

발간등록번호
11-1541370-000056-01

과학원간행물번호
TR-2009-AQ-002

넙치 배합사료 제주지역 현장적용시험

주관연구기관 : 국립수산과학원

농림수산식품부
국립수산과학원

넙치 배합사료 제주지역 현장적용시험

주관연구기관 : 국립수산과학원

농림수산식품부
국립수산과학원

제 출 문

농림수산식품부장관 귀하

본 보고서를 “넙치 배합사료 제주지역 현장적용시험” 사업의 최종보고서로 제출합니다.

2009년 1월

주관연구기관: 국립수산과학원 양식사료연구센터

총괄연구책임자 : 강 용 진

참 여 연 구 원 : 김 강 웅

이 해 영 김 경 덕

장 미 순 최 세 민

이 종 윤 허 셋 별

손 맹 현 황 진 욱

김 성 연 김 도 훈

김 재 우 한 석 중

김 경 민 이 창 훈

구 준 호 정 재 훈

참여기업: 제주수협, 수협사료, 명천수산, 삼형수산

참 여 연 구 원 : 김 평 전

신 태 범 김 광 익

김 재 식 오 용 훈

오 동 훈 이 동 춘

박 흥 식 강 문 일

강 우 철 강 형 철

사 성 빈 송 기 천

보고서 요약

과제관리번호		해당단계 연구기간	2007~2008	단계 구분	종료/15개월
과제명	넙치 배합사료 제주지역 현장적용시험				
세부과제명					
연구책임자	강용진	해당단계 참여연구원수	총: 31명 내부: 18명 외부: 13명	해당단계 연구비	정부: 273,000천원 기업: 37,000천원 계: 310,000천원
과제소관부서명	양식사료연구센터		참여기업명	제주수협, 수협사료, 명천·삼형수산	
국제공동연구	상대국명:		상대국연구기관명:		
위탁연구	연구기관명:		연구책임자 :		
요 약					보고서 면 수
					200 면
<p>본 연구는 생사료 위주의 넙치양식을 배합사료로 전환하기 위하여 양식장 현장에서 어업인과 공동으로 배합사료 품질을 검증하고, 배합사료 사용 확대 도모하고자 수행하였다.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 성장도 조사는 증체율, 사료효율, 생존율을 비교한 결과, 배합사료와 생사료의 성장 차이가 없었으며, 배합사료만으로도 충분한 성장 가능성을 보였다. ○ 환경 조사는 유입수 및 배출수의 수질을 분석한 결과, 사료급이 후 배합사료 공급에 따른 COD, 부유물질, 총질소, 총인인 현저하게 감소되었다. ○ 건강도 조사는 세균성, 기생충, 바이러스 등 질병을 모니터링한 결과, 배합사료 및 생사료에 따른 질병 발생률에 차이가 없게 나타났다. ○ 육질 평가는 일반성분, 지방산, 아미노산, 관능검사를 실시한 결과, 배합사료 및 생사료를 공급한 실험어의 육질에 차이가 없게 나타났다. ○ 경제성 평가는 수익성과 경제성 항목을 분석한 결과, 삼형수산이 명천수산보다 다소 높았으며, 명천수산은 배합사료구가 생사료구와 비교하여 높은 경제성을 보였다. 					
색인어 (각 5개 이상)	한글	넙치, 실용배합사료, 현장적용시험, 수질, 건강도, 육질, 관능검사, 경제성 분석			
	영어	olive flounder, practical feed, field feeding experiment, water quality, fish health, flesh quality, sensory score, economic feasibility			

목 차

요 약 문	1
제 1 장 연구개발 과제의 개요	8
제 1 절 연구개발의 필요성	8
제 2 절 연구목표 및 추진체계	9
1. 연구목표	9
2. 추진체계	9
제 2 장 국내외 기술개발 현황	11
제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과	12
제 1 절 성장도 조사	12
1. 실험사료 성분분석	15
가. 일반성분	15
나. 산가	15
다. 지방산	18
라. 구성아미노산	19
2. 성장도 조사결과	26
가. 명천수산	26
나. 삼형수산	37
제 2 절 환경 조사	56
1. 사육수의 수질조사	56
가. 연구방법	56
나. 연구결과	57

2. 배출수의 오염부하 조사	85
가. 연구방법	85
나. 연구결과	85
제 3 절 건강도 조사	92
1. 내·외부적 병리조사	92
가. 연구방법	92
나. 연구결과	93
2. 세균 발생 조사	93
가. 연구방법	93
나. 연구결과	93
3. 기생충 발생 조사	96
가. 연구방법	96
나. 연구결과	96
4. 바이러스 조사	97
가. 연구방법	97
나. 연구결과	97
5. 세로이드 조사	98
가. 연구방법	98
나. 연구결과	98
6. 혈청 분석	99
가. 연구방법	99
나. 연구결과	99

제 4 절 육질 평가	102
1. 일반성분	102
가. 연구방법	102
나. 연구결과	103
2. 지방산	105
가. 연구방법	105
나. 연구결과	106
3. 아미노산	113
가. 연구방법	113
나. 연구결과	113
4. 관능검사	120
가. 연구방법	120
나. 연구결과	120
제 5 절 경제성 평가	122
1. 분석과정 및 연구방법	122
가. 분석과정	122
나. 연구방법	123
2. 제주지역 넙치양식 수익-비용 구조	125
가. 넙치 양식의 비용구조 분석	125
나. 넙치 양식의 수익구조	127
3. 양식시험장별 사료종류별 생산중량 차이분석	130
4. 양식시험장별 사료종류별 수익성 분석	132
가. 명천수산	132

나. 삼형수산	136
5. 양식시험장별 사료종류별 경제성 평가	139
가. 명천수산	139
나. 삼형수산	140
6. 배합사료 이용 현지 양식장 사례분석	141
7. 요약 및 결론	144
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	146
제 5 장 연구개발결과의 활용계획	148
제 6 장 참고문헌	149
제 7 장 참고자료	159
제 1 절 시험사업 시행지침	159
제 2 절 대상 양식장 및 배합사료 선정	165
제 3 절 시험사업 세부계획서	169

표 목 차

표 1-1. 연도별 천해양식 생산량	13
표 1-2. 양식사료 수급동향	14
표 1-3. 양식용 배합사료 생산실적	14
표 1-4. 생사료 원료의 일반성분	16
표 1-5. 실험사료의 일반성분	17
표 1-6. 실험사료 산가	18
표 1-7. 실험사료의 지방산 조성	20
표 1-8. 실험사료의 구성아미노산	23
표 1-9. 명천수산 최종 어체측정 결과	28
표 1-10. 명천수산 월별 증체량 및 생존율 결과	29
표 1-11. 명천수산 1월 어체측정 결과	31
표 1-12. 명천수산 2월 어체측정 결과	31
표 1-13. 명천수산 3월 어체측정 결과	32
표 1-14. 명천수산 4월 어체측정 결과	32
표 1-15. 명천수산 5월 어체측정 결과	33
표 1-16. 명천수산 6월 어체측정 결과	33
표 1-17. 명천수산 7월 어체측정 결과	34
표 1-18. 명천수산 8월 어체측정 결과	34
표 1-19. 명천수산 9월 어체측정 결과	35
표 1-20. 명천수산 10월 어체측정 결과	35
표 1-21. 명천수산 11월 어체측정 결과	36

표 1-22. 삼형수산 치어의 최종 어체측정 결과	39
표 1-23. 삼형수산 치어의 월별 증체량 및 생존율 결과	40
표 1-24. 삼형수산 육성어의 최종 어체측정 결과	42
표 1-25. 삼형수산 육성어의 월별 증체량 및 생존율 결과	43
표 1-26. 삼형수산 치어의 1월 어체측정 결과	45
표 1-27. 삼형수산 치어의 2월 어체측정 결과	45
표 1-28. 삼형수산 치어의 3월 어체측정 결과	46
표 1-29. 삼형수산 치어의 4월 어체측정 결과	46
표 1-30. 삼형수산 치어의 5월 어체측정 결과	47
표 1-31. 삼형수산 치어의 6월 어체측정 결과	47
표 1-32. 삼형수산 치어의 7월 어체측정 결과	48
표 1-33. 삼형수산 치어의 8월 어체측정 결과	48
표 1-34. 삼형수산 치어의 9월 어체측정 결과	49
표 1-35. 삼형수산 치어의 10월 어체측정 결과	49
표 1-36. 삼형수산 치어의 11월 어체측정 결과	50
표 1-37. 삼형수산 육성어의 1월 어체측정 결과	50
표 1-38. 삼형수산 육성어의 2월 어체측정 결과	51
표 1-39. 삼형수산 육성어의 3월 어체측정 결과	51
표 1-40. 삼형수산 육성어의 4월 어체측정 결과	52
표 1-41. 삼형수산 육성어의 5월 어체측정 결과	52
표 1-42. 삼형수산 육성어의 6월 어체측정 결과	53
표 1-43. 삼형수산 육성어의 7월 어체측정 결과	53
표 1-44. 삼형수산 육성어의 8월 어체측정 결과	54

표 1-45. 삼형수산 육성어의 9월 어체측정 결과	54
표 1-46. 삼형수산 육성어의 10월 어체측정 결과	55
표 1-47. 삼형수산 육성어의 11월 어체측정 결과	55
표 3-1. 조사 양식장의 실험구별 내부 및 외부 증상 검출률	93
표 3-2. 조사 양식장의 실험구별 세균 검출률	94
표 3-3. 조사 양식장의 실험구별 비브리오팀 검출률	95
표 3-4. 조사 양식장의 실험구별 에드워드균 검출률	95
표 3-5. 조사 양식장의 실험구별 연쇄구균 발생상황	95
표 3-6. 조사 양식장의 실험구별 기생충 검출률	96
표 3-7. 조사 양식장의 실험구별 트리코디나충 검출률	97
표 3-8. 조사 양식장의 실험구별 스키키카충 검출률	97
표 3-9. 삼형수산 월별 배합사료 및 생사료의 세로이드 침착상태	98
표 3-10. 명천수산 월별 배합사료 및 생사료의 세로이드 침착상태	99
표 4-1. 넙치 전어체의 일반성분	103
표 4-2. 넙치 등근육의 일반성분	105
표 4-3. 넙치 전어체의 지방산 조성	107
표 4-4. 넙치 등근육의 지방산 조성	110
표 4-5. 넙치 전어체의 구성아미노산	114
표 4-6. 넙치 등근육의 구성아미노산	117
표 4-7. 넙치 등근육의 관능평가	121
표 5-1. 경제성 분석과 수익성 분석 비교	123
표 5-2. 제주도 넙치 양식장의 규모별 비용구조	126
표 5-3. 전국 넙치양식 생산량 및 평균단가	127

표 5-4. 제주도 넙치양식 생산량 및 평균단가	127
표 5-5. 제주도 넙치양식 월별 생산량 및 평균단가	128
표 5-6. 제주도 양식장의 월별 출하가격	129
표 5-7. 해역별 규모별 평균생산량	129
표 5-8. 시험장별 사료종류별 평균중량	130
표 5-9. 명천수산 실험의 사료종류별 평균 개체중량과의 차이 검정결과	131
표 5-10. 삼형수산 치어 실험의 사료종류별 평균 개체중량과의 차이 검정결과	131
표 5-11. 삼형수산 육성어 실험의 사료종류별 평균개체중량과의 차이 검정결과	132
표 5-12. 명천수산 현장실험의 사료종류별 수익성 비교	135
표 5-13. 삼형수산 현장실험의 사료종류별 수익성 비교	138
표 5-14. 명천수산 사료종류별 경제성 분석	140
표 5-15. 삼형수산 사료종류별 경제성 분석	141
표 5-16. K수산 넙치양식의 수익성	142
표 5-17. K수산 투자경제성	142

그 립 목 차

그림 1-1. 명천수산 월별 평균무게	30
그림 1-2. 명천수산 월별 누적생존율	30
그림 1-3. 삼형수산 치어 월별 평균무게	41
그림 1-4. 삼형수산 치어 월별 누적생존율	41
그림 1-5. 삼형수산 육성어 월별 평균무게	44
그림 1-6. 삼형수산 육성어 월별 누적생존율	45
그림 2-1. 명천수산 12월 배합사료와 생사료 급이구의 부유물질 변화	58
그림 2-2. 명천수산 1월 배합사료와 생사료 급이구의 부유물질 변화	58
그림 2-3. 명천수산 2월 배합사료와 생사료 급이구의 부유물질 변화	58
그림 2-4. 명천수산 3월 배합사료와 생사료 급이구의 부유물질 변화	59
그림 2-5. 명천수산 4월 배합사료와 생사료 급이구의 부유물질 변화	59
그림 2-6. 명천수산 5월 배합사료와 생사료 급이구의 부유물질 변화	59
그림 2-7. 명천수산 6월 배합사료와 생사료 급이구의 부유물질 변화	60
그림 2-8. 명천수산 7월 배합사료와 생사료 급이구의 부유물질 변화	60
그림 2-9. 명천수산 8월 배합사료와 생사료 급이구의 부유물질 변화	60
그림 2-10. 명천수산 9월 배합사료와 생사료 급이구의 부유물질 변화	61
그림 2-11. 명천수산 10월 배합사료와 생사료 급이구의 부유물질 변화	61
그림 2-12. 명천수산 11월 배합사료와 생사료 급이구의 부유물질 변화	61
그림 2-13. 명천수산 오전시간대 생사료 급이 전후의 부유물질 변화	62
그림 2-14. 명천수산 오전시간대 배합사료 급이 전후의 부유물질 변화	62
그림 2-15. 명천수산 오후시간대 생사료 급이 전후의 부유물질 변화	63

그림 2-16. 명천수산 오후시간대 배합사료 급이 전후의 부유물질 변화	63
그림 2-17. 삼형수산 1월 배합사료와 생사료 급이구의 부유물질 변화	65
그림 2-18. 삼형수산 2월 배합사료와 생사료 급이구의 부유물질 변화	65
그림 2-19. 삼형수산 3월 배합사료와 생사료 급이구의 부유물질 변화	65
그림 2-20. 삼형수산 4월 배합사료와 생사료 급이구의 부유물질 변화	66
그림 2-21. 삼형수산 5월 배합사료와 생사료 급이구의 부유물질 변화	66
그림 2-22. 삼형수산 6월 배합사료와 생사료 급이구의 부유물질 변화	66
그림 2-23. 삼형수산 7월 배합사료와 생사료 급이구의 부유물질 변화	67
그림 2-24. 삼형수산 8월 배합사료와 생사료 급이구의 부유물질 변화	67
그림 2-25. 삼형수산 9월 배합사료와 생사료 급이구의 부유물질 변화	67
그림 2-26. 삼형수산 10월 배합사료와 생사료 급이구의 부유물질 변화	68
그림 2-27. 삼형수산 11월 배합사료와 생사료 급이구의 부유물질 변화	68
그림 2-28. 삼형수산 오전시간대 생사료 급이 전후의 부유물질 변화	69
그림 2-29. 삼형수산 오전시간대 배합사료 급이 전후의 부유물질 변화	69
그림 2-30. 삼형수산 오후시간대 생사료 급이 전후의 부유물질 변화	70
그림 2-31. 삼형수산 오후시간대 배합사료 급이 전후의 부유물질 변화	70
그림 2-32. 명천수산 12월 배합사료와 생사료 급이구의 COD 변화	72
그림 2-33. 명천수산 1월 배합사료와 생사료 급이구의 COD 변화	72
그림 2-34. 명천수산 2월 배합사료와 생사료 급이구의 COD 변화	72
그림 2-35. 명천수산 3월 배합사료와 생사료 급이구의 COD 변화	73
그림 2-36. 명천수산 4월 배합사료와 생사료 급이구의 COD 변화	73
그림 2-37. 명천수산 5월 배합사료와 생사료 급이구의 COD 변화	73
그림 2-38. 명천수산 6월 배합사료와 생사료 급이구의 COD 변화	74

그림 2-39. 명천수산 7월 배합사료와 생사료 급이구의 COD 변화	74
그림 2-40. 명천수산 8월 배합사료와 생사료 급이구의 COD 변화	74
그림 2-41. 명천수산 9월 배합사료와 생사료 급이구의 COD 변화	75
그림 2-42. 명천수산 10월 배합사료와 생사료 급이구의 COD 변화	75
그림 2-43. 명천수산 11월 배합사료와 생사료 급이구의 COD 변화	75
그림 2-44. 삼형수산 1월 배합사료와 생사료 급이구의 COD 변화	76
그림 2-45. 삼형수산 2월 배합사료와 생사료 급이구의 COD 변화	76
그림 2-46. 삼형수산 3월 배합사료와 생사료 급이구의 COD 변화	76
그림 2-47. 삼형수산 4월 배합사료와 생사료 급이구의 COD 변화	77
그림 2-48. 삼형수산 5월 배합사료와 생사료 급이구의 COD 변화	77
그림 2-49. 삼형수산 6월 배합사료와 생사료 급이구의 COD 변화	77
그림 2-50. 삼형수산 7월 배합사료와 생사료 급이구의 COD 변화	78
그림 2-51. 삼형수산 8월 배합사료와 생사료 급이구의 COD 변화	78
그림 2-52. 삼형수산 9월 배합사료와 생사료 급이구의 COD 변화	78
그림 2-53. 삼형수산 10월 배합사료와 생사료 급이구의 COD 변화	79
그림 2-54. 삼형수산 11월 배합사료와 생사료 급이구의 COD 변화	79
그림 2-55. 명천수산 월별 배합사료와 생사료 급이구의 총질소 및 총인 변화	81
그림 2-56. 삼형수산 월별 배합사료와 생사료 급이구의 총질소 및 총인 변화	84
그림 2-57. 명천수산 월별 유입수와 총배출수의 SS 변화	85
그림 2-58. 삼형수산 월별 유입수와 총배출수의 SS 변화	86
그림 2-59. 명천수산 월별 유입수와 총배출수의 COD 변화	86
그림 2-60. 삼형수산 월별 유입수와 총배출수의 COD 변화	86
그림 2-61. 명천수산 월별 유입수와 총배출수의 T-N 변화	87

그림 2-62. 삼형수산 월별 유입수와 총배출수의 T-N 변화	88
그림 2-63. 명천수산 월별 유입수와 총배출수의 NH ₄ -N 변화	88
그림 2-64. 삼형수산 월별 유입수와 총배출수의 NH ₄ -N 변화	89
그림 2-65. 명천수산 월별 유입수와 총배출수의 NO ₂ -4 변화	89
그림 2-66. 삼형수산 월별 유입수와 총배출수의 NO ₂ -4 변화	90
그림 2-67. 명천수산 월별 유입수와 총배출수의 T-P 변화	90
그림 2-68. 삼형수산 월별 유입수와 총배출수의 T-P 변화	91
그림 3-1. 배합사료구와 생사료구의 월별 총단백질 농도변화	100
그림 3-2. 배합사료구와 생사료구의 월별 GPT, GOT 농도 변화	100
그림 3-3. 배합사료구와 생사료구의 월별 glucose 농도 변화	101
그림 3-4. 배합사료구와 생사료구의 월별 총콜레스테롤 농도 변화	101
그림 5-1. 제주도 양식넙치 월별 출하 가격 추세	129
그림 5-2. 명천수산 수익성 차이 비교	136
그림 5-3. 삼형수산 수익성 차이 비교	139
그림 5-4. 시험양식장별 사료종류별 내부수익률 비교	143
그림 5-5. 시험양식장별 사료종류별 편익비용비율 비교	143

요 약 문

I. 제 목

- 넙치 배합사료 제주지역 현장적용시험

II. 연구개발의 목적 및 필요성

- 해산어 양식의 발달로 양식생산량이 지속적으로 증가하고 있음에도 불구하고 양식용 사료는 주로 생사료를 공급하고 있어 연간 사료소비량이 50여만 톤에 이르고 생사료 부족분은 수입에 의존하고 있음.
- 생사료 위주의 양식은 연안자원 남획과 사료허실로 인한 환경오염을 초래하고 있는 실정으로, 연안어장을 보호하고 양식경영비를 절감하기 위하여 환경친화적이고 경제적인 배합사료를 보급하여야 함.
- 배합사료가 개발되었더라도 대상어종에 부적합하여 성장 및 사료효율 측면에서 생사료에 비해 크게 개선되어 있지 않거나 가격 면에서도 비싸기 때문에 양식 사양가로부터 외면당하고 있는 실정임.
- 또한 '04이후 추진하는 “환경친화형 배합사료 지원사업”과 관련, 제주지역 넙치 양식장은 배합사료의 품질에 대한 신뢰도 저하로 배합사료 사용 어가는 전체 양식어가(287가구)의 3.1%(9가구)로 극히 저조한 실정임
- 따라서, WTO/DDA, FTA 대비 국제 경쟁력 강화에 필요한 배합사료 품질의 우수성, 경제성, 편리성 등을 현장에서 인근 대어업인에 대한 홍보를 할 목적으로 배합사료 현장적용 시험사업 추진이 필요함

III. 연구개발 내용 및 방법

1. 성장도 조사

성장도 조사는 2007년 11월부터(10월은 예비사육) 2008년 11월까지 실시하였으며, 조사양식장은 제주도내 명천수산과 삼형수산에서 EP(배합사료) 및 MP(생사료)의 성장(증체율, 사료효율, 생존율 등) 가능성을 평가하고자 수행하였다.

실험어의 경우 명천수산은 넙치 치어 14만미(EP 7만, MP 7만)를, 삼형수산은 넙치 치

어 10만미(EP 5만, MP 5만), 육성어 4만미(EP 2만, MP 2만)를 대상으로 사육시험을 실시하였으며, 실험어류가 성장함에 따라 수조크기 변경, 실험어 분조 및 선별을 하였다. 어체측정은 매월 각 수조별 수용된 실험어의 30~50마리를 수조당 2회씩 평균무게로 측정하여 총중량, 증체량, 증체율, 사료섭취량, 사료효율 생존율 등을 조사하였다.

2. 환경조사

전체 실험 기간인 2007년 11월부터 2008년 11월까지 매월 1회에 걸쳐 수질환경 조사를 실시하였다. 수조 내의 오염도를 조사하기 명천수산과 삼형수산의 배합사료와 생사료 급이 수조를 대상으로 채수하였다. 채수 시간은 연구소의 시료 처리 능력과 이전 현장사육 경험을 바탕으로 사료 공급 전후와 매 3시간 간격으로 시료를 채취하여, 오전에는 사료 급이 전과 후, 12시, 오후 15시와 사료 급이 전과 후, 21시, 24시 그리고 이튿날 3시와 6시에 채수하였다. 수질을 분석하기 위한 조사항목은 해수에 분산되는 부유물질의 양(SS), 유기물이 산화될 때 소비되는 산소량을 측정하는 화학적 산소요구량(COD), 질소계 화합물인 암모니아 질소·아질산 질소·질산질소·유기성질소·입자성질소를 총 망라한 질소량(총질소, TN)과 사육수 중에 용존되어 있거나 입자형태 또는 무기·유기 상태의 모든 인 화합물(총인, TP)등을 해양환경공정시험방법(2002,해양수산부)에 의하여 분석하였다.

3. 건강도 조사

실험어는 2007년 11월부터 2008년 11월까지 13개월간 제주도 제주시 구좌읍 한동리 명천수산과 서귀포시 표선면 표선리 삼형수산에서 사육하고 있는 어류이며 매월 1회마다 현지조사 및 청취조사 등을 통하여 질병발생동향 등을 파악하였으며, 시료채취는 매월 1회씩 배합사료구와 생사료구 각각 10마리 도합 1개 양식장마다 20마리씩 그리고 생사료로 사용하는 냉동어류는 상황에 따라 샘플하여 병원체의 감염여부를 조사하였다. 실험에 사용한 넙치는 외관적 및 내부적 관찰을 실시하였으며, 세균 검사, 기생충 검사 등을 위하여 환부조직이나 표피일부를 떼내어 슬라이드글라스위에 얹혀놓아 커버글라스로 덮은 후 현미경으로 검경하였다.

4. 육질 평가

실험어에 공급한 실험사료는 앞서 설명한 성장도 조사에서 사용한 것과 같은 배합사료

와 생사료를 사용하였다. 어체 육질평가를 위한 실험어는 명천수산(EP 공급구, MP 공급구)과 삼형수산(육성어 EP 공급구 및 MP 공급구, 치어 EP 공급구 및 MP 공급구)에서 1, 3, 5, 7, 9, 11월에 각각 5~10마리씩 즉살시킨 후 동결한 채로 실험실에 운송된 것을 시료로 사용하여 일반성분, 지방산 및 아미노산 분석을 실시하였다. 아울러 11월에 채취한 실험어는 평균 1 kg이상 되는 것으로 관능검사를 실시하였다.

5. 경제성 평가

경제성 분석을 위하여 우선, 표본양식장의 실험설계와 유사한 수면적에 해당하는 넙치 양식장의 비용구조를 파악한 후, 제주도의 월별 산지가격의 실험기간과 동일기간의 가격 평균치와 평균 생산량을 통하여 수익을 추정하여 수익-비용구조 모델을 설정하였다.

이어서 표본양식장에서 MP사료와 EP사료별 매월 조사한 사육마리수와 총중량, 그리고 생존율 및 사료단가 등을 토대로 수익성과 경제성을 평가하였다.

IV. 연구개발 결과

1. 성장도 조사

명천수산의 사육실험에서 최초 평균체중이 33 ~ 35 g이던 것이 12개월 후에는 평균체중 809 ~ 907 g으로 성장하였으며, 증체율은 배합사료 (EP) 및 습사료(MP)에서 각각 2,486%, 2,594%로 실험구간에 유의한 차이를 보이지 않았다. 사료효율은 EP 실험구가 138%로 MP 실험구의 102%보다 우수한 성적을 보였다. 생존율은 37~42%로 EP 및 MP 실험구 간에 차이는 없었으나, 08. 1~2월 스쿠티카증에 의한 질병으로 EP 및 MP 실험구 모두 50% 내외의 대량폐사가 발생하였다. 이를 제외한 월별 생존율은 92~99%로 높게 나타났다.

삼형수산의 넙치 치어의 사육실험 결과, 최초 평균체중이 94 ~ 101g이던 것이 11개월 후에는 평균체중 1,052 ~ 1,090 g으로 성장하였으며, 증체율은 배합사료 (EP)가 1,020%로 습사료(MP)의 984% 보다 높은 값을 보였으나, 두 실험구 간에 유의한 차이를 보이지 않았다. 삼형수산의 넙치 육성어의 사육실험 결과, 최초 평균체중이 120 g이던 것이 11개월 후에는 평균체중 1,234 ~ 1,286 g으로 성장하였으며, 증체율은 배합사료 (EP)가 928%로 습사료(MP)의 972% 보다 낮은 값을 보였으나, 두 실험구 간에 유의한 차이를 보이지 않았다. 사료효율은 치어의 경우 EP 실험구가 94%로 MP 실험구의 108%보다 다소 낮은 값

을 보인 반면에 육성어의 경우 EP 및 MP 실험구가 각각 99%, 100%로 차이가 없었다. 생존율은 각 EP 및 MP 실험구에서 치어의 경우 73%, 78%였으며, 육성어의 경우 75%, 82%로 모든 실험구 간에 차이는 없었으나, MP 실험구가 EP 실험구보다 다소 높은 경향을 보였다.

상기 명천수산 및 삼형수산의 결과를 토대로 EP는 MP 사료의 성장 및 사료효율과 비교하여 우수한 성적을 나타내었으며, 산업화 보급에 전혀 손색이 없을 것으로 판단된다.

2. 환경 조사

사육수에 수질 조사 결과, 명천수산의 경우 생사료와 배합사료 급이에 따른 부유물질의 변화를 보면 생사료 급이 수조에서는 0.2~20.9 mg/L범위인 반면에 배합사료 급이 수조에서는 0.3~20.0 mg/L 범위의 분포를 나타냈으며, 삼형수산의 경우 생사료 급이 수조에서는 0.3~11.2 mg/L범위인 반면에 배합사료 급이 수조에서는 0.1~5.3 mg/L 범위의 분포를 나타냈다. 시간대별 배합사료와 생사료 급이 전후의 부유물질 변화를 비교하였을 때, 배합사료 급이 수조에 있어서는 연중 사료 급이에 따라 2배 내외의 차이로 일정하나, 생사료 급이 수조에 있어서는 2배에서 10배까지 증가하고 있는 것으로 나타났다. 월별 배합사료와 생사료 급이구의 화학적산소요구량(COD) 변화에 있어서 명천수산의 경우 COD 농도 분포를 보면 사료 급이에 영향보다 수조 환경에 의한 영향을 많이 받고 있는 것으로 나타났다. 삼형수산의 경우 COD 농도 분포는 조사기간을 통해 0.04~3.36 mg/L 범위였고, 5월 생사료 공급전에 3.36 mg/L로 가장 높게 나타났으나 전반적으로 2mg/L 이하의 낮은 값을 보이고 있으며 사료 급이보다 연안수의 영향을 많이 받는 것으로 보여진다. 명천수산에 있어서 총질소의 변화는 12월에서 2월사이, 4월, 8월 및 11월에 전체적으로 총질소 농도가 높게 조사되고 있으며, 3급수(1.0 mg/L) 이하가 됨으로써 넙치 사육에 영향을 줄 수 있을 것으로 조사되었다. 총인에 있어서는 1급수(0.3 mg/L)를 유지하고 있으며 일부 생사료 급이 이후에 급격히 떨어지는 경우가 나타났다. 삼형수산에 있어서 총질소의 변화는 생사료와 배합사료 급이 이후 다소 증가하는 경향을 보이거나 넙치의 성장이 진행되기 이전에는 모두 3급수(1.0 mg/L)를 유지하고 있었다. 그러나 넙치가 500 g 이상으로 성장한 2008년 7월 이후부터는 생사료 급이 수조에서는 3급수 미만으로 떨어지고 있었고, 배합사료 급이 수조에서는 사료 급이 이후에도 3급수를 유지하였다.

3. 건강도 조사

조사양식장에서의 세균발생은 2007년 12월과 2008년 1월에 다소 높게 나타났으며, 삼형수산인 경우 7월부터 발생하기 시작하여 마지막 달인 11월까지 지속적으로 세균이 발생하였다. 세균검출률이 다소 낮게 나타난 명천수산의 경우 배합사료급이구에 비해 생사료급이구에서의 검출률이 다소 높게 나타났으나, 병원체 검출률이 전반적으로 높게 나타난 삼형수산의 경우에는 주요 어병 발생시기인 하절기에 생사료에 비해 배합사료급이구에서 세균검출률이 다소 높게 나타났다. 기생충발생은 주로 어류의 표피에서 검출되었으며, 2008년 1월과 10월을 제외하고는 조사월 모두 발생하였다. 주 발생시기는 5월부터 7월 사이에 많이 발생한 것으로 나타났다. 명천수산의 경우 수온 상승기인 2월에서 4월까지의 조사결과, 배합사료급이구에 비해 생사료급이구에서의 검출률이 다소 높게 나타났으나, 이후의 고수온기에서는 별다른 차이가 없는 것으로 나타났다. 주 발생 기생충은 트리코디나충으로 조사양식장의 실험구 모두에서 높게 발생한 것으로 나타났으며, 사료종류에 따른 차이는 없는 것으로 나타났다

4. 육질 평가

각 양식장별로 공급한 생사료와 배합사료에 따른 전어체의 수분, 조단백질, 조지질 및 조회분의 함량에는 차이를 보이지 않았고, 등근육의 분석결과도 각 양식장별로 일반성분 함량에는 차이가 없었다. 명천수산 및 삼형수산의 경우 1, 3, 5, 7월달 넙치 전어체의 포화지방산(saturated fatty acid, SFA)와 monoene의 함량은 생사료 공급구가 배합사료 공급구보다 높았고, polyene의 함량은 배합사료 공급구가 생사료 공급구보다 높았다. 두 곳 양식장 모두 넙치 등근육의 주요 지방산은 palmitic acid, linoleic acid, docosahexaenoic acid(22:6)이었고, 생사료와 배합사료 공급에 따른 지방산 조성의 차이는 보이지 않았다. 생사료와 배합사료 공급구 공통적으로 넙치 전어체 및 등근육의 필수아미노산 중에서 lysine의 함량이 가장 높았으며, 구성아미노산의 대부분을 차지하고 있는 것은 aspartic acid, glutamic acid, leucine 및 lysine 이었다. 생사료와 배합사료 공급에 따른 넙치 전어체 및 등근육의 구성아미노산 함량에는 차이가 없었다.

각 양식장에서 넙치를 양식하는 동안 공급한 생사료와 배합사료를 섭취한 넙치 등근육의 관능검사 결과, 냄새, 외관, 맛 및 질감에 있어서 배합사료와 생사료 공급구간에 유의적인 차이를 보이지 않았고, 종합적인 기호도면에서도 각 사료구별로 유의적인 차이를 보

이지 않았다. 그러나, 맛과 선택에 있어서는 생사료 공급구가 배합사료 공급구보다 다소 높은 값을 얻었다.

5. 경제성 평가

본 분석에서는 넙치 EP사료 및 MP사료의 급이형태에 따른 양식장의 수익성 및 경제성을 평가하기 위하여 표본양식장으로 넙치 양식생산의 과반수를 차지하고 있는 제주지역을 대상으로 명천수산과 삼형수산을 선정하고, 각각의 양식장 내에 실험설계를 하고 수익성과 경제성을 조사하였다. 따라서 본 현장적용 실험결과로 나타난 수익성과 경제성은 표본양식장의 일부에 설계된 시험양식장에 한하며, 명천수산과 삼형수산의 수익성과 경제성과는 별개임을 밝혀둔다. 다만, 표본양식장의 기술력과 경영능력을 그대로 반영하여 현장적용에 있어서 인위적인 요인은 없이 현장에서 실제 행해지고 있는 양식형태를 그대로 반영토록 노력하였다. 본 분석을 위하여 제주지역 넙치양식의 표본양식장내 실험설계와 유사한 규모의 양식장에 대한 표준 수익-비용구조를 산출하고 이를 토대로 각각의 표본양식장에 대하여 EP 및 MP사료 급이양식의 수익성과 경제성을 평가하였다.

시험양식장별 사료종류별 수익성분석에 있어서, 명천수산의 경우 EP사료 실험구와 MP사료 실험구가 연평균 출하가격을 적용하면, 수익률이 각각 15.52%, 9.83%로 나타났고, 실험종료시점의 출하가격을 적용하면 각각 4.96%, 1.07%로 나타났는데, 월별 변동폭이 매우 심하고 물량 적체로 하락폭이 월별로 커지고 있어 연평균 출하가격 적용이 현실을 더 잘 반영한다고 볼 수 있다. 명천수산에 있어서는 EP사료 실험구가 MP사료 실험구에 비해 경제성이 높은 것으로 나타나고 있으나, 사료비의 경우 약정가가 아닌 현 시가를 반영하면 EP사료 실험구가 약간 높으나 거의 비슷한 수준이라고 볼 수 있다. 삼형수산의 수익성을 보면, 치어양성의 경우가 육성어 양정보다 전반적으로 수익성이 높았고, MP사료 실험구가 치어양식과 육성어 양식 모두에 있어서 EP사료 실험구보다 높게 나타났다. 치어양성의 경우 수익률은 EP사료 실험구와 MP사료 실험구가 각각 연평균 출하가격 적용 시 28.37%, 33.72%로 나타났고, 육성어의 경우도 그 경향이 비슷하여 수익률이 25.35%, 30.21%로 분석되었다. 시험양식장별 사료종류별 경제성평가에 있어서, 명천수산의 경우, EP사료 실험구가 MP사료 실험구보다 내부수익률(8%>7%), 편익비용비율(1.18>1.11), 순현재가치(54,056,185원>33,221,101원) 모든 분석에 있어서 높게 나타났으나 전반적으로 경제성은 높은 편은 아니었다.

삼형수산의 경제성을 평가해보면, 수익성과 동일하게 경제성측면에서도 치어양성이 육성어보다 높게 나타났고, MP사료 실험구가 EP사료 실험구보다 치어와 육성어 양식에 있어서 높게 나타났다. 치어양성의 경우 EP사료와 MP사료가 각각 내부수익률 19%, 24%였고, 편익비용비율 1.40%, 1.51%, 순현재가치가 693,923,774원, 999,772,457원으로 분석되었다. 육성어양성의 경우도 EP사료와 MP사료 실험구가 내부수익률 17%, 21%, 편익비용비율 1.34, 1.43, 순현재가치가 273,767,844원, 425,989,882원으로 나타났다. 한편, 넙치 배합사료 현장적용시험을 통한 배합사료 급이 양식장 외에 수년간 배합사료를 급이하는 방식으로 넙치양식장을 운영하고 있는 실제 사례비교로서 제주지역의 K수산을 선정, 그 수익성과 경제성을 평가해 본 결과 수익성이 21.10%로 나타났고, 경제성의 경우 내부수익률이 11%, 편익비용비율이 1.27, 순현재가치가 312,936,683원으로 분석되었다.

결론적으로 수익성은 삼형수산 실험구 > K수산 > 명천수산 실험구로 나타났고, 경제성 또한 동일하였다. 본 실험의 목적인 EP사료 실험구와 MP사료 실험구를 비교해 보면, 명천수산 실험구에서는 EP사료 급이방식이 약간 높은 수익성과 경제성을 보이고 있었으며, 반대로 삼형수산 실험구에서는 MP사료 실험구가 EP사료 실험구보다 수익성과 경제성이 높게 나타났다. 결국 삼형수산이나 명천수산 모두 사료형태에 따른 생물학적 성장차이는 없는 것으로 분석되었지만, 본 분석에서 나타난 수익률과 경제성은 생존율, 원가관리, 출하가격 영향에 의해 차이가 나타나게 된다. 따라서 양식장의 수익성과 경제성 제고는 양식원가관리 능력과 출하가격을 높이기 위한 출하시기 조절 및 철저한 기술력 향상을 통하여 생존율을 얼마나 높여 양식경영의 안정성을 유지하느냐에 달려 있다.

V. 연구개발 결과의 활용계획

- 양식어민에게 환경친화적이고 경제적인 배합사료 개발 보급
- 양어용 완전 EP사료로 대체 시 환경오염 방지
- 생사료 사용 감소를 위한 품질관리 등의 제도적 장치 마련
- 양식경영비 절감(사료비 및 관리비 절감, 사료유실 방지효과, 어병 감소)
- 양식산업의 안정적 발전으로 관련 산업 활성화
- 어류양식산업의 국가 식량 기간 산업화에 기여 및 수산물 경쟁력 강화

제 1 장 연구개발 과제의 개요

제 1 절 연구개발의 필요성

최근 양식기술의 비약적인 발전으로 해산어 양식 생산량은 1990년 3천 톤에서 2007년 97천 톤으로 계속하여 증가하였으며, 그 중 넙치와 조피볼락이 대부분 차지하고 있다. 특히 넙치(*Paralichthys oliavceus*)는 우리 나라 전 연안, 일본 및 중국 연안에 널리 분포하고 있는 어종으로, 성장이 빠르고 육질과 맛이 좋아 식용으로 각광받고 있는 고급 해산 어종이다. 국내 넙치양식은 1980년대 들어 인공종묘 생산 기술이 개발된 이후, 양식 기술의 보편화로 종묘생산부터 양성까지 완전양식이 이루어졌으며, 현재 해산어 양식의 40% 이상을 차지하는 매우 중요한 양식산업이다. 넙치 양식 생산량은 해양수산부 자료를 토대로 1988년 10여 톤으로 처음 보고된 이래 2007년에 41천 톤(42%)로 증가 추세에 있다(통계청 어류양식현황조사, 2007). 해산어 양식 생산량과 더불어 양식사료 소비량도 592천 톤(2007년 기준)으로 증가하고 있으며, 그 중 배합사료 125천 톤(21%)으로 생사료 462천 톤(79%)에 비해 현저히 뒤떨어지고 있는 실정이다. 특히 배합사료 사용량의 경우 2003년 76천 톤(16%)에서 2007년 125천 톤(21%)으로 증가추세에 있으나, 넙치 등 핵심 어종은 증가율이 저조한 상태이다.

현재 배합사료가 개발되었더라도 대상어종에 부적합하여 성장 및 사료효율 측면에서 생사료에 비해 크게 개선되어 있지 않거나 가격 면에서도 비싸기 때문에 양식 사양가로 부터 외면당하고 있는 실정이다. 특히 제주지역 넙치 양식장의 경우 2004년 이후 추진하는 “환경친화형 배합사료 지원사업”과 관련, 배합사료의 품질에 대한 신뢰도 저하로 배합사료 사용 어가는 전체 양식어가 287가구 중 9가구(3.1%)로 극히 저조한 실정이다(2008년 기준).

앞으로 배합사료 직불제 사업 등으로 인하여 배합사료 사용 비율이 점차적으로 늘어날 것으로 보이며, 특히 해산어 사료의 경우 생사료의 수급 불안정과 가격 폭등, 생사료 사용 시 수반되는 냉동창고 운영, 모이스트 펠렛 기계 설비와 전기료 및 인건비의 비중이 높아 배합사료로의 전환이 점진적으로 이루지고 있다. 만일, 생사료 사용량의 전부를 배합사료로 전환한다고 가정하면 배합사료 생산량은 해수어용 사료만으로도 200,000톤 이상을 상회할 것으로 전망되어 국내 양어사료 산업도 크게 성장할 것으로 보인다.

따라서, 양식어민의 신뢰성 확보 및 WTO/DDA, FTA 대비 국제 경쟁력 강화에 필요한 배합사료 품질의 우수성, 경제성, 편리성 등을 「넙치 배합사료 제주지역 현장적용시험」을 통해 인근 대어업인에 대한 홍보를 할 목적으로 시험사업 추진이 필요할 것으로 판단된다.

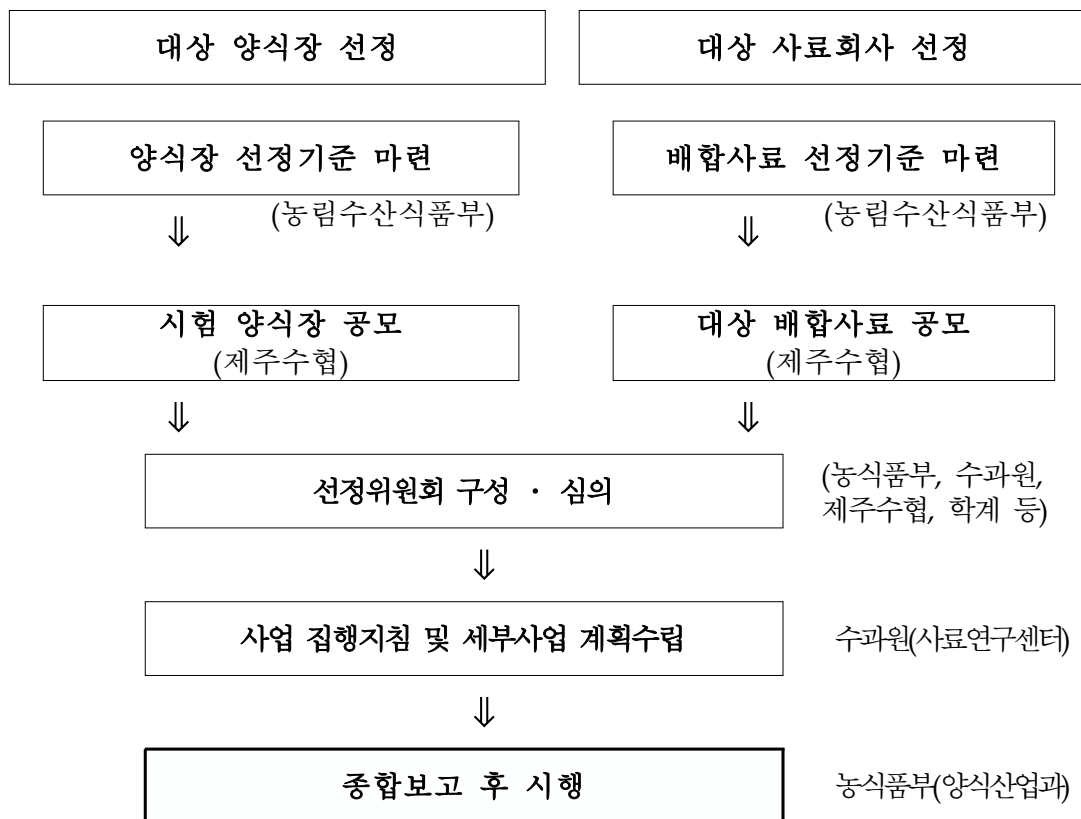
제 2 절 연구목표 및 추진체계

1. 연구목표

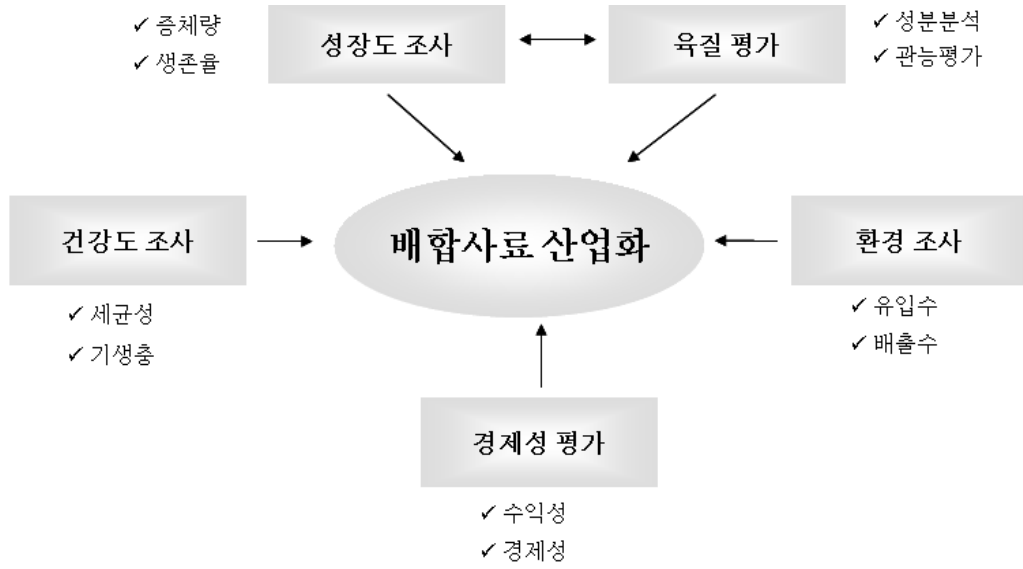
본 연구는 기존 생사료 위주를 배합사료 위주로 전환하여 정부의 친환경 사료 사용 정책 및 배합사료 직불제 활성화를 위해 배합사료 현장시험을 통한 검증된 데이터로 양식어민들의 배합사료 불신 해소 및 인식 제고하는데 그 목적이 있다.

2. 추진체계

가. 사업자 선정



나. 추진내용



제 2 장 국내외 기술개발 현황

각 나라의 배합사료 기술현황을 살펴보면, 미국의 경우, 양식산업의 기반이라고 할 수 있는 환경 친화적 저오염, 고효율 배합사료 개발을 통하여 하와이주의 마이마이, 캘리포니아 주의 철갑상어, 텍사스주의 홍민어, 북부의 송어, 북동부의 연어, 남부지방에서는 채널메기를 전략종으로 하여 배합사료만으로 양식을 하고 있다. 채널메기의 경우 연간 40만 톤을 생산하며, 메기용 배합사료 생산량만 60~80만 톤에 이르고 있다. 일본의 경우, 참돔은 연간 10만 톤을 거의 전량 배합사료로 생산하고 있으며, 방어는 1.5 kg 전후까지는 90% 이상을 배합사료로 공급하고, 이후 2~5 kg까지는 배합사료 40%, 생사료 60%를 사용하여 연간 18만 톤을 생산하고 있다. 노르웨이의 경우, 연간 50만 톤의 연어류가 100% 배합사료로 해상가두리 양식장에서 생산되고 있다. 최근에는 사료계수가 0.9(연어 1kg 생산에 배합사료 사용량이 0.9kg) 밖에 안되는 고효율 배합사료를 개발했다는 보고가 있으며, 현재도 노르웨이 연어생산에 사용되는 상업용 배합사료의 국가 전체 사료계수가 1.02 정도인 것으로 알려져 있다.

국내 배합사료의 기술현황을 보면, 1970년대까지는 주로 수입사료 혹은 생사료에 기반을 둔 자가사료로 양식어를 사육하였으며, 태동기라고 말할 수 있는 1980년대부터는 국내에서도 뱀장어 및 잉어용 배합사료가 처음으로 생산 판매되기 시작하였다. 또한 잉어 가두리 양식업의 비약적인 발전과 팽창에 힘입어 양어사료 생산이 매년 200%의 증가를 나타내어 1989년에는 총 90,000톤에 달하였다. 또한 생산판매에 참여한 업체도 10여 개 회사로 늘어나 그야말로 중흥기를 맞이하였다. 해산어 배합사료 역시 1980년대 초반의 방어 축양사업의 일시적 호황과 퇴조에 따라 1980년대 후반에는 넙치 및 조피볼락 중심으로 해산어류 양식의 기조가 바뀌면서 양어사료에도 새로운 바람이 불어 담수어 사료의 정체를 해산어 사료의 증가로 전체 성장을 이끌어 가고 있다. 어종별 기초 영양연구 및 사료개발은 1980년대 중반부터 국립수산과학원을 중심으로 활발히 수행되어 왔으며, 1990년대 중반 이후에는 대학에서도 기초연구를 수행하고 있으나 어종별, 크기별 영양기준 표준화 및 고효율 저오염 배합사료의 실용화 등에 아직도 미흡한 부분이 많은 실정이다. 2004년 국립수산과학원에 사료연구센터가 설립되어 실용배합사료 연구가 본격적으로 시작되었고, 넙치용 배합사료가 개발되어 시판되고 있으며, 앞으로도 기존사료의 품질향상된 사료개발에 대한 지속적인 연구가 요구된다.

제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과

제 1 절 성장도 조사

우리나라에서 해산어 양식에 사용되고 있는 배합사료와 생사료 (MP)의 총 사용량이 2007년 기준으로 총 59만여 톤으로 증가되고 있으나, 아직까지 양어가들의 배합사료에 대한 불신으로 인해 양식현장에서는 넙치의 육성용 먹이로 메가리와 전갱이 같은 생사료를 주로 사용하는 실정이며, 그 사용량이 전체 사료 사용량의 약 79%에 이르고 있다 (표 1-1, 표 1-2, 표 1-3). 생사료는 성장도에 비하여 가공, 유통 및 보관 등에 많은 문제점들이 잠재되어 있을 뿐 아니라 사료 유실로 발생하는 수질오염은 심각한 환경적 문제를 유발시킬 수 있으므로 지속적으로 공급할 경우, 많은 불이익을 초래할 수 있다. 그러나, 배합사료 (Extruded pellet, EP)는 생사료의 문제점을 보완함과 동시에 전분을 α -화시켜 사료의 소화율을 높일 수 있기 때문에 지속적인 양식생산량의 증대를 위해서는 그 어중에 적합한 경제적이고 환경친화적인 실용 배합사료 개발이 시급한 실정이다. 아울러 배합사료는 생사료와 비교하여 영양학적으로 균형잡힌 사료로 만들 수 있고, 보관 및 취급이 용이하며, 사료 급이량 조절이 쉬워 양식어를 건강하게 키울 수 있다. 그리고 생산량을 쉽게 조정하여 기간별 계획생산이 가능하므로 공급과 가격이 안정적이다. 이와 같이 배합사료의 장점이 많음에도 불구하고 생사료를 계속 사용하는 이유는 사료회사간의 가격경쟁 및 어분의 가격 폭등으로 인해 배합사료의 품질이 저하되거나 성어기의 성장둔화로 배합사료가 생사료에 비해 1~3개월 출하시기가 늦어지기 때문이다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해서는 양식 현장에서 신뢰할 수 있는 고품질 실용배합사료를 개발하여 양식 생산성을 높이는 반면, 어분대체 사료원료 개발 등을 통해 사료가격을 지속적으로 낮출 수 있도록 해야 한다.

넙치 연구는 많은 영양학자들에 의해 사료원료 이용성, 단백질요구량, 단백질/에너지 비, 아미노산 요구량, 지질 및 지방산 요구량, 탄수화물 영양연구, 미량 영양소 요구량 등 많은 양어사료의 영양학적 기초연구들이 수행되어져 왔으며(Kikuchi et al., 1997; Kim et al., 2002; Alam et al., 2002; Kim et al., 2004; Kim and Lee, 2004; Kim et al., 2005a), 아울러 완전 배합사료 (Extruded floating pellet, EP)에 대한 연구도 활발히 수행되어지고 있다 (Cho et al., 2005; Kim et al., 2005b; Seo et al., 2005; Kim et al., 2005c). 그러나,

배합사료 개발 시 그 어종에 적합한가를 충분한 검토 없이 개발되는 경우가 많아 영양성분의 불균형으로 어류의 성장 및 사료효율 측면에서 생사료에 비해 크게 개선되어 있지 않거나 가격에서도 비싸기 때문에 양식 사양가로부터 외면당하고 있는 실정이다.

따라서, 본 성장도 조사는 장기간에 걸친 제주현장시험을 통해 배합사료(EP) 불신을 해소하고자 EP사료의 성장(증체율, 사료효율, 생존율 등) 가능성과 넙치 배합사료(EP) 및 생사료(MP)의 영양학적 효과를 평가하고자 수행하였다.

표 1-1. 연도별 천해양식 생산량* (단위 : 톤)

연도	2002	2003	2004	2005	2006	2007
계	48,073	72,393	64,476	81,421	91,123	97,663
넙치류	23,348	34,533	32,141	40,059	43,852	41,171
조피볼락	16,550	23,771	19,576	21,297	27,517	35,564
참 돔	960	4,417	3,988	5,816	4,386	7,213
숭어류	3,898	4,093	3,596	5,500	5,651	4,921
감성돔	685	1,084	1,379	2,671	2,705	2,841
농 어	2,006	2,778	1,850	2,600	1,571	2,361
전 어	-	-	181	576	2,519	1,225
기타돔류	234	1,287	1,430	2,048	1,689	1,109
기 타	392	430	335	854	1,233	1,258

*자료 : 해수부 및 통계청('02 ~ '07어류양식현황조사)

표 1-2. 양식사료 수급동향

(단위: 천 톤)

구분/년도	'02	'03	'04	'05	'06	'07
합 계	455	469	536	571	573	592
배합사료						
소계	76(17)*	76(16)	99(18)	110(19)	117(20)	125(21)
국내산	66	64	87	99	101	113
수입산	10	12	12	11	16	12
생사료						
소계	379(83)	393(84)	437(82)	461(81)	456(80)	467(79)
국내산	200	262	315	348	340	351
수입산	179	131	122	113	116	116

*자료 : 해수부 및 통계청('02 ~ '07 어류양식현황조사), 지방청, 사료회사

표 1-3. 양식용 배합사료 생산실적

(단위 : 톤)

구분 \ 연도	'02	'03	'04	'05	'06	'07
총계	104,484	88,267	100,963	97,662	100,690	113,147
해산어	65,567	53,623	64,448	67,013	74,277	76,682
넙 치	16,363	13,926	16,876	15,816	16,588	18,457
조피볼락	19,110	13,368	16,113	17,785	21,062	15,841
돔				6,188	5,195	6,291
새 우	11,526	9,918	9,227	7,869	6,585	5,002
기타해산어*	18,568	16,411	22,232	19,355	24,847	31,091
담수어	38,917	34,644	36,515	30,649	26,413	36,465
송 어	7,094	6,904	6,954	4,859	4,243	4,202
뱀장어	6,795	5,637	5,455	4,157	4,657	13,530
메 기	12,288	10,841	13,625	9,947	7,609	12,924
미꾸라지	9,662	9,627	8,884	7,031	4,240	2,862
기타담수어	3078	1,635	1,597	4,655	5,664	2,947

1. 실험사료 성분분석

가. 일반성분

(1) 분석방법

일반성분은 각 양식장의 생사료의 원료와 실험사료를 대상으로 분석하였으며, AOAC (Association of Official Analytical Chemists, 2000)방법에 따라 수분은 상압가열건조법(135 °C, 2시간), 조단백질은 kjeldahl 질소정량법(N×6.25), 조회분은 직접회화법으로 분석하였다. 조지방은 샘플을 12시간 동결 건조한 후, soxtec system 1046(Tecator AB, Sweden)을 사용하여 soxhlet 추출법으로 분석하였다.

(2) 분석결과 : 표 1-4 ~ 1-5(1-5-1, 1-5-2, 1-5-3)

각 양식장에서 생사료 제조시 사용한 원료의 일반성분 분석결과를 표 1-4에 나타내었다. 수분은 68%~78%, 조단백질은 16%~18%, 조지방은 1%~11%을 나타내어 월별로 생사료 원료 자체의 성분 함량에 차이가 있었다. 넙치를 양식하는 동안 각 양식장에서 공급한 사료(생사료 및 배합사료)의 일반성분 분석결과를 표 1-5에 나타내었다. 명천수산 및 삼형수산 두 곳 모두 생사료의 조단백질 함량이 50%이상으로 배합사료보다 높은 값을 나타내었다. 조지방 함량의 경우 배합사료는 월별로 일정한 함량을 나타낸 반면, 생사료는 월별로 함량이 일정치 않고 변화폭이 큼을 알 수 있었다.

나. 산가

(1) 분석방법

산가(Acid value, AV)는 분쇄한 배합사료 및 생사료 3.0 g을 정확히 취해 200 mL 삼각플라스크에 넣고 ether : ethanol (1 : 1, v/v) 혼합용액 100 mL를 가하여 녹인 다음 1% phenolphthalein 용액 2~3방울을 가하고 0.1N KOH-ethanol 용액으로 적정하였다. 용액이 미홍색으로 30초간 지속될 때를 종말점으로 하여 산가를 측정하였다.

(2) 분석결과 : 표 1-6

각 양식장에서 넙치를 양식하는 동안 공급한 사료(생사료 및 배합사료)의 산가를 표 1-5에 나타내었다. 7월과 9월에 공급한 사료의 산가는 각종 영양제를 섞어 물을 첨가한 배합사료가 생사료보다 높은 값을 나타내었다.

표 1-4. 생사료 원료의 일반성분(%)

월별	어종	명천수산 & 삼형수산			
		수분	조단백질	조지질	조회분
08. 1.	청어	70.0	16.5	11.0	2.3
	전갱이	76.6	18.3	1.3	3.8
	조기	77.5	16.9	1.5	3.8
08. 3.	청어	75.3	16.6	4.6	2.1
	전갱이	78.8	16.4	0.5	4.1
	고등어	72.9	18.4	3.4	2.9
08. 5.	청어	73.2	16.5	6.8	2.5
	조기	74.4	17.9	2.8	6.1
	밀치	73.9	17.5	5.1	5.2
	멸치	78.5	16.3	2.4	2.8
08. 6.	고등어	68.3	18.8	8.9	2.5
	전갱이	71.8	18.0	3.3	3.4
08. 7.	청어	70.3	17.3	8.1	2.9
	고등어	75.9	17.9	1.8	2.8
08. 9.	청어	73.6	17.2	7.6	3.4
	고등어	73.7	20.2	3.4	2.78
08. 11.	고등어	62.2	18.8	16.2	2.9
	전갱이	72.5	21.6	1.1	4.8

표 1-5. 실험사료의 일반성분(%)

1-5-1. 명천수산

월별	명천수산(사료)					
	EP구(수침)			MP		
	조단백질	조지질	조회분	조단백질	조지질	조회분
08. 1.	56.2	13.2	11.9	63.3	16.5	11.7
08. 3.	54.9	15.8	11.2	60.4	12.2	11.4
08. 5.	54.6	15.3	9.9	58.9	17.1	12.9
08. 7.	54.8	15.5	10.4	64.1	16.0	12.9
08. 9.	38.4	9.2	9.6	70.3	6.1	13.2
08. 11.	49.3	10.6	9.9	49.9	25.7	7.8

1-5-2. 삼형수산 치어

월별	삼형수산(사료)					
	치어 EP(수침)			치어 MP		
	조단백질	조지질	조회분	조단백질	조지질	조회분
08. 1.	55.8	14.2	11.8	63.2	19.4	12.8
08. 3.	54.1	15.3	11.8	61.4	7.6	13.1
08. 5.	54.9	16.9	9.9	62.9	16.9	12.7
08. 7.	55.0	12.1	10.3	61.6	15.6	11.2
08. 9.	43.1	9.4	7.6	55.3	29.9	10.4
08. 11.	45.2	9.0	9.4	55.7	38.0	10.3

1-5-3. 삼형수산 육성어

월별	삼형수산(사료)					
	육성어 EP			육성어 MP		
	조단백질	조지질	조회분	조단백질	조지질	조회분
08. 1.	56.3	13.3	11.7	68.1	18.1	13.6
08. 3.	53.7	15.6	11.8	64.7	13.6	15.8
08. 5.	55.1	16.9	9.7	70.8	16.4	13.6
08. 7.	54.5	16.3	9.8	63.2	9.3	12.4
08. 9.	43.7	9.8	8.1	55.6	13.9	9.1
08. 11.	45.6	9.2	9.5	59.1	14.0	13.9

표 1-6. 실험사료 산가

월별	명천수산		삼형수산	
	EP (수침)	MP	EP (수침)	MP
08. 6	3.79	3.65	3.65	3.99
08. 7	8.12	4.89	7.39	4.41
08. 8	4.48	4.00	3.74	3.82
08. 9	6.56	3.43	6.77	2.72

다. 지방산

(1) 분석방법

지방산 분석은 각 양식장의 배합사료와 습사료를 동결건조하고 분쇄한 시료 3 g에 대하여 4배량의 chloroform : methanol 혼합용매 (2 : 1, v/v)를 가하여 homogenizer로 2분간 교반한 후, 여과하여 얻은 여액을 플라스크에 넣고 evaporator로 용매를 제거하여 지질을 추출

하였다. 추출한 지질은 14% BF₃-methanol (Sigma Chemical Co., USA) 2 mL를 가하고 30 분간 85°C에서 가열시킨 다음, 석유 ether로 추출하여 지방산 분석용 시료로 사용하였다.

(2) 분석결과 : 표 1-7(1-7-1, 1-7-2, 1-7-3)

각 양식장에서 넙치를 양식하는 동안 공급한 사료(생사료 및 배합사료)의 지방산 조성을 표 1-7에 나타내었다. 명천수산의 경우, 3월에 공급한 생사료의 포화지방산(saturated fatty acid, SFA)함량은 43.9%로 배합사료의 28.2%보다 상당량 높았고, polyene의 함량은 생사료가 19.9%로 배합사료의 45.6%보다 상당량 낮았다. 또한, 삼형수산의 경우도 3월 및 5월에 넙치 치어에 공급한 생사료의 SFA의 함량은 각각 43.4% 및 37.3%로 배합사료의 30.5% 및 21.8%보다 상당량 높았고, polyene의 함량은 생사료가 각각 14.6% 및 20.1%로 배합사료의 43.2% 및 47.0%를 상당량 낮은 값을 나타내었다. 삼형수산의 육성어에 공급한 사료도 치어 사료와 유사한 경향을 보였다.

라. 구성아미노산

(1) 분석방법

구성아미노산 분석은 각 양식장의 배합사료와 습사료를 동결건조하고 분쇄한 시료 0.5 g을 정밀히 취하여 시험관에 넣고 6N-HCl 15 mL를 가하여 감압밀봉한 후 110°C의 dry oven에서 24시간 이상 동안 산가수분해 시켰다. Glass filter로 분해액을 여과하고 얻은 여액을 55°C에서 감압농축 하여 염산과 물을 완전히 증발시킨 다음, 농축된 시료를 sodium citrate buffer(pH 2.20)로 25 mL 정용플라스크에 정용하여 0.45 μm membrane filter로 여과 한 시료액을 아미노산 자동 분석기(Biochrom 30, Biochrom Ltd., England)를 사용하여 분석하였다.

(2) 분석결과 : 표 1-8(1-8-1, 1-8-2, 1-8-3)

각 양식장에서 넙치를 양식하는 동안 공급한 사료(생사료 및 배합사료)의 구성아미노산 조성을 표 1-8에 나타내었다. 명천수산과 삼형수산에서 공급한 생사료와 배합사료의 구성아미노산은 월별로 함량의 차이가 있었다. 명천수산과 삼형수산에서 넙치에 공급한 배합사료(EP)와 생사료(MP)의 구성아미노산의 대부분을 차지하고 있는 것은 glutamic acid, lysine 및 arginine 이었다.

표 1-7. 실험사료의 지방산 조성(% of total fatty acid)

1-7-1. 명천수산

Fatty acid	명천수산(사료)									
	EP					MP				
	3월	5월	7월	9월	11월	3월	5월	7월	9월	11월
14:0	2.78	2.65	3.91	3.63	3.88	4.78	3.51	3.58	4.18	6.12
15:0	0.37	0.42	0.49	0.43	0.64	0.84	0.68	0.57	0.71	1.11
16:0	19.22	16.20	16.83	23.32	20.07	26.81	14.87	16.08	21.45	26.13
17:0	0.40	0.69	0.83	4.20	4.75	1.06	1.48	0.99	1.03	6.53
18:0	4.32	0.53	0.75	0.53	1.21	8.61	1.03	0.49	4.55	1.16
20:0	0.00	0.00	0.00	0.29	1.26	0.35	0.00	0.03	0.19	1.26
22:0	0.00	1.27	2.06	0.75	0.00	0.00	1.95	2.12	1.06	0.10
23:0	0.00	0.40	0.42	0.56	0.00	0.34	0.38	0.41	0.38	0.14
24:0	1.75	0.00	0.00	0.00	0.00	1.14	0.00	0.00	0.57	0.00
SFA	28.24	22.16	25.29	33.71	31.81	43.93	23.90	24.27	34.17	42.55
16:1n-7	3.85	6.13	5.97	1.81	1.69	8.39	1.31	9.15	8.77	1.28
17:1n-7	0.50	0.48	0.52	0.18	1.08	0.81	0.99	1.16	0.99	2.03
18:1n-7	0.45	0.00	0.00	1.24	0.00	3.54	5.67	1.40	2.47	0.00
18:1n-9	16.28	16.47	21.05	5.44	6.19	18.67	27.47	24.63	21.65	6.97
20:1n-9	2.49	2.32	3.32	2.16	2.73	2.38	2.23	2.82	2.60	3.89
22:1n-9	1.15	0.11	0.09	0.45	0.09	2.04	0.20	0.08	1.06	3.06
24:1n-9	0.00	0.20	0.92	0.44	0.00	0.00	0.05	0.06	0.03	0.00
Monoene	24.72	25.71	31.87	11.72	11.78	35.83	37.92	39.30	37.57	17.23
18:2n-6	11.09	12.11	10.87	10.83	15.01	2.25	4.70	4.17	3.21	20.51
18:3n-6	0.00	1.64	1.75	3.23	9.52	0.28	1.33	0.94	0.61	3.77
18:3n-3	1.60	0.79	0.97	0.87	0.58	0.94	1.59	1.21	1.08	0.40
18:4n-3	0.86	0.18	0.26	0.34	0.58	0.50	0.51	0.54	0.52	1.65
20:2n-6	0.34	0.31	0.42	1.21	1.05	0.25	0.25	0.19	0.22	1.32
20:3n-6	0.00	1.17	0.87	0.67	1.53	0.00	2.23	1.86	0.93	0.97
20:4n-6	1.11	0.00	0.17	1.78	0.92	1.36	0.00	0.21	0.79	0.00
20:3n-3	0.00	0.47	0.46	0.59	0.64	0.00	0.35	0.35	0.18	0.97
20:5n-3	8.25	7.84	8.50	12.97	5.95	4.00	8.38	7.90	5.95	3.32
22:4n-6	0.00	0.08	0.18	0.00	0.86	0.00	0.24	0.30	0.15	0.96
22:3n-3	0.00	0.55	0.44	0.56	0.71	0.23	0.58	0.53	0.38	0.38
22:5n-3	0.41	2.15	2.00	2.22	1.59	0.40	0.91	1.67	1.04	0.53
22:6n-3	21.95	24.87	15.99	19.28	17.48	9.78	17.10	16.57	13.18	5.43
Polyene	45.61	52.16	42.88	54.55	56.42	19.99	38.17	36.44	28.24	40.21

1-7-2. 삼형수산 치어

Fatty acid	삼형수산(사료)									
	치어 EP					치어 MP				
	3월	5월	7월	9월	11월	3월	5월	7월	9월	11월
14:0	2.71	3.30	4.16	4.37	4.58	5.65	3.79	3.49	5.59	4.15
15:0	0.42	0.53	0.52	0.54	0.71	1.18	0.67	0.59	0.57	0.69
16:0	19.04	14.19	17.32	23.92	22.70	28.57	23.45	18.87	24.05	17.98
17:0	0.51	0.83	0.93	4.99	0.38	0.90	1.34	0.84	9.59	4.41
18:0	5.36	0.54	1.18	0.64	1.24	6.25	0.49	0.41	0.63	1.41
20:0	0.00	0.05	0.00	2.41	0.25	0.41	0.22	0.00	1.38	2.54
22:0	0.00	1.77	1.91	0.74	1.48	0.00	7.22	1.99	0.51	0.00
23:0	0.24	0.59	0.50	0.58	0.99	0.00	0.17	0.25	0.06	0.00
24:0	2.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.49	0.00	0.00	0.00	0.00
SFA	30.54	21.80	26.52	38.19	32.33	43.45	37.35	26.44	42.38	31.18
16:1n-7	3.65	6.03	6.38	1.74	3.57	1.65	11.20	7.83	0.68	0.78
17:1n-7	0.51	0.76	0.59	0.18	5.30	0.00	1.07	1.12	0.27	1.47
18:1n-7	3.43	0.44	0.00	1.26	0.76	0.63	1.28	0.00	0.40	0.00
18:1n-9	12.50	19.73	20.46	5.31	6.22	0.82	23.54	30.53	4.65	5.02
20:1n-9	3.64	3.60	2.87	0.85	1.71	0.00	5.26	2.88	2.44	3.08
22:1n-9	1.73	0.17	0.08	0.44	0.47	1.07	0.11	0.08	0.18	0.06
24:1n-9	0.00	0.43	0.04	0.45	0.35	0.00	0.08	0.04	0.56	0.00
Monoene	25.46	31.16	30.42	10.23	18.38	4.17	42.54	42.48	9.18	10.41
18:2n-6	10.00	9.02	10.64	13.56	14.44	1.65	4.09	5.31	25.29	16.29
18:3n-6	0.00	1.34	1.63	2.84	2.06	0.00	0.71	1.06	4.31	3.05
18:3n-3	1.17	0.83	1.11	0.79	0.24	0.63	0.80	1.22	0.13	0.40
18:4n-3	0.67	0.29	0.28	0.44	1.89	0.82	0.12	0.88	0.58	0.18
20:2n-6	0.33	0.55	0.37	1.30	1.30	0.00	0.16	0.18	0.75	4.28
20:3n-6	0.00	1.32	0.89	0.73	0.11	0.00	0.96	1.43	4.55	1.69
20:4n-6	1.28	0.33	0.15	1.42	0.25	1.07	0.12	0.00	1.64	3.18
20:3n-3	0.00	0.61	0.43	0.56	0.87	0.00	0.23	0.23	0.24	1.04
20:5n-3	7.36	6.70	9.62	10.98	7.14	3.11	4.45	5.85	5.19	9.43
22:4n-6	0.00	0.48	0.16	0.06	0.15	0.00	0.20	0.15	0.17	1.09
22:3n-3	0.00	0.75	0.43	0.06	0.04	0.00	0.15	0.43	0.06	0.59
22:5n-3	0.54	3.51	2.14	2.21	1.82	0.28	0.56	0.64	0.35	1.33
22:6n-3	21.89	21.32	15.22	16.62	18.97	7.13	7.56	13.69	5.22	15.84
Polyene	43.24	47.05	43.07	51.57	49.28	14.69	20.11	31.07	48.48	58.39

1-7-3. 삼형수산 육성어

Fatty acid	삼형수산(사료)									
	육성어 EP(수침)					육성어 MP				
	3월	5월	7월	9월	11월	3월	5월	7월	9월	11월
14:0	2.67	3.52	3.65	4.26	3.26	5.64	5.71	3.66	4.54	4.87
15:0	0.37	0.43	0.46	0.53	0.62	1.08	0.70	0.55	0.58	0.63
16:0	19.75	13.64	16.34	20.62	18.31	29.44	23.01	13.29	21.46	21.02
17:0	0.41	0.88	0.74	2.96	1.69	0.90	1.31	1.15	5.22	7.00
18:0	4.46	0.56	0.32	0.91	0.94	6.17	0.46	0.58	0.52	1.02
20:0	0.00	0.06	0.00	1.23	1.33	0.00	0.22	0.06	0.69	1.96
22:0	0.00	1.69	2.20	1.33	1.11	0.00	7.20	2.25	1.25	0.26
23:0	0.22	0.66	0.35	0.54	0.79	0.00	0.17	0.57	0.16	0.03
24:0	1.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.54	0.00	0.00	0.00	0.00
SFA	29.65	21.44	24.06	32.38	28.05	43.77	38.78	22.11	35.67	36.79
16:1n-7	3.79	6.34	5.56	4.06	2.66	11.33	10.97	10.47	4.26	0.73
17:1n-7	0.45	0.89	0.44	0.39	2.74	1.10	1.04	1.20	0.70	0.87
18:1n-7	3.05	0.66	0.00	0.85	3.74	4.40	1.25	2.79	0.20	0.20
18:1n-9	13.00	21.16	21.65	12.89	12.53	19.96	22.79	18.74	16.27	4.84
20:1n-9	2.61	3.41	3.77	1.86	1.28	1.88	5.16	2.75	2.66	2.76
22:1n-9	1.34	0.18	0.09	0.26	0.46	0.88	0.11	0.09	0.13	0.12
24:1n-9	0.00	0.31	1.81	0.25	0.40	0.00	0.17	0.08	0.30	0.28
Monoene	24.24	32.95	33.32	20.56	23.81	39.55	41.49	36.12	24.52	9.80
18:2n-6	10.41	7.88	11.10	12.10	12.00	1.73	3.96	3.02	15.30	20.79
18:3n-6	0.00	1.32	1.87	2.24	2.45	0.00	0.70	0.81	2.69	3.68
18:3n-3	1.48	1.00	0.84	0.95	0.52	0.64	0.79	1.20	0.68	0.27
18:4n-3	0.81	0.29	0.24	0.36	1.17	0.85	0.11	0.21	0.73	0.38
20:2n-6	0.34	0.51	0.47	0.84	0.98	0.00	0.16	0.20	0.47	2.52
20:3n-6	0.00	1.41	0.85	0.81	0.42	0.00	0.94	2.29	2.99	3.12
20:4n-6	1.13	0.30	0.20	0.79	0.84	1.20	0.11	0.42	0.82	2.41
20:3n-3	0.00	0.72	0.49	0.50	0.72	0.00	0.22	0.47	0.24	0.64
20:5n-3	8.21	8.19	7.37	10.30	9.06	3.51	4.29	9.94	5.52	7.31
22:4n-6	0.00	0.56	0.11	0.11	0.11	0.00	0.19	0.45	0.16	0.63
22:3n-3	0.00	0.70	0.45	0.25	0.05	0.00	0.14	0.63	0.25	0.33
22:5n-3	0.44	3.43	1.85	1.89	2.02	0.00	0.55	2.69	0.50	0.84
22:6n-3	22.66	19.28	16.77	15.92	17.80	8.76	7.55	19.45	9.46	10.53
Polyene	45.48	45.59	42.61	47.06	48.14	16.69	19.71	41.78	39.81	53.45

표 1-8. 실험사료의 구성아미노산(% protein)

1-8-1. 명천수산

Amino acid	명천수산(사료)									
	EP(수침)					MP				
	3월	5월	7월	9월	11월	3월	5월	7월	9월	11월
Aspartic acid	7.00	10.10	8.82	9.26	9.08	6.95	10.02	9.21	9.62	8.77
Threonine	3.56	3.89	3.98	4.20	4.30	3.52	3.99	4.41	4.20	4.06
Serine	3.66	3.71	4.03	4.15	4.06	3.33	3.44	4.13	3.79	3.96
Glutamic acid	12.67	11.60	16.83	17.18	15.07	10.26	12.13	14.32	13.23	15.94
Proline	4.91	0.70	3.61	0.00	4.73	3.83	0.61	3.40	2.01	5.15
Glycine	5.05	5.85	5.51	5.61	5.80	5.79	5.66	6.06	5.86	6.09
Alanine	4.86	6.27	5.60	5.63	5.93	5.31	7.52	6.08	6.80	5.97
Cystine	1.71	0.02	1.50	2.07	0.23	1.95	0.02	1.06	0.54	0.40
Valine	5.43	10.42	5.57	5.34	5.24	5.76	8.57	5.63	7.10	5.42
Methionine	4.02	0.58	2.50	2.55	2.67	4.22	1.92	2.95	2.44	2.48
Isoleucine	4.26	1.05	4.31	4.69	4.50	4.29	2.51	4.50	3.51	4.34
Leucine	6.64	10.04	7.56	8.03	7.80	6.09	5.03	7.82	6.43	7.39
Tyrosine	3.95	8.93	3.26	3.58	3.04	4.27	5.64	3.10	4.37	3.06
Phenylalanine	4.30	4.38	4.19	4.48	4.22	4.05	4.39	4.10	4.40	4.14
Histidine	4.88	2.11	3.15	3.06	4.45	5.09	2.60	3.40	3.00	4.01
Lysine	8.72	7.33	7.54	8.02	7.50	8.17	8.75	7.74	7.80	7.35
Arginine	8.67	5.07	5.56	5.65	5.79	10.13	6.38	5.84	6.117	5.77

1-8-2. 삼형수산 치어

Amino acid	삼형수산(사료)									
	치어 EP(수침)					치어 MP				
	3월	5월	7월	9월	11월	3월	5월	7월	9월	11월
Aspartic acid	7.31	6.58	11.56	6.95	9.26	6.35	7.80	4.63	7.08	5.86
Threonine	3.74	2.72	4.29	3.23	3.76	3.34	2.69	2.65	3.04	2.85
Serine	3.78	3.00	3.89	3.39	3.64	2.99	3.07	2.52	3.03	2.78
Glutamic acid	12.96	9.71	11.17	11.34	11.26	10.85	7.54	8.58	9.20	8.89
Proline	5.10	6.55	3.71	5.83	4.77	4.73	2.87	5.84	3.80	4.82
Glycine	5.47	3.84	8.59	4.66	6.63	5.77	4.09	5.76	4.93	5.35
Alanine	5.14	3.97	7.23	4.56	5.90	6.48	3.70	4.72	5.09	4.91
Cystine	1.58	0.04	0.01	0.81	0.41	1.53	0.00	0.00	0.71	0.36
Valine	5.30	6.50	6.58	5.90	6.24	6.01	6.13	6.36	9.00	7.68
Methionine	3.29	5.65	1.89	4.47	3.18	3.25	5.04	4.76	4.15	4.46
Isoleucine	4.34	5.10	3.50	4.72	4.11	4.47	5.14	5.21	4.81	5.01
Leucine	6.79	5.10	4.93	5.95	5.44	6.84	5.35	5.98	6.09	6.04
Tyrosine	3.76	2.03	4.81	2.90	3.86	3.82	2.64	3.65	3.23	3.44
Phenylalanine	4.14	1.64	4.58	2.89	3.74	4.19	2.59	2.57	3.39	2.98
Histidine	5.70	6.66	2.89	6.18	4.54	4.77	7.86	8.42	6.32	7.37
Lysine	8.48	8.67	6.17	8.58	7.38	9.92	12.18	8.67	11.05	9.86
Arginine	7.94	15.77	6.09	11.86	8.98	7.86	15.16	13.26	11.51	12.39

1-8-3. 삼형수산

Amino acid	삼형수산(사료)									
	육성어 EP(수침)					육성어 MP				
	3월	5월	7월	9월	11월	3월	5월	7월	9월	11월
Aspartic acid	6.28	9.17	7.73	8.86	8.78	6.05	10.70	8.38	9.31	9.14
Threonine	3.15	4.54	3.85	4.14	4.04	3.09	4.19	3.64	4.29	4.37
Serine	3.25	3.66	3.46	4.13	3.96	2.98	3.76	3.37	4.09	4.02
Glutamic acid	12.07	12.40	12.24	16.99	16.54	10.98	11.27	11.13	14.71	13.47
Proline	4.66	4.77	4.72	3.96	4.60	5.20	2.53	3.87	3.38	4.03
Glycine	4.55	7.52	6.04	5.84	6.15	5.88	7.72	6.8	6.19	6.18
Alanine	4.54	7.04	5.79	5.75	5.85	5.86	6.76	6.31	6.15	6.22
Cystine	1.56	0.00	0.78	0.83	0.58	0.00	0.04	0.05	1.11	0.30
Valine	4.89	6.97	5.93	5.14	5.02	5.91	10.21	8.06	5.75	5.25
Methionine	3.73	1.83	2.78	2.54	2.45	4.29	4.04	4.17	2.80	2.84
Isoleucine	4.12	2.96	3.54	4.45	4.34	4.20	2.46	3.33	4.42	4.50
Leucine	6.74	5.56	6.15	7.71	7.43	6.44	4.24	5.34	8.13	7.62
Tyrosine	5.30	3.53	4.42	3.15	3.19	4.43	3.66	4.05	3.06	3.16
Phenylalanine	5.79	4.34	5.07	4.25	3.98	4.04	2.78	3.41	4.14	4.09
Histidine	6.76	3.59	5.18	3.01	3.98	5.19	2.52	3.86	2.71	5.22
Lysine	9.23	7.04	8.14	7.30	7.39	9.19	7.04	8.12	8.00	8.42
Arginine	8.04	6.66	7.35	5.65	5.78	9.20	5.87	7.54	5.66	5.95

2. 성장도 조사결과

가. 명천수산

1) 실험방법

가) 실험사료

실험사료는 상품사료(EP)와 습사료(MP)를 사용하였다. 상품사료(EP)는 사료회사 1개사를 선정하여 시중에 시판되는 상업용 부상 EP사료를 성장단계별로 구입하여 사용하였고, 습사료(MP)는 양식장 현장에서 직접 크기별로 제조하여 냉동한 후 사용하였다. MP 원료는 청어, 깡치(조기새끼), 고등어, 전갱이를 사용하였으며, 사료첨가제로는 소화제, 강장제, 종합비타민, 비타민C, E를 EP(수침 30%) 및 MP에 첨가하여 사용하였다.

나) 실험어 및 사육관리

실험어는 충북 태안군에 위치한 종묘배양장으로부터 제주도 구좌읍에 위치한 명천수산으로 운반하여 예비 사육하였으며, 실험사료에 적응시키기 위해 실험시작 전 넙치 상품사료를 4주간 공급하였다. 예비사육 후, 평균무게 34.7 ± 0.2 g(mean \pm SD)인 넙치 치어 142,000마리(EP 71,000마리, MP 71,000마리)를 콘크리트수조(13×13m)에 각각 MP 및 EP 실험구로 분조하여 무작위 배치하였다. 각 실험수조는 유수식으로 유수량은 생해수와 지하해수(30%)를 혼합하여 시간당 18~20회전 되도록 하였으며, 실험기간 동안 수온은 13~26℃로 전 기간 자연수온에 의존하였다. 사료공급량은 1일 2~3회 반복 공급하였으며, 사육기간은 12개월(2007년 11월 19일~2008년 11월 3일)이었다.

다) 어체측정 및 통계처리

어체 측정은 매월 각 수조별 수용된 실험어의 30~50마리를 수조당 2회씩 평균무게로 측정하였으며, 어류가 성장함에 따라 수조크기 변경, 실험어 분조 및 선별을 하였다. 실험종료 후 총중량, 증체량, 증체율, 사료섭취량, 사료효율 생존율 등을 조사하였다

결과의 통계처리는 SPSS program을 -way ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 평균간의 유의성을 검정하였다.

상기 측정 항목들의 계산식은 다음과 같다.

- 증체율 (%) = (최종 평균무게 - 최초 평균무게) × 100 / 최초 평균무게
- 사료효율 (건물, %) = (증체량 / 총 사료섭취량) × 100
- 생존율 (%) = (최종 어류 마리수 / 최초 어류 마리수) × 100

2) 실험결과

가) 성장결과 및 고찰 : 표 1-9 ~ 1-10, 그림 1-1 ~ 1-2

12개월 동안 사육한 넙치의 두 가지 사료구의 성장 결과는 표 1-9에 나타내었다. 명천수산의 사육실험에서 최초 평균체중이 33 ~ 35 g이던 것이 12개월 후에는 평균체중 809 ~ 907 g으로 성장하였으며, 증체율은 배합사료 (EP) 및 습사료(MP)에서 각각 2,486%, 2,594%로 실험구간에 유의한 차이를 보이지 않았다. 실험어의 선두그룹(1 kg 이상)은 EP(17.5%)가 MP(21.5%)보다 다소 낮게 나타난 반면에 중간그룹(800 g~1 kg)은 EP(67.2%)가 MP(59.8%)보다 높은 경향을 보였으며, 하위그룹(800 g 이하)은 EP(15.3%)가 MP(18.8%)보다 다소 높게 나타나 상위그룹과 반대 경향을 보였다. 상기 결과로 볼 때, EP는 전체적으로 고른 성장을 보인 반면에 MP는 상위와 하위그룹에 차이가 높은 것을 알 수 있었다. 월별 증체량에 있어서 8~11월 사이 수온 상승에 따른 먹이섭취가 원활하여 평균 100 g 이상의 높은 증체량을 보인 반면, 1~3월 사이에는 낮은 수온(13~15℃)으로 평균 50 g 내외로 저조한 성장을 보였다.

사료효율은 EP 실험구가 138%로 MP 실험구의 102%보다 우수한 성적을 보였다. 이와 같이 EP 실험구에 비하여 MP 실험구의 낮은 사료효율은 이미 기존의 연구들에서도 보고된 바 있다(Cho et al., 2005; Kim et al., 2007). 이는 MP의 경우 사육수조에서 사료를 섭취하는 동안 수중으로 유실되는 양이 EP사료에 비하여 많기 때문인 것으로 생각되며, 아울러 수질오염 발생빈도가 높아진 것으로 판단된다 (Doughyt and Mcphall, 1995). 특히, 양식배출수에 의한 수질오염을 감소하기 위해 사료의 질적 개선에 대한 연구가 많은 연구자들에 의해 진행되어 왔다. 연어과어류의 양식장 환경에서도 수질을 악화시키는 사료 손실량에 있어서 배합사료가 생사료 보다 3배나 적게 나타남으로써 우리가 예상해왔던 생사료의 문제점을 수치적으로 보고되었다 (Cho, 1993; Hardy et al., 1993).

생존율은 37~42%로 EP 및 MP 실험구 간에 차이는 없었으나, 08. 1~2월 스쿠티카증에 의한 질병으로 EP 및 MP 실험구 모두 50% 내외의 대량폐사가 발생하였다. 이를 제외한 월별 생존율은 92~99%로 높게 나타났다.

이와 같이 본 명천수산의 현장시험에서 배합사료(EP)가 MP 사료에 견줄만한 성장을 거둘 가능성을 확인하였다. 김 등(2005)은 200 g의 넙치 육성어(200~680 g)를 대상으로 장기간(12개월)에 걸쳐 배합사료와 습사료의 성적을 비교 평가한 결과, EP사료가 습사료보다 좋은 증체율과 생존율을 보였고, 이 등(2005)도 넙치 육성어 (42~108 g)를 대상으로

8주간 사육실험에 있어서 EP 실험사료가 상품사료 및 습사료보다 우수한 성적을 보였다고 보고하였다. 최근 EP사료의 성능에 대한 많은 연구결과들이 보고되고 있다(Kim et al., 2005b; Cho et al., 2005; Lee et al., 2005; Seo et al., 2005). 이와 같이 EP가 MP에 비해 뒤떨어진다는 기존의 양어가들의 고정관념을 바꿀 수 있을 것으로 판단된다.

상기 명천수산의 결과를 토대로 EP는 MP 사료의 성장 및 사료효율과 비교하여 우수한 성적을 나타내었으며, 산업화 보급에 전혀 손색이 없을 것으로 판단된다.

표 1-9. 명천수산 최종 어체측정 결과(07. 11. 19 ~ 08. 11. 3)

조사내용	EP	MP
최초미수	71,000	71,000
최종미수	26,239	30,115
최초체중(g) (07. 11. 19)	35	33
최종체중(g) (08. 11. 3)	907	894
생존율(%)	37	42
증체량(g)	870	861
증체율(%)	2,486	2,594
사료효율(%, 건물)	138	102

표 1-10. 명천수산 월별 증체량 및 생존율 결과

월별	사료종류	마리수	평균무게 (g)	증체량 (g)	생존율 (%)	누계		총미수
						증체량 (g)	생존율 (%)	
최초 (12월)	EP	71,000	35					142,000
	MP	71,000	33					
1월	EP	49,800	91	56	70	56	70	99,300
	MP	49,500	86	53	70	53	70	
2월	EP	33,600	136	45	67	101	47	71,100
	MP	37,500	129	43	76	96	53	
3월	EP	33,200	179	43	99	144	47	70,400
	MP	37,200	179	50	99	146	52	
4월	EP	32,800	239	60	99	204	46	69,500
	MP	36,700	255	76	99	222	52	
5월	EP	32,500	309	70	99	274	46	69,000
	MP	36,500	317	62	99	284	51	
6월	EP	32,400	364	55	99	329	46	68,800
	MP	36,400	380	63	99	347	51	
7월	EP	31,200	401	37	96	366	44	65,900
	MP	34,700	422	42	96	389	49	
8월	EP	30,700	510	109	98	475	43	64,700
	MP	34,000	524	102	98	491	48	
9월	EP	28,400	576	58	92	541	40	60,000
	MP	31,700	604	94	93	571	45	
10월	EP	27,000	677	101	95	642	38	57,800
	MP	30,800	715	111	97	682	43	
11월	EP	26,400	907	230	97	872	37	56,500
	MP	30,100	894	179	97	179	42	

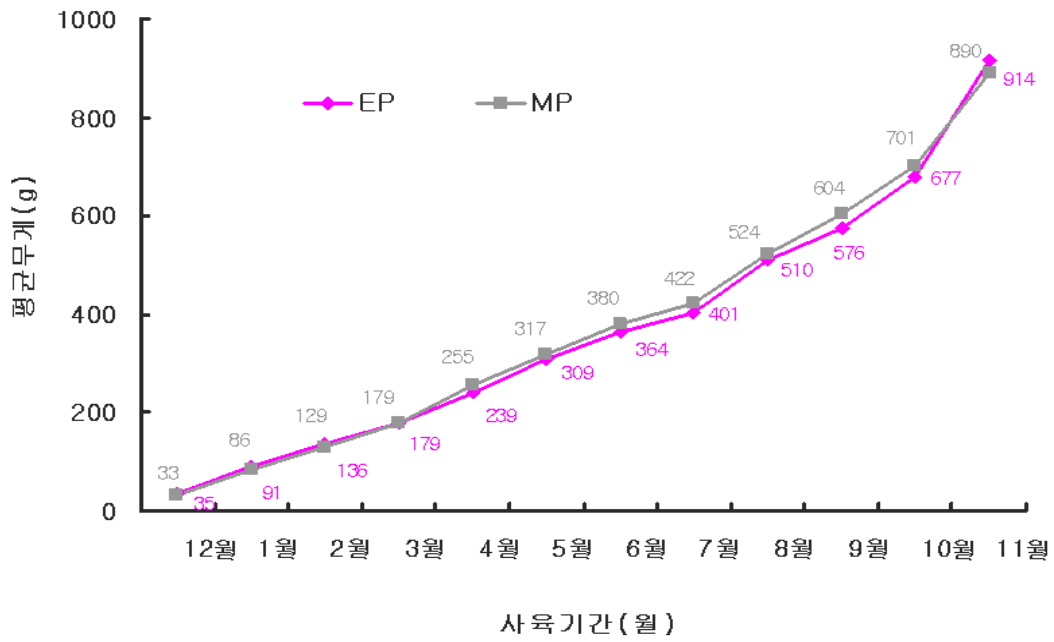


그림 1-1. 명천수산 월별 평균무게(g)

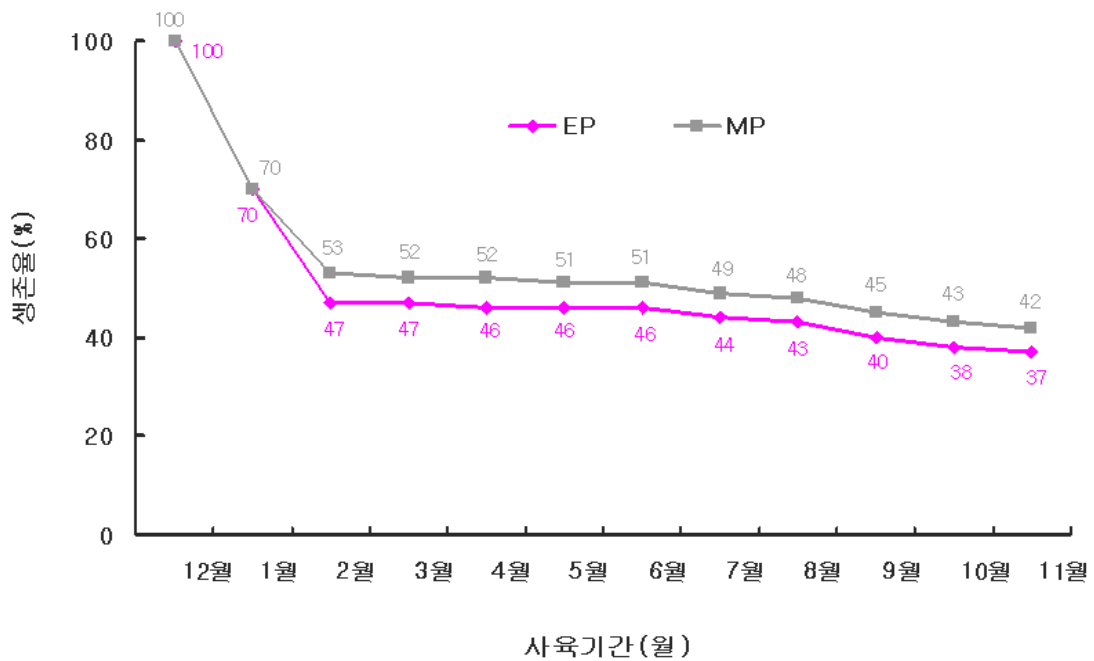


그림 1-2. 명천수산 월별 누적생존율(%)

나) 월별 어체측정 결과 : 표 1-11 ~ 1-21

표 1-11. 명천수산 1월 어체측정 결과(08. 1. 14)

조사내용	EP	MP
최초미수	71,000	71,000
1월미수	49,894	49,531
최초체중(g) (07. 11. 19)	35	33
1월체중(g) (08. 1. 14)	91	86
생존율(%)	70	70
증체량(g)	56	53
증체율(%)	159	159
사료효율(%, 건물)	128	103

표 1-12. 명천수산 2월 어체측정 결과(08. 2. 13)

조사내용	EP	MP
1월미수	49,894	49,531
2월미수	33,570	37,574
1월체중(g) (08. 1. 14)	91	86
2월체중(g) (08. 2. 13)	136	129
생존율(%)	67	76
증체량(g)	45	43
증체율(%)	49	50
사료효율(%, 건물)	115	102

표 1-13. 명천수산 3월 어체측정 결과(08. 3. 14)

조사내용	EP	MP
2월미수	33,570	37,574
3월미수	33,164	37,154
2월체중(g) (08. 2. 13)	136	129
3월체중(g) (08. 3. 14)	180	179
생존율(%)	99	99
증체량(g)	44	50
증체율(%)	32	39
사료효율(%, 건물)	118	89

표 1-14. 명천수산 4월 어체측정 결과(08. 4. 18)

조사내용	EP	MP
3월미수	33,164	37,154
4월미수	32,791	36,723
3월체중(g) (08. 3. 14)	180	179
4월체중(g) (08. 4. 18)	239	255
생존율(%)	99	99
증체량(g)	59	76
증체율(%)	33	42
사료효율(%, 건물)	129	88

표 1-15. 명천수산 5월 어체측정 결과(08. 5. 16)

조사내용	EP	MP
4월미수	32,791	36,723
5월미수	32,541	36,470
4월체중(g) (08. 4. 18)	239	255
5월체중(g) (08. 5. 16)	310	318
생존율(%)	99	99
증체량(g)	71	63
증체율(%)	30	25
사료효율(%, 건물)	145	85

표 1-16. 명천수산 6월 어체측정 결과(08. 6. 16)

조사내용	EP	MP
5월미수	32,541	36,470
6월미수	32,391	36,305
5월체중(g) (08. 5. 16)	310	318
6월체중(g) (08. 6. 16)	365	380
생존율(%)	99	99
증체량(g)	55	62
증체율(%)	18	19
사료효율(%, 건물)	100	75

표 1-17. 명천수산 7월 어체측정 결과(08. 7. 14)

조사내용	EP	MP
6월미수	32,391	36,305
7월미수	31,222	34,700
6월체중(g) (08. 6. 16)	365	380
7월체중(g) (08. 7. 14)	401	422
생존율(%)	96	96
증체량(g)	36	42
증체율(%)	10	11
사료효율(%, 건물)	69	56

표 1-18. 명천수산 8월 어체측정 결과(08. 8. 10)

조사내용	EP	MP
7월미수	31,222	34,700
8월미수	30,694	33,984
7월체중(g) (08. 7. 14)	401	422
8월체중(g) (08. 8. 10)	518	510
생존율(%)	98	98
증체량(g)	117	88
증체율(%)	29	21
사료효율(%, 건물)	240	136

표 1-19. 명천수산 9월 어체측정 결과(08. 9. 1)

조사내용	EP	MP
8월미수	30,694	33,984
9월미수	28,352	31,676
8월체중(g) (08. 8. 10)	518	510
9월체중(g) (08. 9. 1)	576	604
생존율(%)	92	93
증체량(g)	58	94
증체율(%)	11	19
사료효율(%, 건물)	136	258

표 1-20. 명천수산 10월 어체측정 결과(08. 10. 9)

조사내용	EP	MP
9월미수	28,352	31,676
10월미수	27,026	30,828
9월체중(g) (08. 9. 1)	576	604
10월체중(g) (08. 10. 9)	677	715
생존율(%)	95	97
증체량(g)	101	111
증체율(%)	18	18
사료효율(%, 건물)	84	43

표 1-21. 명천수산 11월 어체측정 결과(08. 11. 3)

조사내용	EP	MP
10월미수	27,026	30,828
11월미수	22,854	18,239
10월체중(g) (08. 10. 9)	677	715
11월체중(g) (08. 11. 3)	907	894
생존율(%)	97	97
증체량(g)	230	179
증체율(%)	34	25
사료효율(%, 건물)	280	260

나. 삼형수산

1) 실험방법

가) 실험사료

실험사료는 명천수산과 동일하게 사료회사 1개사를 선정하여 시판되는 상업용 부상 EP 사료를 성장단계별로 구입하여 사용하였고, 습사료(MP)는 양식장 현장에서 직접 크기별로 제조하여 냉동한 후 사용하였다. MP 원료는 고등어, 청어, 깡치(조기새끼), 풀치(갈치새끼), 전갱이를 사용하였으며, 사료제조는 생사료+분말사료 10%를 첨가하여 제조하였다. 사료첨가제는 비타민제, 키토산제, 한방생균발효액 적정량을 EP(수침 30%) 및 MP에 첨가하여 사용하였다.

나) 실험어 및 사육관리

실험어는 치어의 경우 제주도 한림읍 종묘배양장(귀덕수산)에서, 육성어의 경우 충남 태안군 육성용양식장(셋별수산)으로부터 제주시 표선읍에 위치한 삼형수산으로 운반하여 예비 사육하였으며, 실험사료에 적응시키기 위해 실험시작 전 넙치 상품사료를 2~4주간 공급하였다. 예비사육 후, 치어의 경우 평균무게 97.2 ± 1.6 g(mean \pm SD)인 치어 102,300마리(EP 52,000미, MP 50,300미)를, 육성어의 경우 평균무게 120.2 ± 0.3 g(mean \pm SD)인 육성어 40,000마리(EP 20,000미, MP 20,000미)를 콘크리트수조(8×8m, 12×10m, 12×13m)에 각각 MP 및 EP 실험구로 분조하여 무작위 배치하였다. 각 실험수조는 유수식으로 유수량은 생해수와 지하해수(30%)를 혼합하여 시간당 20회전 되도록 하였으며, 실험기간 동안 수온은 15~23℃로 전 기간 자연수온에 의존하였다. 사료공급량은 1일 2~3회 반복 공급하였으며, 사육기간은 12개월(2007년 12월 3일~2008년 11월 3일)이었다.

다) 어체측정 및 통계처리

어체측정 및 통계처리는 명천수산과 동일한 방법으로 하였다.

2) 실험결과

가) 성장결과 및 고찰 : 표 1-22 ~ 1-25, 그림 1-3 ~ 1-6

11개월 동안 사육한 치어 및 육성어 넙치에 대한 EP 및 MP 실험구의 성장 결과는 표 1-22에 나타내었다. 삼형수산의 넙치 치어의 사육실험 결과, 최초 평균체중이 94 ~ 101g 이던 것이 11개월 후에는 평균체중 1,052 ~ 1,090g으로 성장하였으며, 증체율은 배합사료 (EP)가 1,020%로 습사료(MP)의 984% 보다 높은 값을 보였으나, 두 실험구 간에 유의한 차이를 보이지 않았다. 실험어의 선두그룹(1.3kg 이상)은 EP(59%)가 MP(64.4%)보다 낮게 나타난 반면에 중간그룹(1.3kg 이하) 이하는 EP(41%)가 MP(35.6%)보다 높은 경향을 보였다. 월별 증체량에 있어서 10~11월 사이 수온 상승에 따른 평균 134 ~ 224g 이상의 높은 증체량을 보였으며, 1~4월 사이에는 평균 50g 내외로 낮은 성장을 보였다. 삼형수산의 넙치 육성어의 사육실험 결과, 최초 평균체중이 120g이던 것이 11개월 후에는 평균체중 1,234 ~ 1,286g으로 성장하였으며, 증체율은 배합사료 (EP)가 928%로 습사료(MP)의 972% 보다 낮은 값을 보였으나, 두 실험구 간에 유의한 차이를 보이지 않았다. 실험어의 선두그룹(1.3kg 이상)은 EP(12.7%)가 MP(22.3%)보다 다소 낮게 나타난 반면에 중간그룹(1kg~1.3kg)은 EP(60.3%)가 MP(39.9%)보다 매우 높은 경향을 보였으며, 하위그룹(1kg 이하)은 EP(27%)가 MP(37.8%)보다 낮게 나타났다. 상기 결과로 볼 때, 명천수산의 실험어와 마찬가지로 EP는 전체적으로 고른 성장을 보인 반면에 MP는 상위와 하위그룹에 차이가 높은 것을 알 수 있었다. 월별 증체량에 있어서 9~11월 사이 수온 상승에 따른 평균 124 ~ 223g 이상의 높은 증체량을 보였으며, 2~4월 사이에는 평균 100g 이하로 낮은 성장을 보였다.

사료효율은 치어의 경우 EP 실험구가 94%로 MP 실험구의 108%보다 다소 낮은 값을 보인 반면에 육성어의 경우 EP 및 MP 실험구가 각각 99%, 100%로 차이가 없었다. 전반적으로 넙치 치어 및 육성어는 모든 실험구에서 고른 성장을 보인 것으로 관찰되었다. 이는 배합사료의 경우 예전에 양식장에서 500g까지의 경험을 바탕으로 급이체계에 대한 사양관리가 원활하게 이루어 졌으며, 아울러 MP의 경우도 사육수조에서 사료를 섭취하는 동안 수중으로 유실되는 양이 최소화 한 것으로 판단된다.

생존율은 각 EP 및 MP 실험구에서 치어의 경우 73%, 78%였으며, 육성어의 경우 75%, 82%로 모든 실험구 간에 차이는 없었으나, MP 실험구가 EP 실험구보다 다소 높은 경향을 보였다. 이는 EP의 생리적 특징상 겨울철(저수온기) 낮은 소화율로 인한 면역력 저하

와 여름철(고수온기)의 높은 밀도로 인한 용존산소 부족에 기인하는 것으로 사료된다. 향후 EP 사료 제조 시, 사료물성에 따라 성장, 영양소 이용효율, 사료 섭취율 및 체성분 등에 있어 차이가 중요한 변수가 될 것으로 판단되어 더 많은 연구가 뒷받침되어야 한다.

이와 같이 본 삼형수산의 현장시험에서도 마찬가지로 EP 사료의 평가가 MP 사료에 견줄만한 성장을 거둘 가능성을 확인하였으며, 배합사료 산업화 보급에 전혀 손색이 없을 것으로 판단된다.

표 1-22. 삼형수산 치어의 최종 어체측정 결과(07. 12. 18 ~ 08. 11. 3)

조사내용	치어	
	EP	MP
최초미수	52,000	50,300
현재미수	37,980	39,418
최초체중(g) (07. 12. 18)	94	101
최종체중(g) (08. 11. 3)	1,052	1,090
생존율(%)	73	78
증체량(g)	958	989
증체율(%)	1,021	984
사료효율(% , 건물)	94	108

표 1-23. 삼형수산 치어의 월별 증체량 및 생존율 결과

월	사료종류	마리수	평균무게 (g)	증체량 (g)	생존율 (%)	누계		총미수
						증체량 (g)	생존율 (%)	
예비 (11월)	EP	51,300	50					110,000
	MP	58,700	50					
최초 (12월)	EP	52,000	94					102,300
	MP	50,300	101					
1월	EP	50,900	149	55	98	55	98	100,400
	MP	49,500	164	63	98	63	98	
2월	EP	49,000	192	43	96	98	94	96,800
	MP	47,800	216	52	96	115	95	
3월	EP	46,400	236	44	95	142	89	92,800
	MP	46,400	270	54	97	169	92	
4월	EP	45,700	290	54	98	196	87	91,200
	MP	45,500	318	48	98	217	90	
5월	EP	44,600	357	67	98	263	87	89,500
	MP	44,900	381	63	99	280	92	
6월	EP	43,900	419	62	98	325	85	88,100
	MP	44,200	459	78	98	358	88	
7월	EP	44,200	516	97	98	422	83	87,500
	MP	43,300	569	110	98	468	86	
8월	EP	42,500	601	85	96	507	82	85,300
	MP	42,800	641	72	99	540	85	
9월	EP	40,000	694	93	94	600	77	81,900
	MP	42,000	732	91	98	631	83	
10월	EP	39,600	826	134	99	735	76	81,400
	MP	40,500	868	136	96	763	80	
11월	EP	38,000	1,052	224	96	958	73	77,400
	MP	39,400	1,090	222	97	989	78	

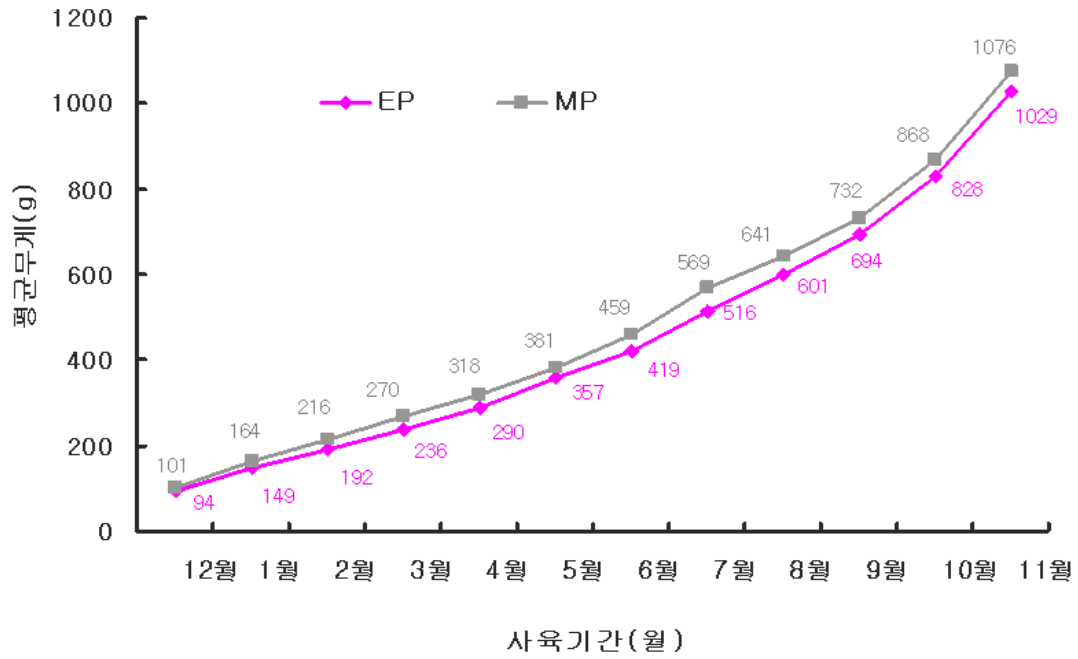


그림 1-3. 삼형수산 치어 월별 평균무게(g)

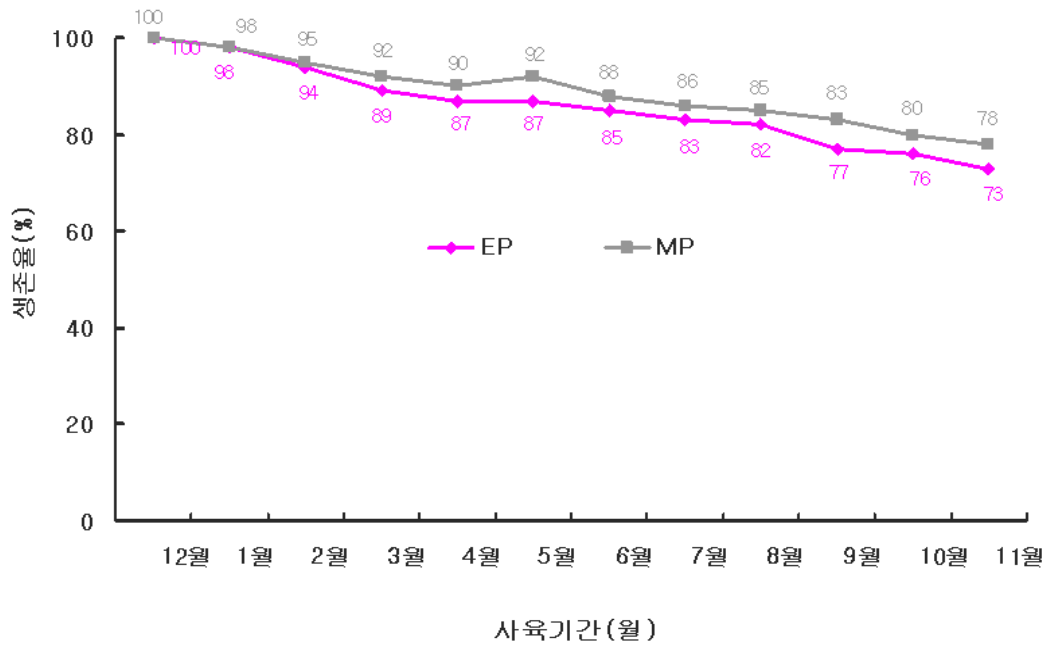


그림 1-4. 삼형수산 치어 월별 누적생존율(%)

표 1-24. 삼형수산의 육성어의 최종 어체측정 결과(07. 12. 3 ~ 08. 11. 3)

조사내용	육성어(07. 12. 3)	
	EP	MP
최초미수	20,000	20,000
현재미수	15,014	16,313
최초체중(g) (07. 12. 3)	120	120
최종체중(g) (08. 11. 3)	1,234	1,286
생존율(%)	75	82
증체량(g)	1,114	1,166
증체율(%)	928	972
사료효율(%, 건물)	99	100

표 1-25. 삼형수산 육성어의 월별 증체량 및 생존율 결과

월	사료종류	마리수	평균무게 (g)	증체량 (g)	생존율 (%)	누계		총미수
						증체량 (g)	생존율 (%)	
최초 (12월)	EP	20,000	120					40,000
	MP	20,000	120					
1월	EP	19,400	213	93	97	93	97	38,900
	MP	19,500	244	124	98	124	98	
2월	EP	18,700	263	50	96	143	94	37,700
	MP	19,000	285	41	97	165	95	
3월	EP	17,700	343	80	95	223	89	36,400
	MP	18,700	339	54	99	219	93	
4월	EP	17,400	419	76	98	299	87	35,900
	MP	18,500	408	69	99	288	93	
5월	EP	17,300	514	95	99	394	87	35,700
	MP	18,400	521	113	99	401	92	
6월	EP	17,100	630	116	99	510	86	35,300
	MP	18,200	610	89	99	490	91	
7월	EP	16,900	721	91	99	601	85	34,800
	MP	17,900	753	143	98	633	89	
8월	EP	16,700	785	64	99	665	84	34,300
	MP	17,600	799	44	99	679	88	
9월	EP	15,600	921	136	99	681	79	31,000
	MP	17,200	923	124	99	683	86	
10월	EP	15,700	1,100	179	99	980	78	32,340
	MP	16,700	1,146	223	97	1,026	83	
11월	EP	15,000	1,234	133	96	1,114	75	31,300
	MP	16,300	1,286	140	98	1,166	82	

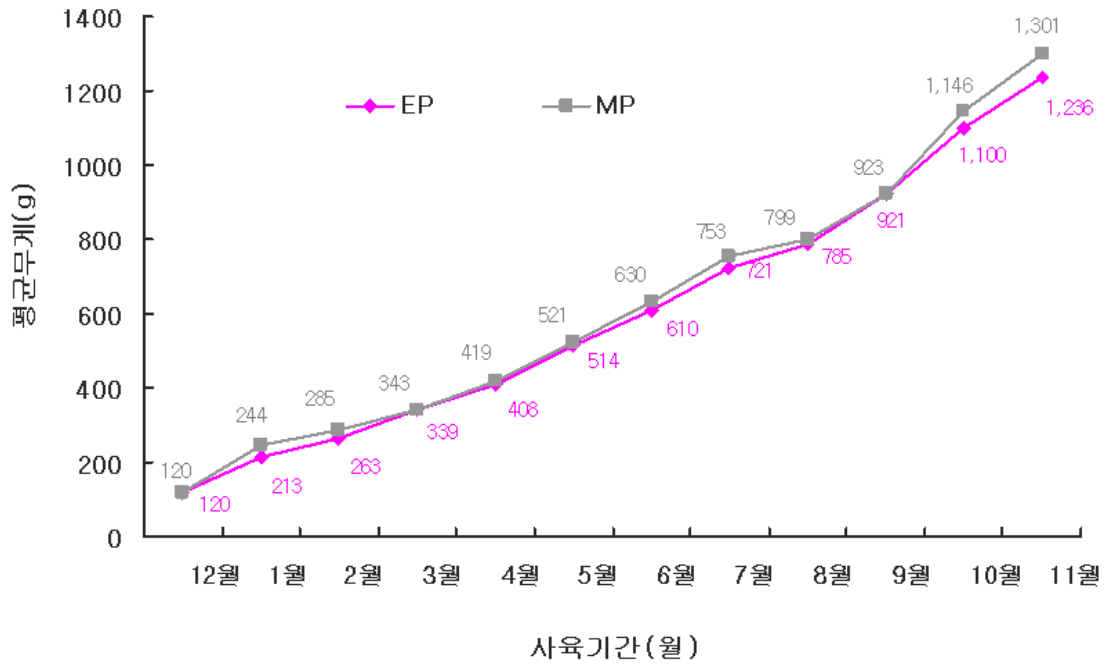


그림 1-5. 삼형수산 육성어 월별 평균무게(g)

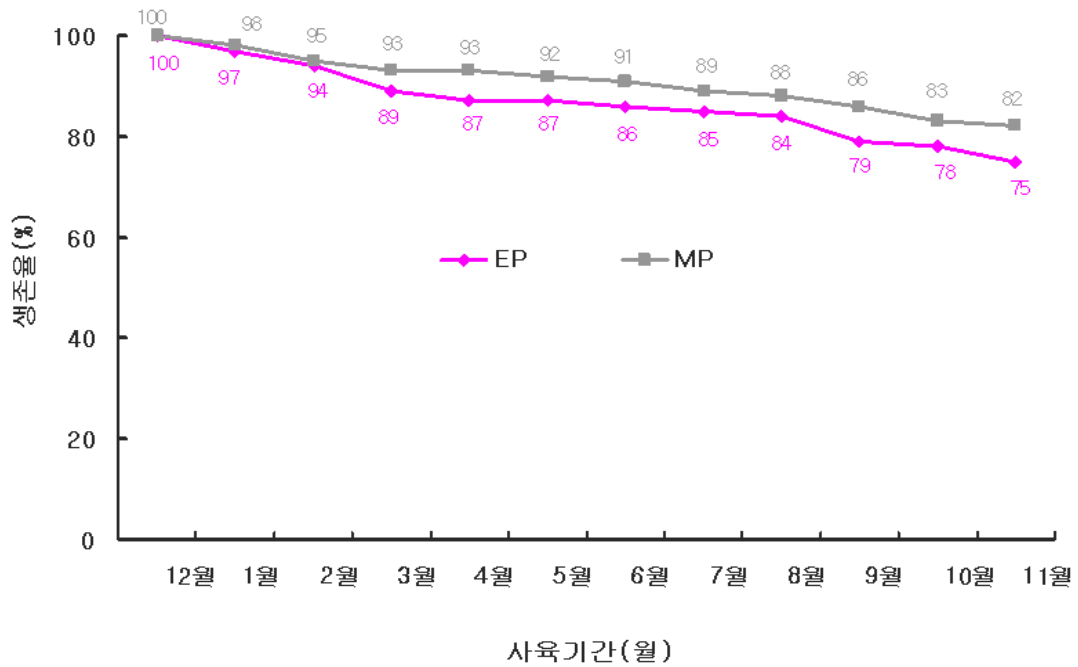


그림 1-6. 삼형수산 육성어 월별 누적생존율(%)

나) 삼형수산 치어의 월별 어체측정 결과 : 표 1-26 ~ 1-36

표 1-26. 삼형수산 치어의 1월 어체측정 결과(08. 1. 14)

조사내용	치어	
	EP	MP
최초미수	52,000	50,300
1월미수	50,860	49,455
최초체중(g) (07. 12. 13)	94	101
1월체중(g) (08. 1. 14)	149	164
생존율(%)	98	98
증체량(g)	55	63
증체율(%)	59	63
사료효율(% , 건물)	114	133

표 1-27. 삼형수산 치어의 2월 어체측정 결과(08. 2. 13)

조사내용	치어	
	EP	MP
1월미수	50,860	49,455
2월미수	49,044	47,752
1월체중(g) (08. 1. 14)	149	164
2월체중(g) (08. 2. 13)	192	216
생존율(%)	96	96
증체량(g)	43	52
증체율(%)	29	32
사료효율(% , 건물)	93	113

표 1-28. 삼형수산 치어의 3월 어체측정 결과(08. 3. 14)

조사내용	치어	
	EP	MP
2월미수	49,044	47,752
3월미수	46,369	46,335
2월체중(g) (08. 2. 13)	192	216
3월체중(g) (08. 3. 14)	236	270
생존율(%)	95	97
증체량(g)	44	54
증체율(%)	23	25
사료효율(% , 건물)	152	134

표 1-29. 삼형수산 치어의 4월 어체측정 결과(08. 4. 11)

조사내용	치어	
	EP	MP
3월미수	46,369	46,335
4월미수	45,188	45,521
3월체중(g) (08. 3. 14)	236	270
4월체중(g) (08. 4. 11)	289	318
생존율(%)	97	98
증체량(g)	53	48
증체율(%)	22	18
사료효율(% , 건물)	105	91

표 1-30. 삼형수산 치어의 5월 어체측정 결과(08. 5. 14)

조사내용	치어	
	EP	MP
4월미수	45,188	45,521
5월미수	44,619	44,876
4월체중(g) (08. 4. 11)	289	318
5월체중(g) (08. 5. 14)	357	381
생존율(%)	99	99
증체량(g)	68	63
증체율(%)	24	20
사료효율(% , 건물)	87	76

표 1-31. 삼형수산 치어의 6월 어체측정 결과(08. 6. 15)

조사내용	치어	
	EP	MP
5월미수	44,619	44,876
6월미수	43,942	44,249
5월체중(g) (08. 5. 14)	357	381
6월체중(g) (08. 6. 15)	419	459
생존율(%)	99	99
증체량(g)	62	78
증체율(%)	17	20
사료효율(% , 건물)	77	95

표 1-32. 삼형수산 치어의 7월 어체측정 결과(08. 7. 14)

조사내용	치어	
	EP	MP
6월미수	43,942	44,249
7월미수	43,170	43,330
6월체중(g) (08. 6. 15)	419	459
7월체중(g) (08. 7. 14)	516	569
생존율(%)	98	98
증체량(g)	97	110
증체율(%)	23	24
사료효율(% , 건물)	116	131

표 1-33. 삼형수산 치어의 8월 어체측정 결과(08. 8. 10)

조사내용	치어	
	EP	MP
7월미수	43,170	43,330
8월미수	42,424	42,714
7월체중(g) (08. 7. 14)	516	569
8월체중(g) (08. 8. 10)	601	641
생존율(%)	98	98
증체량(g)	85	72
증체율(%)	16	13
사료효율(% , 건물)	79	80

표 1-34. 삼형수산 치어의 9월 어체측정 결과(08. 9. 1)

조사내용	치어	
	EP	MP
8월미수	42,424	42,714
9월미수	39,960	41,975
8월체중(g) (08. 8. 10)	601	641
9월체중(g) (08. 9. 1)	694	732
생존율(%)	94	98
증체량(g)	94	91
증체율(%)	16	14
사료효율(%, 건물)	94	96

표 1-35. 삼형수산 치어의 10월 어체측정 결과(08. 10. 9)

조사내용	치어	
	EP	MP
9월미수	39,960	41,975
10월미수	39,566	40,454
9월체중(g) (08. 9. 1)	694	732
10월체중(g) (08. 10. 9)	828	868
생존율(%)	99	96
증체량(g)	134	135
증체율(%)	19	18
사료효율(%, 건물)	66	71

표 1-36. 삼형수산 치어의 11월 어체측정 결과(08. 11. 3)

조사내용	치어	
	EP	MP
10월미수	39,566	40,454
11월미수	37,980	39,418
10월체중(g) (08. 10. 9)	828	868
11월체중(g) (08. 11. 3)	1,052	1,090
생존율(%)	96	97
증체량(g)	224	222
증체율(%)	27	26
사료효율(% , 건물)	163	165

다) 삼형수산 육성어의 월별 어체측정 결과 : 표 1-37 ~ 1-47

표 1-37. 삼형수산 육성어의 1월 어체측정 결과(08. 1. 14)

조사내용	육성어	
	EP	MP
최초미수	20,000	20,000
1월미수	19,396	19,499
최초체중(g) (07. 12. 3)	120	120
1월체중(g) (08. 1. 14)	213	244
생존율(%)	97	98
증체량(g)	93	124
증체율(%)	77	103
사료효율(% , 건물)	103	125

표 1-38. 삼형수산 육성어의 2월 어체측정 결과(08. 2. 13)

조사내용	육성어	
	EP	MP
1월미수	19,396	19,499
2월미수	18,690	18,994
1월체중(g) (08. 1. 14)	213	244
2월체중(g) (08. 2. 13)	263	285
생존율(%)	96	97
증체량(g)	50	41
증체율(%)	24	17
사료효율(%, 건물)	88	64

표 1-39. 삼형수산 육성어의 3월 어체측정 결과(08. 3. 14)

조사내용	육성어	
	EP	MP
2월미수	18,690	18,994
3월미수	17,697	18,710
2월체중(g) (08. 2. 13)	263	285
3월체중(g) (08. 3. 14)	343	339
생존율(%)	95	99
증체량(g)	80	54
증체율(%)	30	19
사료효율(%, 건물)	138	107

표 1-40. 삼형수산 육성어의 4월 어체측정 결과(08. 4. 11)

조사내용	육성어	
	EP	MP
3월미수	17,697	18,710
4월미수	17,444	18,539
3월체중(g) (08. 3. 14)	343	339
4월체중(g) (08. 4. 11)	419	408
생존율(%)	99	99
증체량(g)	76	69
증체율(%)	23	20
사료효율(% , 건물)	124	109

표 1-41. 삼형수산 육성어의 5월 어체측정 결과(08. 5. 14)

조사내용	육성어	
	EP	MP
4월미수	17,444	18,539
5월미수	17,444	18,419
4월체중(g) (08. 4. 11)	419	408
5월체중(g) (08. 5. 14)	514	521
생존율(%)	99	99
증체량(g)	95	113
증체율(%)	22	28
사료효율(% , 건물)	101	108

표 1-42. 삼형수산 육성어의 6월 어체측정 결과(08. 6. 15)

조사내용	육성어	
	EP	MP
5월미수	17,444	18,419
6월미수	17,128	18,247
5월체중(g) (08. 5. 14)	514	521
6월체중(g) (08. 6. 15)	630	610
생존율(%)	99	99
증체량(g)	116	89
증체율(%)	23	17
사료효율(% , 건물)	141	83

표 1-43. 삼형수산 치어 및 육성어의 7월 어체측정 결과(08. 7. 14)

조사내용	육성어	
	EP	MP
6월미수	17,128	18,247
7월미수	16,894	17,877
6월체중(g) (08. 6. 15)	630	610
7월체중(g) (08. 7. 14)	721	753
생존율(%)	99	98
증체량(g)	91	143
증체율(%)	14	23
사료효율(% , 건물)	98	144

표 1-44. 삼형수산 육성어의 8월 어체측정 결과(08. 8. 10)

조사내용	육성어	
	EP	MP
7월미수	16,894	17,877
8월미수	16,699	17,594
7월체중(g) (08. 7. 14)	721	753
8월체중(g) (08. 8. 10)	785	799
생존율(%)	99	98
증체량(g)	64	46
증체율(%)	9	6
사료효율(%, 건물)	48	50

표 1-45. 삼형수산 육성어의 9월 어체측정 결과(08. 9. 1)

조사내용	육성어	
	EP	MP
8월미수	16,699	17,594
9월미수	15,772	17,195
8월체중(g) (08. 8. 10)	785	799
9월체중(g) (08. 9. 1)	921	923
생존율(%)	94	97
증체량(g)	136	124
증체율(%)	17	16
사료효율(%, 건물)	122	121

표 1-46. 삼형수산 육성어의 10월 어체측정 결과(08. 10. 9)

조사내용	육성어	
	EP	MP
9월미수	15,772	17,195
10월미수	15,664	16,678
9월체중(g) (08. 9. 1)	921	923
10월체중(g) (08. 10. 9)	1,100	1,146
생존율(%)	99	97
증체량(g)	179	223
증체율(%)	19	24
사료효율(%, 건물)	87	116

표 1-47. 삼형수산 육성어의 11월 어체측정 결과(08. 11. 3)

조사내용	육성어	
	EP	MP
10월미수	15,664	16,678
11월미수	15,014	16,313
10월체중(g) (08. 10. 9)	1,100	1,146
11월체중(g) (08. 11. 3)	1,234	1,286
생존율(%)	96	98
증체량(g)	133	140
증체율(%)	12	12
사료효율(%, 건물)	93	103

제 2 절 환경조사

해양수산자원의 국가이기주의로 인해 해양에서의 수산자원 포획이 점차적으로 어려워짐에 따라 기르는 어업이 날로 증가하는 추세에 있다(이 등 2001). 특히, 육상시설을 이용하는 양식은 날씨나 해황변동의 영향을 직접 받지 않으며, 고밀도 육상양식장은 어류의 양에 비해 면적이 좁기 때문에 인위적인 환경관리가 쉽고, 목적에 따라 생산성 증대를 위한 수온 등 일부 환경요인을 조절 가능하여 자연 환경에서는 양식이 불가능하거나 생산성이 낮은 어류를 대량 생산할 수 있다는 이점이 있어 1970년대 후반부터 보급되기 시작하였다(이 등, 2002). 하지만 폐쇄적인 양식장은 비교적 좁은 사육조에서 많은 어류를 수용함으로써 어류의 활동에 의한 수질 등 환경요소의 변화를 가져오기 쉽고, 양식 어류의 밀도가 높아짐에 따라 노폐물의 축적이 심각한 문제점으로 대두되고 있다. 사육조 내에서는 어류의 대사 배설물이나 먹고 남은 찌꺼기 등이 여러 가지 현탁물질로 부유하고 있으며 이들 고형물질이 분해되는 과정에서 생성되는 암모니아는 수중 생물에 대하여 강한 독성을 야기시켜 큰 문제점으로 부각되고 있다.

양식장에서 발생하는 오염물질은 미섭취된 사료와 어류의 배설물 등에 의하여 발생하는 고형물과 고형물의 분해와 어류의 대사작용 등에 의해 발생하는 암모니아, 유기물과 같은 용존물질이 있다(김, 1997). 이 중 어류의 배설물 및 기타 부산물은 생물을 양식으로 함으로써 필수적으로 발생하는 오염물질인 반면 사료는 그 종류를 달리함으로써 조절 가능하다. 국내에서는 1990년대부터 배합사료를 제조, 판매하여 그 사용량이 증가하고 있지만 전체 사료 사용량의 20% 미만으로 생사료 및 MP(moist pellet) 사료의 사용량에 훨씬 못미치고 있는 실정이다(Jeon, 2004). 이러한 생사료 위주의 사료 공급 체계는 환경오염을 가중시키고 낮은 사료효율로 양식 생산성을 저하시키는 원인이 된다(지 등, 2005).

이에 따라 배합사료의 현장실험을 통하여 배합사료의 질을 평가하고 생사료 및 배합사료의 오염유발 정도를 평가하여 배합사료의 효용성을 검증하고자 한다.

1. 사육수의 수질조사

가. 연구방법

1) 조사 기간

배합사료 현장실험을 통하여 배합사료의 질을 평가하는 목적과 더불어 생사료와 배합

사료의 오염유발 정도를 비교하기 위한 점도 있으므로 전체 실험 기간인 2007년 11월부터 2008년 11월까지 매월 1회에 걸쳐 수질환경 조사를 실시하였다.

2) 시료 채취

수조 내의 오염도를 조사하기 명천수산과 삼형수산의 배합사료와 생사료 급이 수조를 대상으로 채수하였다. 채수 시간은 연구소의 시료 처리 능력과 이전 현장사육 경험을 바탕으로 사료 공급 전후와 매 3시간 간격으로 시료를 채취하여, 오전에는 사료 급이 전과 후, 12시, 오후 15시와 사료 급이 전과 후, 21시, 24시 그리고 이튿날 3시와 6시에 채수하였다.

3) 분석항목 및 방법

넙치 사육 수조의 수질을 분석하기 위한 조사항목은 사료의 공급에 의해서 해수에 분산되는 부유물질의 양(SS), 유기물이 산화될 때 소비되는 산소량을 측정하는 화학적 산소 요구량(COD), 질소계 화합물인 암모니아 질소·아질산 질소·질산질소·유기성질소·입자성질소를 총 망라한 질소량(총질소, TN)과 사육수 중에 용존되어 있거나 입자형태 또는 무기·유기 상태의 모든 인 화합물(총인,TP)등을 해양환경공정시험방법(2002,해양수산부)에 의하여 분석하였다.

나. 연구결과

1) 부유물질(SS)

(1) 명천수산 월별 배합사료와 생사료 급이구의 부유물질 변화 : 그림 2-1 ~ 2-12

총 부유물질 농도 분포는 조사기간 동안 0.2~20.9 mg/L로 범위였고, 사료 급이 후 부유물질 농도가 높아지는 경우를 제외하고 대부분의 경우 2 mg/L 내외의 농도를 유지하고 있어서 양호한 환경을 나타내고 있었다. 생사료와 배합사료 급이에 따른 부유물질의 변화를 보면 생사료 급이 수조에서는 0.2~20.9 mg/L범위인 반면에 배합사료 급이 수조에서는 0.3~20.0 mg/L 범위의 분포를 나타내고 있어서 생사료 급이 수조에서 부유물질 농도가 높게 나타났다.

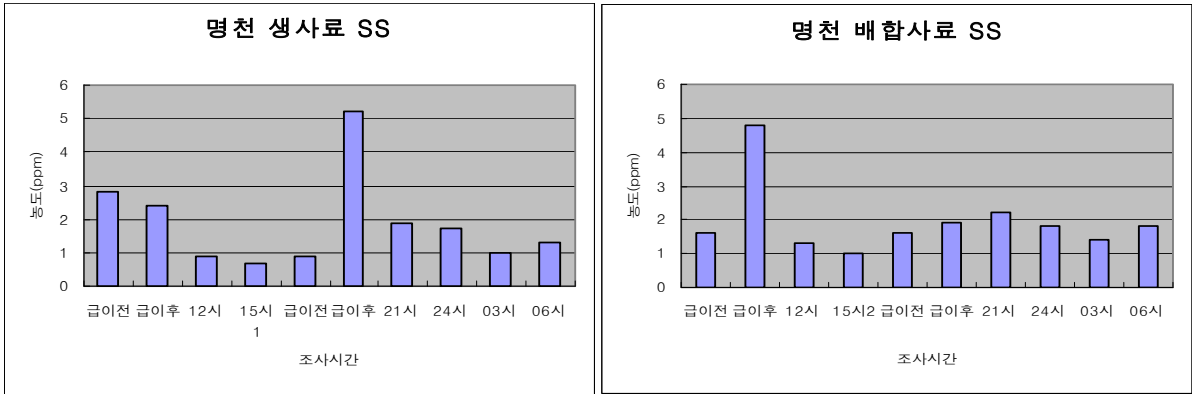


그림 2-1. 명천수산 12월 배합사료와 생사료 급이구의 부유물질 변화

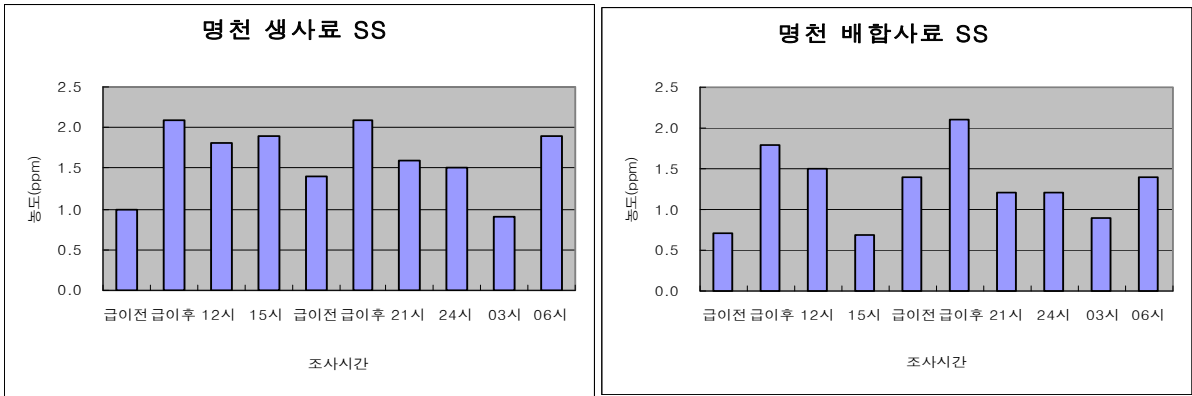
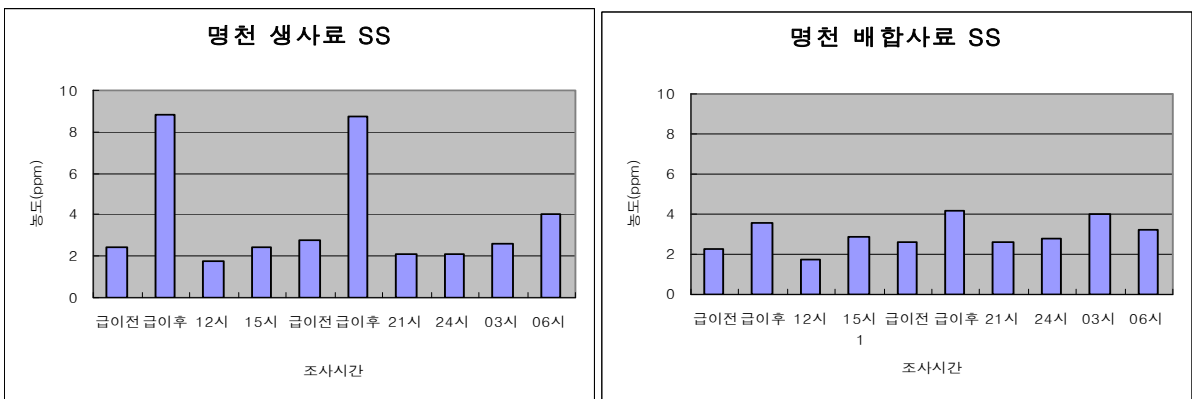


그림 2-2. 명천수산 1월 배합사료와 생사료 급이구의 부유물질 변화



2월

그림 2-3. 명천수산 2월 배합사료와 생사료 급이구의 부유물질 변화

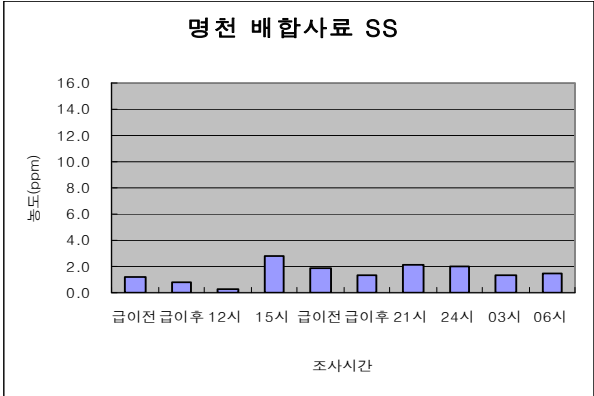
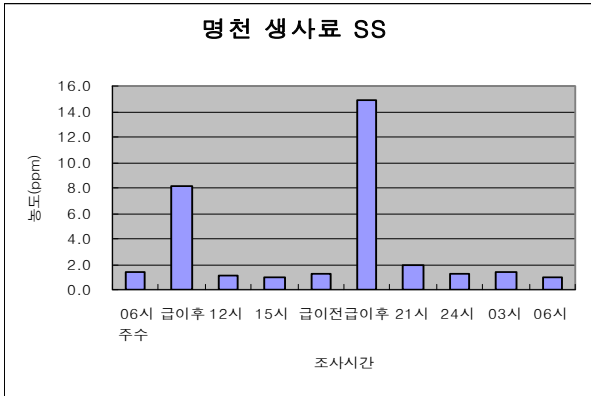


그림 2-4. 명천수산 3월 배합사료와 생사료 급이구의 부유물질 변화

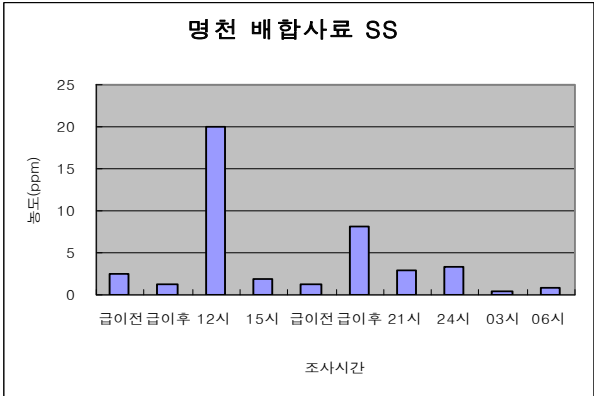
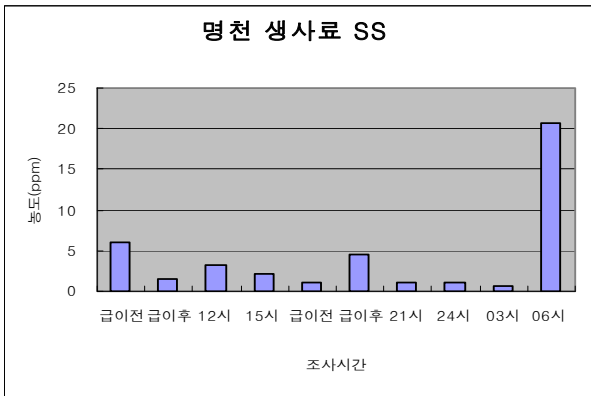


그림 2-5. 명천수산 4월 배합사료와 생사료 급이구의 부유물질 변화

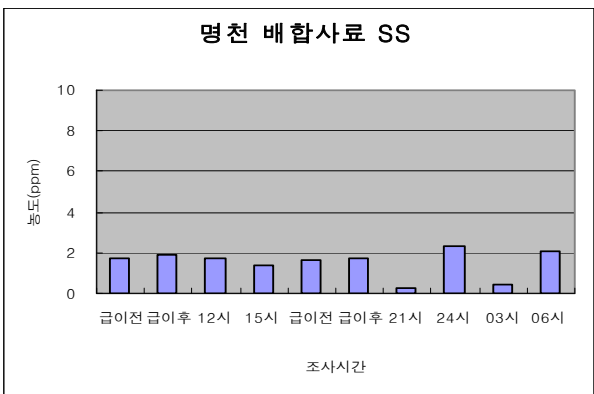
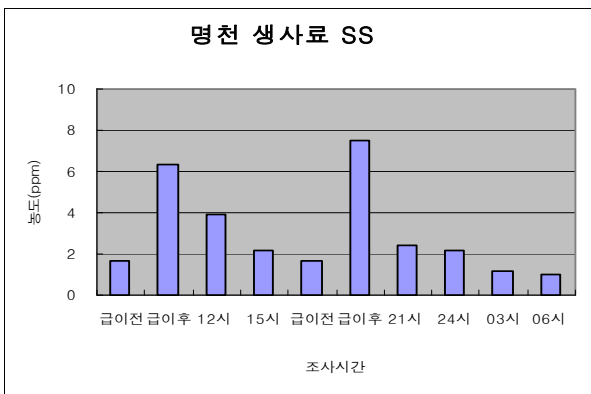


그림 2-6. 명천수산 5월 배합사료와 생사료 급이구의 부유물질 변화

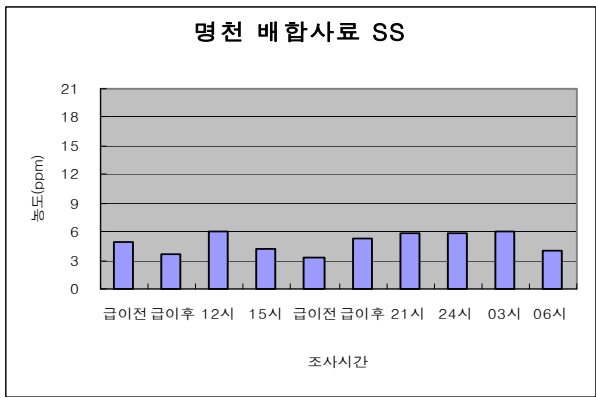
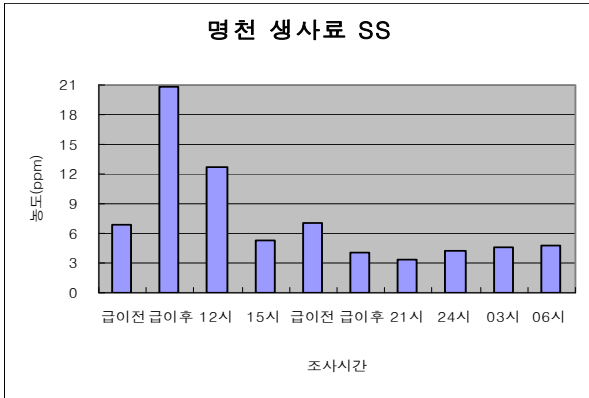


그림 2-7. 명천수산 6월 배합사료와 생사료 급이구의 부유물질 변화

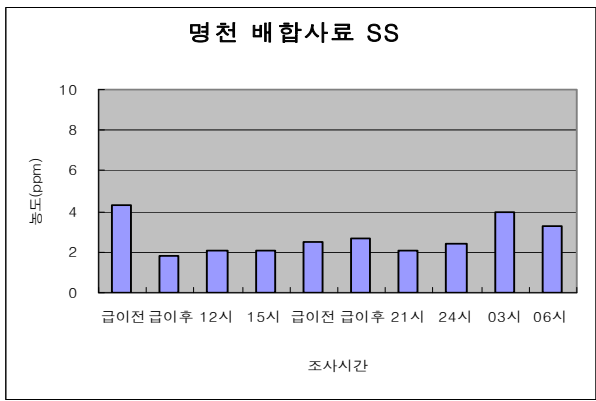
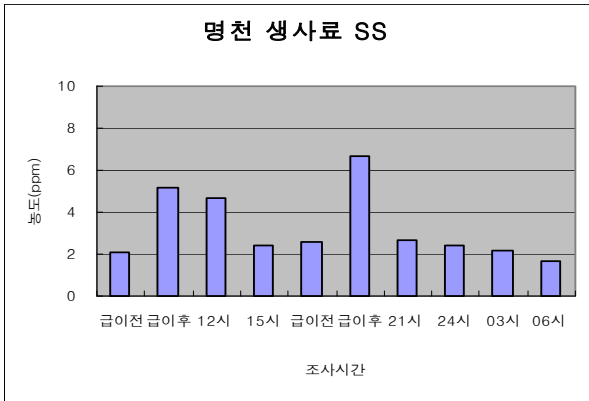


그림 2-8. 명천수산 7월 배합사료와 생사료 급이구의 부유물질 변화

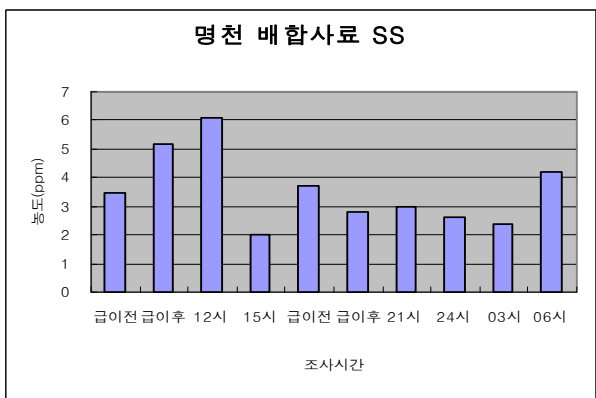
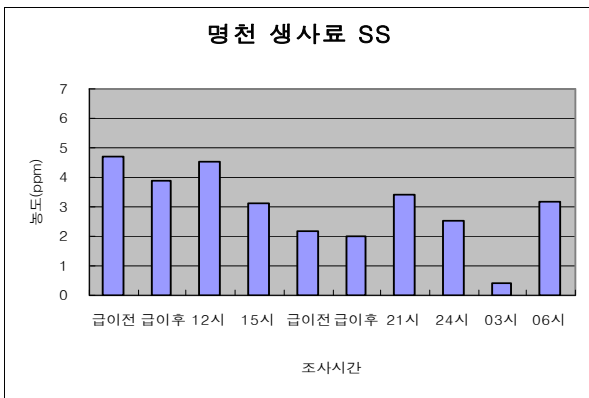


그림 2-9. 명천수산 8월 배합사료와 생사료 급이구의 부유물질 변화

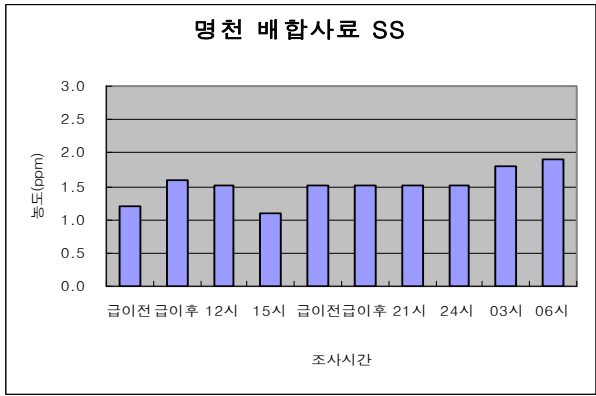
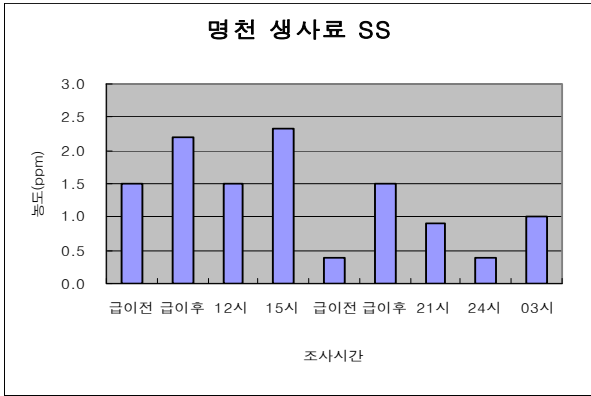


그림 2-10. 명천수산 9월 배합사료와 생사료 급이구의 부유물질 변화

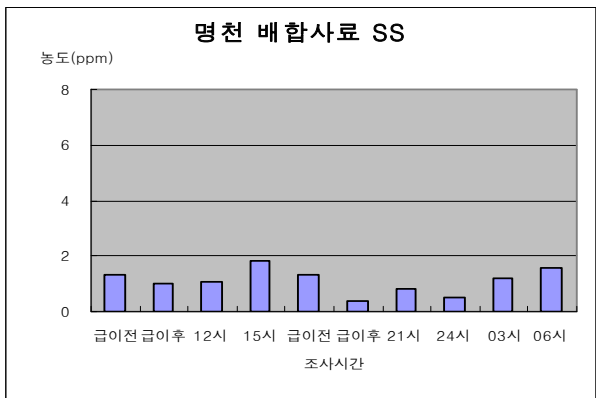
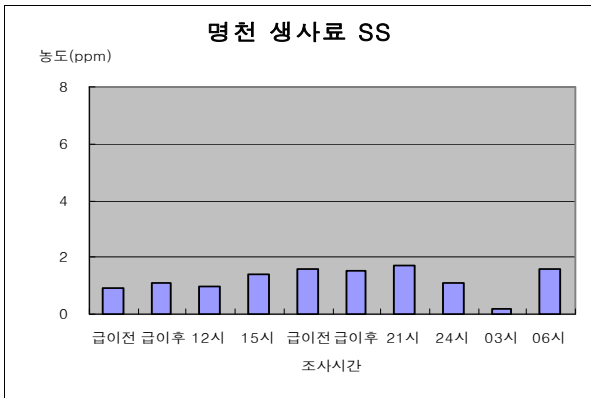


그림 2-11. 명천수산 10월 배합사료와 생사료 급이구의 부유물질 변화

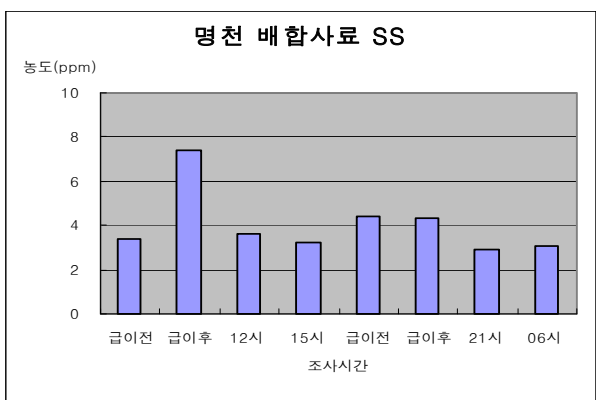
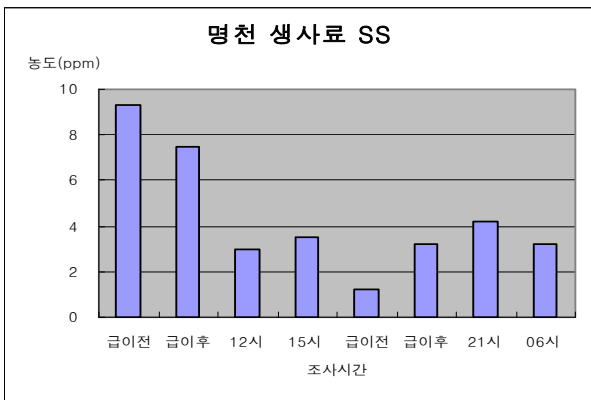


그림 2-12. 명천수산 11월 배합사료와 생사료 급이구의 부유물질 변화

(2) 명천수산 시간대별 배합사료와 생사료 급이 전후의 부유물질 변화 : 그림 2-13 ~ 2-16

명천수산의 사료 급이 전후의 부유물질 변화를 볼 때, 평상시 2 mg/L 내외의 부유물질 농도가 사료 공급으로 통상적으로 2배 이상 증가하는 것으로 나타났다. 생사료 급이 수조와 배합사료 급이 수조를 비교하였을 때 배합사료 급이 수조에 있어서는 연중 사료 급이에 따라 2배 내외의 차이로 일정하나, 생사료 급이 수조에 있어서는 2배에서 10배까지 부유물질이 증가하고 있는 것으로 나타났다.

명천수산 생사료 (오전 SS)

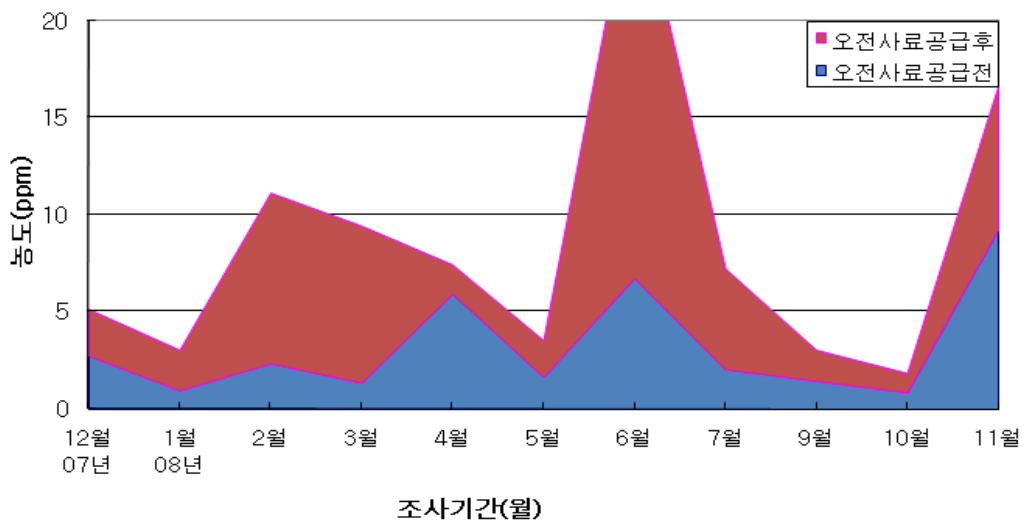


그림 2-13. 명천수산 오전시간대 생사료 급이 전후의 부유물질 변화

명천수산 배합사료 (오전 SS)

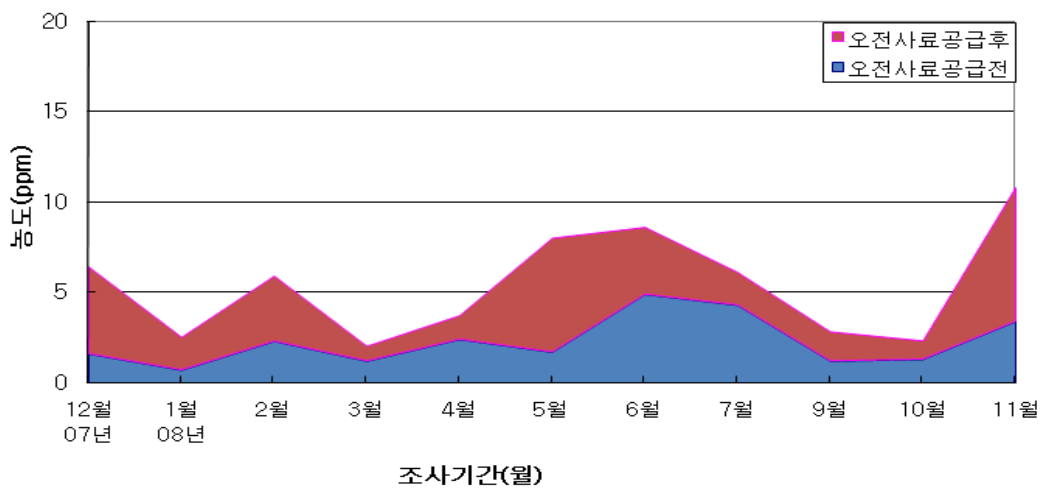


그림 2-14. 명천수산 오전시간대 배합사료 급이 전후의 부유물질 변화

명천수산 생사료 (오후 SS)

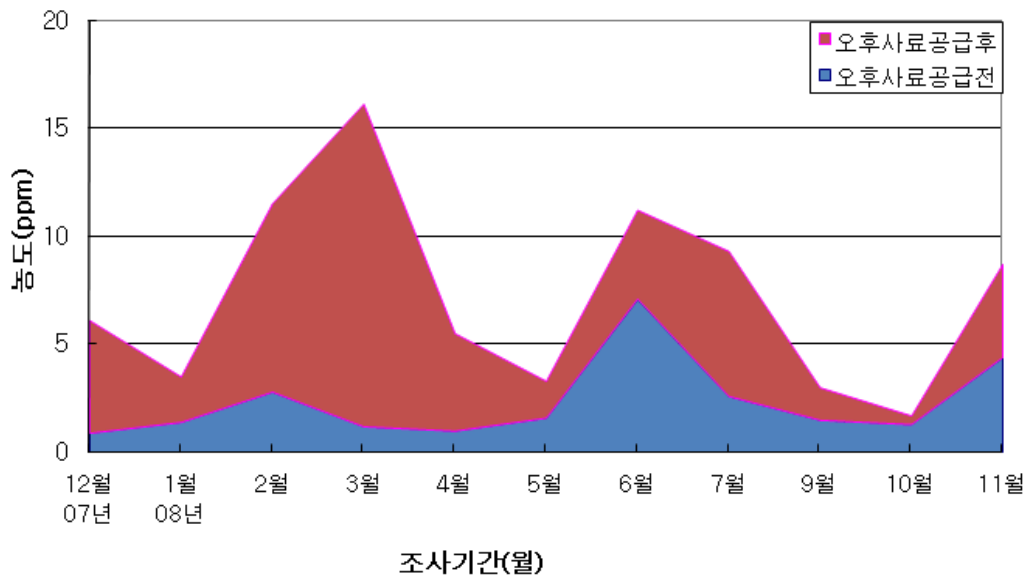


그림 2-15. 명천수산 오후시간대 생사료 급이 전후의 부유물질 변화

명천수산 배합사료 (오후 SS)

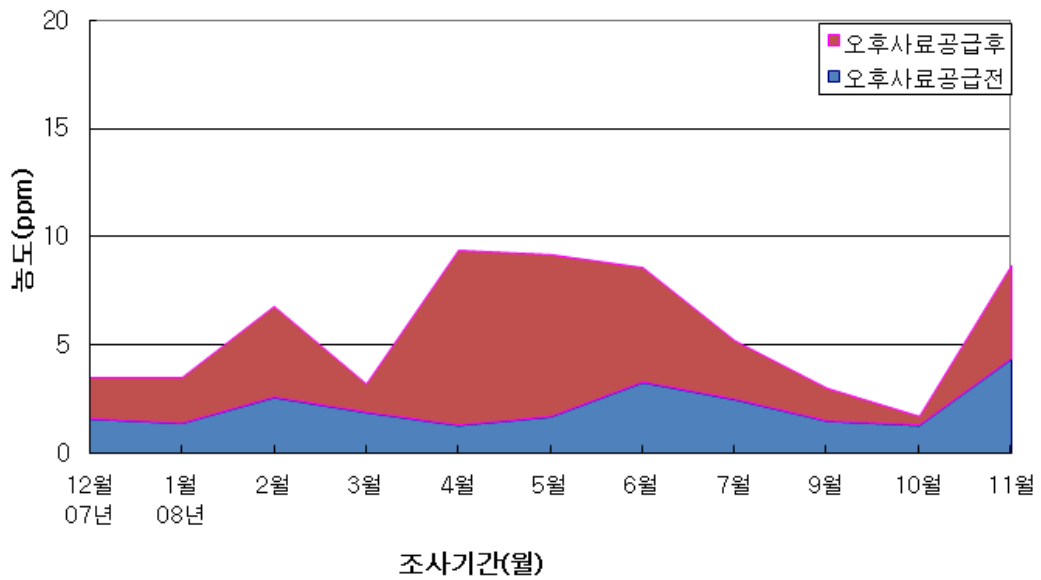


그림 2-16. 명천수산 오후시간대 배합사료 급이 전후의 부유물질 변화

(3) 삼형수산 월별 배합사료와 생사료 급이구의 부유물질 변화 : 그림 2-17~ 2-27

총 부유물질 농도 분포는 조사기간 동안 0.1~11.2 mg/L로 범위였고, 사료 급이 후 부유물질 농도가 높아지는 경우를 제외하고 대부분의 경우 2 mg/L 내외의 농도를 유지하고 있어서 양호한 환경을 나타내고 있었다. 생사료와 배합사료 급이에 따른 부유물질의 변화를 보면 생사료 급이 수조에서는 0.3~11.2 mg/L범위인 반면에 배합사료 급이 수조에서는 0.1~5.3 mg/L 범위의 분포를 나타내고 있어서 생사료 급이 수조에서 부유물질 농도가 높게 나타났다. 특히 생사료를 급이한 후 4월과 5월의 부유물질 농도는 각각 8.5 mg/L와 11.2 mg/L로 매우 높게 나타났다.

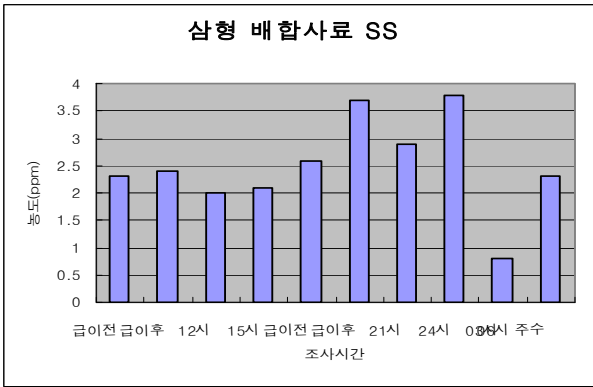
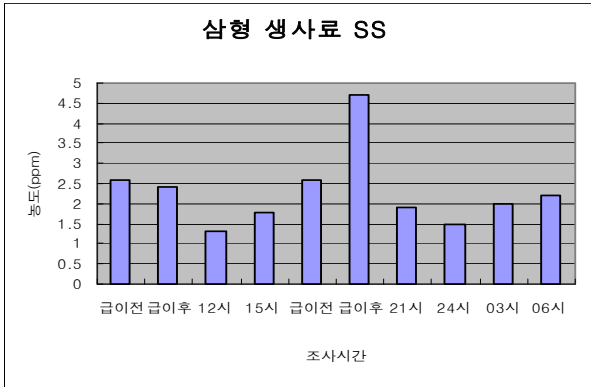


그림 2-17. 삼형수산 1월 배합사료와 생사료 급이구의 부유물질 변화

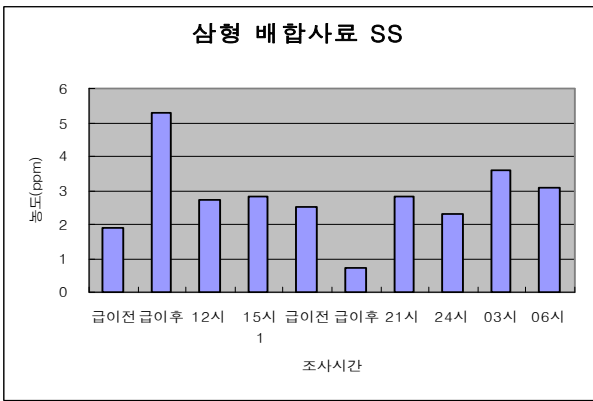
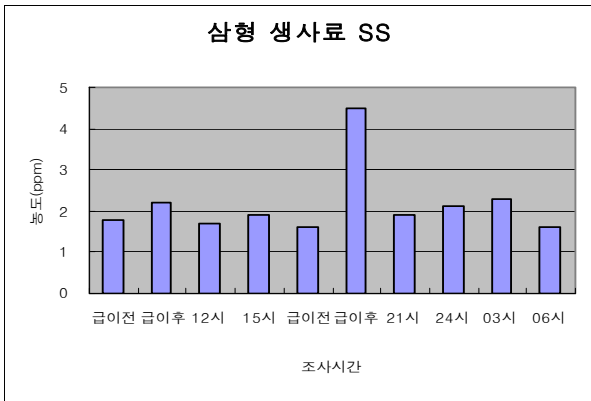


그림 2-18. 삼형수산 2월 배합사료와 생사료 급이구의 부유물질 변화

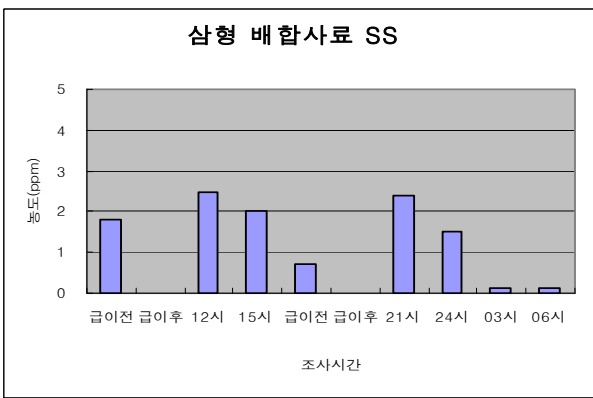
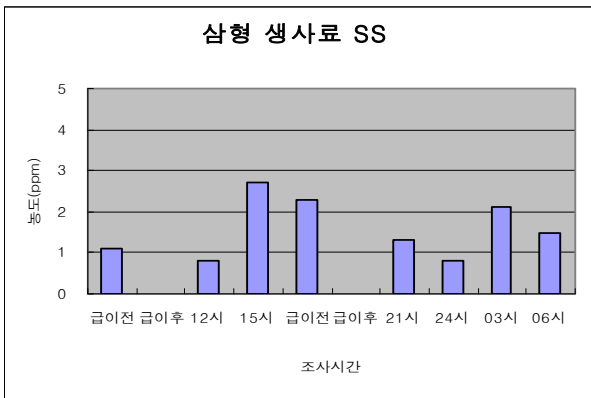


그림 2-19. 삼형수산 3월 배합사료와 생사료 급이구의 부유물질 변화

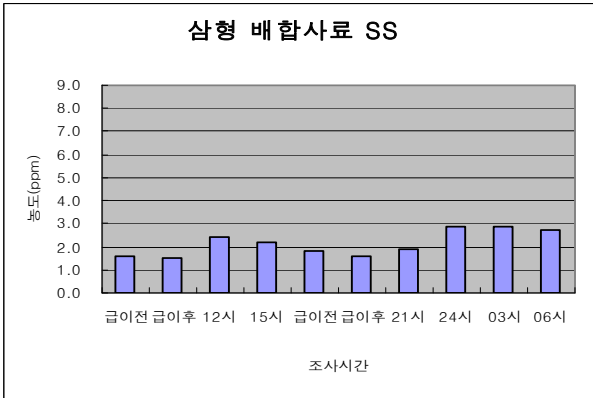
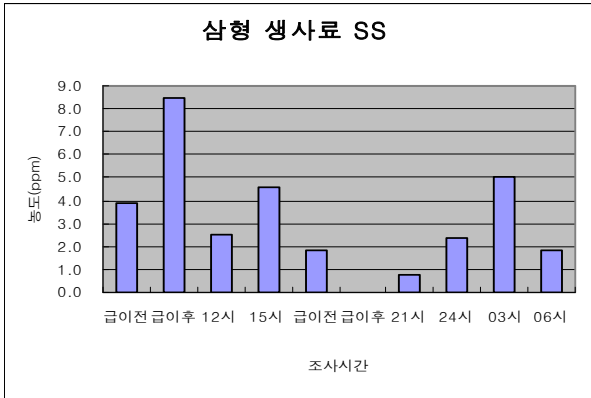


그림 2-20. 삼형수산 4월 배합사료와 생사료 급이구의 부유물질 변화

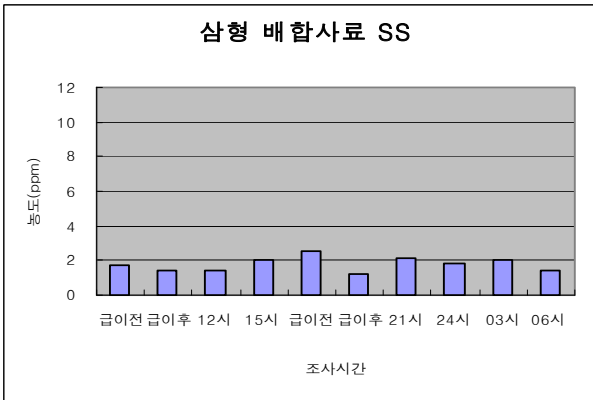
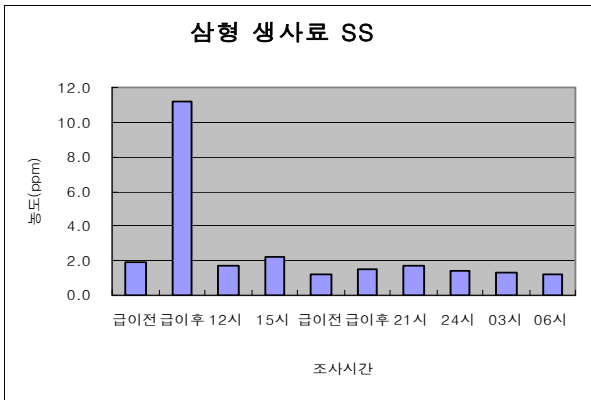


그림 2-21. 삼형수산 5월 배합사료와 생사료 급이구의 부유물질 변화

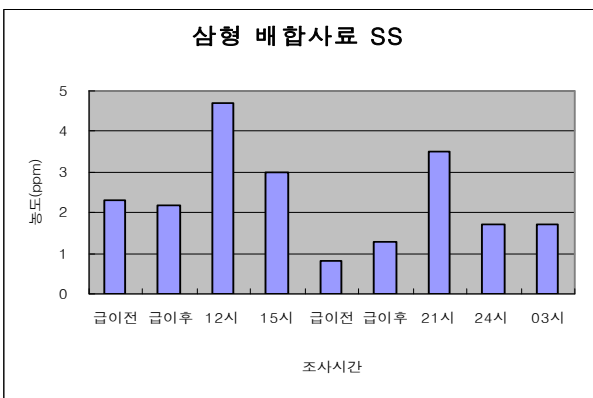
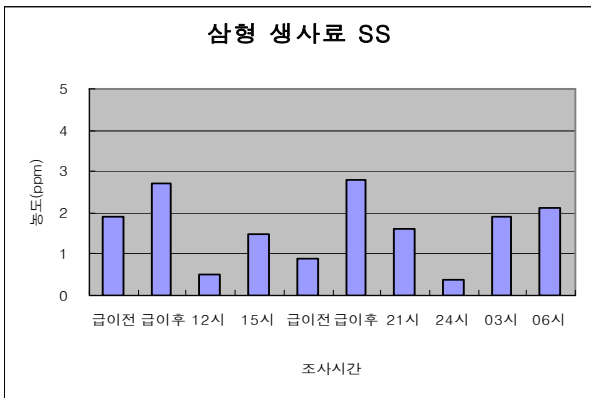


그림 2-22. 삼형수산 6월 배합사료와 생사료 급이구의 부유물질 변화

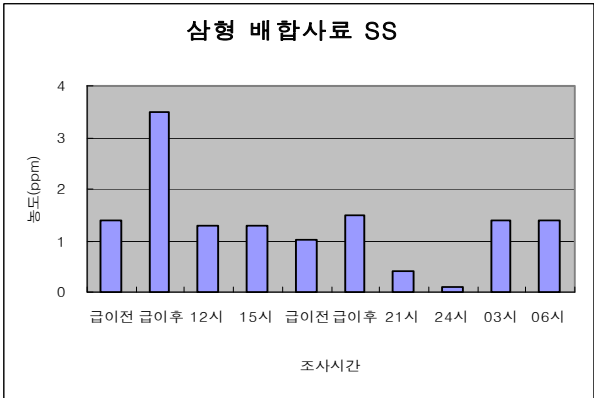
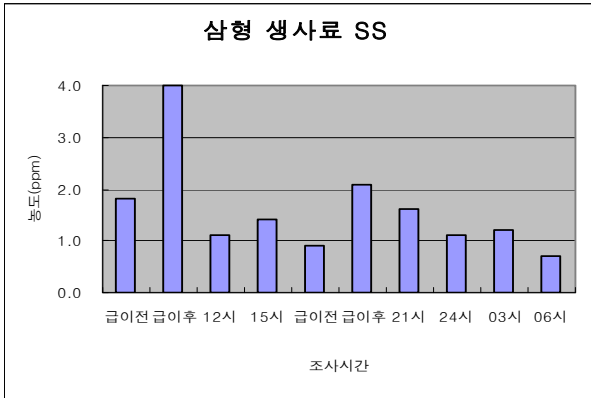


그림 2-23. 삼형수산 7월 배합사료와 생사료 급이구의 부유물질 변화

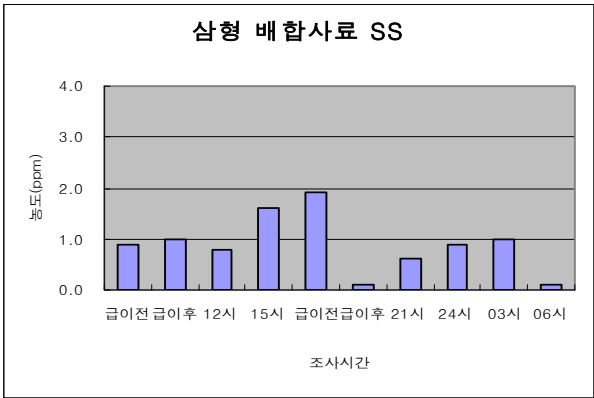
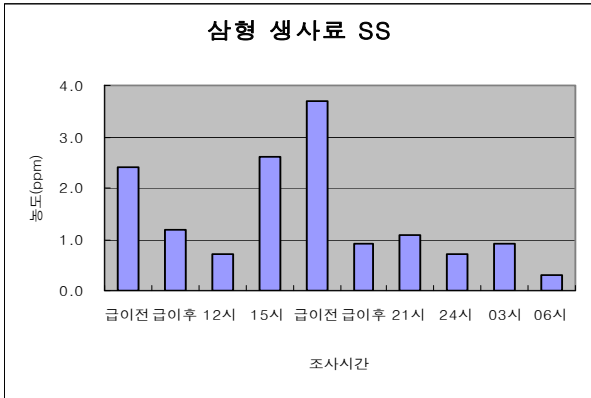


그림 2-24. 삼형수산 8월 배합사료와 생사료 급이구의 부유물질 변화

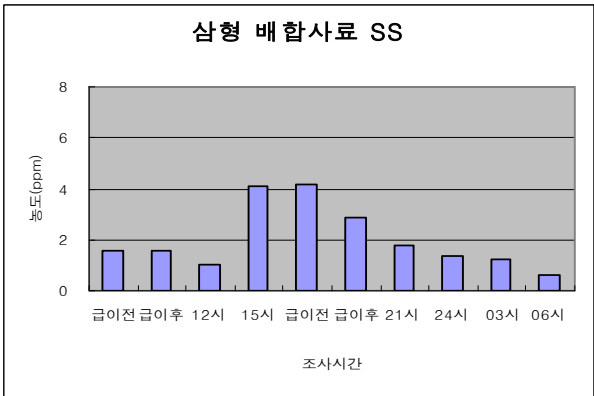
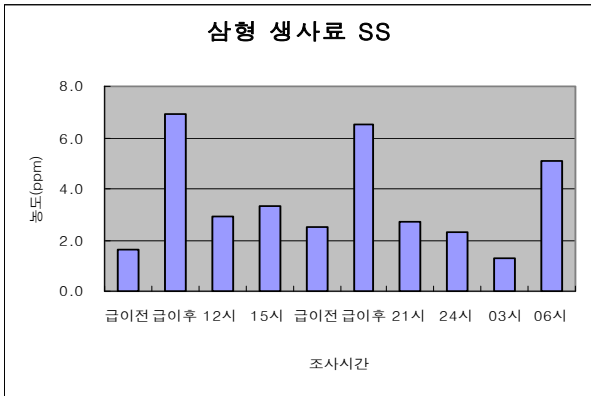


그림 2-25. 삼형수산 9월 배합사료와 생사료 급이구의 부유물질 변화

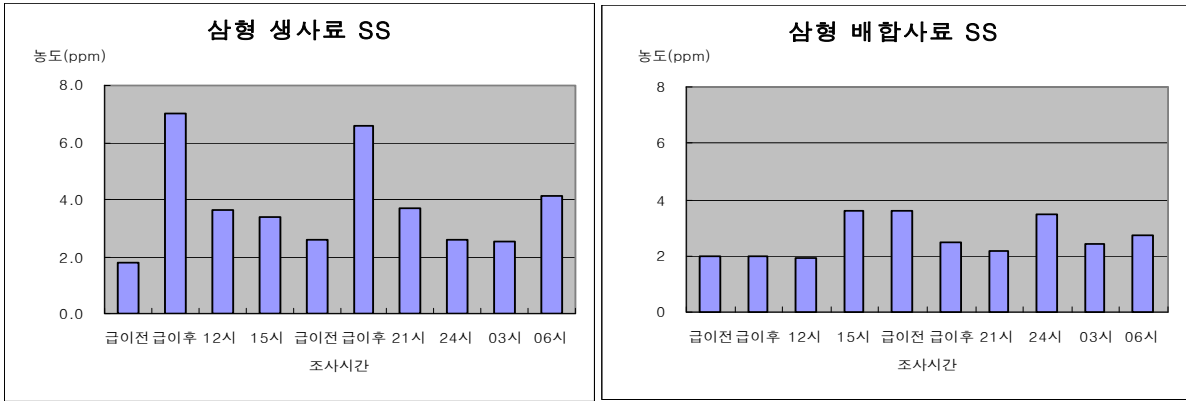


그림 2-26. 삼형수산 10월 배합사료와 생사료 급이구의 부유물질 변화

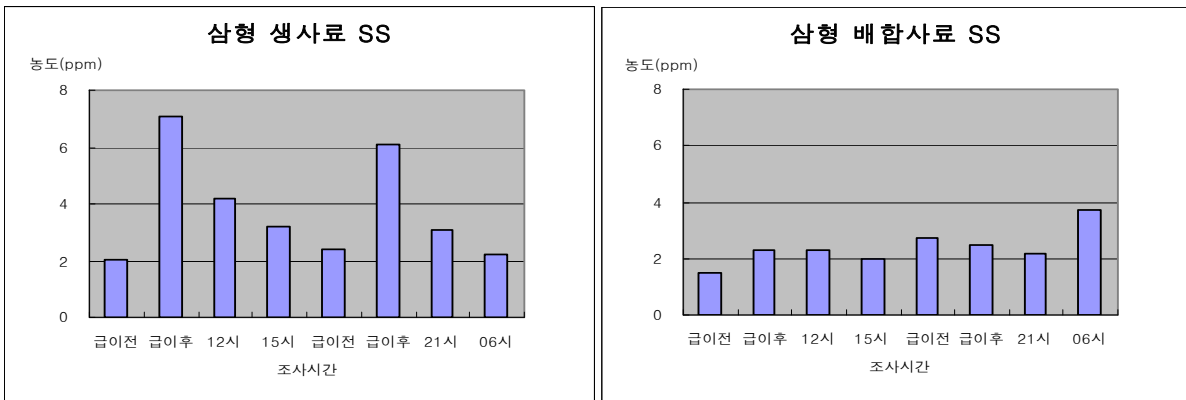


그림 2-27. 삼형수산 11월 배합사료와 생사료 급이구의 부유물질 변화

(4) 삼형수산 시간대별 배합사료와 생사료 급이 전후의 부유물질 변화 : 그림 2-28 ~ 2-31

삼형수산의 사료 급이 전후의 부유물질 변화를 볼 때, 평상시 2 mg/L 내외의 부유물질 농도가 사료 공급으로 통상적으로 2배 이상 증가하는 것으로 나타났다. 생사료 급이 수조와 배합사료 급이 수조를 비교하였을 때는 사육수조에 넘치를 수용한 초기에 경우 생사료 급이수조와 배합사료 급이 수조 간에 큰 차이가 나타나지 않았으나, 7월 이후 사료 섭취가 활발해지고 사육중인 넘치가 500 g 이상 성장한 이후부터는 생사료와 배합사료 급이 후의 수조 내 부유물질 변화차이가 뚜렷하게 나타나 배합사료 수조가 0.7~5.3 mg/L로 증가하는 반면 생사료 수조는 1.2~11.2 mg/L 까지 증가하는 것으로 조사되었다.

삼형수산 생사료 (오전 SS)

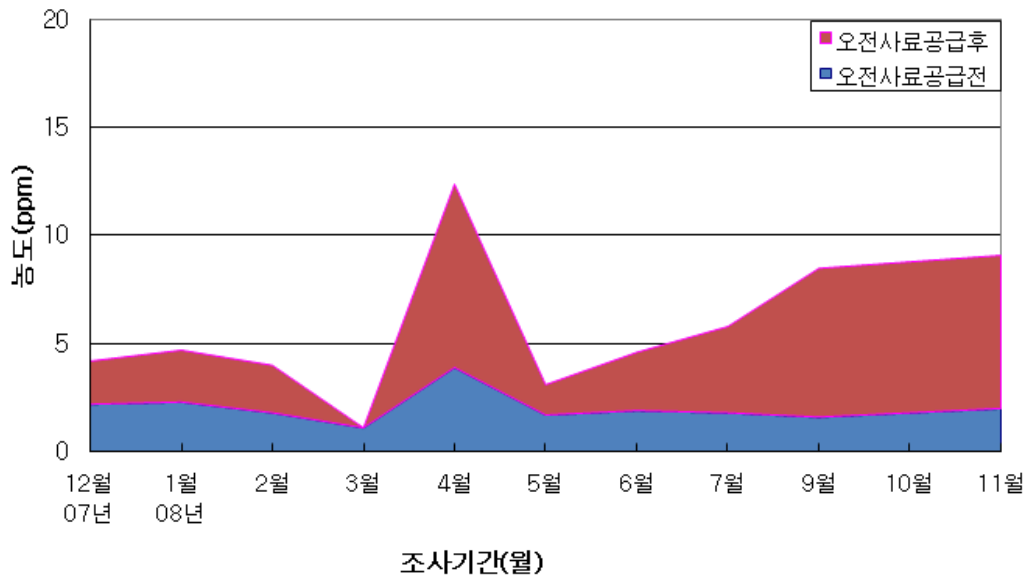


그림 2-28. 삼형수산 오전시간대 생사료 급이 전후의 부유물질 변화

삼형수산 배합사료 (오전SS)

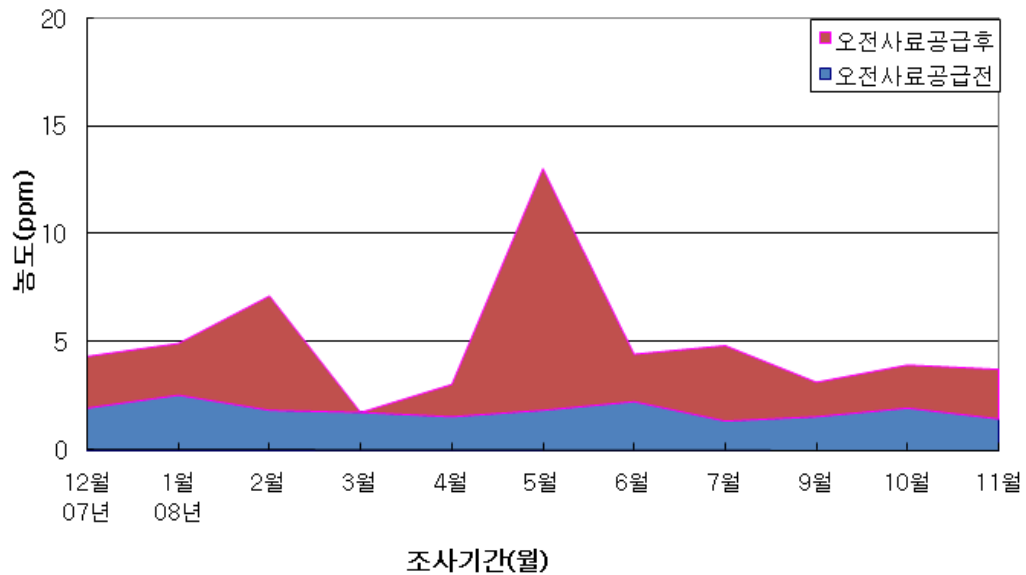


그림 2-29. 삼형수산 오전시간대 배합사료 급이 전후의 부유물질 변화

삼형수산 생사료 (오후 SS)

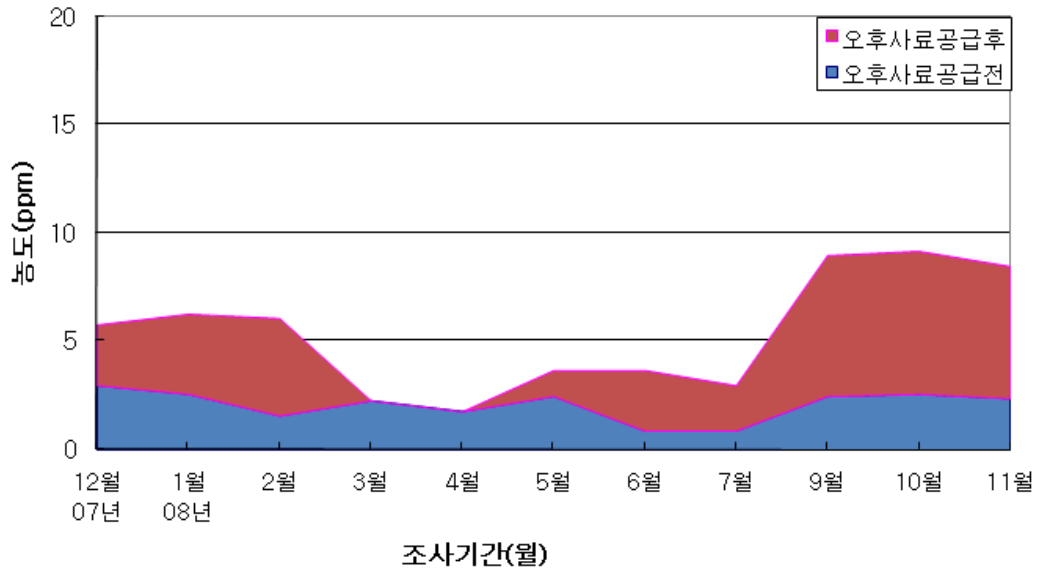


그림 2-30. 삼형수산 오후시간대 생사료 급이 전후의 부유물질 변화

삼형수산 배합사료 (오후 SS)

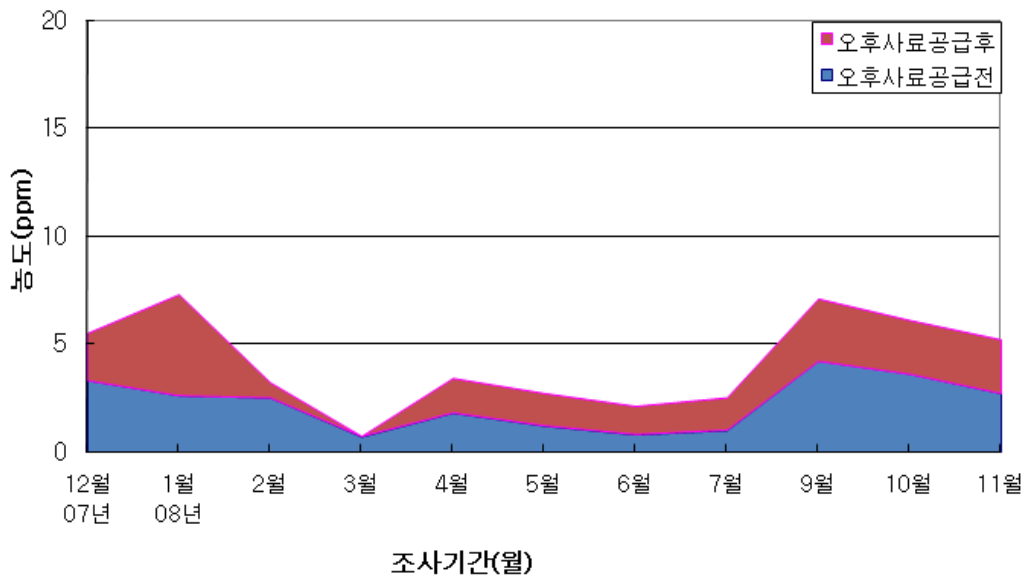


그림 2-31. 삼형수산 오후시간대 배합사료 급이 전후의 부유물질 변화

나) 화학적산소요구량(COD)

(1) 명천수산 월별 배합사료와 생사료 급이구의 COD 변화 : 그림 2-32 ~ 2-43

명천수산에 있어서 화학적산소요구량(COD) 농도 분포를 보면 사료 급이에 영향보다 수조 환경에 의한 영향을 많이 받고 있는 것으로 나타나고 있다. 구체적인 원인을 밝히기는 어려우나 1일 중 일정한 시간대를 중심으로 화학적산소요구량이 증가하는 형태를 보이고 있는 것으로 보아 사육 수조 내 환경이 사료 급이 이후 사육수 교환에 의해서도 개선이 되지 않고 있음을 알 수 있었다. 이와 같은 원인으로서는 크게 수조의 내부구조에 의한 환수의 문제와 외부 유입해수의 수질에 따른 문제로 볼 수 있는데 화학적산소요구량 농도가 장시간 높게 유지되는 것으로 보아 외부 유입수에 의한 영향으로 보는 것이 적절할 것으로 판단된다. 즉 시급히 유입수를 개선하는 것이 필요한 것이다.

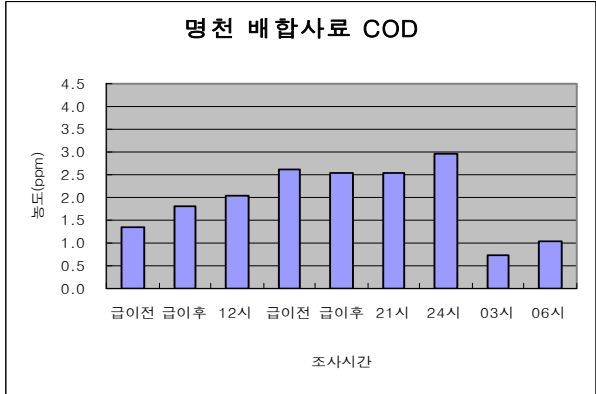
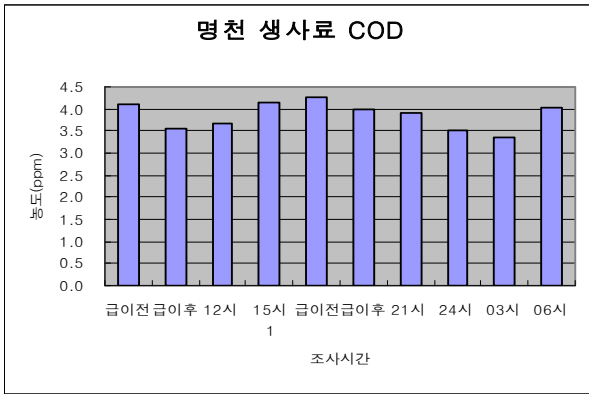


그림 2-32. 명천수산 12월 배합사료와 생사료 급이구의 COD 변화

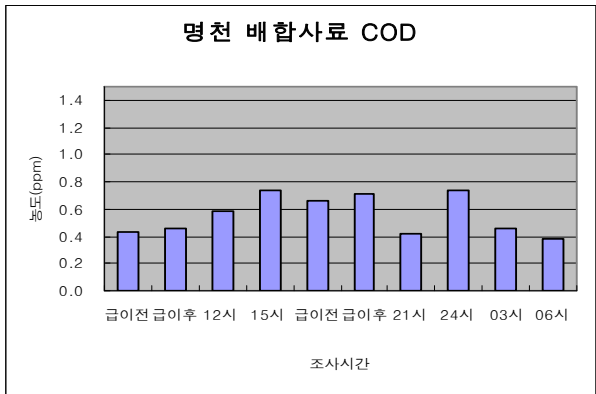
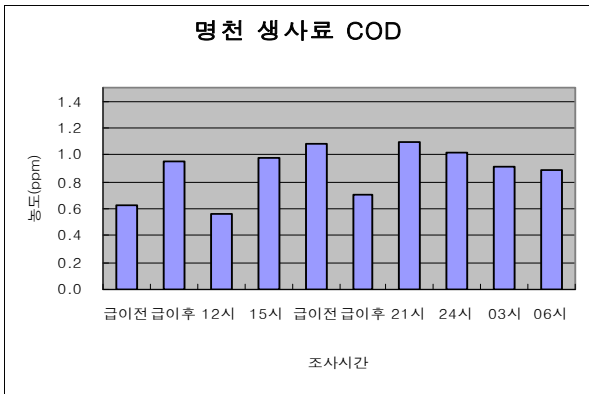


그림 2-33. 명천수산 1월 배합사료와 생사료 급이구의 COD 변화

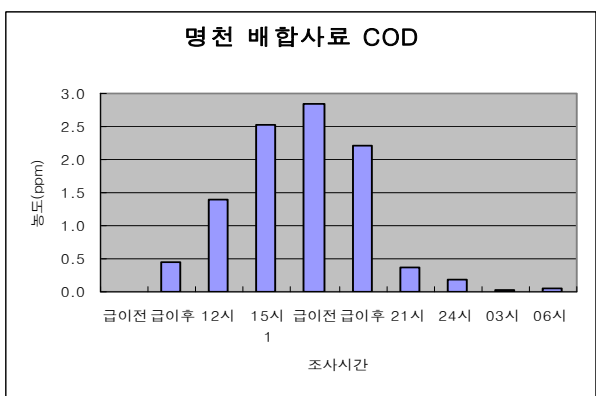
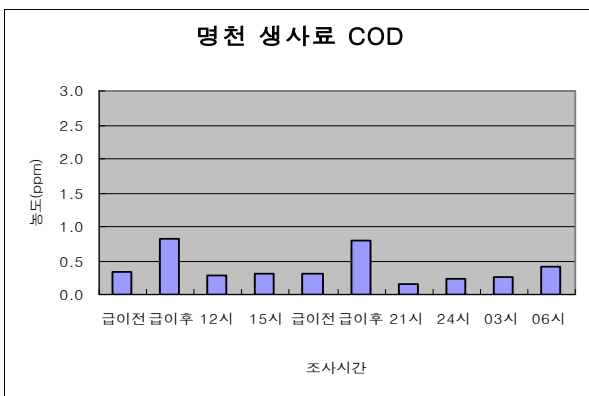


그림 2-34. 명천수산 2월 배합사료와 생사료 급이구의 COD 변화

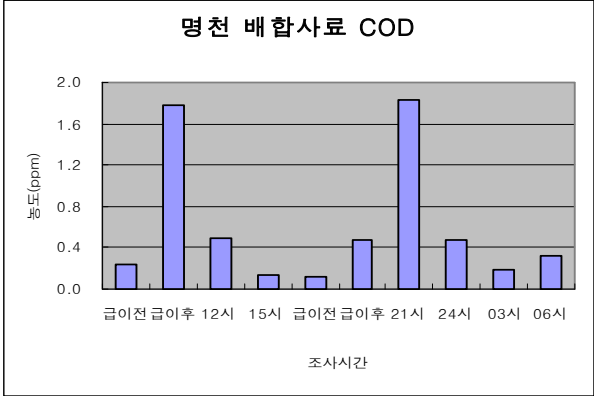
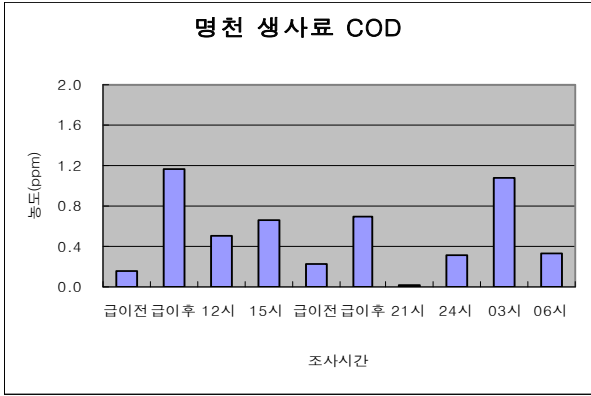


그림 2-35. 명천수산 3월 배합사료와 생사료 급이구의 COD 변화

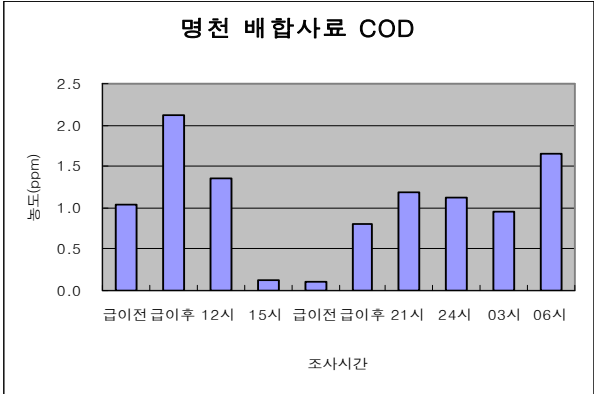
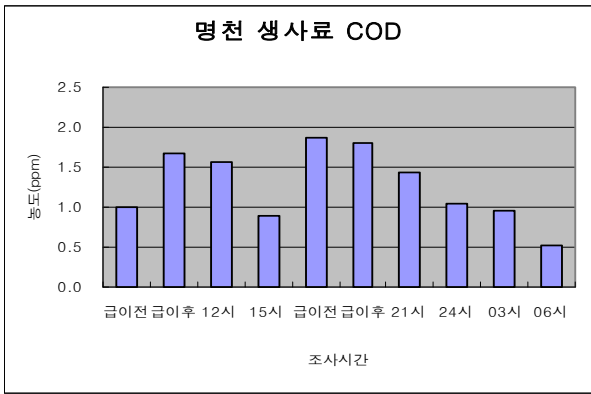


그림 2-36. 명천수산 4월 배합사료와 생사료 급이구의 COD 변화

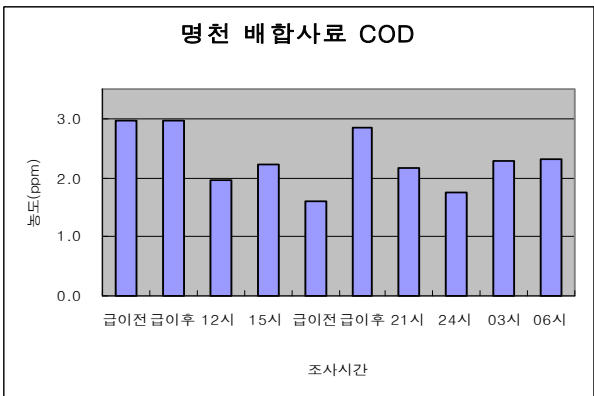
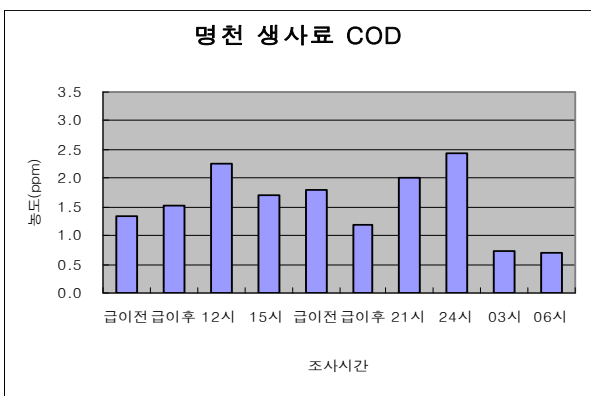


그림 2-37. 명천수산 5월 배합사료와 생사료 급이구의 COD 변화

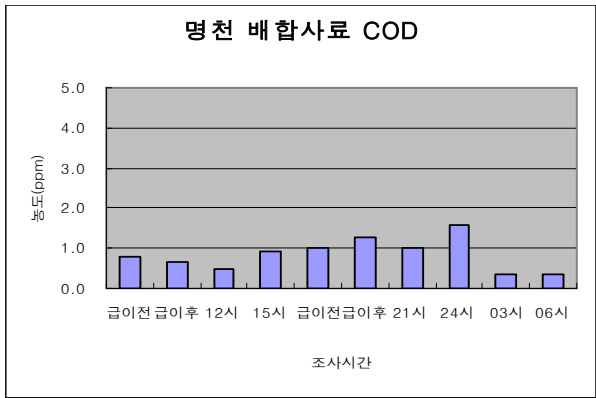
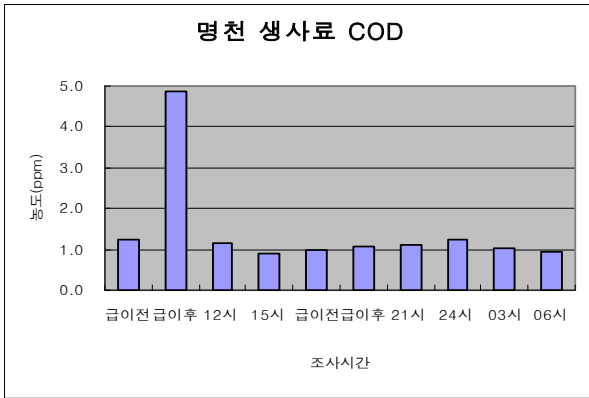


그림 2-38. 명천수산 6월 배합사료와 생사료 급여구의 COD 변화

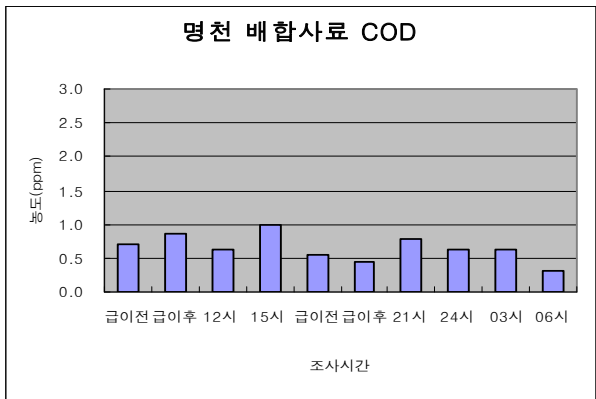
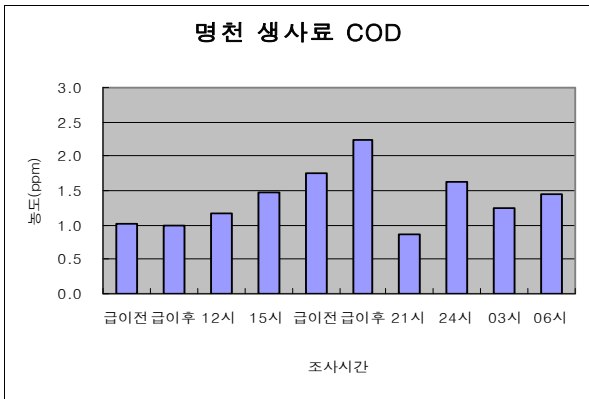


그림 2-39. 명천수산 7월 배합사료와 생사료 급여구의 COD 변화

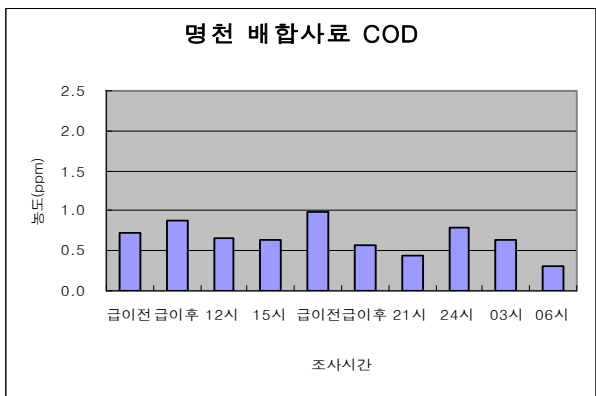
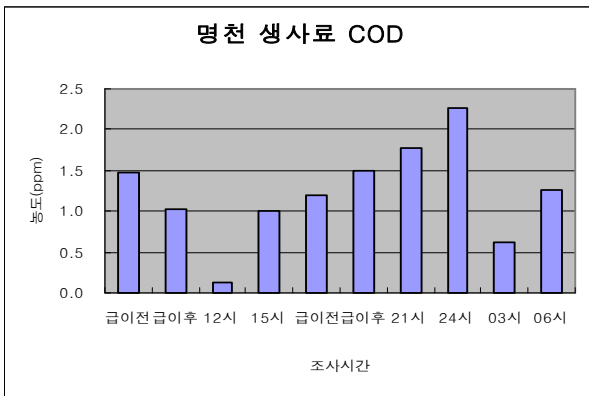


그림 2-40. 명천수산 8월 배합사료와 생사료 급여구의 COD 변화

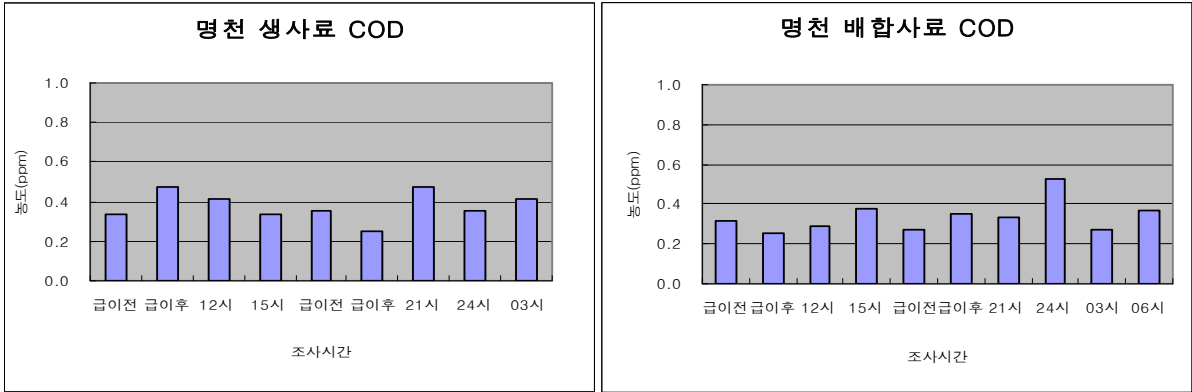


그림 2-41. 명천수산 9월 배합사료와 생사료 급이구의 COD 변화

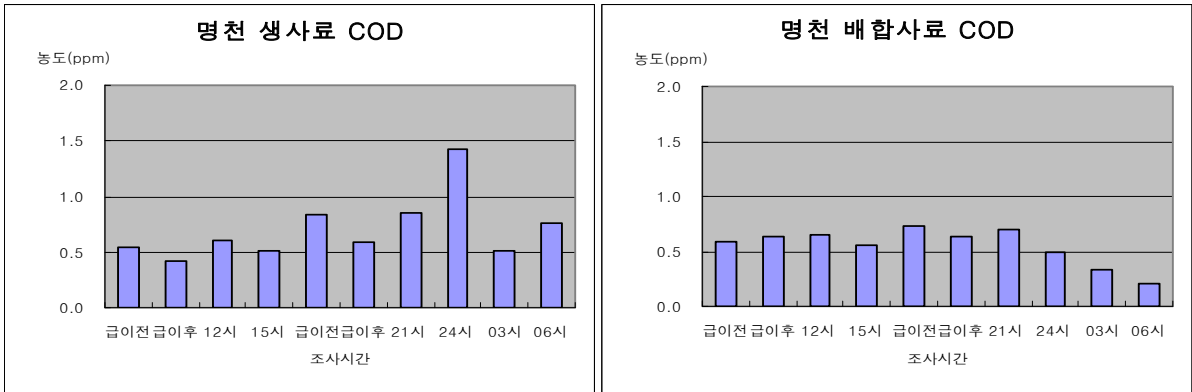


그림 2-42. 명천수산 10월 배합사료와 생사료 급이구의 COD 변화

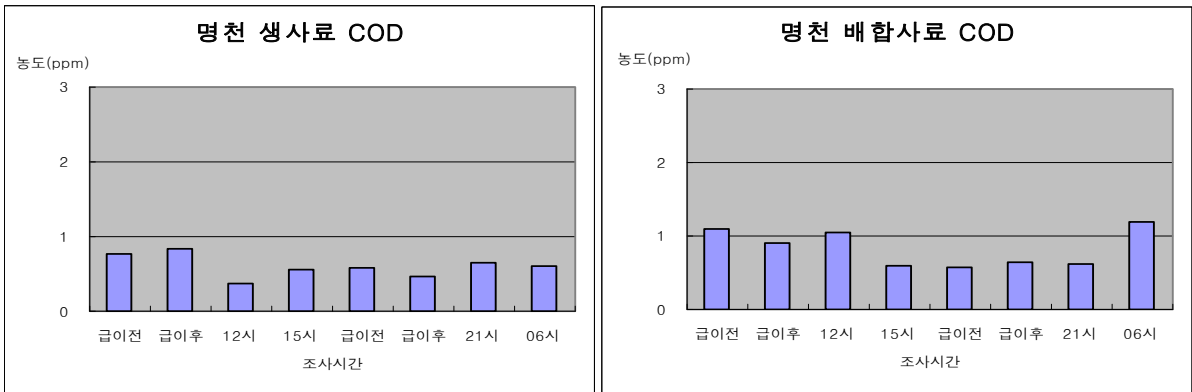


그림 2-43. 명천수산 11월 배합사료와 생사료 급이구의 COD 변화

(2) 삼형수산 월별 배합사료와 생사료 급이구의 COD 변화 : 그림 2-44 ~ 2-54

화학적산소요구량(COD) 농도 분포는 조사기간을 통해 0.04~3.36 mg/L 범위였고, 5월 생사료 공급전에 3.36 mg/L로 가장 높게 나타났으나 전반적으로 2 mg/L 이하의 낮은 값을 보이고 있으며 사료 급이보다 연안수의 영향을 많이 받는 것으로 보여진다.

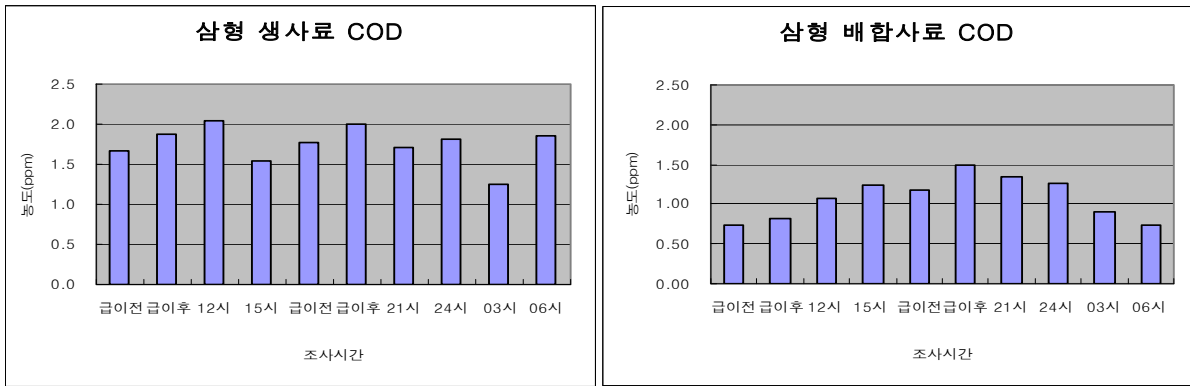


그림 2-44. 삼형수산 1월 배합사료와 생사료 급이구의 COD 변화

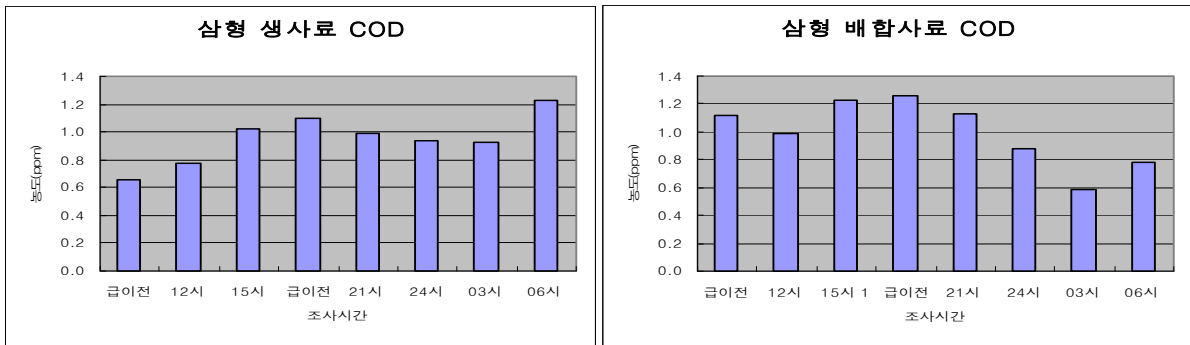


그림 2-45. 삼형수산 2월 배합사료와 생사료 급이구의 COD 변화

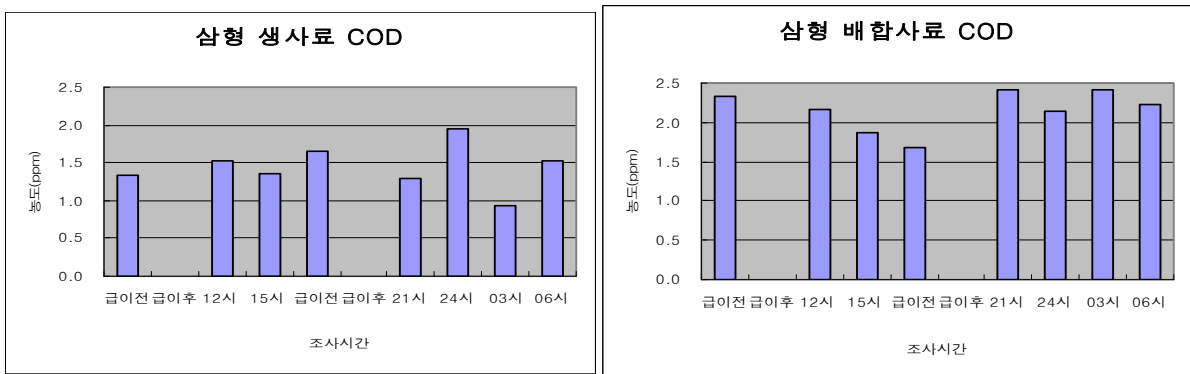


그림 2-46. 삼형수산 3월 배합사료와 생사료 급이구의 COD 변화

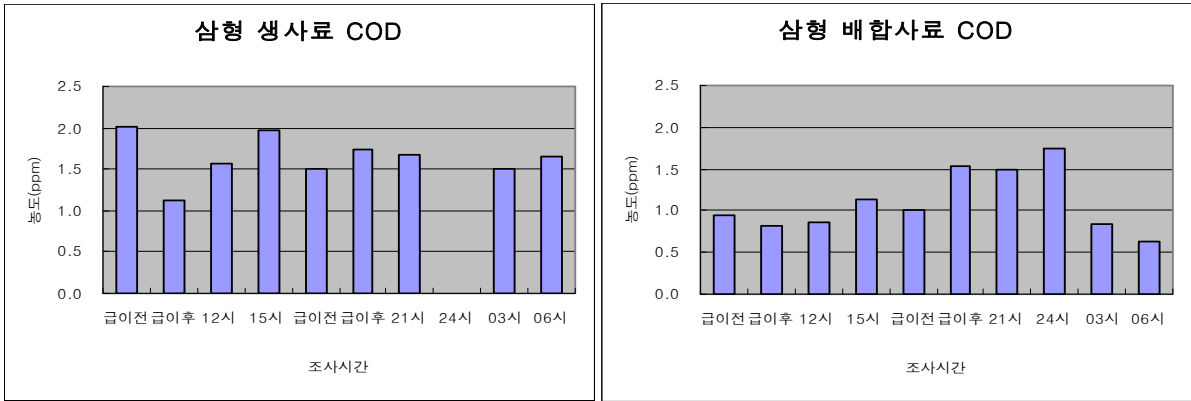


그림 2-47. 삼형수산 4월 배합사료와 생사료 급이구의 COD 변화

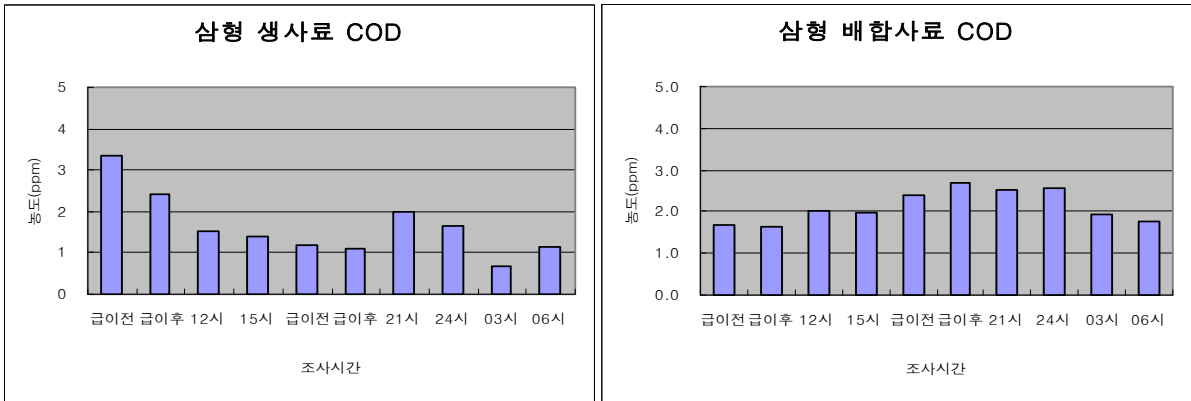


그림 2-48. 삼형수산 5월 배합사료와 생사료 급이구의 COD 변화

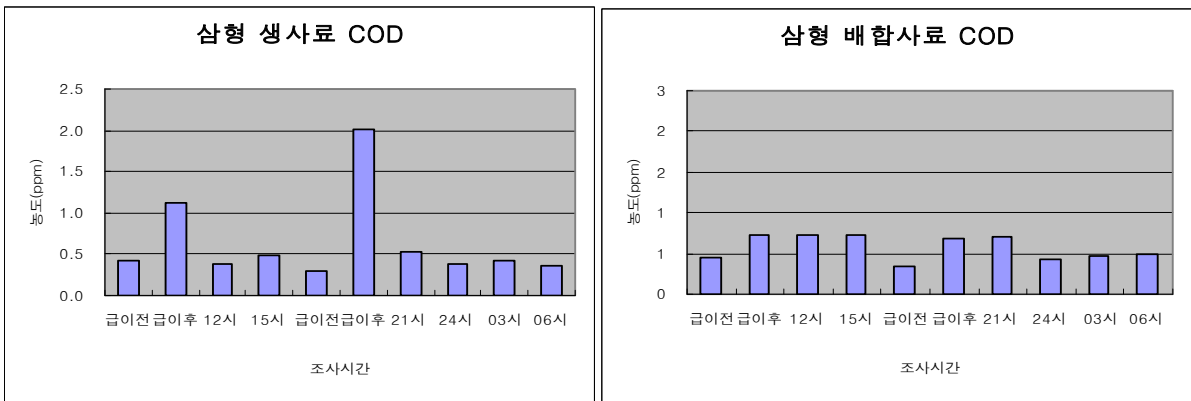


그림 2-49. 삼형수산 6월 배합사료와 생사료 급이구의 COD 변화

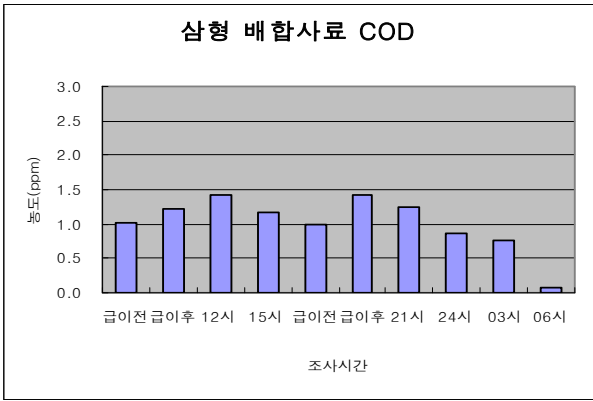
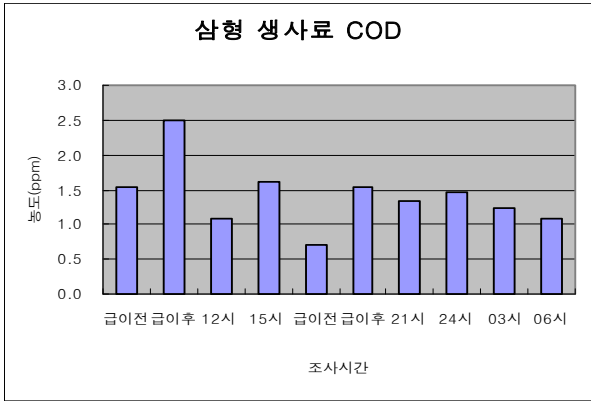


그림 2-50. 삼형수산 7월 배합사료와 생사료 급이구의 COD 변화

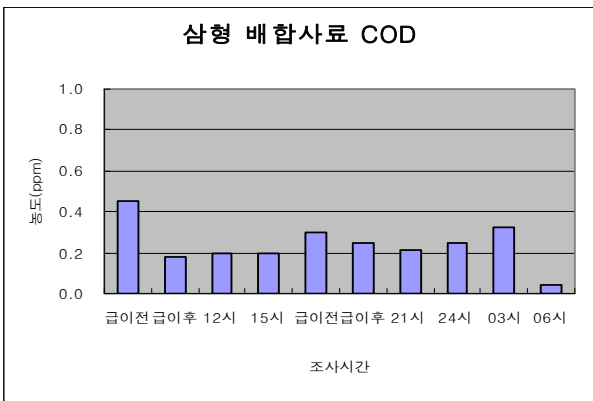
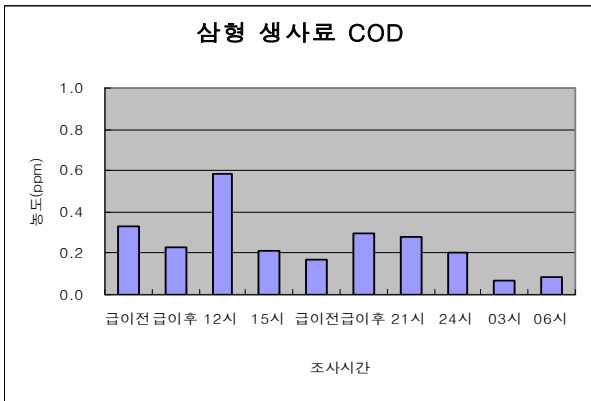


그림 2-51. 삼형수산 8월 배합사료와 생사료 급이구의 COD 변화

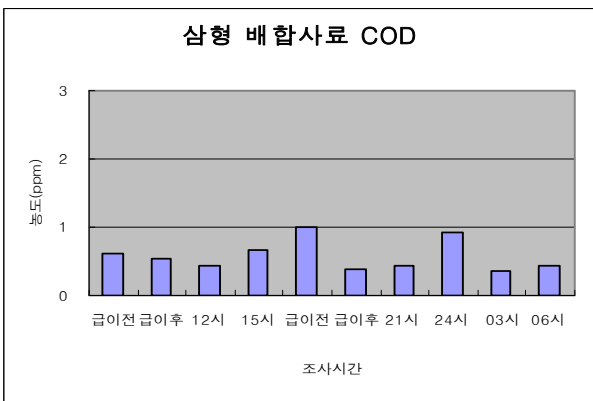
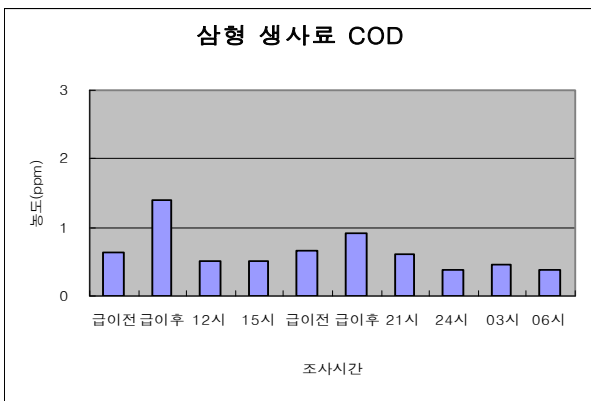


그림 2-52. 삼형수산 9월 배합사료와 생사료 급이구의 COD 변화

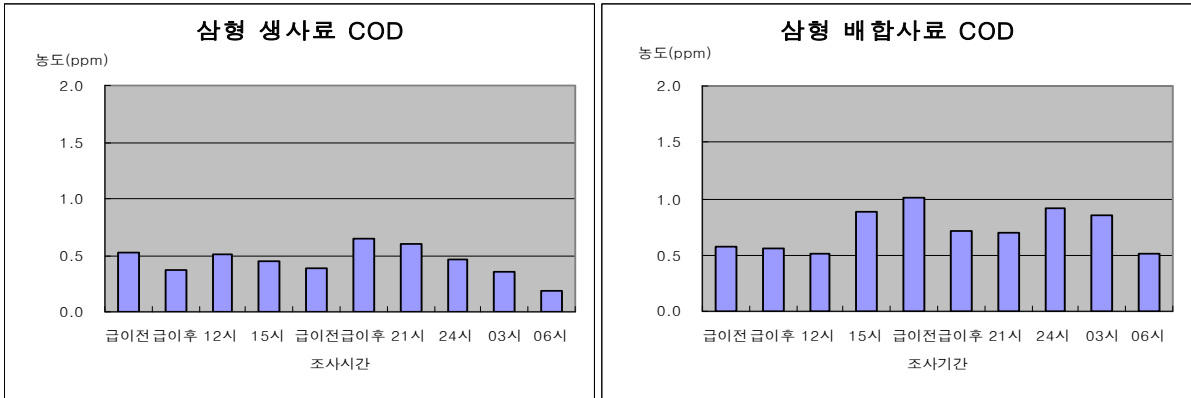


그림 2-53. 삼형수산 10월 배합사료와 생사료 급이구의 COD 변화

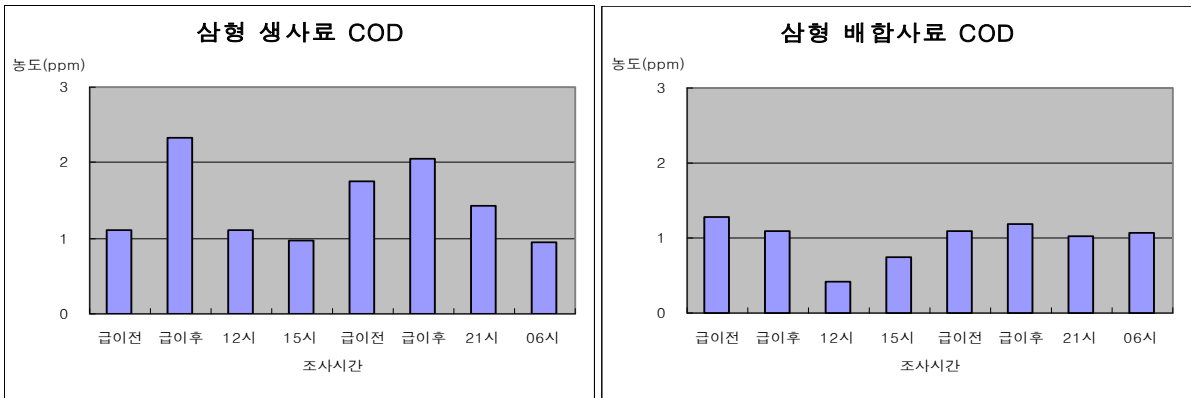


그림 2-54. 삼형수산 11월 배합사료와 생사료 급이구의 COD 변화

다) 총질소(T-N)와 총인(T-P)

(1) 명천수산 월별 배합사료와 생사료 급이구의 총질소 및 총인 변화 : 그림 2-55

명천수산에 있어서 총질소의 변화는 12월에서 2월사이, 4월, 8월 및 11월에 전체적으로 총질소 농도가 높게 조사되고 있으며, 특히 4월과 8월의 경우 00.0~00.00 mg/L로 높게 나타나 3급수(1.0 mg/L) 이하가 됨으로써 넙치 사육에 영향을 줄 수 있을 것으로 조사되었다. 총인에 있어서는 겨울철에 다소 높은 농도를 나타내고 있으나 1급수(0.3 mg/L)를 유지하고 있으며 일부 생사료 급이 이후에 급격히 떨어지는 경우가 나타나고 있으나 이는 생사료에 포함된 인(P)성분에 의한 것으로 추정된다.



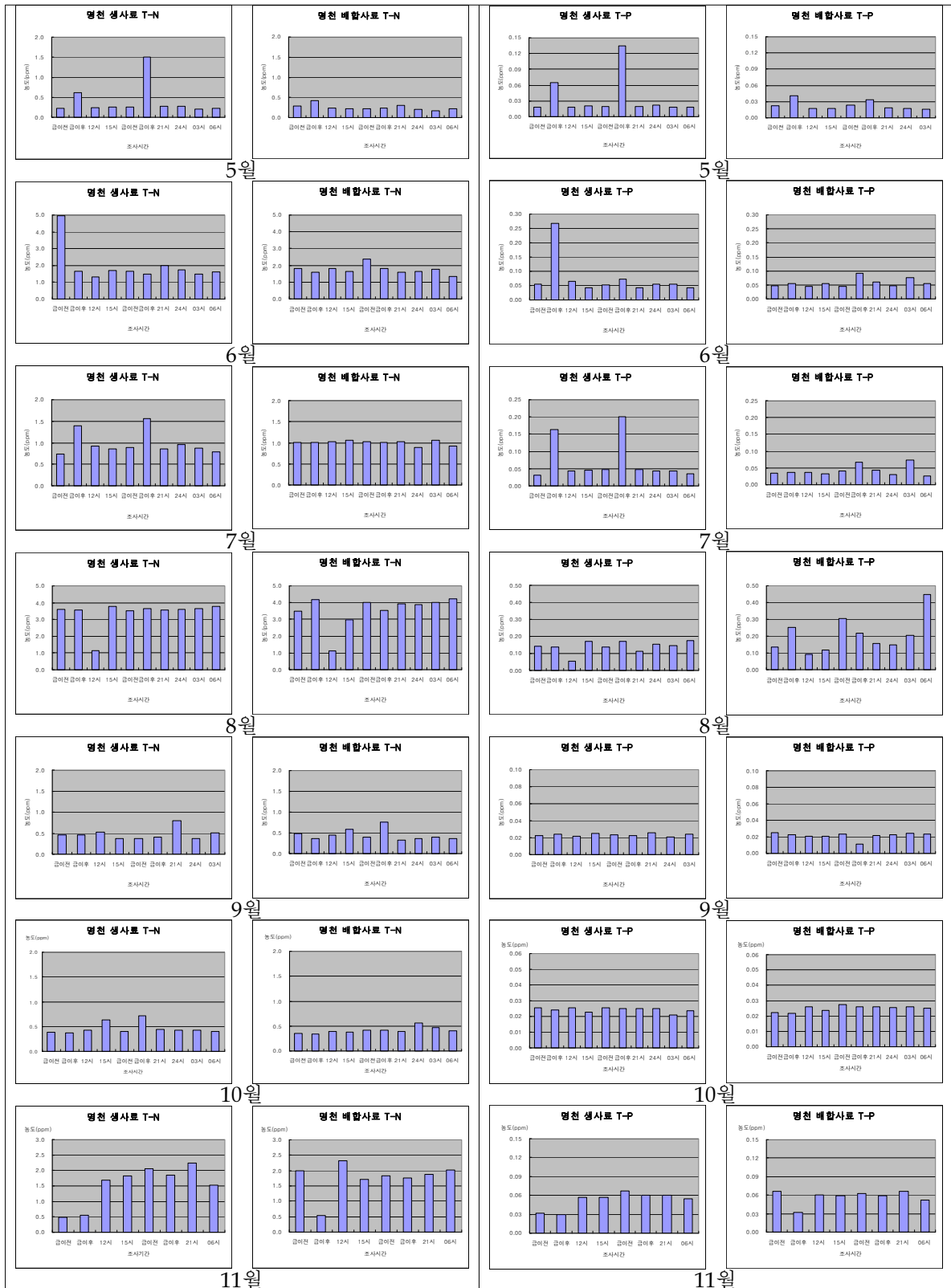
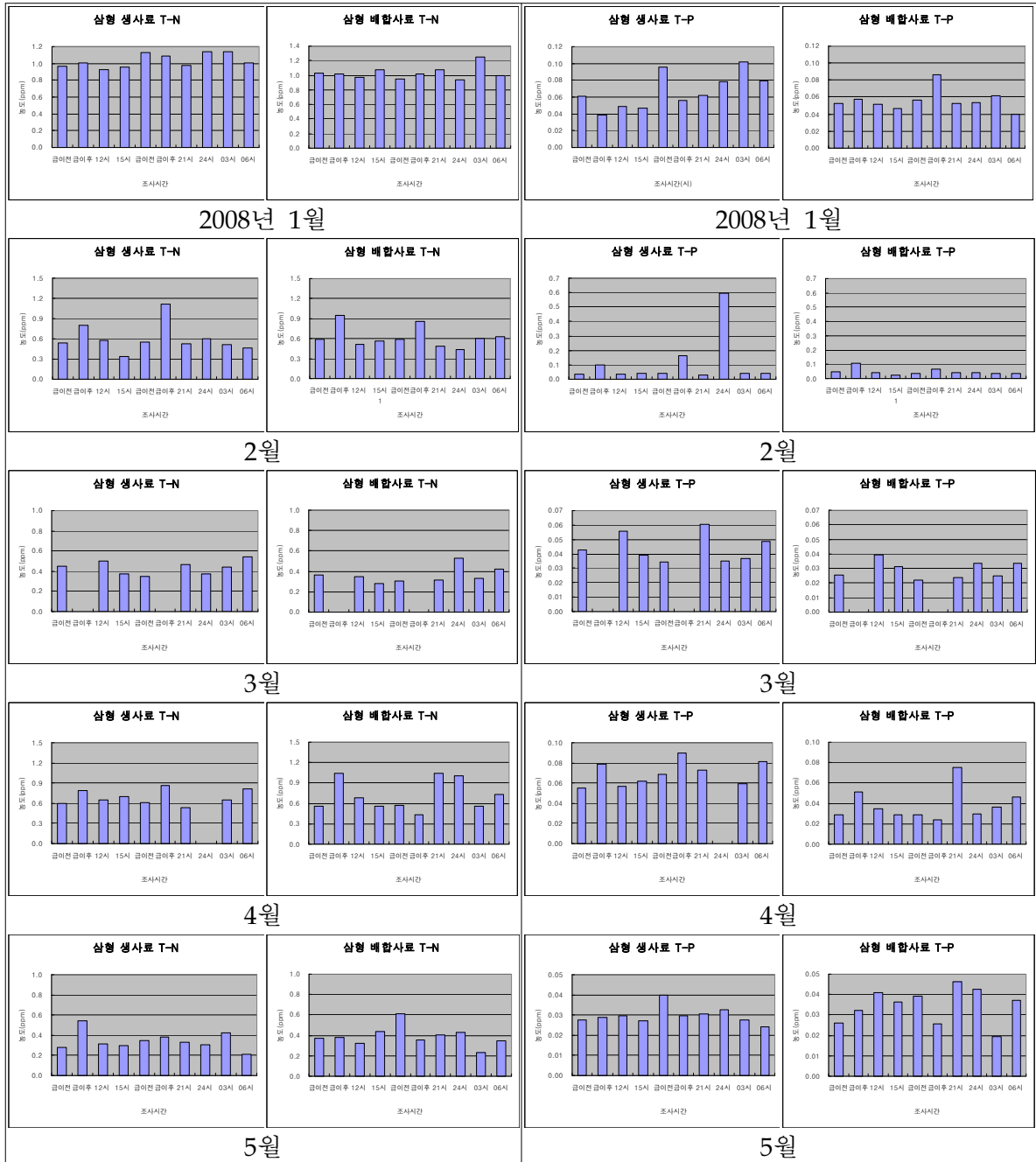


그림 2-55. 명천수산 월별 배합사료와 생사료 급이구의 총질소 및 총인 변화

(2) 삼형수산 월별 배합사료와 생사료 급이구의 총질소 및 총인 변화 : 그림 2-56

삼형수산에 있어서 총질소의 변화는 생사료와 배합사료 급이 이후 다소 증가하는 경향을 보이나 넙치의 성장이 진행되기 이전에는 모두 3급수(1.0 mg/L)를 유지하고 있었다. 그러나 넙치가 500 g 이상으로 성장한 2008년 7월 이후부터는 생사료 급이 수조에서는 3급수 미만으로 떨어지고 있었고, 배합사료 급이 수조에서는 사료 급이 이후에도 3급수를 유지하였다. 총인에 있어서도 총질소와 비슷한 경향을 보여, 넙치의 성장이 진행된 500 g 이후에 사료 급이 여부에 따른 사육수의 변화가 뚜렷하게 나타나고 있는데, 평상시 1급수(0.3 mg/L 이하)를 유지하다가 생사료 공급 후는 뚜렷하게 총인 증가를 보이며 3급수(0.9 mg/L) 밑으로 떨어지고 있음을 알 수 있었다.



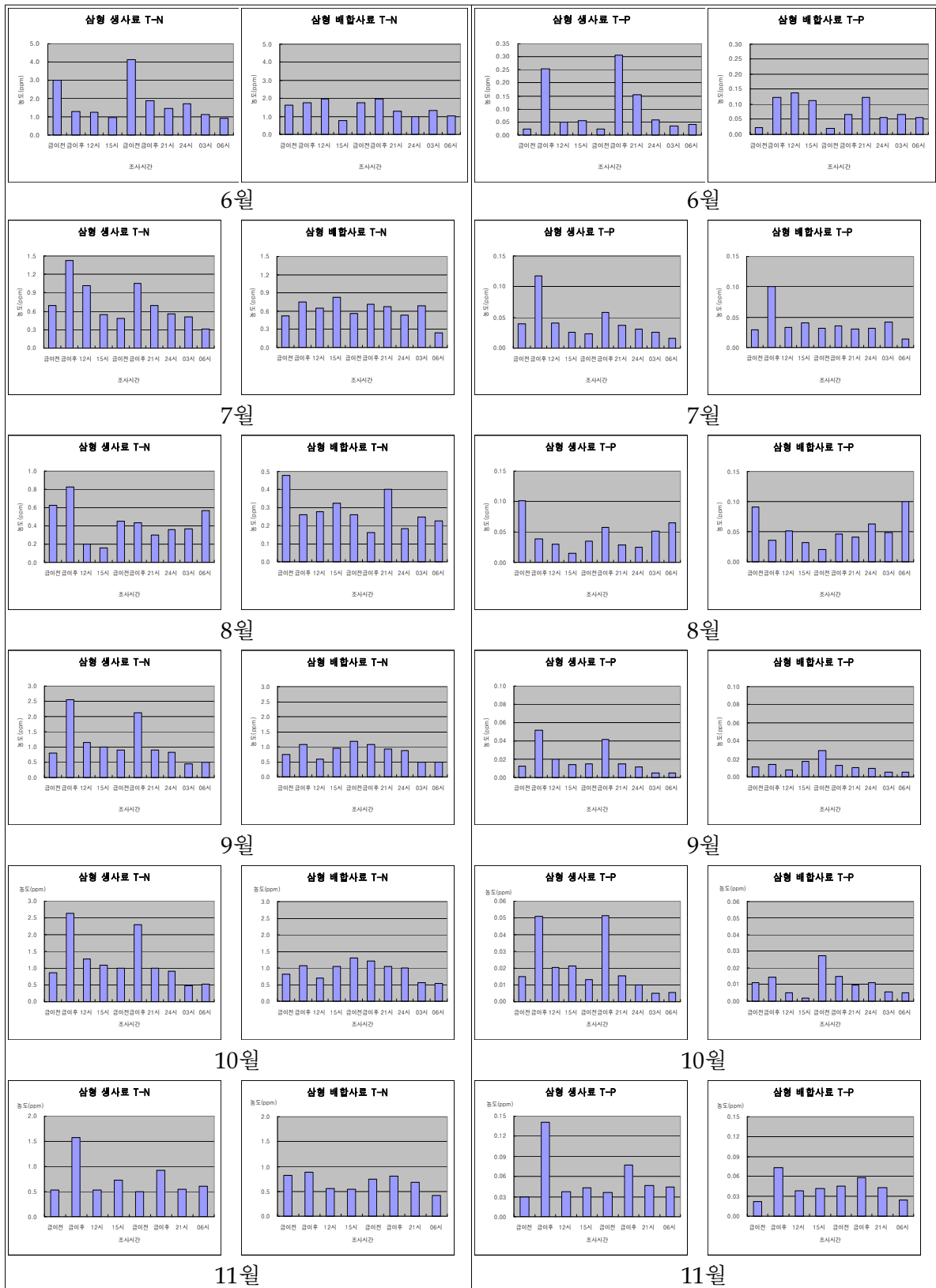


그림 2-56. 삼형수산 월별 배합사료와 생사료 급이구의 총질소 및 총인 변화

2. 배출수의 오염부하 조사

가. 연구방법

1) 조사 기간 및 시료 채취

유입수와 배출수에 대한 조사 기간도 상기와 같으며, 배합사료 공급이 해수에 미치는 영향을 알아보기 위하여 현장실험에 사용되는 유입수와 모든 실험수조가 위치한 사육동(하우스)의 총배출수에 차이를 조사하였다. 유입수의 경우 매일 일정한 형태의 주수가 이루어지고 있어서 배출수를 기준으로 한 시료 채취가 타당한 것으로 예상되었으나 많은 수조에서 매일 작업이 약간씩 다르게 진행되어 기준을 설정하기가 어려웠으므로 시료채취 시간을 9시로 정하여 채취하였다.

2) 분석 방법

유입수와 총 배출수에 대한 수질 조사 항목도 이전 실험과 동일하게 하였고 분석 방법 또한 해양환경공정시험방법에 의거 추진하였다.

나. 연구결과

1) 부유물질(SS)

(1) 명천수산 월별 유입수 및 총배출수 SS 변화 : 그림 2-57

명천수산에 있어서 부유물질 농도는 1.0~5.3 mg/L에서 총배출수의 0.1~16.8 mg/L로 4배 정도 부유물질 농도가 증가하였다.

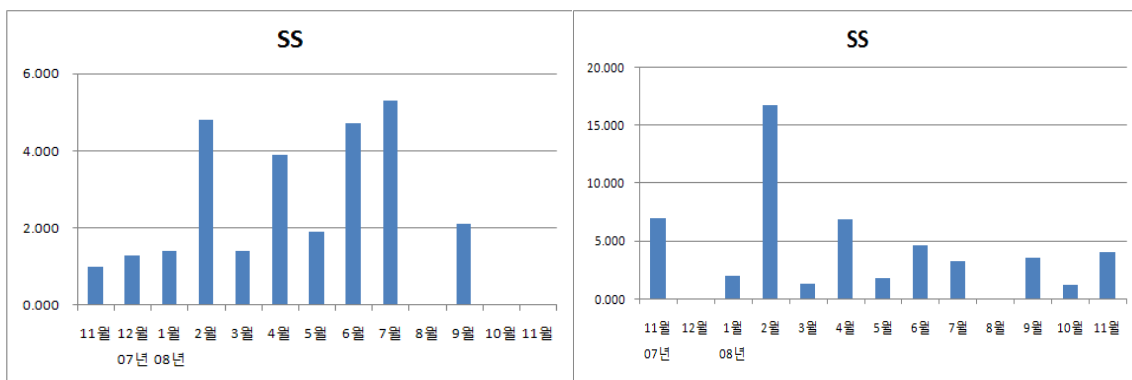


그림 2-57. 명천수산 월별 유입수(좌)와 총배출수(우) SS 변화

(2) 삼형수산 월별 유입수 및 총배출수 SS 변화 : 그림 2-58

삼형수산에 있어서 유입수의 부유물질 농도는 1.1~3.3 mg/L로 나타났으나 총배출수의 부유물질 농도는 1.5~10.6 mg/L로 나타나고 있어서 유입수가 사육수조를 통과하는 동안 2~4배정도 부유물질 농도가 증가하고 있었다.

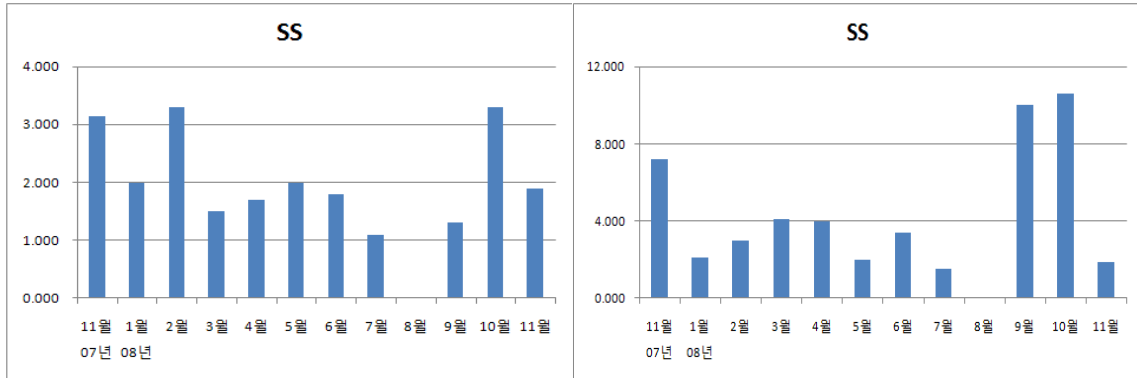


그림 2-58. 삼형수산 월별 유입수(좌)와 총배출수(우)의 SS 변화

2) 화학적산소요구량(COD)

(1) 명천수산 월별 유입수 및 총배출수 COD 변화 : 그림 2-59

명천수산에 있어서 화학적산소요구량 농도는 유입수와 총배출수에서 각각 0.24~30.0 mg/L와 0.13~29.0 mg/L로 조사되었다. 화학적산소요구량의 경우 유입수와 총배출수 간에 차가 뚜렷하지 않은 것으로 나타났으며, 다른 시기에 비하여 2월에 있어서 매우 높게 조사된 것은 채수시간에 높은 파도로 연안수가 혼탁함으로써 발생한 것이다.

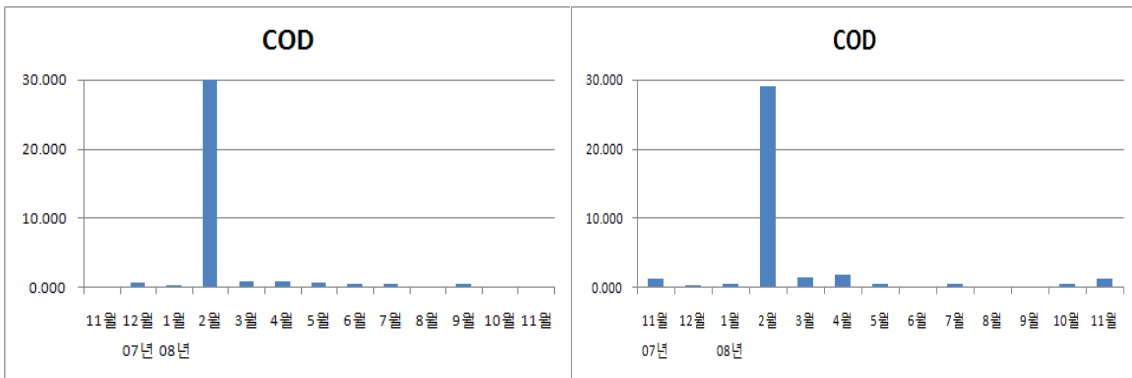


그림 2-59. 명천수산 월별 유입수(좌)와 총배출수(우)의 COD 변화

(2) 삼형수산 월별 유입수 및 총배출수 COD 변화 : 그림 2-60

화학적산소요구량에 있어서 유입수의 경우 0.06~1.61mg/L였으나 총배출수의 경우 0.23~1.34mg/L로 나타났다. 화학적산소요구량에 있어서는 유입수와 총배출수 간에 값의 차가 크지 않고 항상 좋은 수질을 유지하고 있는 것으로 조사되었다.

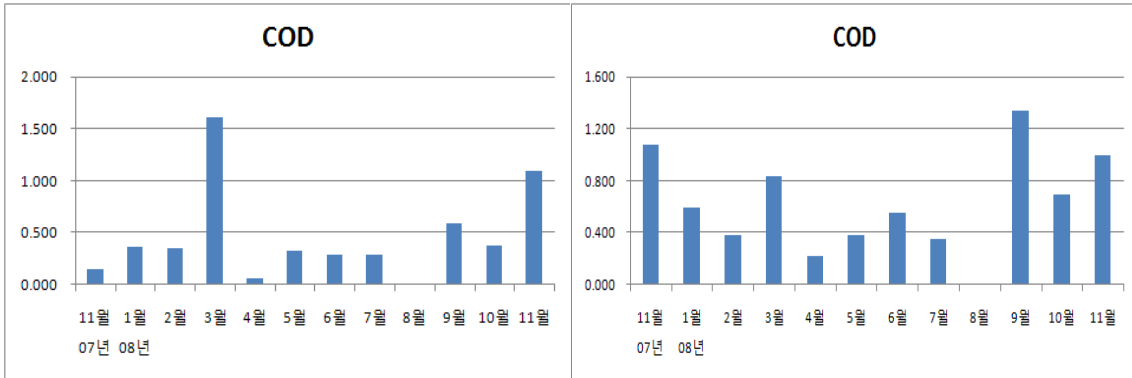


그림 2-60. 삼형수산 월별 유입수(좌)와 총배출수(우)의 COD 변화

3) 총질소(T-N)

(1) 명천수산 월별 유입수 및 총배출수 T-N 변화 : 그림 2-61

총질소에 있어서 유입수와 총배출수의 농도는 각각 0.23~2.96 mg/L, 0.20~5.80 mg/L 범위로 조사되었다. 총질소의 농도 변화를 보면 2007년 11월을 제외하고 유입수와 총배출수가 비슷하게 나타났다.

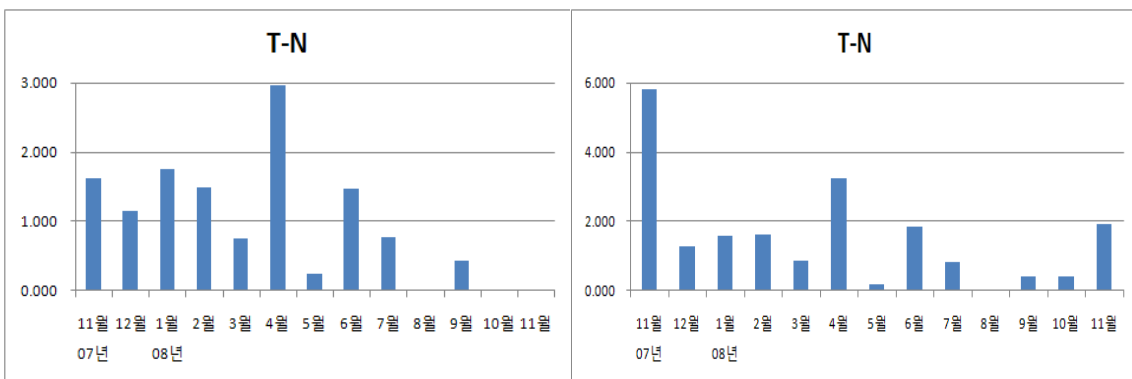


그림 2-61. 명천수산 월별 유입수(좌)와 총배출수(우)의 T-N 변화

(2) 삼형수산 월별 유입수 및 총배출수 T-N 변화 : 그림 2-62

총질소에 있어서 유입수와 총배출수의 농도는 각각 0.08~1.41 mg/L, 0.34~6.74 mg/L 범위로 조사되었다. 총질소의 농도 변화를 보면 2007년 11월 4.5배까지 증가하는 것으로 조사 되었으나 그 외에는 유입수와 총배출수가 비슷하거나 3배정도 증가한 것으로 나타났다.

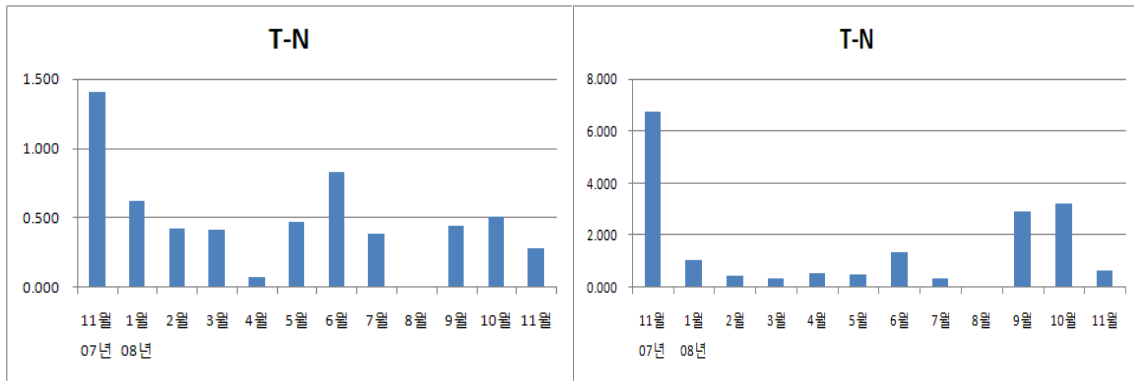


그림 2-62. 삼형수산 월별 유입수(좌)와 총배출수(우)의 T-N 변화

4) 암모니아테질소(NH₄-N)

(1) 명천수산 월별 유입수 및 총배출수 NH₄-N 변화 : 그림 2-63

암모니아테질소의 농도는 유입수가 0.00~0.11 mg/L에서 총배출수 0.00~0.38 mg/L의 범위로 급격히 증가하는 것으로 나타났다.

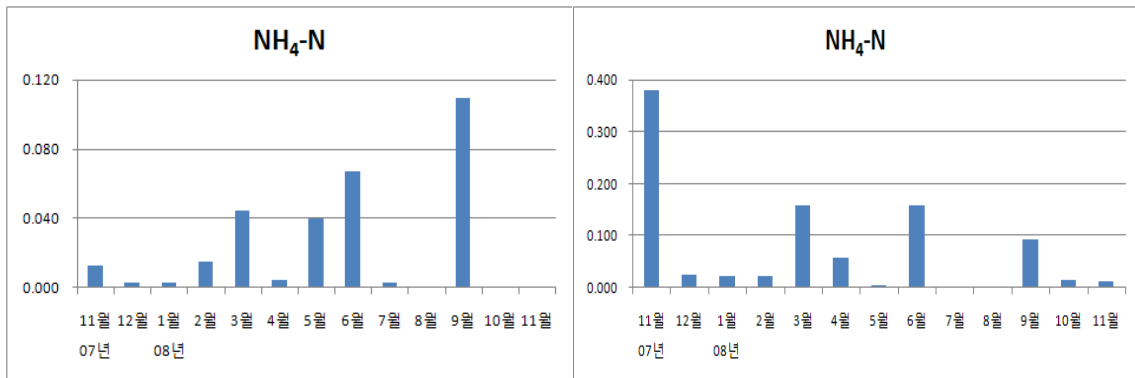


그림 2-63. 명천수산 월별 유입수(좌)와 총배출수(우)의 NH₄-N 변화

(2) 삼형수산 월별 유입수 및 총배출수 NH₄-N 변화 : 그림 2-64

암모니아테질소의 농도는 유입수가 0.00~0.06 mg/L에서 총배출수 0.01~1.18 mg/L의 범위로 급격히 증가하는 것으로 나타났다. 암모니아테질소와 아질산의 경우 담수어류에 비하여 해산어류에 미치는 영향이 덜한 것으로 알려져 있으나 본 연구에서 조사되지 않은 암모니아(NH₃) 농도의 경우는 해산어류 대량폐사에 직접적인 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 주의 관찰이 필요하다.

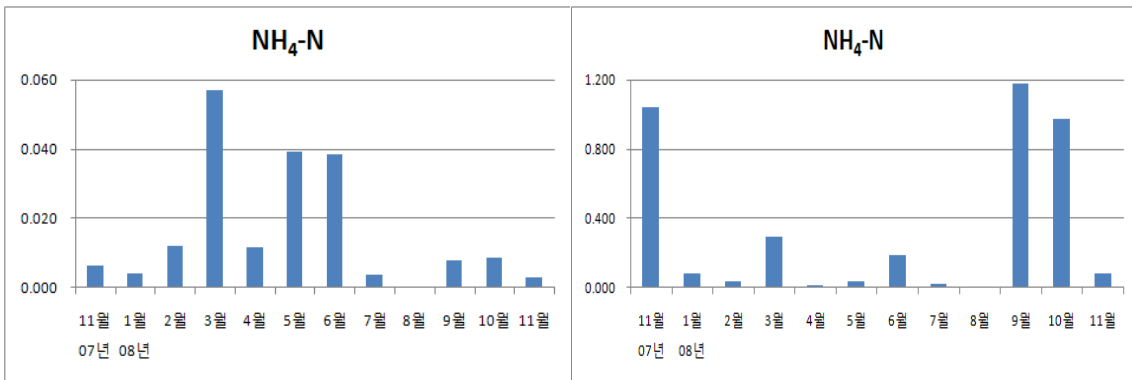


그림 2-64. 삼형수산 월별 유입수(좌)와 총배출수(우)의 NH₄-N 변화

5) 아질산(NO₂-N)

(1) 명천수산 월별 유입수 및 총배출수 NO₂-N 변화 : 그림 2-65

아질산 농도는 유입수와 총배수가 각각 0.00~0.01 mg/L, 0.00~0.03 mg/L로 조사되었다.

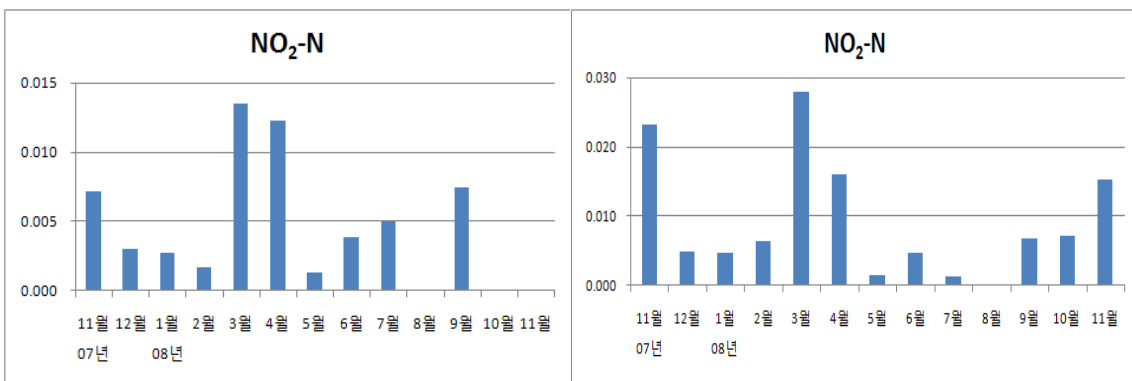


그림 2-65. 명천수산 월별 유입수(좌)와 총배출수(우)의 NO₂-N 변화

(2) 삼형수산 월별 유입수 및 총배출수 NO₂-N 변화 : 그림 2-66

아질산 농도는 유입수와 총배수가 각각 0.0~0.01 mg/L, 0.00~0.03 mg/L로 조사되었다.

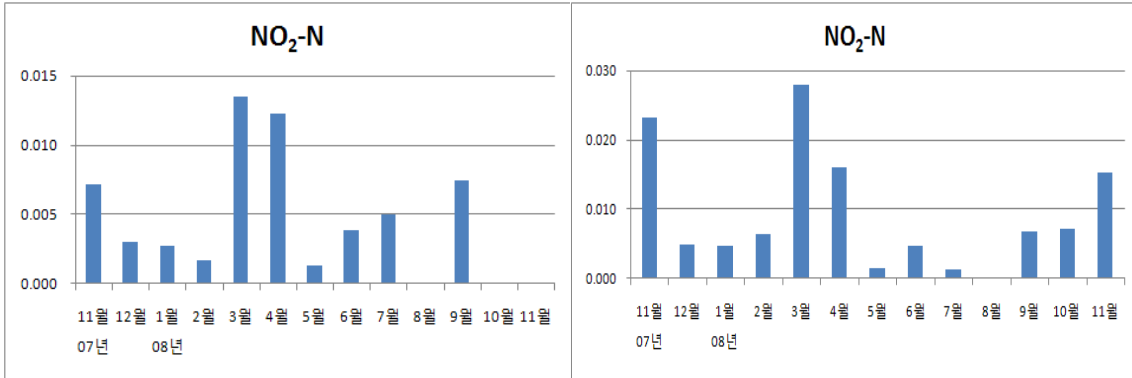


그림 2-66. 삼형수산 월별 유입수(좌)와 총배출수(우)의 NO₂-N 변화

6) 총인(T-P)

(1) 명천수산 월별 유입수 및 총배출수 T-P 변화 : 그림 2-67

총인의 농도는 유입수의 경우 0.02~0.09 mg/L이고, 총 배출수 0.02~0.24 mg/L로 증가하였다. 총인 농도는 평상시 1급수(0.3 mg/L 이하)를 유지하고 있으며 생사료 공급 후에 일시적으로 총인 증가를 보이고 있었다.

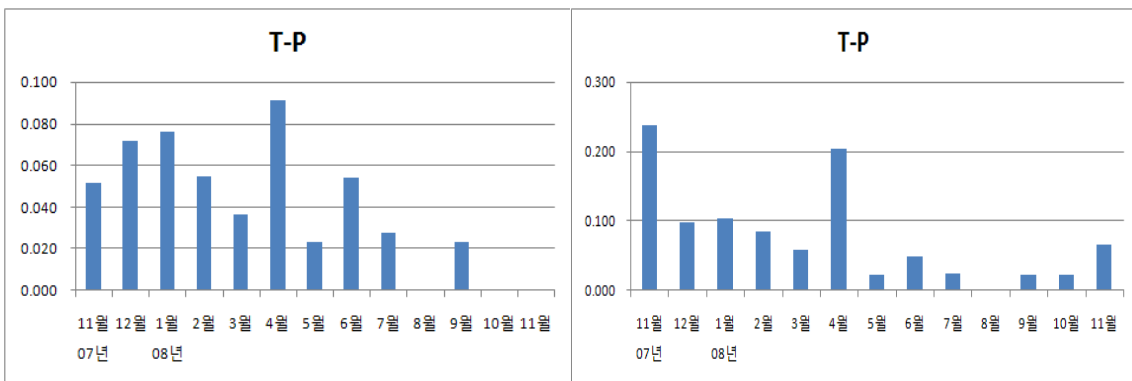


그림 2-67. 명천수산 월별 유입수(좌)와 총배출수(우)의 T-P 변화

(2) 삼형수산 월별 유입수 및 총배출수 T-P 변화 : 그림 2-68

총인의 농도는 유입수의 경우 0.00~0.03 mg/L이고, 총 배출수 0.02~0.18 mg/L로 증가하였다. 총인 농도는 평상시 1급수(0.3 mg/L 이하)를 유지하고 있으며 생사료 공급 후에 일시적으로 총인 증가를 보이고 있었다.

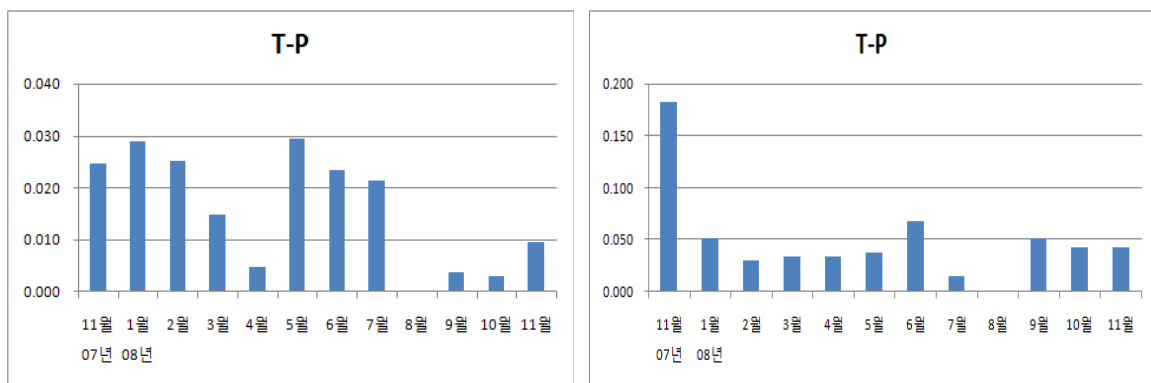


그림 2-68. 삼형수산 월별 유입수(좌)와 총배출수(우)의 T-P 변화

제 3 절 건강도 조사

국내의 어류양식 산업은 양적으로 크게 성장하고 있으나, 양식도중 발생하는 어류의 질병이 양식 산업의 발전에 결정적인 영향을 미치는 것으로 알려져 있으며, 양식업계의 가장 큰 문제로 대두되고 있다 (차 등, 2007).

특히, 양식현장에서 광범위하게 사용되고 있는 생사료는 일정기간동안 면허구역 내에 지속적으로 투입되면서 상당량이 어장 바닥에 누적되고 있는데, 이는 어장 바닥을 부패시키고 양식 환경을 악화시킴으로써 해양오염을 가중시키는 원인으로 작용할 뿐만 아니라 연안자원의 고갈, 양식 어류의 질병까지 초래하는 등 많은 문제를 야기하는 주범으로 지목받고 있다 (임, 2005).

어류양식어업의 도입 초기에 국내에서는 양식어장의 집약적 개발과 물량중심의 생산시스템이 구축되면서 연근해 어획물을 이용한 생사료 중심의 급이 시스템이 조성되었다. 그러나, 시간이 경과하여 수산자원 및 어장환경 등이 크게 변화하면서 생사료 중심의 급이시스템은 가공, 유통 및 보관상의 번거로움 뿐만 아니라 사료 유실로 인한 수질 오염 및 질병 발생 가능성의 증가 등 자원과 환경 분야에서 여러 가지 고질적인 문제점들을 가지고 있다.

현재 넙치양성용 배합사료 개발을 위하여 많은 연구가 수행되고 있으나 아직까지는 배합사료에 대한 불신으로 인해 양식현장에서는 기존 생사료 급이체계를 벗어나지 못하고 있는 실정이다. 따라서, 양질의 배합사료 개발과 병행하여 급이사료가 어류 건강도에 미치는 영향 등 배합사료가 가질 수 있는 이점에 대한 체계적인 연구도 수반되어야 할 것으로 판단된다.

1. 내·외부적 병리조사

가. 연구방법

실험어는 2007년 11월부터 2008년 11월까지 13개월간 제주도 제주시 구좌읍 한동리 명천수산과 서귀포시 표선면 표선리 삼형수산에서 사육하고 있는 어류이며 매월 1회마다 현지조사 및 청취조사 등을 통하여 질병발생동향 등을 파악하였으며, 시료채취는 매월 1회씩 배합사료구와 생사료구 각각 10마리 도합 1개 양식장마다 20마리씩 그리고 생사료로 사용하는 냉동어류는 샘플하여 병원체의 감염여부를 조사하였다. 실험에 사용한 넙치

는 외관적 및 내부적 관찰을 실시하였다.

나. 연구결과

채취한 시료의 외부증상은 표피문지름, 꼬리 및 등지느러미궤양, 주둥이부식, 복수 등을 나타내었고 내부증상은 간장의 출혈, 비장 또는 신장의 비대 등의 주 특징을 나타내었다. 월별로는 실험양식장 모두 2007년 12월이 높게 나타났으며, 삼형수산인 경우 배합사료구에서는 90%(90마리/100마리)의 내부증상의 병리소견을 나타내었다(표. 3-1)

표 3-1. 조사 양식장의 실험구별 내부 및 외부 증상 검출률(%)

양식장			2007		2008										
			11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
명천	배합사료	외부	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		내부	0	60	10	10	0	20	80	0	20	0	0	50	30
	생사료	외부	0	60	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0
		내부	0	50	10	0	70	10	10	10	30	50	40	20	10
삼형	배합사료	외부	0	0	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0	0
		내부	40	90	0	80	30	60	30	20	40	70	50	10	10
	생사료	외부	—	10	10	40	30	0	10	10	10	30	0	0	0
		내부	—	40	10	40	0	20	50	10	10	70	60	00	10

2. 세균 발생 조사

가. 연구방법

세균검사는 신장, 비장 및 간장을 무균적으로 채취하여 일반 배지인 TSA(Tryptic Soy Agar)와 선택배지인 TCBS와 SS 배지 등에 접종하여 25℃에서 24시간 배양하였으며, API kit를 이용하여 동정하였다.

나. 연구결과

조사양식장에서의 세균발생은 2007년 12월과 2008년 1월에 다소 높게 나타났으며, 삼

형수산인 경우 7월부터 발생하기 시작하여 조사월 마지막 달인 11월까지 지속적으로 세균이 발생하였다(표 3-2). 세균검출률이 다소 낮게 나타난 명천수산의 경우 배합사료급이구에 비해 생사료급이구에서의 검출률이 다소 높게 나타났으나, 병원체 검출률이 전반적으로 높게 나타난 삼형수산의 경우에는 주요 어병 발생시기인 하절기에 생사료에 비해 배합사료급이구에서 세균검출률이 다소 높게 나타났다.

주 발생한 세균은 비브리오균으로 2007년 12월, 2008년 1월 및 고수온기인 7월부터 10월까지 두 양식장 모두에서 비브리오균의 검출률이 높게 나타났으나, 사료 종류에 따른 차이는 확인할 수 없었다. 2008년 1월에는 명천수산인 경우 배합사료구 7마리(10마리), 생사료구 8마리(10마리)로 타월에 비하여 높게 나타났다. 삼형수산인 경우도 1월에 배합사료구 7마리(10마리), 생사료구 3마리(10마리)로 타월에 비하여 다소 높게 나타났다(표. 3-3)

그 외 발생한 에드워드균은 2007년 12월에 명천수산에서 생사료급이구에서 1마리(10마리), 삼형수산인 경우 2008년 4월에는 생사료급이구에서 4마리(10마리), 10월에 배합사료급이구에서 1마리(10마리)에서 검출되었다(표. 3-4).

연쇄구균은 2008년 8월 삼형수산에서만 배합사료구에서 6마리, 생사료구에서 1마리가 검출되었으나 그 외에서는 발생하지 않았다(표. 3-5).

표 3-2. 조사양식장의 실험구별 세균 검출률(%)

양식장		2007		2008											
		11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
명천	배합사료	0	40	70	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	10
	생사료	0	70	80	0	0	20	0	0	0	0	0	0	40	0
삼형	배합사료	0	30	70	50	0	0	0	0	0	30	60	10	60	20
	생사료	—	40	30	40	0	40	0	0	0	20	30	30	40	40

표 3-3. 조사양식장의 실험구별 비브리오팀 검출률(%)

양식장		2007		2008										
		11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
명천	배합사료	0	40	70	0	0	0	0	0	50	0	0	0	10
	생사료	0	60	80	0	0	20	0	0	0	0	0	40	0
삼형	배합사료	0	30	70	50	0	0	0	0	30	0	10	50	20
	생사료	—	40	30	40	0	0	0	0	20	20	30	40	40

표 3-4. 조사양식장의 실험구별 에드워드균 검출률(%)

양식장		2007		2008										
		11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
명천	배합사료	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	생사료	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
삼형	배합사료	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0
	생사료	—	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0

표 3-5. 조사양식장의 실험구별 연쇄구균 발생상황

양식장		2007		2008										
		11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
명천	배합사료	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	생사료	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
삼형	배합사료	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	0	0	0
	생사료	—	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0

3. 기생충 발생 조사

가. 연구방법

기생충 검사를 위하여 환부조직이나 표피일부를 떼내어 슬라이드글라스위에 얹혀놓아 커버글라스로 덮은 후 현미경으로 검경하였다.

나. 연구결과

조사양식장의 기생충발생은 주로 어류의 표피에서 검출되었으며, 2008년 1월과 10월을 제외하고는 조사월 모두 발생하였다. 명천수산의 경우, 11월 26일 이후부터 폐사율이 높고 치료하는 데 어려움이 많은 기생충성질병인 스쿠티카증 발병에 따른 폐사가 발생하기 시작하여 12월 20일에는 12만마리(2만마리 폐사), 2008년 1월 16일에는 9만7천마리(2만3천마리 폐사), 1월 31일에는 8만 3천마리(1만4천마리 폐사), 2월 10일경에는 7만1천마리(1만2천마리 폐사) 등 대량 폐사가 배합사료 및 생사료구 모두 비슷하게 발생하였다. 본 양식장의 경우 인근에 양식장이 밀집(질병 전이)되어 있으며, 이러한 지형적인 조건과 환경여건의 타 지역에 비하여 질병발생시 치료하는 데 어려움이 많았다. 또한, 명천수산은 수온 상승기인 2월에서 4월까지의 조사결과, 배합사료 급이구에 비해 생사료 급이구에서의 검출률이 다소 높게 나타났으나, 이후의 고수온기에서는 별다른 차이가 없는 것으로 나타났다(표 3-6). 주 발생 기생충은 트리코디나충으로 조사양식장의 실험구 모두에서 높게 발생한 것으로 나타났으며, 사료종류에 따른 차이는 없는 것으로 나타났다. 이 충은 명천수산인 경우 6월, 7월에는 조사마리수 모두 감염되어 있었으며, 삼형수산인 경우 2월에 조사마리수 모두 감염되어 있었다(표 3-7). 그 외 발생한 스쿠티카충은 삼형수산에서는 검출되지 않았으나, 명천수산의 경우 12월과 2월에 각각 검출되었으며, 실험구별로는 배합사료급이구에서 30%, 생사료급이구에서 80%로 나타나 생사료급이구에서 월등히 높게 나타났다(표 3-8).

표 3-6. 조사양식장의 실험구별 기생충 검출률(%)

양식장		2007		2008										
		11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
명천	배합사료	0	80	0	30	80	50	90	100	100	80	80	0	100
	생사료	0	80	0	70	100	100	100	100	100	90	80	0	0
삼형	배합사료	0	10	0	100	50	40	100	70	50	50	40	0	0
	생사료	—	0	0	100	50	50	40	50	60	50	50	0	0

표 3-7. 조사양식장의 실험구별 트리코디나충 검출률(%)

양식장		2007		2008										
		11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
명천	배합사료	0	50	0	10	80	50	90	100	100	80	80	0	100
	생사료	0	0	0	70	100	100	100	100	100	90	80	0	0
삼형	배합사료	0	10	0	100	50	40	100	70	50	50	40	0	0
	생사료	—	0	0	100	50	50	40	50	60	50	50	0	0

표 3-8. 조사양식장의 실험구별 스쿠치카충 검출률(%)

양식장		2007		2008										
		11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
명천	배합사료	0	30	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	생사료	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
삼형	배합사료	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	생사료	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

4. 바이러스 조사

가. 연구방법

바이러스 검사를 위하여 비장, 신장 및 뇌 조직 일부를 떼 내어 일반적 상법에 따라 DNA 및 RNA를 분리하여 PCR기기로 유전자를 증폭시켜 전기영동상으로 밴드형성유무를 확인하였다.

나. 연구결과

바이러스 검사에서는 두 양식장 모두에서 바이러스 검출되지 않았다.

5. 세로이드 조사

가. 연구방법

세로이드검사는 비장과 신장조직의 일부를 슬라이드클래스위에 얹혀놓아 현미경 1시야에 세로이드가 어느 정도 침착되었는가를 조사하였다.

나. 연구결과 : 표 3-9, 3-10

세로이드 침착은 두 양식장 모두 2007년 11월과 12월에는 침착상태가 없는 지 또는 경미한 상태(+)로 나타났으며, 사육기간이 길어질수록 침착하는 량도 다소 증가하는 추세를 보였으며, 양식장별 또는 실험구별 차이는 거의 없었으나 조직간 비교에서는 신장조직이 비장조직보다 다소 높게 나타났다

표 3-9. 삼형수산 월별 배합사료 및 생사료의 세로이드 침착상태

양식장			2007		2008											
			11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
삼형	배합사료	비장	—	7/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	1/10	0/10	0/10	0/11	0/12
			+	2/10	7/10	7/10	0/10	6/10	7/10	9/10	9/10	9/10	6/10	2/10	10/10	10/10
			++	1/10	3/10	3/10	10/10	4/10	3/10	1/10	1/10	0/10	4/10	8/10	0/10	0/10
			+++	0/5	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10
		신장	—	4/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10
			+	6/10	6/10	5/10	0/10	6/10	7/10	8/10	8/10	6/10	5/10	2/10	5/10	4/10
			++	0/10	4/10	5/10	10/10	4/10	3/10	2/10	1/10	4/10	5/10	8/10	5/10	6/10
			+++	0/5	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	1/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10
	생사료	비장	—	—	0/10	0/10	0/10	0/10	2/10	0/10	2/10	0/10	2/10	0/10	0/10	0/10
			+	—	6/10	8/10	3/10	6/10	5/10	8/10	8/10	10/10	6/10	9/10	10/10	10/10
			++	—	4/10	2/10	7/10	4/10	3/10	2/10	0/10	0/10	2/10	1/10	0/10	0/10
			+++	—	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10
		신장	—	—	0/10	0/10	0/10	0/10	2/10	0/10	1/10	0/10	1/10	0/10	0/10	0/10
			+	—	7/10	5/10	1/10	6/10	5/10	6/10	7/10	7/10	7/10	9/10	8/10	8/10
			++	—	3/10	5/10	9/10	4/10	3/10	4/10	2/10	3/10	2/10	1/10	2/10	2/10
			+++	—	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10

표 3-10. 명천수산 월별 배합사료 및 생사료의 세로이드 침착상태

양식장			2007		2008												
			11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
명천	배합사료	비장	-	5/5	8/10	0/10	1/10	0/10	1/10	5/10	1/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	
			+	0/5	2/10	10/10	8/10	8/10	7/10	4/10	9/10	10/10	9/10	6/10	10/10	10/10	
			++	0/5	0/10	0/10	1/10	2/10	2/10	1/10	0/10	0/10	0/10	1/10	4/10	0/10	0/10
			+++	0/5	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10
		신장	-	0/5	4/10	0/10	1/10	0/10	0/10	3/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10
			+	5/5	4/10	8/10	5/10	8/10	8/10	5/10	9/10	7/10	9/10	6/10	6/10	10/10	
			++	0/5	2/10	2/10	4/10	2/10	2/10	2/10	1/10	3/10	1/10	4/10	4/10	0/10	
			+++	0/5	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	
	생사료	비장	-	2/5	6/10	0/10	0/10	0/10	1/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	
			+	3/5	4/10	10/10	5/10	6/10	8/10	10/10	9/10	10/10	7/10	8/10	10/10	10/10	
			++	0/5	0/10	0/10	4/10	4/10	1/10	0/10	1/10	0/10	3/10	2/10	0/10	0/10	
			+++	0/5	0/10	0/10	1/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	
		신장	-	4/5	6/10	0/10	0/10	0/10	1/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	
			+	1/5	4/10	10/10	4/10	6/10	8/10	6/10	9/10	8/10	7/10	6/10	8/10	7/10	
			++	0/5	0/10	0/10	3/10	4/10	1/10	4/10	1/10	2/10	3/10	4/10	2/10	3/10	
			+++	0/5	0/10	0/10	3/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	

6. 혈청 분석

가. 연구방법

실험어의 혈청 내 생화학적 성상을 알아보기 위하여 정기적으로 넙치의 미부정맥에서 채혈한 후에 원심분리기를 이용하여 혈청을 분리하고 ALT/GPT(Alanine Aminotransferase), AST/GPT(Aspartate Aminotransferase), Glucose, 총단백질에 대하여 분석하였다. 분석은 Fuji Dri-Chem 3500을 이용하여 Fuji-Kit로써 값을 측정하였다.

나. 연구결과 : 표 3-1 ~ 표 3-4

월별 혈청의 생화학적 성상을 보면 총단백질은 배합사료와 생사료 급이에 따른 차이는

나타나고 있지 않으나 처음 종묘를 입식하고 수온하강과 함께 감소하다 4, 6월 수온 상승에 의한 사료 섭취가 활발해지면서 증가하는 것으로 나타났다.

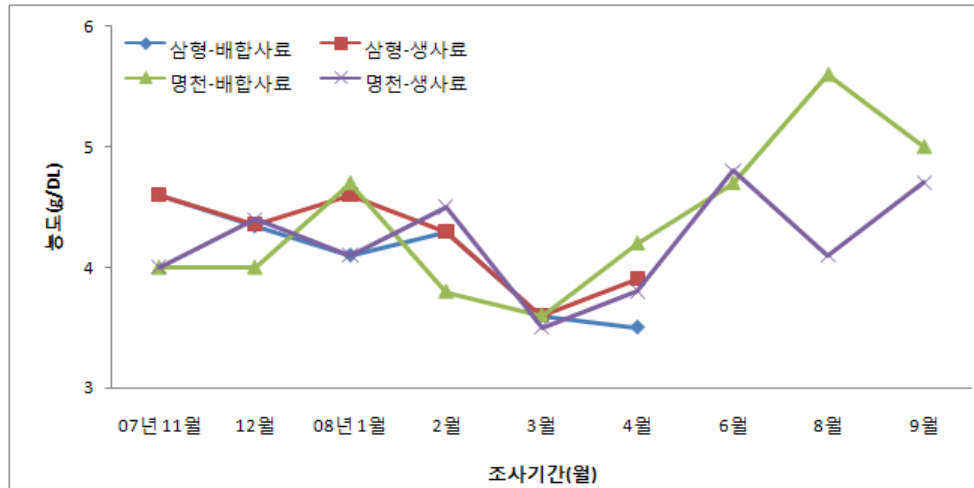


그림 3-1. 배합사료구와 생사료구의 월별 총단백질(g/dL) 농도변화

GPT와 GOT에 있어서도 배합사료와 생사료 급이에 따른 차이를 나타내고 있지 않으나 입식 후 1~2개월째까지 환경 및 사료의 변화에 의하여 매우 높게 나타나 간기능에 다소 영향을 주는 것으로 보여지나 이후 안정을 찾는 것으로 나타났다.

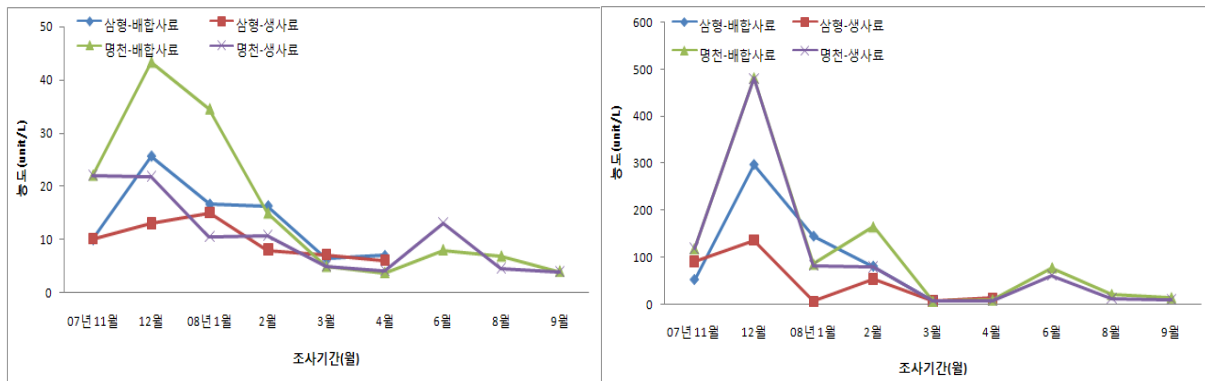


그림 3-2. 배합사료구와 생사료구의 월별 GPT(좌), GOT(우) 농도(units/mL) 변화

Glucose와 총콜레스테롤의 농도 변화를 보면 배합사료 급이 넉치에 비하여 생사료 급이 넉치가 약간씩 높은 값을 나타내고 있는 것으로 나타났다. Glucose에 있어서는 이전의 실험이나 소아에 대한 참고치 범위내에 속하고 있으며, 총콜레스테롤에 있어서는 인체에 비하여 높은 값을 나타내고 있었다.

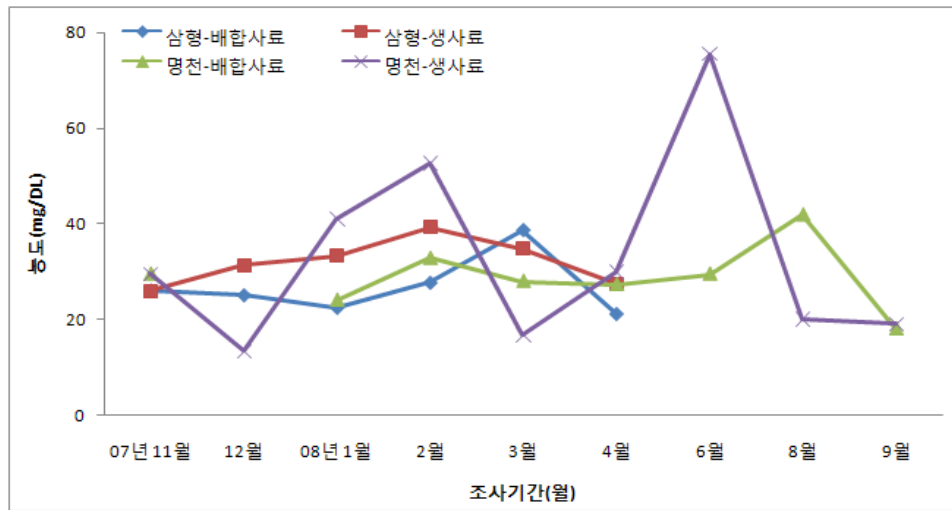


그림 3-3. 배합사료구와 생사료구의 월별 glucose 농도(g/dL) 변화

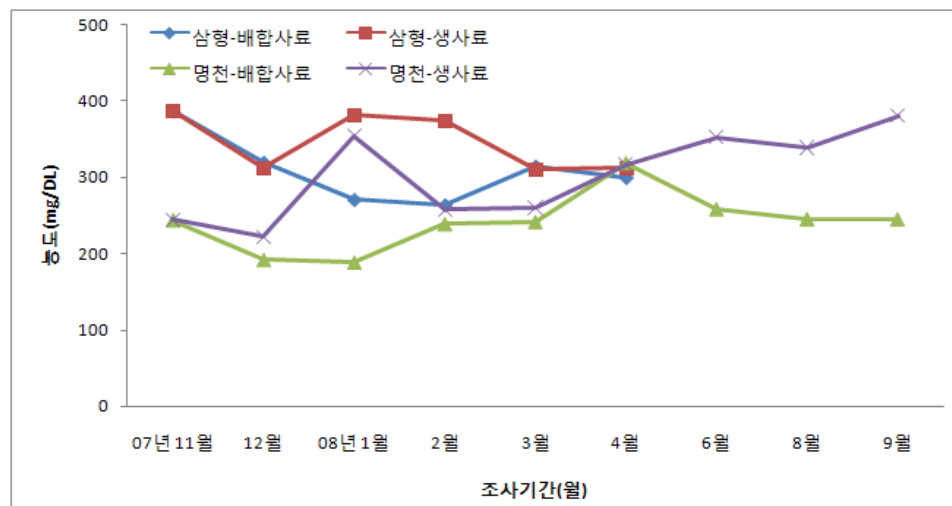


그림 3-4. 배합사료구와 생사료구의 월별 총콜레스테롤 농도(g/dL) 변화

제 4 절 육질평가

우리나라, 일본 및 중국해 연안에서 서식하고 있는 어종인 넙치는, 우리나라 양식산 어류의 60%이상을 차지할 만큼 가장 많이 양식되는 어종으로 콜라겐 함량이 적어 단단하고 씹는 맛이 좋을 뿐 아니라 지방질 함량이 적어 담백한 맛을 느낄 수 있어 주로 횡감으로 소비되고 있다. 우리나라 국민들의 수산물에 대한 일반적인 인식은 천연어가 양식에 비해 영양적으로 풍부하며, 질감 및 기호도가 우수하다고 생각해 횡집에서 천연어가 양식어보다 몇 배 더 비싼 가격에 판매되고 있을 뿐만 아니라 같은 양식어라도 배합사료를 공급한 어류보다 생사료를 공급한 어류가 좋다는 인식이 팽배해 있는 실정이다. 이와 같은 인식때문에 생사료를 공급한 넙치의 유통이 횡집 등으로 먼저 이루어진 다음 마지막으로 배합사료를 공급한 넙치의 유통이 이루어진다고 양어가들은 하소연하기도 한다. 이에 배합사료와 생사료를 공급한 넙치 육질평가에 대한 연구보고들이 최근에 발표가 되고 있는데, 연구결과들에 의하면 사료종류에 따른 어체 성분 조성에는 유의적인 차이는 있지만 육질에는 크게 차이가 없다고 보고되고 있다. 그러나 양어민들은 실험적인 규모의 수조에서 실험한 결과라 하여 이러한 연구결과들을 신용하지 않고 양식장 현장에서 실험한 결과들을 요구하기도 한다. 따라서, 본 연구에서는 양식장 현장에서 직접 양어민들과 함께 배합사료와 생사료를 각각 공급하면서 성장단계별 육질평가를 하고자 하였다.

육질평가는 제주지역의 양식장 2곳(명천수산 및 삼형수산)을 선정하여 배합사료와 생사료를 공급한 넙치를 일정한 간격으로 시료 채취하여 어체의 일반성분, 지방산, 아미노산, 관능평가 및 물성평가를 실시하고 그 결과에 대해 비교 검토하였다.

1. 일반성분

가. 연구방법

실험어에 공급한 실험사료는 앞서 설명한 성장도 조사에서 사용한 것과 같은 배합사료(EP)와 생사료(MP)를 사용하였다. 어체 육질평가를 위한 실험어는 명천수산(EP 공급구, MP 공급구)과 삼형수산(육성어 EP 공급구 및 MP 공급구, 치어 EP 공급구 및 MP 공급구)에서 1, 3, 5, 7, 9, 11월에 각각 5~10마리씩 즉살시킨 후 동결한 채로 실험실에 운송된 것을 시료로 사용하여 분석을 실시하였다.

일반성분은 넙치의 전어체과 등근육을 마쇄하여 사용하였으며, 수분은 AOAC (1990)의

방법에 따라 105℃의 dry oven에서 6시간 건조 후 측정하였고, 조단백질(N×6.25)은 Auto Kjeldahl System (Bunchi B-324/435/124, Switzerland; Metrohm 8-719/806, Switzerland)을 사용하여 분석하였고, 조지방은 ether를 사용하여 추출하였으며, 조회분은 550℃의 회화로에서 4시간 태운 후 측정하였다.

나. 연구결과 : 표 4-1(4-1-1, 4-1-2, 4-1-3), 표 4-2(4-2-1, 4-2-2)

각 양식장에서 공급한 생사료와 배합사료를 섭취한 넙치의 전어체 일반성분 분석 결과는 표 4-1에 나타내었고 등근육의 분석결과는 표 4-2에 나타내었다. 각 양식장별로 공급한 생사료와 배합사료에 따른 전어체의 수분, 조단백질, 조지방 및 조회분의 함량에는 차이를 보이지 않았고, 등근육의 분석결과도 각 양식장별로 일반성분 함량에는 차이가 없었다.

표 4-1. 넙치 전어체의 일반성분(%)

4-1-1. 명천수산

월별	명천수산(전어체)							
	EP				MP			
	수분	조단백질	조지방	조회분	수분	조단백질	조지방	조회분
08. 1.	72.7	18.0	2.8	2.9	75.4	17.0	1.6	3.0
08. 3.	71.5	19.0	2.7	2.8	73.9	18.4	1.8	2.7
08. 5.	72.0	17.5	5.3	2.4	69.3	19.3	6.1	2.7
08. 7.	71.2	18.4	2.9	3.4	70.3	18.5	5.6	3.3
08. 9.	71.7	17.8	3.0	3.1	73.3	18.3	1.7	3.5

4-1-2. 삼형수산 치어

월별	삼형수산(전어체)							
	EP 치어				MP 치어			
	수분	조단백질	조지질	조회분	수분	조단백질	조지질	조회분
08. 1.	75.7	17.4	2.4	3.3	75.6	17.9	2.5	3.2
08. 3.	73.5	18.3	2.8	3.4	74.1	17.5	3.1	2.8
08. 5.	71.4	19.2	2.0	3.5	74.1	17.7	2.8	3.1
08. 7.	71.5	18.5	2.0	3.6	72.0	18.3	3.2	3.5
08. 9.	70.9	19.8	4.1	2.8	69.6	19.1	8.0	2.7

4-1-3. 삼형수산 육성어

월별	삼형수산(전어체)							
	EP 육성어				MP 육성어			
	수분	조단백질	조지질	조회분	수분	조단백질	조지질	조회분
08. 1.	72.1	18.4	2.4	3.2	73.5	18.4	1.4	3.2
08. 3.	71.6	18.7	5.8	3.2	74.0	17.6	3.2	3.3
08. 5.	70.9	18.3	3.8	3.1	73.1	17.9	2.6	2.9
08. 7.	70.9	18.3	3.8	3.1	68.6	18.6	8.1	3.2
08. 9.	64.5	20.0	6.0	3.0	70.6	19.3	7.0	2.8

표 4-2. 넙치 등근육의 일반성분(%)

4-2-1. 명천수산

	명천수산(등근육)	
	EP	MP
수분	75.6	76.4
조단백질	22.2	21.6
조지질	0.6	0.4

4-2-2. 삼형수산(등근육)

	삼형수산(등근육)			
	치어		육성어	
	EP	MP	EP	MP
수분	75.0	75.7	74.7	75.9
조단백질	24.1	23.2	23.7	21.9
조지질	0.4	0.5	0.5	0.6

2. 지방산

가. 연구방법

지방산 분석은 각 사료구별 넙치의 전어체와 등근육을 동결건조하고 분쇄한 시료 3 g에 대하여 4배량의 chloroform : methanol 혼합용매 (2 : 1, v/v)를 가하여 homogenizer로 2분간 교반한 후, 여과하여 얻은 여액을 플라스크에 넣고 evaporator로 용매를 제거하여 지질을 추출하였다. 추출한 지질은 14% BF₃-methanol (Sigma Chemical Co., USA) 2 mL를 가하고 30분간 85℃에서 가열시킨 다음, 석유 ether로 추출하여 지방산 분석용 시료로 사용하였다. GC 분석조건은 HP-INNOWax capillary column (30 m × 0.32 mm i.d., film thickness 0.5 μm, Hewlett-Packard, USA)이 장착된 gas chromatography (HP6890, USA)로 carrier gas는 helium을 사용하였다. Injector와 detector(FID) 온도는

각각 250℃, 270℃로 설정하였고, oven 온도는 170℃에서 225℃까지 1℃/min 증가시켰다. 각 지방산은 동일조건에서 표준지방산 methyl ester mixture (Sigma Chemical Co., USA)와 retention time을 비교하여 동정하였으며 함량은 각 peak의 면적을 상대적인 백분율로 나타내었다.

나. 연구결과 : 표 4-3(4-3-1, 4-3-2, 4-3-3), 표 4-4(4-4-1, 4-4-2, 4-4-3)

각 양식장에서 공급한 생사료와 배합사료를 섭취한 넙치 전어체의 지방산 조성을 표 4-3에 나타내었다. 명천수산 및 삼형수산의 경우 1, 3, 5, 7월달 넙치 전어체의 포화지방산(saturated fatty acid, SFA)와 monoene의 함량은 생사료 공급구가 배합사료 공급구보다 높았고, polyene의 함량은 배합사료 공급구가 생사료 공급구보다 높았다. 11월달 넙치 전어체의 지방산 함량은 두 곳 양식장 모두 생사료와 배합사료 공급에 따른 차이는 보이지 않았다. 생사료와 배합사료를 공급한 넙치 전어체의 SFA로서는 공통적으로 palmitic acid(16:0)의 함량이 가장 많았고, 불포화지방산(unsaturated fatty acid)으로는 oleic acid(18:1)와 docosahexaenoic acid(22:6)가 가장 많이 함유되어 있었다. Oleic acid는 단일 불포화지방산으로서 다량 섭취시 혈중 중성지방이나 콜레스테롤을 낮춤으로서 동맥경화증과 같은 성인병에 유익한 효과가 있는 것으로 보고되고 있으며, 식육의 맛과 관련해서는 oleic acid의 함량이 높으면 식육의 맛을 좋게 하고, 관능평가에서 높은 점수를 얻는다는 보고가 있다. 한편, 각 양식장에서 생사료와 배합사료 공급구한 넙치 전어체는 월별로 linoleic acid(18:2)와 ecosapentaenoic acid(20:5) 함량에 차이를 나타내었다. 이것은 앞서 설명한 성장도 조사 중 실험사료의 지방산 조성에 나타내었듯이 사료의 지방산 조성의 영향으로 어육에 지방산 축적 정도가 다른 함량을 나타낸 것으로 보인다. Morishita 등에 의하면 사료의 지방산 조성에 따라 어육의 지방산 조성에 변화가 있다고 보고한 연구결과와도 일치하는 것으로 보였다. 또한, 각 양식장에서 공급한 생사료와 배합사료를 섭취한 넙치 등근육의 지방산 조성을 표 4-4에 나타내었다. 두 곳 양식장 모두 넙치 등근육의 주요 지방산은 palmitic acid, linoleic acid, docosahexaenoic acid(22:6)이었고, 생사료와 배합사료 공급에 따른 지방산 조성의 차이는 보이지 않았다. 이상의 결과로부터 넙치는 지방함량이 낮은 백색어류로, 사육기간동안 공급된 사료에 의해 넙치육의 풍미 및 정미성에 미치는 영향이 클 것으로 판단되었다.

표 4-3. 넙치 전어체의 지방산 조성(% of total fatty acids)

4-3-1. 명천수산(전어체)

Fatty acid	명천수산(전어체)									
	EP					MP				
	1월	3월	5월	7월	9월	1월	3월	5월	7월	9월
14:0	3.82	3.33	2.97	3.18	4.29	5.62	3.76	3.50	3.62	4.13
15:0	0.57	0.43	0.49	0.52	0.60	0.69	0.48	0.53	0.51	0.64
16:0	16.90	14.37	11.30	12.27	20.57	24.12	14.30	12.18	15.09	19.61
17:0	0.62	0.88	1.44	1.02	6.36	0.68	1.07	1.09	1.03	7.02
18:0	4.05	3.49	0.51	0.64	0.48	5.28	3.05	0.50	0.63	0.38
20:0	0.11	0.11	0.00	0.00	0.36	0.00	0.12	0.00	0.00	0.16
22:0	0.00	9.26	2.03	1.58	0.24	0.00	0.87	1.43	1.42	0.41
23:0	0.42	0.34	0.39	0.44	0.39	0.00	0.35	0.35	0.60	0.32
24:0	2.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.89	0.00	0.00	0.00	0.00
SFA	29.38	32.21	19.13	19.65	33.29	37.28	24.00	19.58	22.70	32.67
16:1n-7	6.06	5.28	7.40	7.51	0.73	7.61	7.77	10.97	8.98	0.97
17:1n-7	0.62	0.32	0.26	0.48	0.28	0.62	0.35	0.54	0.48	0.24
18:1n-7	2.97	3.04	0.00	0.00	0.43	5.40	3.60	0.00	0.00	0.04
18:1n-9	15.66	14.98	22.29	20.70	4.62	21.30	17.38	27.19	24.28	5.19
20:1n-9	3.10	3.47	4.32	3.54	0.12	6.93	1.76	2.47	3.08	0.53
22:1n-9	2.00	0.53	0.12	0.09	0.72	4.03	0.38	0.08	0.13	0.11
24:1n-9	0.97	0.12	1.29	0.08	0.00	1.24	0.09	0.02	0.09	0.00
Monoene	31.38	27.74	35.68	32.60	6.90	47.13	31.33	41.27	37.04	7.08
18:2n-6	3.98	7.22	8.47	8.93	10.32	4.58	2.67	3.02	5.20	19.78
18:3n-6	0.21	1.09	1.55	1.54	0.59	0.31	0.95	1.00	1.06	2.81
18:3n-3	1.15	1.14	0.99	1.03	4.09	0.61	1.60	1.30	1.04	0.92
18:4n-3	1.45	0.21	0.40	0.37	1.59	0.52	0.08	0.00	0.12	2.81
20:2n-6	0.33	0.54	0.65	0.61	0.07	0.41	0.24	0.25	0.37	0.07
20:3n-6	0.13	1.73	1.18	1.22	4.08	0.00	2.94	2.36	2.12	4.46
20:4n-6	2.14	0.18	0.32	0.31	1.45	0.54	0.15	0.00	0.14	0.77
20:3n-3	0.22	0.86	0.65	0.60	0.47	0.00	0.60	0.40	0.49	0.39
20:5n-3	8.45	9.26	7.47	7.53	11.03	1.95	10.52	7.61	8.34	7.73
22:4n-6	0.15	0.26	0.20	0.21	0.52	0.40	0.31	0.27	0.32	0.86
22:3n-3	0.29	0.62	0.63	0.58	0.78	0.44	0.74	0.65	0.61	0.04
22:5n-3	0.70	3.31	1.12	2.58	3.92	0.27	3.05	3.32	1.68	2.55
22:6n-3	19.44	21.70	21.56	22.25	20.89	5.56	20.80	18.97	18.57	17.06
Polyene	38.64	48.12	45.19	47.76	59.80	15.59	44.65	39.15	40.06	60.25

4-3-2. 삼형수산 치어

Fatty acid	삼형수산(전어체)									
	EP 치어					MP 치어				
	1월	3월	5월	7월	9월	1월	3월	5월	7월	9월
14:0	3.72	2.80	3.30	3.11	3.79	7.47	3.44	3.98	3.67	3.41
15:0	0.46	0.42	0.53	0.55	0.52	1.14	0.51	0.60	0.53	0.48
16:0	16.07	16.31	14.19	11.35	17.69	30.89	18.69	16.61	14.02	16.32
17:0	0.43	0.86	0.83	1.17	5.17	1.06	1.09	1.20	0.97	5.20
18:0	3.53	4.35	0.54	0.69	0.32	5.74	4.62	0.59	0.57	0.43
20:0	0.07	0.12	0.05	0.00	0.22	0.00	0.18	0.05	0.00	0.29
22:0	0.00	1.27	1.77	1.68	0.16	0.00	0.60	1.97	1.65	0.17
23:0	0.46	0.46	0.59	0.41	0.21	0.40	0.24	0.54	0.44	0.25
24:0	3.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00
SFA	28.16	26.59	21.80	18.96	28.08	47.02	29.37	25.54	21.85	26.55
16:1n-7	5.59	4.17	6.03	8.63	0.58	1.15	6.58	9.48	7.41	0.59
17:1n-7	0.48	0.35	0.76	0.59	0.19	0.95	0.40	1.15	0.47	0.25
18:1n-7	15.81	3.10	0.44	0.00	0.35	26.46	3.43	0.77	0.00	0.05
18:1n-9	2.95	12.74	19.73	19.64	3.95	5.54	14.44	17.47	22.98	3.65
20:1n-9	3.46	2.81	3.60	3.40	0.78	5.23	1.39	2.37	3.39	0.72
22:1n-9	1.74	0.84	0.17	0.13	0.62	3.13	0.31	0.18	0.06	0.59
24:1n-9	1.10	0.14	0.43	0.06	0.00	1.21	0.00	0.07	0.10	0.00
Monoene	31.13	24.15	31.16	32.45	6.47	43.67	26.55	31.49	34.41	5.85
18:2n-6	7.68	6.71	9.02	9.27	17.50	2.39	2.38	3.12	6.74	17.53
18:3n-6	0.24	0.81	1.34	1.66	8.47	0.25	0.62	0.74	1.24	8.65
18:3n-3	1.31	0.77	0.83	1.05	2.35	0.59	1.00	1.11	1.08	2.15
18:4n-3	1.19	0.18	0.29	0.47	2.52	0.51	0.05	0.13	0.22	2.42
20:2n-6	0.57	0.56	0.55	0.58	0.31	0.24	0.22	0.15	0.46	0.60
20:3n-6	0.17	2.09	1.32	1.13	0.45	0.00	3.42	2.54	1.88	0.47
20:4n-6	1.54	0.17	0.33	0.34	3.12	0.46	0.10	0.38	0.28	3.38
20:3n-3	0.22	0.69	0.61	0.49	0.93	0.00	0.53	0.51	0.54	1.08
20:5n-3	9.04	7.85	6.70	8.16	8.76	0.87	8.56	9.13	8.70	9.63
22:4n-6	0.15	0.27	0.48	0.15	0.39	0.38	0.43	0.66	0.27	0.44
22:3n-3	0.19	0.76	0.75	0.54	0.06	0.57	0.94	0.88	0.64	0.67
22:5n-3	0.47	3.17	3.51	1.14	3.40	0.16	2.87	2.84	1.66	3.42
22:6n-3	17.16	25.23	21.32	23.61	17.17	2.88	22.97	20.80	20.04	17.17
Polyene	39.93	48.45	47.05	48.59	65.43	9.30	44.09	42.99	43.75	67.61

4-3-3. 삼형수산 육성어

Fatty acid (%)	삼형수산(전어체)									
	EP 육성어					MP육성어				
	1월	3월	5월	7월	9월	1월	3월	5월	7월	9월
14:0	3.31	3.13	3.52	3.24	3.40	4.20	3.37	3.66	3.67	4.01
15:0	0.42	0.40	0.43	0.50	0.47	0.66	0.49	0.55	0.50	0.57
16:0	18.50	16.61	13.64	13.18	17.09	22.16	18.23	13.29	14.08	19.09
17:0	0.42	1.00	0.88	0.88	4.95	0.58	0.94	1.15	0.99	8.71
18:0	3.90	4.23	0.56	0.59	0.38	4.58	4.20	0.58	0.53	0.33
20:0	0.00	0.14	0.06	0.00	0.23	0.14	0.16	0.21	0.00	0.10
22:0	0.00	1.81	1.69	1.47	0.07	0.15	1.36	2.25	1.61	0.07
23:0	0.52	0.27	0.66	0.47	0.25	0.41	0.27	0.57	0.46	0.28
24:0	2.85	0.00	0.00	0.00	0.00	1.93	0.00	0.00	0.00	0.00
SFA	29.92	27.59	21.44	20.33	26.84	34.81	29.02	22.26	21.84	33.16
16:1n-7	5.43	5.42	6.34	6.39	0.57	8.02	6.09	10.47	10.54	0.67
17:1n-7	0.39	0.33	0.89	0.38	0.20	0.64	0.38	2.79	0.49	0.24
18:1n-7	0.00	3.59	0.66	0.00	0.36	0.00	3.35	2.79	0.00	0.45
18:1n-9	18.76	14.72	21.16	22.16	3.86	23.23	14.47	18.74	25.58	3.76
20:1n-9	3.22	2.53	3.41	3.68	0.74	2.79	1.48	2.75	2.76	0.30
22:1n-9	1.73	1.20	0.18	0.06	0.08	1.79	0.95	0.09	0.07	0.04
24:1n-9	0.88	0.00	0.31	0.10	0.00	0.68	0.00	0.08	0.09	0.00
Monoene	30.41	27.79	32.95	32.77	5.81	37.15	26.72	37.71	39.53	5.46
18:2n-6	10.15	4.11	7.88	8.58	18.12	6.69	4.98	3.02	3.71	24.45
18:3n-6	0.27	0.63	1.32	1.42	8.58	0.00	0.78	0.81	0.91	3.22
18:3n-3	1.25	0.74	1.00	1.01	1.83	1.09	0.91	1.20	1.21	2.50
18:4n-3	0.81	0.10	0.29	0.28	2.54	0.76	0.10	0.21	0.00	1.26
20:2n-6	0.50	0.40	0.51	0.63	0.62	0.47	0.35	0.20	0.28	0.20
20:3n-6	0.00	2.69	1.41	1.32	0.43	0.00	3.01	2.29	2.37	4.64
20:4n-6	1.58	0.13	0.30	0.27	3.02	1.72	0.13	0.42	0.00	0.63
20:3n-3	0.00	0.63	0.72	0.70	1.00	0.21	0.57	0.47	0.45	0.09
20:5n-3	5.82	7.85	8.19	6.91	7.83	4.54	7.18	9.94	7.98	8.29
22:4n-6	0.33	0.28	0.56	0.28	0.37	0.42	0.42	0.45	0.37	0.32
22:3n-3	0.34	0.67	0.70	0.61	0.72	0.33	0.88	0.63	0.57	0.54
22:5n-3	0.55	3.34	3.43	4.02	4.34	0.40	3.56	2.69	3.69	2.44
22:6n-3	17.47	23.04	19.28	20.89	17.96	10.95	21.38	19.45	17.09	12.81
Polyene	39.07	44.61	45.59	46.92	67.36	27.58	44.25	41.78	38.63	61.39

표 4-4. 넙치 등근육의 지방산 조성(% of total fatty acids)

4-4-1. 명천수산

Fatty acid (%)	명천수산	
	EP	MP
14:0	1.41	1.57
15:0	0.37	0.42
16:0	21.71	21.87
17:0	2.28	0.74
18:0	0.73	0.61
20:0	0.66	0.61
22:0	0.00	0.00
23:0	0.00	0.00
SFA	27.16	25.82
16:1n-7	0.38	0.50
17:1n-7	0.97	1.12
18:1n-7	0.00	0.00
18:1n-9	6.90	6.25
20:1n-9	0.50	0.29
22:1n-9	0.00	0.00
Monoene	8.75	8.16
18:2n-6	10.95	10.79
18:3n-6	4.35	1.72
18:3n-3	0.56	1.55
18:4n-3	1.61	1.45
20:2n-6	0.12	0.00
20:3n-6	2.23	2.61
20:4n-6	0.62	0.73
20:3n-3	0.45	0.38
20:5n-3	5.72	4.66
22:4n-6	0.69	0.71
22:3n-3	1.09	1.46
22:5n-3	2.65	2.51
22:6n-3	33.05	35.81
Polyene	64.09	64.38

4-4-2. 삼형수산 치어

Fatty acid (%)	삼형수산(치어)	
	EP	MP
14:0	1.49	1.33
15:0	0.34	0.39
16:0	22.99	24.12
17:0	1.87	1.86
18:0	0.36	0.40
20:0	0.00	0.00
22:0	0.14	0.00
23:0	1.80	0.87
SFA	28.99	28.97
16:1n-7	0.34	0.47
17:1n-7	0.34	0.41
18:1n-7	0.00	0.00
18:1n-9	4.83	5.77
20:1n-9	0.51	0.20
22:1n-9	1.60	0.16
Monoene	7.62	7.01
18:2n-6	9.00	9.72
18:3n-6	5.22	1.79
18:3n-3	1.54	1.30
18:4n-3	0.40	0.57
20:2n-6	0.13	0.00
20:3n-6	0.13	0.00
20:4n-6	2.33	2.90
20:3n-3	0.37	0.44
20:5n-3	5.46	4.43
22:4n-6	0.36	0.26
22:3n-3	1.06	1.59
22:5n-3	2.99	2.66
22:6n-3	34.38	38.36
Polyene	63.37	64.02

4-4-2. 삼형수산 육성어

Fatty acid (%)	삼형수산(육성어)	
	EP	MP
14:0	1.72	1.55
15:0	0.36	0.42
16:0	24.27	23.66
17:0	2.20	2.06
18:0	0.36	0.44
20:0	0.00	0.21
22:0	0.13	0.00
23:0	0.00	0.99
SFA	29.04	29.33
16:1n-7	0.38	0.66
17:1n-7	0.74	0.38
18:1n-7	0.00	0.08
18:1n-9	3.24	4.97
20:1n-9	0.50	0.21
22:1n-9	0.00	0.00
Monoene	4.86	6.30
18:2n-6	10.11	9.50
18:3n-6	4.75	1.70
18:3n-3	1.94	1.30
18:4n-3	0.36	0.61
20:2n-6	0.17	0.00
20:3n-6	0.12	0.09
20:4n-6	2.82	3.19
20:3n-3	0.38	0.31
20:5n-3	5.48	5.02
22:4n-6	1.12	0.13
22:3n-3	1.22	1.47
22:5n-3	3.49	3.03
22:6n-3	34.17	38.03
Polyene	66.13	64.38

3. 아미노산

가. 연구방법

구성아미노산 분석은 각 사료구별 넙치의 전어체와 등근육 부위를 동결건조하고 분쇄한 시료 0.5 g을 정밀히 취하여 시험관에 넣고 6N-HCl 15 mL를 가하여 감압밀봉한 후 110°C의 dry oven에서 24시간 이상 동안 산가수분해 시켰다. Glass filter로 분해액을 여과하고 얻은 여액을 55°C에서 감압농축 하여 염산과 물을 완전히 증발시킨 다음, 농축된 시료를 sodium citrate buffer(pH 2.20)로 25 mL 정용플라스크에 정용하여 0.45 μ m membrane filter로 여과 한 시료액을 아미노산 자동 분석기(Biochrom 30, Biochrom Ltd., England)를 사용하여 다음과 같은 조건으로 분석하였다. Cation separation column(oxidised feedstuff column, 4.6 mm \times 200 mm)을 사용하였고 0.2M sodium citrate buffer(pH 3.20, 4.25)와 1.2M sodium citrate buffer(pH 6.45) 및 0.4M sodium hydroxide solution을 이동상으로 사용하였다. 이동상의 유속은 0.42 mL/min, ninhydrin 용액의 유속은 0.33 mL/min, column 온도는 48~95°C, 반응온도는 135°C로 하였고 분석하였다.

나. 연구결과

각 양식장에서 넙치를 양식하는 동안 공급한 생사료와 배합사료를 섭취한 넙치 전어체의 구성아미노산 조성을 표 4-5(4-5-1, 4-5-2, 4-5-3)에 나타내었고 등근육의 구성아미노산 조성은 표 4-6에 나타내었다. 일반적으로 필수아미노산(threonine, valine, methionine, isoleucine, leucine, phenylalanine, histidine, lysine, arginine), 및 관련 아미노산(glutamic acid), 감미계 아미노산(threonine, serine, glycine, alanine), 황함유아미노산(methionine, cystine) 및 방향족 아미노산(phenylalanine, tyrosine)을 들 수 있다. 생사료와 배합사료 공급구 공통적으로 넙치 전어체 및 등근육의 필수아미노산 중에서 lysine의 함량이 가장 높았으며, 구성아미노산의 대부분을 차지하고 있는 것은 aspartic acid, glutamic acid, leucine 및 lysine 이었다. 참돔, 조피볼락 및 넙치의 구성아미노산의 대부분을 차지하고 있는 것은 glutamic acid, lysine, aspartic acid 및 proline 등이라고 보고한 Kim 등(1995)의 연구결과와 유사하였으나, 본 실험에서 proline의 함량은 낮았다. 한편, 생사료와 배합사료 공급에 따른 넙치 전어체 및 등근육의 구성아미노산 함량에는 차이가 없었다. 이것은 수산동물의 체단백질 구성아미노산의 조성은 어종에 따라 큰 차이가 없다고 한 보고

와 뱀장어와 가물치의 필수아미노산 함량은 성장조건별로 큰 변화 양상을 나타내지 않았다고 보고한 결과와 유사한 경향을 나타내었다.

표 4-5. 넙치 전어체의 구성아미노산

4-5-1. 명천수산

(% of protein)

Amino acid	명천수산(전어체)									
	EP					MP				
	1월	3월	5월	7월	9월	1월	3월	5월	7월	9월
Aspartic acid	10.26	10.03	10.58	10.23	10.22	10.00	10.19	8.26	9.40	9.63
Threonine	4.72	4.91	4.62	4.31	4.67	4.52	4.87	3.34	4.03	4.52
Serine	4.44	5.10	4.51	3.71	4.46	4.27	4.88	3.34	3.43	4.30
Glutamic acid	14.80	7.63	11.61	12.43	15.21	14.87	7.86	8.69	11.10	14.41
Proline	3.75	5.19	0.20	2.37	0.00	4.19	4.83	3.51	2.35	2.89
Glycine	7.52	8.01	7.59	7.97	6.69	6.88	7.43	5.03	5.10	6.66
Alanine	6.69	7.55	7.09	7.05	6.37	6.18	7.16	4.21	4.81	6.11
Cystine	1.24	0.86	0.04	0.02	1.01	1.70	0.94	0.01	0.04	1.23
Valine	4.81	5.64	7.95	8.20	5.31	5.63	5.68	6.98	7.98	5.37
Methionine	3.00	3.53	2.24	2.66	3.03	3.02	3.56	6.04	4.89	2.88
Isoleucine	4.41	4.71	3.50	2.82	4.69	4.42	4.88	5.34	4.67	4.34
Leucine	7.55	8.36	5.45	5.87	8.20	7.66	8.52	6.98	6.33	7.68
Tyrosine	3.26	4.50	4.12	3.52	3.59	3.35	4.59	4.63	4.58	3.60
Phenylalanine	4.08	5.58	3.60	3.00	4.01	3.91	5.64	3.27	2.81	4.12
Histidine	2.42	4.26	2.82	2.66	2.44	2.09	4.41	5.06	3.35	2.33
Lysine	8.16	3.46	8.58	8.57	9.43	8.36	3.65	7.32	8.18	8.98
Arginine	6.03	6.39	6.69	6.40	5.64	6.03	6.77	12.28	9.71	6.05

4-5-2. 삼형수산 치어

(% of protein)

Amino acid	삼형수산(전어체)									
	치어 EP					치어 MP				
	1월	3월	5월	7월	9월	1월	3월	5월	7월	9월
Aspartic acid	10.34	10.19	9.43	10.26	9.47	10.79	10.12	11.97	11.43	9.47
Threonine	4.29	4.95	4.37	4.21	4.34	4.43	4.78	4.29	4.67	4.39
Serine	4.12	5.08	3.99	4.02	4.46	4.04	4.76	3.68	3.98	4.39
Glutamic acid	14.42	7.69	11.99	12.09	14.02	14.90	7.68	11.85	13.07	14.10
Proline	3.80	5.17	3.44	3.30	3.74	4.13	4.94	0.00	0.27	3.81
Glycine	7.35	7.88	6.33	7.69	10.21	7.54	7.94	6.06	7.04	8.00
Alanine	6.40	7.46	6.79	6.63	7.23	6.41	7.39	6.03	7.03	6.50
Cystine	2.04	0.93	0.05	0.01	1.04	1.08	0.88	0.05	0.03	1.11
Valine	5.56	5.70	10.06	9.26	4.82	4.66	5.65	6.36	8.23	4.85
Methionine	2.88	3.63	3.15	3.30	2.79	2.89	3.56	1.86	1.86	2.72
Isoleucine	4.27	4.73	2.83	2.74	3.95	4.41	4.73	2.68	3.22	4.14
Leucine	7.37	8.55	4.68	4.62	6.98	7.57	8.55	4.62	5.37	7.28
Tyrosine	3.36	4.63	3.90	3.67	2.95	3.28	4.84	3.02	4.13	3.11
Phenylalanine	4.00	5.65	4.09	3.07	3.64	3.93	5.75	4.06	2.78	3.76
Histidine	2.27	4.23	2.53	2.63	0.14	2.10	4.26	2.58	2.77	2.24
Lysine	8.14	3.44	8.03	8.34	8.46	8.52	3.45	7.75	9.02	8.83
Arginine	6.18	6.05	5.69	6.30	6.69	6.52	6.53	15.70	6.48	6.27

4-5-3. 삼형수산 육성어

(% of protein)

Amino acid	삼형수산(전어체)									
	육성어 EP구					육성어 MP구				
	1월	3월	5월	7월	9월	1월	3월	5월	7월	9월
Aspartic acid	10.18	10.06	7.95	10.20	9.74	10.62	10.17	8.08	7.37	8.99
Threonine	4.52	4.81	3.80	4.40	4.41	4.83	4.93	4.30	3.40	4.06
Serine	4.27	4.82	3.20	3.75	4.35	4.25	4.96	4.37	2.87	4.48
Glutamic acid	14.87	7.66	10.50	12.77	14.02	14.70	7.73	15.43	9.13	13.19
Proline	4.19	4.91	2.59	1.44	4.37	4.47	5.11	4.80	4.43	6.29
Glycine	6.88	7.83	4.61	8.20	9.54	6.76	7.84	4.74	3.16	12.63
Alanine	6.18	7.21	5.43	9.20	7.03	6.29	7.29	5.54	2.58	7.66
Cystine	1.70	0.76	0.02	0.03	0.82	1.15	1.07	0.01	0.01	0.67
Valine	5.63	5.52	10.05	7.15	4.98	4.88	5.67	8.90	7.74	4.45
Methionine	3.02	3.52	9.27	2.02	2.55	2.49	3.61	4.31	7.93	2.66
Isoleucine	4.42	4.76	7.86	2.89	4.05	4.39	4.83	2.67	6.12	3.44
Leucine	7.66	8.49	6.69	5.13	7.15	7.77	8.58	4.35	7.28	6.21
Tyrosine	3.35	4.79	4.70	3.38	2.91	3.13	4.57	5.00	5.03	2.62
Phenylalanine	3.91	5.53	3.92	2.93	3.84	4.14	5.77	5.43	2.83	3.45
Histidine	2.09	4.09	1.55	2.68	0.14	2.15	4.21	2.78	3.94	0.27
Lysine	8.36	5.17	6.66	8.80	8.59	7.80	3.65	6.19	7.35	7.29
Arginine	6.03	5.93	4.33	6.49	6.60	6.51	5.83	5.05	12.94	7.04

표 4-6. 넙치 등근육의 구성아미노산

4-6-1. 명천수산(등근육)

Amino acid	명천수산	
	EP구	MP구
Aspartic acid	10.10	9.89
Threonine	4.60	4.44
Serine	4.02	3.92
Glutamic acid	14.76	14.59
Proline	3.24	3.98
Glycine	4.27	5.26
Alanine	5.74	6.04
Cystine	0.32	0.41
Valine	5.70	5.09
Methionine	3.04	2.97
Isoleucine	4.80	4.71
Leucine	8.25	7.94
Tyrosine	3.76	3.53
Phenylalanine	4.33	4.10
Histidine	2.62	2.49
Lysine	9.74	9.43
Arginine	5.83	6.01

4-6-2. 삼형수산 치어

(% of protein)

Amino acid	삼형수산(치어)	
	EP구	MP구
Aspartic acid	9.92	10.48
Threonine	4.52	4.71
Serine	4.03	4.07
Glutamic acid	14.64	15.37
Proline	3.36	0.00
Glycine	5.23	4.61
Alanine	5.80	5.84
Cystine	0.85	0.48
Valine	5.44	5.64
Methionine	3.05	3.19
Isoleucine	4.69	5.04
Leucine	8.02	8.58
Tyrosine	3.56	3.82
Phenylalanine	3.99	4.15
Histidine	2.53	2.67
Lysine	9.45	10.09
Arginine	6.01	6.02

4-6-3. 삼형수산 육성어

(% of protein)

Amino acid	삼형수산(육성어)	
	EP구	MP구
Aspartic acid	10.46	9.90
Threonine	4.74	4.53
Serine	4.08	4.03
Glutamic acid	15.36	15.93
Proline	0.00	3.12
Glycine	4.57	4.18
Alanine	5.89	5.50
Cystine	0.53	0.63
Valine	5.59	5.33
Methionine	3.19	2.99
Isoleucine	5.07	4.80
Leucine	8.55	8.28
Tyrosine	3.81	3.69
Phenylalanine	4.20	4.16
Histidine	2.72	2.55
Lysine	9.95	9.37
Arginine	6.10	5.73

4. 관능검사

가. 연구방법

관능검사는 11월에 채취한 실험어는 평균 1 kg이상 되는 것으로 사용하였다. 각 사료구별 넙치의 등근육을 일정한 크기로 썰어 $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ 의 냉장고에 1시간정도 넣어 둔 것으로 관능평가를 실시하였으며, 간장을 동반식품으로 하였다. 기호도 검사는 양식관련 연구원 및 어업인 50명을 대상으로 냄새(flavor), 색택(color), 맛(taste), 질감(texture) 및 종합적인 기호도(overall acceptability)에 대해서 9점 척도법을 사용하여 설문지 방식으로 실시하였다. 1점은 매우 나쁘거나 낮음(extremely bad or slight), 9점은 매우 좋거나 강함(extremely good or much)으로 하여 9단계로 실시하였다.

나. 연구결과

각 양식장에서 넙치를 양식하는 동안 공급한 생사료와 배합사료를 섭취한 넙치 등근육의 관능검사 결과를 표 4-7에 나타내었다. 냄새, 외관, 맛 및 질감에 있어서 배합사료와 생사료 공급구간에 유의적인 차이를 보이지 않았고, 종합적인 기호도면에서도 각 사료구별로 유의적인 차이를 보이지 않았다. 그러나, 맛과 색택에 있어서는 생사료 공급구가 배합사료 공급구보다 다소 높은 값을 얻었다. 우리가 생선을 회로 먹을 때, 어육의 지질함량은 맛과 질감에 상당한 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 지질 함량이 많은 어육은 육질에 탄력성을 잃어 질감이 좋지 않을 뿐만 아니라 기름진 느낌으로 맛에도 좋지 않은 영향을 미친다고 한다. 또한, Ioka 등에 의하면 넙치는 저지방 백색어류로 담백한 풍미를 가지는 육질이기 때문에, 아주 미량의 체성분등의 변화에 의해 맛이 변화하기 쉬울 것이라고 보고하였다. 본 실험에서 각 사료구별로 관능검사 결과가 유의적인 차이를 보이지 않은 것은, 성장도 조사의 사료 성분분석 결과에도 나타내었듯이 넙치 등근육의 조지방 함량은 1% 내외로 그 함량이 적어 각 사료구별로 넙치 어육의 맛과 질감의 차이를 구분하는데 한계가 있을 것으로 사료되었다. 따라서, 넙치와 같은 흰살 어육의 경우는 어육의 조직감이 맛의 판단에 더 중요한 역할을 할 것으로 생각된다.

이상과 같이 육질 평가에 대한 연구결과, 배합사료로 사육한 넙치의 품질이 생사료로 사육한 넙치에 비해 결코 떨어지지 않는다는 것이 명확히 밝혀졌다. 더욱이 배합사료를 공급하는 양식산 넙치의 경우에는 사료에 각종 기능성 물질을 첨가하는 등 고품질, 기능성 사료를 개발하여 체계적인 관리를 한다면 육질을 더욱 향상시킬 수 있을 것으로 기대

된다. 따라서, 이러한 정확한 정보를 국민들에게 제공함으로써 그동안 잘못 자리잡고 있는 자연산과 양식산, 배합사료 및 생사료 양식에 대한 고정관념을 탈피할 수 있으며, 양식산 해산어류에 대한 인식제고가 이루어질 수 있을 것으로 사료된다.

표 4-7. 넙치 등근육의 관능평가

항목	MP	EP
전반적 기호도	6.7	6.4
향	6.4	6.0
색택	6.7	6.2
맛	6.6	6.1
질감	6.4	6.3

제 5 절 경제성 평가

어류양식에 있어서 생사료(여기서는 습사료) 사용의 단점으로는 수산자원의 치어남획과 양식어장의 오염 가중, 그리고 생사료 급이시 높아지는 어병발생률 등이 가장 일반적으로 지적되고 있고, 경영관리적인 측면에서는 생사료 급이방식으로는 비용절감과 규모의 경제가 달성되지 않는다는 점이다. 다시 말해서 MP사료를 제조하기 위해서는 노동력이 필요하게 되고, 보관을 위한 냉동고의 운영으로 고정비 및 전력비용이 증가하게 되어 비용절감은 어려워지고, 노동력에 의존하기 때문에 대량생산을 통한 원가절감이 곤란하다는 것이다.

이와 같은 단점의 대응책으로서 이미 여러 선진수산국에서 시행하고 있듯이 우리나라에서도 양어용 생사료의 사용에서 배합사료로의 전환이 필수적이다. 그러나 일반적으로 어업인들사이에서는 배합사료보다는 생사료의 급이가 성장이 빠르고 육질의 탄력도 및 맛이 우수하다는 인식이 뿌리깊게 남아 있어서 배합사료로의 신속한 전환에는 한계를 지니고 있는 실정이다.

그런데 양식업은 산업으로서 자체 존립기반을 유지하고 있으며, 판매를 목적으로 자기 계산하에 이루어지는 경제성의 원리가 존재하고 있는 영역이므로 경제적 타당성에 따라 움직인다. 따라서 본 실험에서는 실제 양식환경과 차이가 있는 실내 실험실이 아닌, 직접 양식어업인의 양식환경 속에서 어업인이 직접 양성하는 방식으로 현장적용실험을 하되, 넙치생산의 대부분을 차지하고 있는 제주도의 넙치양식장을 대상으로 습사료 급이와 배합사료 급이에 따른 성장도 차이에 대한 경제성을 객관적으로 평가해 보는 데 그 목적이 있다.

즉, 배합사료(EP사료)에 대한 현장시험을 통한 검증된 경제성분석 결과제시로 양식 어업인의 인식도 제고에 기여하고, 정부의 친환경사료 사용정책의 활성화를 도모하고자 하였다.

1. 추진과정

가. 분석과정

경제성분석을 위한 조사기간은 2007년 12월부터(11월은 예비단계) 2008년 11월까지이며, 조사양식장은 제주도내 명천수산과 삼형수산을 대상으로 하였다.

경제성분석을 위하여 우선, 표본양식장의 실험설계와 유사한 수면적에 해당하는 넙치양

식장의 비용구조를 파악한 후, 제주도의 월별 산지가격의 실험기간과 동일기간의 가격평균치와 평균 생산량을 통하여 수익을 추정하여 수익-비용구조 모델을 설정하였다.

이어서 표본양식장에서 MP사료와 EP사료별 매월 조사한 사육마리수와 총중량, 그리고 생존율 및 사료단가 등을 토대로 수익성과 경제성을 평가하였다.

본 분석에 있어서 표본양식장 내에 실험설계를 하고 수익성과 경제성을 조사하였기 때문에 본 현장적용 실험결과로 나타난 수익성과 경제성은 표본양식장의 일부에 설계된 실험양식장에 한하며, 명천수산과 삼형수산의 수익성과 경제성과는 별개임을 밝혀둔다. 여기서는 편의상 표본양식장내의 실험양식장을 명천수산, 삼형수산으로 표기하였다.

나. 연구방법

수산시험연구사업의 경제성평가로서는 협의의 경제성분석과 경영분석으로 대별하여 생각해 볼 수 있다. 먼저, 경제성분석은 수산시험연구사업에 대한 투자가 기술적·경제적 타당성을 가지고 있는지를 국민경제적 관점에서 분석하여 합리적인 의사결정을 내리는 방법이며, 경영분석은 개별 프로젝트의 측면에서 어업소득 또는 순이익을 극대화하는 목적을 토대로 경영성과를 측정·평가하는 방법이다.

경제성분석은 경제적 타당성분석(Economic Feasibility Analysis)이라고도 하며, 시험연구과제 수행과 관련된 모든 직·간접비용과 편익을 비교하여 국민경제적 관점에서 사회후생의 증감여부와 그 정도를 판정하고 있다.

반면에 경영분석은 수익성분석(Profitability Analysis) 또는 재무적 타당성분석(Financial Feasibility Analysis)이라고도 하며, 양식장 경영체 입장에서 사업수행의 결과로 기대되는 순이익을 추정하는 분석방법이다.

표 5-1. 경제성분석과 수익성분석 비교

분석종류	경 제 성 분 석 (Economic Feasibility)	수 익 성 분 석 (Financial Feasibility)
평가관점	양식업 투자에 대한 투자수익률	양식업체의 양식경영 수익률
비 용	초기투자비용+초기 운영비 (투자로 인한 현금유출 부분)	양식 비용
편 익	양식투자 수익으로 인한 연간 현금유입 부분	양식 이익

이상의 두 분석방법은 투입산출물의 적용가치, 노임의 평가, 감가상각비, 용지매수 보상비, 생산비 노임 등에 있어서 차이가 있지만, 크게 보면 위 표와 같은 차이점을 나타내고 있다. 본 연구에서는 수익성분석과 동시에 경제분석기법으로 많이 이용되는 순현재가법(NPV method), 내부수익률법(IRR method) 및 편익비용비율법((Benefit/Cost Ratio: BCR)을 실시하였다.

순현재가법(net present value method : NPV)은 화폐의 시간적 가치를 고려하여 투자안들을 평가하는 방법을 현금흐름할인법(discounted cash flow method : DCF)의 일종으로서 순현재가(Net Present Value)는 투자의 결과 발생하는 현금유입(cash inflow)의 현재에서 현금유출(cash outflow)의 현재를 차감한 것을 의미한다. 즉, 순현재금유입(net cash flow)의 현재가치의 합계액이 순현재가이다.

투자안의 순현재가를 정의하면 다음과 같다.

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{CI_t}{(1+k)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{CO_t}{(1+k)^t}$$

선택기준 : 순현재가가 0보다 크면 투자안을 선택한다.

위 식에서 적정할인율(appropriate discount rate) k는 해당 투자안이 가지는 투자위험에 상응하는 할인율을 뜻하며, 그 투자안이 벌어들여야 하는 최소한의 수익률로서 소요자본의 요구수익률(required rate of return)을 의미한다. 또한, 이것은 투하 자본의 기회비용으로서 자본비용(cost of capital)이라고도 한다.

순현재가법의 의사결정 기준으로는 순현재가가 0보다 큰 투자안을 채택하고, 순현재가 0보다 작은 투자안을 기각한다. 순현재가법은 투자에 대해 순현재금흐름을 파악하는 방법으로, 미래에 발생할 현금흐름에 대해 할인율의 개념을 적용하여 초기투자액을 차감함으로써 순현재금흐름의 현재가치를 산정하게 된다.

또한, 내부수익률법(internal rate of return : IRR)을 보면, 내부수익률이란 투자에 소요되는 현금유출액(cash outflow : CO)의 현재가치합계액과 투자로 인해 예상되는 현금유입액(cash inflow : CI)의 현재가치합계액을 일치시켜 주는 할인율로서 투자안의 평균투자수익률을 의미하는데, 내부수익률은 다음의 식에 의해서 구할 수 있다.

$$\sum_{t=0}^n \frac{CO_t}{(1+r)^t} = \sum_{t=0}^n \frac{CI_t}{(1+r)^t} \quad \text{단, } r \text{은 내부수익률}$$

선택기준: 내부수익률(r)이 최저기대수익률(k)보다 크면 투자안 선택한다.

NPV법에서는 할인율 r이 시장에서 결정된 자본비용으로서 미리 결정되어 있는데 반하

여, IRR법에서는 NPV를 0으로 만드는 특정 할인율 IRR의 값을 구한다. 내부수익률법의 의사결정 기준으로는 내부수익률 IRR이 자본비용 r 보다 높을 경우 투자안을 채택하고, IRR이 자본비용 r 보다 낮을 경우 투자안을 기각한다.

즉, 내부수익률법은 미래의 현금흐름에 대해 현금의 시장가치를 고려하는 방법으로, 현금흐름의 공식에서 초기투자액을 빼어 0이 되게 할인율을 구하게 된다. 내부수익률법은 현금의 시장가치를 고려하기 때문에 상호 배타적인 투자대안 비교시 유용하다.

한편, 편익/비용비율(Benefit/Cost Ratio: BCR)은 편익/비용비율은 투자로 인하여 발생하는 편익흐름의 현재가치를 비용흐름의 현재가치로 나눈 비율을 의미하며, 수익성 지수법(Profitability Index Method: PI)이라고도 불린다.

$$\text{편익/비용비율(B/C)} = \frac{\sum_{t=0}^T \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^T \frac{C_t}{(1+r)^t}}$$

여기서, B_t : t 시점의 편익, C_t : t 시점의 비용, r : 할인율, T : 분석기간

선택기준 : $B/C > 1$ 이면 경제적 타당성 있음

B/C 비율은 어떤 투자안의 경제적 타당성을 절대적 금액으로 측정하는 NPV법과는 달리, 투자안의 상대적 수익성을 비율로 측정한다. 즉, 투자사업에 대한 B/C비율이 1 이상이면 그 사업은 투자의 타당성을 가지며, B/C비율이 클수록 투자사업의 효과가 큰 것으로 판정한다.

2. 제주지역 넙치양식 수익-비용 구조

가. 넙치양식의 비용구조 분석

넙치양식에 있어서 비용구조는 지역에 따라 다르고, 동일지역이라도 양식업체에 따라 상이한 경우가 많으며 양식장 규모에 따라서도 양식비용구조가 달리 나타난다. 뿐만 아니라 조사대상자의 원가관리 수준 및 정보 개방성 정도, 조사시점, 어병발생 여부 등 여러 요인에 따라 오류와 편이가 나타날 수 있다. 특히 본 시험양식장은 대형규모의 양식장에 속하는 것으로서 현장실험을 위한 양식 수면적은 그 일부이기 때문에 실험대상 수면적에 대해 원가배분이 적절하게 이루어져야 한다. 그런데 이는 현실적으로 매우 어려우므로 본 현장실험규모와 유사한 규모의 양식장 비용구조를 파악하는 것이 필요하다.

그리고, 본 현장실험은 넙치양식에 있어서 MP사료와 EP사료 급이가 동일한 경영조건

하에서 이루어지는 것이 가장 중요하기 때문에 실험양식규모의 넙치양식장의 비용구조를 대응치로 사용해도 본 분석목적에 영향을 미치지 않는다.

따라서 비용구조는 국립수산물과학원에서 수행하여 추정된 넙치양식표준지침에 따라 본 실험규모와 유사한 제주도 넙치양식장의 평균 비용구조를 추출하여 본 분석에 이용하였다.

표 5-2. 제주 넙치양식장의 규모별 비용구조¹

항 목	1,650m ² 규모		3,300m ² 규모	
	금 액 (천원)	비 율 (%)	금 액 (천원)	비 율 (%)
종묘비	24,238	7.07	47,058	7.38
사료비	110,995	32.40	200,927	31.50
약품비	21,583	6.30	33,074	5.19
전력비	34,310	10.01	69,181	10.85
유류비	14,940	4.36	29,880	4.68
인건비	57,476	16.78	107,940	16.92
주부식비	600	0.18	1,350	0.21
복리후생비	2,400	0.70	6,000	0.94
수선유지비	11,131	3.25	22,261	3.49
소모품비	500	0.15	1,000	0.16
감가상각비	20,500	5.98	35,000	5.49
판매비	4,280	1.25	8,309	1.30
차량유지비	5,000	1.46	7,500	1.18
이자비용	17,535	5.12	35,070	5.50
조세공과(잡비 포함)	17,119	5.00	33,237	5.21
비용 합계	342,605	100.00	637,787	100.00

¹자료 : 국립수산물과학원, 넙치양식표준지침에서 추출.

나. 넙치양식의 수익 구조

제주도내 넙치생산량을 보면 우리나라 전체 넙치양식량의 절반수준에 이르고 있으며, 유리한 양식환경으로 성장률도 빨라서 단위 수면적당 생산량도 다른 해역에 비해 높게 나타나고 있다.

표 5-3. 전국 넙치양식 생산량 및 평균단가¹

년 도	생산량(M/T)	생산액(천원)	평균단가(원)
2003년	34,533	367,096,478	10,630
2004년	32,141	330,937,441	10,296
2005년	40,075	353,584,532	8,823
2006년	43,852	458,932,552	10,465
2007년	41,171	438,934,379	10,661

¹자료 : 통계청.

표 5-4. 제주도 넙치양식 생산량 및 평균단가¹

년 도	생산량(M/T)	생산액(천원)	평균단가(원)
2003년	16,195	172,137,349	10,629
2004년	17,915	177,693,774	9,919
2005년	20,371	174,339,970	8,558
2006년	21,910	223,476,329	10,200
2007년	20,804	220,349,391	10,592

¹자료 : 통계청.

이를 본 분석대상 기간인 2007년 12월부터 2008년 11월 시험종료시까지의 월별 제주도 넙치생산현황을 조사해 보면 표 5-5와 같다.

그런데 이러한 조사를 통해 조사기간의 평균단가는 파악이 가능하지만 이는 넙치 출하시 상품 사이즈에 따른 가격은 아니므로, 현재 제주도 내에서 출하되고 있는 500 g, 700 g, 1,000 g, 1,100 g, 2,000 g 등의 산지가격을 파악해야 하며, 이 중에서 최종적으로 본 연구에서 양성목표로 하고 있는 상품 사이즈인 1,000 g(1,100 g 포함)의 산지출하가격에 대해 조사하였다(표 5-6).

양식넙치의 상품 사이즈별 연평균 출하가격을 산출해 보면, 1,000 g사이즈는 9,176원, 1,100 g사이즈는 9,524원으로 나타났는데, 이는 2007년도에 비해 각각 9.3%, 10.2% 하락한 결과를 보였다.

표 5-5. 제주도 넙치양식 월별 생산량 및 평균단가¹

년 도	생산량(M/T)	생산액(천원)	평균단가(원)
2007. 12	2,208	19,680,522	8,913
2008. 01	2,108	18,949,057	8,989
2008. 02	1,893	17,970,979	9,493
2008. 03	1,897	18,302,671	9,648
2008. 04	1,958	19,389,015	9,902
2008. 05	2,213	22,421,201	10,132
2008. 06	1,710	16,348,905	9,560
2008. 07	1,568	13,117,247	8,366
2008. 08	2,028	17,367,415	8,564
2008. 09	1,969	17,124,216	8,697
2008. 10	2,077	18,287,915	8,805
2008. 11	1,994	15,506,493	7,777

¹자료 : 통계청

표 5-6. 제주도 양식넙치의 월별 출하가격(원)¹

구분	'07.12	'08.01	'08.02	'08.03	'08.04	'08.05	'08.06	'08.07	'08.08	'08.09	'08.10	'08.11
1,000 g	9,223	9,902	9,388	9,627	9,982	10,170	9,788	8,733	8,139	8,239	8,871	8,049
1,100 g	9,773	10,354	9,847	9,987	10,258	10,188	10,080	9,200	8,473	8,540	9,265	8,318

¹자료 : 제주해수어류양식수협.

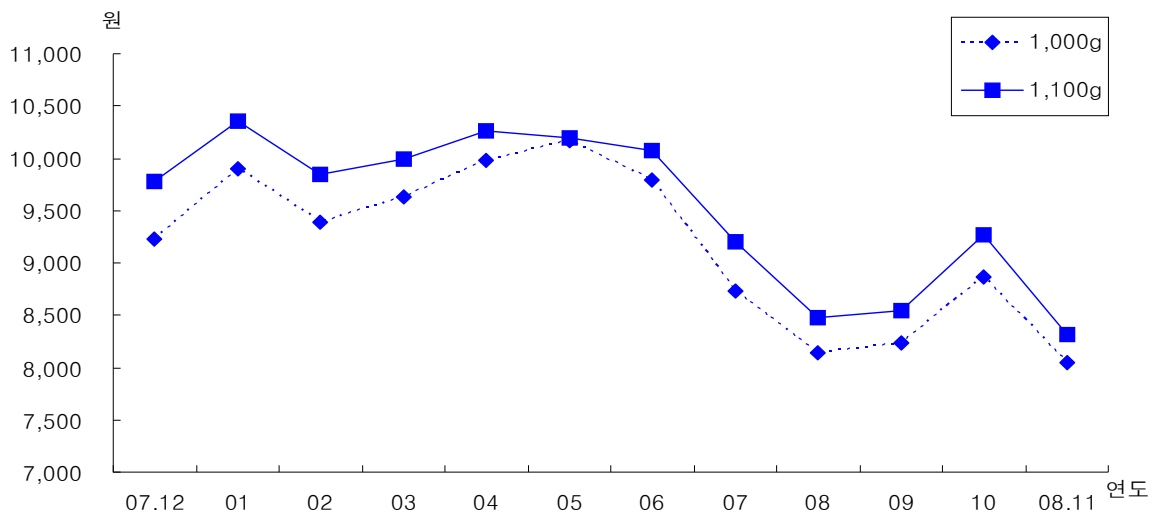


그림 5-1. 제주도 양식넙치 월별 출하 가격 추세

표 5-7. 해역별 규모별 평균 생산량(3.3 m²기준)¹

(단위 : kg)

구분	동·서해안	남해안	제주도
수면적 1,650 m ² 규모	67.63	70.63	85.59
수면적 3,300 m ² 규모	65.13	68.13	83.09

¹ 자료 : 국립수산과학원. 넙치양식표준지침.

한편, 수익구조는 생산량×출하가격으로 산출되는데, 출하가격은 제주도 현지 상품사이즈별 산지가격을 조사하였다. 이상의 단위 수면적(3.3 m²)당 생산량과 평균출하가격을 통해 제주지역 넙치양식장의 평균수익을 구하면, 수면적 1,650 m² 규모에서는 평균수익이 단위 수면적당 85.59 kg×1,650 m²×9,170원(1,000 g 사이즈)으로서 392,430천원이며, 수면적 3,300m² 규모에서는 평균수익이 단위 수면적당 83.09kg×3,300m²×9,170원으로 761,935천원으로 나타났다.

3. 양식시험장별 사료종류별 생산중량 차이분석

본 실험에 있어서 시험양식장별로 EP사료 및 MP사료 급이형태에 따른 성장도 차이를 월별로 조사하고, 최종 실험종료시점에 있어서 평균중량을 실제 측정치를 통하여 산출하였다. 이는 본 연구의 핵심 목표이었고, 수익성이나 경제성분석을 위해서도 시험양식장별 사료종류별 경영성과 차이가 평균생산중량의 차이에 기인한 것인지, 아니면 다른 요인에 기인한 것인지를 사전에 파악할 수 있다는 점에서 사료종류별 평균생산중량에 대한 차이 유무를 검정하는 것이 대단히 중요하다.

2007년 12월부터 2008년 11월까지 12개월동안 동일양식장에서 동일한 경영환경과 동일한 양식환경속에서 단지 사료종류에 따른 생산중량 현황을 표시하면 표 5-8과 같이 나타났다.

표 5-8. 시험장별 사료종류별 평균중량(g)

구 분	명천수산		삼형수산			
	치어 양성		치어 양성		육성어 양성	
	EP사료	MP사료	EP사료	MP사료	EP사료	MP사료
개체 평균중량	907	894	1,052	1,090	1,234	1,286

본 실험결과에 대하여 사료종류에 따라 양식어의 성장도에 차이가 있었는지에 대한 검정을 하기 위하여 SPSS 14.0 프로그램을 사용하여 T-test를 실시, 5% 유의수준에서 평균간의 동일성에 대한 유의성 검정하였다.

먼저, 명천수산의 실험을 대상으로 한 검정결과는 표 5-9와 같았다.

표 5-9. 명천수산 실험의 사료종류별 평균 개체중량과의 차이 검정결과

그 룹	N	평균	표준편차	평균의 표준오차
EP사료 급이군	12	906.6667	161.48928	46.61794
MP사료 급이군	10	894.0000	127.38393	40.28234

구 분	Levene의 등분산검정		평균의 동일성에 대한 t-검정						
	F	유의확률	t	자유도	유의확률 (양측)	평균차	차이의 표준오차	차이의 95%신뢰구간 하한	상한
등분산 가정됨	0.058	0.813	0.201	20	0.843	12.66667	62.99453	-118.738	144.07096
이분산 가정			0.206	19.959	0.839	12.66667	61.61087	-115.868	141.20157

분석결과를 보면, 5% 유의수준에서 유의확률이 0.843으로서 유의성이 없으므로 귀무가설(H0=두 집단간의 표본 평균간의 차이는 없다)이 채택되어 명천수산의 실험장에서의 사료종류간 개체 평균중량의 차이는 없다고 할 수 있다.

이어서, 삼형수산의 실험을 대상으로 한 검정결과는 치어양성의 경우는 표 5-10, 육성어의 경우는 5-11과 같았다.

표 5-10. 삼형수산 치어양성실험의 사료종류별 평균 개체중량과의 차이 검정결과

그 룹	N	평균	표준편차	평균의 표준오차
EP사료 급이군	24	1052.0833	243.84562	49.77478
MP사료 급이군	22	1090.0000	311.86077	66.48894

구 분	Levene의 등분산검정		평균의 동일성에 대한 t-검정						
	F	유의확률	t	자유도	유의확률 (양측)	평균차	차이의 표준오차	차이의 95%신뢰구간 하한	상한
등분산 가정됨	1.423	0.239	-0.461	44	0.647	-37.91667	82.16986	-203.519	127.68580
이분산 가정			-0.457	39.738	0.651	-37.91667	83.05605	-205.814	129.98035

분석결과를 보면, 5% 유의수준에서 유의확률이 0.647로서 유의성이 없으므로 귀무가설 (H_0 =두 집단간의 표본 평균간의 차이는 없다)이 채택되어 삼형수산의 치어양성 실험장에서의 사료종류간 개체 평균중량의 차이는 없다고 할 수 있다.

표 5-11. 삼형수산 육성어 양성실험의 사료종류별 평균 개체중량과의 차이 검정결과

그룹	N	평균	표준편차	평균의 표준오차
EP사료 급이군	10	1234.0000	155.14867	49.06232
MP사료 급이군	10	1286.0000	148.11407	46.83778

구분	Levene의 등분산검정		평균의 동일성에 대한 t-검정						
	F	유의확률	t	자유도	유의확률 (양측)	평균차	차이의 표준오차	차이의 95%신뢰구간 하한	상한
등분산 가정됨	0.123	0.730	-0.767	18	0.453	-52.00000	67.82985	-194.505	90.50523
이분산 가정			-0.767	17.961	0.453	-52.00000	67.82985	-194.527	90.52720

분석결과를 보면, 5% 유의수준에서 유의확률이 0.453로서 유의성이 없으므로 귀무가설 (H_0 =두 집단간의 표본 평균간의 차이는 없다)이 채택되어 삼형수산의 육성어 양성 실험장에서의 사료종류간 개체 평균중량의 차이는 없다고 할 수 있다.

결론적으로 이상의 결과를 통해서 볼 때, 본 제주현장에서의 표본 양식장에서의 실험설계에 있어서 동일한 양식환경 조건하에서 EP 및 MP사료 급이에 따른 성장의 차이는 없었다.

4. 시험양식장별 사료종류별 수익성분석

가. 명천수산

명천수산의 경우 우선, 생산량에 직접적으로 영향을 미치는 생존율이 EP사료 급이 실

험구와 MP사료 급이 실험구가 각각 37%, 42.4%로 매우 저조하였으나, 폐사율의 범주가 비슷하게 나타나 동일조건이 됨으로써, 본 실험목적인 사료종류간의 비교에는 영향을 주지 못하였다.

수익성분석을 위해서는 수익 및 비용구조를 파악해야 하는데 명천수산의 시험구의 규모가 앞에서 분석한 1,650m²와 유사하므로 여기에 해당하는 수익-비용구조 모형을 적용하였다. 수익은 양성미수의 총중량에서 실험기간동안의 평균출하가격을 곱하여 산출하였다. 양성어의 원가는 앞에서 분석한 비용구조를 기준으로 종묘비와 사료비는 양성중량과 사료소비량 누계량을 기준으로 직과하고, 약품비는 사료소비량과의 비율, 판매비는 출하량에 따라 부과하였고, 기타 비용은 양식간접비로서 양성중량에 따라 원가를 배부하였다.

주요 비용 산출내역

종묘비 : EP사료 급이 실험구 71,000미 × 300원(35 g, 명천수산 평가가격)

MP사료 급이 실험구 71,000미 × 300원(33 g)

사료비 : EP사료 급이 실험구 26,872 kg × 1,924원

(수협사료 계약가격 1,824원, 첨가제 100원)

MP사료 급이 실험구 94,074 kg × 650원(생사료 550원, 첨가제 100원)

수익 산출내역

EP사료 급이 실험구

최종 양성 총중량 20,729 kg × 9,170원(연평균 산지출하가격)

중간 판매량 2,576 kg × 7,376원(출하시기 10월 700 g사이즈 산지가격)

MP사료 급이 실험구

최종 양성 총중량 16,306 kg × 9,170원(연평균 산지출하가격)

중간 판매량 7,704 kg × 7,376원(출하시기 10월, 700g사이즈)

본 분석결과, 수익성이 EP사료 급이 실험구와 MP사료 급이 실험구가 각각 15.52%, 9.83%로 나타났는데, 전반적으로 수익률이 낮은 것은 생존율이 매우 낮고 전년도에 비해 출하가격이 약 10%내외 하락한데 기인하며, EP사료 및 MP사료 급이 시험구간의 수익률 차이는 EP사료의 실제가격이 반영되지 않고 실험을 위해 계약한 정찰제 가격인 1,824원으로 공급받고 있기 때문이며, 실제가격을 반영할 경우, 수익률차이가 거의 나지 않는다. (EP사료 시험구 10.69%, MP사료 시험구 9.85%)

그런데 수익률 산정에 있어서 생산량은 실제 현장에서 실측을 했기 때문에 정밀성이 매우 높은 반면, 실제 양식에 있어서 연중출하가 가능하다는 점에서 출하가격에 있어서 1,000 g 사이즈의 제주산 양식넙치 산지가격의 연평균가격인 9,170원(2007년도에 비해 9.3% 하락)을 적용하는 방법과, 본 실험이 1년 양성기간을 정해놓고 현장적용 실험을 하였고, 실험이 종료되는 시점인 2008년 11월에 실제 최종 양성어가 모두 출하된다고 본다면 종료시점 산지출하가격인 8,049원(전년 동월 대비 17.1% 하락)을 적용하는 것도 타당할 수 있다.

따라서 여기서는 연구목적이 수익률 차이 자체를 분석하는데 있는 것이 아니고 사료종류간의 수익률차이를 검토하는데 있기 때문에 2가지 종류의 출하가격을 적용하여 수익률을 산출하였다. 다만, 여기에 나타난 수익률은 최근 양식물량의 적체현상으로 인해 예년에 비해 산지출하가격이 크게 하락하고 있으며, 동 조사기간 12개월 동안에도 26%나 가격 진폭을 보이며, 매월 하락 추세에 있음을 감안할 때, 본 수익률분석결과는 통상적인 제주 넙치양식 수익률로 일반화하는데는 무리가 따르며 2008년 한 해만의 특성치를 포함하고 있다고 보는 것이 타당할 것으로 생각된다.

표 5-12. 명천수산 현장실험의 사료종류별 수익성 비교

항 목	(단위 천원)	
	EP사료 급이 실험구	MP사료 급이 실험구
	금 액 (천원)	금 액 (천원)
양식수익	209,086 ¹	206,351 ¹
	185,849 ²	188,072 ²
종묘비	21,300	21,300
사료비	51,701 (61,806) ⁷	61,148
약품비	10,792	10,792
전력비	17,155	17,155
유류비	7,470	7,470
인건비	28,738	28,738
주부식비	300	300
복리후생비	1,200	1,200
수선유지비	5,566	5,566
소모품비	250	250
감가상각비	10,250	10,250
판매비	2,090	2,064
차량유지비	2,500	2,500
이자비용	8,768	8,768
조세공과(잡비 포함)	8,560	8,560
비용 합계	176,640 (186,745)	186,061
양식이익	32,446 ³ (22,341)	20,290 ³
	9,209 ⁴	2,011 ⁴
양식이익률	15.52% ⁵ (10.69%)	9.83% ⁵
	4.96% ⁶	1.07% ⁶

¹연평균 출하가격(9,170원) 적용시 양식수익

²실험종료시점('08.11) 출하가격(8,049원) 적용시 양식수익

³연평균 출하가격 적용시 양식이익

⁴실험종료시점 출하가격 적용시 양식이익

⁵연평균 출하가격 적용시 양식이익률

⁶실험종료시점 출하가격 적용시 양식이익률

⁷()안은 배합사료의 실제가격 반영시 사료비, 비용합계, 양식이익 및 이익률임(현 시세 2,200원/kg + 첨가제 100원)

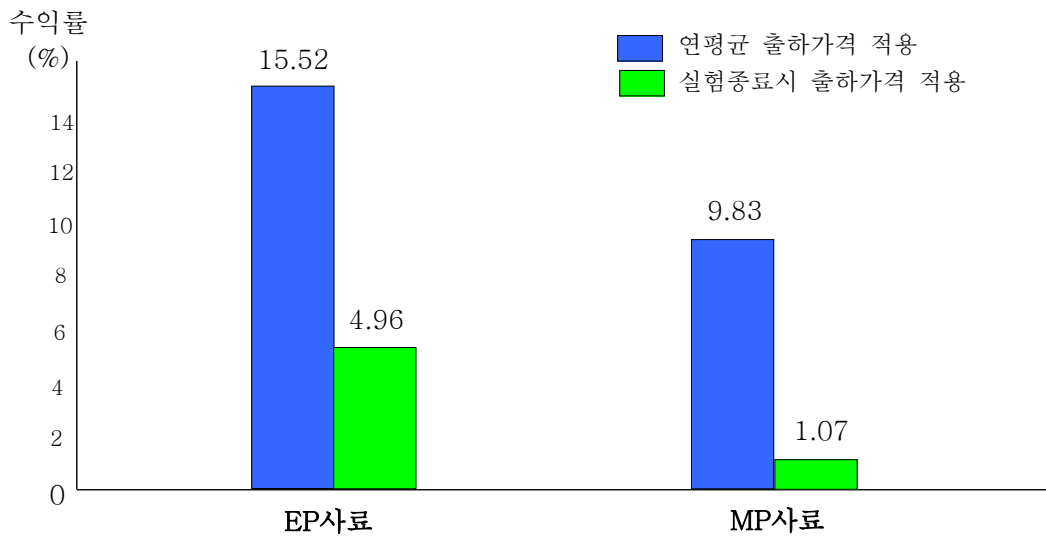


그림 5-2. 명천수산 수익성 차이 비교

나. 삼형수산

삼형수산의 경우 양식장관리기술과 경영관리가 우수한 양식장으로 보이며, 생존율 또한 EP사료 급이 시험구 73%, MP사료 급이 시험구 78.4% 수준을 나타내고 있다. 배합사료의 경우 수협사료에서 정찰제로 구입한 가격인 kg당 1,824원을 기준가격으로 하였는데, 현재는 2,200원 수준에 도달해 있어서 시가와도 비교해 보았다. MP사료의 경우에는 고등어, 청어 등이 550원 수준이며, 첨가제가 약 100원 정도 소요되어 총 650원을 적용하였는데, 최근에 생사료 가격이 상승했음에도 불구하고 양식장에서는 별 영향을 받지 않았다.

분석방법은 명천수산과 동일하고, 치어양성과 함께 육성어 양정도 EP사료와 MP사료로 나누어 시험하고 있다는 점만이 다르다.

주요 비용 산출내역

종묘비 (치어)

EP사료 급이 시험구 52,000미 × 350원(94g, 삼형수산 평가가격)

MP사료 급이 시험구 50,300미 × 350원(101g)

(육성어)

EP사료 급이 시험구 20,000미 × 1,000원(120g, 삼형수산 평가가격)

MP사료 급이 시험구 20,300미 × 1,000원(120g)

사료비 (치어)

EP사료 급이 실험구 57,399kg × 1,924원
(수협사료 계약가격 1,824원, 첨가제 100원)

MP사료 급이 실험구 156,901kg × 650원(생사료 550원, 첨가제 100원)

(육성어)

EP사료 급이 실험구 25,921kg × 1,924원
(수협사료 계약가격 1,824원, 첨가제 100원)

MP사료 급이 실험구 77,359kg × 650원(생사료 550원, 첨가제 100원)

수익 산출내역

EP사료 급이 실험구

치어 최종 양성 총중량 39,955kg × 9,170원(연평균 산지출하가격)

육성어 최종양성 총중량 18,529kg × 9,524원

(평균 1,234g, 1,100g사이즈 연평균 산지출하가격)

MP사료 급이 실험구

치어 최종 양성 총중량 42,966kg × 9,170원(연평균 산지출하가격)

육성어 최종양성 총중량 20,979kg × 9,524원(평균 1,286g)

본 분석결과, 치어양성의 경우, 수익성이 EP사료 급이 실험구와 MP사료 급이 실험구가 각각 28.37%, 33.72%로 나타났고, 육성어 양성의 경우도 EP사료와 MP사료 실험구에 있어서 각각 25.35%, 30.21%로서 전반적으로 수익률이 높게 나타나고 있는데, 이는 전년도에 비해 출하가격이 약 10%내외 하락했음에도 불구하고, 생존율이 비교적 높고, 성장률도 높아서 12개월 양성기간동안 넉치 평균중량이 치어양성의 경우 EP사료 실험구 1,052g, MP사료 실험구 1,090g, 육성어 양성의 경우 EP와 MP사료 실험구의 미당 평균중량이 각각 1,234g과 1,285g으로서 단위 수면적당 생산량이 많은데 기인한다.

여기서도 명천수산에서와 마찬가지로 연중 산지출하가격과 실험종료시 출하가격, 그리고 배합사료의 실제가격을 반영한 분석도 병행하였는데 그 결과는 표 5-13과 같다.

표 5-13. 삼형수산 현장실험의 사료종류별 수익성 비교

(단위 천원)

항 목	치어 양성		육성어 양성	
	EP사료 실험구	MP사료 실험구	EP사료 실험구	MP사료 실험구
양식수익	366,387 ¹	393,998 ¹	176,470 ¹	199,804 ¹
	321,598 ²	345,833 ²	154,124 ²	174,503 ²
종묘비	18,200	17,605	20,000	20,030
사료비	110,436	101,986	49,872	50,283
약품비	16,565	15,298	7,480	7,542
전력비	22,553	24,283	10,446	11,830
유류비	9,740	10,488	4,512	5,109
인건비	35,188	37,887	16,299	18,458
주부식비	440	474	204	231
복리후생비	1,956	2,106	906	1,026
수선유지비	7,257	7,814	3,361	3,807
소모품비	326	351	151	171
감가상각비	11,410	12,285	5,285	5,985
판매비	3,664	3,940	1,765	1,998
차량유지비	2,445	2,633	1,133	1,283
이자비용	11,433	12,310	5,296	5,997
조세공과 (잡비 포함)	10,836	11,666	5,019	5,684
비용 합계	262,449	261,126	131,729	139,434
양식이익	103,938 ³	132,872 ³	44,741 ³	60,307 ³
	59,149 ⁴	84,707 ⁴	22,395 ⁴	35,069 ⁴
양식이익률	28.37% ⁵	33.72% ⁵	25.35% ⁵	30.21% ⁵
	18.39% ⁶	24.49% ⁶	14.53% ⁶	20.10% ⁶

¹연평균 출하가격(치어양성 9,170원, 육성어양성 9,524원) 적용시 양식수익

²실험종료시점('08.11) 출하가격(치어양성 8,049원, 육성어양성 8,318원) 적용시 양식수익

³연평균 출하가격 적용시 양식이익

⁴실험종료시점 출하가격 적용시 양식이익

⁵연평균 출하가격 적용시 양식이익률

⁶실험종료시점 출하가격 적용시 양식이익률

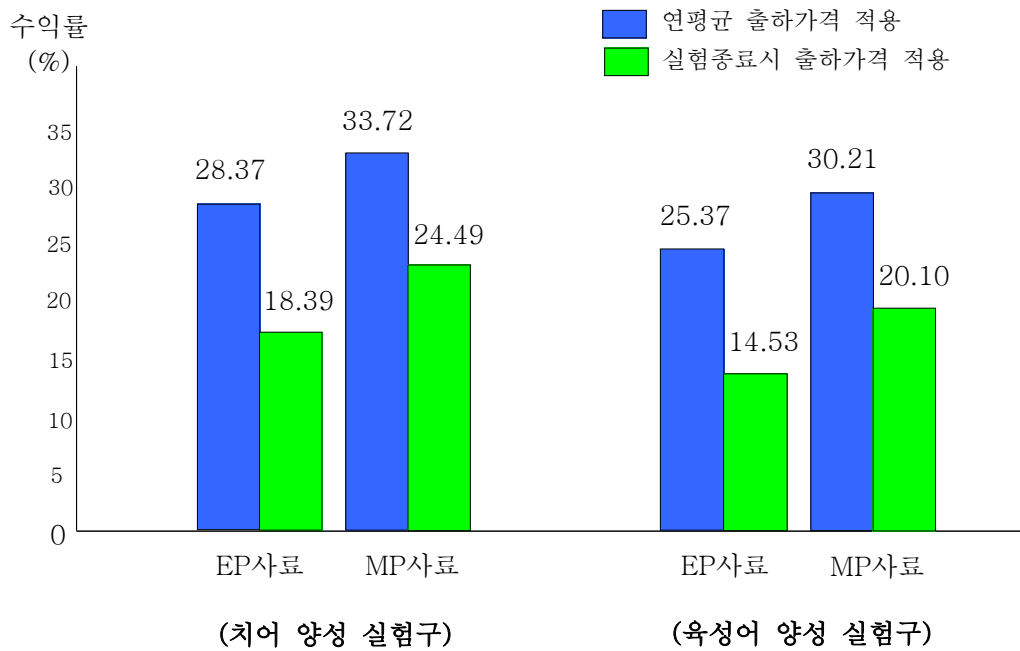


그림 5-3. 삼형수산 수익성 차이 비교

5. 시험양식장별 사료종류별 경제성 평가

가. 명천수산

명천수산의 사료종류별 경제성을 평가하기 위하여 내부수익률과 편익비용비율, 그리고 순현재가치를 산정하였다. 먼저 내부수익률은 EP사료 실험구와 MP사료 실험구에서 각각 8%와 7%를 나타내었고, 편익비용비율도 1을 약간 상회하는 1.18과 1.11로 나타났다. 순현재가치법에 있어서 할인율 중 6.5%를 제시한 것은 우리나라 공공사업의 경제성평가지 6.5%의 할인율을 기준으로 삼고 있기 때문이다. 수산업의 경우, 위험요인이 크기 때문에 적정 할인율은 그 보다 커야 한다고 보여진다. 명천수산에서의 EP 및 MP사료의 성장도 시험에 있어서 일반화하기에는 아직 이르나, 본 실험에 한하여 살펴볼 때 사료종류에 따른 성장 차이는 없는 것으로 나타났고, 경제성의 경우 경제적 타당성을 지니고 있으나 그 정도는 약한 편으로 나타났다.

표 5-14. 명천수산 사료종류별 경제성분석

구 분	내부수익률 (IRR)	편익비용비율 (BCR)	순현재가치(NPV)		
			할인율 6.5%	할인율 8%	할인율 10%
EP사료 실험구	8%	1.18	54,056,185원	2,805,622원	적자 전환
MP사료 실험구	7%	1.11	33,221,101원	적자 전환	적자 심화

나. 삼형수산

삼형수산의 사료종류별 경제성을 평가해 보면 전반적으로 모든 경제성 평가에 있어서 경제성이 매우 높은 것으로 나타났다. 삼형수산의 경우 대체로 MP사료 급이 실험구가 EP 실험구에 비해 다소 경제성이 높게 나타나고 있어서 명천수산의 경우와는 반대의 현상을 보였다.

BCR도 사료 종류간에 근소한 차이로 MP사료 실험구가 높았지만, 둘다 1보다 훨씬 상회하는 높은 경제성을 보이고 있다. 또한, 순현재가치액도 순현금유입이 높은 가운데, MP 실험구가 EP실험구에 비해 높게 나타났다.

한편, 치어양성과 육성어의 경우를 살펴보면, 각각 모든 사료종류에 있어서 치어양성이 육성어 양정보다 경제성이 약간 높은 것으로 나타났다. 종합적으로 볼 때, 삼형수산에서의 현장실험을 통한 사료종류별 경제성은 전반적으로 상당한 수준으로 판단된다. 결국 삼형수산이나 명천수산 모두 사료형태에 따른 성장차이는 없는 것으로 분석되었지만, 수익률이나 경제성의 차이는 철저한 기술력을 통한 생존율 제고 및 원가관리와 출하가격에 영향을 크게 받음을 알 수 있다.

표 5-15. 삼형수산 사료종류별 경제성분석

구 분	내부수익률 (IRR)	편익비용비율 (BCR)	순현재가치(NPV)		
			할인율 6.5%	할인율 8%	할인율 10%
치어 양성					
EP사료 실험구	19%	1.40	693,923,774원	555,464,667원	404,983,548원
MP사료 실험구	24%	1.51	999,772,457원	825,531,823원	636,162,369원
육성어 양성					
EP사료 실험구	17%	1.34	273,767,844원	213,718,642원	148,455,539원
MP사료 실험구	21%	1.43	425,989,882원	346,415,628원	259,932,166원

6. 배합사료 이용 현지 양식장 사례분석

이상의 명천수산과 삼형수산의 넙치배합사료 현장적용시험을 통한 배합사료 급이 양식장의 경제성외에 수년간 배합사료를 급이하는 방식으로 넙치양식장을 운영하고 있는 실제 사례비교로서 제주지역의 K수산을 선정, 그 수익성과 경제성을 제시함으로써 시험양식장의 현황과 비교가능토록 제시하였다.

우선 K수산의 수익성을 분석한 결과는 표 5-16과 같다.

K수산의 경우 수익성이 21.10%로 나타나, 안정적인 수익을 보이고 있는데, 이와 같은 수익률은 제주지역의 비슷한 규모의 양식장 평균수익률을 상회하는 수준이다. 이는 제주지역의 약 250여개 넙치양식장중에서 소수 양식장만이 배합사료를 사용하고 있는 것과 비교해 볼 때, 평균 수익률이 비교적 높게 나타난다는 것은 배합사료 급이 양식장이 채산성면에서 불리하지 않다는 것을 의미한다.

표 5-16. K수산의 넙치양식의 수익성

항 목	금 액 (천원)	비 율 (%)
수익	340,000	121.10
종묘비	17,500	6.52
사료비	110,000	41.00
약품비	3,120	1.16
전력비	24,958	9.30
유류비	1,200	0.45
인건비(복리후생비 포함)	42,000	15.66
주부식비	7,200	2.68
감가상각비	27,080	10.09
판매비	3,400	1.27
기타지출	30,000	11.18
조세공과	1,813	0.68
비용 합계	268,271	100.00
양식 이익	71,729	21.10

한편, K수산의 경제성을 분석하면 표 5-17과 같이 나타났다.

표 5-17. K수산의 투자경제성

구 분	내부수익률 (IRR)	편익비용비율 (BCR)	순현재가치(NPV)		
			할인율 6.5%	할인율 8%	할인율 10%
분석 결과	11%	1.27	312,936,683원	194,330,327원	65,425,718원

K수산의 투자경제성분석결과, 내부수익률은 11%로 비교적 안정적이며, 편익비용비율도 1.27로서 1을 훨씬 상회하고 있다. 뿐만 아니라 본 양식업을 운영하면서 현금흐름도 양호하며 순현재가치의 현금유입이 순조로운 것으로 나타났다.

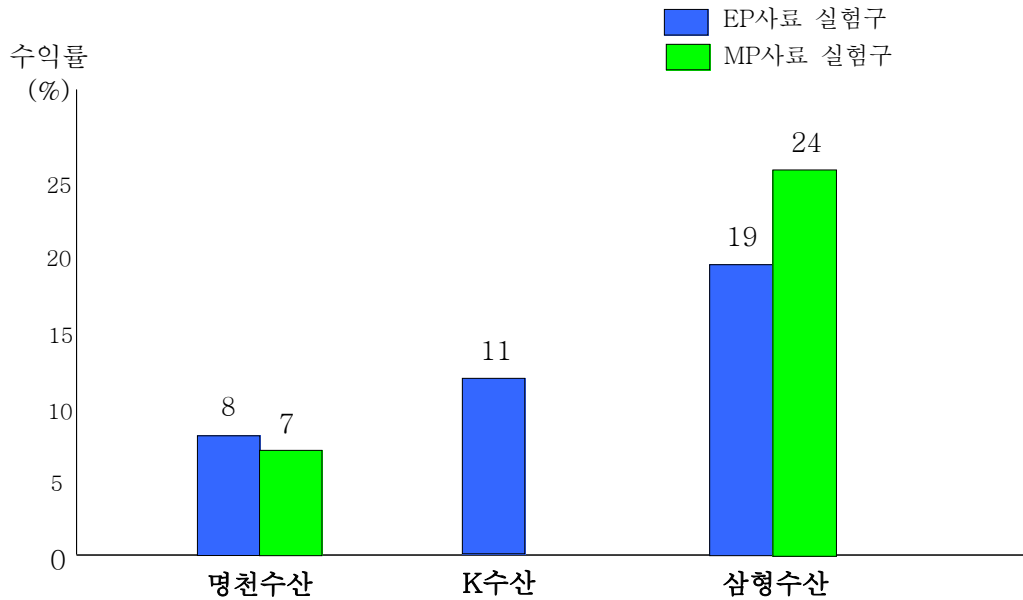


그림 5-4. 시험양식장별 사료종류별 내부수익률 비교

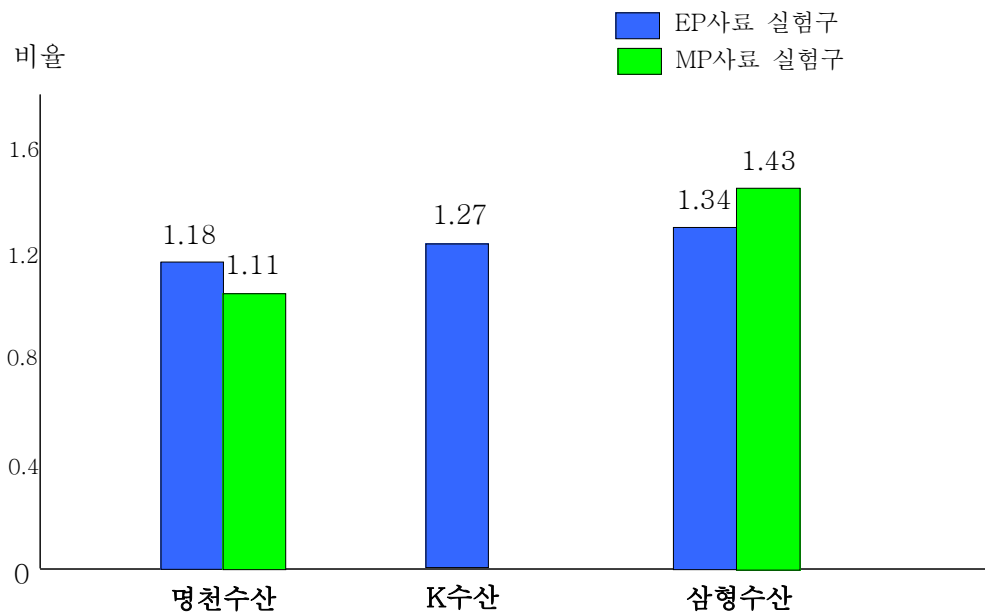


그림 5-5 시험양식장별 사료종류별 편익비용비율 비교

7. 요약 및 결론

본 분석에서는 넙치 EP사료 및 MP사료의 급이형태에 따른 양식장의 수익성 및 경제성을 평가하기 위하여 표본양식장으로 넙치 양식생산의 과반수를 차지하고 있는 제주지역을 대상으로 명천수산과 삼형수산을 선정하고, 각각의 양식장 내에 실험설계를 하고 수익성과 경제성을 조사하였다. 따라서 본 현장적용 실험결과로 나타난 수익성과 경제성은 표본양식장의 일부에 설계된 시험양식장에 한하며, 명천수산과 삼형수산의 수익성과 경제성과는 별개임을 밝혀둔다. 다만, 표본양식장의 기술력과 경영능력을 그대로 반영하여 현장적용에 있어서 인위적인 요인은 없이 현장에서 실제 행해지고 있는 양식형태를 그대로 반영토록 노력하였다.

본 분석을 위하여 제주지역 넙치양식의 표본양식장내 실험설계와 유사한 규모의 양식장에 대한 표준 수익-비용구조를 산출하고 이를 토대로 각각의 표본양식장에 대하여 EP사료 급이양식과 MP사료 급이양식의 수익성과 경제성을 평가하였다.

시험양식장별 사료종류별 수익성분석에 있어서, 명천수산의 경우 EP사료 실험구와 MP사료 실험구가 연평균 출하가격을 적용하면, 수익률이 각각 15.52%, 9.83%로 나타났고, 실험종료시점의 출하가격을 적용하면 각각 4.96%, 1.07%로 나타났는데, 월별 변동폭이 매우 심하고 물량 적체로 하락폭이 월별로 커지고 있어 연평균 출하가격 적용이 현실을 더 잘 반영한다고 볼 수 있다. 명천수산에 있어서는 EP사료 실험구가 MP사료 실험구에 비해 경제성이 높은 것으로 나타나고 있으나, 사료비의 경우 약정가가 아닌 현 시가를 반영하면 EP사료 실험구가 약간 높으나 거의 비슷한 수준이라고 볼 수 있다.

삼형수산의 수익성을 보면, 치어양성의 경우가 육성어 양성보다 전반적으로 수익성이 높았고, MP사료 실험구가 치어양식과 육성어 양식 모두에 있어서 EP사료 실험구보다 높게 나타났다. 치어양성의 경우 수익률은 EP사료 실험구와 MP사료 실험구가 각각 연평균 출하가격 적용시 28.37%, 33.72%로 나타났고, 육성어의 경우도 그 경향이 비슷하여 수익률이 25.35%, 30.21%로 분석되었다.

시험양식장별 사료종류별 경제성평가에 있어서, 명천수산의 경우, EP사료 실험구가 MP사료 실험구보다 내부수익률($8% > 7%$), 편익비용비율($1.18 > 1.11$), 순현재가치($54,056,185 \text{ 원} > 33,221,101 \text{ 원}$) 모든 분석에 있어서 높게 나타났으나 전반적으로 경제성은 높은 편은 아니었다.

삼형수산의 경제성을 평가해보면, 수익성과 동일하게 경제성측면에서도 치어양성이 육성어보다 높게 나타났고, MP사료 실험구가 EP사료 실험구보다 치어와 육성어 양식에 있어서 높게 나타났다. 치어양성의 경우 EP사료와 MP사료가 각각 내부수익률 19%, 24%였고, 편익비용비율 1.40%, 1.51%, 순현재가치가 693,923,774원, 999,772,457원으로 분석되었다. 육성어양성의 경우도 EP사료와 MP사료 실험구가 내부수익률 17%, 21%, 편익비용비율 1.34, 1.43, 순현재가치가 273,767,844원, 425,989,882원으로 나타났다.

한편, 넙치배합사료 현장적용시험을 통한 배합사료 급이 양식장 외에 수년간 배합사료를 급이하는 방식으로 넙치양식장을 운영하고 있는 실제 사례비교로서 제주지역의 K수산을 선정, 그 수익성과 경제성을 평가해 본 결과 수익성이 21.10%로 나타났고, 경제성의 경우 내부수익률이 11%, 편익비용비율이 1.27, 순현재가치가 312,936,683원으로 분석되었다.

결론적으로 수익성은 삼형수산 실험구> K수산> 명천수산 실험구로 나타났고, 경제성 또한 동일하였다. 본 실험의 목적인 EP사료 실험구와 MP사료 실험구를 비교해 보면, 명천수산 실험구에서는 EP사료 급이방식이 약간 높은 수익성과 경제성을 보이고 있었으며, 반대로 삼형수산 실험구에서는 MP사료 실험구가 EP사료 실험구보다 수익성과 경제성이 높게 나타났다. 결국 삼형수산이나 명천수산 모두 사료형태에 따른 생물학적 성장차이는 없는 것으로 분석되었지만, 본 분석에서 나타난 수익률과 경제성은 생존율, 원가관리, 출하가격 영향에 의해 차이가 나타나게 된다. 따라서 양식장의 수익성과 경제성 제고는 양식원가관리 능력과 출하가격을 높이기 위한 출하시기 조절 및 철저한 기술력 향상을 통하여 생존율을 얼마나 높여 양식경영의 안정성을 유지하느냐에 달려 있다.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

1. 목표 달성도

연구항목	주관기관	연간계획	추진실적	달성도
1. 성장도 조사	양식사료연구센터	월 1회	11회 (07. 12~08. 11)	100%
2. 환경 조사	제주수산연구소	월 1회	12회 (07. 12~08. 11)	100%
3. 건강도 조사	제주수산연구소	월 1회	12회 (07. 12~08. 11)	100%
4. 육질 평가	양식사료연구센터	총 5회 (관능평가 1회)	6회 (08. 1~08. 11)	100%
5. 경제성 평가	정책홍보과(본원)	수시	현장조사 5회 (07. 12~08. 11)	100%

※ 07. 11월말 ~ 12월초까지 실험어 배치하고, 07년 12월부터 조사하였음

2. 관련분야 기여도

가. 정량적 기여

- 현재 해산어류 양식에 사용되는 50여만톤의 생사료를 배합사료로 전환한다면, 사료회사에서는 배합사료 사용으로 약 10만톤의 어류 생산에 소요되는 배합사료 15만톤 생산으로 약 3,000억원, 5만톤 정도의 수입사료 대체효과로 약 1000억원 등의 매출이 예상
- 단미사료, 양식 자동화 등의 양식 및 사료관련 산업 활성화 예상 및 이에 따른 고용 창출 가능

나. 정성적 기여

- 생사료 대체 가능한 배합사료가 보급되면, 생사료 사용으로 인한 영양소 불균형에서

유래되는 영양성 질병 및 병원균의 전염 예방, 사료 유실로 인한 수질오염원 감소, 연안자원 보호, 냉동보관, 유통 및 소요 노동력이나 시간 낭비 감소 등을 해결

- 배합사료 회사에서는 품질향상된 실용 배합사료 개발에 투자
- 배합사료 보급에 따른 안정적인 양식 어류생산량 예측 가능
- 양식 생산물의 수요과 공급 조절 가능
- 국내 배합사료를 공급함으로써 기존 수입사료를 대체 및 수출로 국가경쟁력 제고
- 배합사료 사용으로 사료의 자동공급 체계 구축 등 양식자동화 시스템이 가능

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

- 연구기관, 대학, 사료회사 및 양식어업인이 참여하는 지역별(제주 등) 현장 적용시험을 실시하여 배합사료의 효과를 증명하고, 산·학·연 합동 현장 설명회를 통한 배합사료 사용 유도
- 배합사료 직불제는 배합사료 사용확대에 큰 역할을 하고 있으므로 지원단가 상향 조정 등 일부 문제점을 보완하여 지속적으로 실시
- 궁극적으로 양식장 오염총량제 도입 등을 통하여 생사료 사용을 점진적으로 규제하는 것을 검토
- 산·학·연 협의체를 구성하여 세미나 또는 간담회 개최를 통한 배합사료의 품질, 가격 등에 대한 발전방향 제시
- 사료회사는 수과원의 양식사료 검정기능과 사료회사간 선의의 경쟁을 통하여 품질향상이 되도록 노력
- 배합사료 사용으로 인한 현장 양어가들에게 이용 가능하도록 실용배합사료의 효율적인 급이방법을 양어가들에게 지도하여 양식에 의한 수질오염의 감소뿐만 아니라 생산성 향상과 소득증대를 도모
- 생사료에 대한 문제점 제시와 배합사료 사용에 대한 필요성을 생산성향상 및 경제성 관점에서 사료회사, 양어가, 대학 및 연구기관에 지도 및 홍보를 통해 사료에 대한 불신을 없애고 실용배합사료를 사용하도록 적극 유도하여 수질오염을 방지하여 환경친화적 양식 유도
- 실용배합사료의 개발 및 기술의 선점을 통한 WTO 체재하의 현실에서 배합사료의 수출시장 확대 및 양어사료의 품질 우위로 인한 양식산업에 있어 국제 경쟁력을 강화

제 6 장 참고문헌

- Huss H. H. Fresh Fish: Quality and quality changes. FAO, Rome, Italy (1988)
- Lee K. H, Lee YS. Muscle quality of cultured and wild red sea bream(*Pagrosomus auratus*). *Kotran J. Soc. Food Sci.* 15: 639-644 (1999)
- Alam, M. S., S. I. Teshima, S. Kosiho and M. Ishikawa, 2002. Arginine requirement of juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus* estimated by growth and biochemical parameters. *Aquaculture*, 205, 127-140.
- Alam, M. S., S. I. Teshima, S. Kosiho and M. Ishikawa. 2002. Arginine requirement of juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus* estimated by growth and biochemical parameters. *Aquaculture*, 205, 127-140.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists), 1984, Official methods of analysis, 16th edition. AOAC International, Arlington, Virginia.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1984, Official Methods of Analysis, 16th edition. AOAC International, Arlington, Virginia.
- AOAC(Association of Official Analytical Chemists), 1990. Official Methods of Analysis, 15th edition. Association of official Analytical Chemists. Arlington, VA, USA.
- Bai, S. C., Y. T. Cha and X. J. Wang, 2002. A preliminary study on the dietary protein requirement of larval Japanese flounder. *North American Journal of Aquaculture*, 63, 92-98.
- Brett, J. R. and D. A. Higgs., 1970. Effects of temperature on rate of gastric digestion in fingerling sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka*. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 27, 1767-1770.
- Busboom JR, Miller GJ, Field RA, Crouse JD, Riley ML, Nelms GE, Ferrell CL. Characteristics of fat from heavy ram and wether lambs. *J. Animal Sci.* 52: 83-92 (1981)
- Cho, C. Y. 1993. Digestibility of feedstuffs as a major factor in aquaculture waste managements. In: Kaushik, S.J. & P. Luquet(Eds.). *Fish Nutrition in Practice*. INRA Press, Paris. pp. 364-374.

- Cho, S. H., S. M. Lee and J. H. Lee, 2005. Effects of the extruded pellets and raw fish-based moist pellet on growth and body composition of flounder, *Parlichthys olivaceus* for 10 months. J. Aquaculture, 18, 60-65.
- Cho, S. H., S. M. Lee and J. H. Lee. 2005. Effects of the extruded pellets and raw fish-based moist pellet on growth and body composition of flounder, *Parlichthys olivaceus* for 10 months. J. Aquacult. 18, 60-65.
- Choi, S. M., K. M. Han, X. J. Wang, S. H. Lee and S. C. Bai. 2004. Quality evaluation of domestic and foreign extruded pellets and moist pellet based on biochemical analyses for juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. J. Aquacul. 17, 144-150.
- Doughty, C. R. and C. D. Mcphall. 1995. Monitoring the environmental impacts and consent compliance of freshwater fish farms. Aquacult. Res. 26, 557-565.
- Dryden FD, Marchello JA. Influence of total lipid and fatty acid composition upon the palatability of three bovine muscles. J. Anim. Sci. 31: 36-43 (1970)
- Duncan DB. Multiple-range and multiple F tests. Biometrics. 11: 1-42 (1955)
- Fletcher GC, Statham JO. shelf life of sterile yellow-eyed mullet(*Aldrichetta forsteri*) at 4°C. J. Food Sci. 53: 1030-1035 (1988)
- Folch J, Lees M, Sloane Stanley GH. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J. Biol. Chem. 226: 497-509 (1957)
- Forster, I. and H. Y. Ogata, 1998. Lysine requirement of juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus* and juvenile red sea bream, *Pagrus major*. Aquaculture, 161, 131-142.
- Garrido, L. G., R. M. Chapuli and A. V. Andres, 1990. Serum cholesterol and triglyceride levels in *Scyliorhinus canicula* (L.) during sexual maturation. J. Fish Biol., 36, 499-509.
- Gatta, P. P., Thompson, K. D., Smullen, R., Piva, A., Test, S. and Adams, A. : Dietary organic chromium supplementation and its effect on the immune response of rainbow trout(*Oncorhynchus mykiss*). Fish & Shellfish Immunol., 11 : 371-382, 2001.
- Gordon, R. B. 1968. Distribution of transaminase (Aminotransferases) in the tissues of the pacific salmon, with emphasis on the properties and diagnostic use of

- glutamic oxaloacetic transaminase. J. Fish. Res. Bd. Can., 25, 1247-1268.
- Gordon, R. B., 1968. Distribution of transaminase (Aminotransferases) in the tissues of the pacific salmon, with emphasis on the properties and diagnostic use of glutamic oxaloacetic transaminase. Journal of fish. Res. Bd. Can., 25, 1247-1268.
- Grinde, B. : Lysozyme from rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson, as an antibacterial agent against fish pathogens. J. Fish Dis., 12 : 95-104, 1989.
- Grundy SM. Comparison of monounsaturated fatty acids and carbohydrates for lowering plasma cholesterol. N. Engl. J. Med. 314: 2855-2856 (1986)
- Hardy, R. W., W. T. Fairgrieve and T. W. Scott. 1993. Periodic feeding of low-phosphorus diet and phosphorus retention in rainbow trout. In: Kaushik, S. J. & P. Luquet (eda.). Fish Nutrition in Practice. INRA Press, Paris pp. 403-412.
- Hasimoto HR. Taste of marine products. Cookery Sci. 5: 2-7 (1972)
- Hong CH, Lee JM, Kim KS. Changes of nucleotides in the raw fishes during the aquarium storage. Korean J. Food Sci. Technol. 36: 379-384 (2004)
- Ioka H, Yamanaka H. Quality evaluation of the muscle of cultured plaice fed with three different diets. Nippon Suisan Gakkaishi, 63: 370-377 (1997)
- James W Meade(1989), Aquaculture Management. Van Nostrand Reinhold. newyork. Shang.
- Jauncey, K., 1982. The effects of varying dietary protein level on the growth, food conversion, protein utilization and body composition of juvenile tilapias (*Sarotherodon mossambicus*). Aquaculture, 27, 43-54.
- Jeon, I.G. 2004. The present condition of Korean aquaculture. Proceeding of the Korea-Japan International Symposium on Aquaculture. Yosu, pp. 9.
- Kikuchi, K., T. Furuta and H. Honda, 1997. Use of Meat and Bone Meal as a protein source in the diet of juvenile japanese flounder. Fisheries Science, 63, 29-32.
- Kikuchi, K., T. Furuta and H. Honda. 1997. Use of meat and bone meal as a protein source in the diet of Juvenile Japanese flounder. Fish. Sci. 63, 29-32.
- Kim HY, Shin JW, Park HO, Choi SH, Jang YM, Lee SO. Comparison of the taste compounds of red sea bream, rockfish and flounders differing in the localities

- and growing conditions. Korean J. Food Sci. Technol. 32: 550-563 (2000)
- Kim HY, Shin JW, Sim GC, Park HO, Kim HS, Kim SM, Cho JS, Jang YM. Comparison of the taste compounds of wild and cultured eel, puffer and snake head. Korean J. Food Sci. Technol. 32: 1058-1067 (2000)
- Kim KW, Kang YJ, Kim KD, Choi SM, Lee JY, Moon Lee HY, Bai SC C. Long-term evaluation of muscle quality of the olive flounder, *Paralichthys olivaceus*, fed with extruded pellet. J. of Aquaculture, 20: 51-55 (2007)
- Kim, G. U., H. S. Jang, J. Y. Seo and S. M. Lee. 2005d. Effect of feeding frequency of extruded pellet on growth and body composition of juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus* during the winter season. J. Aquacult. 18, 31-36.
- Kim, J. D., S. H. Shin, K. J. Cho and Y. H. Lee, 2002c. Effect of daily and alternate day feeding regimens on growth and food utilization by juvenile flounder. J. Aquaculture, 15, 15-21.
- Kim, J. W., Park, S. I. and Chun, S. K. : Purification and antibacterial effect of lysozyme from flounder, *Paralichthys olivaceus*. J. Fish Pathol., 5 : 87-92, 1992. (in Korean)
- Kim, K. D. and S. M. Lee, 2004. Requirement of dietary n-3 highly unsaturated fatty acids for juvenile flounder *Paralichthys olivaceus*. Aquaculture, 229, 315-323.
- Kim, K. D. and S. M. Lee. 2004. Requirement of dietary n-3 highly unsaturated fatty acids for juvenile flounder *Paralichthys olivaceus*. Aquacult. 229, 315-323.
- Kim, K. D., S. M. Lee, H. G. Park, S. C. Bai. and Y. H. Lee, 2002b, Essentiality fo dietary n-3 highly unsaturated fatty acids in juvenile japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. Journal of the World Aquaculture Society, 33, 432-440.
- Kim, K. M., K. D. Kim, S. M. Choi, K. W. Kim and H. Y. Lee. 2005c. Optimum feeding frequency of extruded pellet for growth of juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus* during the summer season. J. Aquacult. 18, 231-235.
- Kim, K. W., X. J. Wang and S. C. Bai, 2002a. Reevaluation of the Dietary Protein Requirement of Japanese Flounder *Paralichthys olivaceus*. Aquaculture research, 33, 673-679.

- Kim, K. W., X. J. Wang and S. C. Bai. 2002. Reevaluation of the dietary protein requirement of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. *Aquacult. Res.* 33, 673-679.
- Kim, K. W., X. J. Wang, S. M. Choi, G. J. Park and S. C. Bai, 2004, Evaluation of optimum dietary protein-to-energy ratio in juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Aquaculture research*, 35, 250-255.
- Kim, K. W., X. J. Wang, S. M. Choi, G. J. Park and S. C. Bai. 2004, Evaluation of optimum dietary protein-to-energy ratio in juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Aquacult. Res.* 35, 250-255.
- Kim, K. W., Y. J. Kang, K. M. Kim, H. Y. Lee, K. D. Kim and S. C. Bai. 2005b. Long-term evaluation of extruded pellet diets compared to raw fish moist pellet diet for growing flounder, *Paralichthys olivaceus*. *J. Aquacul.* 18, 225-230.
- Kim, K. W., Y. J. Kang, S. M. Choi, X. J. Wang., Y. H. Choi, S. C. Bai, J. Y. Jo and J. Y. Lee. 2005a, Optimum dietary protein levels and protein to energy ratios in olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. *J. World Aquacult. Res.* 36, 165-178
- Kubicek CP, Honlinger C, Jaklitsch WM, Affenzeller K, Mach R. Regulation of lysine biosynthesis in the fungus *Penicillium chrysogenum*. In *Amino Acids: chemistry, biology and medicine*. Lubec G, Rosenthal GA, eds. Escom, Leiden. p 1029-1034 (1990)
- Kwon, M. G., Kim, Y. C., Shon, Y. C. and Park, S. I. : The dietary effects of kugija, *Lycium chinense*, on immune responses of nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, to *Edwardsiella tarda*. *J. Fish Pathol.*, 12 : 73-81, 1999. (in Korean)
- Lee KH, Lee YS. Muscle quality of cultured olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Korean J. Soc. Food Sci.* 13: 448-452 (1997)
- Lee KH, Lee YS. Observation of muscle structure and DSC measurement of collagen of the cultured and wild red sea bream and flounder. *Korean J. Soc. Food Cookery Sci.* 17: 549-554 (2001)
- Lee KH, Lee YS. The effect of lipid and collagen content, drip volumn on the muscle hardness of cultured and wild red sea bream (*Pagrosomus auratus*) and flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Korean J. Soc. Food Sci.* 16: 352-357 (2000)

- Lee, C. H., 1993, The development of ceroidosis in cultured flounder, *paralichthys olivaceus*. *Journal of Fish Pathology*, 6, 143-161.
- Lee, S. M., C. S. Park and I. C. Bang, 2002. Dietary protein requirement of young Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* fed isocaloric diets. *Fish. Sci.*, 68, 158-164.
- Lee, S. M., J. Y. Seo, Y. W. Lee, K. D. Kim, J. H. Lee and H. S. Jang. 2005. Evaluation of experimental extruded pellet, commercial pellet and raw fish-based moist pellet for growing flounder, *Paralichthys olivaceus*. *J. Aquacult.* 18, 287-292.
- Lee, S. M., K. D. Kim and S. P. Lall, 2003. Utilization of glucose, maltose, dextrin and cellulose by juvenile flounder. *Aquaculture*, 221, 427-438.
- Lee, S. M., S. H. Cho and K. D. Kim, 2000. Effects of dietary protein and energy levels on growth and body composition of juvenile flounder *Paralichthys olivaceus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 31, 306-315.
- Lunt DK, Smith SB. Wagyu beefs holds profit potential for U.S. feed lot. *Feedstuffs*, 19: 18-26 (1991)
- Ministry of Maritime Affairs and fisheries (MOMAF), 2004. 해양수산부 MOMAF (Ministry of Maritime Affairs and Fisheries). 2005.
- Morishita T, Uno K, Araki T, Takahashi T. Comparison of the fatty acid compositions in cultured red sea bream differing the localities and culture methods, and those in wild fish. *Bull. Japan Soc, Sci, Fish*, 55: 847-852 (1989)
- Morishita T, Uno K, Araki T, Takahashi T. Comparison of the fatty acid compositions in cultured red sea bream differing the localities and culture methods, and those in wild fish. *Bull. Japan Soc, Sci, Fish*, 55: 847-852 (1989)
- Mosconi-Bac, N., 1987, Hepatic disturbances induced by an artificial feed in the sea bass (*Dicentrarchus labrax*) during the first year of life. *Aquaculture*, 67, 93-99.
- Murai, T., T. Akiyama and T. Takeuchi, 1985, Effect of dietary protein and lipid levels on performance and carcass composition of fingerling carp. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish*, 51, 605-608.
- Nakagawa H, Kumai H, Nakamura M, Kasahara S. Effect of algae supplemented diet on serum and body constituents of cultured yellow tail. *Bull. Japan Soc, Sci,*

- Fish, 51: 279-286 (1985)
- Nandeesh, M. C., S. S. De Silva and D. S. Murthy, 1995, Use of mixed feeding schedules in fish culture: performance of common carp, *Cyprinus carpio* L., on plant and animal protein based diets. *Aquaculture Research*, 26, 161-166.
- National Research Council (NRC). Nutrient Requirements of Fish. National Acad. Press, Washington, DC, 1993.
- New, M. B., 1999, Global Aquaculture: Current trends and challenges for the 21st Century. *World Aquaculture*, 30, 8-13.
- NRC (National Research Council) 1993. Nutrient Requirements of Fish. National Acad. Press, Washington, DC. pp 114.
- Ohshima T, Wada S, Koizumi C. Comparison of lipids between cultured and wild sea breams. *Bull. Japan Soc. Sci. Fish*, 49: 1405-1409 (1983)
- Ohshima T, Widjaja HD, Wada S, Koizumi C. A comparison between cultured and wild ayu lipids. *Bull. Japan Soc, Sci, Fish*, 48: 1795-1801 (1982)
- Park BH, Park SH, Jo JS. A study on the organoleptic characteristics and changes in freshness of cultivated and wild *Paralichthys olivaceus* during storage. *Korean J. Soc. Food Cookery Sci.* 19: 72-78 (2003)
- Park, S. W., Kim, Y. G. and Choi, D. L. : Increase in phagocytic activity of peripheral neutrophil and lysozyme activity of blood serum in Korea catfish (*Silurus asotus*) intraperitoneally injected with β -glucan. *J. Fish Pathol.*, 9 : 87-93, 1996. (in Korean)
- Parry, R. M., Chandau, R. C. and Shahani, R. M. : A rapid and sensitive assay of muramidase. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 119 : 384-386, 1965.
- Peres, H. and A. Oliva-Teles, 1999, Effect of dietary lipid level on growth performance and feed utilization by European sea bass juvenile (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture*, 179, 325-334.
- Peres, H. and A. Oliva-Teles. 1999, Effect of dietary lipid level on growth performance and feed utilization by European sea bass juvenile (*Dicentrarchus labrax*). *Aquacult.* 179, 325-334.
- Rodriguez-Serna, M., M. A. Olvera-Novoa and C. Carmona-Osalde, 1996. Nutritional

- value of animal by-product meal in practical diets for Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) fry. *Aquaculture Research*, 27, 67-73.
- Rodriguez-Serna, M., M. A. Olvera-Novoa and C. Carmona-Osalde. 1996. Nutritional value of animal by-product meal in practical diets for Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) fry. *Aquacul. Res.* 27, 67-73.
- Sato M, Yoshinaka R, Nishinaka Y, Morimoto H, Kojima T, Yamamoto Y, Ikeda S. Comparison of nutritive components in meat of wild and cultured bastard halibut *Paralichthys olivaceus*. *Bull. Japan Soc, Sci, Fish*, 52: 1043-1047 (1977)
- Sato, T. and K. Kikuchi, 1997. Meat meal as a protein source in the diet of juvenile Japanese flounder, *Fishries Science*, 63, 877-880.
- Sato, T., 1998, Development of formulated feeds for juvenile Japanese flounder. Ph. D thesis. Tokyo University of Fisheries, Tokyo, Japan.
- Scott, M. L., M. G. Nesheim and R. J. Young, 1976, Feedstuffs for poultry. In: *Nutrition of the Chicken*, 2nd edn. M. L. Scott and Associates, Ithaca, NY, Chapter 8, 428-466.
- Seo, J. Y., J. H. Lee, G. U. Kim and S. M. Lee. 2005. Effect of extruded and moist pellets at different feeding rate on growth and body composition of juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus*. *J. Aquacult.* 18, 26-30.
- Serrano, J. A., G. R. Nematipour and D. M. Gatlin, 1992, Dietary protein requirement of the red drum (*Sciaenops ocellatus*) and relative use of dietary carbohydrate and lipid. *Aquaculture*, 101, 283-291.
- Sim, D. S., S. H. Jung, and S. D. Lee. 1995. Changes of blood parameters of the cultured flounder *Paralichthys olivaceus* naturally infected with *Staphylococcus epidermidis*. *Bull. Natl. Fish. R & D Agency*, 49, 149-155.
- Springate, J. 1991. Extruded diets-worth the extra. *Fish Farmer*, 1-45pp
- Suyama M, Hirano T, Okada N, Shibuya T. Quality of wild and cultured ayu- I : On the proximate composition, free amino acids and related compounds. *Bull. Japan Soc, Sci, Fish*, 43: 535-540 (1977)
- Takada M, Li ZK, Hattori T, Kitai ST. Astroglia ablation by the glutamate analogue

- gliotoxin α -aminoadipic acid prevents 1-methyl-4-phenyl-1, 2, 3, 6-tetrahydropyridine-induced nigrostriatal neuronal death. In *Amino Acids: chemistry, biology and medicine*. Lubec G, Rosenthal GA, eds. Escom, Leiden. p 519-528 (1990)
- Viola, S., S. Mokady and Y. Arieli. 1983. Effects of soybean processing methods on the growth of carp (*Cyprinus carpio*). *Aquacult.* 32, 27-38.
- Wang, X. J., K. W. Kim and S. C. Bai, 2002, Effects of different dietary levels of L-ascorbyl-2-polyphosphate on growth and tissue vitamin C concentrations in juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus*, *Aquaculture research*, 33, 261-267.
- Whittington FM, Prescott NJ, Wood JD, Enser M. The effect of dietary linoleic acid on the firmness of backfat of 85kg live weight. *J. Science Food and Agri.* 37: 753-761 (1986)
- Y. C.(1981), *Aquaculture Economics*, Westview.
- Yamaguchi S. The synergistic taste effect of monosodium glutamate and disodium 5'-inosinate. *J. Food Sci.* 32: 473 (1967)
- Yang ST, Lee EH. Taste compounds of fresh water fishes: 5. Sensory evaluation of taste components in the extract of wild common carp and korean snakehead meat. *Bull. Korean Fish. Soc.* 15: 303-311 (1982)
- Yang ST, Lee EH. Taste compounds of fresh water fishes: 9. Taste compounds of wild loach meat. *Bull. Korean Fish. Soc.* 17: 177-183 (1984)
- 국립수산과학원, 2005.12. 넙치양식의 경제성분석.
- 국립수산과학원, 2006.4. 넙치양식표준지침서.
- 김기수 · 배승철 · 최재영 · 김우경, 1998.6. 양어사료의 어분대체품 개발의 경제성분석. *수산경영론집* 29(1). 한국수산경영학회.
- 김도훈 · 오태기, 2007.6. 양식업 배합사료 직접지불제의 적정지원수준결정에 관한 연구 : 직접지불제의 생산 및 소득효과분석을 중심으로. *수산경영론집* 38(1). 한국수산경영학회.
- 김인태, 1997. 순환여과식 양식 산업 개발. 수산과학원 하이테크 (김영설, 정도현 편저), 부산수산대학교 해양과학공동연구소, 113pp.
- 어윤양 · 박영병, 1997. 우리나라 넙치양식 기술형태별 분석. *수산경영론집* 28(2). 한국수산

경영학회.

오상필, 김대환, 이정재, 정용욱, 송춘복, 이제희, 허문수: 제주도양식넙치의 세균성질병 발생상황(1991-1997). 한국어병학회지.11; 13-27, 1998.

이용두, 김창영, 강문필. 2002. 전기분해 처리에 의한 양식장 배출수의 수질특성에 관한 연구. 한국수처리기술연구회지, 10(1), 41-49.

이용두, 김현희, 송희경. 2001. 육상수조식 양식장의 오염물질 배출특성. 한국수처리기술연구회지, 9(3), 105-114.

임경희, 2005. 양식어류용 배합사료의 품질 제고를 위한 제도개선의 시급성. 한국해양수산개발원, 제1182호 p. 1~8.

지승철, 문경수, 유진형, 이시우, 김호범, 정관식. 2007. 시판 넙치용 배합사료의 품질평가. 한국수산학회지, 38(5), 291-297.

진창남, 이창훈, 오상필, 정용욱, 송춘복, 이제희, 허문수: 제주도양식넙치, *Paralichthys olivaceus*의 스쿠티카충병 발생동향. 한국어병학회지.16; 135-138, 2003.

차선희 · 조미란 · 이정석 · 제종선 · 전유진, 2008. 키토산과 목초액 혼합용액 코팅제로 코팅한 EP(extrude pellet) 사료가 양식넙치에 미치는 영향. 한국키토산학회지 13(3) p. 140~152.

해양수산부: 해양환경공정시험방법, 해양수산부, 2002.

황진욱 · 이승우 · 류정근, 1997.6. 넙치양식업의 경영실태와 경쟁력 제고방안 연구. 국립수산진흥원 연구보고.

황진욱 · 최정윤 · 박영병, 2002.6. 수산시험연구사업과 경제성평가. 태화출판사.

제 7 장 참고자료

제 1 절 시행지침

배합사료 현장적용 시험사업(제주지역) 시행지침

1. 목 적

- '04이후 추진하는 “환경친화형 배합사료 지원사업”과 관련, 제주 지역 넙치 양식장은 배합사료의 품질에 대한 신뢰도 저하로 배합사료 사용 어가는 전체 양식어가(287가구)의 3.1%(8가구)로 극히 저조한 실정임
- 따라서 WTO/DDA, FTA 대비 국제 경쟁력 강화에 필요한 배합사료 품질의 우수성, 경제성, 편리성 등을 현장에서 인근 대어업인에 대한 홍보를 할 목적으로 추진 필요

2. 추진방향

- 제주해수어류양식수협에서 시험양식장(2개소), 사료회사(1개사)를 선정하고 사업계획서 작성, 해양수산부에 제출
- 국립수산물과학원 양식사료연구센터에서 주관, 세부과제별 추진계획 수립 시행
- 동 사업에 참여하는 시험양식장을 소유한 양식어업인은 양식장 운영 경비, 치어구입, 약품 등 기타 경비를 부담하고, 배합사료 사용금액의 20% 부담

3. 사업추진 계획

- 기간 : 2007년 10월 ~ 2008년 12월
- 사업비 : 550백만원 (운영비 : 국고 100%, 사료비 : 국고 80%, 양식어업인 20%)
- 사업집행주체 : 제주해수어류양식수협(이하 “수협”)
- 사업내용
 - 시험기간 : 치어기부터 출하 상품까지
 - 시험방법 : 생사료와 배합사료로 구분, 양성 비교시험
 - ※배합사료 : 수협에서 선정한 사료회사에서 생산한 넙치 EP사료
 - 사료공급기준 : 생사료는 양식어업인의 관리방식으로 공급하고 배합사료는 국립수산과학원 료연구센터에서 정하는 방식으로 공급
 - 조사항목 : 사료계수, 환경조사, 성장도 조사, 건강도 조사, 육질 평가, 경제성 평가 등
 - 생산물 처리 : 생산비용, 경영비용, 기타비용 등을 제외한 수익은 양식어업인의 수익으로 처리하되, 질병발생, 성장지연, 기타재해 등에 의한 손실발생에 대하여는 양식어업인 부담

4. 사업추진 체계

- 사업계획서 신청 및 확정
 - 사업계획서(양식장, 사료회사 선정) 신청(수협) → 검토, 보고(사료연구센터) →사업확정(해수부 양식과) → 국립수산과학원 양식사료연구센터, 수협 등
- 사업비 신청·교부·지급(분기별)
 - 사업비 요청(수협) → 검토, 보고(국립수산과학원 양식사료연구센터) → 사업비 교부(해양수산부) → 사업비 집행(수협) → 사업비 지급(사료연구센터, 사료회사)

○ 사업비 정산(분기별)

- 사업비 정산서 제출(수협) → 확인·검수, 보고(국립수산과학원 양식사료연구센터) → 사업비 확정(해수부양식과) → 총무과, 수협

5. 사업시행 요령

○ 시험양식장 선정

- 주관 : 수협 (협조 : 국립수산과학원 양식사료연구센터, 제주특별자치도 등)
 - 기준 : 국립수산과학원 양식사료연구센터에서 제시한 적정 기준 범위를 토대로 수협에서 지역실정에 맞게 수립(절차 포함), 추진
 - 규모 : 사업규모를 감안, 2개소 (수조 구분)
 - 대조구 : 100% 생사료 투여
 - 시험구 : 100% 배합사료 투여
- ※ 사전 양식어업인에 대하여 충분한 이해 설득 필요

○ 사료회사 및 배합사료 선정

- 주관 : 수협 (협조 : 국립수산과학원 양식사료연구센터, 제주특별자치도 등)
- 기준 : 사료관리법 규정에 맞는 EP사료 생산 가능한 회사 중 수협에서 별도 수립한 기준(절차 포함)에 적합한 회사

○ 시험어류 종류 및 크기 등

- 양성(사육) : 치어기부터 상품까지
- 방양 : 양식장 선정 후 사료연구센터에서 심의 결정
- 수온 : 양식장 환경 적용
- 수량 : 양식장 환경 적용

- 급이 : 배합사료는 국립수산과학원 양식사료 연구센터에서 정하는 방식

○ 성장도 조사 및 평가회의

- 회수 : 매월 1회
- 주관 : 국립수산과학원 양식사료연구센터 (협조 : 제주특별자치도, 제주수산연구소, 수협)
- 샘플채취 : 시료채취 등 표본조사는 통계학적 유의성을 고려, 국립수산과학원 양식사료연구센터의 세부실시요령에 따른다.
- 평가 항목 : 증체율, 사료효율, 일간성장율, 사료섭취율, 단백질 전환효율, 비만도, 간중량지수, 생존율 등
- 사료 성분분석 : 사료의 아미노산, 지방산, 지방산패
- 통계처리 : SPSS program을 사용하여 One-way ANOVA-test를 실시한 후 Duncan's multiple range test로 평균간의 유의성 검정

○ 건강도 조사

- 회수 : 매월 1회
- 주관 : 제주수산연구소(협조 : 국립수산과학원 양식사료연구센터, 제주특별자치도, 수협)
- 내용 : 질병 모니터링 등

○ 환경 조사

- 회수 : 매월 1회 이상 (사료투여 1시간 전·후)
- 주관 : 제주수산연구소(협조 : 국립수산과학원 양식사료연구센터, 제주특별자치도, 수협)
- 평가항목 : 사육수의 총인, 총질소, 암모니아, 부유물질 등
- 샘플채취 : 수조별 유입수 및 배출수

○ 육질 평가

- 회수 : 5회
- 주관 : 국립수산과학원 양식사료연구센터 (협조 : 제주특별자치도, 수협)
- 장소 : 주관기관에서 추후 결정
- 평가방법 : 성분분석 및 관능 평가

○ 경제성 평가

- 주관 : 국립수산과학원 양식연구팀(협조 : 국립수산과학원 양식 사료연구센터)
- 평가방법 : 사료종류에 따른 생산성 변동 및 비용의 변화 분석

○ 언론보도 및 대어업인 교육·홍보

- 회수 : 수시
- 주관 : 양식개발과(협조 : 국립수산과학원 양식사료연구센터, 제주수산연구소, 제주별도자치도, 수협)
- 방법 : 월별 적용시험 계획·실적을 토대로 보도 및 홍보 실시
- 내용
 - 생사료 대비, 배합사료 장점 등 (경제성 분석 등)
 - 시험조사결과 등 확보된 자료를 토대로 교육·홍보 추진

6. 행정사항

○ 추진실적 보고(통보)

- 국립수산과학원 사료연구센터에서는 주기적으로 실시한 조사항목의 결과를 분기별로 해양수산부 및 동 사업 참여기관·단체에 보고(통보)한다.

○ 기타사항

- 본 지침에 명시되지 아니한 사항은 보조금의 예산및관리에 관한 법률, 예산회계법, 해양수산사업실시규정이 정하는 바에 의한다.

7. 업무담당기관 및 부서

○ 기관 : 해양수산부 어업자원국 양식개발과

- 국립수산과학원 양식연구팀, 국립수산과학원 양식사료연구센터, 제주수산연구소

○ 단체 : 제주특별자치도 해양수산자원연구소, 제주수협

제 2 절 대상 양식장 및 배합사료 선정

1. 대상 양식장 선정

□ 개요

- 07. 7. 25 : 배합사료 사료회사 선정기준 마련(해수부)
- 07. 7. 30 ~ 8. 06 : 시험 양식장 모집공모(제주수협)
- 07. 8. 17 : 시험양식장 선정위원회 개최 및 양식장 선정(제주수협)
 - 영어조합법인명천, 양지수산 2곳 선정
- 07. 8. 20 : 양지수산 사업포기서 제출
- 07. 8. 23 : 시험양식장 추가 모집 공고(제주수협)
- 07. 9. 06 : 시험양식장 선정 서면심의 및 양식장 선정(제주수협)
 - 삼형수산 1곳 선정
- 07. 9. 10 : 시험양식장 선정 결과 보고

□ 선정 결과

- 영어조합법인명천(대표 강문일)
 - 어장위치 : 제주시 구좌읍 한동리
 - 수 면 적 : 4,954m² (육상수조식)
 - 실 험 어 : 10g내외, 16만미 보유
 - 수 조 수 : 29개(13×13m 대부분)
- 삼형수산(대표 사성빈)
 - 어장위치 : 서귀포시 표선면 표선리 1311
 - 수 면 적 : 4,761m² (육상수조식)
 - 실 험 어 : 10g 및 100g내외, 14만미 보유
 - 수 조 수 : 40개(8×8m 대부분)

2. 대상 배합사료 선정

□ 개요

- 07. 7. 25 : 사료회사 선정기준 마련(해수부)
- 07. 7. 30 ~ 8. 06 : 사료회사 모집공모(제주수협)
 - 제일사료(주), (주)수협사료, CJ사료(주) 3곳 지원
- 07. 8. 17 : 사료회사 선정위원회 개최 및 회사 선정(제주수협)
 - (주)수협사료 1곳 선정
- 07. 8. 20 : 사료회사 선정 결과 보고

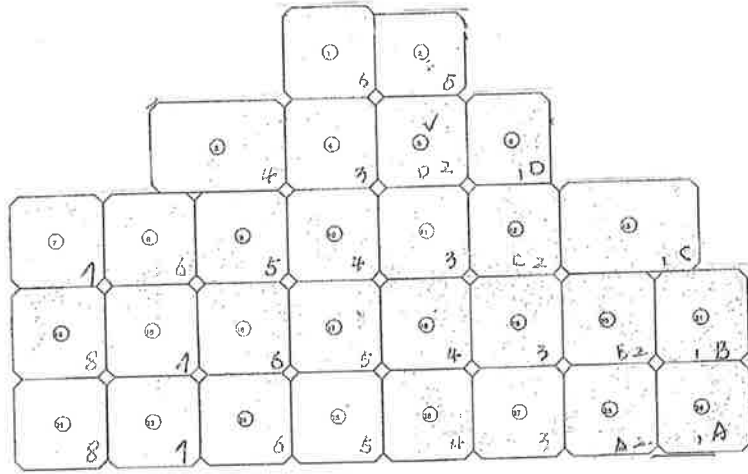
□ 선정 결과

- 사료회사 및 배합사료 선정
 - 기준 : 2007년도 환경친화형 배합사료 지원사업으로 당사에서 생산한 배합사료를 제주지역 넙치양식장에 공급하고 있는 배합사료 제조회사
- (주)수협사료(대표 이동춘)
 - 주소 : 경남 의령군 의령읍
 - 생산능력 : 80톤/일, 3만톤/년
 - 연구원 : 박사 1명, 석사 4명 보유
 - '06 배합사료 생산량 : 14,445톤
 - '06 넙치 EP사료 생산량 : 3,599톤(업계 1위)
 - '06 제주공급 현황 : 1,627톤
 - 사료가격 : 1,824원/kg

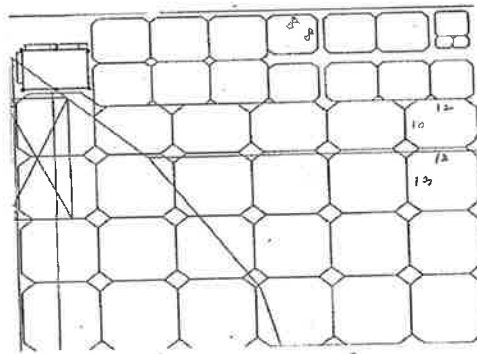
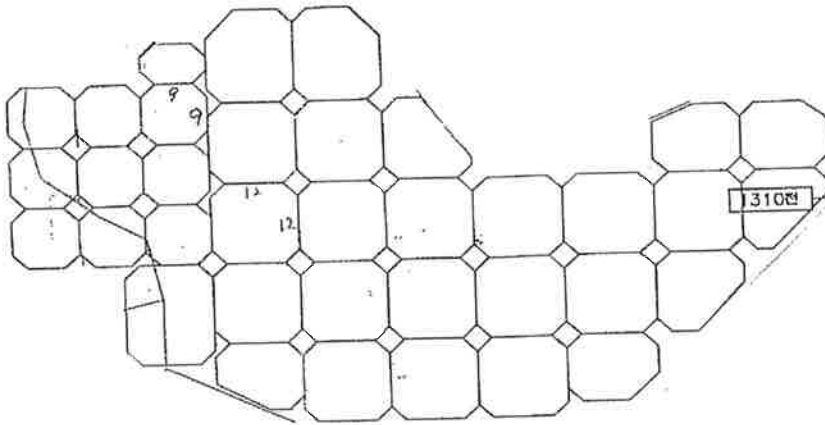
3. 양식장 현황

	명천수산	삼형수산
주 소 (전화번호)	제주시 구좌읍 한동리 ()	서귀포시 표선면 표선리 ()
대표성명	강 문 일(대표)	사 성 빈(대표)
담당연구원	강 우 철 ()	송 기 천 ()
수면적	4,954m ² (1,499평)	4,761m ² (1,442평)
실험어 현황	10g내외, 16만미 보유 (EP 8만, MP 8만)	10g내외, 10만미 보유 100g 내외, 4만미 보유 (EP 7만, MP 7만)
실험어 입식	2007년 10월 초	2007년 10월 초
수조현황	13 × 13m = 25개 13 × 20m = 1개 13 × 17m = 1개 13 × 11m = 2개	6.5 × 6.5m = 8개 8 × 8m = 21개 12 × 13m = 8개
인력	7명	5명
연간생산	130톤	120톤

- 명천수산: 제주시 구좌읍 한동리 (강우철,)
 수조크기- $13 \times 11m^2(27)$, $13 \times 17m^2(1)$, $13 \times 20m^2(1)$



- 삼형수산: 서귀포시 표선면 표선리 (송기천,)
 수조크기- $9 \times 9m^2(10)$, $12 \times 12m^2(26)$, $8 \times 8m^2(13)$, $12 \times 10m^2(5)$, $12 \times 13m^2(19)$



제 3 절 시험사업 세부계획서

1. 제 목

- 넙치 배합사료 제주지역 현장적용시험

2. 목 적

- 생사료 위주의 양식을 배합사료로 전환하기 위하여 양식장 현장에서 어업인과 공동으로 배합사료 품질을 검증하고, 배합사료 사용확대 도모

3. 기 간

- 2007년 10월 ~ 2008년 12월(15개월)

4. 장 소

- 명천수산(제주시 구좌읍 한동리, 대표 강문일)
- 삼형수산(서귀포시 표선면 표선리, 대표 사성빈)

5. 연구내용

가. 연구항목

- 성장도 조사 : 어체측정(증체율, 사료계수 등), 성분분석
- 환경 조사 : 유입수 및 배출수 수질분석
- 건강도 조사 : 질병 모니터링
- 육질평가 : 관능검사, 성분분석 등
- 경제성 평가 : 총수입 및 총지출 항목

나 연구방법

1) 성장도 조사

- 주관기관 : 양식사료연구센터
 - 협조 : 제주수협, 제주수산연구소
- 회수 : 매월 1회

- 실험기간 : 2007년 10월 ~ 2008년 12월 (15개월)
 - 예비사육 기간 : 2007년 10월 ~ 2007년 11월 초
 - 현장시험 기간 : 2007년 11월 초 ~ 2008년 11월(12개월)
- 실험어
 - 명천수산 : 치어 10g내외 16만미(EP 8만미, MP 8만미)
 - 삼형수산 : 치어 20g내외 10만, 육성어 100g내외 4만(EP 7만, MP 7만)
- 실험사료 : 상품사료(EP), 생사료(MP)
 - 상품사료는 수협사료, 생사료는 양식장에서 제조 및 공급
- 실험수조 : 첨부 참조
 - 명천수산 : 27개 (13×13m=25개, 13×19m=1개, 13×17m=1개)
 - 삼형수산 : 37개(6.5m=8개, 8×8m=21개, 12×13m=8개)
- 실험어 측정 및 재배치 계획(아래표 참조)
 - 명천수산 : 16만미(EP 8만미, MP 8만미)
 - 07. 10월 : 실험어 입식 및 예비사육
 - 07. 11월 초 : 실험어 최초 배치
 - 07. 12월 : 1차 분조 및 선별(100g 내외)
 - ※ 실험어 크기에 따라 분조 및 선별 예정(08. 4월, 08. 7월)
 - 실험어 측정 및 재배치 계획

초기무게 (초기미수)		실험기간(12개월)													
		'07 10	11	12	1	'08 2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
10g내외 (160,000)	측정	예비 사육	*	*				*			*				*
	무게(g)	10	20	100				400			600				1,000
	미/수조		15,000	7,500				6,500			5,000				5,000

- 삼형수산 : 14만미(EP 7만미, MP 7만미)
- 07. 10월 : 실험어 입식 및 예비사육
- 07. 11월 중 : 실험어 20g 내외 최초 배치
- 07. 11월 초 : 실험어 100g 내외 최초 배치
- ※ 실험어 크기에 따라 분조 및 선별 예정
- 실험어 측정 및 재배치 계획

초기무게 (초기미수)		실험기간(12개월)													
		'07 10	11	12	1	'08 2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
10g내외 (100,000)	측정	예비	*	*		*			*						*
	무게(g)	10	20	80		200			400						1,000
	미/수조	·	6,000	5000		5,000			5,000						5,000
100g내외 (40,000)	측정	예비	*	*			*			*					*
	무게(g)	50	100	200			400			600				1,000	
	미/수조	·	6,000	5000			5,000			5,000				5,000	

* 수조 크기 : 어류 성장에 따라 6.5m(9월)→8m(10월)→12m(5월)로 분조 및 선별

2) 환경 조사

- 주관기관 : 제주수산연구소(협조 : 사료연구센터, 제주수협)
- 조사시기 : 매월 1회
- 조사방법
 - 조사장소 : 명천수산 및 삼형수산
 - 샘플채취 : 3곳(유입수, EP배출수, MP배출수)
- 평가항목 및 분석
 - 사육수의 총인, 총질소, 암모니아성 질소, 부유물질 등

3) 건강도 조사

- 주관기관
 - 제주수산연구소(협조 : 제주수협, 사료연구센터)
- 조사시기 : 매월 1회
- 조사방법
 - 조사장소 : 명천수산 및 삼형수산
 - 실험구 : 2곳(EP 및 MP 실험구)
- 평가항목 및 분석
 - 질병 모니터링 등

4) 육질평가

- 주관기관
 - 사료연구센터(협조 : 제주수협, 제주수산연구소)
- 평가시기 : 5회(실험종료 후 관능검사 1회)
- 평가방법
 - 성분분석 및 관능평가

5) 경제성 평가

- 주관기관
 - 양식관리팀(협조 : 정책홍보팀, 사료연구센터)
- 평가방법
 - 사료종류에 따른 생산성 변동 및 비용의 변화 분석

6) 홍보 및 활용계획

- 주관기관 : 양식개발과(협조 : 사료연구센터, 제주수산연구소, 양식관리팀, 수협)
- 시기 : 수시
- 방법 : 월별 현장시험 실적을 토대로 보도 및 홍보실시

6. 연구원 구성

- 수산과학원 : 사료센터(8), 양식관리팀(2), 정책홍보팀(3), 제주연구소(6)
- 수협 : 제주해수어류양식수협(5)
- 사료회사 : 수협사료(2)
- 연구원 명단

소 속	성 명	구 분	직 급	연 구 항 목	수 행 내 용
양식사료 연구센터	강용진	책임	연구관	○ 연구총괄	- 연구총괄
	김강웅	참여	연구사	○ 성장도 조사	- 성장도 조사
	이종윤	"	연구관	○ 성장도 조사	- 사료설계
	김경덕	"	연구사	○ 성장도 조사	- 육질평가 및 성분분석
	이해영	"	연구사	○ 육질 평가	- 육질평가
	장미순	"	연구사	○ 육질 평가	- 육질평가
	최세민	"	인턴연구원	○ 성장도 조사	- 어체측정
	허셋별	"	연구보조원	○ 성장도 조사	- 어체측정
국립수산 과학원 (본원)	손맹현	참여	연구관	○ 경제성 평가	- 경제성 평가
	황진욱	"	연구관	○ 경제성 평가	- 경제성 평가 총괄
	김성연	"	연구사	○ 경제성 평가	- 경제성 평가
	김재우	"	연구사	○ 경제성 평가	- 경제성 평가
	김도훈	"	연구사	○ 경제성 평가	- 경제성 평가
제주 연구소	한석중	참여	연구관	○ 환경조사	- 사육실험 총괄
	김경민	"	연구사	○ 성장도 조사	- 사육실험
	이창훈	"	연구사	○ 건강도 조사	- 건강도 조사
	구준호	"	연구사	○ 환경 조사	- 환경조사
	이경수	"	연구보조원	○ 혈액분석	- 혈액 및 질병 분석
	정재훈	"	연구보조원	○ 수질분석	- 수질분석
제주도 해수어류양 식수협	신태범	참여	조합장	○ 성장도 조사	- 사육관리
	김광익	"	상임이사	○ 성장도 조사	- 사육관리
	김재식	"	과 장	○ 성장도 조사	- 사육관리 및 예산집행
	강우철	"	연구보조원	○ 사육관리	- 사료급이
	송기천	"	연구보조원	○ 사육관리	- 사료급이
수협사료	이동춘	"	대표	○ 사료제조	- 사료제조
	박홍식	"	상무	○ 사료제조	- 사료제조 및 급이관리

7. 추진일정

연구내용	'07				'08											
	09	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
양식장 선정 및 사료회사 선정																
성장도 조사																
환경 조사																
건강도 조사																
육질 평가																
경제성 평가																
보고서작성																

주 의

1. 이 보고서는 농림수산식품부에서 시행한 용역과제의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림수산식품부에서 시행한 정책과제의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.