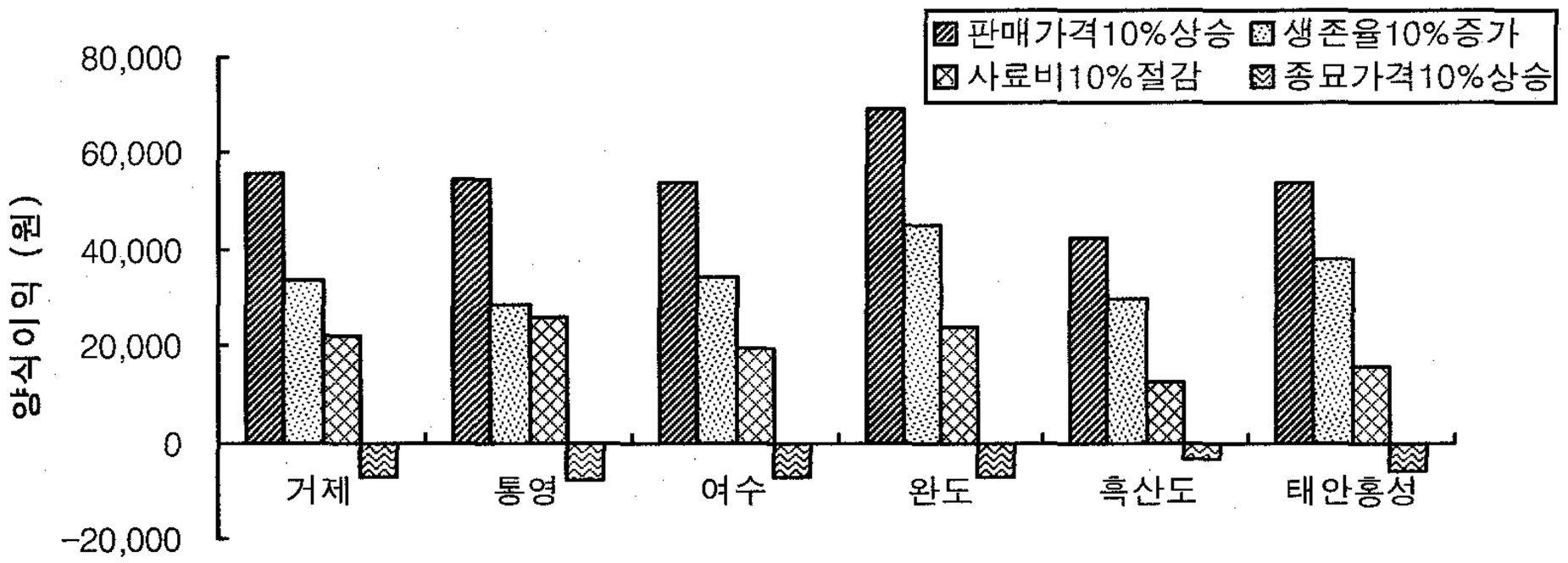


그림 7-9. 주요변수 변동의 양식이익 변동 효과(1.25ha 규모).

그림 7-7, 7-8, 7-9를 보면, 판매가격의 변동 효과 가장 높고, 그 다음이 생존율 변동, 사료비 변동, 종묘가격 변동의 순임을 알 수 있다. 다만 통영지역의 경우에는 사료비 변동의 영향이 생존율 변동의 영향 보다 더욱 높은 것으로 나타났다.

(나) 주요변수 변동에 따른 매출액양식이익률 변동 효과 분석

판매가격 상승, 생존율 증가, 사료비 절감, 종묘가격 상승 등 주요 변수 변동에 대한 규모별로 지역에 따른 매출액양식이익률을 표 7-49에 나타내었다.

표 7-49. 주요변수 변동이 매출액양식이익률에 미치는 영향

(단위 : %)

규모별 (ha)	지역	판매가격10% 상승	생존율10% 증가	사료비10% 절감	종묘가격10% 상승
0.25	거제	10.1	5.6	4.9	-1.2
	통영	10.6	5.3	5.9	-1.3
	여수	9.5	5.4	4.5	-1.2
	완도	8.5	4.6	4.3	-1.0
	흑산도	8.9	5.6	3.5	-0.7
	태안·홍성	8.3	4.9	3.7	-1.0
0.75	거제	8.5	4.4	4.6	-1.2
	통영	9.3	4.3	5.5	-1.3
	여수	8.1	4.3	4.2	-1.2
	완도	7.3	3.6	4.1	-1.0
	흑산도	7.1	4.1	3.3	-0.7
	태안·홍성	7.0	3.9	3.4	-1.0
1.25	거제	8.2	4.6	3.9	-1.3
	통영	8.8	4.6	4.7	-1.5
	여수	7.8	4.5	3.6	-1.4
	완도	7.0	3.9	3.5	-1.1
	흑산도	6.7	4.1	2.8	-0.8
	태안·홍성	6.7	4.1	2.9	-1.1

그림 7-10, 7-11, 7-12를 보면, 판매가격 10% 증가에 따른 지역별로 비교해 보면, 판매가격 변동이 매출액양식이익률에 미치는 영향은 통영지역과 거제지역이 가장 많고, 그 다음으로 여수, 흑산도, 완도지역의 순이고, 태안·홍성지역이 가장 낮은 것을 알 수 있다. 통영과 거제지역이 이렇게 매출액양식이익률 변동이 높은 이유는 적자가 많이 발생되기 때문에 판매가격의 변동에 따른 영향을 더욱 많이 받는 것이다.

생존율 10% 증가에 따른 매출액양식이익률에 미치는 영향은 흑산도지역과 거제지역이 가장 많고, 그 다음으로 여수, 통영, 태안·홍성지역의 순이며, 완도지역이 가장 낮은 것으로 나타났다.

사료비 변동이 매출액양식이익률에 미치는 영향은 통영지역이 가장 많고, 그 다음으로 거제, 여수, 완도, 태안·홍성지역의 순이며, 흑산도지역이 가장 낮은 것을 알 수 있다.

종묘비 변동이 매출액양식이익률에 미치는 영향은 통영지역이 가장 많고, 그 다음으로 여수와 거제지역은 유사한 편이며, 그리고 태안·홍성지역 및 완도지역은 이보다 다소 낮으며, 흑산도지역은 현저히 낮은 것을 알 수 있다.

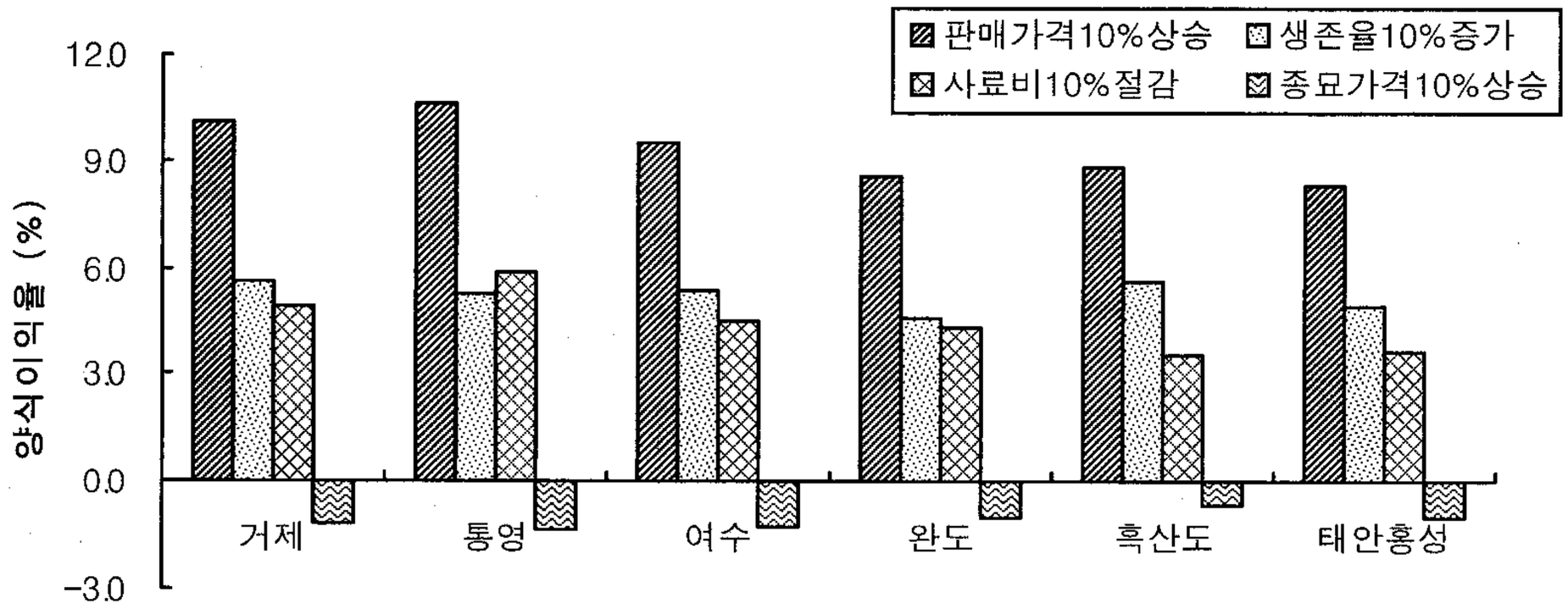


그림 7-10. 주요변수 변동의 매출액양식이익률 변동 효과(0.25ha 규모).

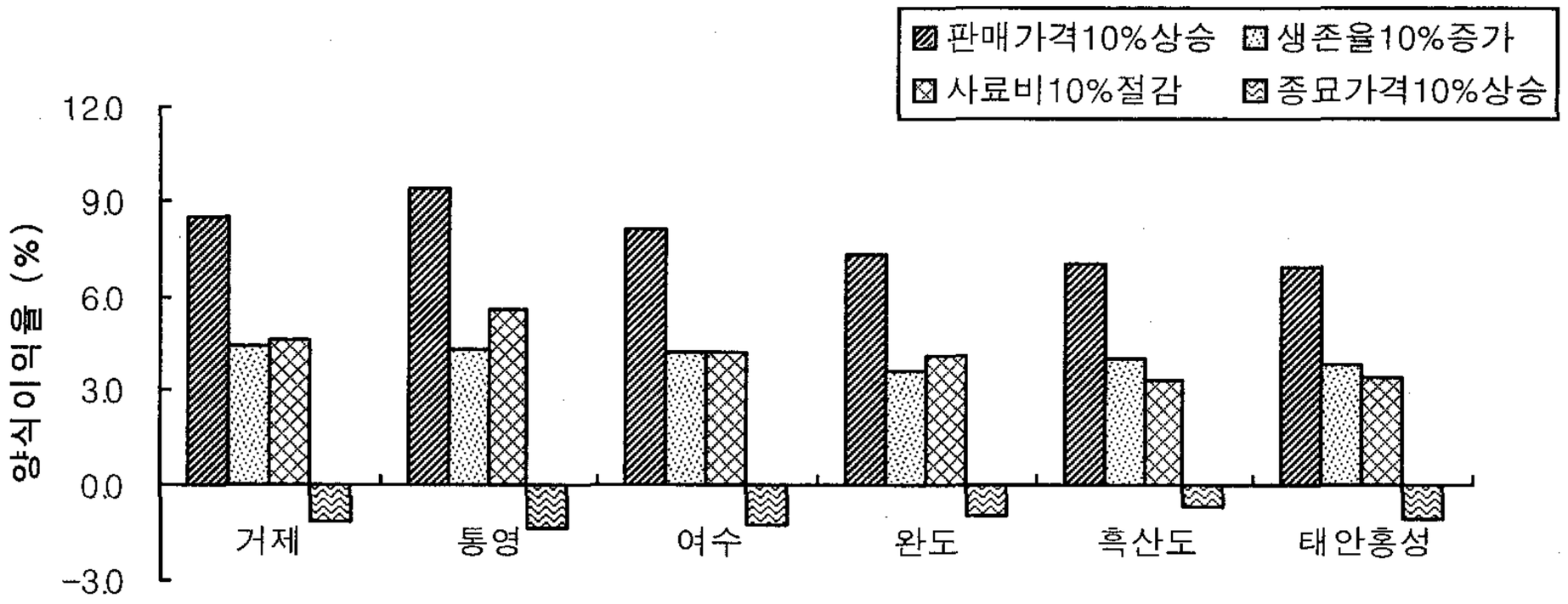


그림 7-11. 주요변수 변동의 매출액양식이익률 변동 효과(0.75ha 규모).

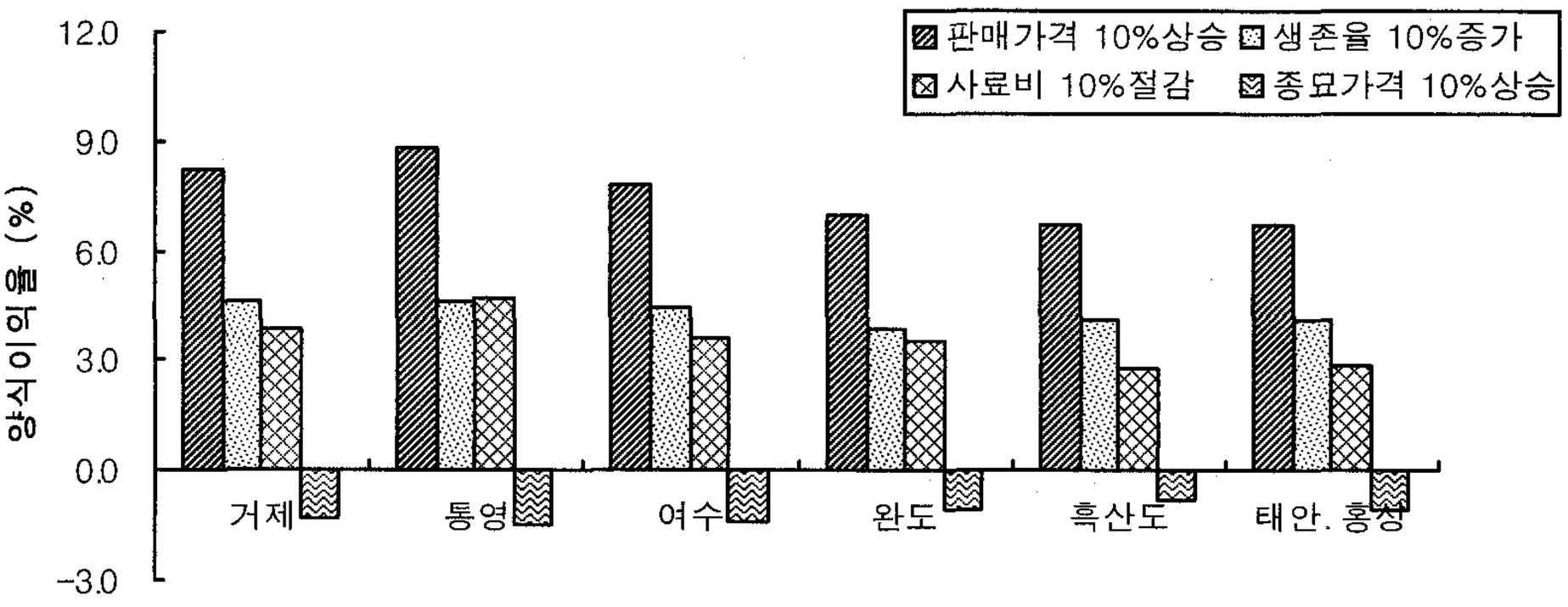


그림 7-12. 주요변수 변동의 매출액양식이익률 변동 효과(1.25ha 규모).

(다) 주요변수 변동에 따른 투자수익률 변동 효과 분석

판매가격 상승, 생존율 증가, 사료비 절감, 종묘가격 상승 등 주요 변수 변동에 대한 규모별로 지역에 따른 투자수익률을 표 7-50에 나타내었다.

표 7-50. 주요변수 변동이 투자수익률에 미치는 영향

(단위 : %)

규모별(ha)	지역	판매가격10% 상승	생존율10% 증가	사료비10% 절감	종묘가격 10%상승
0.25	거제	7.8	4.0	3.9	-0.9
	통영	7.7	3.1	4.6	-1.0
	여수	7.6	4.1	3.5	-1.0
	완도	9.8	5.5	4.3	-1.0
	흑산도	5.7	3.6	2.1	-0.4
	태안·홍성	7.6	4.8	2.8	-0.8
0.75	거제	8.4	4.5	3.9	-1.0
	통영	8.2	3.6	4.6	-1.1
	여수	8.1	4.6	3.5	-1.0
	완도	10.5	6.2	4.3	-1.0
	흑산도	6.1	4.0	2.1	-0.4
	태안·홍성	8.1	5.3	2.8	-0.8
1.25	거제	6.4	3.9	2.5	-0.8
	통영	6.2	3.3	3.0	-0.9
	여수	6.2	3.9	2.2	-0.9
	완도	7.9	5.2	2.8	-0.9
	흑산도	4.8	3.4	1.4	-0.4
	태안·홍성	6.2	4.4	1.8	-0.7

그림 7-13, 7-14, 7-15를 보면, 판매가격의 변동 효과가 가장 높고, 그 다음이 생존율 변동, 사료비 변동, 종묘가격 변동의 순임을 알 수 있다. 다만 통영지역의 경우에는 사료비 변동의 영향이 생존율 변동의 영향보다 더욱 높은 것으로 나타났다. 이러한 지역 간의 차이를 보다 구체적으로 보기 위하여 변수별로 살펴보기로 한다.

판매가격 10% 상승이 투자수익률에 미치는 영향은 완도지역이 가장 크고, 그 다음으로 거제, 통영, 여수, 태안·홍성지역이 미세한 차이가

있을 뿐이며, 그리고 흑산도지역이 가장 적은 것을 알 수 있다.

생존율 10% 상승이 투자수익률에 미치는 영향은 완도지역이 가장 크고, 그 다음으로 태안·홍성지역이며, 여수와 통영지역은 이보다 조금 낮으면서 유사하고, 그리고 흑산도지역의 순이며, 통영지역이 가장 적은 것으로 나타났다.

사료비 10% 절감이 투자수익률에 미치는 영향은 통영지역이 가장 크고, 그 다음으로 완도, 거제, 여수, 태안·홍성지역의 순이며, 흑산도지역이 가장 적은 것을 알 수 있다.

종묘비 10% 절감이 투자수익률에 미치는 영향은 통영지역이 가장 크고, 그 다음으로 완도, 여수, 거제지역은 유사한 편이며, 그리고 태안·홍성지역은 이보다 다소 적으며, 흑산도지역은 현저히 영향이 적음을 알 수 있다.

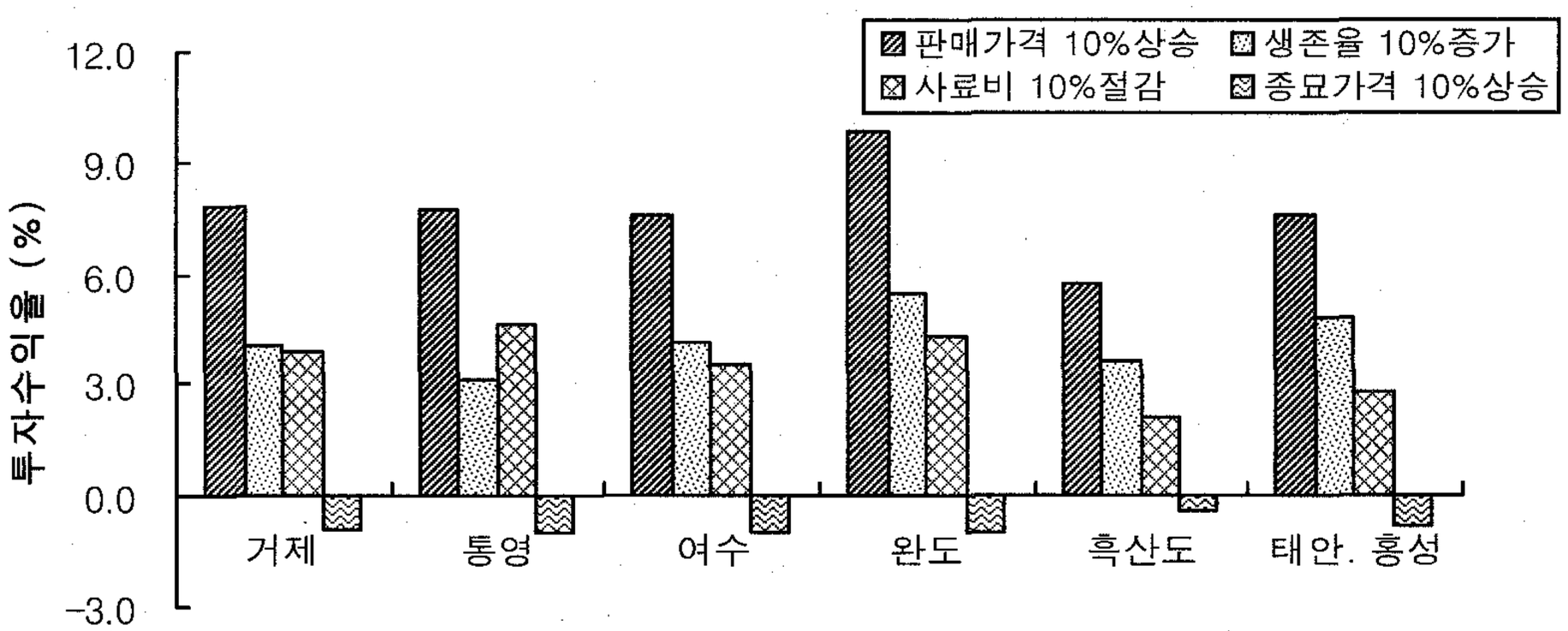


그림 7-13. 주요변수 변동의 투자수익률 변동 효과(0.25ha 규모).

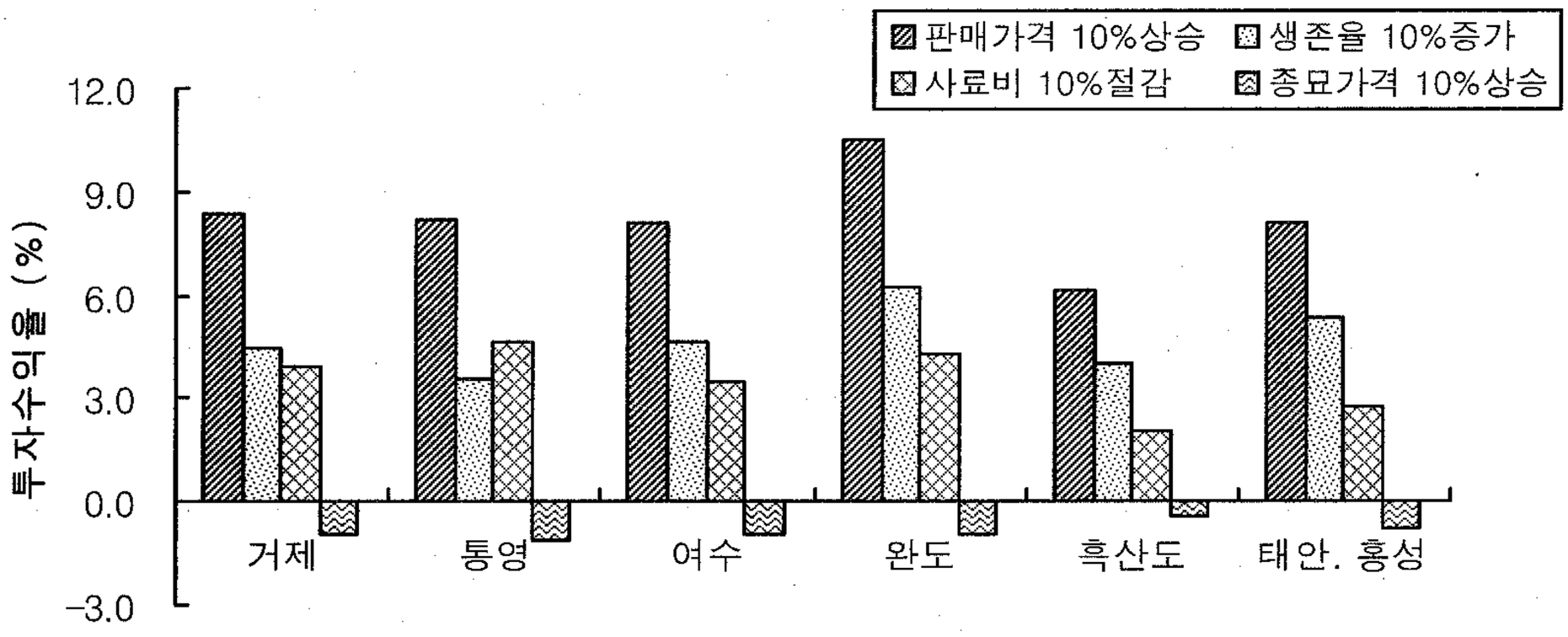


그림 7-14. 주요변수 변동의 투자수익률 변동 효과(0.75ha 규모).

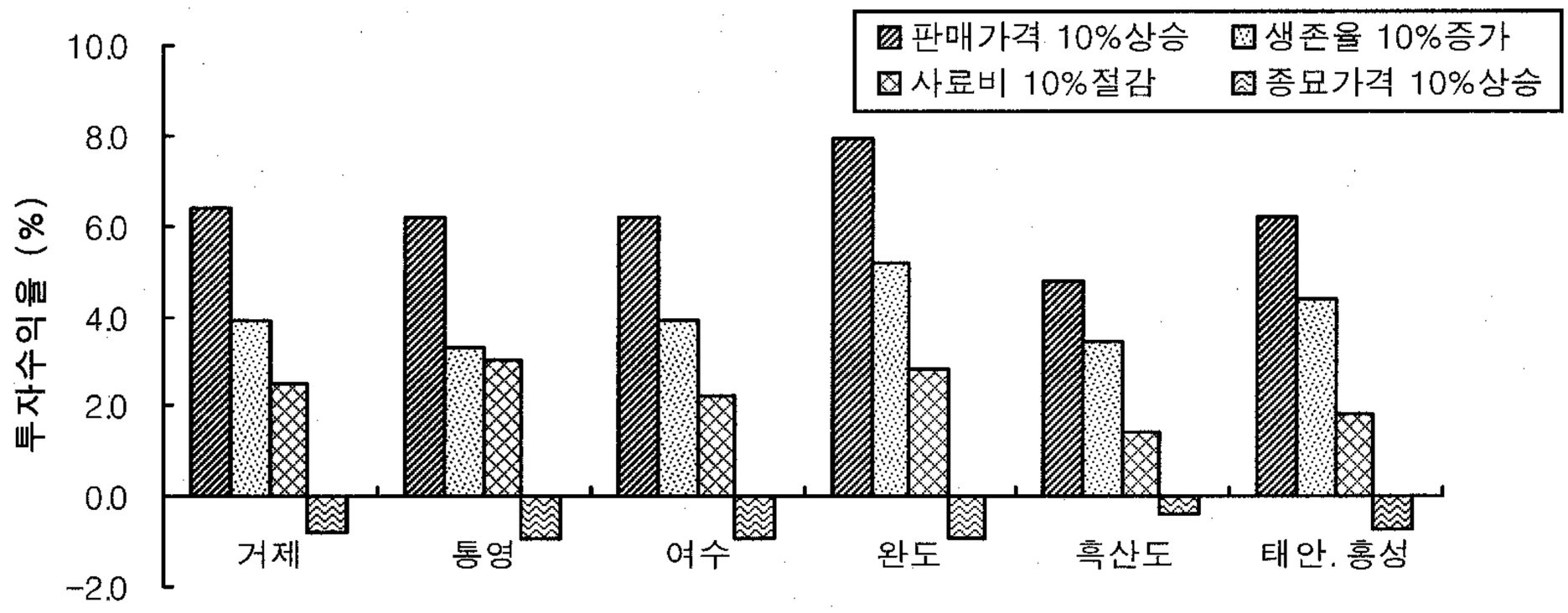


그림 7-15. 주요변수 변동의 투자수익률 변동 효과(1.25ha 규모).

바. 조피볼락 양식 민감도 분석

(1) 조피볼락 양식비용의 특성 분석

조피볼락 양식장 수익성 분석의 중요한 요소는 조사대상 양식장들이 양식경영의 특성상 어느 정도 동질성이 있는가 하는 것을 판단하는 것

이 중요하다. 왜냐하면 조사대상이 된 양식장들 간에 양식경영에 있어서 동질성이 없다고 판단된다면 양식장의 분석대상은 개별양식장이 되어야 할 것이고, 또한 양식장간의 양식경영 표준화도 이러한 관점에서 이루어져야 할 것이기 때문이다. 조피볼락의 가두리양식장은 서해와 남해에 대부분 존재하며 동해안에 있는 중층가두리 양식장은 한정된 지역의 몇 개에 불과하므로 동해안의 중층가두리 양식장은 분석대상에서 제외하였다. 본 연구에서는 연구 분석과정에서의 효율성과 연구결과 적용에서의 유용성 측면에서 양식장을 분류한 다음, 분류한 양식장을 기준으로 하여 양식비용에 대한 특성을 분석하고자 한다.

(가) 양식장의 분류

양식장은 수익성 기준, 규모기준, 비용구조기준, 양식경영방법상의 특성 등 매우 다양한 기준에 의하여 분류할 수 있다. 하지만 양식장에서 가장 중요한 변수가 자연적인 양식조건이라고 생각할 때, 양식장의 분류는 양식자연환경과 관련된 변수들을 이용하여 분류하는 것이 타당할 것으로 생각된다. 따라서 이 장에서는 다음과 같은 방법으로 양식장을 분류하였다.

① 수익성 분석을 위한 양식장 분류

ⓐ 조사대상 업체 : 조사양식장 58개 중 치어생산업체, 중층가두리 양식업체 및 Missing data를 제외한 45개 양식업체를 대상으로 하였다.

ⓑ 양식장 분류에 이용된 변수

- 연간 평균성장량 : 평균성어중량 및 평균육성기간으로부터 추정
- 양식장의 최저수온과 최고수온
- 양식장의 평균수심
- 사료비/양식kg, 사료비/마리

- 양식밀도(면적 및 부피)
- 생존율
- 생산량(면적 및 부피)
- 양식기간, 성어의 크기, 치어크기, 치어가격, 복합 양식률

ⓒ 분석방법 : 군집분석을 실시하였으며, 본 분석을 위하여 통계 프로그램으로 SPSS12를 이용하였다. 분석은 집단을 2개의 군집으로부터 4개 군집까지 분석하였다.

ⓓ 분석결과 : 군집분석결과 지역간의 분류는 여수와 통영지역이 분산이 크게 나타나 명확하게 구분되지 않았다. 이들의 결과를 요약하면 다음 표 7-51과 같다.

표 7-51. 군집분석의 결과요약

	군집=2인 경우			군집=3인 경우			군집=4인 경우		
거제	1	5	1	1	4	1	2	1	3
여수	5	4	4	4	1	2	3		4
완도	11	1		9	3	6	5		1
태안	3			3		2	1		
통영	3	3		1	5		3		3
홍성	2			2		2			
흑산도	7			6	1	6	1		
계	32	13	5	26	14	19	14	1	11

표 7-51의 결과를 보면 군집을 2로 하는 경우 지역간의 분리가 너무 많이 나타나고, 군집을 4로 하는 경우 내용적 타당성이 낮아 보이며, 군집을 3으로 하는 경우 결과의 설명력이 높게 나타난다. 군집을 3으로 할 때 자료의 이용에서 통영지역의 경우 유용성이 있는 것으로 판단되어 이를 선택하였다.

군집분석에 이용된 통계의 결과를 이용의 관점에서 정리한 결과는 7-52와 같다.

표 7-52. 군집분석의 통계량

분산분석

	군집		오차		F	유의확률
	평균제곱	자유도	평균제곱	자유도		
최저수온	20.0489	2	3.063	42	6.664	0.003
양식면적	0.748	2	0.240	42	3.114	0.055
양식밀도/면적	5.68E+09	2	59198857	42	96.007	0.000
생산량/면적	2.44E+08	2	7238114	42	33.710	0.000
사료비/ea	75549306	2	237005.6	42	3.188	0.051
성장율	5474.258	2	1732.087	42	3.160	0.053
생존율	0.31	2	0.015	42	2.155	0.129
출하크기	29040.079	2	4453.118	42	6.521	0.003
가두리깊이	2.741	2	1.147	42	2.390	0.055
가격/kg	12658532	2	2141725	42	7.3119	0.002

최종 군집중심간 거리

군집	1	2	3
1		47695.822	22985.164
2	47695.822		24902.023
3	22985.164	24902.023	

분석결과의 통계 결과는 다음과 같다.

양식장 분류에서 가장 유의한 변수는 자연환경변수로는 최저수온이었으며 양식 환경변수로는 양식밀도, 생산량/면적, 가격, 출하크기, 최저수온, 사료비/kg, 등 이었고 생존율, 양식기간은 유의수준 0.05에서 유의성을 나타내지 않았다.

군집=3으로 하는 경우 변수들의 군집 중심 값은 표 7-53과 같다.

이러한 군집분석의 결과를 기준으로 범주는 다음과 같이 구분할 수

있다. 향후 비용분석과 민감도 분석은 아래의 세 범주로 나누어 분석하고자 한다.

① 지역 1 : 남해와 인접한 여수 일부분 해역
② 지역 2 : 완도, 홍성, 태안, 흑산도 그리고 여수 일부를 포함하는 서해안해역
③ 지역 3 : 통영, 거제를 중심으로 완도 일부분 포함하는 남해안해역

표 7-53. 최종 군집중심

변수	군집 1	2	3
실제 양식면적(ha)	0.40	0.76	0.39
가두리 깊이(m)	4.5	4.9	5.5
평균수심(m)	9.8	10.6	13.1
최고수온(c)	27.1	26.9	26.3
최저수온(c)	6.2	5.7	7.8
복합양식율(%)	82	87	78
치어가격(원)	176	192	211
치어크기(cm)	4.4	5.4	5.3
양식기간(개월)	23.8	23.2	21.0
생존율(%)	65	54	59
추정생존율(%)	61	56	59
가격/kg	5,995	8,431	7,222
사료비/kg	2,869	3,479	3,985

(나) 양식 비용 특성 분석

양식비용의 특성분석은 군집분석의 결과로 구분된 지역을 범주로 나누어 분석되었으며 규모에 따른 분석을 하였다. 규모는 자료의 규모별 빈도에 따라 0.4ha 이하(자료 수는 18), 0.4~0.8ha(자료 수는 18개), 0.8ha 이상(자료 수는 9개) 세 집단으로 구분하였다. 이는 소규모, 중규모, 대규

모 구분으로 생각할 수 있으며 앞 장에서의 분석과 연계를 위한 것이다.

해상가두리 양식비용 중 인건비, 사료비, 종묘비, 시설비용 등은 비중이 크며, 양식경영방법에 따라 지역간 차이가 나타나는 비용항목이라고 할 수 있다. 양식비용 중 인건비, 사료비 등은 직접비용의 성격이 반면에 시설비용과 같은 자본비용은 간접비용의 성격을 가지고 있다. 본 분석에서는 지역간, 개별업체간 지역간 편차가 심한 시설비는 표준화가 어려워 분석대상에서 제외하였다.

① 인건비

지역별, 규모별 인건비는 표 7-54, 표 7-55와 같다. 이들 표에서 보면 인건비의 특성은 다음과 같이 분석되었다.

첫째, 가두리 면적을 ha로 할 경우 인건비는 남해·완도지역이 가장 높고 여수지역, 서해안지역 순으로 나타나고 있으나 자가인건비를 제외하는 경우는 여수지역 다음으로 남해안지역, 서해안지역으로 나타나고 있다. 이것은 상대적으로 서해안지역보다 여수·남해지역이 인건비가 높다는 것을 의미하며, 또한 자가인건비를 포함하는 경우와 포함하지 않는 경우의 차이가 큰 서해안지역이 다른 지역보다는 자가노동을 많이 하고 있다는 것을 의미한다.

둘째, 표 7-54의 지역별 인거비를 보면 자가인건비를 포함하는 경우와 포함하지 않는 두 경우에 평당인건비를 보면 완도를 포함하는 서해안지역이 높게 나타나고 있다. 이것을 ha당 인건비의 값을 대비하여 보면 서해안지역이 상대적인 저임금 작업자를 이용하고 있으며, 작업강도는 서해안지역의 평균 가두리면적이 2배인 것을 고려하면 다른 지역보다는 강하다는 것을 알 수 있다. 이것을 투입과 산출의 관점에서 보면 노동력을 효율적으로 이용한다는 것을 의미한다.

셋째, 표 7-55의 규모별 인건비를 보면 규모가 작을수록 자가노동을 많이 한다는 것을 알 수 있으며, 규모가 커질수록 ha당 인건비는 감소하는 것으로 보아 인력관리를 좀 더 효과적으로 하는 것을 알 수 있다.

넷째, 표 7-54와 표 7-55의 자료를 연결하여 보면 0.4ha 이하의 작은 규모의 양식장에서 종업원 평균 인건비는 낮지만 ha당 인건비는 40%이상 높은 것을 보면 0.4ha 미만의 작은 규모의 양식장에서 노동력이 과잉으로 투입되고 있는 것을 알 수 있으며, 0.4~0.8ha 규모의 양식장에서 관리자 역할을 하는 어업인의 작업강도가 적합함을 볼 수 있다.

다섯째, 방문조사의 결과에 따르면 자가노동을 하는 수조면적 0,4ha 이하의 적은 규모의 양식장과 종업원의 수가 1~2명 이하를 고용하는 양식장에서 일용작업자를 많이 이용하고 있었으며, 종업원의 규모가 3~4명 이상인 경우에는 일용작업자를 거의 이용하지 않았다. 일용작업자 이용은 선별과 밀도 조정 작업을 하는 경우가 대부분이었으며 지역별 가용 노동력에 따라 편차가 있었다.

표 7-54. 지역별 인건비

(단위 : 천원)

	지역	인건비 (자가포함)	인건비 (자가제외)	인건비 (자가포함)/ha	인건비 (자가제외)/ha
평균	지역 1	34,200	23,566	87,269	57,897
	지역 2	53,699	27,920	86,651	42,726
	지역 3	37,153	21,551	96,862	53,981
	전체	46,385	25,455	89,896	47,913
표준편차	지역 1	16,886	13,142	28,208	14,002
	지역 2	31,974	18,482	42,902	19,566
	지역 3	27,020	16,627	41,267	18,905
	전체	29,968	17,329	40,543	19,491
범위	최대	144,000	80,040	236,250	94,588
	최소	5,990	3,410	40,000	16,800

표 7-55. 규모별 인건비

(단위 : 천원)

	규모(ha)	인건비 (자가포함)	인건비 (자가제외)	인건비 (자가포함)/ha	인건비 (자가제외)/ha
평균	0.4이하	24,877	11,132	112,662	51,728
	0.4~0.8	48,385	32,315	79,996	53,245
	0.8이상	85,400	40,381	64,164	29,620
	전체	46,385	25,455	89,896	47,913
표준편차	0.4이하	11,773	4,694	49,711	19,286
	0.4~0.8	20,820	14,565	26,312	19,081
	0.8이상	31,010	18,329	13,644	7,221
	전체	29,968	17,329	40,542	19,491
범위	최대	144,000	80,040	236,250	94,588
	최소	5,990	3,410	40,000	16,800

② 사료비

지역별, 규모별 사료비는 표 7-56, 표 7-57과 같으며, 이 표에서 나타나는 사료비의 특성은 다음과 같이 분석되었다.

첫째, 사료비는 사용하는 사료의 양과 사료의 단가로 나누어 생각할 수 있다. 사료의 단가는 생사료와 배합사료로 구분하여 생각할 수 있는데, 배합사료가격은 지역별 차이가 있지 않고, 생사료는 지역간 차이가 있으나 연간 사용한 양에 대한 정확한 자료를 확보하기 어려워 사료비를 대리변수로 이용하였다.

둘째, 표 7-56을 보면 마리당, kg당 비용으로 지역 1(여수일부지역)이 낮게 나타나고 있으나 기준면적(ha당)으로는 지역 2(완도를 중심으로 하는 서해안지역)가 다른 지역보다 50% 정도 사료비가 적었으며, 원가에서 차지하는 비중도 10% 정도 낮게 나타나고 있다. 이것은 지역 1과 지역 3이 상대적으로 밀식하고 있는 이유 때문이며 지역 1은 다른 지역

보다 작은 상푸 크기로 출하하기 때문이다. 표 7-53과 표 7-56을 연결하여 성장률이 비슷한 지역 2와 지역 3을 비교하여 보면 지역 2가 지역 3보다 kg당 사료비용이 15% 정도 낮게 나타나고 있는 데, 이는 지역 2와 지역 3의 사료비 차이보다는 지역 3에서 지역 2보다 상대적으로 밀식을 하고 작은 상품 크기로 출하하기 때문이라는 것을 알 수 있다.

표 7-56. 지역별 사료비

	지역	사료비/마리 (원)	사료비/kg (원)	사료비/0.1ha (천원)	사료비/원가
평균	지역 1	1,032	2,869	45,033	0.55
	지역 2	1,566	3,479	23,885	0.46
	지역 3	1,661	3,985	48,018	0.56
	전체	1,537	3,569	33,743	0.50
표준편차	지역 1	431	825	17,279	0.09
	지역 2	507	912	12,558	0.14
	지역 3	462	942	15,010	0.07
	전체	510	955	17,890	0.13
범위	최대	2,654	5,647	72,414	0.70
	최소	335	1,765	3,000	0.16

셋째, 표 7-56에서 보는 바와 같이 지역 2의 ha당 사료비가 지역 3보다 50% 정도 낮음에도 불구하고 원가에서 차지하는 비중은 10% 정도 낮고, 출하량 마리당 비용이 5% 정도 낮은 것은 지역 2가 지역 3보다 출하 크기가 크고 양식기간이 긴 반면에 사료비가 적게 드는 지역임을 알 수 있다.

넷째, 표 7-53와 표 7-56을 연결하여 보면 지역 2와 지역 3은 성장속

도가 비슷한 반면에 양식 환경은 차이가 있다. 이것은 자료의 편차에서 나타나고 있다. 표 7-56에서 지역 3이 지역 2보다 사료비 편차가 크게 나타나고 있는 데 비하여 사료비가 원가에서 차지하는 비율의 편차는 오히려 지역 3이 적게 나타나고 있다. 이것은 지역 2가 지역 3보다 사료비가 원가에서 점하는 비율이 10% 이상적은 것을 고려하면 지역 2가 지역 3보다 수익가능성이 크다는 것을 보여주고 있다. 이것을 지역 2에서만 생각하면 지역 2의 양식장간에 비용의 편차가 큼을 의미한다.

표 7-57. 규모별 사료비

	규모(ha)	사료비/마리 (원)	사료비/kg (원)	사료비/0.1ha (천원)	사료비/원가
평균	0.4이하	1,443	3,600	33,615	0.48
	0.4~0.8	1,691	3,743	42,528	0.56
	0.8이상	1,414	3,159	16,428	0.41
	전체	1,536	3,569	33,743	0.50
표준편차	0.4이하	454	1,038	17,507	0.14
	0.4~0.8	538	924	15,927	0.07
	0.8이상	539	808	7,684	0.12
	전체	511	955	17,890	0.13
범위	최대	2,654	5,647	72,414	0.70
	최소	335	1,765	3,000	0.16

다섯째, 표 7-57에서 보는 바와 같이 양식장 규모 0.4~0.8ha인 경우가 사료비 투입을 가장 많이 하고 있으며 마리당 사료비가 높게 나타난 것을 보면 출하 크기가 큼을 알 수 있다. 이것을 표 7-62와 연결하여 보면 투입한 사료비에 비하여 규모 0.4~0.8ha에서 성장률이 높고, 양식기간

이 짧은 것으로 보아 양식을 효과적으로 한다는 것을 알 수 있다.

여섯째, 규모가 0.4ha 이하인 경우에 사료비 투입이 가장 많이 되고 있다. 이것은 밀식에서 기인하는 것으로 볼 수 있다. 규모 0.4ha 이하와 0.8ha 이상의 경우는 마리당 사료비가 큰 차이가 없지만 0.4ha 이하의 면적에서 ha당 사료비를 보면 2배 정도 되고 있는 것을 알 수 있다.

이 경우 사료의 효율은 kg당 사료비를 볼 때 0.4ha 이하의 경우가 3,600원, 0.8ha 이상인 경우가 3,158원으로 0.4ha 비용기준으로 14% 정도 차이가 나는 것을 볼 수 있다.

③ 연료비(전기료와 유류비)

조피볼락의 지역별, 규모별 연료비는 분석에 유의한 차이를 보이지 않는다. 이것은 해상가두리 양식장으로 이동하는 경우에만 기름을 사용하기 때문에 육상양식장에서처럼 양식장의 가온에 따른 연료비가 거의 발생하지 않기 때문이다. 가두리양식장에 사용하는 전기료도 미미하기 때문에 분석의 대상에서 제외하였다.

④ 약품비

표 7-58을 보면 약품비용은 지역 2에서 출하량 기준과 마리당 기준으로 보면 가장 높은 것을 볼 수 있다. 그리고 원가에서 차지하는 비중도 가장 높음을 알 수 있다. 이것은 지역 2에서 다른 지역보다 출하할 때 성어의 크기가 크고 양식기간이 길기 때문이라고 생각된다.

표 7-59를 보면 규모별 약품 비용은 0.8ha 이상인 경우 약품비가 다른 규모보다 큰 값을 보이고 있다. 이는 양식관리에서 양식에서의 위험을 줄이기 위한 활동을 규모가 클수록 체계적으로 한다는 것으로 분석할 수도 있다.

표 7-58. 지역별 약품비

	지역	약품비/ha (천원)	약품비/ton (천원)	약품비/마리 (원)	약품비/원가
평균	지역 1	23,247	152	56	0.028
	지역 2	17,729	261	116	0.034
	지역 3	25,961	234	94	0.031
	전체	20,904	240	102	0.032
표준편차	지역 1	15,976	88	40	0.013
	지역 2	17,928	276	116	0.032
	지역 3	22,293	230	91	0.028
	전체	19,167	246	103	0.029
범위	최대	73,250	1,400	560	0.139
	최소	480	8	4	0.001

표 7-59. 규모별 약품비

	규모(ha)	약품비/ha (천원)	약품비/ton (천원)	약품비/마리 (원)	약품비/원가
평균	0.4이하	22,018	204	63	0.031
	0.4~0.8	19,116	184	79	0.025
	0.8이상	23,825	358	159	0.045
	전체	20,904	240	102	0.032
표준편차	0.4이하	29,543	301	89	0.043
	0.4~0.8	16,214	124	55	0.018
	0.8이상	21,290	354	150	0.037
	전체	19,167	246	103	0.029
범위	최대	73,250	1,400	560	0.139
	최소	480	8	4	0.001

(다) 양식장 운영에 따른 비용특성분석

양식비용 중에서 치어크기, 양식기간은 양식장의 운영과 관련된 변수

이면서 양식장 자연환경요인에 영향을 받지만 선택할 수 있는 관리적 변수의 성격을 가지고 있다. 반면에 생존율, 성장률 등은 질병대책, 사료의 종류 및 공급 방법에 따라 어는 정도 관리할 수 있지만 양식장의 자연환경에 매우 의존적인 변수라고 할 수 있다. 아래에서는 이러한 변수를 운영적 관점에서 분석을 하였다.

양식장 운영변수의 경우, 변수의 척도화가 곤란하고 분석이 어려운 특성을 감안하여 다양한 대리변수를 이용하여 분석하였다.

① 치어크기 및 양식기간

지역별, 규모별 치어크기와 육성기간에 따른 경제성 자료는 다음 표 7-60, 표 7-61과 같다. 치어크기와 육성기간은 최종 출하 시기와 가장 밀접한 관계가 있다. 왜냐하면 대부분의 양식장에서 출하시기를 결정하고 그 출하시기에 맞추어 치어를 입식하기 때문이다. 출하 시기는 양식기간과 입식시기에 의하여 결정되므로 출하시기와 양식기간은 서로 연결하여 분석하여야 한다. 따라서 표 7-60, 표 7-61에서는 이러한 변수간의 성격을 고려하여 적정하게 범주화하여 분석하였다.

표 7-60에서 보면 치어크기는 최저 수온이 낮은 지역에서 치어의 평균 크기가 큼을 알 수 있다. 지역 2가 최저수온이 낮음으로 치어의 크기가 크게 나타나고 있다. 하지만 지역 3에 비해서 유의하게 크게 나타나지는 않는다. 이것은 치어 입식시기가 비교적 한정적인 기간(5월 20일경부터 7월초)에 이루어지기 때문이라고 생각된다. 지역 1의 경우는 치어의 크기도 작고 단가도 낮으면서 다른 지역보다 높은 고밀도 사육을 하고 있다. 이것은 지역 1의 조피볼락의 성장률이 낮기 때문에 출하시기를 고려하여 작은 크기의 성어를 출하하기 때문이다.

표 7-60. 지역별 치어크기, 육성기간, 성어 평균중량

	지역	치어단가 (원)	치어크기 (cm)	양식기간 (개월)	출하평균 크기(g)	사료비/마리 (원)
평균	지역1	176	4.4	23.8	356	1,032
	지역2	192	5.3	23.2	443	1,566
	지역3	211	5.3	21	419	1,661
	전체	196	5.2	22.6	426	1,536
표준 편차	지역1	42.8	0.55	0.45	65.8	430.7
	지역2	61.0	1.40	4.83	75.1	507.4
	지역3	49.9	1.05	2.47	64.6	462.1
	전체	56.0	1.25	4.04	74.6	510.5
범위	최대	270	10	40	550	2,654
	최소	50	3	17	190	335

표 7-61 규모별 치어크기, 육성기간, 성어 평균중량

	규모(ha)	치어단가 (원)	치어크기 (cm)	양식기간 (개월)	출하평균 크기(g)	사료비/ 마리(원)
평균	0.4이하	181	4.8	23	401	1,443
	0.4~0.8	203	5.4	21.9	447	1,691
	0.8이상	213	5.7	23.2	432	1,414
	전체	196	5.2	22.6	426	1,536
표준 편차	0.4이하	55.3	0.77	5.42	62.0	454.1
	0.4~0.8	58.4	1.16	2.69	68.9	537.7
	0.8이상	50.5	1.94	3.14	99.8	539.0
	전체	56.0	1.25	4.04	74.6	510.5
범위	최대	270	10	40	550	2,654
	최소	50	3	17	190	335

표 7-61에서 보면 규모가 0.4~0.8ha 규모의 양식장에서 출하 성어의 크기가 평균 446 g 으로 크게 나타나고 있으나 편차가 0.8ha 이상인 경

우에 30 g 정도 더 크게 나타나고 있으므로 출하평균크기와 육성기간의 차이가 뚜렷하게 있다고 할 수 없다. 하지만 마리당 사료비는 0.8ha 이상 경우에 20% 정도 낮게 나타나고 있는 것을 보면 규모가 클수록 관리를 효과적으로 한다는 것을 알 수 있다. 이는 규모가 작을수록 사료를 효과적으로 공급하지 못한다는 것을 의미하는 데 이러한 이유는 사료의 대량 구매에 따른 사료단가의 차이와 양식관리가 표준화 되지 못한 것에 기인하는 것으로 생각된다.

조피볼락은 수온이 낮은 경우 양식기간이 2년 이상 길어지기 때문에 입식시기를 맞추기 위하여 어쩔 수 없이 출하하는 경우가 발생한다. 이러한 홍수출하에 따른 가격하락은 양식장의 규모가 작은 경우 출하시기를 조절하지 못하는 경우가 더 크게 발생하므로 작은 규모의 양식장일수록 악순환구조가 발생한다.

② 양식 환경

양식에 가장 중요한 자연환경요인은 적정한 수온과 수질이라고 할 수 있을 것이다. 이러한 수온과 수질에 대한 변수설정과 측정이 어려운 경우 대리 변수로서 유용한 변수는 조피볼락의 성장속도와 생존율이라고 할 수 있다.

본 연구에서는 양식에 있어 자연환경 관련변수로 양식장의 최저 수온과 최고 수온, 어망 깊이, 그리고 평균 수심을 조사하였다.

성장속도에 대한 생물학적 변수는 현장조사를 통해 구하기 어려우므로 양식장에서 판매에 적합한 성어크기까지 양식하는 기간을 대리변수로 설정하였다. 양식장에서 성어출하까지 성장하는 기간은 성장속도와 부의 선형관계를 보이고 있다. 즉 성장속도가 빠를수록 시장에 빨리 출하하므로 양식기간은 짧아지고, 반대로 성장속도가 느릴수록 시장에 늦

게 출하함으로, 양식장에서의 성어출하까지의 양식기간은 양식 환경의 매우 중요한 대리변수라고 할 수 있다.

환경요인의 대리변수로서 생존율은 지역, 양식장, 연도마다 변동이 심한 변수로서 의미가 있는 자료를 구하기 위해서는 장기간의 노력이 필요하다. 그러나 생존율은 위험이 양식기간에 비례하여 증가하므로, 양식기간이 길수록 낮아지는 특성을 가지고 있다. 성장속도와 생존율은 성어의 출하기간까지의 양식기간을 매개변수로 하고 있다

양식 환경 변수는 일정 출하중량이 정해질 경우 양식기간과 생존율에 의하여 값이 결정되며 그 값이 적정할수록 양식조건이 양호하다는 것을 의미한다.

지역별 양식기간과 생존율에 따른 양식환경변수의 값과 이에 따른 수익성지표는 표 7-62, 표 7-63에 나타나 있고, 규모에 따른 자료는 표 7-64, 표 7-65와 같다.

표 7-62. 지역별 수온, 어망깊이, 생존율

	지역	최저수온 (℃)	최고수온 (℃)	어망깊이 (m)	평균수심 (m)	생존율(%)
평균	지역1	6.2	27.1	4.5	9.8	65.4
	지역2	5.7	26.9	4.9	10.6	54.0
	지역3	7.8	26.3	5.5	13.1	58.8
	전체	6.4	26.7	5.0	11.3	56.8
표준편차	지역1	2.2	1.5	0.9	3.1	45.1
	지역2	1.8	1.9	0.9	3.4	12.3
	지역3	1.6	1.3	1.3	5.7	13.2
	전체	2.0	1.7	1.1	4.4	12.4
범위	최대	10	31	9.5	22.5	80.0
	최소	3	24	3.5	5.5	27.0

※ 양식원가와 양식이익에 자가 인건비는 제외

표 7-62을 보면, 지역 2가 최저수온이 가장 낮고 최고수온은 높은 반면에 최고수온의 표준편차는 가장 큰 것으로 보아 자료가 일정하게 나타나고 있지 않는다. 앞의 군집분석에서 범주의 구분에 최저수온이 유의한 반면에 최고수온이 유의하지 않았던 것도 이러한 것에 그 원인이 있었던 것으로 보인다. 표 7-63에서 보면 지역 1은 지역 2와 환경적 변수의 큰 차이가 없음에도 불구하고 양식기간에 비하여 출하평균크기가 적게 나타나고 있다. 이것은 크기 기준으로 마리당 사료비가 적게 투입되는 것으로 보아 성장률이 낮은 원인은 양식 환경 또는 사료투입에 기인하는 것으로 생각된다.

표 7-63. 지역별 양식기간, 출하크기에 따른 수익성

	지역	양식기간(개월)	출하평균크기(g)	사료비/마리(원)	양식원가/kg(원)	양식이익/kg(원)
평균	지역1	23.8	356	1,032	5,050	945
	지역2	23.2	443	1,566	7,330	1,101
	지역3	21	419	1,661	6,503	719
	전체	22.6	426	1,536	6,819	965
표준편차	지역1	0.45	65.8	431	930	1,424
	지역2	4.83	75.1	507	1,775	2,360
	지역3	2.47	64.6	462	1,244	2,099
	전체	4.04	74.6	510	1,694	2,164
범위	최대	40	550	2,654	13,393	4,875
	최소	17	190	335	3,721	-5,580

※ 양식원가와 양식이익에 자가 인건비는 제외

표 7-63에서 보면 지역 2가 출하평균 크기가 크며 양식원가도 높게 나타나지만 양식이익도 높게 나타난다. 또한 출하평균크기가 지역 3보다 6% 정도 큰 데 비하여 마리당 사료비는 오히려 6% 정도 낮게 나타

나는 것으로 보아 지역 2가 양식 환경이 가장 좋은 것으로 판단된다. 그러나 지역 2는 이러한 변수의 표준편차 값이 다른 지역보다 크므로 평균적으로는 다른 지역보다 양식 환경이 좋지만 지역 내에서는 편차가 다른 지역보다 차이가 크다는 것을 보여주고 있다.

표 7-65에서 보면 0.4~0.8ha 경우가 양식이익이 가장 높게 나타나고 있으며 양식기간도 다른 규모보다 22개월 정도로 1개월 정도 적게 나타나고 있으며 출하평균크기도 오히려 더 큰 것을 볼 수 있다. 이것은 사육 관리 노력도 있겠지만 양식 환경의 영향도 있다고 할 수 있을 것이다. 표 7-64에서 0.4~0.8ha의 양식 환경의 변수를 보면 최저수온은 높으면서, 최고수온은 26℃ 정도이고 어망의 깊이와 평균수심이 다른 지역보다 깊은 것을 알 수 있다. 이것은 조피볼락의 양식 환경에 유의한 변수라고 생각된다. 이에 대해서는 생물학적인 분석과 연계하여 향후 보다 구체적으로 분석할 필요가 있다.

표 7-64. 규모별 수온, 어망깊이, 생존율

	규모(ha)	최저수온 (℃)	최고수온 (℃)	어망깊이 (m)	평균수심 (m)	생존율(%)
평균	0.4이하	6.4	27.4	4.9	9.7	59.3
	0.4~0.8	6.5	26.3	5.2	13.3	57.4
	0.8이상	6.1	26.2	5.0	10.3	50.5
	전체	6.4	26.7	5.0	11.3	56.8
표준편차	0.4이하	2.23	1.62	0.99	2.81	14.0
	0.4~0.8	1.73	1.67	1.21	5.32	11.5
	0.8이상	2.04	1.39	1.22	3.34	9.4
	전체	1.96	1.66	1.10	4.35	12.4
범위	최대	10	31	9.5	22.5	80
	최소	3	24	3.5	5.5	27

표 7-65. 규모별 양식 환경에 따른 수익성

(단위 : 개월, g, 원)

	규모(ha)	양식기간 (개월)	출하평균 크기(g)	사료비/ 마리(원)	양식원가/ kg(원)	양식이익/ kg(원)
평균	0.4이하	23	401	1,443	6,850	472
	0.4~0.8	21.9	447	1,691	6,354	1,581
	0.8이상	23.2	432	1,414	7,688	719
	전체	22.6	426	1,536	6,819	965
표준 편차	0.4이하	5.42	62.0	454.1	1,959	2,048
	0.4~0.8	2.69	68.9	537.7	1,219	1,786
	0.8이상	3.14	99.8	539.0	1,766	2,930
	전체	4.04	74.6	510.5	1,694	2,164
범위	최대	40	550	2,654	13,393	4,875
	최소	17	190	335	3,721	-5,580

※ 양식원가와 양식이익에 자가 인건비는 제외

이들의 관계를 종합하면 지역 2의 지역에서 최저수온은 높으면서 최고수온은 낮고 수심이 깊은 곳에 가두리의 깊이를 깊게 하는 것이 양식기간을 줄이거나 성장률을 높여서 수익성을 높인다는 것을 알 수 있다.

또한 지역 3에서 수심이 낮으면서 최고 수온이 높은 장소에 소규모로 양식할 경우가 양식 환경이 가장 열악하다는 것을 알 수 있다.

③ 성장률

조피볼락의 성장률은 양식에 가장 중요한 변수이다. 이 성장속도에 대한 변수는 앞에서 기술한 바와 같이 경제성분석에 중요한 변수이나 생물학적으로 정확하게 측정된 자료가 없을 뿐만 아니라 측정을 하기도 어렵다. 본 연구에서는 이에 관련된 직접적인 자료가 없기 때문에 출하성어 평균양식기간과 성어출하시의 평균크기, 그리고 입식치어 크기로부터 성장률에 대한 변수를 추정하여 이용하도록 한다. 출하성어의 평

균양식기간의 값은 베타분포의 개념을 원용하여 추정하였다. 양식장에서의 조피볼락 연간 성장량에 대한 식은 다음과 같다.

연간 성장량 = (평균출하중량 - 치어중량)/평균사육기간

지역간의 연간 성장량에 따른 수익성의 자료는 표 7-66과 같았다. 이 표에 따르면 지역 1(평균 149 g), 지역 2(198 g) 지역 3(201 g) 순으로 연간성장 중량이 커지고 지역 2와 지역 3은 큰 차이가 나지 않음을 볼 수 있다. 그러나 성장률의 표준편차는 지역 1(26), 지역 2(49) 지역 3(29)으로 지역 2가 가장 크게 나타난다. 이것은 지역 2에서 성장환경이 좋은 경우 성장률이 가장 높음을 알 수 있다. 이 값을 기준으로 2σ 범위의 양식중량을 구하여 보면 다음과 같았다.

지역1 연간 성장량 범위(2σ) : 97 g - 201 g

지역2 연간 성장량 범위(2σ) : 101 g - 295 g

지역3 연간 성장량 범위(2σ) : 142 g - 259 g

지역 2에서 연간 성장 중량의 범위가 큰 것은 양식 환경의 차이가 다른 지역보다 크다는 것을 의미하며, 결과적으로 양식장의 수익성의 편차가 다른 지역보다 더욱 크다는 것을 의미한다. 지역 1은 연간 성장률의 평균과 표준편차가 가장 낮다는 것은 양식장 수익의 불확실성이 상대적으로 적지만 수익성은 낮다는 것을 의미한다. 또한 지역 1의 경우 성장률이 낮으면서 양식기간이 23.8로 다른 지역보다 길다는 것은 시장 출하 크기로 성장시키기 위하여 양식기간이 길다고 판단할 수 있다.

표 7-66에서 규모별 연간 성장률의 평균과 표준편차를 보면 0.4~0.8ha의 규모에서 가장 좋은 것을 볼 수 있다. 이는 이 규모에서 상대적

으로 사육관리가 잘 이루어진다고 생각할 수 있다. 이것은 이 규모에서 성장률도 높은 반면에 양식기간도 긴 것으로 보아도 알 수 있다. 또한 규모에 따른 평균과 표준편차의 변동은 지역에 따른 변동보다 매우 적다는 것을 볼 수 있다. 이는 지역에 따른 양식장의 구분이 규모에 따라 양식장을 구분하는 것보다 설명력이 높다는 것을 의미한다.

표 7-66. 지역별, 규모별 성장율

(단위 : g)

	범주	연간성장	표준편차	-2시그마	+2시그마	자료범위
지역	지역1	149	26.0	97.32	201.37	최대: 273.68 최소: 76
	지역2	198	48.6	100.69	294.97	
	지역3	201	29.2	142.30	259.00	
	전체	193	43.6	106.09	280.55	
규모 (ha)	0.4이하	181	42.1	97.08	265.61	최대: 273.68 최소: 76
	0.4~0.8	207	40.8	125.51	288.57	
	0.8이상	190	49.0	91.88	287.80	
	전체	193	43.6	106.09	280.55	

지역별, 규모별 성장률에 따른 수익성은 표 7-67, 표 7-68과 같다. 표 7-67에서 보면 지역 2와 지역 3은 연간 성장률은 비슷함에도 불구하고 출하평균크기에서 차이가 나며 양식기간에서도 2개월 정도 차이가 난다는 것을 볼 수 있다. 이것은 지역 2에서 출하크기를 크게 함으로써 판매단가를 통한 양식이익을 다른 지역보다 높게 한다는 것을 의미한다. 그러나 지역 2는 양식원가와 양식기간의 표준편차가 지역 3보다 2배정도 차이가 나고 있는데 이것은 지역 2의 양식장간 운영방법이 매우 다양하고 이에 따른 비용과 수익성의 변동도 크다는 것을 의미한다.

표 7-67. 지역별 성장률에 따른 수익성

	지역	연간성장 (g)	출하평균 크기(g)	양식기간 (개월)	양식원가 /kg(월)	양식이익 /kg(원)	양식원가 /kg(원)*	양식이익 /kg(원)*
	지역1	149	356	23.8	5,393	601	5,049	945
평	지역2	198	443	23.2	8,250	180	7,329	1,101
균	지역3	201	419	21	7,026	195	6,502	718
	전체	193	426	226	7,552	231	6,819	965
표	지역1	26.0	65.8	0.44	674	1,267	929	1,423
준	지역2	48.6	75.1	4.83	2,130	2,495	1,775	2,360
편	지역3	29.2	64.6	2.47	1,288	2,153	1,244	2,098
차	전체	43.6	74.6	4.03	2,004	2,252	1,693	2,163
범	최대	273.7	550	40	15,213	4,392	13,393	4,875
위	최소	76	190	17	4,440	-6,213	3,720	-5,580

* 은 자기인건비 제외한 경우임

표 7-68에서 보면 0.4~0.8ha의 규모에서 성장률이 높은 반면에 양식기간이 다른 지역보다 약 1개월 정도 적고 양식원가와 수익성에서 가장 높은 값을 보이고 있다. 이것은 이 규모에서 양식장의 관리가 효율적으로 이루어진다는 것을 의미한다.

표 7-68. 규모별 성장률에 따른 수익성

	규모 (ha)	연간성장 (g)	출하평균 크기(g)	양식기간 (개월)	양식원가 /kg(월)	양식이익 /kg(원)	양식원가 /kg(원)*	양식이익 /kg(원)*
	0.4이하	181	401	23	8,001	-679	6,849	472
평	0.4~0.8	207	447	21.9	6,797	1,138	6,354	1,581
균	0.8이상	190	432	23.2	8,164	242	7,687	719
	전체	193	426	22.6	7,552	231	6,819	965
표	0.4이하	42.1	62.0	5.42	2,367	1,970	1,959	2,048
준	0.4~0.8	40.8	68.9	2.69	1,298	1,744	1,219	1,786
편	0.8이상	49.0	99.8	3.14	2,106	3,076	1,766	2,929
차	전체	43.6	74.6	4.03	2,004	2,252	1,693	2,163
범	최대	273.7	550	40	15,213	4,392	13,393	4,875
위	최소	76	190	17	4,440	-6,213	3,720	-5,580

* 은 자기인건비 제외한 경우임

성장률과 양식환경 변수와의 Pearson 상관관계는 표 7-69에 나타나 있다. 표 7-69에서 보면 어망깊이, 평균수심, 최저온도는 양의 상관관계를 가지는 데 최고온도와 양식밀도는 부의 상관관계를 보이고 있다. 또한 성장률에는 최고온도가 가장 영향이 크고(상관계수:-0.37) 확률적으로 유의(0.006)하다는 것을 볼 수 있다. 양식장의 분류에서 가장 유의한 자연환경요인은 최저수온이었는데 최저수온과 성장률의 상관계수는 0.1로서 최고수온 다음이었다.

표 7-69. 양식 환경변수간의 상관계수

		성장율	어망깊이	평균수심	최저온도	최고온도	양식밀도/면적
상관계수	성장률	1	0.021	0.002	0.100	-0.370	-0.116
	어망깊이	0.021	1	0.442	0.513	-0.111	0.132
	평균수심	0.002	0.442	1	0.261	-0.266	0.196
	최저온도	0.100	0.513	0.261	1	-0.129	0.328
	최고온도	-0.370	-0.111	-0.266	-0.129	1	-0.201
	양식밀도/면적	-0.116	0.132	0.196	0.328	-0.201	1
유의확률	성장률	.	0.445	0.495	0.256	0.006	0.224
	어망깊이	0.445	.	0.001	0.000	0.235	0.193
	평균수심	0.495	0.001	.	0.042	0.039	0.099
	최저온도	0.256	0.000	0.042	.	0.199	0.014
	최고온도	0.006	0.235	0.039	0.199	.	0.093
	양식밀도	0.224	0.193	0.099	0.014	0.093	.

최저수온과 성장률의 회귀관계식을 구하여 본 결과 유의수준 0.05에서 유의한 것이 없었다. 그러나 최고수온과 성장률의 회귀관계식을 구하여 본 결과, 표 7-70에서 나타나는 바와 같이 선형, 이차, 지수 등 분석 가능한 회귀관계식이 유의수준 0.05에서 유의하였다. 회귀관계식의 그래프는 다음과 같다.

표 7-70. 최고수온과 성장률의 회귀식

Dependent	Mth	R^2	d.f	F	Sigf	b0	b1
최고수온	LIN	.0137	43	6.82	.012	452.9	-9.7
최고수온	LOG	.0137	43	6.83	.012	1,058.6	-263.6
최고수온	ING	.0137	43	6.83	.012	-73.7	7,102.6

이러한 결과는 수온이 높을 경우 적조와 질병 등을 이유로 대부분의 양식장에서 절식을 시키는 것이 그 원인중 하나로 생각된다.

④ 양식장 규모

양식장 규모에 대한 분석은 규모의 경제성에 대한 분석이라고 할 수 있다. 규모에 따른 평균의 분석이나 편차의 분석은 앞에서 다른 변수와 연결하여 이미 분석하였다. 여기서는 지역간의 구분 없이 양식장 규모에 따른 비용과 단위면적당 이익의 회귀관계식을 구한 결과는 표 7-71, 표 7-72와 같았다.

표 7-71. 규모에 따른 비용회귀식

Dependent	Mth	R^2	d.f	F	Sigf	b0	b1
양식비용	LIN	.0143	43	7.16	.011	7,421.9	-1,782.4
양식비용	LOG	.0131	43	6.50	.014	5,446.3	-1,139.7

표 7-72. 규모에 따른 이익회귀식

Dependent	Mth	R^2	d.f	F	Sigf	b0	b1
양식이익/0.1ha	LIN	.014	43	.60	.445	219.2	440.7
양식이익/0.1ha	LOG	.058	43	2.65	.111	963.2	605.9
양식이익/0.1ha	ING	.094	43	4.45	.041	1,245.9	-260.9

표 7-71의 결과를 보면 양식장의 규모가 커질수록 단위당 비용은 모든 함수가 유의하게(유의수준 0.01) 감소한다. 비용의 경우 회귀식이 직선인 경우가 Rsq값(0.143)이 가장 크므로 가장 적합하다고 할 수 있다. 이때의 Rsq값은 적으나 의미는 있다고 생각된다.

표 7-72의 결과를 보면 양식장의 규모에 따른 단위당 이익은 역함수 경우만 유의하게(유의수준 0.05) 나타난다. 역함수의 경우 Rsq값은 (0.094)로 나타나고 있어 규모의 경제 효과가 나타나고 있는 것으로 보인다. 그러나 자료에서 보면 2ha 이상인 경우는 자료가 하나밖에 없어 극단적 자료로 작용하고 있는 것을 볼 때, 규모 경제의 효과를 결론내리기에는 추가적인 자료의 수집과 분석이 더 필요한 것으로 생각된다. 하지만 0.4ha 이하의 적은 규모에서는 비용은 많이 발생하고 이익은 적게 발생한다는 점은 유의하다.

양식장의 규모에 따른 양식이익의 그림 7-16과 같이 나타났다. 그림에서 보면 양식장의 규모가 작은 경우 편차가 매우 크게 나타나고 있으며 규모가 커질수록 점차 편차가 줄어드는 것을 볼 수 있다.

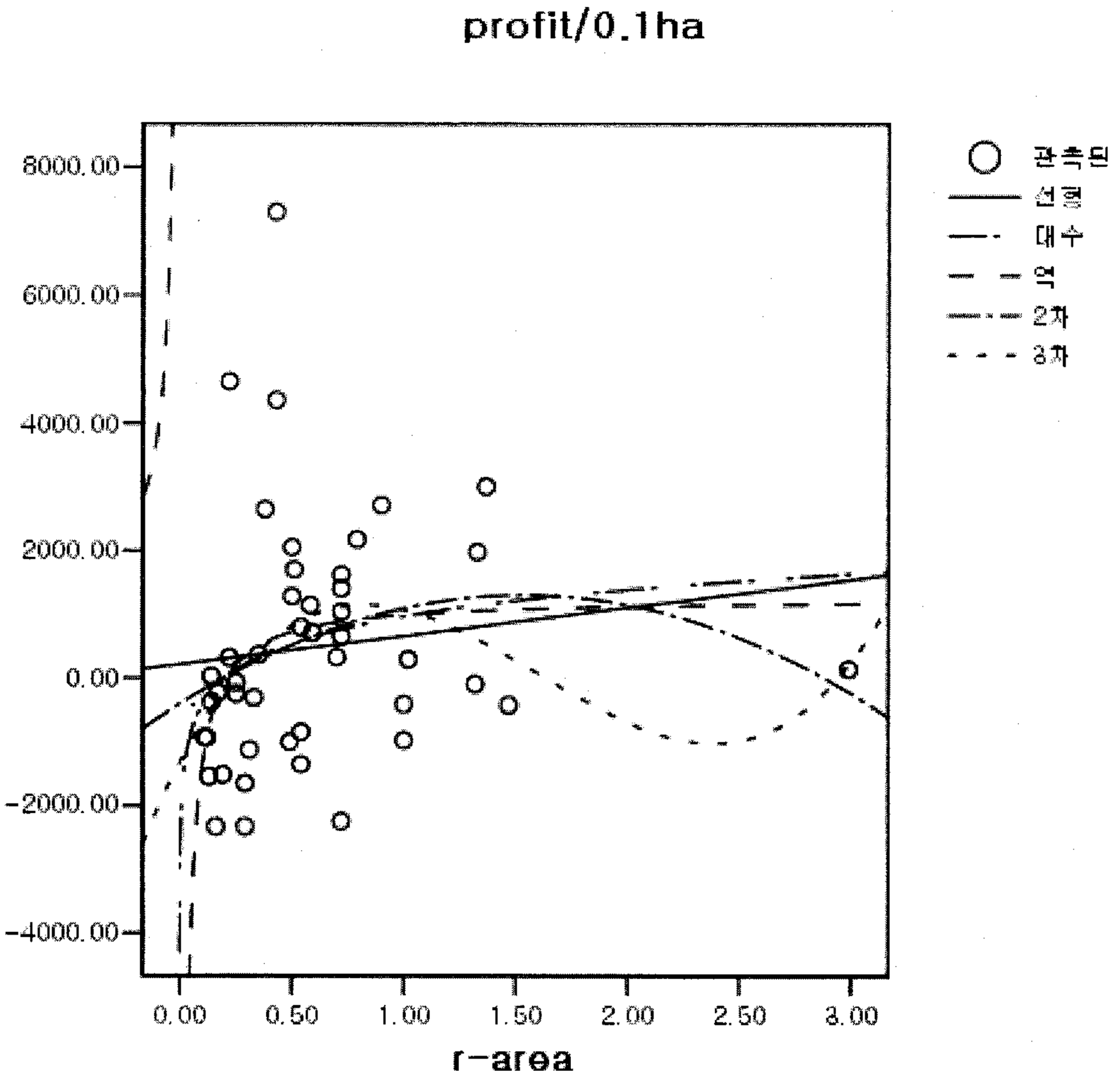


그림 7-16. 양식장 규모에 따른 양식 이익.

(2) 민감도 분석

(가) 민감도 분석 모형의 구축

일반적으로 수리적 모형의 민감도분석은 모형구조의 변동에 따른 분석과 모형의 계수변동에 따른 분석으로 구분할 수 있다. 비용항목에 따른 비용방정식을 구축하여 모형을 구축하는 경우에는 비용구조가 바뀌지 않기 때문에 계수의 변동에 따른 민감도 분석을 통하여 설명력을 높

일 수 있다.

양식장에서 경제성의 민감도 분석은 비용항목의 논리적 함수결합을 통하여 이루어질 수 없고, 다음과 같은 분석이 이루어져야 한다.

- 생산량에 관련된 생산함수의 추정
- 생산량에 따른 수익함수 추정
- 생산량에 따른 비용함수 추정

① 생산함수의 추정

일반적으로 생산에 관련된 모형은 생산에 관련된 변수의 곱의 형태로 표시되어 구축된다. 생산량에 영향을 미치는 객관적인 변수는 적정 치어 수, 사료계수, 생존율이라고 할 수 있다. 따라서 이를 수식으로 표현하면 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\text{평당 생산량} = \text{상수} \times \text{치어수}^{a} \times \text{사료계수}^{b} \times \text{생존율}^{c}$$

그러므로 본 연구에서는 평당입식량과 성장률 그리고 평당사료비를 대리변수로 넣어 생산량 모형식을 구축하였다. 이들의 관계식은 다음과 같다.

$$\text{평당 생산량} = \text{상수} \times \text{평당입식량}^{a} \times \text{성장률}^{b} \times \text{평당사료비}^{c} \times \text{생존율}^{d} + e\text{더미변수}$$

위식의 더미변수는 지역구분을 위한 변수이다. 곱의 형태인 변수를 자연대수로 바꾸고 선형회귀 모형을 구한 결과는 다음과 같다.

생산량 = -61513.4 + 4651.077×로그치어수 + 3366.844×로그생존율 -
3054.265×로그성장률 - 2015.193×더미1 - 1244.52×더미2

(식 - 1)

② 매출함수의 추정

단위면적당 매출액은 단위면적당 출하량과 가격/kg의 곱으로 결정되며, 가격/kg는 성어의 크기에 의하여 결정된다. 이를 수식으로 표현하면 다음과 같다.

평당 매출액 = 평당생산량 × 출하크기에 따른 가격/kg

이 관계식을 선형관계식으로 표현하면 정보의 손실이 발생하나 민감도 분석을 위하여 매출함수를 구성하였다.

판매액 = -6905 + 210.9422×생산량/면적 + 1.008843×가격/kg -
3.7851×평균출하크기 - 1184.37×더미1 - 210.9422×더미2

(식 - 2)

③ 비용함수의 추정

일반적으로 비용에 관련된 규범적 모형은 비용 항목간의 관계가 독립적이라는 가정이 성립되면 비용항목의 부가형식으로 구축된다. 여기에서는 생산량변수를 포함하는 비용함수를 구축하고자 하므로 비용항목의 부가형식으로 비용모형을 구축하지 않고 지역별 생산과 관련된 변수로 비용모형을 구축하였다.

지역별 규모별 비용을 구하면 표 7-73과 같이 나타났다.

모형 5의 결과를 이용할 경우 비용방정식은 다음과 같다.

양식원가 = -7134.7 - 12.238 ×출하평균크기+ 0.113267 × 사료비/ha
+ 29.2762×연성장율 + 0.024909 × 치어수/면적 + 5.814247 × 치어단가
+ 291.1601 × 양식기간 (식-3)

표 7-73. 지역, 규모에 따른 비용추정치

	범주	연간성장 (g)	비용 (천원)
지역	지역1	149.3	31,181
	지역2	197.8	20,259
	지역3	200.6	27,372
규모 (ha)	0.4이하	181.3	23,287
	0.4~0.8	207.0	26,563
	0.8이상	189.8	18,729

(나) 변수의 민감도 분석

① 사료비

사료비는 비용항목 중에서 가장 높은 비중을 차지하는 변수로 비용항목 중 매우 중요한 변수이다. 사료비의 변동은 단순히 사료량의 변동이 없이 사료가격만 변동하는 경우와 사료량의 변동을 동반하는 경우로 구분하여 생각하여 볼 수 있다. 사료가격의 변동만 발생하는 경우는 사료비 변동만큼 비용이 증가하고 양식장의 수익은 비용 변동만큼 줄어들게 될 것이다. 이 민감도 분석은 앞 장의 비용표준에서 비용증가분을 산정하면 되므로 이 값이 수익에 그대로 반영된다.

그러나 사료비 변동이 생산량의 변동을 가져오는 경우, 즉 사료량의 증가 또는 사료효율의 변화로 생산량의 변동을 가져오는 경우는 사료량의 증가에 따른 사료계수가 있어야 민감도 분석을 할 수 있다. 본 연구에서는 이를 위하여 생산량 추정모형(식-1)과 비용추정모형(식-3)을 이용하였다.

분석 결과, 투입된 사료비 보다 약 8% 정도 더 크게 비용을 증가시킴을 알 수 있었다. 그러나 사료량에 따른 생산량의 증가가 한정적인 범위 내에서 변동된다는 점에 주의하여야 할 것이다.

② 어가

어가는 출하시기에 따른 변동이 크며 이는 외부적 변수와 밀접한 관계가 있으므로 양식장에서 통제할 수 있는 변수가 아니다. 따라서 여기서는 어가의 변동이 수익성에 어떠한 영향을 주는가에 초점을 두고 분석하였다.

어가는 수익함수 중에서 가장 비중을 높게 차지하는 변수로 수익의 측면에서 매우 중요한 변수이다. 어가의 변동은 출하량과 관련된 수수료에만 영향을 미치고 다른 비용항목에는 영향을 미치지 않는다. 따라서 어가의 변동이 발생하는 경우 수익함수는 어가×생산량 만큼 변동하게 된다. 또한 비용함수는 어가×생산량×매출수수료율 만큼 변동하게 된다. 그러므로 간단하게 그 변동액을 계산할 수 있다. 매출의 구조적 모형식인 (식-2)에서 보면 가격의 비표준화계수가 1.0088로 나타나고 있어 어가의 상승이 거의 그대로 매출액의 증대로 이어짐을 볼 수 있다.

③ 생존율

생존율은 수익 함수에서 중요한 변수인 생산량과 밀접한 관계를 가지므로 수익함수에서 중요할 뿐만 아니라, 생존율은 사료비, 치어비 등과 같은 비용에도 영향을 미치므로 비용함수의 측면에서도 매우 중요한 변수이다. 생존율에 대한 민감도 분석은 생산량 추정모형(식-1)과 비용추정모형(식-3)을 이용하여 민감도분석을 하였다. (식-1)에서 생존율 증가에 따른 생산량 증가는 3366.844×로그생존율로 나타나고 있다.

표 7-74. 생존율 변동에 따른 지역별 생산량추정치

(단위 : kg)

생존율변화율	생산량		
생존율 기준값	지역1	지역2	지역3
	0.654	0.54	0.59
-0.10	12680.51	3728.59	9350.15
-0.08	12800.55	3892.02	9497.85
-0.06	12916.44	4047.08	9638.60
-0.04	13028.44	4194.69	9773.13
-0.02	13136.83	4335.58	9902.01
0	13241.82	4470.41	10025.76
0.02	13343.63	4599.70	10144.79
0.04	13442.43	4723.93	10259.49
0.06	13538.41	4843.49	10370.19
0.08	13631.72	4958.75	10477.16
0.10	13722.5	5070.02	10580.67
0.12	13810.9	5177.58	10680.95

표 7-75. 생존율 변동에 따른 규모별 생산량추정치

(단위 : kg)

생존율변화	생산량		
생존율기준값	0.4이하	0.4~0.8	0.8이상
	0.59	0.57	0.50
-0.10	6414.12	8564.35	2403.94
-0.08	6564.02	8714.15	2573.11
-0.06	6706.46	8856.94	2733.93
-0.04	6842.29	8993.43	2887.21
-0.02	6972.20	9124.19	3033.62
0	7096.74	9249.73	3173.79
0.02	7216.39	9370.47	3308.22
0.04	7331.57	9486.81	3437.37
0.06	7442.63	9599.06	3561.66
0.08	7549.89	9707.528	3681.43
0.10	7653.61	9812.46	3797.02
0.12	7754.04	9914.10	3908.70

또한 생존율 변동에 다른 비용변동은 비용함수의 모형추정에서 보면 모형 2와 모형 3에서 나타나고 있는데 그 유의수준이 모형 2에서는 0.433, 모형 3에서 0.504로 매우 낮았다. 유의성은 적지만 그 값을 이용하여 계산하여 보면 생존율이 1% 증가하면 비용이 모형 2에서는 63,315원/0.1ha, 모형 3에서는 47,023원/0.1ha 감소하는 것으로 나타나고 있다. 표 7-74, 표 7-75의 생산량변동과 이에 다른 매출의 변동을 (식-2)를 이용한 계산한 결과는 표 7-76과 같다.

표 7-76. 생존율 변동에 따른 매출액 변동

(단위 : 만원)

생존율변화율	생산량		
생존율 기준값	지역1	지역2	지역3
	0.65	0.54	0.59
-0.10	-462.88	-611.74	-557.14
-0.08	-363.89	-476.97	-435.34
-0.06	-268.32	-349.09	-319.27
-0.04	-175.96	-227.37	-208.33
-0.02	-86.58	-111.18	-102.05
0	0	0	0
0.02	83.96	106.62	98.16
0.04	165.43	209.06	192.74
0.06	244.58	307.66	284.03
0.08	321.53	402.79	372.24
0.10	396.39	494.47	457.60
0.12	469.29	583.16	540.30

생존율에 따른 수익변화는 생존율 변화에 따른 매출액 변동(표 7-76)에 비용함수의 모형 결과 값을 더하면 된다. 예를 들면 지역 1에서 생존율 2% 증가할 때 매출액 증가 839,560원 비용 모형 3을 적용할 때 비용감소 94,046원으로 나타나므로 이 값을 합치면 생존율 2% 증가에 따른 수익의 변동이 된다. 지역 2에서 생존율의 변동에 따른 수익의 변동이 크다는 것을 알 수 있다.

(다) 양식장의 수익성 제고를 위한 방안

① 관리적 방안

이상의 결과를 보면 비용항목에서 큰 비중을 차지하는 사료비와 인건비라고 할 수 있으며 수익성 관련변수는 평균출하크기(판매단가) 생산량 및 생존율이라고 할 수 있다.

아래에서는 관리적 관점에서 이들에 대한 방안을 살펴보고자 한다.

첫째, 사료비는 비용항목 중 원가에서 45~56% 정도를 차지하고 있다. 이것은 조피볼락의 양식에서 양식원가 절감을 위해 사료를 효율적으로 공급하는 것이 중요하다는 것을 의미한다. 양식장의 수익성을 높이기 위해서는 성장률을 높이기 위한 사료 공급하는 방식과 배합사료의 질을 높이는 것이 필요하다.

둘째, 생존율은 생존율을 높이는 양식기술의 발전에 좌우되는데, 생존율 10% 높이는 것이 사료비 10% 줄이는 효과와 비슷하고 생존율이 낮은 지역에서의 효과가 높은 지역에서의 효과보다 크므로 생존율이 낮은 지역에서의 생존율을 높이는 관리적 노력이 더 필요할 것으로 생각된다.

셋째, 양식기간을 조정하는 것이 현실적으로 어려운 경우에는 성장률에 따르는 양식기간의 문제를 효과적으로 해결하는 위하여 여유시설을

가지는 것을 고려하여야 할 필요가 있다. 고밀도 사육을 하는 것보다는 시설의 규모를 늘리는 것이 비용 측면에서 더 효과적이므로 양식시설을 적절하게 하여 판매적기에 성어를 판매하는 방법이 효과적인 것으로 판단된다.

넷째, 양식장 규모에 대한 것이다. 양식장의 적정규모는 지역마다 다르고 규모에 영향을 미치는 변수는 파악이 되지 않았지만, 양식장이 0.4ha이하의 적은 규모에서 수익성의 변동이 심하고 시설규모가 적을수록 수익성이 나쁜 것으로 나타났으며, 관리가 가장 효과적인 규모는 0.7ha 내외인 것으로 판단된다. 양식장 규모가 작은 경우에는 관리적 개선으로 문제를 해결하기 어려우므로 양식장 규모를 적정하게 하여서 관리하는 방법을 도입하여야 할 필요가 있다.

② 양식정책 방안

이상에서 분석된 결과를 통하여 양식정책에 앞으로 고려하여야 할 사항들은 다음과 같다

첫째, 양식장 수익에 있어 가장 중요한 변수는 가격이라고 할 수 있다. 가격을 적절하게 유지할 수 있는 출하시기 조절, 가두리시설 이용방법의 개선, 양식 유통체계 개선 및 소비촉진 등이 필요하다.

둘째, 양식비용 중에서 사료비가 차지하는 비중이 크므로 사료가격을 안정화 할 수 있는 방법을 개발하여야 할 필요가 있다. 생사료의 경우 적절한 냉동 보관 시스템을 구축함으로서 가능할 것으로 생각되며, EP 사료의 효율성을 높이는 방안을 더욱 강구하여야 할 것이다. 또한 양식장 운영비용의 안정적 관리에 대한 방안을 개발하여야 할 필요가 있다.

셋째, 고밀도 사육을 하지 않도록 하는 것이 중요하며 양식 환경의 변화가 심한 곳에서는 효과적으로 양식기간을 줄여 출하하는 것이 중요

하다. 현장에서 양식에 대한 기술은 있으나 양식장 경영에 대한 사고를 가지고 있지 않음으로서 과다한 비용발생 또는 이익 획득의 기회를 상실하는 경우가 많았다. 따라서 이에 대한 적절한 교육 방안을 마련하는 것이 필요할 것으로 생각된다.

8. 조피볼락 양식 생산 공정

가. 친어 확보

(1) 친어의 크기

① 종묘생산을 위한 조피볼락 친어는 크게 양식산 친어와 자연산 친어로 구분할 수 있으며, 수컷은 2년생 이상 암컷은 3년생 이상이면 친어로서 사용이 가능하다.

② 암컷의 경우 어체 크기가 작으면 산출자어수가 적고, 어체 크기가 너무 크면 산출자어수가 많으나 건강하지 못한 자어를 산출하는 경우가 있으므로 종묘생산에 이용할 건강한 자어를 산출하기 위하여 만 4~7년생의 어미를 확보하여 사용하는 것이 좋다.

(2) 친어의 수용

① 자연산 친어를 이용할 경우에는 채포 후 2~3일 내에 산출할 수 있는 산출 직전 상태의 어미를 육상 수조로 옮겨 자어를 받거나 또는 수컷과 교미한 후인 암컷을 복부가 불러오기 전인 겨울철에 채포하여 육상수조에 적응시킨 후 먹이를 공급하면서 사육하여 자연 산출을 유도하는 것이 건강한 산출 자어를 획득할 수 있다.

② 체중 약 1~2 kg 정도의 조피볼락을 친어관리 차원에서 저밀도로 수용하여 신선하고 영양가 높은 먹이를 공급하면서 사육 관리한 친어를 사용하는 것이 건강한 산출자어를 얻는데 있어 좋은 방법이다.

나. 자어 산출

(1) 산출 시기의 추정

① 산출시기가 가까워지면 항문으로부터 비뇨돌기에 이르기까지 거의 동일하게 팽출되어 있으나, 생식구의 선단부는 팽출되어 있지 않으며 항문으로부터 비뇨돌기에 걸쳐서 그 주변부위는 자색이나 암청색의 색깔을 나타낸다.

② 산출 직전이 되면 항문, 생식구, 비뇨돌기의 각개구 부위는 현저히 팽출하여 그 부변 부위의 색깔은 암청색 또는 암자색을 띈다.

(2) 산출 행동

① 수조에 수용 후의 친어는 주수구 바로 아래 또는 나무판 등의 그늘진 장소에 정지하고 낮에는 움직이지 않는다. 이따금 입을 크게 벌리고 동시에 몸을 움직이는 동작을 나타내기도 한다.

② 이러한 동작은 산출이 가까워지면 빈번하고 아가미 뚜껑의 개폐운동도 한층 활발하다. 이 때에 먹이를 섭취한 개체는 위 내용물을 모두 토해낸다.

다. 자어 수집

① 산출 자어의 수집 방법으로는 첫째, 어미를 사육 또는 관리하여 오던 수조에서 자연 산출된 자어를 수집하여 자어 사육수조로 옮기는 방법과 둘째, 산출 직전의 어미를 미리 자어사육수조에 옮겨 자어 산출이 끝난 후 친어를 잡아내는 방법을 이용할 수가 있다.

② 친어 사육 수조에서 바로 산출된 자어를 수집할 경우에는 주로 야간에 산출 행동을 하므로 친어관리는 주간에는 유수식으로 사육하다가 저

녁이 되면 사육수의 주입을 중단하여 지수식으로 관리하는 것이 야간에 산출된 자어가 수조 밖으로 배출되는 것을 방지할 수 있는 하나의 방법이다.

③ 또 하나는 유수량을 줄이고 자어 도피망을 배수구 쪽에 설치하여 산출자어가 산출 수조 밖으로 빠져나가는 것을 방지할 수 있다. 이때 자어도피망의 망목이 너무 작으면 수조내 배설물 등의 찌꺼기에 의하여 막히는 경우가 생길 수 있으며, 망목이 너무 크면 산출된 자어가 빠져나갈 수 있으므로 적당한 크기의 망목(약500㎛)을 선택하는 것이 중요하다.

라. 자어 사육 시설

(1) 사육 수조

① 산출자어의 사육수조는 작게는 2 m^3 부터 크게는 100 m^3 이상까지 이용할 수가 있지만, 조피볼락의 종묘생산을 위하여 비교적 큰 수조를 이용하는 것이 수질안정 및 자어가 안정된 상태로 성장할 수 있으므로 높은 생존율 및 양호한 성장을 기대할 수 있다.

② 최근에는 200~300 m^3 이상의 큰 수조도 이용되고 있다.

③ 사육수조의 수심은 자어의 성장과 관리측면을 고려할 때 1~1.5 m가 적당하다.

④ 자어를 수용하기 전에는 미리 수조를 건조시키고 소독을 하여 종묘생산 기간 중에 발생할 수 있는 질병을 미리 예방하여야 한다.

(2) 차광 시설

① 차광시설을 하여 표층조도가 100~500 Lux 정도 되도록 조절하여 하며, 빛 의 밝기는 사육관리 방법과 연관하여 결정되어야 하지만 직사광선을 피하여 수조내의 부착생물의 번식을 억제한다.

마. 먹이생물 배양

(1) 클로렐라 배양

① 클로렐라 배양 장소는 광선이 충분히 들어오고 공기소통이 좋은 곳을 선정하고 수온 22~23℃와 비중 1.020으로 조절한다.

② 시비재로서 일반비료를 사용할 경우에는 유안, 과인산석회 및 요소를 각각 1 m3당 100 g, 15 g, 5 g 내외로 첨가하며, 질산염(NaNO3)과 인산염(NaH2PO4)과 같은 공업용 화학제품을 이용할 경우에는 1 m3당 각각 150 g, 10 g의 비율로 첨가, 또는 시판되는 복합액체비료(ZIAVMTIF 등)를 1 m^3당 50~100 mL 정도 첨가한 후 클로렐라를 접종하여 배양한다.

(2) 윤충 배양

① 윤충의 배양 방법은 해산클로렐라(2,000~2,500×10^4 세포/mL)를 배양수로 사용하여 담수 및 해수를 주입하여 비중 1.020 내외, 수온 20~28℃에서 클로렐라 농도를 500~1,500×10^4 세포/mL로 조절한다.

② 최초 접종농도는 1 mL당 100개체로 시작하면 1주일 후에는 약 1 mL당 200개체로 증식한다. 망목 40~60 ㎛의 뮬러 가제로 걸러서 넙치 자어의 먹이로 사용하고 다시 클로렐라를 공급하여 배양한다.

(3) 알테미아 부화

① 알테미아의 부화는 100~1,000 L의 용기에 여과해수를 넣고 1 L당 1~3 g의 알테미아 건조란을 넣고 포기시켜 부화시키는데, 최적 부화 수온은 24~26℃로 알려져 있으며, 수온 28~30℃에서 부화시간은 24~30시간 정도 소요된다.

② 부화 후엔 유생의 추광성을 이용하여 껍질 및 산란과 유생을 분리하여 수거한다. 비교적 높은 영양가를 유지하고 있는 부화 직후의 노플리우스 단계에서 먹이로 사용하며, 클로렐라해수나 유화오일 등으로 영양 강화시킨 후 먹이로 사용한다.

바. 자·치어기 사육밀도 및 선별

(1) 사육밀도 조절

① 조피볼락 종묘 생산시 인공배합사료의 먹이 붙임이 완전히 이루어지기전 시기 즉, 자·치어가 건강하지 못한 상태에서는 사육하던 자·치어를 다른 수조 또는 가두리 시설로 옮기게 되면 그에 따른 스트레스로 인하여 많은 폐사가 예상되므로, 산출자어를 사육수조에 최초 수용시 적당한 밀도로 유지시켜 사육해야 한다.

② 산출 자어의 최초 수용 밀도는 m^3당 5,000~7,500마리 정도로 조절하는 것이 적당하다. 산출자어의 마리수를 계산할 때는 한 마리씩 계수가 불가능하므로, 자어를 수용할 때에 자어를 이동시키는 용기에 대략 몇 마리인가를 추정하는 용적법으로 환산하는 것이 편리하다.

③ 배합사료의 먹이 붙임이 완전히 끝난 후에는 성장함에 따라 적절한 밀도로 조정해 주어야 하는데 전장 2 cm 때는 m^3당 2,300마리, 3 cm 때는 m^3당 2,000마리가 적당하다.

(2) 선별

① 같은 수조 내에 개체간의 차이가 심하게 생길 경우에는 공식현상이 발생하여 생존율을 낮추고, 비교적 작은 개체는 정상적으로 성장

이 이루러지지 못하므로, 이 때는 선별을 해 주어야 한다.

② 선별 방법은 직접 눈으로 관찰하여 큰 개체와 작은 개체를 분리 수용하는 방법을 택하여야 한다.

③ 잦은 선별은 스트레스로 인하여 성장을 저해시키며, 선별 시에 입은 상처로 인하여 2차 질병감염의 원인이 되어 폐사율을 높이는 결과를 초래한다는 점을 염두에 두어야 한다.

④ 선별 전에는 절식이 필요하며, 선별 후에는 필히 항생재로 약욕을 하여 세균의 2차 감염을 예방하는 것이 필요하다.

사. 자·치어기 먹이공급 체계

(1) 먹이공급개시 시기

① 최초 먹이공급은 산출 당일 또는 적어도 산출 1일 후에는 공급하여야 하며, 산출 후 5~8일까지는 윤충을 주로 공급하여야 하며, 그 후 20일 까지는 윤충와 알테미아의 부화유생을 혼합하여 공급하고, 적어도 인공배합사료 또는 죽은 먹이로의 붙임이 완전히 끝나는 시기까지는 이들 먹이 생물을 계속 공급해 주어야 한다.

② 조피볼락은 다른 종과는 다르게 난태생 어종으로 어미의 뱃속에서 부화하여 다른 어종에 비하여 비교적 큰 자어로 산출되기 때문에, 처음부터 먹이 섭취량이 많으며, 이에 따라 윤충의 공급량은 사육수 ㎖ 당 10개체 이상 공급하는 것이 좋다.

③ 알테미아 부화 유생은 초기먹이로서 비교적 쉽게 구입하여 공급할 수 있으며 조피볼락 자어가 쉽게 섭취한다는 먹는다는 장점은 있으나, 먹이로서의 영양이 충분하지 않으므로 해산클로렐라나 기타 영양강화제로 2차 영양 강화시켜 공급하는 것이 좋으며, 동시에 배합사료를 동시에 공급하는 것이 영양보충 차원에서 유리하다.

(2) 배합사료 먹이붙임

① 조피볼락은 다른 어종에 비하여 생물먹이로부터 배합사료로의 먹이 붙임이 힘든 종이므로 자어사육초기부터 배합사료로의 길들이기를 시작하여야 하며, 그렇지 않으면 움직이지 않는 죽은 먹이로의 먹이 붙임이 어려워지고, 산출 후 20~25일 정도에 대량 폐사를 일으키는 경우가 많다. 따라서 적어도 알테미아 부화유생을 공급하기 이전시기부터 초기 미립자사료를 이용하여 자어를 움직이지 않는 먹이에 적응시켜 나가야 한다.

② 초기의 자어는 소화기관의 발달이나 소화기능이 완전치 못하므로 인공 배합사료를 잘 받아먹더라도 배합사료만을 먹이게 되면 소화를 전혀 시키지 못하여 많은 폐사가 일어나게 된다.

③ 사육 초기에는 먹이생물, 즉, 윤충과 알테미아를 주 먹이로 이용하면서 배합사료는 단지 자어의 눈에 익혀둔다는 생각으로 공급하여야 하며, 사육수 중에 먹이생물의 밀도가 낮아지는 시간대를 택하여 1일 여러 회 나누어 공급하는 것이 좋다.

(3) 먹이공급순서

① 윤충 만을 공급하는 시기에는 사육수 중에 윤충의 밀도가 일정하게 유지되도록 하기 위하여, 사육수 중의 윤충을 계속 조사하여 적정 밀도 이하로 되지 않도록 공급이 이루어져야 한다.

② 윤충, 알테미아유생 및 인공배합사료를 같이 공급하는 시기에는 제일 먼저 배합사료, 그 다음으로 윤충, 마지막으로 알테미아 유생을 공급하는 순으로 하여야 배합사료로의 먹이붙임도 쉬워지고, 비교적 영양가나 소화가 잘 이루어지는 윤충의 공급량을 늘릴 수 있으므로 좋다.

(4) 먹이 선택

① 조피볼락의 종묘 생산시 일반적인 해산어류가 요구하는 영양가를 고루 갖춘 것을 선택하여야 한다.

② 윤충은 가능한 해산클로렐라로 배양한 것을 사용하는 것이 좋으나, 최근 농축 담수산 클로렐라나 효모로 배양하는 경우가 많으므로, 먹이로 사용하기 위하여 해산어가 필수적으로 요구하는 n3-HUFA와 같은 고도불포화지방산의 보충을 위한 영양 강화가 요구된다.

③ 알테미아의 경우에는 내구란이 생산되는 산지에 따라서 영양가가 차이가 많으며, 해산어가 요구하는 지방산을 충분히 가지고 있지 않으므로, 부화 후 노우플리우스 치어용 사료가 생산됨으로 이를 사용하는 것이 좋으며, 사육수질 안정을 위하여 적어도 사육 초기에는 수중에서 부패가 잘 일어나지 않는 고품질의 것을 사용하는 것이 좋다.

아. 자·치어기 사육 환경

(1) 사육수 관리

① 사육수는 초기에는 모래여과기나 그 외의 필터를 이용한 여과해수를 사용하는 것이 좋으나, 깨끗한 해수라면 자연 해수를 그대로 사용하여도 무방하다.

② 최초 산출 자어의 수용시부터 적어도 약 10일째까지는 차광효과, 수질안정 효과 및 자어가 먹다 남은 생물먹이 영양가의 유지 효과를 위하여 사육수에 해산클로렐라수를 첨가하는 것이 좋다.

③ 첨가하는 클로렐라 농도는 사육수 ㎖당 20~100만 세포 정도로 되도록 유지해 주는 것이 좋다. 즉, 클로렐라를 첨가했을 때 사육수조의 바닥이 보일 정도가 적당하다. 이 때 첨가하는 클로렐라는 배양조에서

충분히 배양된 것 즉, 배양수에 첨가한 비료가 거의 다 소모된 상태의 것을 이용하여야 한다.

(2) 환수

① 조피볼락은 초기에 수용 후 8~10일 까지는 지수식 사육 방법으로 환수량은 사육수를 1일 20~50%씩을 교환해 주는 방법을 택한다.

② 10일 이후부터는 유수식으로 전환하여 어체가 성장함에 따라 환수량을 점차 늘려 준다..

(3) 사육 수온

① 초기 사육수온은 자어 산출 수조의 수온을 기준으로 하여 조절해 주어야 하는데 15~18℃ 정도가 적당하며, 적정 수온 범위에서는 비교적 높은 수온에서 자어의 성장이 빠르다.

② 산출된 자어를 최초 자어수조로 수용 시에는 가능한 자어산출조의 수온과 동일하게 맞추어 주어야 한다. 만약, 수온이 동일하지 않을 경우 그 차이는 +0.5~1.0℃ 범위를 벗어나지 않도록 주의하여야 한다. 특히 자어를 수용할 수조가 자어산출보다 수온이 더 낮을 경우 스트레스가 더욱 커지므로 곤란하다.

(4) 바닥청소

① 사육 수조의 바닥청소는 사이폰을 사용하여 먹이찌꺼기, 배설물 및 사체를 제거하며, 가능한 한 사육중인 조피볼락이 스트레스를 받지 않도록 주의하여 실시하여야 한다.

② 최초 사이폰 청소는 약 5~7일 만에 실시하는 것으로도 충분하

며, 그 이후는 바닥에 쌓인 찌꺼기가 부패하지 않는 범위 내에서 1~3 일마다 실시하도록 한다.

③ 초기부터 배합사료를 공급하는 경우에는 사육어가 받아먹지 않고 가라앉은 먹이가 바닥에서 썩지 않도록 자주 바닥청소를 해주는 것이 수질을 안정시킬 수 있다.

④ 조피볼락은 비교적 사이폰 청소시에 다른 어종에 비하여 스트레스를 받기 때문에, 가능한 바닥청소 횟수를 줄이는 것이 양호한 성장을 기대할 수 있다.

자. 양성 관리

(1) 종묘 선정

① 성장이 빠르고 건강한 종묘를 구입하여 수용하여야 한다.

② 일단 건강한 종묘를 육안으로 판별하는 기준으로는 수조 내에서 떼를 지어 정상적인 유영을 하고, 체색이 옅으면서 체형은 유선형이며, 먹이섭취활동이 활발하여야 하며 또한 병증이 없이 전체적으로 크기가 같은 종묘이어야 한다.

(2) 사육 환경

① 조피볼락은 자연에서 암초지대에 서식하는 종이므로 차광을 할 수 있다면 차광시설을 하여 조도를 어느 정도 낮추어 주는 것이 좋다.

② 조피볼락의 사육수온은 15~18℃가 성장을 위한 최적이라고 볼 수 있으며, 12℃에서도 사료효율, 성장 등 정상적인 사육이 가능하므로 이러한 수온시기에 빠른 성장을 꾀하는 것이 유리하다. 해상가두리의 경우 수온을 인위적으로 조절할 수 없기 때문에 성장에 적합한 사육수온이 유리한 해역에서 사육하는 것이 빠른 성장을 기대할 수 있다.

(3) 먹이 공급

① 먹이의 종류는 정어리, 전갱이, 고등어, 까나리 등 생사료와 이러한 생사료와 분말 배합사료를 적당량 혼합하여 모이스트펠렛 사료가 있다.

② 입식 초기에는 종묘생산시 계속 먹여오던 것과 동일한 사료를 어느 기간동안 공급하는 것이 조피볼락 치어가 새로운 사육환경에 빨리 적응할 수 있도록 되우는 것이다. 따라서 최초 입식 후 2주 내지 4주 동안에는 종묘생산시와 동일한 사료를 공급하고, 그 후에는 관리 및 취급이 편리한 사료로 전환하면 된다.

③ 먹이공급횟수는 어린시기에는 1일 2~3회로 공급하고, 성장에 따라서 횟수를 줄여 판매 크기로 성장하면 1일 1~2회로 공급한다. 그러나 수온이 낮은 겨울철 저수온기에는 2일에 1회 또는 3일에 1회로 줄여서 공급하는 것이 좋으며, 여름철 고수온기 역시 먹이공급량을 줄이는 것이 좋다.

④ 당년생 치어는 포식량의 약 80%, 1년생 치어는 포식량의 약 70% 공급으로 포식량을 공급하였을 때와 동일한 성장을 나타내었다. 1일 포식량은 만복시의 70~80%를 공급하여야 사료효율이 높아 사료의 허실을 줄일 수 있다.

차. 생사료 및 배합사료 관리

(1) 생사료 구입

① 생사료를 구입할 때 마다 생사료 구입기록일지를 작성한다.

② 구입한 생사료는 냉동고에 보관하여야 하며, 적절한 보관 장소가 확보될 수 없는 경우는 당일 사용할 양만 구입한다.

③ 생사료는 선도 변화에 주의하고, 산화 냄새가 있는 것이나 육안적으로 품질이 악화되어 있는 것은 사용하지 않는다.

(2) 배합사료 및 첨가제 구입

① 사육관리책임자는 배합사료 및 첨가제(영양제, 간장제 등)를 구입시마다 구입한 제품별로 배합사료, 첨가제 구입기록일지를 작성한다.

② 구입한 배합사료 및 첨가제는 해충 또는 동물의 침입을 방지하고, 품질이 악화되지 않는 방법(냉음소, 냉동고 또는 환기장치의 부착 창고에 보관하는 것)으로 보관한다. 적절한 보관 장소가 없는 경우에는 유효기간을 감안하여 사용할 양을 구입한다.

③ 구입한 배합사료 및 첨가제는 구입한 순으로 사용하고, 오래된 것이 장기간 남아있지 않도록 하며, 유효기간 내에 사용되지 않은 것은 폐기한다.

(3) 사료의 제조 및 공급

① 사육관리책임자는 작업 개시 전에 사료 제조 및 공급 지침서를 작성하여 작업담당자에 전달하고, 그날의 작업에 필요한 지침을 준다.

② 작업담당자는 "사료의 제조 및 공급 지침서"에 따라 행한다. 사료 제조 시는 가능한 한 직사광선을 피하도록 한다. 생사료에 분말배합사료 또는 첨가제를 혼합하여 모이스트펠렛 사료를 제조할 때에는 분말배합사료 또는 첨가제가 균일하게 혼합되도록 충분히 교반을 행한다.

③ 사료 제조 후 될 수 있는 한 빨리 공급하는 것이 좋은데, 사료 제조 후 바로 공급하지 않는 경우(예를 들면, 오전 중에 제조한 것을 오후에 투여하지 않는 경우)에는 냉장고에 보관한다.

④ 남는 사료는 수산용의약품이 함유되지 않은 한 다른 어군에 공급하여도 좋다. 남는 사료를 다음날 공급할 경우는 냉동 보관한다.

카. 수산용 의약품 관리

(1) 질병의 진단 및 사용약제 선정

① 사육어의 유영 및 섭취에 이상이 확인되며, 폐사어가 눈에 띄는 경우 및 세균감염증의 발생이 의심되는 경우에는 필요시 수산질병관리사 또는 어병 전문기관에 세균학적 검사를 의뢰한다.

② 검사를 의뢰할 때는 검체와 함께 "어병진단 투약지시일지"를 제출하고, 병명을 기록할 뿐만 아니라 사용약제의 추천을 받는다.

③ 검사 및 기록을 어군마다 행해야 한다.

④ 투약하여도 폐사율이 저하되지 않을 때 또는 투약 종료 후 곧바로 재발한 경우는 재검사를 의뢰한다.

(2) 수산용 의약품 구입

① 사용할 의약품이 결정되면 필요량을 구입한다. 수산용의약품을 받을 때에는 사육관리책임자는 "수산용의약품 구입일지"에 기록한다. 사전에 "수산용 의약품 구입일지" 용지를 구입자가 건네주어 납품 시에는 납품업자가 기재하여도 좋다. 다만, 그 경우에는 기록자가 서명란에 날인한다.

② 구입된 수산용의약품은 안전 또한 품질의 변질을 방지할 수 있는 장소에 보관한다.

(3) 약사료의 제조 방법

① 사육관리책임자는 "사료의 제조 및 공급 지침서"를 작성하여 작업담당자에게 전달한다. 이 때에 약제의 첨가방법, 공급 가두리 등에 관

하여 필요한 지시를 한다.

② 투약시 사료공급량은 발병 전에 비해 공급량을 줄여(대략 60% 정도) 준다.

③ 약제를 점착제 또는 기타 첨가제와 함께 배합사료 및 생사료에 첨가하는 경우는 비닐 봉투에 약제 및 첨가제를 넣고 충분히 교반한 후, 배합사료 및 생사료에 첨가한다.

④ 약제를 배합사료 및 생사료에 균일하게 혼합시키기 위해 소량씩 첨가하여 10~15분간 교반한다.

⑤ 약제를 넣은 배합사료와 생사료를 넣은 용기는 통상 배합사료 및 생사료를 넣은 용기와는 엄밀하게 구별한다. (색, 형상이 다른 용기를 이용하지만, 비닐테이프로 색을 구분하기도 한다.)

⑥ 1대의 사료 제조기로서 약제를 넣은 사료와 무첨가 사료를 제조할 경우에는 반드시 무첨가 사료부터 제조한 후, 약제를 첨가한 사료를 제조한다.

⑦ 사료의 제조가 완료되면 사료의 제조에 사용된 용기, 기자재 및 생사료 및 배합사료를 넣은 용기는 맑은 물로 반드시 세척한다.

(4) 투약시의 사료 공급

① 투약을 개시하는 전날은 사료공급을 중지하고 폐사 및 폐사 직전의 개체는 들어낸다. 가능하다면 수조 안에 들어가서 개체를 선별하여 제거한다.

② 투약 시는 가능한 한 많은 어류가 약제를 함유한 사료를 섭취하도록 하여야 하므로, 통상적인 사료 공급시보다 천천히 사료를 공급한다.

③ 약제가 혼합된 배합사료 및 생사료를 먹지 않고 남는 것은 유효

량의 약제를 섭취하지 않게 되므로, 사료가 남지 않도록 공급한다. 섭취 상태가 나쁜 경우는 배합사료 및 생사료의 양을 줄여서 약제를 첨가한다.

(5) 휴약기간의 준수 및 출하시 주의사항

① 수산용의약품의 사용시 기재된 주의사항을 준수하여 휴약 기간을 엄수한다.

② 투약부터 출하까지 휴약 기간이 충분하지 않는 경우는 투약을 행하지 않는다.

(6) 양식어의 건강도 모니터링

양식어의 건강상태를 모니터하여 질병의 예측, 조기발견하기 위해 특정의 어군을 선정하여, 정기적으로 건강진단을 행할 필요가 있다.

① 특정 가두리를 선정하여 1개월에 1회 5~6마리를 시료 채취한다.

② 검사는 세균학적 검사 및 혈액학적 검사(HE치, 혈당치, 혈장콜레스트롤 등)을 행한다.

③ 검사는 지정된 전문기관에 의뢰한다.

④ 검사결과는 "건강진단일지"에 기록하여 보관한다.

타. 출하 관리

① 사육관리책임자는 출하개시 전에 작업원 전원에 대하여 하루 작업내용을 설명하고 주의사항을 주지시킨다. 또한 작업원에게 질병 등 이상 유무를 확인한다.

② 작업원의 작업복, 장화 등의 오염 여부를 점검하고 세탁할 수 없

는 것을 입고 있는 작업원은 옷을 교환한다.

③ 그물, 쪽대, 운반 바구니 등의 청소상태를 점검하여 청소가 충분하지 않으면 바로 청소를 하든가 새로운 것을 사용한다.

④ 가두리의 활어를 활어선 또는 운반선에 옮겨 육지까지 수송한 후 준비된 활어차를 이용하여 출하한다.

9. 참고문헌

국립수산과학원, 1995. 1994년도 국립수산과학원 사업보고서, 334~347.

국립수산과학원, 2001. 국립수산진흥원 80년사, p 610.

국립수산과학원, 1989. 한국수산물성분표, p 156.

김용억 · 한경호, 1991. 조피볼락, *Sebastes schlegeli*의 초기 생활사. 한어지, 3(2), 67~83.

임양재 · 황선도, 2002. 서해연안 조피볼락, *Sebastes schlegeli*의 연령과 성장. 한어지, 14(2), 143~152.

전라남도, 1997. 해상가두리를 이용한 조피볼락 종묘생산. p 69.

해양수산부, 2002. 서해안 축제식양식장을 이용한 어류종묘생산 기술개발. p 141.

홍순택, 1995. 양식어류의 경제성 분석(상). 수산양식, 70, 99~115.

황진욱 외, 1997. 넙치 양식업의 경영실태와 경쟁력 제고방안 연구. 국립수산진흥원연구보고, 53, 171~191.

Kim, K-W., Wang, X. J. and S. C. Bai, 2001. Reevaluation of the optimum dietary protein level for the maximum growth of juvenile Korean rockfish *Sebastes schlegeli* (Hillgendorf). Aquacult. Res. 32, 119-125.

Lee, J. Y., Kang, Y. J., Lee, S-M. and I. B. Kim, 1993. Protein requirements of the Korean rockfish *Sebastes schlegeli*. J. Aquaculture. 6, 13-27.

Lee, S-M., Jeon, I. G. and J. Y. Lee, 2002. Effect of digestible protein

and lipid levels in practifcal diets on growth, protein utilization and body composition of juvenile rockfish. Aquaculture. 211, 227-239.

Lee, S-M., Yoo, J. H. and J. Y. Lee, 1996. The use of soybean meal, corn gluten meal, meat meal, meat and bone meal, or blood meal as a dietary protein source replacing fish meal in Korean rockfish. Kor. J. Anim. Nutr. Feed. 20, 21-30.

연구 및 집필진

◈ 참여 연구원

손맹현 · 박민우 · 임한규 · 김대중 (국립수산과학원 양식관리팀)

황진욱 · 김도훈 (국립산과학원 정책홍보팀)

홍정표 (국립수산과학원 바다목장화사업단)

황형규 · 한석중 · 박경현 (남해수산연구소 증식연구팀)

안철민 (동해수산연구소 증식연구팀)

김응오 (남부내수면연구소)

◈ 집필진

총괄 : 손맹현 (국립수산과학원 양식관리팀)

질병 : 박명애 · 김진우 (국립수산과학원 병리연구팀)

사료 : 김강웅 · 강용진 (국립수산과학원 양식사료연구센터)

경영 : 박영병 · 어윤양 (부경대학교 경영대학)

조피볼락 양식 표준 지침서

2007년 4월 인쇄
2007년 4월 발행

발행인 : 국립수산과학원장 박 덕 배

연구진 : 국립수산과학원 양식관리팀
손맹현 외 9명

발행처 : 국립수산과학원
부산광역시 기장군 기장읍 시랑리 408-1
전화 (051) 720-2420

인쇄처 : 도서출판 해인 Tel. (051) 637-6859