

정부간행물발간등록번호

11-1520635-000072-01

과학원간행물번호

SP-2006-AQ-002

넙치 양식 표준 지침서

(Standard Manual of Olive Flounder Culture)



2006. 4



해양수산부
국립수산과학원
National Fisheries Research and
Development Institute

발 간 사

국내 양식산업은 국민 건강증진과 식량자원의 확보 측면에서 그 중요성이 매우 큼에도 불구하고, WTO/DDA 및 FTA 등 무역 자유화의 세계적인 추세로 인하여 위기 상황에 직면해 있습니다.

국내 양식산업의 대표적 품종인 넙치의 경우, 국립수산물과학원에서 1984년 인공종묘 생산기술을 개발한 이후, 괄목할만한 성장을 지속하여 왔으며, 최근에는 우리나라 연간 전체 어류 양식생산량인 4만톤 중 약 50%를 차지하여 주요 양식어종으로 자리를 확고히 하고 있습니다. 현재 국내 넙치 양식산업은 21세기 대국민 단백질 공급의 역할을 확대 수행해야 할 산업으로서 그 중요성이 점차 증대되고 있으나, 외국산 저가 활어의 대량 수입에 의한 가격하락, 양식종묘의 열성화 등으로 양식경영에 어려움도 겪고 있는 실정입니다.

국내·외 양식여건의 변화에 따라 국립수산물과학원에서는 넙치 양식산업의 지속적인 생산성 유지와 경쟁력 향상을 위하여, 실용 배합사료의 개발, 질병예방을 위한 백신개발과 보급, 육중에 의한 품종의 개량 및 양식시스템의 자동화 등 4대 핵심기술 개발과제를 선정하여 추진하고 있습니다. 이와 더불어 넙치 양식생산의 안정성을 확보하고 생산성을 제고하여 과학적이고 경쟁력 있는 산업으로 육성하기 위한 목적으로 넙치 양식 표준화 연구를 수행하게 되었습니다.

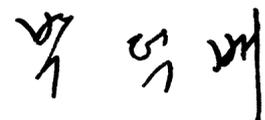
본 연구에서는 2004년부터 2005년까지 2개년에 걸쳐 동·서·남해, 제주 해역별로 표본양식장을 선정, 현장을 직접 방문하여 양식 및 경영 실태를 파악하였습니다. 또한, 국내·외 넙치양식에 대한 문헌자료를 수집, 종합적으로 분석하였습니다. 이러한 연구결과를 토대로 넙치양식의 전 과정을 공정화하여 넙치양식 표준지침서를 발간하게 되었습니다.

이 지침서는 기존에 발간된 넙치양식기술지와는 달리 실제 우리나라 양식현장에서의 친어관리, 종묘생산, 양성관리, 사료공급 및 질병대책 등의 양식기술과 지역별 및 규모별 양식 경제성 분석결과를 제시한 것입니다. 따라서 본 지침서는 양식어업인들의 넙치 양식경영에 있어 길잡이로서, 또한 정책적으로는 현재 시범 사업으로 추진 중인 양식 수산물 생산이력제 도입 등에도 참고자료가 될 것입니다.

끝으로 이 지침서가 발간되기까지 넙치 양식실태 및 경제성 분석 현장 조사에 적극적으로 도와주신 양식어업인 및 지방해양수산청 관계자 여러분께 감사드리며, 우리원 집필진 여러분의 노고에 치하를 드리는 바입니다.

2006. 4.

국립수산과학원장



목 차

| | |
|-------------------------|----|
| 1. 일반현황 및 생태 | 1 |
| 가. 연구 추진 배경 | 1 |
| 나. 넙치 양식의 역사 | 1 |
| 다. 양식장 시설현황 및 생산량 | 2 |
| (1) 어류양식 어업권 현황 | 3 |
| (2) 양식어류 생산량 추이 | 3 |
| 라. 분류 및 특성 | 3 |
| (1) 분류학적 위치 및 명칭 | 3 |
| (2) 넙치의 특성 | 4 |
| (가) 지리적 분포 | 4 |
| (나) 형태적 특성 | 4 |
| (다) 생태적 특성 | 5 |
| (라) 어체 성분 및 구성 | 7 |
| 2. 종묘생산 | 8 |
| 가. 친어 관리 | 8 |
| (1) 친어 확보 | 8 |
| (가) 자연산 친어 | 8 |
| (나) 인공산 친어 | 8 |
| (2) 사육 관리 | 8 |
| (가) 사육 수조 | 8 |
| (나) 먹이 공급 | 10 |
| (다) 사육수 관리 | 10 |
| (라) 친어 수용밀도 | 11 |

| | |
|------------------------|----|
| (마) 성숙 유도 | 11 |
| 나. 산란, 채란 및 부화 | 11 |
| (1) 산란 | 11 |
| (2) 채란 | 12 |
| (가) 채란 방법 | 12 |
| (나) 난의 수집 | 12 |
| (3) 수정란의 수송과 수용 | 13 |
| (가) 난의 수송 | 13 |
| (나) 난의 수용 | 13 |
| (4) 부화 관리 | 13 |
| (가) 부화 방법 | 13 |
| (나) 부화 수온 및 소요시간 | 14 |
| (다) 염분 | 14 |
| 다. 먹이생물 배양 | 14 |
| (1) 클로렐라 배양 | 14 |
| (2) 윤충 배양 | 15 |
| (3) 알테미아 부화 | 16 |
| 라. 자·치어 사육 | 17 |
| (1) 착저기 이전 사육 | 17 |
| (가) 사육 시설 | 17 |
| (나) 사육 관리 | 18 |
| (다) 성장과 생존율 | 20 |
| (2) 착저기 이후 사육 | 21 |
| (가) 사육 시설 | 21 |
| (나) 사육환경 및 사육관리 | 22 |
| (3) 자·치어 수송 | 23 |
| (가) 수송 방법 | 23 |
| (나) 수송 전 조치 사항 | 23 |

| | |
|-------------------------------|----|
| (다) 수송 중 조치 사항 | 23 |
| (라) 수송 후 조치 사항 | 24 |
| 3. 양성방법 및 사육관리 | 25 |
| 가. 육상수조식 양식 | 25 |
| (1) 육상수조식 양식의 특징 | 25 |
| (2) 양식장의 선정 요건 | 25 |
| (3) 양성 시설 | 25 |
| (가) 기반 시설 | 25 |
| (나) 사육 시설 | 27 |
| (다) 기타 양식 설비 및 기자재 | 32 |
| (라) 안전 장치 | 33 |
| (4) 사육 관리 | 34 |
| (가) 종묘 구입 | 34 |
| (나) 종묘 선택 | 34 |
| (다) 종묘 수용량 및 적정 밀도 | 34 |
| (라) 사육어 선별 | 36 |
| (마) 치어기 먹이 공급 | 37 |
| (바) 하계 사육관리 | 38 |
| (사) 냉수대 발생시 사육관리 | 38 |
| (아) 적조 발생시 사육관리 | 39 |
| (자) 하계 어병 예방 | 39 |
| (차) 추계 사육관리 | 40 |
| (카) 동계 사육관리 | 40 |
| (5) 넙치 양성 현장 조사 및 사육 실험 | 41 |
| (가) 전국적인 양성 조건 | 41 |
| (나) 양성장 시설 모식도 | 41 |
| (다) 사육밀도별 현장 실험 결과 | 41 |

| | |
|--------------------------------------|----|
| (라) 지역별 육상수조식 넙치양식장의 성장 비교 | 44 |
| (마) 지역별, 사료 종류별 사육 수질 경시 변화 조사 | 45 |
| 나. 해상가두리 양식 | 50 |
| (1) 양식 적지 | 50 |
| (2) 해상가두리 시설 | 50 |
| (3) 해상가두리 사육 밀도 | 51 |
| | |
| 4. 영양 및 사료 | 56 |
| 가. 사료개발 현황 | 56 |
| 나. 배합사료 영양 기준 | 56 |
| (1) 단백질과 아미노산 요구량 | 56 |
| (2) 단백질/에너지 비 | 57 |
| (3) 지질과 지방산 요구량 | 59 |
| (4) 탄수화물 요구량 | 61 |
| (5) 비타민 요구량 | 62 |
| (6) 미네랄 요구량 | 63 |
| 다. 사료원료 이용성 | 65 |
| (1) 어분대체 사료원 | 65 |
| (2) 사료원료 소화율 | 66 |
| (3) 사료첨가제 | 66 |
| 라. 배합사료 공급체계 | 68 |
| (1) 공급체계 설정 | 68 |
| (2) 공급방법 | 68 |
| 마. 실용배합사료 개발 | 69 |
| (1) 넙치 배합사료 설계 및 제조 | 69 |
| (2) 넙치 배합사료 비교효과시험 | 70 |
| (3) 넙치 배합사료 현장적용시험 | 70 |
| 바. 향후 사료 개발 방향 | 72 |

| | |
|-----------------------------|----|
| 5. 육종 | 73 |
| 가. 넙치 육종 배경 및 필요성 | 73 |
| 나. 육종 프로그램 | 73 |
| 다. 넙치 육종 프로그램 추진 내용 | 75 |
| (1) 어미집단의 유전적 평가 | 78 |
| (2) 지속적인 어미집단의 유전적 관리 | 79 |
| (3) 선발을 통한 우량 종묘 개발 | 79 |
| 6. 질병과 대책 | 80 |
| 가. 개요 | 80 |
| (1) 발병 원인 및 조건 | 80 |
| (2) 질병의 발생요인 | 80 |
| (가) 양식장 환경의 악화 | 80 |
| (나) 보균어의 유입 | 80 |
| (다) 어체 건강도의 저하 | 81 |
| 나. 질병발생시 진단요령 | 81 |
| (1) 질병 진단 방법 | 81 |
| (가) 설문지 조사 | 81 |
| (나) 어군 진단 | 81 |
| (다) 개체 진단 | 81 |
| (라) 배양 | 81 |
| 다. 주요 어병의 종류와 발병 시기 | 81 |
| 라. 바이러스성 질병 | 82 |
| (1) 바이러스성 상피증생증 | 82 |
| (가) 감염증상 | 82 |
| (나) 원인 | 83 |
| (다) 치료 | 83 |
| (라) 예방대책 | 83 |

| | |
|-----------------------|----|
| (2) 해산버나바이러스병 | 84 |
| (가) 감염증상 | 84 |
| (나) 원인 | 84 |
| (다) 치료 | 85 |
| (라) 예방 | 85 |
| (3) 림포시스티스병 | 85 |
| (가) 감염증상 | 85 |
| (나) 원인 | 85 |
| (다) 치료 | 86 |
| (라) 예방 | 86 |
| (4) 랩도바이러스병 | 86 |
| (가) 감염증상 | 86 |
| (나) 원인 | 87 |
| (다) 치료 및 예방 | 87 |
| (5) 바이러스성 신경괴사증 | 87 |
| (가) 감염증상 | 87 |
| (나) 원인 | 88 |
| (다) 치료 및 예방 | 88 |
| 마. 세균성 질병 | 89 |
| (1) 에드워드병 | 89 |
| (가) 감염증상 | 89 |
| (나) 원인 | 89 |
| (다) 치료 및 예방대책 | 90 |
| (2) 활주세균증 | 90 |
| (가) 감염증상 | 90 |
| (나) 원인 | 91 |
| (다) 치료 및 예방대책 | 91 |
| (3) 비브리오팀 | 91 |

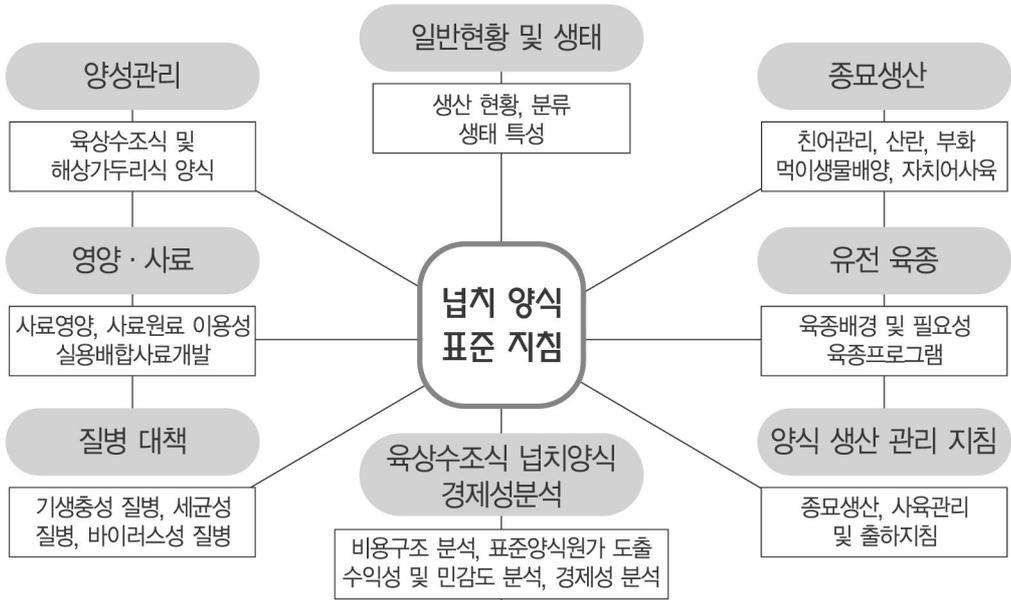
| | |
|-----------------------------|-----|
| (가) 감염증상 | 91 |
| (나) 원인 | 92 |
| (다) 치료 및 예방대책 | 92 |
| (4) 연쇄구균증 | 92 |
| (가) 감염증상 | 92 |
| (나) 원인 | 93 |
| (다) 치료 및 예방대책 | 93 |
| (5) 장관백탁증 | 94 |
| (가) 감염증상 | 94 |
| (나) 원인 | 94 |
| (다) 치료 및 예방대책 | 95 |
| 바. 기생충성 질병 | 95 |
| (1) 백점병 | 95 |
| (가) 감염증상 | 95 |
| (나) 원인 | 95 |
| (다) 치료 및 예방대책 | 96 |
| (2) 트리코디나병 | 96 |
| (가) 감염증상 | 96 |
| (나) 원인 | 96 |
| (다) 치료 및 예방대책 | 97 |
| (3) 스쿠티카병 | 97 |
| (가) 감염증상 | 97 |
| (나) 원인 | 98 |
| (다) 치료 및 예방대책 | 98 |
| 7. 육상수조식 넙치 양식 경제성 분석 | 102 |
| 가. 넙치 양식업 비용 구조분석 | 102 |
| (1) 넙치 양식 경제성 분석 개요 | 102 |

| | |
|------------------------------------|-----|
| (2) 넙치 양식업체 현황 조사 | 102 |
| (3) 비용구조 분석 | 102 |
| (가) 지역별 양식 비용 구조 특성 | 102 |
| (나) 지역별 양식 비용 | 104 |
| (다) 규모별 양식 비용 | 106 |
| (4) 양식 이익 | 107 |
| (가) 지역별 양식 이익 | 107 |
| (나) 규모별 양식 이익 | 107 |
| 나. 표준양식원가 도출과 수익성 분석 | 109 |
| (1) 지역별 양식규모에 따른 넙치 양식생산량 비교 | 109 |
| (2) 표준 양식원가 산정을 위한 기본 값의 추정 | 109 |
| (가) 표준 종묘비의 추정 | 110 |
| (나) 표준 사료비의 추정 | 111 |
| (다) 기타 표준원가의 추정 | 113 |
| (3) 지역별 표준양식원가의 추정 | 118 |
| (가) 지역별 표준원가 추정을 위한 기본 값 | 118 |
| (나) 지역별·규모별 표준 양식 원가 | 119 |
| (4) 넙치 표준 양식소득 도출 | 120 |
| (가) 지역별 판매 가격 변동에 따른 양식 소득 | 120 |
| (나) 규모별 판매 가격 변동에 따른 양식 소득 | 128 |
| (5) 넙치 양식의 수익성 분석 | 132 |
| (가) 투자수익률 분석 | 132 |
| (나) 매출액에 대한 순이익률 분석 | 135 |
| 다. 민감도분석과 경제성분석 | 137 |
| (1) 넙치 양식비용의 특성 분석 | 137 |
| (가) 수익성 분석을 위한 양식장 분류 | 137 |
| (나) 양식비용 특성 분석 | 139 |
| (다) 양식장 운영에 따른 비용특성분석 | 144 |

| | |
|------------------------------|------------|
| (2) 민감도 분석 | 150 |
| (가) 민감도 분석 모형의 구축 | 150 |
| (나) 변수의 민감도 분석 | 155 |
| (다) 양식장의 수익성 제고를 위한 방안 | 158 |
| 8. 넙치 양식 생산 공정 | 161 |
| 가. 친어 관리 | 161 |
| (1) 친어 확보 | 161 |
| (2) 친어 사육시설 | 161 |
| (3) 친어 사육관리 | 161 |
| 나. 산란 및 부화 | 162 |
| (1) 산란 및 채란 | 162 |
| (2) 수정란 수송 및 수용 | 162 |
| (3) 부화 | 163 |
| 다. 먹이생물 배양 | 163 |
| (1) 클로렐라 배양 | 163 |
| (2) 윤충 배양 | 163 |
| (3) 알테미아 부화 | 164 |
| 라. 자치어 사육 | 164 |
| (1) 착저기 이전 사육 | 164 |
| (2) 착저기 이후 사육 | 166 |
| 마. 종묘의 입식 | 167 |
| (1) 종묘 선정 | 167 |
| (2) 종묘 운반 | 167 |
| (3) 종묘 수용 | 167 |
| 바. 양성 관리 | 168 |
| (1) 양수 시설 | 168 |
| (2) 사육 시설 | 169 |

| | |
|-------------------------------|-----|
| (3) 기타 시설 | 170 |
| (4) 사육 환경 | 171 |
| (5) 사육어 선별 및 밀도조절 | 171 |
| (6) 치어기 먹이공급 | 172 |
| (7) 계절별 사육관리 | 172 |
| (8) 냉수대 발생시 사육관리 | 173 |
| (9) 적조 발생시 사육관리 | 173 |
| 사. 배합사료 및 생사료 관리 | 174 |
| (1) 배합사료 및 첨가제 구입 | 174 |
| (2) 생사료 구입 | 174 |
| (3) 사료의 제조 및 공급 | 175 |
| 아. 수산용 의약품 관리 | 175 |
| (1) 질병의 진단 및 사용약제 선정 | 175 |
| (2) 수산용 의약품 구입 | 176 |
| (3) 약사료의 제조 방법 | 176 |
| (4) 투약시의 사료 공급 | 177 |
| (5) 휴약기간의 준수 및 출하시 주의사항 | 177 |
| (6) 양식어의 건강도 모니터링 | 177 |
| 자. 출하 관리 | 178 |
| | |
| 9. 참고문헌 | 187 |

넙치 양식 표준 지침



넙치 양식업의 국제 경쟁력 제고

| | | | |
|------|------|-------|---|
| 친어관리 | 친어확보 | 자연산친어 | <ul style="list-style-type: none"> ■ 연령 : 3~10년산 <li style="padding-left: 20px;">- 암컷 : 4년산 이상, - 수컷 : 3년산 이상 ■ 크기 <li style="padding-left: 20px;">- 전장 : 45~80cm, 체중 : 1.0~7.0kg |
| | | 양식산친어 | <ul style="list-style-type: none"> ■ 연령 : 2~5년산 <li style="padding-left: 20px;">- 암컷 : 4년산 이상, - 수컷 : 2년산 이상 ■ 크기 <li style="padding-left: 20px;">- 전장 : 60~80cm, 체중 : 0.9~4.0kg |
| | 사육시설 | 사육수조 | <ul style="list-style-type: none"> ■ 재질 : 콘크리트 ■ 형태 : 중앙배수식 원형수조 ■ 크기 : 수용적 60~100 m² ■ 깊이 : 1.5m 이상 |
| | | 기타 시설 | <ul style="list-style-type: none"> ■ 수온 조절 장치 구비 ■ 조도, 광주기 조절 장치 구비 ■ 집란조 구비 |
| | 사육관리 | 먹이공급 | <ul style="list-style-type: none"> ■ 종류 : 주로 냉동 생사료 ■ 영양제 먹이에 첨가 ■ 공급량 : 어체중의 1~3% |
| | | 사육조 | <ul style="list-style-type: none"> ■ 수온 : 8~28°C 유지 ■ 환수량 : 1일 15~20회 실시 |
| | | 친어수용 | <ul style="list-style-type: none"> ■ 수용량 : 2~3kg/m² ■ 암수비 : 암컷(1) 수컷(1.5~2) |

산란 및 부화

| | | |
|----------------|-----------------|--|
| 산란 · 채란 | 산란 수온 수정란 수집 | <ul style="list-style-type: none"> 산란 적정 수온 : 13~17°C 난의 수집 : 산란개시 5~7일 이후 |
| | 집란망목 난분리 | <ul style="list-style-type: none"> 집란시 망목 크기 : 300 μm 난 분리 : 메스실린더에서 부상란과 침하란 분리 |
| 수정란 수송 · 수용 | 수 송 | <ul style="list-style-type: none"> 수송 밀도 : 20~30만개/해수 15L 수온 범위 11~17°C 수송 시간 : 15~20시간 |
| | 수 용 | <ul style="list-style-type: none"> 수정란 계수 : 1g 당 1,300~1,600개 수정란 수용밀도 : 1 m³ 당 13,230±5,474개 |
| 부화 | 수 온 | <ul style="list-style-type: none"> 부화수온범위 : 10~24°C 적정수온범위 : 14~17°C |
| | 시 간 | <ul style="list-style-type: none"> 수온 15°C에서 50~60시간 |
| | 염 분 | <ul style="list-style-type: none"> 적정염분범위 : 34~51‰ 최적염분범위 : 41‰ 전후 |

모 이 생 물 배 양

| | | |
|------------|----------------|---|
| 클로렐라배양 | 배양 조건 | <ul style="list-style-type: none"> 적지 : 광선이 충분하고 공기 소통이 양호한 곳 수온 : 22~23°C 배중 : 1,020 |
| | 시비재 사용법 | <ul style="list-style-type: none"> 일반비료 : 1 m³ 당 유안, 과인산석회, 요소 각각 100g, 10g, 5g 첨가 공업용 화학제품 : 1 m³ 당 질산염 150g 인산염 10g 첨가 복합액체비료 : 1 m³ 당 50~100mL 첨가 |
| 윤중류배양 | 배양 방법 | <ul style="list-style-type: none"> 비중 : 1,020내외 수온 : 20~28°C 클로렐라 : 500~1,500×10⁴세포/mL 로 조절 |
| | 증식 속도 | <ul style="list-style-type: none"> 1mL당 100개체 → 200개체 증식(1주) |
| | 선별법 | <ul style="list-style-type: none"> 망목 40~60 μm인 물러가제로 선별 |
| 알테미아 부화 | 부화조건 | <ul style="list-style-type: none"> 해수 100~1000 mL 부화 용기에 알테미아 건조량 1~3g 넣어 부화시킴 최적부화수온 : 24~26°C 부화소요시간 : 수온 28~30°C에서 24~30시간 소요 |
| | 영양 강화 유생 분리 | <ul style="list-style-type: none"> 영양강화 : 부화 직후 클로렐라나 유화 오일 첨가 유생분리시 추광성 이용 |

자치어사육

착제 이전 사육

- 사육 시설**
 - 수조크기 - 소형 : 3~10 m², 대형 : 25~50 m²
 - 수조깊이 : 1m 전후
 - 차광시설 : 지붕, 창문
- 사육수 관리**
 - 여과방법 : 모래여과 또는 5~10 μm 카트리지막 여과
 - 지수식 환수량 : 1일 사육수의 1/5~1/2 환수
 - 유수식 환수량 : 초기 0.3~1.0회 후기 1.0~3.5회
- 수용 밀도**
 - 고밀도 : 7~9만 마리/m²
 - 저밀도 : 1~1.5만 마리/m²
 - 고밀도 사육시 : 1일 1~3회 청소 실시
 - 저밀도 사육시 : 전 사육기간 중 1~회 청소 실시
- 먹이 공급**
 - 윤충공급 : 초기 1mL당 2~3마리
 - 부화 12일째 : 1mL당 10~12마리
 - 알테미아 공급 : 부화 9~10일째부터 실시

착제 이후 사육

- 수조 크기**
 - 소형 : 10 m² 이하
 - 중형 : 50 m² 전후
 - 대형 : 100~200 m²
- 차광막 설치**
 - 스트레스 방지
 - 치어 체색 발현에 유리
- 사육 수온**
 - 적정수온 : 18~24°C
- 수용 밀도**
 - 전장 13~15mm : 5,000마리/m²
 - 전장 30mm : 1,000~2,000마리/m²
- 먹이 공급**
 - 소형먹이생물 → 대형먹이생물 → 생사료 또는 배합사료
- 선 별**
 - 전장 20mm 전후에서 실시
 - 선별 후 항생제로 약욕 처리
- 고수온기 사육 관리**
 - 환수량 증대
 - 사육 수조 청결유지
 - 유명상태 및 먹이 섭취활동 관찰

종묘입식 및 사육 시설

| | | |
|------|------------------|--|
| 종묘입식 | 종묘 선정 | <ul style="list-style-type: none"> ■ 건강한 종묘 ■ 일정한 크기의 종묘 ■ 크고 성장이 빠른 종묘 |
| | 종묘 운반 | <ul style="list-style-type: none"> ■ 운반시 청정해수 사용 ■ 약육 처리 실시 ■ 종묘 어체 이상 유무 확인 |
| | 종묘 수용 | <ul style="list-style-type: none"> ■ 수용시 어체에 상처가 나지 않도록 취급 ■ 투약이나 약육 실시 ■ 입식시 총 중량, 전체 마리수 계수 |
| 양수시설 | 양수 조건 | <ul style="list-style-type: none"> ■ 수온변화가 적은 곳 ■ 염분농도가 일정한 곳 ■ 물이 혼탁하지 않은 곳 |
| | 양수 펌프 | <ul style="list-style-type: none"> ■ 펌프 용량 : 양식장 규모에 따라 결정 ■ 정전 대비 : 자가발전 장치 구비 ■ 저수위 자동 경보기 설치 |
| | 재질 선택 | <ul style="list-style-type: none"> ■ 해안 : 강관 ■ 육상 : PVC관 |
| | 수조 형태 | <ul style="list-style-type: none"> ■ 원형, 팔각형, 장방형 |
| 사육시설 | 사육 수심 | <ul style="list-style-type: none"> ■ 치어기 : 30~60 cm ■ 성장기 : 40~80 cm |
| | 수조 저면적 | <ul style="list-style-type: none"> ■ 치어 : 4~10 m² ■ 중간육성 : 60~100 m² |
| | 수조 저질 | <ul style="list-style-type: none"> ■ 철근콘크리트 수조 ■ FRP 수조 ■ 나일론시트 수조 |
| | 사육 시설 지붕 구조 | <ul style="list-style-type: none"> ■ 동해안 : 철골 스테트 ■ 남해안, 제주도 : 비닐하우스 |
| | 수조식 시설 배출수 처리 시설 | <ul style="list-style-type: none"> ■ 사육시설면적의 20% 이상 ■ 5% 이상의 침전조 구비하고 드럼, 경사스크린, 3단계 거름망 추가 설치 ■ 시·도지사 지역 특성 고려 배출수 수질기준 설정 |
| | 기타 시설 | <ul style="list-style-type: none"> ■ 산소공급장치 : 블로워, 수차, 액화산소 ■ 선별기 : 재질은 스테인레스스틸 ■ 비상시 대비 장비 : 발전기, 경보장치 |

양생관리

선별관리

선별 주기

- 치어 : 1~2회/월
- 체중 100g 이상 : 1회/2~3월

선별 요령

- 선별 전일 절식
- 선별방법 : 크기에 따라 선별망, 손선별
- 선별후 약욕 처리

밀도 조절

- 어체 크기에 따라 사육 밀도 산정후 조절

먹이공급

초기 먹이

- 수육직후에는 종묘생산시와 동일한 먹이 공급하고 서서히 먹이 전환 실시

공급 방법

- 크기에 따라 1일 3~5회 공급 횟수 결정
- 먹이량은 만복시 80~90% 비율로 공급

절식 효과

- 7~10일에 1회 절식시 건강 증진 및 사료 효율 향상

계절관리

하계

- 수온이 28°C 이상 상승시 먹이공급량 조절
- 사육밀도 조절
- 사육수 환수량 증대

추계

- 먹이섭취량 증대
- 적정 밀도 조절

동계

- 수온이 12°C 이하 하강시 먹이공급량 조절
- 종합영양제 첨가 사료 공급

냉수대

접근시

- 수온변화 주시
- 사료 공급량 조절
- 사육밀도 저하 및 환수량 증대

도달시

- 환수량 감소 또는 자체 순환 사육
- 사료공급량 감소 또는 중지

소멸시

- 환수량 증대
- 사료공급량 서서히 증대

적조발생

주의보

- 적조생물밀도가 낮은 층에서 취수
- 여과시설 및 산소공급장치 점검, 구비
- 사료공급량 및 사육밀도 조절
- 환수량 조절

발령시

- 환수량 조절 또는 중단
- 적조생물밀도가 낮은 수층에서 취수
- 산소보충 및 자체 순환 사육
- 영양제 첨가 사료 공급

사료 관리

구입 · 보관

배합사료 첨가제

- 보관 : 냉음소 보관
- 구입 순으로 사용, 장기간 보관 금지
- 유효기간 경과 제품은 폐기 처분

생사료

- 생사료 선정 조건 : 구입가격, 구입량
- 냉동고 보관
- 변질, 산화에 유의하고 변질품 폐기

제조 · 공급

사료 제조

- 사료의 제조량 결정
- 제조시 생사료, 분말사료, 첨가제 충분히 혼합

사료 공급

- 제조된 사료는 되도록 빨리 공급하되 남는 경우 냉장고나 냉동고에 보관

질병 관리

질병진단

검사의뢰

- 사육어 운영상태, 사료섭취 이상 발견시
- 세균감염증 및 폐사어 발견

검사결과

- 병명과 사용약제 추천

재검사

- 투약후 폐사율이 저하되지 않을 시
- 투약 종료 후 재발병시

약사료 제조 · 공급

보 관

- 안전하고 품질의 변질이 방지되는 암냉소

제 조

- 약제를 10~15분간 교반 후에 사료에 첨가

투 약

- 투약 개시 전날은 절식
- 정상 사료공급량 보다 줄여서 공급

사용시 주의사항

주의 사항

- 휴약기간 준수
- 출하시기 고려하여 투약 실시

모니터링

- 조기질병 발견을 위한 정기적인 모니터링 실시

출하 관리

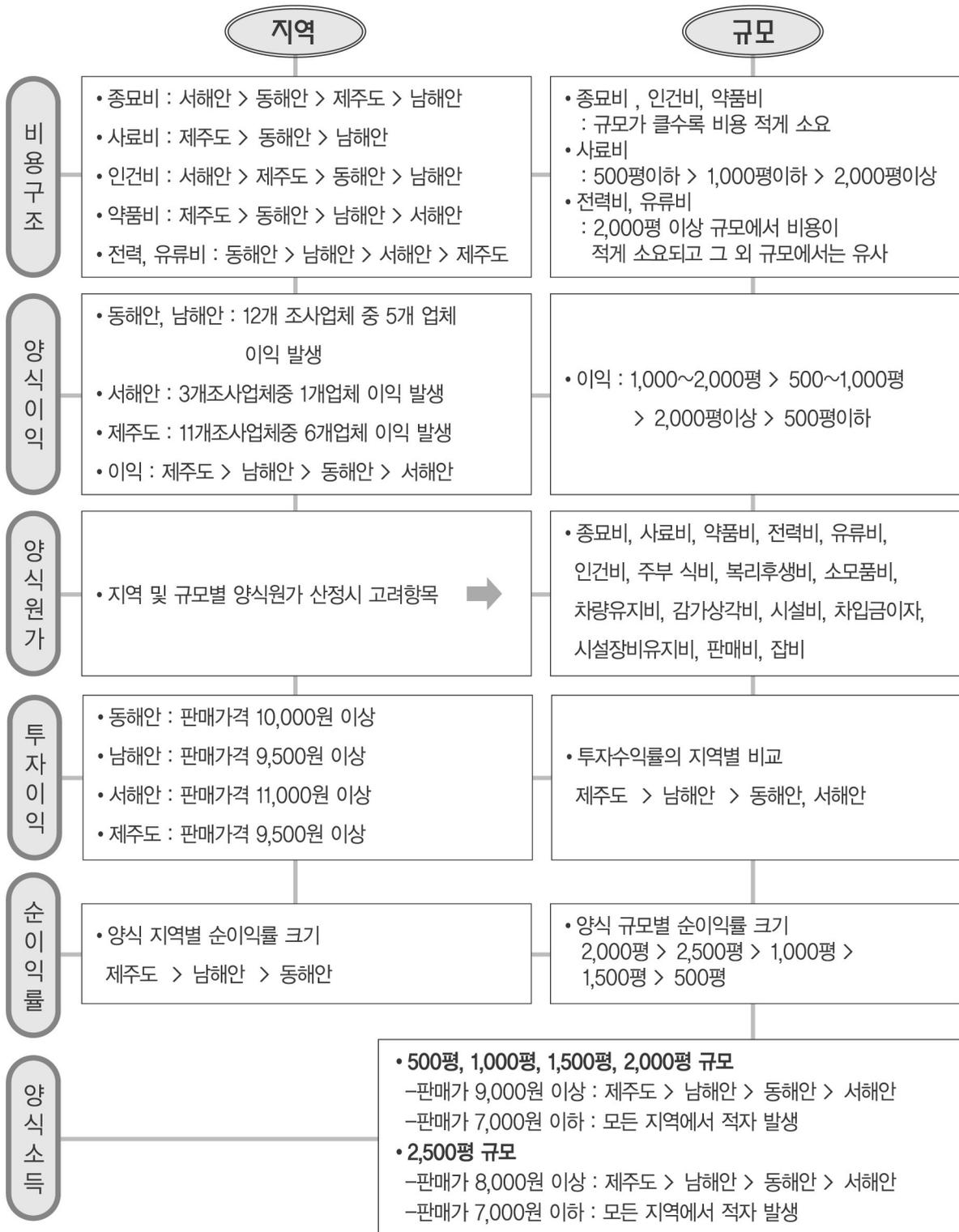
출하전

- 질병이상 유무 사전 확인
- 그물, 쪽대, 운반 바구니 등 청소상태 점검
- 작업복, 장화 등 점검

출하시

- 작업수조, 출하량 확인
- 하계 수송시 활어차 수조에 넣을 얼음 수량 점검

육상수조식 납치 양식 경제성 분석



1. 일반 현황 및 생태

가. 연구 추진 배경

우리나라 양식업은 전반적인 산업화와 함께 급속히 발전되어 왔다. 총 어업생산량 중에서 양식어업의 비중은 2000년에 26.0%에서 2005년에 34.6%로 높아지고 있으며, 그 중에서도 어류양식 생산량이 지속적으로 증가하는 추세로 생산량은 2000년에 25,986톤에서 2005년에 81,421톤으로 증가하였다. 그러나 양적 생산에만 치중함으로 인해서 연안 양식장의 부영양화 등 환경 악화와 잦은 적조발생으로 어류의 대량 폐사 등이 발생하여 어려움을 겪고 있다. 또한 최근 들어 양식 현장에서는 사육밀도 증가, 사육환경 악화, 양식 경영 기법 결여, 노동 인력 부족, 양식원가 상승, 외국산 활어의 대량 수입에 따른 어가 하락 등으로 생산성이 약화되어 있는 실정이다. 따라서 양식 경쟁력 제고 방안의 하나로써 국립수산과학원에서는 양식 산업의 생산비 절감을 위해 배합사료개발, 질병예방, 육종, 시설자동화 등 4대 핵심기술개발 과제를 선정하여 추진하고 있다. 이와는 별도로 넙치 양식 생산의 안정성을 확보하고 생산성을 제고하여 과학적이고 경쟁력 있는 산업으로 육성하기 위한 목적으로 넙치 양식 표준화 연구를 수행하게 되었다.

나. 넙치 양식의 역사

넙치 양식은 일본에서 1965년에 긴키대학 수산연구소에서 종묘생산 기술을 개발하여 1970년 후반부터 민간인에게 보급되었으며, 1980년에 인공종묘생산 기술을 확립하고, 육상양식 방법이 개발됨으로써 본격적으로 이루어 졌다.

우리나라에서 넙치 양식은 1980년대 중반부터 국립수산과학원 어류육종연구센터(구 거제수산종묘시험장) 주변 수역에서 자연산 넙치를 채포한 후 육상 수조에 수용 관리하여 인공종묘를 생산하게 되었고, 또한 넙치 수정란을 일본에서 도입하여 많은 양의 넙치 종묘를 생산 공급할 수 있게 되어 육상 수조식 사육시스템에서 넙치 양식이 활성화되기 시작하였다.

1990년대 초부터 방어 치어의 채포 부진으로 방어 양식이 침체되면서 해상가두리의 사육시설을 넙치 사육에 적합하도록 고안하여 넙치를 해상가두리에서 사육하였으나, 최근에는 조피볼락 양식이 확대되면서 넙치 양식은 사육관리가 용이한 육상수조식 사육시스템에서 주로 이루어지고 있다.

다. 양식장 시설현황 및 생산량

2004년말 기준으로 전국적인 육상수조식, 해상가두리식, 축제식의 양식건수는 각각 974건, 478건, 117건으로 이중에서 넙치 양식 건수는 육상수조식, 해상가두리식, 축제식이 각각 742건, 27건, 11건으로 육상수조식이 가장 많이 차지하고 있다(표 1-1). 2005년도 천해양식어업 생산량은 1,041,000톤으로 어류가 81,421톤으로 7.8%를 차지하는데 그 중에서 넙치가 약 4만 톤으로 약 50%를 차지하고 있다(표 1-2). 넙치 양식 생산량 추이를 살펴보면, 1990년도에는 넙치 생산량이 1,037톤에 불과하던 것이 해마다 증가하여 1997년도에는 26,274톤까지 증가한 후 IMF시대를 맞아 넙치 소비의 감소로 2000년에는 14,127톤까지 감소한 후 2001년부터 증가하기 시작하여 2005년에는 40,059톤까지 생산량이 증가하였다(그림 1-1).

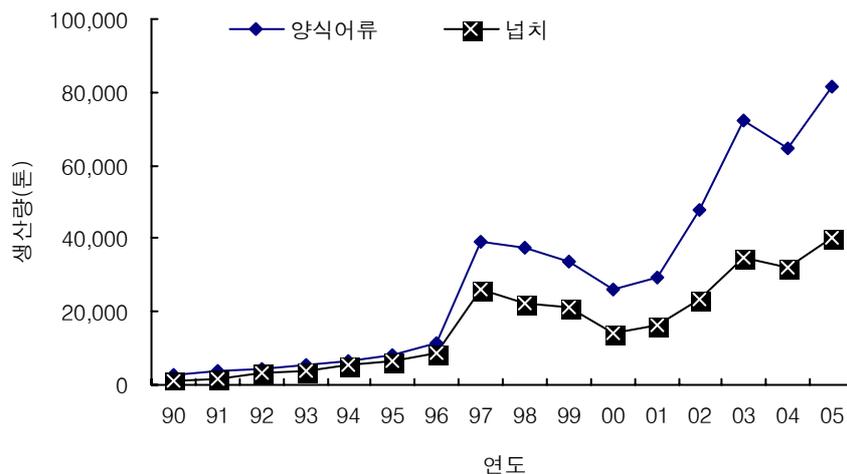


그림 1-1. 연도별 양식어류 및 넙치 생산량 변화.

1. 일반 현황 및 생태

(1) 어류양식 어업권 현황

표 1-1. 어류양식방법별 양식어업권 현황 (건, ha)

| 구 분 | 1999 | | 2000 | | 2001 | | 2002 | | 2003 | | 2004 | |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 건수 | 면적 |
| 계 | 1,378 | 1,638 | 1,409 | 1,647 | 1,622 | 2,372 | 1,659 | 2,554 | 1,574 | 2,388 | 1,569 | 2,252 |
| 육상수조식 | 879 | 236 | 898 | 230 | 977 | 330 | 1,006 | 252 | 962 | 252 | 974 | 250 |
| 해상가두리식 | 415 | 1,067 | 430 | 1,087 | 475 | 1,192 | 510 | 1,372 | 488 | 1,300 | 478 | 1,237 |
| 축제식 | 84 | 335 | 81 | 330 | 170 | 850 | 143 | 930 | 124 | 836 | 117 | 765 |

(2) 양식어류 생산량 추이

표 1-2. 연도별 양식어류 생산량

| 구 분 | 연도별 어류 생산량 (톤) | | | | | | |
|-------|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
| 소 계 | 33,453 | 25,986 | 29,297 | 48,073 | 72,393 | 64,476 | 81,421 |
| 넙 치 | 21,368 | 14,127 | 16,426 | 23,343 | 34,533 | 32,141 | 40,059 |
| 조피볼락 | 9,459 | 8,473 | 9,254 | 16,548 | 23,771 | 19,576 | 21,297 |
| 참 돔 | 176 | 412 | 641 | 960 | 4,417 | 3,988 | 5,816 |
| 감 성 돔 | 92 | 221 | 275 | 685 | 1,084 | 1,379 | 2,671 |
| 기타돔류 | 186 | 386 | 94 | 234 | 1,287 | 1,430 | 2,048 |
| 송 어 | 347 | 968 | 1,415 | 3,898 | 4,093 | 3,596 | 5,500 |
| 농 어 | 797 | 605 | 873 | 2,006 | 2,778 | 1,850 | 2,600 |
| 기타어류 | 1,028 | 794 | 319 | 399 | 430 | 516 | 1,430 |

※ 자료 : 어업생산통계(해양수산부)

라. 분류 및 특성

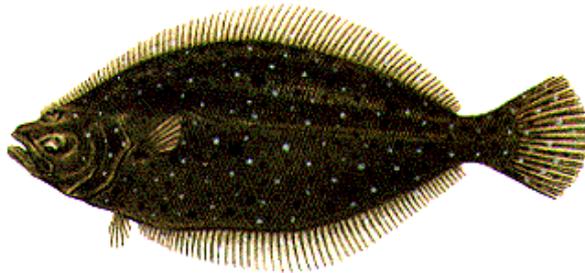
(1) 분류학적 위치 및 명칭

경골어강 Class Osteichthyes

가자미목 Order Pleuronectiformes

넙치과 Family Paralichthyidae

- 학 명 : *Paralichthys olivaceus* (Themminck et Schlegel)
- 영 명 : Olive flounder, Japanese flounder, Bastard halibut (FAO)
- 일 명 : 히라메(Hirame), 鯧, 平目, 比目魚
- 중국명 : 褐牙鯧(Hè yà pìng), 比目魚



※ 넙치속은 1속 1종으로 넙치아과(Paralichthinae) 중에서 다른 속과의 차이점은 무안측에도 측선이 있으며, 양 턱니는 1열로 되어 있다는 것이다.

(2) 넙치의 특성

(가) 지리적 분포

우리나라 전 연안, 쿠릴열도, 사할린, 일본 및 발해, 황해, 중국해 연안에 분포한다. 황·발해에 있어서 여름철의 분포는 遼寧省의 大連근해 및 長山群島연해에 볼 수 있지만 가을이 되면 남하를 시작하여 10월에는 산둥반도의 萊成灣 근해로 이동한다. 동 군은 계속 남하하여 1월에는 35° N 선(황해중부)에 달하고 3월경까지 체류 월동한다. 그 후는 산란을 위해 다시 북상하지만 일부는 한국 서해안이나 산둥반도 남안, 강소성 북부의 海州灣 근해로 향한다. 또, 강소성의 呂四북부로부터 절강성의 舟山島 남부에 이르는 해역과 五島로부터 濟州島간에도 별도의 군이 보인다.

(나) 형태적 특성

넙치는 저서성 어류로서 체형이 납작하여 그 형태가 특이하다. 특히 다른

1. 일반 현황 및 생태

어류와 상이한 점은 두 눈이 머리의 한쪽 편에 모여 있는 것이다. 일반인들이 넙치와 가자미류를 구분하기는 쉽지 않다. 통상적으로 눈이 위치해 있는 차이로 구분하는데 어류의 유영 진행방향(꼬리에서부터 두부방향으로)에서 보아서 넙치(광어)는 왼쪽에 눈이 위치해 있고 가자미류(도다리)는 눈이 오른쪽에 위치해 있다.

부화 후 치어 때까지는 다른 어류와 같이 눈이 양쪽에 달려 있고, 부유생활을 하며 헤엄을 친다. 그러다가 치어기를 마치고 바닥 생활을 시작할 때가 되면 눈이 한쪽으로 이동하여 한쪽 면이 바닥을 향한다.

넙치의 이빨은 눈이 없는 바닥 쪽이 크고 더 발달해 있는데, 이는 바닥에 있는 먹이생물을 잡아먹기 용이하도록 진화한 것으로 판단되며, 적으로부터 자신을 보호하기 위하여 보호색을 나타내기도 한다. 또한 비늘도 눈이 있는 부분은 빗비늘, 눈이 없는 바닥 부분은 둥근비늘로 구성되어 있다.

몸 빛깔은 눈이 있는 쪽은 흑갈색 바탕에 암갈색이나 유백색의 작은 둥근 반점이 흩어져 있으나 눈이 없는 쪽은 백색이다.

등지느러미는 윗 눈 앞쪽의 눈이 없는 쪽에서 시작되며, 양측의 배지느러미는 서로 대칭이다.

(다) 생태적 특성

넙치는 광염성 어류로서 우리나라와 일본 연·근해, 발해만, 동중국해 등에 분포하며, 서식온도는 10~27℃ 범위이고 최적 사육수온은 21~24℃로서 수온 10℃ 이하와 27℃ 이상에서는 거의 먹이를 섭취하지 않는다.

서해안에서는 겨울철 흑산도, 서방 해역에서 월동하다가 봄이 되면 북쪽 해역으로 이동하여 서해 연안에 분포 서식하다가 가을에 다시 남하하는 남북회유를 한다.

자연에서의 넙치 식성은 어릴 때에는 요각류, 젓새우류 등 소형 갑각류를 먹으며, 성장하게 되면 주로 작은 어류를 잡아 먹는 육식성으로 변하고, 그 외 새우류, 갯가재류 등 대형 갑각류와 오징어, 패류 등을 먹는다.

넙치의 성 성숙은 난 부화후 2~3년 경과 후 이루어지며, 암컷은 체장 30 cm에서 성숙하는 것도 있지만 대부분 체장 45 cm 전후에서 성숙하는데, 성숙최소체장은 지역에 따라 차이가 나지만 암컷은 약 36 cm(36~45 cm), 수컷은 약 30 cm(30~40 cm)로서 수컷은 암컷보다 성숙체장이 약 5 cm 정도 작다.

산란장소는 수심 20~40 m인 바닥이 자갈 또는 암초지대로서 조류소통이 좋은 곳에서 행하며, 산란기는 2~6월(성기는 3~5월)로서 남쪽 해역이 빠르고 북쪽 해역은 늦다. 산란 수온은 11~23℃로서 산란성기 수온은 13~17℃이다. 다회 산란하며, 1회의 산란 수는 전장 45~60 cm 이면 14만~40만개의 알을 수회에 걸쳐 산란하는, 즉 다회산란어류(多回産卵魚類)로서 전장 70 cm 전후에서 다회 산란에 의한 총 산란수는 1,000만개로 추정된다.

넙치는 부화 후 만 1년이면 암컷은 전장 26.4 cm, 수컷은 25.4 cm, 2년이면 암컷은 38.7 cm 수컷은 34.3 cm, 5년이면 암컷은 62.6 cm, 수컷은 51.3 cm로 약 10 cm 차이가 있으며(그림 1-2), 최대 암컷은 100 cm, 수컷은 70 cm까지 자라며, 수명은 13~19년으로 알려져 있으며, 연령별 암수의 체중변화는 그림 1-3과 같다.

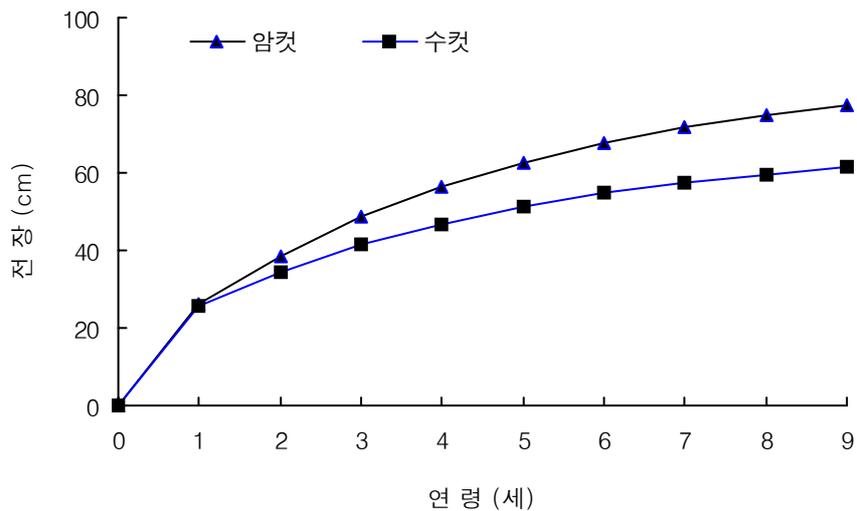


그림 1-2. 자연에서 넙치 암컷과 수컷의 연령별 전장 변화.

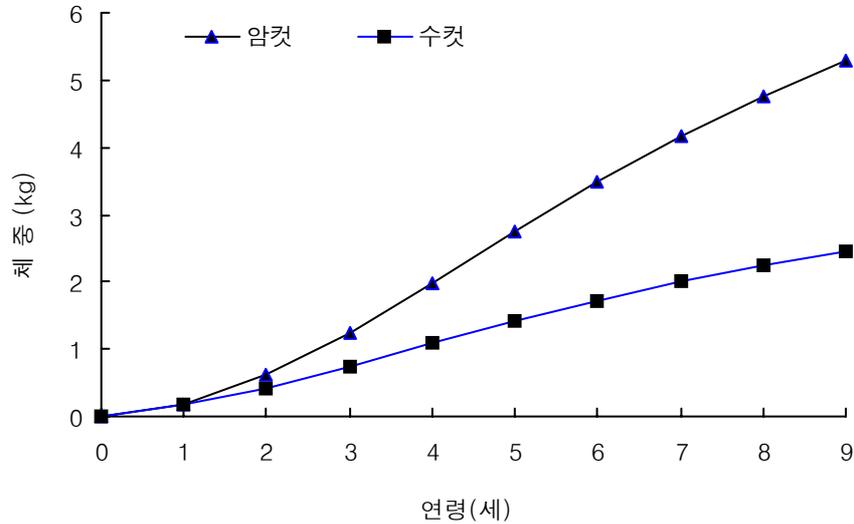


그림 1-3. 자연에서 넙치 암컷과 수컷의 연령별 체중 변화.

자연산 암·수 넙치의 전장(L)과 체중(W)과의 상관 관계식은 다음과 같다 (日本 京都府立海洋センタ).

$$\text{암컷: } W = 5.284 \times L^{3.116} \times 10^{-6}$$

$$\text{수컷: } W = 7.663 \times L^{3.050} \times 10^{-6}$$

(라) 어체 성분 및 구성

넙치의 어체 성분을 분석해 보면 수분이 76.4%, 단백질이 20.4%, 지방이 1.7%, 탄수화물이 0.3%, 회분이 1.3%로 구성되어 있다. 무기질을 구성하는 칼슘 및 철은 각각 53.0 mg, 199.0 mg이 함유되어 있다. 이 중에서 단백질을 구성하고 있는 아미노산은 단백질 100 g당 글루탐산이 3,208 mg로 가장 많고, 다음으로 리신(1,828 mg), 루이신(1,634 mg), 아스파르트산(1,592 mg) 순이다. 특히 넙치에는 유리아미노산의 일종인 타우린을 196 mg/단백질 100 g당 함유하고 있어 혈압조절작용, 동맥경화 예방, 인슐린 분비촉진에 의한 당뇨병 치료 등과 같은 건강기능효과가 있는 것으로 알려져 있다.

2. 종묘생산

가. 친어 관리

(1) 친어 확보

(가) 자연산 친어

자연산 친어는 해상에서 어획하여 인위적으로 순치시켜 사육 관리하여 어미로 활용한다. 친어는 3~10년생으로 크기는 전장 45~80 cm, 체중 1.0~7.0 kg이 주로 이용된다. 친어로서 가능 연령은 암컷이 4년생, 수컷이 3년생이면 된다.

자연산 친어는 어획 시에 일어나는 상처나 스트레스 등으로 인하여 질병에 감염되기 쉬우며, 먹이 길들이기가 어려워 육상수조 적응기간 동안에 폐사율이 높지만, 자연산 넙치를 인공산 넙치와 함께 수용하면 먹이 길들이기가 보다 쉬워져 생존율도 높이고, 양질의 난도 얻을 수 있다.

(나) 인공산 친어

인공산 친어는 인위적으로 종묘 생산된 친어를 사육 관리하여 어미로 키워 활용한다. 친어는 2~5년생으로 크기는 전장 40~68 cm, 체중 0.9~4.0 kg를 주로 이용한다. 친어로서 가능 연령은 암컷이 3년생, 수컷이 2년생이면 된다.

친어관리 요령으로 인공적으로 양성한 친어는 저령어의 경우 어체가 작아 산란량이 적기 때문에 4년 이상의 암컷을 사용하는 것이 바람직하나, 고령어는 산란량이 많은 대신 난질이 나빠질 우려가 있으므로 순차적으로 유전적으로 다양한 형질을 가진 새로운 어미를 도입시켜 친어의 세대교체가 필요하다.

(2) 사육 관리

(가) 사육 수조

사육수조의 형태는 배설물과 먹이찌꺼기 등이 수류에 의해 빠르게 배출될

수 있도록 중앙 배수식 원형수조가 좋으며, 사육수조 크기는 5~100 m³으로 다양하며, 사육수심은 1.5m 이상을 유지시키는 것이 안정을 위해 좋다.

사육수조 재질은 여러 가지가 있지만 주위의 충격을 최소화 할 수 있는 콘크리트가 가장 좋으며, 콘크리트 수조일 경우에는 친어의 유영 시나 먹이 섭취 후 저작시에 어체에 상처가 나는 것을 방지하기 위하여 수조 바닥에 에폭시(Epoxy)수지나 FRP처리 또는 비닐시트 등을 피복하여 표면을 매끄럽게 하여 사용하는 것이 좋다.

연중 필요한 시기에 산란을 유도하기 위하여 친어 수조는 수온, 조도 및 광주기를 조절할 필요가 있으므로, 수조 제작 시에 보온시설을 해 두는 것이 유리하고, 건물에는 광주기 조절장치와 사육수의 가온 및 냉각장치를 설치해 주는 것이 좋으며, 또한 넓치는 어둡고 조용한 곳을 좋아하므로 사육수조의 위나 천정에 차광막을 설치하여 직사광선을 차단하는 것이 좋다.

친어 사육 수조는 산란 수조로서의 역할을 수행하기 때문에 수조의 한쪽 옆에 수정란을 받을 수 있는 집란조를 설치하여야 한다(그림 2-1).

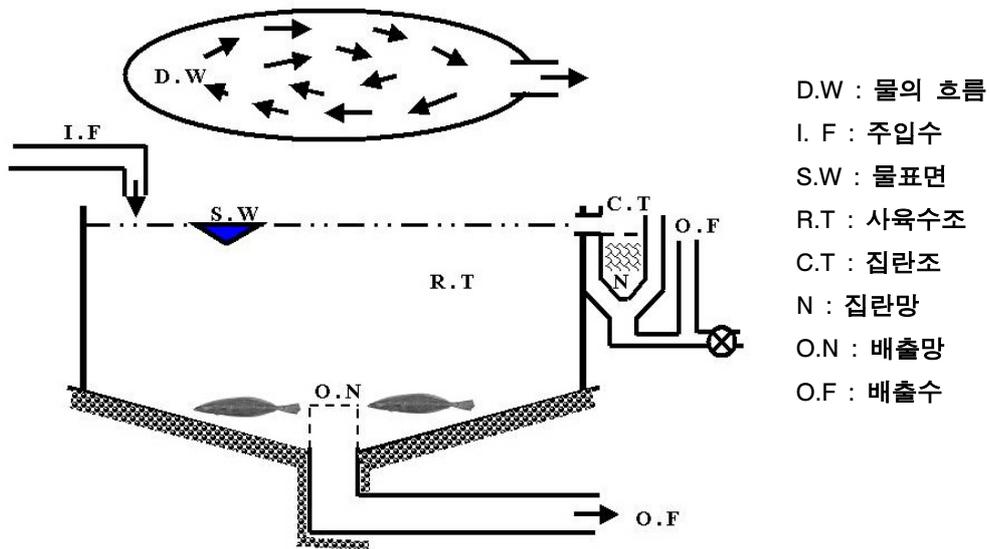


그림 2-1. 친어 사육수조 모식도.

(나) 먹이 공급

먹이를 길들이는 방법에는 철사의 끝에 먹이를 끼워 넙치의 머리 위쪽에 가까이 대어 활어처럼 움직여서 유인하는 방법과 주수구로부터 흘러나오는 수류를 이용하여 먹이를 흘러보내어 먹이가 살아 있는 것 같이 하여 먹이는 방법 및 자연산 친어로부터 인공종묘를 생산하여 사육한 친어 즉, 이미 죽은 먹이에 길들여져 있는 친어와 함께 수용하는 방법이 있다.

먹이 공급 방법으로는 작은 먹이는 그대로 주고, 큰 먹이는 친어가 한번에 삼킬 수 있을 정도의 크기로 알맞게 절단하여 공급한다.

먹이의 종류로는 냉동 까나리, 전갱이, 정어리, 고등어, 소형 잡어 등이 주로 이용된다. 먹이는 난질을 좋게 하고 영양성 질병이 발생하지 않게 하기 위하여 단일 종에 국한시키지 말고 여러 종류의 먹이를 혼합하여 사용하는 것이 좋으며, 영양제를 첨가하여 주는 것이 효과가 크다. 이러한 방법에는 생사료 내장 부분에 삽입시켜 공급하는 방법과 영양제 공급을 보다 용이하게 하기 위하여 생사료와 분말배합사료를 섞어 만든 모이스트펠렛 사료를 공급하는 방법이 있으며, 사료에 n-3 HUFA를 1.5~2.0% 첨가하여 공급하면 좋다.

먹이 공급량은 사육 수온, 어체 크기, 사육환경 및 사료종류에 따라서 다르나, 생사료를 공급할 경우 어체중의 1~3% 기준으로 1일 1~2회 공급한다. 넙치는 10℃ 이하에서는 거의 먹지 않으므로, 조기 산란을 위해서 월동 사육 시에는 수온을 최소 12℃ 이상 가온하여 먹이를 공급한다.

(다) 사육수 관리

친어 사육 수조에 있어 사육수의 탁도를 양호하게 유지하기 위하여 유입 해수를 여과할 수 있는 장치를 갖추는 것이 필요하다. 여과장치로는 일반적으로 고압모래여과조가 많이 이용되고 있다.

적정 사육 수온은 8~25℃이지만 4~28℃에서도 사육이 가능하며, 사육수 환수량은 15~20회/일 실시하는 것이 좋으나, 산란기에는 빠른 유속이 산란된 난에 물리적 영향을 줄 수가 있으므로, 하루 1~5회전 정도로 환수 비율

을 낮추는 것이 난질 보존에 유리하고 여름철 수온이 25℃ 이상이 되는 때에는 환수율을 최대한 높여 주는 유리하다. 여름철에 장마 등으로 인하여 장기간에 걸친 낮은 비중이나, 적조 등으로 인한 수질악화로 대량 폐사를 일으킬 수 있으므로 하계에는 수질관리에 특히 주의하여야 한다.

불시 정전이나 취수펌프의 고장 등으로 인해 취수가 불가능할 경우는 산소결핍이나 수질 악화에 의한 폐사가 일어날 수 있으므로, 액화산소, 송풍기, 비상발전기 및 양수시설 등을 구비하여 철저한 대비가 필요하다.

(라) 친어 수용밀도

친어의 수용밀도는 친어의 경우 양질의 난을 얻는 것이 목적이므로 스트레스를 최소화하기 위하여 2~3 kg/m²(1~2마리/m²)가 적당하나, 양식 현장에서는 5~8 kg/m²를 유지하고 있으며, 친어의 암수 비는 1:1.5~2로 수용하고 있다.

(마) 성숙 유도

수온 및 광주기 조절 장치를 구비하여야 산란시기의 조절이 가능하므로 필요한 장치를 양식장 시설시 갖추어야 한다. 낚치는 사육수온이 12℃에서 14~15℃로 상승시키고, 광주기가 10L/14D에서 14L/10D 조절하면 성숙하여 산란한다.

나. 산란, 채란 및 부화

(1) 산란

낚치의 산란기간은 약 2~3개월에 걸쳐서 수회 산란하는 특징을 가지고 있으며, 산란기의 수온 범위는 11~17℃로서 산란 성기의 수온은 13~17℃이다. 자연산란은 하루 중 새벽 해뜨기전(3~6시)에 가장 활발히 이루어지며, 그 다음으로 12~18시 이며, 일몰시부터 자정에 걸쳐서는 활발하지 못하다.

암수 비율은 암컷 1마리에 대하여 수컷은 1.5~2.0마리 수용하는 것이 적절하며, 친어의 1회 방란 양은 체장 45 cm는 약 36만개, 50 cm는 약 50만개 그리고 70 cm는 약 70만개 정도이다.

(2) 채란

자연산 친어로부터의 채란은 산란기에 친어가 대량으로 어획되는 지역에서만 가능한 방법으로, 정치망, 연승 등에 채포된 친어로부터 복부압박에 의해 채란하는 것으로 친어 한 마리로부터 얻을 수 있는 채란 양이 적으며, 양질이 난을 구하기 어렵고 부화율이 낮아 현재 우리나라에서는 거의 이용되고 있지 않다.

자연산 또는 양식산 종묘를 친어까지 양성하여 인공수정 또는 사육수조 내에서 자연산란에 의해 수정란을 얻는 방법으로 비교적 양질의 난을 대량으로 획득이 가능하다.

(가) 채란 방법

산란 초기의 난은 일반적으로 이상분할이나 유구가 여러 개인 이상 난이 많이 생기며 산란 양도 적고 부화율도 낮다. 산란 말기의 난은 과숙 난이 생기는 등 난질이 나쁘므로, 산란 초기 또는 말기의 난은 사용을 피하는 것이 좋다.

종묘생산을 위한 본격적인 채란은 산란 개시 5~7일이 경과된 후부터 정상 난의 비율이 높을 때에 실시하는 것이 좋다.

(나) 난의 수집

넙치의 난은 분리부성란이기 때문에 자연 산란되었을 경우 수면으로 부상하므로 표층의 물과 함께 배출시켜 별도로 설치된 집란조에 수정란이 모이도록 하여 수집한다.

집란시 망목크기는 난이 망목에 끼지 않도록 300 μm 정도의 망을 사용하고 물의 흐름이 일정하여 수정란이 집란망의 한쪽으로 몰려 망 표면으로부터 충격을 받지 않도록 주의하여야 한다.

망에 수집된 수정란은 메스실린더에 부어 부상 난과 침하 난을 분리시켜 계수한 뒤, 부상 난을 깨끗한 해수로 세척한 후 부화조로 옮긴다.

수정란의 계수는 물기를 뺀 상태에서 1g당 1,300~1,600개로 산정한다.

(3) 수정란의 수송과 수용

(가) 난의 수송

수정란은 비닐주머니에 여과 해수를 넣고, 여기에 수정란을 넣어 밀봉한 후 수송하는데, 수송 밀도는 해수 15L의 1봉지 당 20~30만개를 기준으로, 수송 수온은 산란시의 수온과 같은 정도로 유지시켜 주는 것이 이상적이므로 수송 중에 수온상승을 방지하기 위하여 발포스티로폼박스에 얼음봉지를 넣는다.

수정란의 수송 시간은 당일에 산란된 난일 경우 15~20시간 정도는 문제가 없으나, 산란 후 1~2일이 경과된 난의 경우는 수송 중에 부화해서 폐사 하든가 또는 기형어 발생률이 높기 때문에 장기간의 수송은 피하는 것이 좋으나, 수송시간이 짧은 경우는 수정 후 1일이 경과한 후에 수송하는 것이 난 질 보존에 유리하다.

(나) 난의 수용

난의 수용시 주의 사항으로는 채란 후 또는 수송 후에 수정란을 부화조에 수용할 때 수온은 산란시의 수온과 비슷하게 맞추어야 한다.

해역별로 넙치 수정란의 전국 평균 수용밀도는 $13,230 \pm 5,474$ 개/ m^3 이었고, 동해안이 $16,866 \pm 6,174$ 개/ m^3 으로 가장 높았다(표 2-1).

표 2-1. 해역별 넙치 수정란 수용밀도

| 지역별 | 전국 | 동해안 | 서해안 | 남해안 | 제주도 |
|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 수정란밀도 (개/ m^3) | 13,230 $\pm 5,474$ | 16,866 $\pm 6,174$ | 11,821 $\pm 5,481$ | 11,428 $\pm 1,589$ | 12,634 $\pm 9,071$ |

(4) 부화 관리

(가) 부화 방법

부화 방법에는 지수식과 유수식이 있으며, 지수식은 부화 시까지 주수와 폭기를 행하지 않는 방법이고, 유수식은 부화 시까지 주수와 폭기를 모두 약

하게 행하는 방법으로, 일반적으로 수질의 악화를 어느 정도 방지할 있는 유수식이 많이 이용된다.

(나) 부화 수온 및 소요시간

부화 가능 수온 범위는 10~24℃이고, 부화 적수온 범위는 14~19℃이며, 최적 수온은 17.5℃ 전후로서 수온 15℃에서 부화에 소요되는 시간은 50~60 시간이다.

(다) 염분

수정란은 일반 해수(염분 34‰)에서는 물에 뜨나 염분이 18‰ 이하이면 침강하므로, 수정란을 부유 상태로 두려면 염분을 19‰ 이상으로 유지시키는 것이 필요하다. 수정란 부화를 위한 적정 염분범위는 34~51‰이며, 최적 염분은 41‰ 전후이다.

다. 먹이생물 배양

(1) 클로렐라 배양

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

배양수조의 형태는 원형, 장방형, 정방형 등이 있으며, 크기는 1 m³ 이하부터 200 m³ 이상까지 다양하게 이용가능하다. 클로렐라 배양을 위한 사육 환경조건으로서 적수온은 22~23℃이며, 적정 비중은 1.020이다.

시비재로서 일반비료를 사용할 경우 유안, 과인산석회 및 요소를 각각 1 m³ 당 100 g, 15 g, 5 g 내외로 첨가하거나, 질산염(NaNO₃)과 인삼염 (NaH₂PO₄) 과 같은 공업용 화학제품을 1 m³당 각각 150 g, 10 g의 비율로 첨가하거나 또는 시판되는 복합액체비료를 1 m³당 50~100 mL 정도 첨가한 후 클로렐라를 접종하여 배양한다.

접종농도는 수온과 사용 시기에 따라 다르지만 빠른 시간 내에 고농도로 사용하기 위해서는 $1,000 \times 10^4$ 세포/mL 이상으로 접종하며, 접종 후 4~7일 이후에는 $2,000 \sim 2,500 \times 10^4$ 세포/mL로 되어 윤충의 먹이로 사용 가능하므로, 이 때에 강한 폭기(aeration)를 실시한다.

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

재접종은 수온의 급격한 상승, 장기간 배양, 우기로 인한 일사량 부족 또는 규조류의 혼입 등에 따라 담흑색의 거품이 발생하거나 배양수가 다갈색으로 변하면 클로렐라의 세포 수가 격감하므로, 이 때에는 카트리지필터($3 \mu\text{m}$ 이하)로 배양수를 여과하여 사용하고 수조는 완전히 말린 후 다시 접종하여 배양한다.

(2) 윤충 배양

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

배양 방법은 해산클로렐라수($2,000 \sim 2,500 \times 10^4$ 세포/mL)를 배양수로 사용하여 담수 및 해수를 주입하여 비중 1.020 내외, 수온 $20 \sim 28^\circ\text{C}$ 에서 클로렐라 농도를 $500 \sim 1,500 \times 10^4$ 세포/mL로 조절한다.

최초 접종농도는 1 mL당 100개체로 시작하면 1주일 후에는 약 200개체/mL로 증식한다. 망목크기 $40 \sim 60 \mu\text{m}$ 의 물러가제로 걸러서 넙치 자어의 먹이로 사용하고 다시 클로렐라를 공급하여 배양한다. 빵효모나 유지 효모를 이용하여 클로렐라 해수나 영양 강화용 먹이로 2차 배양을 하여 영양 강화 후 먹이로 사용한다. 2차 배양 기간은 5~6시간부터 14~29시간이다. 빵효모

나 유지효모를 사용할 경우 1일 공급량은 윤충 100만 개체 당 각각 1~2.5 g, 0.25 ~1.0 g으로 하루 1~3회 공급하는 것이 적당하다.

(3) 알테미아(Artemia) 부화

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

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

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

알테미아 1g을 부화하면 25만~28만 마리의 노플리우스가 부화된다. 새로 부화한 노플리우스 크기는 대략 전장 0.45 mm, 폭 0.17 mm 이다. 광염성 및 광온성으로 염분 5~150%, 수온 6~35℃의 범위에서 생존이 가능하고 용존 산소가 1 mg/L 이하인 환경에서도 살 수 있다.

라. 자·치어 사육

(1) 착저기 이전 사육

(가) 사육 시설

사육수조의 크기는 생산규모와 사육방법에 따라 결정하게 되는데, 일반적으로 소형수조에서 고밀도로 사육하다가 변태전후에 분조하여 수조수를 늘리거나 대형수조로 옮겨 사육한다. 사육환경과 사육관리 등을 고려하여 고밀도로 사육시에는 3~10 m² 수조가 적당하고, 전장 2~3 cm까지 동일 사육수조에서 계속 사육하는 경우에는 25~50 m²의 비교적 대형 수조를 사용한다.

수조의 형태는 원형, 장방형, 정방형 등이 있으나 물의 움직임과 교환율, 침전물의 배출 등을 고려할 때 중앙배수식의 원형 수조가 양호하다.

수조의 깊이는 1 m 전후가 적당하며, 수조의 구배는 사료 및 분 찌꺼기의 배출을 용이하게 하고, 배수시를 고려해서 배수구 쪽으로 완만한 구배가 되도록 설계하여야 한다.

수조의 재질로는 콘크리트, FRP 및 캔버스 천 등을 사용하고, 콘크리트수조는 에폭시 페인트나 FRP로 코팅해서 사용하면 제독효과도 있다.

주수시설은 일반적으로 PVC제품을 많이 사용하고 주수관은 수조의 크기나 형태에 따라서 직경 20~65 mm의 관을 2~4개소에 시설하여 사육수를 회전시킬 수 있도록 한다.

배수시설로서 배수관은 수조저면에 설치하고, 배수관의 직경은 40~150 mm의 범위에서 수조의 청소 등을 고려하여 큰 편이 좋으며 중앙에 설치하며, 자어 사육시에 배수는 자어의 성장에 따라 망목크기를 늘려가며 배수관을 적당한 크기의 망으로 싸는 방법과, 별도로 사육어가 따라 나가지 않게 제작한 환수통을 수조 내에 설치해서 호스를 사용하여 사이펀으로 하는 방법이 있는데, 어느 방법이나 모두 망목부분의 면적을 넓게 하여 배출수의 유속을 늦추어 유영능력이 약한 자어가 망에 걸리지 않도록 하여야 한다.

용존산소의 과포화로 발생하는 가스병과 수조저면과 측면에 해조의 번무를 방지하기 위하여 사육지에 지붕이나 창문에 차광시설을 한다.

자어 사육용 해수는 모래여과기를 통과시킨 후 자외선이나 오존장치 등의 살균장치를 통과시킨 후 사용하는 것이 좋다. 사육수의 가운을 위해 보일러와 열교환기를 구비하여 사용하는데, 양식장에 사용되는 보일러의 용량은 100만~200만 kcal를 주로 사용한다.

(나) 사육 관리

사육수는 모래나 5~10 μ m필터로 여과한 여과해수로 사육수는 처음에는 부화 자어에 충격을 주지 않기 위하여 지수식으로 하고 성장과 함께 유수식으로 사육수를 환수시킨다. 지수식 사육은 사육수온과 관리방법에 따라 다르나 대개 5~15일 정도이며, 지수 사육 시에도 수질상태에 따라 1일 사육수의 1/5~1/2 정도를 천천히 환수시킨다. 유수식 사육시 환수량은 초기에는 0.3~1회/일, 후기에는 1~3.5회/일 으로 증가시킨다. 고밀도 사육의 경우는 되도록 빨리 유수식으로 전환하는 것이 수질관리가 유리하다. 유수식 사육시기 및 사육수의 교환율은 자어의 유영력, 먹이생물의 유출, 수온의 변화 그리고 수질 상태에 따라 결정한다.

초기 사육에 있어서 클로렐라를 첨가하여 사육한 경우에 성장과 생존율 모두 양호한데, 이는 수질안정 효과와 차광의 역할 및 클로렐라가 윤충의 먹이로 이용되기 때문이다. 이 때 클로렐라의 첨가기간은 5~20일이고 첨가 농도는 20~400 $\times 10^4$ 세포/mL이며, 적정 농도는 20~50 $\times 10^4$ 세포/mL 이다.

폭기(aeration)방법으로는 분산기(에어스톤)를 3~50 m² 수조에 1~9개 사용하여 저면적 1~5 m²당 1개의 비율로 설치한다. 폭기량은 초기에는 아주 약하게 하다가 개체가 성장함에 따라 서서히 증가시킨다.

사육수조에 클로렐라 첨가시 지나치게 밝으면 클로렐라의 탄소동화작용에 의해 용존산소의 과포화로 가스병 발생, pH 상승을 일으킬 수 있으며, 지나치게 어두우면 대사생리 기능의 저하를 초래하게 된다. 클로렐라 미첨가시에 밝으면 수조의 바닥과 측면에 해조류의 번무가 생기므로 적당한 조도조절(50~500 Lux)이 요구된다. 성장에 적합한 수온 범위는 17~22 $^{\circ}$ C이며, 염

분은 27.7~35.7%, pH는 7.70~8.42이다.

수조 저면청소는 주로 사이펀 방식으로 하는데, 횡수는 사육방법과 사육밀도에 따라 다르며, 고밀도 사육시에는 1~3일/1회, 저밀도 사육시에는 착저기 전 사육기간을 통해 1~3회만 실시하며, 착저가 완료되면 저면 청소가 곤란해지므로 착저 직전에 최소한 1회 바닥청소가 필요하다.

수용밀도는 고밀도 사육시에는 7~9만 마리/m² 전후로 수용하며, 착저기 전까지 계속 사육시에는 1~1.5만 마리/m² 전후가 적당하다.

먹이공급 개시 시기에 부화 직후의 자어는 유영능력이 없고 난황으로부터 영향을 취하여 생활을 하므로 먹이를 공급해 줄 필요가 없지만, 난황의 흡수와 함께 자어는 성장하여 3일이 지나면 눈이 발달하고 입이 열리며 소화관도 형성되어 먹이를 먹기 시작하기 때문에 적어도 개구 하루 전인 2일째에 먹이를 공급하여야 한다.

윤충 공급량은 처음에 소형의 윤충으로 사육수 1 mL당 2~3마리의 밀도로 공급하며 성장함에 따라 공급밀도를 늘려나가 부화 후 12일에는 1 mL당 10~12개체의 밀도로 공급한다.

사육수온 17~18°C에서 부화 후 9~10일째 자어는 알테미아의 노플리우스기 유생을 먹기 시작하므로 이 시기부터 0.1~3개체/mL 범위에서 점차적으로 공급 밀도를 높여 준다. 알테미아를 단독 공급하면 영양분의 섭취가 충분치 못하여 대량폐사의 원인이 되기도 하므로 윤충과 함께 공급하는 것이 바람직하며, 공급방법은 윤충을 공급하고 약 30분 경과 후에 알테미아 부화유생을 공급하는 것이 좋다. 갓 부화한 노플리우스는 3~4시간이 지나면 대체로 영양가가 떨어지기 때문에 수확하여 곧 공급하되, 수조에 먹고 남은 노플리우스가 남아 있지 않도록 적당량 주는 것이 좋다.

최근에 초기먹이생물의 대용 먹이로서 배합사료가 개발되어 초기부터 배합사료를 조금씩 공급하여 먹이불임을 시키는 경우가 많으며, 이렇게 함으로써 백화개체 발생률을 어느 정도 줄이고, 변태기에 나타나는 대량폐사도 막을 수 있다. 그러나 아직은 배합사료가 완전하지 못한 실정이므로 배합사

료를 대량 공급할 경우는 폐사율이 높아지므로 먹이생물과 혼용하여 사용하는 것이 좋다.

그림 2-2는 넙치의 발육단계에 따른 구분과 사육일수에 따른 사료공급 공정을 나타낸 것이다.

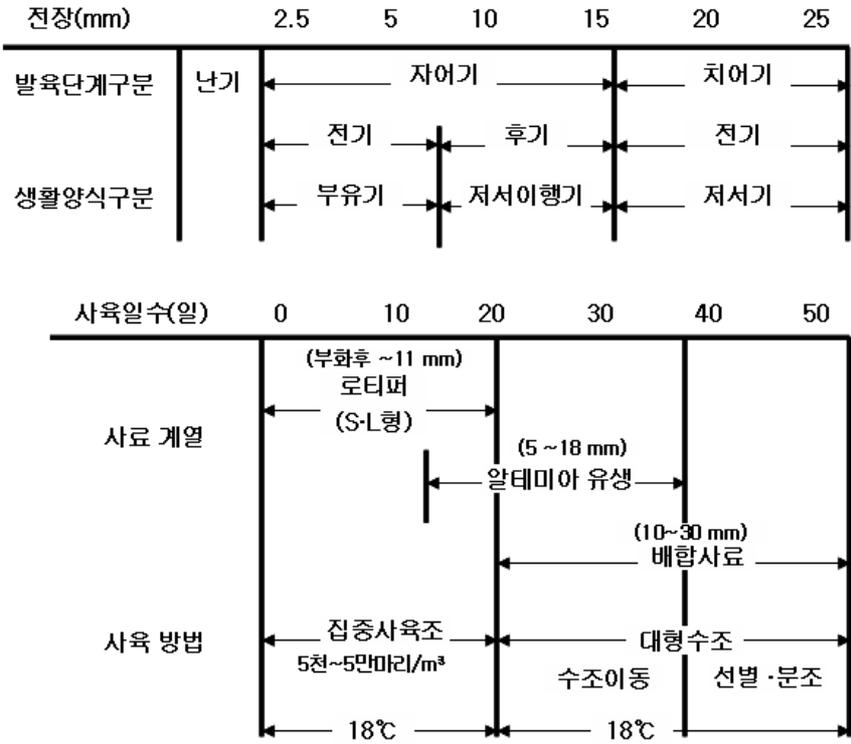


그림 2-2. 넙치의 발육단계구분 및 사육일수에 따른 사료공급 공정도.

(다) 성장과 생존율

자어의 전장이 2.1~3.0 mm가 되면 난황은 장경 1.0 mm 전후이며 눈은 두부의 양쪽에 대칭적으로 위치하고, 전장 3 mm 전후가 되면 난황과 유구가 작게 되고 소화관이 발달하여 항문에 달하지만 입이 불완전하고 전장 3.7 mm가 되면 눈이 검게 되고 입이 열린다. 전장 5 mm가 되면 후두부에 지느러미 원기가 생기고 소화관은 완전히 회전하여 크게 되며, 전장 10 mm 크기가 되

면 등지느러미 5조가 신장하고 이빨이 생성되며 우측의 눈이 이동을 시작하고 소화계는 복부에 거의 빈틈이 없을 정도로 발달한다. 전장 10~15 mm로 성장하면 변태를 완료하게 되며, 이 때 부화 후 경과 일수는 24~30일이 된다.

사육 수조의 크기, 자어의 수용밀도, 먹이생물의 양과 질, 조도 및 수질 등은 자·치어의 성장에 영향을 주는 주요한 요인들이다.

자어의 생존율에 영향을 주는 요인으로는 수조 크기, 수용밀도, 먹이생물, 수온, 수질, 질병 등으로 적수온 범위는 16~22℃이다.

질병은 복수증, 전염성 장관백탁증 등이 생길 수 있으며, 예방은 사육환경을 양호하게 유지해 주고 신선한 먹이를 공급하면 된다.

먹이생물에 있어서는 해산 클로렐라로 배양한 윤충을 공급한 경우가 생존율이 가장 높았으며, 다음으로 유지효모로 배양한 윤충을 공급한 경우, 빵효모로 배양한 윤충을 공급한 경우의 순으로 높았다.

공식현상은 변태 완료시까지 생기지 않으나, 크기 차이가 심하면 착저 이후에 공식현상이 심해지기 때문에 충분한 먹이 공급과 적절한 사육밀도의 조절이 필요하다.

(2) 착저기 이후 사육

(가) 사육 시설

사육수조로서 저면적 10 m² 이하 크기의 소형 수조는 저면 청소, 먹이공급과 치어의 관찰 등이 용이한 장점이 있는 반면, 대량생산을 위하여 고밀도로 사육할 경우 공간과 먹이경쟁에 의한 공식현상이나 수질 급변 등의 단점이 있고, 저면적 50 m² 전후의 중형 수조와 100~200 m²의 대형 수조는 저밀도로 사육하게 되므로 수질악화 문제가 적다는 장점은 있으나 자·치어의 관찰이 어렵고 관리 작업에 필요한 인원과 시간이 많이 소요되는 단점이 있다. 대형수조 내에 소형 가두리를 설치하여 사육하면 바닥청소와 분조작업이 편리하다.

사육수조의 천정에는 차광막을 설치하여 조도를 낮추어 주는 것이 스트레스 방지를 위해 필요하며 치어의 체색 발현에도 양호하다.

(나) 사육환경 및 사육관리

사육시 적정 수온은 18~24℃로서 사육수의 환수율은 공급되는 먹이의 종류와 양에 따라 차이가 있지만, 수조의 배수방법과 사육밀도, 수온 등을 고려하여 결정된다.

크기별 적정 사육밀도는 전장 13~15 mm에서는 5,000마리/m² 전후가 적합하고 전장 30 mm 내외에서는 1,000~2,000마리/m²가 적합하다. 전장 30 mm까지는 고밀도 사육이 양호한 결과를 가져온다는 보고가 있으나, 높은 사육밀도는 공식현상에 의해 생존율의 저하를 가져올 수 있다.

자치어의 먹이는 개체가 성장함에 따라 소형 먹이생물로부터 대형 먹이생물로 전환하며, 생물먹이에서 생사료나 배합사료와 같은 비생물 먹이로 전환한다. 자치어의 먹이량과 공급횟수는 1회 공급량이 남지 않을 정도로 자주 주는 것이 효과적이다.

자치어의 공식은 전장 20 mm 내외에서 치어의 활력차이, 공간경쟁과 먹이 경쟁 등으로 인하여 일어나므로 선별을 실시하여야 하는데, 선별방법은 한 마리씩 물과 함께 떠서 하는 손선별과 선별용기에 의한 선별방법이 있는데 최근에는 선별기에 의한 선별이 주로 행하여진다. 선별 시 또는 선별 후에는 항생제로 약욕을 해야 질병발생을 예방할 수 있다.

자치어의 사육방법으로 수조 내 가두리 망을 설치하여 사육하는 방법은 단위 용적당 생산량이 높고, 선별 또는 수확 시 채포가 용이한 장점이 있으나, 찌꺼기 배출과 물의 소통을 원활하게 하기 위하여 어체가 성장함에 따라 망목 크기 조절이 필요하며, 7~10일마다 망 교체가 필요하다. 수조 바닥에서 사육하는 방법은 선별 및 분조 시에 어체의 스트레스 및 상처가 생기는 단점이 있다.

부화 후 40~50일이 경과하면 생물먹이에서 배합사료로 먹이 전환이 이루

어지는 시기이기 때문에 먹이 섭취량의 증가로 성장이 급격히 빨라져서 부화 60일경에는 전장 40 mm 내외로 성장하고 부화 90일경에는 전장 70 mm 내외로 성장하여 양성용 종묘로 이용된다.

고수온기에 수질악화로 인한 치어기의 대량폐사는 먹이 공급량의 증가와 동시에 발생되기 쉬우므로 특히 주의가 요구된다. 이 때에는 사육 환수량을 늘리고 수조를 항상 청결히 유지하며, 치어의 유영상태와 먹이섭취활동의 세심한 관찰이 필요하다.

(3) 자·치어 수송

(가) 수송 방법

치어의 소량 운반 시에는 비닐 또는 폴리에틸렌 막으로 된 봉지에 사육 수온과 비슷한 깨끗한 해수를 반 정도 채우고, 넙치를 적당량 넣은 후에 봉지 위쪽의 공기를 빼내고 그 대신 공업용 산소를 채워 준다. 그 다음 내부가 거칠지 않은 사료포대 등에 넣어서 포장 후 운송하는 것이 가장 간편한 방법이다.

수백 kg 이상의 활어를 대량으로 운반할 경우에는 활어차를 이용하는데, 이 때에는 산소를 연속적으로 공급하여야 하므로 산소 주입을 위해서 공업용 산소통을 같이 싣고, 호스를 통하여 그 끝에 장치한 분산기로부터 운반 시간 중 계속적으로 산소를 분출시킨다. 산소대신 송풍기(blower)를 가동시켜 공기를 주입하기도 하나 효율이 떨어지는 단점이 있다.

(나) 수송 전 조치 사항

넙치의 운반 중에 대사 기능의 저하를 위해서 수송 전 1~3일 정도는 먹이 공급을 중단하는 것이 좋으며, 수송 전 사육수온과 수송 후 사육 수온의 차이를 최대한 줄여 주는 것이 수온에 의한 스트레스를 줄이는 방법이다.

(다) 수송 중 조치 사항

수송 전에 절식 등으로 대사 기능을 저하시키더라도 사육시 보다는 높은

밀도로 운반하므로 비닐포장 수송방법의 경우 수온을 낮추기 위해 보온상자에 넣거나 봉지 바깥쪽에 얼음을 넣어 운반한다. 활어차의 경우 고밀도 수송으로 산소부족을 일으키기 때문에 고압 산소통에서 호스를 통해 산소를 일정한 비율로 공급해 주는 것이 좋다. 여름철의 경우 활어차에 얼음봉지를 넣어 온도를 낮추는 주어야 한다.

운반 거리가 멀고 장시간이 소요될 경우에는 넙치 배설물 등 오물이 발생하여 수질 악화가 우려되므로 여과장치를 가동시켜 운반하는 것이 좋다.

(라) 수송 후 조치 사항

가능한 한 운반 전·후의 사육수의 수온이 동일하게 유지시키는 것이 수온스트레스를 줄이는 방법이다. 운반으로 인한 스트레스를 최소화시키기 위해 운반 후 넙치는 약욕 처리하는 것이 좋다.

3. 양성방법 및 사육관리

가. 육상수조식 양식

(1) 육상수조식 양식의 특징

육상수조식 양식은 넙치의 체색, 먹이섭취 활동, 유영 등의 관찰이 용이해서 충분한 사육관리가 가능하며, 저서생활을 하는 넙치의 생태에 적합하고, 수온, 염분, 용존산소량 및 빛 조절 등 환경요인 제어가 비교적 용이하다는 장점이 있다. 그러나 해안의 토지를 싼 값에 구입하는 것이 어렵고 사육수조와 양수펌프 등의 설비에 많은 비용이 들며, 전기료 등의 경비가 더 들고, 정전 및 기타 사고에 의해 양식어가 전량 폐사할 수 있는 위험이 항상 뒤따를 뿐만 아니라, 부착생물의 부착과 해수에 의한 부식으로 급·배수 능력이 저하하기 때문에 매년 청소하든지 수년마다 새로이 시설해야 한다는 단점이 있다.

(2) 양식장의 선정 요건

생물학적 측면에서의 적지로서는 넙치를 빠르게 성육시키기 위해서 되도록 적수온기간이 길어야 하고, 용존산소량이 풍부한 해수의 사용이 가능한 곳, 하천수의 유입 등에 의한 염분의 극단적인 저하가 적은 곳, 적조와 현탁생물 등의 오염물질이 없는 청정한 곳이 좋다.

경제적 측면에서 적지로는 해안 가까운 곳에서 가능한 한 대지 구입이 용이한 곳, 해면과 수위차가 적어 양수 경비가 적게 소요되는 곳, 교통이 편리하여 사료와 자재의 반입이 용이한 곳, 태풍 등의 자연 재해를 받지 않은 곳, 시장이 가까워 활어의 출하가 유리한 곳이 좋다.

(3) 양성 시설

(가) 기반 시설

기반시설은 취수시설과 양수시설, 배관시설 등을 들 수 있다.

① **취수시설** : 지역에 따른 해수 취수의 특징을 살펴보면, 제주도의 경우 양수용 펌프로 연안 해수나 지하 해수를 취수하여 양식장에 단독 또는 혼합하여 사용하고 있으며, 남해안의 경우 주로 연안해수를 직접 취수하여 사용하고 있고, 동해안의 경우는 모래 여과층을 통과시켜 취수하고 있으며, 서해안의 경우 다른 해역에 비해 해수의 탁도가 비교적 높기 때문에 1차 침전조로 해수를 취수한 후 침전시킨 다음 침전지로부터 다시 양수하여 사육수로 이용하고 있는 실정이다.

넙치 양식장에서 일반적으로 이용되고 있는 취수배관의 재질은 PE로서 배관의 굵기는 직경 30~50 cm로 양식장의 펌프실로부터 200~300 m 떨어진 연안에서 취수하고 있는 경우가 많으며, 취수용 펌프의 용량은 20~125 Hp 까지 다양하게 사용되고 있다.

양성용 해수를 취수하는 방법으로는 연안수를 취수관을 통해서 취수하는 방법과 지하 해수를 취수하는 방법이 있으며, 연안수는 직경 50~100 cm 정도의 큰 관을 바다까지 묻어 양식장의 집수정까지 해수가 자연적으로 흘러들어오게 하여 취수하는 방법으로 잡물의 유입과 부착생물의 부착을 방지하기 위하여 취수구는 모래가 들어오지 않도록 그물망으로 덮은 뒤 자갈로 매몰한다. 적절한 해수 취수지역으로는 연중 넙치의 생존 범위에서 수온변화가 적고 염분이 저하하지 않으며, 물이 혼탁하지 않는 곳이 적합하다.

취수구는 연안으로부터 수십 m 또는 가능하면 수백 m의 바다에서 수면으로부터 3m 이하에, 해저 바닥으로부터는 1m 이상 높은 곳에 취수구를 설치하는 것이 적당하고 취수구에 비닐, 폴리에틸렌 등의 잡물이 흡입되면 취수량이 격감하여 수조내의 사육어가 산소 결핍으로 폐사하는 수가 있으므로 취수구의 크기와 구조는 충분히 주의하여야 한다.

지하수를 활용하는 경우, 저질은 모래와 자갈로 된 곳이 좋고, 저질이 필인 곳은 해수의 공급량이 적은 경향이 있다. 지하수를 퍼 올리면 자연 여과가 되므로 잡물이 없는 장점이 있으나, 용존산소량이 적게 함유되어 있는 것이 단점이다.

② **양수 시설** : 양수 펌프는 수조 또는 저수조 위치까지 양수가 가능한 것을 선택해야 하고, 또 펌프의 설치위치는 가능한 한 바다 표면에 가까운 것이 좋다. 사용 동력은 전기로 하되, 전기는 태풍, 낙뢰, 공사 등의 원인에 의해 불시 정전이 되는 경우도 있으므로, 자가발전 장치를 구비해 두어야 하며, 정전 시에는 자동적으로 작동 가능하도록 설비하는 것이 좋다. 정전 이외에도 펌프 자체의 고장으로 양수가 중단되는 경우와 펌프는 작동해도 송수관이 파손되어 탱크에 사육수를 공급하지 못하게 되는 경우도 있으므로 가능한 한 빨리 고장이나 파손부분을 발견할 수 있게 자동 경보기를 설치하여야 한다.

③ **배관 시설** : 배관의 재질은 풍파가 강한 해안일 경우는 강관을 사용하는 것이 좋고, 육상에서는 값싸고 녹슬지 않아 편리한 PVC가 좋다. 관의 내측에는 각종 부착생물에 의해 주수능력이 저하되기 때문에 관의 굽기는 여유를 두어야 하고 수개월마다 청소를 하든가 교체하여 배관의 주수능력을 유지하도록 관리하여야 한다.

(나) 사육 시설

육상수조식 양성용 수조의 형태로는 원형, 팔각형, 정방형, 장방형 등이 있지만, 물의 움직임 및 환수율은 원형이 가장 좋고 장방형이 가장 나쁘다. 팔각형 수조의 경우 사육수의 정체구역을 최소화시키기 위하여 모서리부분은 둥글게 제작하는 것이 좋다.

사육조의 수심은 치어기에는 30~60 cm로 하고 어체가 성장함에 따라 40~80 cm의 깊이로 조절하는데 수조의 깊이는 실제 수면보다 위로 30~50 cm 더 높게 시설한다.

수조의 수면적은 치어기에는 4~10 m², 성장함에 따라 점차 넓은 곳으로 옮겨 중간육성기에는 60~100 m²에 달하는 것이 적당하다.

수조의 재질로는 철근콘크리트 수조의 경우 내구년 수가 길고 견고한 장점이 있지만 시설비가 많이 들고 한번 시설하면 개수나 변형이 어려운 단점

이 있으며, 콘크리트 벽돌을 쌓아 만들면 시설비는 적지만 원형으로 만들기
가 어려워 8각형 또는 4각형으로만 제작이 가능하다. FRP 수조는 내구년 수
가 길고 수조 청소가 쉽지만 시설비가 많이 든다는 단점을 가지고 있다. 기
타 재질로서 나일론시트는 수조를 지탱하는 틀을 값싼 재료로 만들면 시설
비가 적게 드는 장점은 있으나 내구년 수가 짧고 수조 바닥에 시트의 주름
이 생기는 단점이 있다. 시트를 지탱하는 틀에는 목재, 철판, FRP 등이 사용
되며 목재가 가장 값싸고 FRP가 가장 비용이 많이 든다.

수조의 바닥은 가능한 한 평탄하고 안정적인 색채로 하며(노랑가자미의
경우 수조바닥의 색을 백색, 황색, 흑색으로 하여 시험한 결과 백색, 황색, 흑
색의 순으로 무안축의 흑화비율이 낮고 성장도 양호한 것으로 보고됨) 배수
구조로 향하여 약간 경사를 만들어 바닥에 가라앉는 배설물이 물의 흐름을 따
라 유출되도록 시설한다. 최근에 양식장에서 시설되는 PP 수조의 경우 가격
이 비교적 저렴하고 설치 및 분해가 간단하며 방수가 탁월하고 부식되거나
녹슬지 않아 반영구적일뿐 만 아니라 수조의 청소가 용이한 장점이 있다.

지역별 사육수조의 크기별 실태 파악 결과, 동해안 지역은 사각 7~8m 크
기가 84%, 남해안 지역은 사각 9~10m 크기가 77%, 제주도 지역은 원형
5m, 8m와 사각 10m, 12m 크기가 91%를 차지하고 있다(표 3-1).

표 3-1. 넙치 육상수조의 지역에 따른 시설크기별 비율

| 지역 \ 규격 | 사각형 수조 | | | | | | 원형 수조 | | | 기타 |
|---------|--------|----|----|----|-----|-----|-------|----|----|----|
| | 6m | 7m | 8m | 9m | 10m | 12m | 5m | 7m | 8m | |
| 동 해 안 | 5 | 52 | 32 | 3 | 4 | 1 | - | - | - | 3 |
| 남 해 안 | - | 8 | 3 | 41 | 36 | 3 | - | 4 | - | 5 |
| 제 주 도 | - | - | - | 2 | 37 | 16 | 12 | - | 26 | 7 |

사육수조의 높이는 수조 중앙 부분이 100~145cm, 외곽 부분이 80~145cm
로 안쪽부분이 바깥부분에 비해 약 20cm 정도가 깊게 경사를 이루고 있었

3. 양성방법 및 사육관리

으며, 실제 사육수심은 중앙부분이 70~105 cm, 외각이 50~80 cm로 실제 수조 높이에 비해 약 40 cm 정도 낮게 유지되고 있는 것으로 조사되었다.

사육수조의 중앙 배수관의 굵기는 사각 7~8 m 크기의 수조는 배수관의 직경이 150~200 mm, 사각 10~12 m 크기의 수조는 배수관의 직경이 200~250 mm, 사각 13~15 m 크기의 수조는 배수관의 직경이 300 mm, 직경 8~9 m 크기의 수조는 배수관의 직경이 100~150 mm으로 시설되어 있는 것으로 조사되었다.

사육 수조의 지붕은 철골 슬레이트 재질로 시설하는 것이 안전하지만 시설비가 많이 든다는 단점이 있으며, 비닐하우스는 시설비가 적은 대신 비닐을 2~3년마다 교체해야 하고, 또 직사광선을 막기 위해 차광막을 설치해야 한다. 차광막은 수조 내 수온상승을 막고 조류의 번식을 방지하며 넙치를 수조 내에서 안정시키는 효과가 있다. 최근에는 양식장의 지붕을 유선 형태인 아치형으로 설치하는 곳도 있다.

육상수조식 양식시설의 배출수 처리시설은 수산업법 제44조의 규정에 의거 수조면적 합계 500 m² 이상에 대해 수질환경보전법 제30조의2제3항과 시행규칙 제50조 별표 10에 「사료찌꺼기·배설물 기타 슬러지 등을 적정처리하기 위하여 사육시설면적의 20% 이상이고 깊이가 1~1.5 m인 침전시설, 또는 5% 이상의 침전조를 갖추고 “드럼 또는 경사스크린”이나 “3단계 거름망”을 추가 설치·운영」 하도록 명시하고 있다. 앞으로 지자체는 환경부 지침을 참고하여 시·도지사가 지역특성에 맞는 배출수의 수질기준을 정하여 환경부장관의 승인을 받아야 한다. 수산물 양식시설 배출수 수질기준 지침서에서 육상수조식 양식시설에 대한 자료는 표 3-2와 같다.

해수 순환여과 사육시스템은 우리나라에서는 현재 연구 개발 중으로 상업적으로 활용되고 있는 것은 없으나, IBK 순환여과시스템과 도랑식 순환여과시스템을 소개하고자 한다.

IBK 순환여과사육시스템의 구조상 가장 큰 특징은 구조가 단순하여 부품의 고장이 거의 없고 양수기의 양정고가 낮아 에너지 절약효과가 있으며, 대형 생물여과조를 가지고 있다는 것이다. IBK식 순환여과 양식장의 구성을



그림 3-1. 넙치 양식장 배출수 처리를 위해 설치된 드럼스크린.

표 3-2. 수산물 양식시설 배출수 수질기준 지침 값

| 구 분 | 적용 지역 기준 | 시설규모 | B평상시 (순증가허용농도) | | 급이시 (순증가허용농도) | |
|---------------|----------|-----------------------------|----------------|-----------|----------------|-----------|
| | | | BOD,COD (mg/L) | SS (mg/L) | BOD,COD (mg/L) | SS (mg/L) |
| 육 상 수조식 양식 시설 | 청 정 | 50,000 m ³ /d 이상 | 2이하 | 3이하 | 5이하 | 10이하 |
| | | 50,000 m ³ /d 이하 | 2이하 | 5이하 | 10이하 | 15이하 |
| | 가·나 | 50,000 m ³ /d 이상 | 2이하 | 5이하 | 10이하 | 15이하 |
| | | 50,000 m ³ /d 이하 | 3이하 | 8이하 | 10이하 | 20이하 |

※ 육상수조식 양식시설의 방류수 수질기준은 COD를 적용한다.

살펴보면 사육수조, 오물침전지, 펌프장, 생물여과조, 수로, 산소공급장치 및 폐수처리장을 갖추고 있다는 것이다. 기능상 특징은 고형오물의 조기제거, 용해유기물과 SS의 효율적인 제거와 기체 교환, 여과조 안의 유속이 아주 느리고 사육조 안의 물 교환율이 높다는 점 등이다.

도랑식 순환여과사육시스템은 광물미립자(Bentonite)와 포말분리장치를 이용하여 생물여과 과정과 이에 부수되는 설비가 없는 양식시설로서 개발되어 있는데, 사육생체량이 일정 수준 이상 되었을 때 도랑 하류에서의 용존산

3. 양성방법 및 사육관리

소 부족문제, 정전 등 비상 시 시간적 위급성, 배관 시 관내 오염문제로 중앙 집중식시설 확대의 곤란성 등이 해결되어야 할 문제점이다. 또한 사육수 내의 광물미립자의 기능에 관련된 과학적 검증과 포말분리장치의 효율증대를 위한 연구가 필요하다. 그림 3-2는 도랑형 사육수조에 광물미립자와 포말분리장치를 이용한 도랑식 순환여과사육시설의 모식도를 나타낸 것이다.

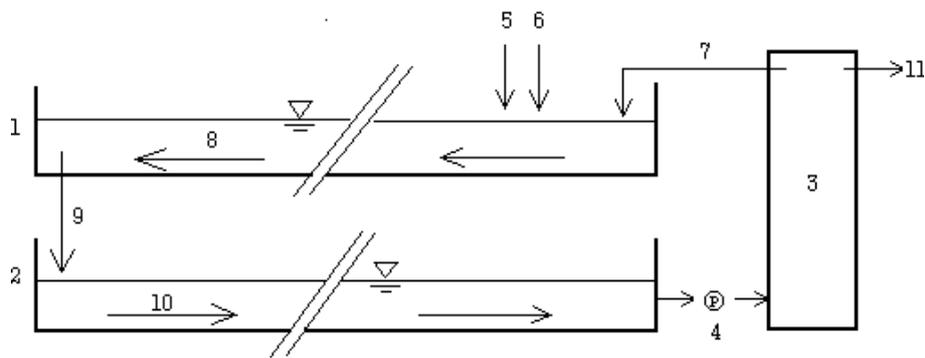


그림 3-2. 도랑식 순환여과사육시설 모식도.

1. 상층사육수조(0.8×0.4×20 m)
2. 하층사육수조(좌동)
3. 포말분리장치
4. 순환펌프(0.75kW)
5. 보충수(해수, 1~4m³/hr.)
6. 광물미립자(Bentonite)
7. 정화된 사육수(15m³/hr.)
- 8~10. 사육수조 내 사육수의 흐름
11. 사육수조로부터 분리된 거품과 잉여사육수의 배출

순환여과 사육시스템에 의한 넙치 사육 예로서는 국내의 경우, 갑각류연구센터(구 태안수산종묘시험장)에서 총 사육조 면적 85m²(7m²×12개), 여과조 용적 20.5m³(여과재 표면적 3,790m²)의 순환여과시스템에서 넙치 미성어 1,157마리(체중 615.2g)를 180일간 사육시켜 1,124마리(체중 1,201g)로 생존율은 97.1%였다. 사육 실험시 수온은 17.5~25.1℃로 유지되었고, 1일 사육수의 순환은 34회전 실시하였고, 사료는 모이스트펠렛 사료(배합사료 45%, 냉동전갱이 55%)를 이용하였으며, 최초 사육 밀도는 8.4kg/m², 최종 사육 밀도는 15.9kg/m² 으로 유지되었다.

최근에 국립수산과학원 어류연구센터에서 양식 경쟁력 제고를 위한 생산비 절감을 위해 실용적인 해수 순환여과 시스템을 개발 중에 있다.

외국의 경우, 일본 전력중앙연구소에서 수용적 10 m³의 순환여과 시스템에서 평균 중량 2g의 넙치 종묘 1,015마리를 259일간 사육하여 평균 중량 456g으로 성장시켰다. 사육 수온은 23℃로 유지되었고 사육수는 1일 10~20회전 순환시켰으며, 실험 전기간을 통해 사용된 해수의 양은 총 25m³ 이었다. 실험기간중 생존율은 85% 였고 실험 종료시 사육밀도는 31 kg/m²으로 유수식 양식에 비해 2배 이상 높은 밀도였다.

(다) 기타 양식 설비 및 기자재

기타 양식설비로서 물 속에 산소를 공급할 수 있는 장치가 필수적이며, 이러한 시설로는 송풍기펌프, 수차, 에어오투(제트분사장치) 등을 비롯해 최근에는 소음이 거의 없고 공기량이 많은 여러 가지 최신 기종이 개발돼 시판되고 있어 그만큼 선택의 폭이 넓어졌다.

그 외에 액화산소를 직접 수중에 공급하거나 해수와 함께 공급하는 경우가 있는데, 위급한 상황에 대비해 사용할 수 있도록 구비하거나, 또는 규모가 큰 양식장의 경우 수중의 용존산소 보충을 위해 사용되고 있다. 액화산소는 200L 크기의 소형 용기부터 허가를 받아야만 사용이 가능한 3톤~20톤의 대형 장치까지 다양하게 양식장에서 이용되고 있다(그림 3-3).



그림 3-3. 소형 및 대형 액화산소 공급장치.

간단한 수질측정 장비로서 수온, 용존산소, 수소이온농도 등을 측정할 수 있는 휴대용 수질측정기를 갖추어야 하며, 그 외 염분, 경도, 알칼리도, 암모니아, 아질산 등을 측정할 수 있는 장비를 갖추는 것이 바람직하다.

어류의 성장과 함께 개체간의 크기에 따라 분류하기 위하여 최근에는 선별기를 많이 이용하는데, 선별기의 재질은 해수에 견딜 수 있는 스테인리스 스틸을 반드시 사용하여야 한다.

(라) 안전 장치

육상수조식 양식장에서 넙치를 안전하게 사육하기 위해서는 정전에 대비해서 비상용 발전기를 반드시 갖추어야 한다. 발전기의 정상 가동 여부는 매 주일 점검하고 정전이 아닌 경우에도 발전기의 정상 가동을 정기적으로 확인해 두어야 한다. 여름철 태풍 등으로 인하여 정전 사태가 장시간 일어났을 때 발전기가 제대로 작동되지 않아 큰 피해를 입는 사례가 많이 있었던 점을 깊이 새겨두고 항상 발전기 관리를 철저히 하여야 한다.

양식장에서 정전 또는 펌프의 고장이 일어나면 사육 중인 생물을 일시에 죽이는 일이 이따금 일어난다. 이에 대한 대책으로 경보장치를 갖추어야 한다. 또한 이러한 경보장치는 정전뿐만 아니고 양수 펌프의 고장으로 피해를 보는 일이 가끔 있으므로 펌프의 가동여부, 저수위 등도 알릴 수 있도록 설비되어야 한다.

육상수조식 넙치 양식장에서 특히 하게 고수온기에 고밀도로 사육중일 경우 펌프의 고장 기타 사고로 물의 유입이 중단되면 사육 중의 어류를 모두 죽이게 되는 위험성이 항상 수반된다. 그러므로 펌프 등 기기의 고장 시 즉시 대체 사용이 가능한 예비 장치를 반드시 해야 한다. 양수 펌프는 대용량의 1대를 사용하는 것보다 작은 용량 펌프를 여러 대 설비하여 가동하는 것이 보다 안전하다.

유독 적조생물에 의한 양식 넙치의 피해를 최소화 하기 위해 여과기를 설치하여 적조생물의 유입을 미연에 방지할 수 있도록 하고 유입수 차단에 따른 용존산소 부족을 방지하기 위하여 사육수조 내에 수중펌프를 이용하여

자체 순환시키거나, 또는 산소발생기를 설치하거나 액화산소 공급 장치를 시설한다. 적조가 상습적으로 발생하는 해역에서 양식장 시설시 지하해수를 개발하여 사용하는 것도 좋은 방법이다.

(4) 사육 관리

(가) 종묘 구입

넙치는 성장이 대단히 빠른 어종으로 조기종묘를 구입하여 봄부터 양성을 시작하면 연내에 상품크기까지 사육이 가능하다.

종묘생산기술이 급속히 발달함으로써 매년 종묘생산시기가 빨라져, 현재 양식업자들은 언제든지 다양한 크기의 종묘를 구입할 수 있게 되었다.

(나) 종묘 선택

넙치는 치어기에 개체에 따른 성장 차이가 많이 나타나므로 일정한 크기의 종묘를 구입하여 수용하여야 한다.

양식업자들은 가능한 한 건강하고 큰 종묘를 구입하여 빨리 성장시키는 것이 좋으나 큰 종묘는 가격이 비싼 반면 작은 종묘는 값싸게 구입은 가능하나 초기 사육관리가 어렵고 폐사율도 높아 적당한 크기의 종묘를 선택하는 것이 중요하다.

일반적으로 건강한 개체는 전체적으로 색이 연하면서 체표의 무늬가 뚜렷하고 정상유영을 하고, 먹이를 먹을 때는 활발한 섭취행동을 하지만, 먹이를 먹지 않을 때는 가만히 바닥에 앉아 있다.

(다) 종묘 수용량 및 적정 밀도

수송한 종묘는 입식밀도를 산정하여 적절한 사육밀도로 여러 수조에 분산하여 수용한다. 이 때 종묘 생산된 사육 수조와 양성할 사육 수조의 수온 차이가 거의 없어야 생리적인 스트레스를 최소화 시킬 수 있다.

우리나라 넙치 육상수조식 양식장의 크기별 평균 입식 및 사육마리수는 표 3-5와 같으며, 넙치 전장(X)에 대한 입식량(Y)과의 상관관계식은 그림

3-4에서 보는 바와 같다.

$$Y = 4,036X^{-1.3758} \quad (R^2 = 0.922, n = 25)$$

넙치는 저착성 어종이므로 덮는율(넙치 체면적/수조바닥면적)을 입식 밀도 산정기준 자료로서 활용하는 것이 적합한 것으로 판단된다. 넙치의 경우 소형 수조에서 입식밀도를 덮는율 1 정도로 수용하여 덮는율 2 정도까지 성장시킨 후, 덮는율을 1 정도로 재분산시켜 사육하면 성장이 양호한 것으로 보고되었으나, 실용 규모에서 넙치 밀도별 실험 결과 적정사육밀도는 어체 크기별로 차이는 있지만 덮는율을 0.5~1.0 정도로 유지시키는 것이 성장률 및 생존율의 제고 측면에서 적합한 것으로 나타났다(표 3-5).

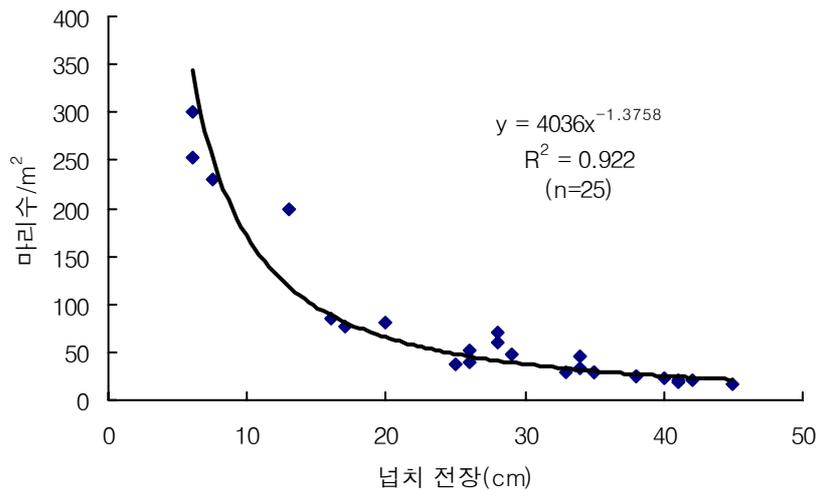


그림 3-4. 육상수조식 사육시스템에서 넙치크기에 대한 사육 밀도.

넙치의 전장에 대한 체중 및 체표면적과의 관계식은 아래와 같으며, 전장별 체중과 체표면적을 환산한 값은 표 3-6과 같다.

- 넙치 전장과 체표면적과의 관계식 (3~40 cm)

$$Y=0.2473X^{2.0247} \quad (R^2=0.998)$$

- 넙치 전장과 체중과의 관계식 (4~41 cm)

$$Y=0.0121X^{2.9964} \quad (R^2=0.997)$$

표 3-5. 육상수조식 양식장에서 넙치 크기별 입식 사육밀도

| 전장 (cm) | 체중 (g) | 사육(입식) 밀도 | | |
|------------|-----------|-------------------|-----------------------------|---------------------|
| | | 마리/m ² | 총중량 (kg/m ²) | 덮는율 (체면적/수조바닥면적) |
| 5 | 1.5 | 441 | 0.66 | 0.28 |
| 8 | 6.1 | 231 | 1.4 | 0.39 |
| 10 | 12.0 | 170 | 2.0 | 0.45 |
| 15 | 40.4 | 97 | 3.9 | 0.58 |
| 20 | 95.8 | 65 | 6.2 | 0.69 |
| 25 | 186.9 | 48 | 9.0 | 0.80 |
| 30 | 322.7 | 37 | 11.9 | 0.90 |
| 35 | 512.2 | 30 | 15.4 | 0.99 |
| 40 | 764.2 | 25 | 19.1 | 1.08 |

표 3-6. 넙치의 전장별 체중 및 체표면적 환산 값

| | | | | | | | | | | |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 전장(cm) | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 중량(g) | 0.3 | 0.8 | 1.5 | 2.6 | 4.1 | 6.1 | 8.8 | 12.0 | 16.0 | 20.7 |
| 표면적(cm ²) | 2.3 | 4.1 | 6.4 | 9.3 | 12.7 | 16.7 | 21.1 | 26.2 | 31.7 | 37.9 |
| 전장(cm) | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| 중량(g) | 26.3 | 32.9 | 40.4 | 49.1 | 58.8 | 69.8 | 82.1 | 95.8 | 110.8 | 127.4 |
| 표면적(cm ²) | 44.5 | 51.7 | 59.5 | 67.8 | 76.7 | 86.1 | 96.0 | 106.5 | 117.6 | 129.2 |
| 전장(cm) | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 |
| 중량(g) | 145.6 | 165.4 | 186.9 | 210.2 | 235.4 | 262.5 | 291.6 | 322.7 | 356 | 391.6 |
| 표면적(cm ²) | 141.4 | 154.1 | 167.4 | 181.2 | 195.6 | 210.5 | 226.0 | 242.1 | 258.7 | 275.9 |
| 전장(cm) | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 |
| 중량(g) | 429.4 | 469.6 | 512.2 | 557.3 | 605.0 | 655.3 | 708.4 | 764.2 | 822.9 | 884.5 |
| 표면적(cm ²) | 293.6 | 311.9 | 330.7 | 350.2 | 370.1 | 390.7 | 411.8 | 433.4 | 455.6 | 478.4 |

(라) 사육어 선별

넙치는 성장함에 따라 개체차가 생기며, 특히 치어기에 이러한 경향이 더욱 심하다. 따라서 성장이 빠른 시기에 대소의 차이가 생기게 된다. 또한 치어기는 공식이 심하기 때문에 크기 차이가 심한 데도 불구하고 그대로 방치하면, 작은 개체는 계속적으로 정상적인 성장을 못하며, 공식에 의한 감모로

생존율의 저하가 발생한다. 그러므로 치어기의 선별은 매우 중요하다.

선별 주기는 치어기에는 1개월 1~2회 정도, 체중 100g 이상 크기에서는 2~3개월에 1회 정도 실시한다.

선별시 주의사항으로는 선별 전에는 반드시 1일 전에 먹이공급을 중지하는 것이 좋고 치어를 포획시 어체에 상처가 나지 않도록 하여 가능한 한 단 시간에 선별을 실시하여 스트레스를 최소화하여야 한다. 선별 시에는 가능하면 항생제로 약욕을 시키며, 선별 후에는 항생제 투여로 질병 발생을 방지하는 것이 좋다.

선별 시에는 사육을 위하여 각 사육수조별로 전장과 중량을 측정해 두면 사료공급량 산정과 성장률 등의 산정에 중요한 자료가 될 수 있어 양식경영에 도움이 된다.

(마) 치어기 먹이 공급

입식 후 치어는 사육 환경이 바뀐 대신 다른 조건은 가능한 한 동일하게 유지시키기 위해서, 처음 약 1~2주일만 종묘생산시에 공급하던 것과 동일한 먹이를 공급하는 것이 좋다. 그 후에는 먹이의 영양과 관리측면을 고려하여 먹이를 선택하고 서서히 먹이를 전환시킨다. 완전한 영양이 갖추어진 배합사료를 공급하는 것이 수질관리에 유리하지만, 생사료와 분말배합사료를 혼합하여 만든 모이스트펠렛 사료를 공급하는 경우도 있다.

양식장에 치어 입식 후 초기에는 먹이 섭취량도 많고, 공식도 일어날 우려가 있으므로 이른 아침부터 저녁 늦게까지 여러 번 나누어 먹이를 공급하는 것이 유리하다. 일간 먹이공급횟수는 양식장의 환경이나 사육밀도 등 상황에 따라 초기에는 1일 3~5회 정도 만복시의 80~90% 비율로 공급한다.

넙치의 경우는 각 양식장의 환경에 따라 섭식량 차이가 많은데, 이는 넙치가 수온, 용존산소, 수용밀도, 체중 그리고 관리방법 등에 쉽게 영향을 받아 먹이 섭취량의 변동이 크기 때문에 사육환경에 따라 먹이공급량을 결정하면 된다. 사료공급시 7~10일에 1회 정도는 절식시켜 내장을 한번씩 비워주는 것이 넙치의 건강상태를 양호하게 하고, 사료효율을 높이는 효과가 있다.

(바) 하계 사육관리

넙치는 수온 21~24℃에서 가장 성장이 좋으며, 당년어의 경우는 비교적 고수온에 강하나, 수온이 28℃ 이상 올라가면 먹이섭취량이 저하하며, 성장이 되지 않고 오히려 체중이 줄어드는 경우가 있다.

고수온이 장기간 유지될 때에는 사망률이 극히 높아지기 때문에 주의를 기울여야 한다. 2년생의 경우는 여름철 고수온이 오기 전에 출하 가능한 크기는 판매를 하고, 사육 밀도를 낮추어 주는 것이 관리하기에 좋다.

수온이 높아질수록 사육수의 용존산소는 상대적으로 낮아지고 어체는 산소요구량이 오히려 높아짐으로 산소발생기, 액화산소 등으로 사육수조에 산소를 추가 공급하는 것이 좋다.

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

영양장애를 방지하기 위하여 종합비타민제를 사료에 1~3% 첨가하여 주는 것도 좋다. 먹이는 한낮의 최고 더운 시간에는 피하여 공급하는 것이 좋다. 또한 수온이 28℃ 이상으로 상승하거나 용존산소가 4~4.5 mg/L 이하로 낮아지면 먹이공급을 중지하여야 한다.

(사) 냉수대 발생시 사육관리

냉수대가 접근시에는 사육수 및 주변 해역의 수온 변화를 주시하고, 사료 공급량을 줄이며, 영양제를 첨가한 사료를 공급하여 넙치의 면역력을 강화하며, 사육 수조내 사육환경을 양호하게 유지시키기 위해 사육수의 환수량을 증대시킨다. 또한 사육밀도를 저하시켜 스트레스를 감소시킨다. 가능한 저수조를 구비한 경우에는 깨끗한 해수를 저장해 둔다.

냉수대가 도달시에는 사육 수조내 수온의 급격한 변화를 방지하기 위해 환수량을 감소시키고 사료공급량 및 공급횟수를 줄이거나 사료공급을 중단

하며, 사육수 순환이 가능한 시설이면 자체 순환시키면서 사육하고 사육환경을 안정시켜 사육생물의 생리적인 스트레스를 최소화시킨다.

냉수대가 소멸되면, 사육수의 환수량과 사료공급량을 서서히 증가시킨다. 기타 스트레스를 방지하며, 정상적인 사육 관리를 한다.

(아) 적조 발생시 사육관리

적조 주의보 발령시에는 취수구 주변 적조생물을 수층별로 채집하여 적조생물 농도가 낮은 층에서 취수하고 해수 여과시설, 산소공급시설 등 장비점검을 하고 액화산소를 충분히 비치하여 취수중단에 대비한다. 사료공급량을 조절하고 예비수조에 양식생물을 분산하며, 유해 적조생물 농도에 따라 환수중단 또는 환수량을 조절하고 예비 사육수를 최대한 비축한다. 야간에는 가능한 한 취수를 중단하고 액화산소를 공급한다.

적조 경보 발령시에는 여과시설(지하해수, 간이여과시설, 필터 등)을 통하여만 환수하고 여과시설이 없는 경우 환수중단 또는 환수량을 조절하며, 깊은 수심 또는 적조생물 밀도가 낮은 수층의 물로 환수한다. 야간에는 환수를 억제하는 대신 액화산소공급 장치를 최대한 활용하며, 각 수조에 순환펌프나 수중펌프 등을 설치하여 자체순환과 낙차 등을 이용하여 산소를 보충한다. 적조로 장기간 절식할 경우 어체 약화로 질병발생률이 높으므로 사료에 영양제를 혼합하여 공급한다.

(자) 하계 어병 예방

여름철 고수온기에는 발생 가능한 질병의 종류도 많고 병의 진행이 매우 빠르므로 발병초기에 발견하여 조기치료를 하지 않으면 큰 피해를 입을 수 있으므로 항상 사육어를 잘 관찰하여 먹이섭취활동의 둔화나 이상행동을 잘 살펴야 한다.

8월의 고수온기에는 사육어의 성장보다는 질병 발생의 억제에 더욱 신경을 써야한다. 따라서 질병 예방 대책으로 수용밀도, 환수율, 사료 등에 주의하고 사육환경을 가능한 한 양호하게 하는 것이 좋다.

병어를 발견하였을 시에는 즉시 제거하여 전염을 방지하고, 정확한 질병진단을 연구 및 지도기관 등에 의뢰하여 적절한 치료를 하여야 한다. 또한 건강한 어체에는 질병을 일으키는 세균이 침입하기 어려우므로 사료에 영양제 등을 첨가하여 사육어를 건강하게 만드는 것이 최선의 방법이다.

(차) 추계 사육관리

9월이 되어 수온이 차츰 낮아지면 넙치의 성장 적수온기에 들게 되며 먹이 섭취량도 늘어나고 성장도 점차 빨라지게 된다. 따라서 넙치의 성장에 좋은 수온기가 되면 먹이공급량도 늘려 포식량에 가깝게 공급하여 성장을 최대화하도록 관리한다. 이 시기는 넙치의 성장 적수온 범위에 들게 되면서 성장도 빨라져서 어체 중량이 빨리 증가하게 되므로 어체 크기별로 선별, 분양하여 적절한 방양밀도를 유지시켜 주어야 한다.

추계 넙치의 사료는 성장을 양호하게 하기 위하여 영양가가 높고 신선한 사료를 공급하는 것이 좋은데, 모이스트펠렛 사료를 공급할 시에는 종합영양제를 첨가한 사료를 제조하여 어류에 공급하는 것이 좋다.

(카) 동계 사육관리

겨울철이 되어 수온이 12℃ 이하가 되면 먹이 섭취량이 줄어들고 성장률이 저하한다. 또한 질병 발생률도 낮아져서 폐사량이 줄게 되지만, 다음해 봄 수온상승기에 발생하게 되므로, 가을철 수온하강기의 관리나 월동기의 관리가 봄철 성장과 생존율에 크게 영향을 미치게 된다.

수온이 15℃ 이하로 낮아지는 시기부터 월동 관리를 하여야 하는데, 이 때에 영양이 부족하거나 사육밀도가 높으면 이듬해 봄에 질병발생률도 높으며, 성장이 느리고 대량폐사가 일어난다. 그러므로 이 시기에 종합비타민이나 미네랄 같은 종합영양제를 사료에 첨가하여 공급하는 것이 좋다.

겨울철에 넙치의 생존율과 체중 감소를 줄이고 월동시키기 위한 먹이공급 횟수는 수온 9~12℃ 범위에서는 2~3일에 1회, 12~14℃ 범위에서는 1일에 1회가 적당할 것이다.

(5) 넙치 양성 현장 조사 및 사육 실험

(가) 전국적인 양성 조건

전국적인 넙치 양성 현황 조사 결과 표 3-7에서 보는 바와 같이, 겨울철 사육수온은 서해안 지역의 경우 가온에 의해 최저 수온이 13~14℃로 높게 유지시키는 반면, 남해안 지역은 4~9℃로 유지되고 있다.

사육수의 용존산소농도는 4.5~8.5 mg/L 범위로, 전국 평균 6.5 mg/L 이상 유지하고 있으며, 환수율은 전국 평균 1일 20회전에 비해 서해안 지역은 1일 8~12회전으로 가장 적게 환수시키고 있다.

표 3-7. 넙치 육상수조식 양성시 사육조건

| 항 목 | | 전국 | 동해안 지역 | 서해안 지역 | 남해안 지역 | 제주도 지역 |
|-------------|----|----------|----------|----------|----------|----------|
| 최저수온 (℃) | 범위 | 4~7 | 8~11 | 13~14 | 4~9 | 10~17 |
| | 평균 | 7.3±3.6 | 9.2±1.1 | 13.5±0.7 | 6.2±1.6 | 13.3±1.8 |
| 최고수온 (℃) | 범위 | 24~31 | 27~28 | 24~26 | 22~29 | 26~31 |
| | 평균 | 25.3±2.2 | 27.4±0.5 | 25.0±1.4 | 25.5±1.8 | 28.3±2.3 |
| DO (mg/L) | | 6.5±1.2 | 5.5±0.7 | 7.1±1.0 | 6.7±1.2 | 6.5±1.2 |
| 환수율(회/일) | | 19.9±7.3 | 24.5±4.2 | 10.0±1.6 | 17.3±8.8 | 18.8±2.6 |

(나) 양성장 시설 모식도

양식장의 총 수면적이 2,000 m²이고, 수조의 형태가 가로 8 m, 세로 8 m의 사각 수조인 양식장의 평면도, 정면도, 측면도의 모식도는 그림 3-5와 같다.

(다) 사육밀도별 현장 실험 결과

넙치 치어(전장 9 cm)를 대상으로 사육밀도별로 현장 시험 결과, 실험시작시 덮는울(넙치 체면적/수조바닥면적)은 각각 0.13, 0.22, 0.31에서 4개월 후인 실험종료시 0.58, 0.80, 1.01으로 증가하였고, 넙치 체중은 시작시 6.9±2.0 g에서 종료시 110±25 g, 103±23 g, 91±23 g으로 저밀도구가 성장이 가장 우수하였다(그림 3-6).

넙치 양식 표준 지침서

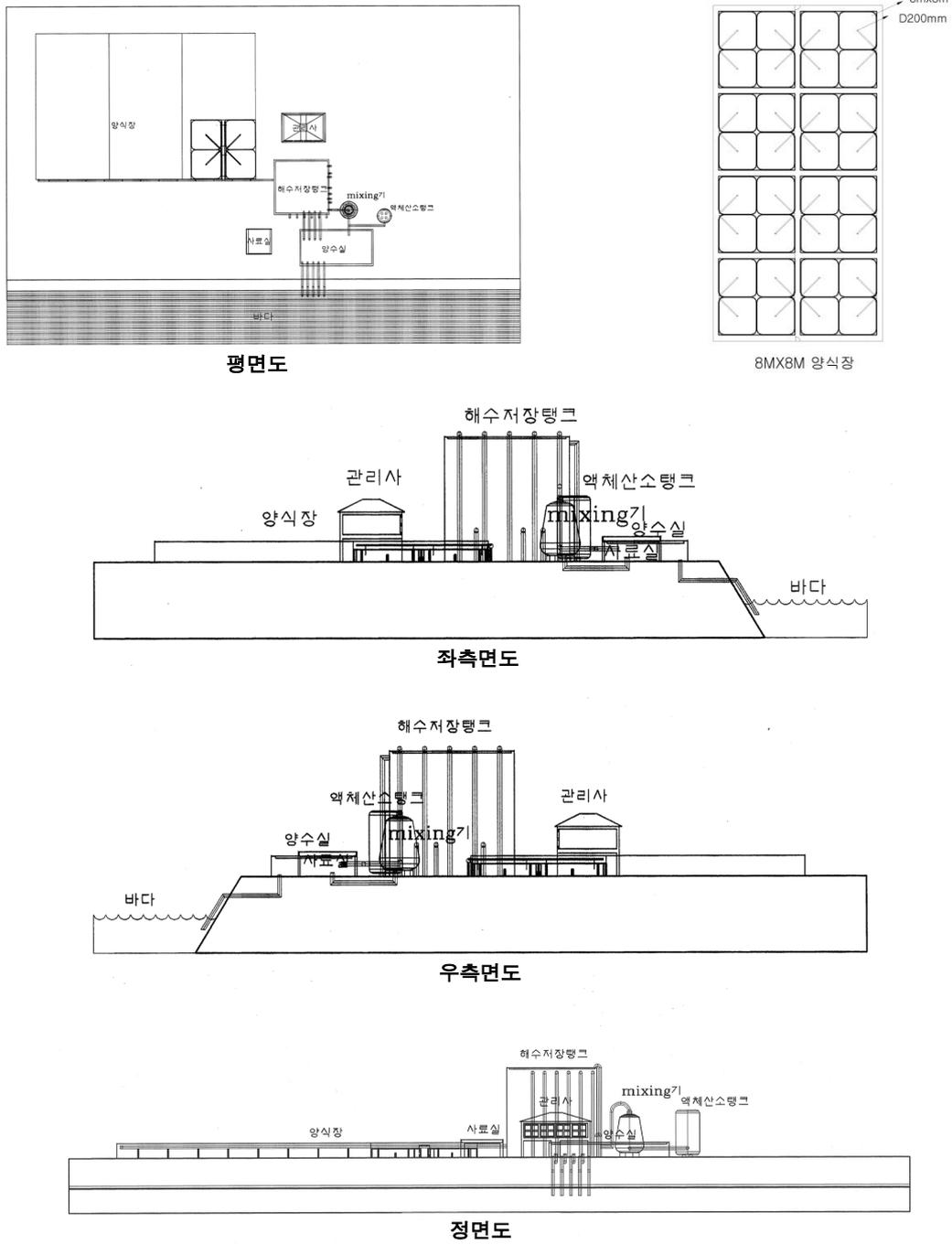


그림 3-5. 넙치 양식장의 평면도, 정면도, 측면도 모식도.

3. 양성방법 및 사육관리

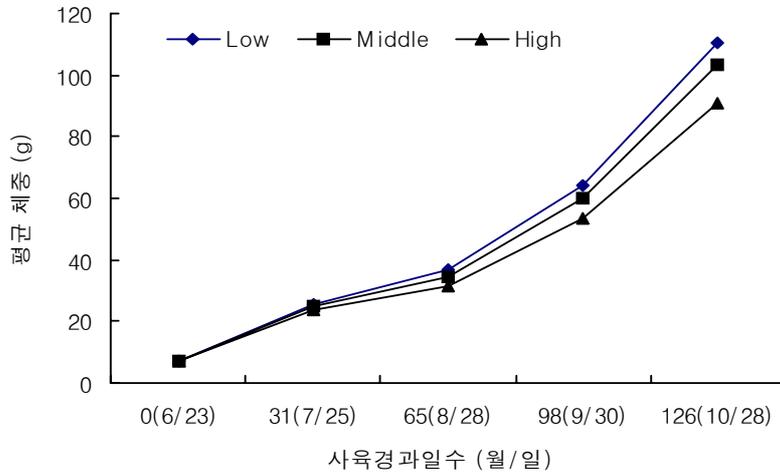


그림 3-6. 사육 밀도별로 사육경과 일수에 따른 넙치 치어 체중 증가.

넙치 미성어(전장 31 cm)를 대상으로 사육밀도별로 현장 시험 결과, 실험 시작시 덮는율(넙치체면적/수조바닥면적)은 각각 0.6, 0.8, 1.0에서 6개월 후인 실험종료시 0.8, 1.1, 1.3으로 증가하였고, 넙치 체중은 시작시 310 ± 36 g에서 종료시 849 ± 138 g, 736 ± 57 g, 713 ± 112 g으로 저밀도구가 고밀도구 비해 성장률이 1.2배 우수하였다(그림 3-7).

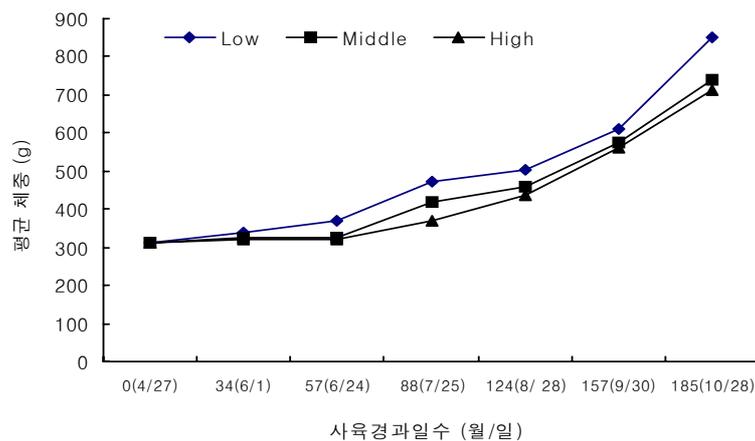


그림 3-7. 사육 밀도별로 사육경과 일수에 따른 넙치 미성어 체중 증가.

(라) 지역별 육상수조식 넙치양식장의 성장 비교

지역별로 육상수조식 넙치 양식장의 사육기간에 따른 전장과 체중의 증가 변화를 조사한 결과, 그림 3-8, 그림 3-9에 나타난 바와 같이 제주지역의 넙치가 가장 빠른 성장 속도를 보였다.

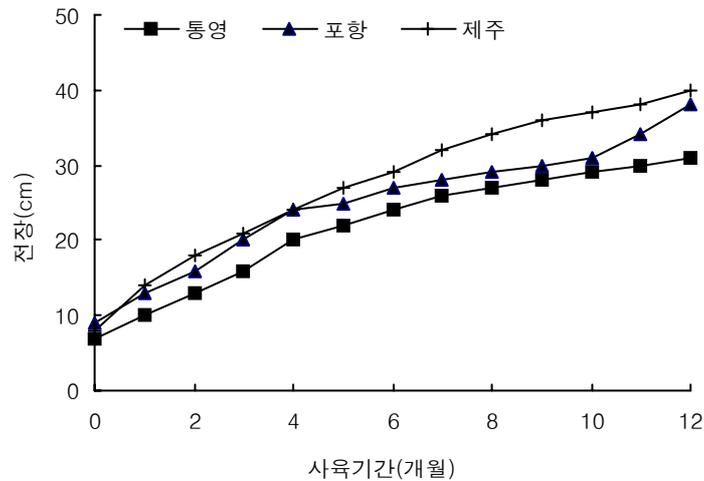


그림 3-8. 지역별 육상수조식 넙치양성장의 사육기간에 따른 넙치전장 비교.

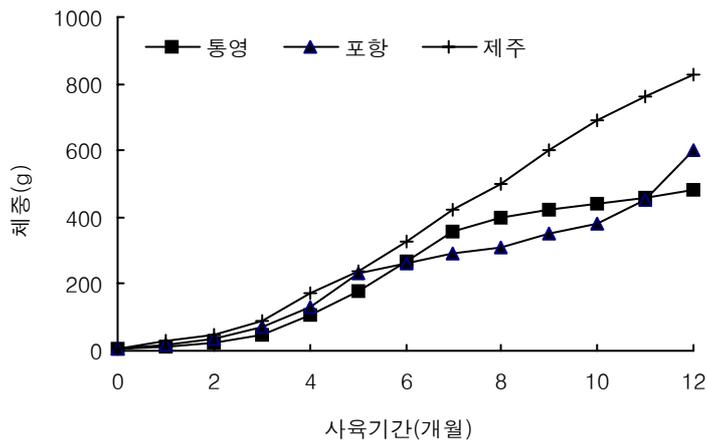


그림 3-9. 지역별 육상수조식 넙치양성장의 사육기간에 따른 넙치체중 비교.

3. 양성방법 및 사육관리

(마) 지역별, 사료종류별 사육 수질 경시 변화 조사

각 지역별로 사육수질의 경시적인 변화 조사를 위한 육상수조식 넙치 양식장의 사육 조건은 표 3-8과 같다. 서해안 지역의 경우는 MP 사료를 공급하는 양식장이 없어 조사 대상에서 제외하였다.

표 3-8. 사육수질 경시변화 조사 넙치 양식장의 사육 수온 및 사료공급량

| 횟수 | 동해안 지역 | | | 서해안 지역 | | 남해안 지역 | | | 제주도 지역 | | |
|----|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 수온 (°C) | EP (kg) | MP (kg) | 수온 (°C) | EP (kg) | 수온 (°C) | EP (kg) | MP (kg) | 수온 (°C) | EP (kg) | MP (kg) |
| 1회 | 12.8 | 9 | 30 | 27.8 | 5 | 23.9 | 20 | 30 | 17.2 | 3 | 15 |
| 2회 | 24.4 | 3.5 | 22 | - | - | 23.2 | - | 40 | 18.4 | 18 | - |

※ EP : 부상사료(expanded pellets)

MP : 습사료 (moist pellets)

① 동해안 지역의 EP 및 MP 사료 공급후 수질 변화

동해안 지역의 EP 사료 공급 후 사육수의 수질변화 조사에서 DO와 COD 농도는 사료공급 후 지속적으로 낮아지는 경향을 나타내었으나, 나머지 수질 요소는 뚜렷한 경향을 나타내지 않았다(그림 3-10). MP 사료 공급 후 사육수의 수질변화 조사에서 COD, TN, TP, SPM 농도는 사료공급 후 10~30분에 최고치를 나타낸 다음 사료공급 후 30분경에 실시하는 사육수의 환수와 함께 서서히 낮아짐을 알 수 있다(그림 3-11).

② 남해안 지역의 EP 및 MP 사료 공급후 수질 변화

남해안 지역의 EP 사료 공급 후 사육수의 수질변화 조사에서 SPM 농도는 사료공급 후 30분, NH₄-N 농도는 8시간에 최고치를 나타낸 다음 서서히 농도가 낮아지는 경향을 나타내었다(그림 3-12). MP 사료 공급 후 사육수의 수질변화 조사에서 TN, TP 농도는 사료공급 후 10분, SPM 농도는 사료공급 후 1시간에 최고치를 나타낸 다음 서서히 농도가 낮아지는 경향을 나타내었다(그림 3-13). 남해안은 SPM 농도가 다른 지역에 비해 높았다.

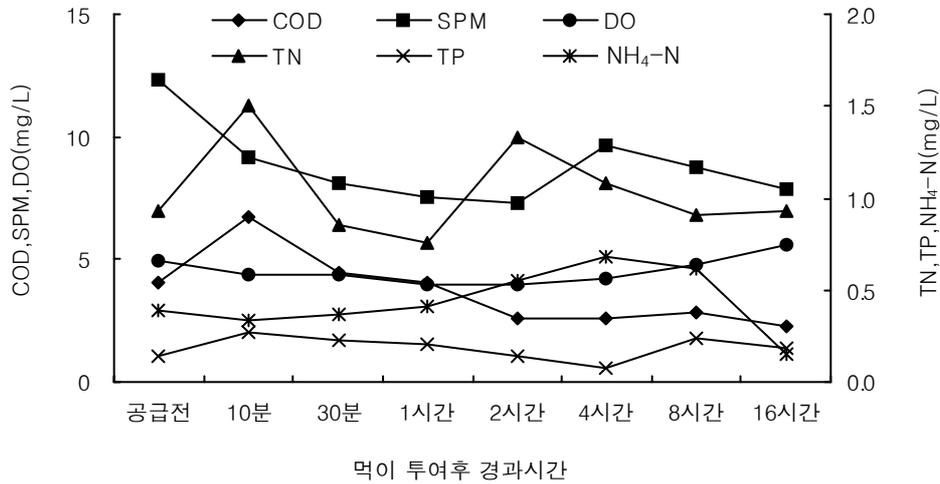


그림 3-10. 동해안 지역의 EP사료 공급 후 사육수의 경시적인 변화.

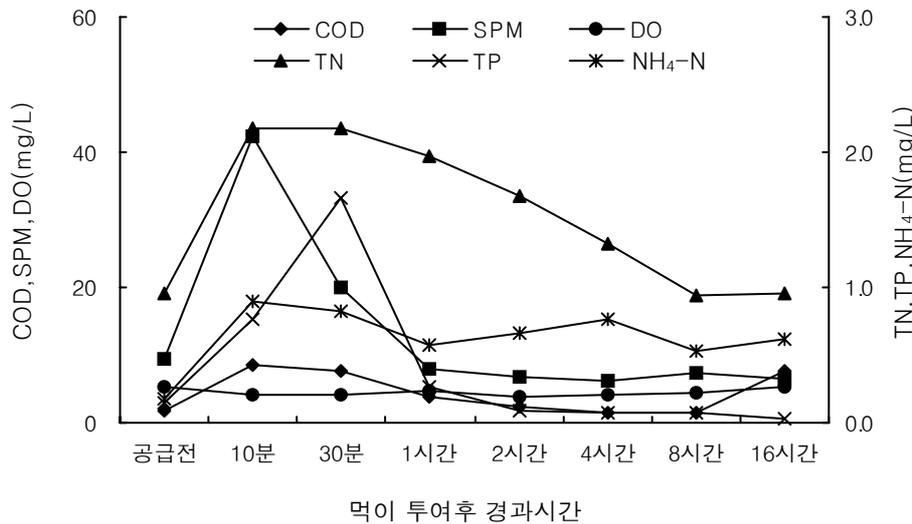


그림 3-11. 동해안 지역의 MP사료 공급 후 사육수의 경시적인 변화.

3. 양성방법 및 사육관리

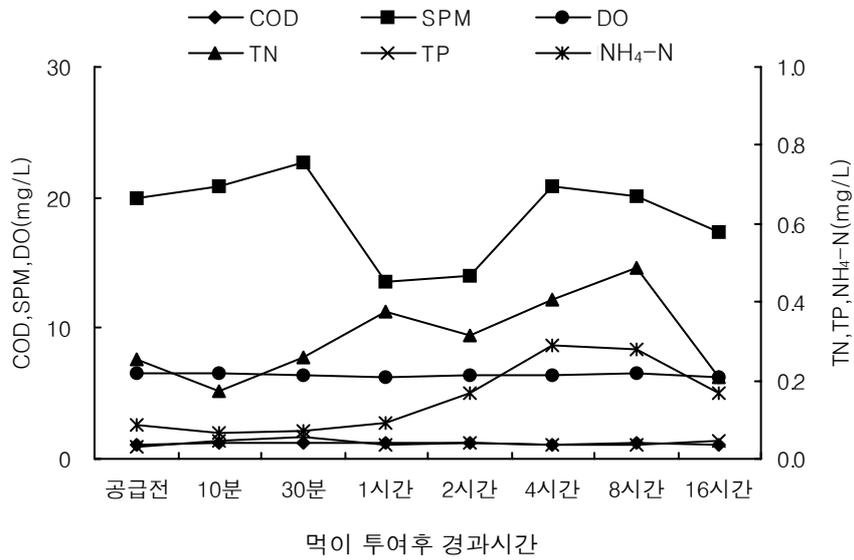


그림 3-12. 남해안 지역의 EP사료 공급 후 사육수의 경시적인 변화.

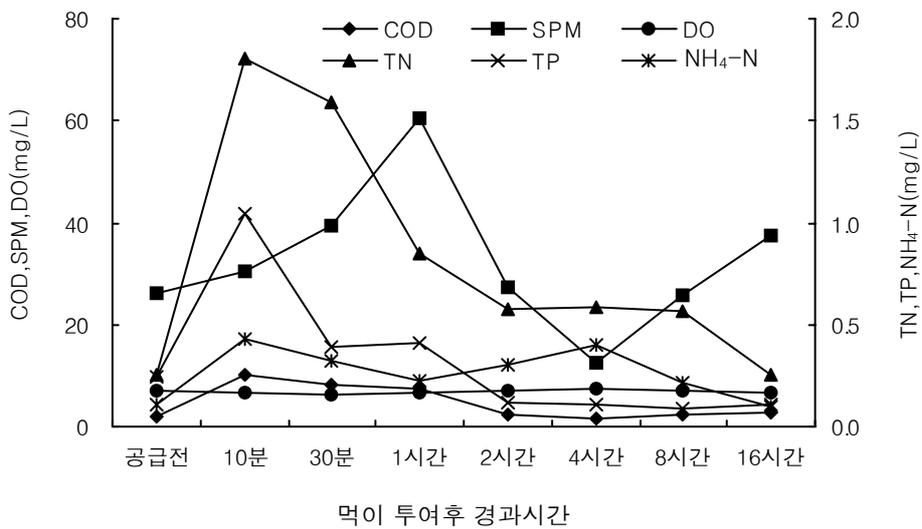


그림 3-13. 남해안 지역의 MP사료 공급 후 사육수의 경시적인 변화.

③ 서해안 지역의 EP 사료 공급 후 수질 변화

서해안 지역의 EP 사료 공급 후 사육수의 수질변화 조사에서 사육수질의 경시적인 변화에서 뚜렷한 경향을 나타나지 않았다(그림 3-14).

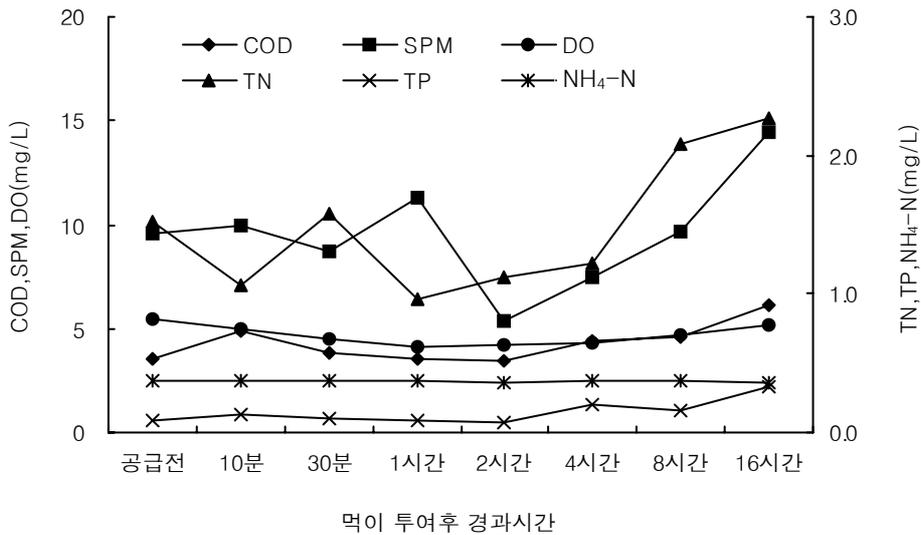


그림 3-14. 서해안 지역의 EP사료 공급 후 사육수의 경시적인 변화.

④ 제주도 지역의 EP 및 MP 사료 공급 후 수질 변화

제주도 지역의 EP 사료 공급 후 사육수의 수질변화 조사에서 TN, NH₄-N, SPM 농도는 사료공급 후 1시간에 최고치를 나타낸 다음 서서히 농도가 낮아지는 경향을 나타내었다(그림 3-15). MP 사료 공급 후 사육수의 수질변화 조사에서 COD, TN, NH₄-N, TP, SPM 농도는 사료공급 후 10분에 최고치를 나타낸 다음 서서히 농도가 낮아지는 경향을 나타내었다(그림 3-16).

이상의 넙치 양식장 사료공급 전·후 수질의 경과적인 변화 조사 결과를 종합하면, MP사료 공급시에 사육수의 COD, SPM, TN, NH₄-N, TP 농도는 사료공급 10분후 최고치를 나타낸 다음 2~4시간 경과후 사료공급 이전 수준으로 회복하나, EP사료 공급시에 사육수의 COD, SPM, TN, NH₄-N, TP 농

3. 양성방법 및 사육관리

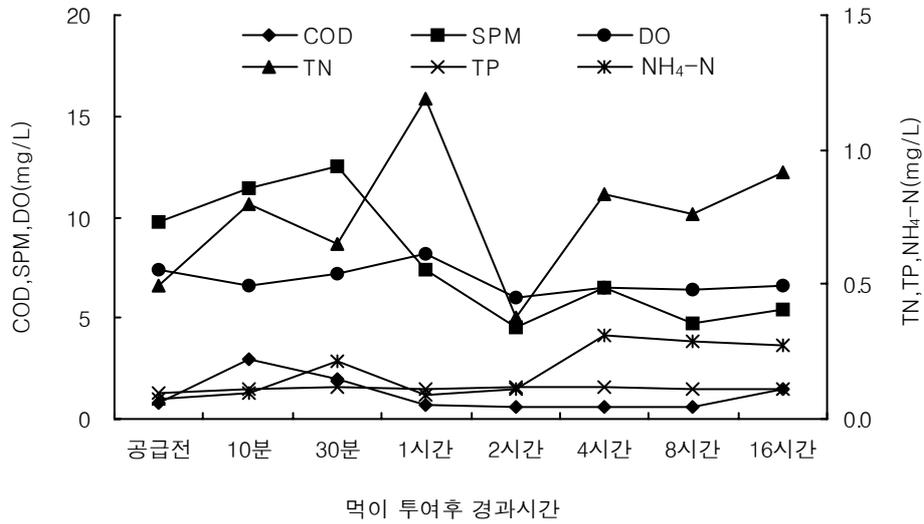


그림 3-15. 제주도 지역의 EP사료 공급 후 사육수의 경시적인 변화.

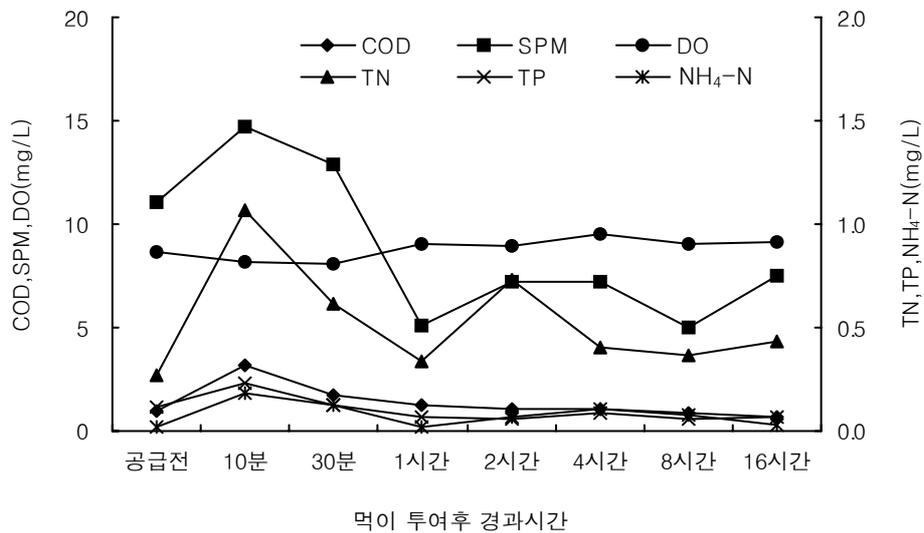


그림 3-16. 제주도 지역의 MP사료 공급 후 사육수의 경시적인 변화.

도는 8~16시간 이후에 이전의 수준으로 낮아졌다. 동해안은 다른 지역에 비해 DO 농도가 낮아 COD, NH₄-N 농도의 변화폭이 컸고, 서해안은 TN, TP 농도 변화의 폭이 다른 지역에 비해 컸으며, 남해안은 SPM 농도가 타 지역에 비해 높았다.

나. 해상가두리 양식

(1) 양식 적지

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

(2) 해상가두리 시설

가두리 망의 면적이 클수록 넙치가 안정될 수 있으나 25m²(5m×5m)나 100m²(10m×10m) 정도가 주로 시설되는데, 일반적으로 망 같이 작업 등을 고려하여 크기를 결정하여야 한다. 가두리 망의 수심은 사육어의 관찰이 용이하도록 2~5m 정도가 적당하다. 차광막 설치는 직사광선을 차단하고 스트레스를 감소시켜 성장 및 생존율을 제고하는 효과가 있다.

넙치는 먹이를 섭취할 때 이외에는 바닥에 붙어 정지하고 있는 습성을 가지고 있으므로, 가두리 망 외부의 해저생물로부터 공격받는 일을 막고 서식 상태를 안정시키며, 망에 의한 마찰 등으로 상처가 생기지 않게 하기 위하여 바닥 망 밑에 네트론 망이나 천막지와 같은 바닥재를 설치하여야 하며, 저망이 처지지 않도록 바닥 고정틀로 고정하여 사육하는 것이 유리하다.

저면재의 종류별로 장·단점을 살펴보면, 그물 단망 가두리는 유수성은 좋지만 저면 바닥이 거의 노출된 상태이므로, 넙치의 저착 상태에 안전성이 없어서 생육 환경이 불안정한 단점이 있다. 이중 바닥 망 가두리는 유수성이

좋고, 망 밖의 해적생물로부터는 어느 정도 안정성이 있으나 바닥이 흰히 보이므로 넙치의 저착 상태는 불안하며, 특히 치어를 처음 가두리에 방양하는 시설로는 좋지 못하다. 천막지 저면 가두리는 유수성이 양호하여 넙치가 안정적으로 저착할 수 있으나 재질의 강도가 약하여 그물과 조합하여야 한다. 단점으로는 두꺼운 천막지에 먹이 찌꺼기나 배설물 등이 끼어 부패하여 세균의 침입이 용이하고 패조류의 부착이 쉬워 장기간 관리 시 어려움이 따르며 망 갈이를 자주해야 한다. 나일론시트 저면 가두리는 합성물질에 의한 유독성분의 용출이 없어야 하며, 강도가 강한 것을 사용하여야 한다. PVC평판 저면 가두리는 넙치 치어를 처음 가두리에 방양할 때 이용함으로써 좋은 성적을 기대할 수 있으나, 넙치가 크게 되면 더 큰 가두리가 필요하게 되어 큰 PVC평판 저면을 관리하기가 어려움 단점이 있다. 네트론 망 저면 가두리는 외부 해적생물로부터의 안정성을 더 보장받을 수 있으며, 해수 소통상태도 양호하고 비교적 견고하여 해상가두리 저면재로서 우수하다.

기타 저층 침하식 가두리 양식방법이나 바닥재 없이 해저면을 이용한 가두리 양식방법이 있다.

(3) 해상가두리 사육 밀도

넙치 해상가두리 양식장에 있어서 크기별로 평균 입식(사육) 마리수는 표 3-9와 같으며, 넙치 전장(X)에 대한 입식량(Y)과의 상관관계식은 아래와 같다(그림 3-15).

$$Y = 968,450X^{-1.692} \quad (R^2 = 0.8704, n = 29)$$

해양수산분야 재해복구비용 산정(해양수산부 고시 제2005-78호)을 위한 표준사육밀도는 전장 15 cm 미만의 치어는 20,000마리, 전장 15~30 cm 크기의 중간어는 6,000마리, 전장 30 cm 이상의 성어는 2,000마리를 재해복구비용 산정시 보상 마리로 정하고 있다(표 3-10).

표 3-9. 해상가두리 양식장에서 넙치 크기별 사육(입식) 밀도

| 전장 (cm) | 체중 (g) | 사육(입식) 밀도 | | | |
|------------|-----------|------------------|---------------------|------------------------------|-----------------------|
| | | 마리수 (5×5×5 m) | 총중량 (kg/5×5×5 m) | 단위중량 (kg/m ³) | 덮는율 (넙치체면적/수조바닥면적) |
| 8 | 6.1 | 28,711 | 175.1 | 1.4 | 1.92 |
| 10 | 12.0 | 19,682 | 236.2 | 1.9 | 2.06 |
| 15 | 40.4 | 9,911 | 400.4 | 3.2 | 2.36 |
| 20 | 95.8 | 6,092 | 583.6 | 4.7 | 2.60 |
| 25 | 186.9 | 4,176 | 780.5 | 6.2 | 2.80 |
| 30 | 322.7 | 3,068 | 990.0 | 7.9 | 2.97 |
| 35 | 512.2 | 2,362 | 1,209.8 | 9.7 | 3.12 |
| 40 | 764.2 | 1,885 | 1,440.5 | 11.5 | 3.27 |

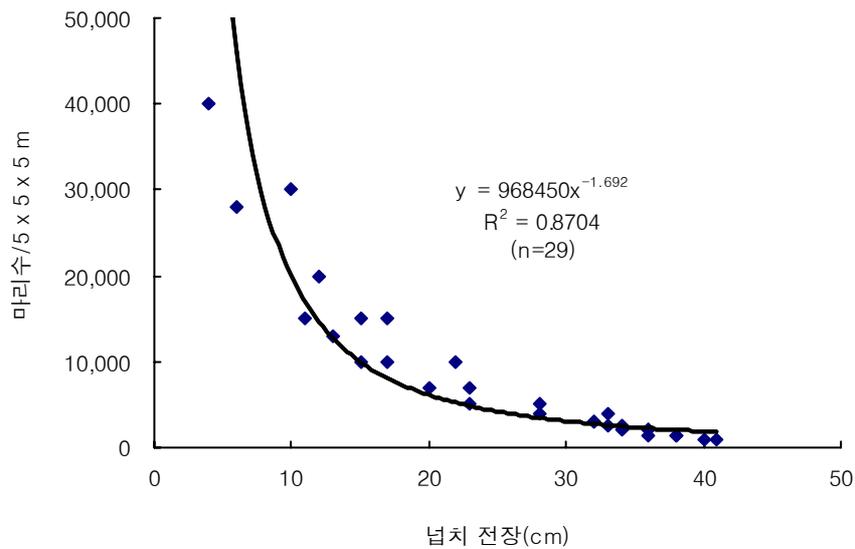


그림 3-15. 해상가두리 양식장에서 넙치 크기별 입식(사육)밀도.

표 3-10. 해양수산분야 재해복구비용 산정을 위한 표준사육밀도

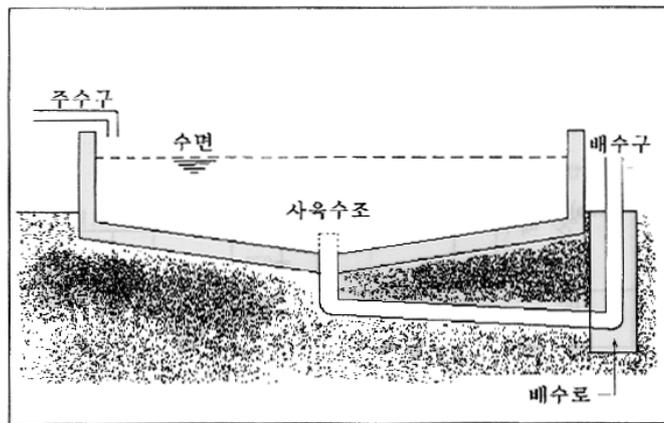
| 시설별(어종) | 구 분 | 치 어 | 중간어 | 성 어 |
|---------------|----------|----------|----------|----------|
| 해상가두리 (넙치) | 전 장 | 15 cm 미만 | 15~30 cm | 30 cm 이상 |
| | 최대 수용마리수 | 20,000 | 6,000 | 2,000 |

* 해상가두리 1대의 규격 : (5 m×5 m×5 m)

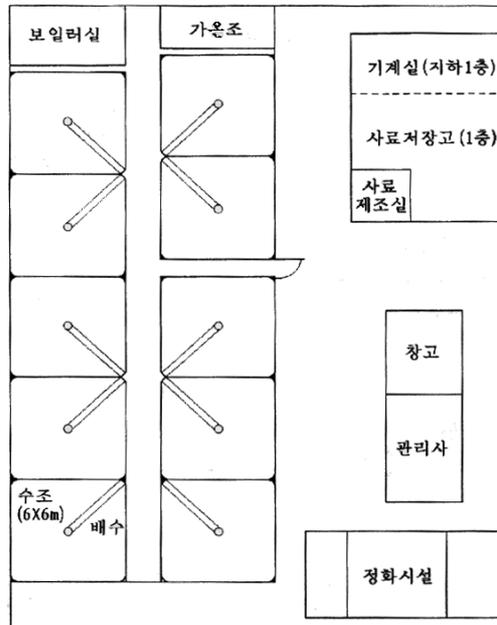
<참고자료>

□ 육상수조식 표준설계도

- 시설기준 : 150평
- 종묘 소요량 : 13,000마리 (전장 10 cm)
- 생산 예상량 : 약 9톤 (800 g까지 양성 기준)
- 시설측면도



- 시설전개도

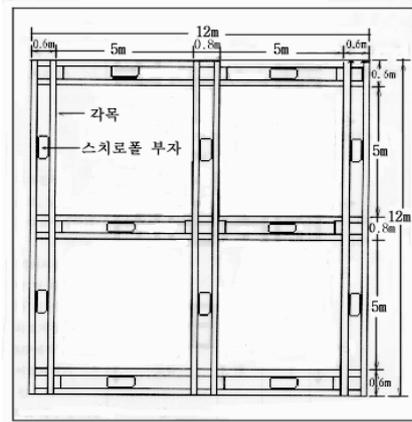


○ 육상가두리식 표준시설 내역

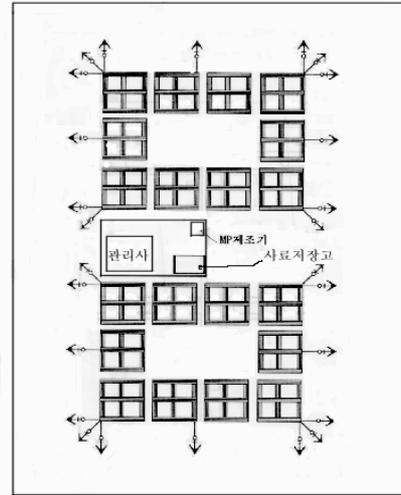
| 항 목 | 규 격 | 단 위 | 수 량 |
|--|---|---|--|
| 1. 수조 시설 수조 (사각) | 6×6×1m | 조 | 10 |
| 2. 하우스 시설 골 격 아연 Pipe 아연 Pipe 보온 덮개 | 철제 1.5m 1m 7m 4×25m | 본 본 본 환 | 50 20 500 25 |
| 3. 주배수 시설 PVC Pipe PVC Pipe PVC Pipe PVC Pipe PVC 엘보 PVC 엘보 PVC 엘보 PVC 연결봉 PVC 연결봉 PVC 연결봉 PVC 볼밸브 PVC 볼밸브 | ø100mm ø75mm ø50mm ø25mm ø100mm ø50mm ø25mm ø100mm ø50mm ø25mm ø50mm ø25mm | 본 본 본 본 개 개 개 개 개 개 개 개 개 | 50 10 20 20 30 20 20 20 20 10 20 20 |
| 4. 여과 시설 배수침전실 | 7.5평 | 동 | 1 |
| 5. 가온 시설 보일러실 보 일 러 엑셀호스 머 너 | 9.9m ² (3평) 3평 40.000kcal 20mm 70.000kcal | 동 대 개 개 | 1 1 4 1 |
| 6. 사료저장 및 설비 건물(조립식) 냉 동 기 방열시설비 사료분쇄기 배 합 기 초 파 기 원 동 기 | 20평 7.5Hp 우레탄 15am 전기식 전기식 전기식 14Hp | 동 대 평 대 대 대 대 | 1 1 10 1 1 1 1 |
| 7. 전기 시설 기계, 전기, 펌프실 전 력 유상 변압기 모 터 원 동 기 고압호스 고압호스 | 7평 삼상 20kw 10hp 1Hp ø100mm ø35mm ø100mm 5평 | 동 50kw 개 개 개 환 환 동 | 1 1 3 2 4 1 1 1 |
| 8. 관 리 사 | 7.5평 | 동 | 1 |
| 9. 창 고 | 남 | 명 | 170 |
| 10. 인 건 비 | 여 | 명 | 60 |

□ 해상가두리식 표준설계도

○ 시설도 : 1ha



투영도



시설전개도

○ 해상가두리 표준시설 내역

| 항 목 | 규 격 | 단위 | 수량 | 비 고 |
|---|--|--------------------------------------|--|-------------------------------|
| 1. 자 재 목 재 부 자 닷 줄 닷 사 육 망 (방오처리망) | 아비동 (12cm×15cm×10m) 대형 (400L) 철제 75kg PP로프 ø40mm 모지망 105경 무결철 30합 8절 무결철 15합 12절 무결철 12합 18절 무결철 9합 20절 | 개 개 개 m 조 조 조 조 | 240 420 26 1,170 5 40 40 10 | 수심 15m 기준 5×5×3m 5×5×3m |
| 부자결착줄 볼트, 낫트 저망고정테두리 저망고정테두리 | PE로프 ø10mm 33cm×6부 아연 pipe ø11mm 아연 pipe ø11mm | m 개 개 개 | 2,400 1,440 40 10 | 10×10×3m 10×10×3m |
| 2. 기타시설 작 업 대 관 리 사 사료저장고 MP 제조기 어망세척기 | 10×10m 4×6m 3평 대형 고압 | 대 동 동 대 대 | 1 1 1 1 1 | 5×5m 10×10m |
| 3. 인 원 가두리 제작및 시설 어망결착 | 남 남 | 명 명 | 120 20 | 8명×15일 (20조 제작) |

4. 영양 및 사료

가. 사료개발 현황

오늘날 양식업에 있어서 사료영양분야는 양식업의 성공 여부를 판가름하는 중요한 열쇠 중의 하나이다.

넙치 양식 산업에서 전체 비용 중에서 사료비의 비율은 부대 시설비를 제외하면 총 비용의 대략 30~50%이므로 생산성 및 경제성 향상을 위해서 사료가 차지하는 비중은 매우 크다고 할 수 있다. 그동안 한국, 일본을 비롯하여 국내·외 대학, 연구기관, 산업체에서는 넙치의 배합사료 개발을 위하여 1990년대 중반부터 본격적으로 영양소 요구량, 어분대체 사료원, 사료첨가제 등 사료영양학적 연구를 수행하여 왔다. 또한, 상업용 넙치배합사료를 생산하는 회사도 1990년대 중반부터 생겨나기 시작하여 현재 6~8개 정도의 회사에서 전체 생산단계의 넙치 상품사료를 제조하여 판매하고 있으며, 또한 일본, 노르웨이, 프랑스 등 외국산 사료도 수입되고 있는 실정이다.

그러나 현재 양어장에서 사용되고 있는 배합사료의 비율은 20% 미만이며, 80% 이상의 대부분 양어장에서는 냉동 고등어, 까나리, 전갱이, 잡어 등 생사료에 3~5% 분말사료 또는 기타 첨가제를 혼합한 습사료(MP) 형태로 넙치를 사육하고 있는 실정이다. 이에 국가에서는 수산자원의 고갈과 사육수질의 악화를 초래하는 생사료의 사용량을 줄이고 배합사료의 공급량을 늘이기 위해 2004년부터 배합사료직불제를 도입하여 향후 5년간 1,600여억 원의 보조금을 지원할 뿐 아니라 양질의 배합사료의 개발을 위해 산·학·연이 유기적인 협력체제를 확립하여 연구 개발 중에 있다.

나. 배합사료 영양 기준

(1) 단백질과 아미노산 요구량

사료에 함유된 단백질은 필수아미노산의 제공과 비필수아미노산의 합성을 위해 사료내 반드시 첨가되어야 되는 필수 영양소이다. 또한 대부분의 해산

4. 영양 및 사료

어의 경우 육식성이기 때문에 잡식성 및 식물성 어류에 비해서 단백질 요구량이 높다. 어류의 단백질 요구량은 어체의 크기, 수온, 사료단백질의 품질 및 비단백질 에너지 함량과 같은 요인에 영향을 받을 수 있다. 일반적으로 어류의 단백질 요구량은 어체 크기와 연령이 증가함에 따라서 감소한다고 알려져 있는데, 넙치 사료의 단백질 요구량의 경우 자어기는 60% 내외, 치어기는 46.4~51.2%, 육성기는 45% 내외로 알려져 있다(표 4-1).

표 4-1. 넙치 크기별 사료의 단백질 요구량

| 사육단계 | 어체 크기 (g) | 수온 (℃) | 사육기간 | 주단백질원 (건물기준) | 평가 기준 | 요구량 |
|-------|-----------|--------|-----------|--------------|-------|------------|
| 자 어 기 | 0~1 | 17~20 | 부화후 8~83일 | 넙치 근육분 | 성장 | 60% 내외 |
| 치 어 기 | 4.1~17.5 | 20~23 | 8주 | 어분, 카제인 | " | 46.4~51.2% |
| 육 성 기 | 22.7~110 | 19.2 | 9주 | " | " | 45% |

어류에서 필수아미노산은 아르지닌, 히스티딘, 아이소루신, 루이신, 라이신, 메티오닌, 페닐알라닌, 트레오닌, 트립토판, 발린으로 모두 10가지가 요구된다고 알려져 있다. 넙치에서도 다른 어류와 마찬가지로 이러한 필수 아미노산이 매우 중요하며, 표 4-2에 치어기에 있어서 아미노산 종류별로 요구량을 제시하였다.

(2) 단백질/에너지 비(P/E ratio)

에너지는 생명체의 생존에 가장 기본적으로 요구되므로 양어사료를 배합하는데 있어 우선적으로 고려해야 할 것이 사료내 에너지 함량이다. 그러나 실제적으로 단백질은 가장 비싼 에너지원이고 성장에 필수적인 영양소이기 때문에 적절한 단백질의 함량이 먼저 고려의 대상이 되며, 결과적으로 단백질과 에너지의 균형에 초점을 맞추게 된다. 이런 점에서 어류의 에너지 요구량은 단백질과 에너지비(DP/DE ratio)로 나타내는데, 사료의 에너지 함량

표 4-2. 넙치 치어기에 있어서 아미노산 요구량

| 아미노산 종류 | 어체크기 (g) | 수온 (℃) | 사육 기간 | 주단백질원 (건물기준) | 요구량 (%) |
|---------|----------|--------|-------|--------------|---------|
| Arg | 1.8~7.6 | 20.6 | 40일 | 카제인, 젤라틴 | 2.0~2.5 |
| | 3~16 | 19.5 | 9주 | 어분, 제인 | 3.4 |
| His | " | " | " | " | 1.3 |
| Ile | " | " | " | " | 2.0 |
| Leu | " | " | " | " | 3.9 |
| Lys | " | " | " | " | 3.3 |
| Met | " | 20.6 | 40일 | 카제인, 젤라틴 | 1.5~1.7 |
| Met/Cys | " | 19.5 | 9주 | 어분, 제인 | 1.9 |
| Phe/Try | " | " | " | " | 3.8 |
| Thr | " | " | " | " | 2.3 |
| Trp | " | " | " | " | 0.5 |
| Val | " | " | " | " | 2.5 |
| Tau | 0.9~15 | " | " | 어분 | 1.4 |

이 단백질에 비하여 너무 적거나 또는 많아도 사육어의 성장에 지장을 줄 수 있으므로 단백질과 에너지 비는 항상 균형을 이루어야 한다.

어류의 적정 단백질/에너지 비는 대체로 81~113 mg/kcal 으로 알려져 있는데, 이는 돼지나 가금의 40~80 mg/kcal에 비해 현저히 높은 값을 알 수 있다. 이와 같이, 어류의 단백질/에너지 비가 육상 가축보다 높은 이유는 어류가 높은 단백질 요구량을 갖고 있기 때문이 아니라 어류가 유지나 배설물 처리에 에너지를 적게 소모하기 때문에 근본적으로 에너지 요구량이 적은데 원인이 있다. 즉, 단백질에 비해 에너지가 부족한 사료를 먹이면 어류는 대사활동에 필요한 에너지의 충당을 위해 단백질을 분해하여 에너지원으로 사용하므로 단백질 효율이 낮아지고 성장도 저하시킬 뿐만 아니라, 암모니아 생성으로 인한 과다한 질소 배설을 초래하게 되어 수질악화의 원인이 되기도 한다. 이와 반대로 에너지 함량이 너무 많으면 사육어의 사료 섭취량이 줄어들므로서 다른 필수 영양소를 충분히 공급받을 수 없게 되어 성장이 저

하된다. 또한 사료의 에너지 함량이 지나치게 높을 때에는 어체내 지방이 과도하게 축적되어 식품으로서의 가치가 떨어진다.

넙치 치어기에 있어서 사료의 단백질에 대한 에너지 비는 표 4-3에서 보는 바와 같이 115~166 mg/kcal 으로 알려져 있다.

표 4-3. 넙치 치어기에 있어서 사료의 단백질에 대한 에너지 비(P/E ratio)

| 어체 크기 (g) | 수온 (°C) | 사육 기간 | 단백질원 (건물기준) | 에너지 (kcal/kg) | P/E ratio (mg/kcal) |
|-----------|---------|-------|-------------|---------------|---------------------|
| 3~13 | 21.7 | 5주 | 어분 | 3,000 | 166 |
| 4~20 | 18 | 8주 | 어분, 카제인 | 4,000 | 115 |

(3) 지질과 지방산 요구량

지질은 필수 지방산의 공급원으로 양식 대상종의 성장과 체내대사에 필수적인 역할을 하는 중요한 영양소이다. 이 중에서도 고도불포화지방산은 생체막의 유동성 및 효소활성에 영향을 미치며, prostaglandin의 전구물질 등 그 역할이 매우 중요한 것으로 알려져 있다. 담수어인 무지개송어는 linolenic acid(18:3n-3), 잉어는 linolenic acid와 linoleic acid, 그리고 해산어인 터봇(turbot)은 EPA와 DHA 같은 n-3계열 고도불포화지방산(HUFA)을 필수지방산으로 요구하는 것으로 알려져 있다. 이것은 체내의 지방산 전환능력이 어종마다 다르기 때문으로 생각되며, 어종에 따른 지방산 전환능력을 조사한 결과, 담수어인 무지개송어는 linolenic acid를 n-3 HUFA로 전환하는 능력이 있지만, 해산 어류인 터봇은 담수 어류에 비해 현저히 낮은 것으로 나타났다. 게다가, 사료에 이러한 필수지방산이 결핍되면 생존율, 성장 및 사료 효율이 저하될 뿐만 아니라, 세균 감염에 의한 지느러미 부식, 간중량 증가, 심장질환 및 쇼크 증상과 같은 결핍 증상이 나타나는 것으로 보고되고 있다.

표 4-4는 넙치 자·치어기에 있어서 사료의 지질 및 지방산 요구량을 나

타낸 것이다.

넙치 자어기에 있어서 필수지방산 요구량은 알테미아 공급시기에 알테미아에 n-3 HUFA 함량이 증가함에 따라 성장이 향상된다고 보고되고 있지만, EPA와 DHA간에는 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다. 반면에 미립자사료에 DHA를 첨가 하였을 경우, 성장이 증가된다는 보고가 있다. 어체중 20g 이상 크기에서 넙치의 n-3 HUFA 요구량은 1.1~1.4%로 보고되어 있다.

넙치 치어에 있어서 사료내 지질 함량은 10% 미만이 적당하지만, 유사한 어종인 winter flounder와 터봇의 경우 지질을 15% 이상 함유하여도 성장에 별 문제가 없다고 보고되고 있다. 하지만, 지질이 과잉 함유되었을 경우 넙치에서 혈액내 트리클리세라이드, 간무게, 간과 근육내 지질의 함량이 증가하며 건강도에 문제가 발생하는 것으로 보고되어 있는데, 이러한 문제를 해결하고 지질의 이용성을 증대시키기 위한 연구로서 어유 형태의 지질에 레시틴을 추가하여 인지질의 형태로 공급할 경우 넙치의 성장이 증대된다는 보고가 있다. 특히, 레시틴 중에서 phosphatidyl choline (PC)만이 넙치 자어의 성장에 긍정적인 효과가 나타났으며, 사료내 PC는 1% 이상 요구되는 것으로 보고되어 있다. 또한, 넙치 치어기에 있어서 라우릭산, 대두유, 대두유+아마인유 및 오징어 간유의 4가지 지질원 중에서 오징어간유가 높은 이용성을 나타내었으며, n-3 HUFA가 다량 함유된 지질원을 이용하는 것이 성장에 매우 중요할 것으로 사료된다.

표 4-4. 넙치 자·치어기에 있어서 사료의 지질 및 지방산 요구량

| 사육 단계 | 시험성분 | 어체크기 (g) | 수온 (°C) | 사육 기간 | 주단백질원 | 평가 기준 | 요구량 (%) |
|-------|---------------|----------|---------|-------|---------|-------|--------------|
| 자어기 | DHA | 0~1 | 25 | 25일 | 알테미아 | 성장 | 1.6(EPA 1.0) |
| 치어기 | DHA | 20 | 21 | 8주 | 어분 | " | 1.1~1.4 |
| | 지질 및 n-3 HUFA | " | " | " | " | " | 10 이하 |
| | n-3 HUFA | 8.5~26 | " | " | 어분, 카제인 | " | 0.8~1.0 |

(4) 탄수화물 요구량

탄수화물은 사료의 성형을 도와주는 역할을 할 뿐 아니라, 체내의 중요한 에너지원으로 작용하기 때문에 사료 단백질을 절약할 수 있는 영양소이다. 탄수화물은 어류의 필수 영양소는 아니지만 사료에 전혀 첨가되지 않는 경우에 에너지 생산과 탄수화물에서 유도되는 생물학적으로 중요한 구성성분을 합성하기 위해 단백질과 지질 등의 다른 영양소들이 체내에서 사용된다. 따라서 양식어종의 사료에 적정량의 탄수화물을 첨가시키는 것은 중요하다. 또한, 탄수화물원은 사료의 점착제로 작용하여 사료가 수중에 공급되었을 때에는 풀림을 방지하여 사료의 수중 유실을 감소시키는 역할을 담당한다. 뿐만 아니라 사료원가가 다른 영양소원에 비해 저렴하기 때문에 양식 대상종에 그 이용성을 조사하여 사료원가를 절감할 수 있는 영양소이다. 그러나, 담수어에 비해서 해산어의 경우 탄수화물의 이용성이 매우 낮기 때문에 탄수화물 사료원의 선택과 사료내 함량은 매우 중요하다.

표 4-5는 넙치 치어기에 있어서 사료의 탄수화물 요구량을 나타낸 것으로, 치어기에 있어서 탄수화물원으로 글루코스, 말토스, 셀룰로스 및 텍스트린 등 4가지를 비교했을 때 텍스트린의 이용성이 가장 높았으며, 사료에 텍스트린 함량을 25%까지 증가시킴에 따라 단백질 절약효과가 나타났다. 한편 글루코스과 말토스를 포함한 사료를 섭취하였을 때 넙치의 혈액내 혈당함량이 증가한다고 보고되고 있다. 그러나 carboxyl methyl cellulose (CMC)는 넙치에 있어 단백질소화효소의 활성을 저해하기 때문에 점착제로서 적합하지 않는

표 4-5. 넙치 치어기에 있어서 사료의 탄수화물 요구량

| 실험내용 | 어체크기 (g) | 수온 (°C) | 사육기간 (일) | 주단백질원 (건물기준) | 평가 기준 | 요구량 (%) |
|-----------|----------|---------|----------|--------------|--------|-------------|
| 탄수화물원 이용성 | 2.7~6.0 | 20 | 28 | 어분 | 혈당, 성장 | 글루코스 26% 이하 |
| " | 4.1~15 | 18 | 45 | 어분, 카제인 | 성장 | 텍스트린 25% 이하 |

것으로 보고되어 있다. 치어기 넙치 사료의 단백질 함량이 44% 함유된 경우, 탄수화물 함량이 27%까지는 성장이 우수한 것으로 보고되어 있다.

(5) 비타민 요구량

비타민은 유기화합물로 아미노산, 탄수화물, 지방과는 달리 정상적인 성장, 생식과 건강을 위해 사료로부터 미량을 요구하는 필수영양소로 지용성과 수용성 비타민으로 나뉘어 진다. 비타민의 공급이 요구량에 적절하지 못했을 경우 비타민 결핍증(Avitaminosis)이나 비타민 과다증(Hypervitaminosis)이 생긴다.

비타민 C는 대사 작용에 있어 중요한 역할을 할 뿐만 아니라 뼈, 아가미의 지지연골, 혈관, 표피, 지느러미 및 부상조직의 구성성분인 콜라겐의 합성에서 중요한 기능을 담당한다. 또한 비타민 C는 항산화제의 역할도 가지고 있다. 비타민 C의 결핍증으로 어류에서는 척추 변형, 상처회복의 지연, 내·외출혈과 지느러미 부식, 아가미 섬유 연골의 만곡 등이 어류에서 보고되어 있다. 이러한 비타민 C는 어류에서 L-gulonolactone oxidase이 결핍되어 있어 어체내에서 합성을 할 수 없기 때문에 사료를 통하여 공급되어야 한다. 비타민 C가 결핍된 연어과 송어에서 구조적 기형(척추만곡, 척추전만, 그리고 비정상적인 눈, 아가미, 지느러미 연골의 유지), 식욕감퇴, 무기력증, 그리고 혈장 트리글리세라이드와 콜레스테롤 수치의 증가 등이 일어나는 것으로 보고되어 있다.

넙치에 있어 비타민에 대한 연구는 비타민 C, E, 콜린 등에 대해서 주로 이루어져 있으며 나머지 비타민에 대한 연구는 아직 미비한 실정이다. 치어기 넙치에 있어서 L-ascorbyl-2-polyphosphate를 이용하였을 때, 비타민 C의 요구량은 사료내 93 mg/kg diet로 나타났으며, 비타민 결핍시에 척추측만과 척추전만현상이 나타났다. 비타민 C에 의해서 토코페롤 라디칼은 비타민 E를 재생할 수 있다는 것이 시험관내(in vitro) 실험에서 확인되었고 어류에 있어서도 비타민 C와 E의 상호작용에 대한 연구들이 이루어져 왔다.

치어기 넙치에 있어서 비타민 E가 결핍 되었을 때, 비타민 C 요구량은 127 mg/kg diet 이었지만, 비타민 E가 사료내 200 mg/kg diet 첨가 되었을 경우에는 100 mg/kg diet로 낮게 나타났다. 비타민 E는 세포막과 지단백질에서 불포화지방산의 과산화형성을 방지하는 항산화제로서 주된 역할을 하므로, 어류에 있어 사료내 지질함량은 사료내 비타민 E의 함량에 영향을 미친다고 보고되어 있다. 치어기 넙치에 있어서 사료내 지질함량이 7% 일때, 비타민 E 요구량은 사료내 22 mg/kg diet이었지만, 지질함량이 14%로 증가하게 되면 비타민 E 요구량은 48 mg/kg diet로 두 배 이상 증가한다고 보고하였다.

콜린은 인지질과 같은 복합지질의 중요한 구성요소로서 불안정한 메틸 그룹의 공급원이며 아세틸콜린의 전구물질로서 지방대사에 관여한다. 또한, phosphatidyl-choline (PC)은 세포막의 구성성분으로서 지방의 운송을 촉진한다. 이러한 콜린은 사료내 충분한 메틸기를 가지고 있는 메티오닌을 공급했을 때 동물의 간에서 콜린의 합성이 가능해진다. 하지만, 치어기의 경우에는 성장에 필요한 콜린의 생합성이 부족하여 사료내 콜린의 첨가는 필수적이다. 치어기 넙치에 있어서 콜린요구량은 761 mg choline chloride/kg diet 이었으며, 콜린합성저해인 2-amino-2methyl-1-propanold을 사료에 첨가하였을 때, 11,343 mg choline chloride/kg diet으로 나타났다. 표 4-6은 넙치 자·치어기에 있어서 사료의 비타민 요구량을 나타낸 것이다.

(6) 미네랄 요구량

미네랄의 주요 기능은 골격구조형성, 전자전달, 산·염기평형조절 그리고 삼투압조절 등이다. 또한 미네랄은 호르몬과 효소의 중요한 구성요소이고 효소를 활성화시킨다. 칼슘과 인은 골격구조의 발달과 유지에 직접적으로 관여하고 몇몇 생리화학적 과정에도 참여한다. 인은 양식어류에 있어서 사료형태로 공급되며, 성장, 번식, 건강 등의 정상적인 생명 활동 등 생물화학적 반응에 중요한 역할을 담당하는데, 이러한 인의 이용성은 칼슘의 비율에 따라서 달라질 수도 있다. 그런데 사료내 인의 과잉 첨가시에는 조류의 성장

표 4-6. 넙치 자·치어기에 있어서 사료의 비타민 요구량

| 사육 시기 | 실험내용 | 어체크기 (g) | 수온 (°C) | 사육 기간 | 주단백질원 (% DM) | 평가 기준 | 요구량 |
|-------|---------|----------|---------|-------|------------------|-----------------|---------------|
| 자어기 | 비타민 A 등 | 0~1 | 18 | 10일 | 알테미아+비타민A | 두부형성 및 비타민 A 함량 | 비타민 A 두부형성 도움 |
| | 비타민 A | " | 13~24 | 24주 | 어분 | 난질 및 자어성장 | 18 mg/kg |
| 치어기 | 비타민 C | 3~16 | 17 | 12주 | 카제인, 탈지어분 | 성장 | 93~150 mg/kg |
| | 비타민 E | 3.9~20 | 22 | " | 카제인, 넙치근육분 | " | 22~60 mg/kg |
| | Choline | 5.9~18 | 20 | 8주 | 카제인, 탈지어분, 넙치근육분 | " | 1,000 mg/kg |

을 촉진하여 부영양화를 야기 시키는 원인이 되기도 한다. 치어기 넙치에 있어서 인요구량은 최대 성장을 위해 사료내 총인 함량이 0.45%가 적합한 것으로 사료되며, 치어기 넙치에 있어서 칼슘과 인의 적정비율은 1:1이 적합하다고 보고되어 있다. 그리고 무기태인 공급원 중에서 $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ 와 $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4) \times \text{H}_2\text{O}$ 의 이용성이 다른 무기태인 공급원 및 어류 골분보다 높게 나타났기 때문에 좋은 인공급원으로 이용 가능할 것으로 사료된다. 표 4-7은 넙치 치어기에 있어서 사료의 미네랄 요구량을 나타낸 것이다.

표 4-7 넙치 치어기에 있어서 사료의 미네랄 요구량

| 실험내용 | 어체 크기 (g) | 수온 (°C) | 사육 기간 | 주단백질원 (건물기준) | 평가 기준 | 요구량 (%) |
|--------------|-----------|---------|-------|--------------|---------|--|
| P(인) 요구량 | 2.0~8.3 | 19 | 8주 | 카제인, 넙치근육분 | 성장 | 0.45~0.51 |
| 무기태인 이용성 | 4.0~12 | 22 | 6주 | " | 성장, 소화율 | $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \times \text{H}_2\text{O}$ 이용성 높음 |
| Ca 및 Ca/P 비율 | 1.5~7.0 | " | " | " | 성장 | Ca 요구량: 0.6 Ca:P = 1:1 |

다. 사료원료 이용성

(1) 어분대체 사료원

넙치에 있어서 단백질 사료원 중에서 어분은 높은 단백질 함량과 기호성 때문에 가장 많이 이용되는 사료원이다. 그러나 단가상승, 수급의 불안정, 과잉의 인으로 초래되는 수질오염 등의 문제점으로 인해 다른 단백질원들에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 넙치 치어에 있어서 어분단백질함량에 대하여 탈피대두박은 30%, 탈지대두박은 50%, 옥수수밀은 40%, 우모분은 40%, 육분은 60%, 육골분은 20%, 말토단백질은 20%까지 어분 대체가 가능한 것으로 보고되어 있다. 또한, 진주담치(blue mussel)육은 60% 이상 어분 대체가 가능하고, 오징어분의 경우에는 100%까지 어분 대체가 가능하다고 보고되어 있다. 표 4-8은 넙치 크기별로 대두박 사료의 어분 대체 수준을 나타낸 것이고, 표 4-9는 넙치 치어기에 있어서 대두박을 제외한 사료원료에 대한 어분 대체 수준을 나타낸 것이다.

표 4-8. 넙치 크기별로 대두박 사료의 어분 대체 수준

| 사육 시기 | 종 류 | 어체크기 (g) | 사육 기간 | 주단백질원 (건물기준) | 대체율 (%) |
|-------|--------------|----------|-------|------------------|---------|
| 치어기 | 대두박 | 2.3~30 | 8주 | 어분, 대두박 | 35 |
| | 탈지 대두박 | 4.6~38 | 8주 | 어분, 대두박, 혈분 | 25 |
| | " | 35~66 | 45일 | 어분, 대두박 | 10 |
| | " | 5~30 | 8주 | 어분, 콘글루텐, 대두박 | 20~30 |
| | Extruded 대두박 | 6~22 | 42일 | 어분, extruded 대두박 | 32 |
| 육성기 | 탈피 대두박 | 46~120 | 10주 | 어분, 콘글루텐, 대두박 | 20~30 |

표 4-9. 넙치 치어기에 있어서 대두박을 제외한 사료원의 어분 대체 수준

| 종 류 | 어체크기 (g) | 사육기간 (주) | 주단백질원 (% DM) | 대체율 (%) |
|--------|----------|----------|--------------|---------|
| 육 분 | 3.4~23 | 8 | 어분, 육분 | 38 |
| 우모분 | 3~25 | " | 어분, 우모분 | 25 |
| 오징어 간분 | 2~13 | 7 | 어분 | 70 |
| 콘글루텐밀 | 8~30 | 8 | 어분, 콘글루텐밀 | 40 |

(2) 사료원료 소화율

치어기 넙치에 있어 사료원에 대한 영양소별 소화율은, 단백질 소화율로서 넙치근육분이 94%, 오징어간분이 92%, 어분 86%, 대두박이 82%, 콘글루텐 밀이 75%, 수지박이 72%, 가금부산물(가금부산물)이 72%, BAIFA-M™ 71%, 난단백이 30%로 보고되어 있다. 또한 인 소화율은 넙치근육분이 77%, 오징어간분이 72%, BAIFA-M™ 65%, 수지박이 55%, 어분이 54%, 가금부산물(가금부산물)이 50%, 콘글루텐이 20%, 난단백이 20%, 대두박 17%로 보고되어 있다.

(3) 사료첨가제

어류의 종묘생산 기술 및 고밀도 사육기술이 개발됨에 따라 넙치를 비롯하여 조피볼락, 방어, 참돔, 돌돔 및 자주복 등 여러 어류의 생산이 이루어지고 있으며, 시험연구 단계인 어종을 포함한다면 종묘생산 혹은 양식대상 어종은 현재 40여종 이상에 달한다. 그러나 이들 어종의 종묘생산 및 양성과정에 있어서 문제점으로서 첫째, 낮은 사료 섭취로 인한 성장저하 및 사료유실로 인한 수질오염, 둘째, 고밀도 사육과 같은 인위적 양식 환경으로 인한 세균성 질병, 바이러스성 질병 및 기생충성 질병 등의 만연이 커다란 문제로 대두되고 있다.

최근 들어 국내 주요 양식어종인 넙치에 있어서 성장촉진 및 사료효율을 개선하거나 어류의 비특이적 면역반응 및 항산화능을 증강시켜 생산성 향상

및 양식 어류의 질병을 예방할 수 있는 사료첨가제에 대한 연구들이 절실히 요구되어 많은 연구들이 진행되고 있고, 또한 현장에서도 이러한 기능을 가진 첨가제에 대한 수요가 급증하고 있다.

넙치에 있어서 사료첨가제로서 산가수분해물질인 KH를 사료내 1.05% 첨가하였을 때와 클로렐라를 사료내 2% 첨가하였을 때, 사료효율 및 섭취촉진 효과가 있는 것으로 보고되어 있다. 또한 사료내 한방첨가제인 어보산을 첨가하였을 때 넙치의 생존율, 성장 및 사료효율 향상에 효과가 있다고 보고되어 있다. 그리고 넙치의 치어기에 사료내 0.5% 알로에 첨가가 생존율, 비특이적 면역증강 및 항산화효과를 증가시킨다고 보고되어 있으며, 면역증강물질인 β -1,3 glucan과 사료섭취촉진물질의 혼합을 통하여 성장촉진 및 면역증강 향상에 효과가 있는 것으로 보고되어 있다. 표 4-10은 넙치 치어기에 있어서 사료의 첨가제 수준을 나타낸 것이다.

표 4-10. 넙치 치어기에 있어서 사료의 첨가제 수준

| 사육 시기 | 종류 | 어체크기 (g) | 사육 기간 | 주단백질원 (% DM) | 평가기준 | 첨가수준 (%) |
|-------|---------|----------|-------|--------------|-------|----------------------|
| 치어기 | 송강약돌 | 5~35 | 8 | 어분, 젤라틴 | 질병저항성 | 0.5 |
| | 목초액 | 3~10 | 6 | 어분, 젤라틴, 카제인 | 비특이반응 | 0.025 |
| | 글루칸 | 9~25 | 7 | 어분, 젤라틴, 카제인 | 비특이반응 | 글루칸 0.1%+ BAISM 0.9% |
| | 알로에 | 8~30 | 8 | 어분, 카제인 | 비특이반응 | 0.5 |
| | 클로렐라 | 1~7 | 12 | 상품사료 | 성장 | 2 |
| | Phytase | 35~70 | 50일 | 어분, 대두박 | 인이용성 | 0.03 |

라. 배합사료 공급체계

(1) 공급체계 설정

환경친화적인 실용배합사료를 포함하여 고품질 배합사료가 개발되었다고 하더라도 사육시기별로 적정 공급횟수와 공급량 등 그 이용방법이 명시되지 않았을 경우, 과잉 공급시 사료비의 부담 증가와 사료의 유실로 인해 수질오염이 발생할 우려가 있으며, 사료 공급이 부족할 경우 성장저하가 초래될 가능성이 있다. 또한, 적정사료공급량을 초과할 경우 넙치 성장에 필요한 에너지요구보다 과잉으로 사료가 공급되어 넙치의 체내에 지방이 축적되어 넙치의 품질을 저하시킬 수 있다. 아울러, 수온은 어류의 사료섭취량 및 성장에 직접적으로 영향을 미치는 중요한 환경인자이기 때문에, 수온별 및 사육시기별 사료의 적정 공급량과 공급횟수의 설정은 환경친화적이고 경제적인 양식을 위한 사육관리 표준화를 설정하는데 매우 중요하다고 할 수 있다.

(2) 공급방법 (공급횟수 및 공급량)

넙치 양식에 있어서 사료의 종류, 성장단계, 수온 등에 따라 다양한 공급방법이 필요하다. 사료 공급 횟수에 있어서 치어기는 1일 5~6회 공급하고 성장함에 따라서 공급횟수를 줄여주는 것이 좋다. 100 g 크기는 1일 3~4회, 300 g 크기는 1일 2~3회, 그 이상의 크기는 1일 1회 공급하는 것이 좋다. 또한, 고수온기에는 어체 중에 관계없이, 1일 1회 혹은 2-3일에 1번 공급하되, 포식량의 50~60% 정도로 감소시키는 것이 좋다. 이 때에는 비타민류로 영양 강화시키면 더욱 효과적이다. 공급량에 있어서 어류는 변온동물이기 때문에 수온에 의해 그 차이가 크지만, 일반적으로 배합사료의 경우 치어기에서 4~6%, 10 g의 크기에서 약 2%, 300 g 이상에서는 0.5~1%로 공급량을 조절하는 것이 좋다. 이 때의 공급 방법은 우선 1회 공급량의 60%를 먼저 공급하고 나머지 40%는 섭취행동을 충분히 관찰하면서 주는 것이 좋다. 여러 가지 요인에 의해 어류의 상태는 매일 변화하기 때문에 과잉 사료공급이 되지 않도록 주의가 필요하다. 아울러, 습사료를 공급할 때에는 습중량 기준

으로 어체중 10 g 크기에서는 체중의 20~30%, 어체중 100 g 크기에서는 10% 이내, 어체중 200~300 g 크기에서는 3~4%, 어체중 300 g 이상 크기에서는 2~3%가 적당하다(표 4-11).

표 4-11. 넙치 성장단계 및 수온별 공급량(%)

| 크기 수온 (°C) | 어체 중량(g)에 따른 일간사료공급율(%) | | | | | | | | | | | | |
|------------------|-------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 3 | 10 | 20 | 50 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 1kg |
| 15 | 4.0 | 2.5 | 2.0 | 1.5 | 0.8 | 0.7 | 0.6 | 0.5 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| 16 | 5.0 | 3.0 | 2.3 | 1.7 | 1.2 | 0.8 | 0.7 | 0.6 | 0.5 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| 17 | 6.0 | 3.0 | 2.5 | 1.8 | 1.2 | 1.0 | 0.8 | 0.7 | 0.5 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| 18 | 7.0 | 4.0 | 3.0 | 2.0 | 1.3 | 1.0 | 0.9 | 0.8 | 0.6 | 0.5 | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| 19 | 7.0 | 4.0 | 3.0 | 2.0 | 1.5 | 1.1 | 1.0 | 0.8 | 0.6 | 0.5 | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| 20 | 8.0 | 5.0 | 3.5 | 2.3 | 1.6 | 1.2 | 1.0 | 0.8 | 0.6 | 0.5 | 0.5 | 0.4 | 0.4 |
| 21 | 8.0 | 6.0 | 4.0 | 2.5 | 1.7 | 1.2 | 1.1 | 0.9 | 0.7 | 0.6 | 0.5 | 0.5 | 0.4 |
| 22 | | 7.0 | 4.5 | 2.8 | 1.8 | 1.3 | 1.2 | 0.9 | 0.7 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.5 |
| 23 | | 8.0 | 5.0 | 3.0 | 1.8 | 1.3 | 1.2 | 1.0 | 0.9 | 0.7 | 0.6 | 0.5 | 0.5 |
| 24 | | | 5.0 | 3.0 | 1.8 | 1.4 | 1.3 | 1.0 | 0.9 | 0.7 | 0.6 | 0.5 | 0.5 |
| 25 | | | 4.0 | 2.5 | 1.7 | 1.3 | 1.2 | 1.0 | 0.8 | 0.6 | 0.5 | 0.4 | |
| 26 | | | | 2.0 | 1.5 | 1.2 | 1.1 | 0.9 | 0.8 | 0.6 | 0.5 | | |
| 27 | | | | 2.0 | 1.4 | 1.1 | 1.0 | 0.8 | 0.7 | 0.5 | | | |

*※ 상기 자료는 기존 자료 및 회사별 배합사료 공급량 참조

마. 실용배합사료 개발

(1) 넙치 배합사료 설계 및 제조

넙치 성장단계별에 따른 배합사료의 영양성분은 조금씩 차이를 나타낸다. 실용배합사료 개발을 위한 실험사료의 단백질함량은 치어기 54% 이상, 육성기 50% 이상, 성어기 48% 이상으로 설계하였고, 지질 함량도 성장단계별 및 수온별로 6~12%로 조절하였다. 넙치 배합사료의 사료원은 단백질원으로 북양어분, 오징어간분말, 대두박, 콘글루텐밀, 크릴밀 등을 75~80% 사용하였고, 탄수화물원으로 밀가루, 감자전분을 12~16%, 지질원으로 어유, 대두

유 및 EPA/DHA를 4~8% 사용하였다. 그 밖에 비타민 및 미네랄 혼합물, 효모, 다시만분말, 면역증강제 등을 4~6% 첨가시켰다. 넙치 성장단계별로 EP 부상사료의 사료 입자는 치어기에 1.0~5.0 mm, 육성기에 5.0~9.0 mm, 성어기에 9.0~13.0 mm 크기로 제조하였다.

(2) 넙치 배합사료(EP) 비교효과시험

국립수산과학원 사료연구센터는 기존 자료와 기초 연구를 바탕으로 산·학·연의 공동연구를 통해 실용배합사료를 개발하여 치어 및 육성어 넙치를 대상으로 비교효과 시험을 실시하였다. 치어기 및 육성기 넙치 성장 비교효과 시험 결과, 실험용 배합사료가 습사료를 비롯한 다른 상품사료와 비교하여 유의적으로 높은 성장률과 사료효율을 보였으며, 또한 폐사율에 있어서도 배합사료가 습사료보다 고수온기에 폐사율이 낮게 나타났다. 이상의 결과로부터, 실험용 배합사료가 습사료나 국내 상품사료보다 사육성적이 우수하여 국외 상품사료와 비슷하여 상업용으로 장기 사육실험결과 동일한 결과가 도출된다면 양식 현장에 실험용 배합사료의 보급이 가능할 것으로 판단되었다.

(3) 넙치 배합사료(EP) 현장적용시험

넙치 배합사료 현장적용시험은 상기 넙치 비교시험 효과를 통해 실용배합사료의 개발 가능성을 얻었으며, 현장적용시험에 의한 넙치 배합사료의 조기산업화를 위해 양식장 현장에서 직접 시험하였다. 성장도 조사 결과, 넙치 치어(30 g)에서 성어(600 g 전후)까지 사육시켰을 때, 시험사료, 상품사료, 습사료의 성장에서 유의적인 차이를 나타내지 않았으며, 기존의 상품사료보다 성장이 우수한 것으로 나타나 산업화 보급에 충분한 가능성을 시사하였다. 건강도 조사 결과, 사료의 세균수는 생사료가 배합사료에 비하여 높은 수치를 나타내었으며, 생사료에 비해 배합사료가 질병 발생률이 감소하였으나, 향후 고수온기 배합사료의 소화흡수에 대한 해결방법이 많은 연구가 필요하

4. 영양 및 사료

다. 수질환경 조사 결과, 시간별 부유물질, 화학적 산소요구량, 총질소, 총인, 아질산 등의 농도 값이 습사료가 배합사료에 비해 4~10배 정도 높게 나타났는데, 이는 배합사료 공급에 따른 환경오염이 현저하게 감소될 것으로 생각되었다. 육질 평가 결과, 육질경도와 육질의 맛, 냄새, 설탕, 질감(씹힘성) 등 전반적인 기호도에 있어서 실험용 배합사료는 상품사료와 습사료와 비교해서 유의적인 차이가 없었다.



그림 4-1. 산·학·연 넘치 배합사료 공동개발품.



그림 4-2. 양식사료연구센터 사육시설 광경.



그림 4-3. 넘치 배합사료 비교효과 시험 광경.



그림 4-4. 배합사료 현장 적용시험 광경.

바. 향후 사료 개발 방향

현재 우리나라 넙치 양식 산업은 FAO의 2005년도 통계자료를 기준으로 중국, 일본, 칠레보다 앞선 전 세계 1위를 지키고 있다. 하지만 생산량은 세계 1위이지만 80% 이상 대부분 양식장에서 생사료를 이용하고 있는 실정이다. 그동안 연구 및 홍보를 통하여 이제 누구나 생사료의 환경적인 문제점은 거의 알고 있다고 사료된다. 그러나 양식어업인은 이익 창출이 가장 중요한 관점이며 이를 위해서는 성장이 가장 중요한 포인트라고 생각하고 있으며, 생사료에 비해서 배합사료가 성장이 2~3개월 느리다고 생각하고 있기 때문이다.

국내에 넙치배합사료를 주로 생산하는 사료회사는 대략 6개 정도 되며 대부분의 사료회사가 고가의 EP사료 제조기를 보유하고 있고, 각 회사마다 사료제조의 기술을 축적하고 있으며 국외 사료에 비해 크게 떨어지지 않는다고 사료된다. 그러면 어떻게 양식어업인과 사료회사가 서로의 주장을 이해하고 타협할 수 있을 것인가에 대답은 산·학·연이 단합하여 해결하는 것이 가장 좋은 방법으로 양식어업인들은 시험양식장을 제공하고 사료회사는 연구기관에 협조하여 산·학·연 및 양식어업인들이 지켜보는 가운데 배합사료의 품질평가를 현장양식장에서 치어 크기부터 상품크기까지 실험을 통하여 결과를 도출하는 것이 가장 바람직하다고 생각한다. 이에 더불어 품질평가 이후에 사료도 식품이라는 생각으로 사료의 안정성 차원에서 품질관리 및 사육관리 표준화 연구가 이루어진다면 서로간의 신뢰를 회복하여 외국의 예처럼 20년의 긴 세월이 아닌 5년 정도의 짧은 기간 내에 자연스럽게 생사료에서 배합사료로 전환할 수 있을 것으로 사료되며, 이를 통해 양식어업인은 생산단가를 절감함으로써 양식경제성을 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

5. 육종

가. 넙치 육종 배경 및 필요성

우리나라 넙치 양식의 역사를 보면 1980년대 초 일본으로부터 수입한 알과 치어를 이용하여 종묘생산 및 양성을 시작하였고, 1980년대 중반부터는 이들 일본산 넙치가 실내 수조에서 자연 산란이 이루어지면서 본격적인 양식업이 성립되었다. 1990년대부터는 생활수준의 향상에 따른 소비확대와 생산량 증대 위주의 기술개발에 힘입어 넙치 양식 생산량은 비약적인 증가를 보였다.

그러나 2000년대에 들어서면서 우리나라 넙치 양식 산업은 중국산 활어의 대량 수입에 밀려 새로운 국면에 접하고 있다. 이제는 우리나라 넙치 산업은 외국과의 경쟁에서 살아남아야 하며 한 걸음 더 나아가 외국으로 수출하는 어종으로 다시 태어나야 한다. 그렇기 위해서는 생산에 투입되는 모든 경비를 최소화하는 방법, 즉 생산성 향상에 최선의 노력을 기울여야 한다. 생산성 향상을 위한 기술개발로는 사육시설의 개선, 좋은 배합사료의 개발, 질병 발생율의 저하 등 여러 가지가 있겠지만 육종에 의한 품종의 개량도 매우 중요한 해결책의 하나이다.

나. 육종 프로그램

육종 프로그램은 우수한 생산 효과 및 이익을 얻을 수 있는 생물을 효율적으로 육종하기 위한 계획을 말한다. 육종 계획은 육종 목표의 설정에서 육종 시스템의 최적화까지의 광범위한 문제를 포괄적으로 검토해야 한다. 육종 목표의 설정에는 어떠한 형질을 목표로 개선하는가를 결정하여야 하고, 그 다음에는 어떠한 집단에서 실시하는 가를 정해야 한다. 또한 유전적 요소를 추정하여 육종을 하였을 때의 가치를 예측하여야 한다.

최근의 육종 프로그램은 고전적인 선발육종 방법과 최근 눈부시게 발전하고 있는 생물정보공학을 접목시켜 지금까지 생각하지 못했던 유전적인 우량

형질의 선택을 가능하게 만들면서 양식업에 변화를 일으키고 있다. 양적 유전학적 교배법의 근본원리는 가장 우수한 형질을 가진 것끼리의 교배를 통해서 우량형질들을 계속해서 유전되게 하는 것이며, 또한 근친교배를 방지하는 데 있다. 우량 암수를 선택하기 위해서는 각 개체의 외적 표현형(무게 길이등)을 1차적 근거로 하여 그 개체 뿐 만 아니라 그 개체의 혈통 등을 파악하여 교배 자칭에 포함시켜야 한다. 만약 선택하기를 원하는 외적 형질이 유전학적 원리에 따라 유전이 된다면 다음 세대의 개체들은 그 이전 세대의 개체들이 보인 형질의 평균값 보다 좋은 수치를 나타내야 한다. 이러한 세대간의 차이를 유전적 획득이라고 부르며 일반적으로 세대간 증가율은 10~15% 정도가 되어야 한다. 이러한 증가율을 얻기 위해서는 아무리 좋은 외적 형질을 가지 개체라도 그들의 유전적 유연관계를 알아서 근친간의 교배를 방지해야 가능한 것이다.

최근에는 유전자의 지문을 이용한 교배방법을 이용하고 있다. 각 개체의 유전자 지문을 쉽게 얻을 수 있고 그 특징을 통해서 그 개체의 전 세대(부모)를 찾을 수 있다(그림 5-1).

따라서 과거와는 달리 훨씬 많은 개체와 가계(family)를 한정된 교배공간에 키울 수 있게 되었으며, 그 개체들의 혈통파악을 위해서 행해지던 값비싼

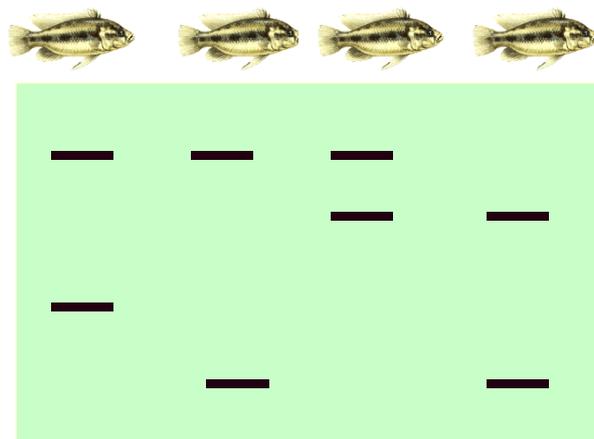


그림 5-1. 유전자 표시(microsatellite)를 이용한 개체간 식별.

물리적 표시방법도 불필요하게 되었다. 결과적으로 선택할 수 있는 개체의 수가 많아짐에 따라 유전적 획득률도 고전적인 방법에만 의존할 때보다 정확하고 물리적 표시에 들어가는 막대한 비용도 절감할 수 있게 되었다. .

수산분야에서 이러한 유전학 개념을 체계적으로 받아들여 육종에 성공한 예는 노르웨이 연어가 대표적이고 그 잠재력은 상당하다고 할 수 있다. 노르웨이 연어인 경우 1971년 정부주도 하에 꾸준한 가계선발을 통한 육종 프로그램이 수립되었고 현재는 우량 종묘가 공급되고 있으며, 그 규모는 전체 노르웨이 연어 약 70% 이상을 차지하고 있다. 또한 노르웨이는 육종 프로그램에 의해 지속적으로 연어의 품종을 개량한 결과, 선발전에는 연어 체중 3.5kg 까지 사육에 소요되는 기간이 18~20개월이던 것을 선발 2세대, 3세대, 5세대에서는 각각 사육에 소요기간을 17개월, 14개월, 10~12개월로 단축시켰다.

다. 넙치 육종 프로그램 추진 내용

우리나라의 넙치 양식은 대부분이 영세하고 경영수지가 악화되고 있으므로 장기적 안목에서의 육종사업을 추진할 여유가 없는 것이 현실이므로 국가기관에서 대학 등 관련 전문기관과의 연계를 통해 넙치 육종 프로그램을 개발하여야 한다. 이러한 시대적 흐름에 맞추어 국립수산과학원에서는 먼저 넙치를 중심으로 육종 프로그램을 수립하였으며, 2004년부터 10년 계획으로 본격적으로 추진 중에 있다. 1차적인 목표는 10년 후에 성장이 지금보다 약 30% 빠른 새로운 넙치 품종을 개발하는데 있다.

본 연구는 어류육종연구센터에서 주도적으로 수행하여 넙치 어미집단의 유전학적 분석 및 교배지침 수립, 가계생산 및 육종 효과 검증, 육종 품종의 브랜드화 및 보급 등을 추진하고, 민간 양식장에서는 산업성 평가 및 활용 업무를 담당할 예정이다. 육종 방법은 유전자표지(DNA marker)를 이용한 분자육종 및 전통적인 선발육종(selective breeding)을 접목하여 실시하고 있으며, 근친방지 및 육종 효율 향상에 최적한 방법을 개발할 예정이다.

단계별 추진전략을 보면 1단계인 2004년도에는 유전적 다양성 확보를 위한 넙치 어미집단 수집 및 유전학적 분석을 실시하여 육종을 위한 어미집단을 확정하였으며, 2005~2010년의 2단계에서는 교배지침에 의거 제1세대 및 2세대를 육종용 넙치를 생산하여 육종 효율을 조사한 후 가시적인 효과가 있을 시 우량 수정란을 양식어민에게 공급할 예정이다. 3단계인 2011~2013년에는 제3세대 육종용 넙치를 생산하여 생산된 품종의 육종 효과를 최종적으로 검증함과 동시에 우량 품종의 수정란 및 어미를 양식어민에게 본격적으로 보급할 것이다. 그 이후에도 가시적인 효과가 확실할 시 지속적인 어미관리 및 가계생산을 통하여 선발을 계속 추진할 것이다.

2005년 추진한 내용은 과학적인 교배지침에 의거 제1세대 육종용 넙치(F1)를 생산하여 유전능력을 평가하였다. 교배지침은 대상 어미(자연산 238, 양식산 522마리)의 유전학적 유연관계 및 계층형질을 토대로 작성하였다(그림 5-2).

장기전략용 교배지침은 장기적인 면에서 유전적 다양성 확보를 위하여 양식산과 자연산을 혼합한 교배지침으로, 암수 1:1 인공수정에 의하여 245가계를 생산하였다. 단기전략용 교배지침은 단기간 내에 형질개선을 위하여 기존의 양식산만으로 작성한 교배지침으로 59가계를 생산하였다. 장기전략용 및 단기전략용 교배지침으로 생산된 육종용 넙치(F1)는 대조군 넙치에 비하여 성장 및 사료효율 면에서 우수함을 확인하였으며, 산업성 자료 확보 및 사육생물의 백업을 위하여 육종용 넙치(F1) 90천마리를 민간 양식장 4개소에 시험분양하였다.

유전학적 분석을 수행한 결과, 육종용 넙치(F1)가 양식산 어미에 비하여 유전학적 다양성이 높음을 확인하였다. 생산한 장기전략용 넙치(F1)의 친자확인을 위하여 부화 후 171일 및 178일된 넙치 2,874마리의 유전자형을 분석하고, 멘델의 유전법칙에 위배되는 어미를 배제시키는 방법(exclusion method)을 이용하여 각 개체의 친자확인을 수행하였다. 전체 2,874마리 중 부모가 확인된 마리수는 2,768마리로 96.3%가 친자확인에 성공하였으며, 이로써 혼

| SELECTED MATING SCHEME | | | |
|-------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Female | 1st male | 2nd male | 3rd male |
| CA002 | WD113 | CH089 | CH088 |
| CA004 | CJ116 | CJ113 | CJ152 |
| CA005 | CA070 | CJ055 | CJ063 |
| CA006 | CA076 | CJ080 | WB063 |
| CA007 | WD064 | CH089 | WD028 |
| CH009 | WB010 | CJ127 | CJ158 |
| CH010 | WB001 | WB010 | CJ168 |
| CH013 | CJ101 | CJ104 | WG067 |
| CH015 | CJ115 | WD047 | CJ093 |
| CH017 | CJ067 | CA107 | CJ076 |
| CH018 | WB056 | CJ142 | CJ101 |
| CH020 | WG024 | CJ094 | WB010 |
| CH021 | CJ158 | CJ144 | CJ168 |
| WB070 | CH081 | CJ077 | CA185 |
| WB074 | CJ077 | CH084 | CH074 |
| WB076 | CJ079 | WG009 | CJ028 |
| WB085 | WG021 | CH066 | CH086 |
| WB087 | CA185 | CH073 | WT034 |
| WG090 | CJ028 | CJ050 | |
| WG092 | WD068 | CJ031 | CJ054 |
| WG093 | CJ164 | CJ067 | CJ070 |
| WG095 | CA077 | CJ063 | WG009 |
| WG097 | CJ063 | CJ031 | CJ066 |
| · | · | · | · |
| · | · | · | · |

그림 5-2. 교배지침 작성(예시).

합사육한 녀치(F1)의 가계추적이 가능하게 되었고, 유전모수 추정에 의한 가계별·개체별 성장 우수 녀치의 선발기준이 마련되었다(그림 5-3). 각 형질 간의 표현형상관 및 유전상관은 성장과 관련된 체중, 전장, 체고의 표현형상관(0.92~0.95) 및 유전상관(0.98)이 모두 높은 상관관계를 보여 그 중 한 형질만 개량하면 다른 형질도 따라서 개량이 이루어질 것으로 판단되었다.

육종용 어미 개체정보

● 110086



● 개체이력

- 관리번호 : 442A7F6813
- 생년월일 : 2002년 8월
- 성 별 : 수컷
- 특이사항 : 양식산(제주수산실업)

● 개측형질

- 체중 1531g ● 전장 51.3cm
- 체고 18.7cm ● 비만도 11.3

● 육종용 F1

210009

221552



● 추정생산능력(PTA)

| | |
|-------------|--------|
| ● 소요일수(1kg) | -20일 |
| ● 전 장 | 2.2cm |
| ● 체 중 | 131.6g |

● 체형특징

| 체형형질 | -3 | -2 | -1 | 1 | 2 | 3 | 값 |
|-------|----|----|----|---|---|---|-----|
| 체중 | | | | | | | 2.5 |
| 체고/전장 | | | | | | | 2.1 |
| 비만도 | | | | | | | 1.2 |

그림 5-3. 가계관리 시스템(예시).

(1) 어미집단의 유전적 평가

우리나라에서 생산되는 종묘는 1980년대 일본으로부터 수입된 소수 집단에서 시작되어 5~6세대를 거치는 동안 근친교배가 계속되어져 왔다. 이론적으로는 1세대의 근친만으로도 눈에 확연하게 띄지는 않지만 유전적으로는 열성화가 되어 성장의 저하, 질병 및 환경 내성 저하, 원인 불명으로 인한 대량 폐사 등 생산성 저하의 요인으로 작용하고 있다고 추정된다. 따라서 우리나라에서 관리되고 있는 넙치 어미 집단이 유전적으로 근친이 얼마나 되어 있는가를 먼저 알아야 하고, 만약 근친 정도가 높을 경우는 자연집단에서 어미를 구입하여 보충해 주어야 한다.

(2) 지속적인 어미집단의 유전적 관리

보다 효율적인 육종을 위해서는 넙치 어미집단의 유전적 다양성을 확보하여야 한다. 육종을 위한 넙치 어미집단의 유전적 다양성이 부족할 시 육종 사업은 그 효과가 미비할 것이며, 역으로 좋지 못한 결과까지도 초래할 수가 있다. 따라서 1차적으로 기존의 양식산 외에 자연에 서식하는 자연산 넙치를 포함하여 약 300마리의 정도의 어미를 먼저 확보하여야 한다. 다음으로는 어미의 유전자 분석을 통한 유전적 유연관계에 의하여 최적의 교배 시스템 구축이 필요하다.

(3) 선발을 통한 우량 종묘 개발

넙치의 경우 성장에 대한 유전율이 조사된 바는 없지만 0.3 전후로 예상되므로 근친을 방지하고 선발의 효율을 높이기 위해서는 가계선발이 효과적인 방법이다. 가계별 사육을 통해 표현형을 기준으로 상위 우수 가계를 선별할 수 있고 다음 세대 어미를 선정할 수가 있다. 같은 조건에서 사육하여도 성장 등 양적형질에 많은 차이가 나타나는 경우를 경험할 수 있다. 우선적으로 성장이 좋은 개체들을 선발하여 다음 세대의 어미로 사용하는 것은 좋은 착안이다. 하지만 여기서 고려해야 할 점은 그 세대에서는 성장이 좋게 나타났을지 모르지만 그 다음 세대에서도 예상하는 것과 같은 성장을 기대하기 위해서는 유전적으로 성장이 큰 것인지를 알아야 하고 또한 만약 그렇다면 그 개체를 어떠한 교배를 통해 차세대를 얻는가 하는 문제가 있다. 성장이 잘 된 두 개체를 교배시키면 당연히 자손들은 더 큰 개체들이 생산되어야 하는데 그렇지가 못한 이유는 사용된 어미 개체들이 근친인 경우 또는 유전적으로 잘 크는 개체가 아니라 환경에 적응하여 유전적 요인과는 관계없이 환경적 요인에 의한 경우가 있으므로 반드시 표현형과 함께 유전적인 측면의 검토도 필요하다.

6. 질병과 대책

가. 개요

(1) 발병 원인 및 조건

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

질병이 발생하기 위한 조건은 첫째, 질병을 발생시킬 수 있는 병원체가 있 어야 하며, 둘째, 병원체가 증식하기에 좋은 환경이 조성되어야 하며, 어체에 는 해로운 수질환경이어야 하며, 셋째, 어체는 병원균의 침입이 용이하도록 저항력의 약화 등 조건이 갖추어져야 한다.

(2) 질병의 발생요인

(가) 양식장 환경의 악화

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

(나) 보균어의 유입

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

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

(다) 어체 건강도의 저하

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

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

나. 질병발생시 진단요령

(1) 질병 진단 방법

(가) 설문지 조사

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

(나) 어군 진단

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

(다) 개체 진단

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

(라) 배양

해부시 조직 이상으로 여겨지는 개체에 대해서는 배지 등을 이용하여 배양한 후 원인균을 분리하여 둔다.

다. 주요 어병의 종류와 발병 시기

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

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

표 6-1. 주요 어류 질병의 종류와 주 발병 시기

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

라. 바이러스성 질병

바이러스성 질병은 1986년 양식넙치에서 발생한 해산버나바이러스병으로 시작하여 경남, 제주도 지역에서 만연되었다. 1998년에는 이리도바이러스병이 처음 발생하여 돌돔에 막대한 피해를 주었으며 현재까지 발생이 계속되고 있다. 넙치 종묘 생산시 치·자어에 치명적인 피해를 주고 있는 바이러스성 상피증생증은 남해안 종묘 배양장에 사육중인 넙치 자어를 대량 폐사하게 한 경우도 있다.

(1) 바이러스성 상피증생증

(가) 감염증상

상피증생증은 넙치 종묘생산시 수온 18~20℃에서 부화 후 25일령 이하의

자어에 발병률이 높으며, 이 병에 감염된 자어는 먹이를 먹지 않고 힘없이 수조바닥에 가라앉거나 이상유영하면서 머리를 밑으로하여 폐사한다.

외부증상으로는 지느러미 가장자리의 백탁증상, 복부함몰, 성장불량 및 체색흑화를 육안으로 관찰할 수 있다. 감염 병어를 광학현미경으로 관찰하면 지느러미 상피세포가 둥글게 이상 증생되어 있을 뿐만 아니라 아래턱에서 가슴부위 사이의 표피상피세포도 이상 증생되어 있는 것을 쉽게 관찰할 수 있다.

질병의 진행속도는 비교적 빠른 편이며, 사육수온은 18~20℃에서는 1주일 안에 폐사개체가 나타나기 시작하여 늦어도 3주일 이내에 대량폐사하게 된다. 종묘생산지에서 이 병이 한번 발생되면 그 해의 종묘에서는 반복해서 발병하여 피해가 가중된다.

(나) 원인

상피 증생증 원인 바이러스는 DNA바이러스이다. 바이러스의 물리, 화학적 및 형태학적 특성상 허피스바이러스(Herpessvirus)로 분류된다.

(다) 치료

상피 증생증은 현재로서는 뚜렷한 치료 대책이 없으나 사육수온을 조절하면 피해를 줄일 수 있다.

상피 증생증에 감염된 부화 16~18일경 넙치 자어의 경우 아직 폐사가 거의 일어나지 않는 초기단계에서 수온은 20℃에서 하루만에 16℃로 떨어뜨려 사육한 결과 14일이 경과한 후에도 꼬리지느러미 연조 부위에 약간의 만곡 증상을 보이는 개체는 있었으나 폐사는 거의 일어나지 않았다. 그러나 사육수온을 조절하지 않고 20℃에서 사육하였을 때 수 일 만에 대량 폐사한 예가 보고되고 있으므로 발병초기 단계에서 16℃로 내려 사육하면 폐사율을 줄일 수 있다.

(라) 예방대책

바이러스성 상피 증생증의 예방 대책으로는 먼저 바이러스에 오염되지

얇은 수정란을 구입하여야 하나 바이러스 감염 여부의 확인이 실제적으로 곤란한 경우는 예년에 이 질병이 발생한 병력이 없는 양식장에서 생산된 종묘를 구입하여야 이 질병으로 인한 피해를 최소화할 수 있다.

수정란은 요오드 용액을 유효농도 25 ppm으로 15분간 소독하면 바이러스 살균에 효과적이며, 종묘 생산용 사육수를 자외선으로 살균하면 예방효과가 있다.

(2) 해산버나바이러스병

(가) 감염증상

해산버나바이러스병은 주로 치어기에 많이 발생되며 병어는 체색이 검어지고 복부팽만 증상이 관찰된다.

병어를 해부하면 복수가 고여 있거나 간이 퇴색되어 있으며, 육안으로 관찰하여 보면 뇌부위 출혈 및 등부위에서 꼬리부위의 중심부에 심한 출혈 즉, 발적 증상이 나타난다.

병어는 일반적으로 힘없이 사육지 가장자리를 유영하거나 바닥에 가라앉는 등 무기력한 개체가 나타나며, 죽기 직전에 발광하여 회전 유영하는 개체도 종종 관찰된다.

(나) 원인

해산버나바이러스(Marine birnavirus) 감염에 의한 것으로 이 바이러스는 외막이 없고 구형이며 크기는 직경이 65 nm인 이중가닥 RNA바이러스이다.

감염은 오염된 사육수나 감염어를 통해 이루어지며 특히 18~20℃일 때 바이러스의 증식이 빨라 넙치가 방어력이 생기기 전에 어체 내에서 증식되므로 폐사율이 높아진다. 넙치의 경우 복부가 팽만되거나 뇌 부근에 출혈과 발적 증상이 나타나면 해산버나바이러스병으로 의심해 볼 필요가 있다.

정확한 진단은 세포배양법에 의한 세포변성효과(CPE)를 관찰하거나 유전자 증폭법(PCR)으로 진단이 가능하다.

(다) 치료

해산버나바이러스는 13℃ 이하에서는 증식속도가 느려 폐사율이 낮아지므로 이 질병의 발생 징후가 나타날 때 수온을 13℃ 이하로 유지시키면 폐사를 감소시킬 수 있다.

(라) 예방

일단 발병하면 지속적으로 피해를 일으키기 때문에 다른 바이러스성 질병과 같이 예방적인 측면에서 대책을 수립해야 한다.

해산버나바이러스병을 예방하기 위하여 원인 바이러스가 넙치 양식장내로 유입되지 않도록 하여야 하고 사육수조와 수정란을 통한 감염을 방지하기 위하여 과거에 해산버나바이러스로 인한 대량폐사 경력이 있는 양식장의 종묘는 가능한 한 구입하지 않는 것이 좋다. 어류의 질병에 대한 저항력을 높일 수 있도록 사육밀도를 적정하게 유지하고 바닥 청소나 환수량을 늘려 사육수질을 개선하면 예방효과가 있다.

(3) 림포시스티스병

(가) 감염증상

림포시스티스병에 감염된 병어는 지느러미와 체표 뿐만 아니라 내부장기에서도 림포시스티스 세포(Lymphocystis cells)로 인한 종양과 같은 세포덩어리가 관찰되며, 세포 내부에서 다량의 바이러스 입자를 확인할 수 있다.

감염된 세포는 비정상적으로 커지며, 세포질 내에는 강한 호염기성의 큰 봉입체가 있는 것이 특징이다. 병어는 지느러미, 체표, 입 주위뿐만 아니라 내부 장기에도 종양이 형성되어 빈혈로 인하여 서서히 폐사되거나 세균에 의한 2차 감염으로 폐사되기도 한다.

(나) 원인

원인은 이리도바이러스과(Iridoviridae)에 속하는 림포시스티스바이러스(Lymphocystis virus)로서 정20면체의 DNA바이러스로 감염 대상이 되는

어류가 140 여종으로 광범위하다.

감염되는 어류의 종류에 따라 바이러스의 크기는 차이가 있으며, 작은 것은 130~150 nm, 큰 것은 240~260 nm이다. 바이러스에 감염된 세포는 핵과 세포질을 포함한 세포 전체가 정상세포의 수백 배로 커지게 되므로 이 세포가 대형의 환부를 형성하는 것이 특징이다.

(다) 치료

림포시스티스병에 대한 정확한 감염 기작이 밝혀져 있지 않아 현재까지 치료법이나 뚜렷한 대책은 없다.

밀식, 환수율 부족 및 수질악화 등 열악한 환경에서 사육할 때 병의 발생과 확산이 빠르며 피해가 크기 때문에 양식장 환경을 개선하는 것이 필요하다.

(라) 예방

림포시스티스병의 발생은 양식장에 종묘 입식 후 일정 기간이 지나면 종양이 형성되는 경향을 보이는데, 일정 간격으로 종양을 제거하면 이 병에 의한 피해를 줄일 수 있다.

종양제거 작업시 반드시 상처부위 소독작업과 수조 청결작업을 실시하여야 2차 세균감염에 의한 피해를 예방할 수 있다.

(4) 랍도바이러스병

(가) 감염증상

랍도바이러스병은 연중 수온이 10~16℃로 유지되는 양식장에서 잘 발생한다. 감염어는 지느러미나 체표에 출혈증상이 나타나고, 복수가 고이거나 근육 내에 출혈 또는 울혈이 특징적으로 관찰되며, 아가미 빈혈, 생식선 발적, 담낭의 황색화와 팽만증상이 관찰되는 경우도 있다.

조직학적으로는 어류의 조혈기관인 신장과 비장 조직의 괴사 및 장출혈이 관찰된다.

(나) 원인

원인 바이러스는 히라메랍도바이러스(Hirame rhabdovirus : HRV)로서 연어과 어류의 전염성 조혈기 괴사 바이러스(Infectious Hematopoietic Necrosis Virus : IHNV)와 유사한 특성을 가지고 있으며 크기는 70×175 nm 정도 되는 총알 모양의 RNA 바이러스이다.

히라메랍도바이러스는 넙치(*Paralichthys olivaceus*)와 은어(*Plecoglossus altivelis*)에서 분리되며, 몇몇 경골어류(농어목, 가자미목, 연어목)에서도 히라메랍도바이러스에 감수성을 나타낸다. 그리고 히라메랍도바이러스의 구조 단백질은 IHNV와 바이러스성 출혈성 패혈증 바이러스(VHSV)에 유사하며, 유전자 서열 비교에서는 히라메랍도바이러스가 VHSV보다는 IHNV에 유전적으로 연관 관계가 더 가깝게 나타난다.

(다) 치료 및 예방

랍도바이러스병의 전파는 주로 바이러스에 감염된 어류로부터 방출된 바이러스가 물을 통해 전달되므로 초기 감염은 아가미, 식도, 위점막과 점액분비 조직을 통해 일어난다.

이 병의 예방대책은 랍도바이러스병의 특이적인 감염증상을 보이며 폐사하는 개체가 나타나면 조기에 폐사어를 제거하고 사육밀도를 낮추며, 사육수조의 환수량을 높여주고, 수온을 15℃ 이상으로 상승시키면 바이러스의 병원성이 떨어져 폐사율이 감소된다. 이 병은 넙치가 400~500 g으로 성장한 겨울철에 잘 발병되며 수온인 20℃ 이상이 되면 감염어가 자연 치유되는 경우도 있으므로 수온을 20℃ 이상으로 상승시키면 폐사율 감소에 효과적이다.

(5) 바이러스성 신경괴사증

(가) 감염증상

1990년대 후반부터 해산어 종묘생산장에 치명적인 피해를 입히고 있는 이 질병은 돌류, 능성어류, 범가자미, 넙치 등의 어종에서 발병되고 있으며 어류가 이 질병에 감염될 경우 높은 폐사율을 나타내므로 큰 피해를 입히게 된

다. 최근 국내 양식장에서 바이러스 질병실태 조사를 한 결과, 능성어, 돛류, 넙치에서 이 질병으로 인한 폐사가 발생된 것으로 확인되었다.

병어는 힘없이 유영하거나 선회 등의 비정상적인 유영행동을 보이며, 쇠약해지면 양식장 바닥에 가라앉아 폐사하게 된다.

(나) 원인

이 질병의 원인은 노다바이러스(Nodavirus)에 의한 것이며, 노다바이러스는 외막이 없고, 정20면체의 모양을 가지며 직경 25~30 nm의 바이러스로 단일가닥 RNA바이러스이다.

노다바이러스는 어류의 신경세포에 감염되어 신경조직을 괴사시켜 대량폐사를 유발하고 수직감염에 의해 전염되며 PCR법에 의해서 진단이 가능하다.

(다) 치료 및 예방

노다바이러스는 어미로부터 난을 통하여 자·치어에 수직 감염 가능하기 때문에 친어로 사용할 어미에서 바이러스 감염 유무를 확인하여 원인 바이러스에 감염되지 않은 어류를 친어로 사용하는 것이 가장 효과적인 예방법이다.

종묘생산지에 바이러스성 신경괴사증이 발생하였을 경우 대부분 전멸하므로 이 증상이 확인되는 즉시 배양수조의 소독을 실시하고 폐사어는 소각 또는 매몰하여 이 바이러스가 인근 해역으로 전파되는 것을 차단하여야 한다.

노다바이러스는 해수 중에서 최장 60일 가량 생존이 가능하기 때문에 이 바이러스에 오염된 배출수를 통하여 원인 바이러스가 다시 양식장으로 유입될 수 있으므로 이 바이러스에 오염된 해수가 양식장으로 유입되지 않도록 주의를 하여야 한다.

노다바이러스는 자외선에 의하여 불활화 되므로 종묘생산지에서는 유입수를 자외선으로 살균하여 사용하는 것도 바이러스성 신경괴사증의 예방에 효과적이다.

마. 세균성 질병

(1) 에드워드병

(가) 감염증상

병어는 먹이를 잘 먹지 못하고 체색이 흑화되어 표층을 힘없이 유명하기도 하고 중앙 배수 파이프 근처에서 수류를 따라 빙빙 돌거나 배수 파이프에 붙어서 죽기도 한다.

외부증상으로는 안구의 돌출, 백탁, 농양이 형성되고, 복부가 팽만하며 발적된 장이 항문에서 돌출되어 나타나는 것이 많다.

해부해 보면 부패한 냄새를 동반한 출혈성 복수가 고여 있고 간, 비장 및 신장의 비대와 결절이 형성되어 있는 것을 볼 수 있다.

(나) 원인

넙치의 에드워드병은 *Edwardsiella tarda*라는 그람음성 간균에 의하여 발병되며 치어에서 성어에 이르기까지 모든 사육단계에서 발생된다.

넙치의 성장에 따라 사육밀도가 높아지고 먹이를 많이 주게 되어 수질이 악화되면 에드워드균이 급격히 증식하여 질병을 유발하는데 일단 양식장에서 에드워드병이 발생하면 치료가 어렵고 장기간에 걸쳐 지속적으로 폐사가 일어난다.

넙치에 에드워드병이 잘 발생하는 가장 큰 이유는 밀식하였을 때 배설물과 먹이찌꺼기가 잘 배출되지 못하여 사육수조에 많은 세균이 증식하게 되는데 그 중에서도 에드워드균은 증식속도가 빨라 감염의 기회가 높기 때문이다. 에드워드병은 주로 수온이 23℃ 이상이 되는 5월에서 10월 사이에 유행하지만 해수를 가온시키는 순환수조에서는 연중 발생하는 경우도 있다. 이 병은 만성적으로 발병하기 때문에 장기간에 걸쳐 일어나 누적폐사율이 높으며, 최근에는 연쇄구균증과의 합병증으로 발병하는 경우가 많으므로 사육관리에도 더욱 주의를 요한다.

(다) 치료 및 예방대책

에드워드병은 수온 20℃ 이상에서 잘 발생하는데 고수온으로 갈수록 피해율은 증가하게 된다. 고수온기에는 환수율이 낮은 수조에서 발생하기 쉽기 때문에 환수율을 최대한 높여주는 것이 좋으며, 사육수조 바닥의 찌꺼기 제거 등 사육환경을 깨끗이 해 주어야 한다. 또한 사육밀도를 적절하게 조절하여 넙치에 가능한 스트레스를 주지 않아야 한다.

일단 발병하면 각종 약제를 투여해도 쉽게 치유되지 않으므로 반드시 약제감수성 시험을 실시하여 감수성이 높은 약제를 사용해야 한다. 무분별한 약제 과다사용으로 인하여 내성균이 생겨 치유되지 않는 경우도 있으므로 유효한 약제가 선택되면 일정기간 지속적으로 정량 경구 투여하는 것이 좋다.

(2) 활주세균증

(가) 감염증상

수온이 상승하기 시작하는 봄부터 고수온기인 여름에 걸쳐 각 양어장이나 종묘 생산지에서 자주 발생하는 활주세균증은 넙치 자어와 치어에 큰 피해를 일으킨다. 주로 사육 환수량이 낮은 육상수조에서 잘 발생하며, 폐사는 완만하게 진행되지만 발생빈도는 높아 장기간 지속적으로 나타나므로 피해가 크다.

이 병의 발생은 수온의 영향이 크게 작용하는데 해류에 따라 수온 차가 심하든지 냉수대의 출현 등 사육수의 수온 변화가 클 경우 넙치는 스트레스를 크게 받게 되어 활주세균증의 발생이 증가하게 된다.

활주세균증은 밀식사육, 과잉 용존산소량 및 급격한 수온변화 등이 넙치에 스트레스를 주면서 이 병원균의 침입을 쉽게 하여 발생하게 된다.

감염된 넙치는 수면이나 수류를 따라 힘없이 유평하는 것이 많다. 외부증상은 등지느러미와 꼬리지느러미의 부식, 괴사 및 결손이 특징으로 관찰되며, 체표의 궤양, 주둥이의 부식 및 아가미의 퇴색과 부식 그리고 점액과다 등을 나타내지만 특징적인 내부증상은 관찰되지 않는다.

(나) 원인

환부 조직을 현미경으로 관찰하면 3~20 μm 의 많은 장간균을 볼 수 있으며 근육조직에서도 장간균의 침입이 관찰된다. 원인균은 그람음성 장간균인 *Flexibacter maritimus*이며 해수 사이토파가(Marine cytophaga)배지에서 연한 황색의 집락을 형성한다.

이 균은 활주운동을 하며 15°C에서는 서서히 자라지만 20°C 이상일 때 급격히 증식한다.

(다) 치료 및 예방대책

활주세균증을 예방하기 위해서는 양식장의 환경관리가 중요하다. 밀식이 되지 않도록 사육밀도를 적절히 조절하고 사육 환수량을 늘려 수질을 좋게 유지시키는 것이 질병 예방에 효과적이다. 또한 출하를 위해 이동이나 선별시에 스트레스를 최소화하도록 주의를 기울여야 하며 일단 이 질병이 발생하면 병어를 신속하게 제거하여 다른 개체에 감염되지 않도록 막아야 한다.

이 질병에 감염된 어류는 다른 병원균에 의한 2차적인 감염에 의한 피해가 발생하기 쉬우므로 조기에 감수성이 있는 약제를 선택하여 약욕과 경구투여를 병용하여 치료하는 것이 좋다. 또한 종묘 도입 및 선별 후에는 반드시 항균제에 의한 약욕으로 이 질병을 예방하는 것이 좋다.

(3) 비브리오팀

(가) 감염증상

비브리오팀은 넙치의 연령에 관계없이 발생되며, 주로 6월부터 10월 사이에 발병하는 경향을 보이고 동절기에는 비교적 발생이 적다. 이 질병은 육상 수조와 해상 가두리 양식장 어느 쪽에나 발생한다.

비브리오팀에 감염된 넙치는 체색이 흑화되어 힘없이 떠다니거나 수조바닥에 가만히 붙어 정지해 있는 개체도 볼 수 있다. 외부증상을 살펴보면 병어는 등 부위의 부분적 발적과 궤양 형성, 복부 측면 충혈 증상, 지느러미의 출혈, 결손, 붓고 및 기저부의 궤양이 보인다. 궤양의 형태는 불규칙적이며

궤양부위는 표피에 출혈이 나타나면서 서서히 그 면적이 커지고 중심부는 진피가 붕괴되어 근육이 노출된다. 그 진행이 빠를 경우에는 궤양이 깊게 나타난다. 해부해 보면 간의 충혈과 퇴색, 복수의 고임 및 장의 점상출혈이 관찰된다.

(나) 원인

넙치의 비브리오병은 그다지 많이 발생되지는 않는 편이나 주로 넙치가 스트레스를 받거나 다른 세균성, 기생충성 및 영양성 질병이 발생하게 되면 원인균인 *Vibrio*속 세균이 쉽게 감염증을 일으키는 2차 세균성 질병이다.

(다) 치료 및 예방대책

비브리오균은 해수 중에 상존해 있는 세균이지만 단독으로는 질병을 일으키지 않는 기회 감염적 병원세균으로서, 주로 선별이나 이동할 경우 취급 부주의로 인하여 상처가 생기면 그 곳을 통하여 감염이 일어나거나, 다른 질병에 의한 2차 감염으로 피해가 발생한다.

이 병을 예방하기 위해서는 사육 관리시 넙치에 물리적인 스트레스 요인을 주지 않도록 주의해야 한다. 또한 사육수조 내 환경을 청결하게 유지하고 비타민이나 면역증강제 등을 투여하여 항병력을 강화시켜야 한다.

발병시에는 약제감수성 시험을 하여 효과가 있는 약제를 경구 및 약욕으로 처리하면 치료가 가능하다.

(4) 연쇄구균증

(가) 감염증상

넙치에 나타나는 연쇄구균증은 여름부터 가을에 걸쳐 비교적 고수온기에 발생하기 쉬우나 최근에는 연중 발생하는 경향을 보이고 있으며, 치어에서 성어에 이르기까지 나타난다. 감염어는 먹이를 잘 먹지 못하고 완만한 유행을 보이거나 바닥에 흩어져 있으며 몸체를 반대로 뒤집고 머리를 올려 수면 위로 입을 열고 있기도 한다.

외부증상으로는 안구돌출, 백탁 및 충혈, 두부와 상하턱의 발적, 아가미 뚜껑 하부의 출혈, 아가미 뚜껑 내측의 충혈 그리고 아가미와 체표에 점액이 많이 분비되는 것을 볼 수 있다. 해부해 보면 넙치는 간장의 울혈이나 퇴색, 장관의 발적, 복수가 차는 증상이 나타난다. 또한 신장 및 비장의 비대, 아가미의 빈혈과 부분적인 괴사가 나타나는 수도 있다. 따라서 간이나 신장의 병변, 복수가 찬다는 점에서 이 질병은 에드워드병과 유사하지만, 에드워드병에서의 주요 장기 결절이 연쇄구균증에서는 보이지 않는다.

(나) 원인

넙치 연쇄구균증의 원인균은 그람양성의 연쇄상 구균으로 현재까지 분리, 동정된 원인균은 *Streptococcus iniae*, *Strep. parauberis*, *Lactococcus garvieae* 그리고 *Strep. sp.* 등으로 알려져 있다.

연쇄구균은 수온과 해수중의 영양분에 의해 크게 좌우되는데, 수온이 낮을수록 해수중의 영양분이 많을수록 오래 생존한다. 연쇄구균이 많이 검출되는 시기는 8~9월이며, 이는 고수온기에 많이 번식하기 때문이다. 넙치의 경우 10~12월에 많이 발생하는 연쇄구균증은 그 발육환경과도 밀접한 관계가 있는 것으로 여겨진다.

(다) 치료 및 예방대책

연쇄구균증이 발생하는 주요 요인은 사육환경의 악화 및 부적절한 사육관리와 관련성이 있다. 이 질병은 여름철 고수온기에 질병 피해가 심한 것이 특징이므로 무엇보다도 예방대책이 절실히 요구되고 있다.

기본적인 예방대책은 고수온기에 접어들수록 양식 어류의 상태를 유심히 자주 관찰하여 이상 행동 여부를 파악하여야 하고 연령이 다른 개체와 같이 사육하지 않으며, 죽거나 병든 개체는 빨리 제거해야 한다. 평소 양질의 사료를 공급하고 비타민제 또는 면역증강제를 투여하여 항병력을 증강시키는데 주력할 필요가 있다.

치료를 위해서는 약제 투여시 최소 5일간 절식 후 5~7일간 경구 투여하여

야 한다. 만약 에드워드병과의 합병증으로 판단되면, 두 질병에 대한 약제감수성 시험 결과 선정된 약제 투여시 연쇄구균에 감수성 있는 약제를 먼저 투여하여 치료한 후 에드워드균에 감수성 있는 약제를 투여하여야 치료효과를 볼 수 있다.

(5) 장관백탁증

(가) 감염증상

장관백탁증은 넙치의 종묘 생산시 부화 후 2주일 무렵부터 착저기에 들어가는 자어에 나타나며 감염된 넙치 자어는 소화관이 백탁되고, 먹이를 전혀 먹지 않는다.

이러한 증상을 나타내는 넙치 자어를 관찰해 보면 체색이 검어지고, 소화관의 위축이 관찰되며 장기간 사료를 먹지 못하여 몸통 근육이 얇아지고, 복부가 함몰되는 개체도 많다.

소화관 조직을 현미경으로 관찰하면 운동성 단간균이 대량 관찰된다. 감염어는 장관 조직이 박리되어 심한 장염이 생겨 대량 폐사되는데 3~5일 만에 전멸하는 경우가 많다.

(나) 원인

장관백탁증의 원인균은 *Vibrio ichthyoenteri*로 그람음성 단간균이다. 증균배지상에서 직경 1nm 정도의 정원형인 오목한 회백색의 투명도가 있는 집락을 형성한다.

감염경로를 살펴보면 원인균이 먹이생물의 배양과 함께 증식하여 로티퍼 및 알테미아의 체내·외에 부착하여 먹이 공급시 넙치 자어의 섭취로 인해 장 상피에 증식하면서 감염증상을 일으킨다. 이 때의 질병발생 수온은 18℃ 전후 범위이다.

(다) 치료 및 예방대책

병의 진행은 급성형이므로 약제를 투여하여도 약의 효력이 나타나기 전에

전멸하는 경우가 많다.

이 질병은 부화 후 25~30일 정도에서 잘 발생한다. 이 시기는 넙치 자어가 주로 로티퍼 및 알테미아를 먹는 시기이므로 이 질병의 전염원은 넙치 자어의 초기먹이인 로티퍼나 알테미아라 할 수 있다. 그러므로 먹이생물을 배양할 때 병원균에 오염되지 않도록 해야 하며 클로렐라와 로티퍼 사육해수는 여과하여 병원균이 없는 해수를 사용해야 한다. 클로렐라를 고밀도 및 고수온으로 사육하게 되면 병원균의 번식이 많아지고 로티퍼도 고수온에서 사육하게 되면 비브리오균의 번식이 많아진다.

이 질병을 예방하기 위해서는 배양한 로티퍼와 알테미아를 넙치 자어에 바로 먹이지 말고 항생제 희석액에 먹이생물을 1~2시간 정도 담구어, 먹이생물의 체내에 약물이 충분히 흡수된 뒤에 여과해수로 세척하여 먹이로 공급하는 것이 이 질병을 예방하는 방법의 하나이다.

바. 기생충성 질병

(1) 백점병

(가) 감염증상

사육 중인 넙치에서 체표와 지느러미에 미세한 흰점이 관찰되며 심한 경우 아가미뿐만 아니라 안구 등에서도 흰 점이 나타난다. 이들 병어는 과도한 점액 분비와 빈혈 증상을 보이며 경우에 따라서는 배 측면 복부에 심한 궤양을 나타내고, 먹이를 잘 먹지 않으며 서서히 쇠약해져 사육 수조의 가장자리에 힘없이 떠있는 경우가 많다.

(나) 원인

넙치의 체표나 아가미의 피하조직에 기생하며 흰 점을 나타내는 이 기생충은 섬모충류인 백점충(*Cryptocaryon irritans*)으로서 넙치 피하조직 내에서 서서히 성숙한 후 수계로 방출되어 토몬트(Tomont)가 된다.

방출된 토몬트(Tomont)는 일정 기간 동안 분열하여 세론트(Theront) 라는

감염자충을 형성하여 다시 넙치에 기생하여 성숙된다. 백점충의 형태는 매우 다양한데, 흔히 표피나 아가미에서 육안적으로 관찰되는 흰 점은 소위 이 기생충의 성숙한 영양체이며 현미경상(50~100배)에서는 구형 또는 타원형으로 보이며 충체 가장자리의 섬모로 숙주에서 서서히 이동하게 된다.

(다) 치료 및 예방대책

이 기생충은 숙주의 표피하에 기생하므로 이 때에는 구제가 용이하지 못하므로 어류로부터 이탈된 시기에 구제하도록 해야 한다.

사육수조의 규모가 작은 종묘생산장의 경우 ㉔ 3일마다 깨끗한 수조로 사육어류를 옮긴다. ㉕ 사육어류를 깊은 바다의 가두리에 적어도 10일 동안 수용한다.

사육 수조의 규모가 대형이고 약제 처리가 불가능한 축제식 양식장의 경우 ㉖ 양식장 바닥에 깨끗하고 고운 모래를 1~2 cm 정도의 두께로 깔다. ㉗ 3일 후 흡입 준설기 등으로 모래를 빨아내고 다시 ㉔ 와 같이 처리한다. ㉘ 동일한 방법으로 3일 간격, 4회 반복 실시한다.

(2) 트리코디나병

(가) 감염증상

수질이 좋지 못한 양식장에서 피부색이 검어지면서 윤기가 없는 넙치를 종종 볼 수 있다. 경우에 따라서는 넙치의 표피가 벗겨지거나 궤양이 형성되며 아가미에 점액이 과다 분비되고 먹이를 잘 먹지 못하는 병어를 관찰할 수 있다.

이들 어류의 표피나 아가미 점액을 긁어서 현미경으로 관찰해 보면 100 μm 크기의 정원형의 섬모충이 관찰된다.

(나) 원인

아가미나 표피에 기생해 상피세포를 갉아 먹는 이 기생충은 소위 원생동물 섬모충류의 하나인 트리코디나충(*Trichodina* sp.)이다.

트리코디나충의 기생으로 대량 폐사된 사례는 없으나 아가미나 체표에 손상을 주어 2차적인 질병을 유발하며 병어는 먹이를 잘 먹지 못하여 행동이 둔해지고 서서히 여위어간다.

(다) 치료 및 예방대책

보통 넙치 아가미에 기생하는 트리코디나충의 수는 10~20여 마리이지만 많을 때는 수천 마리가 기생되는 경우도 있으며 이러한 넙치는 체색이 검어지면서 윤기가 없어진다. 원래 트리코디나충은 일반 해수 중에서는 장시간 살지 못하나 숙주인 어류가 물리적인 요인 등으로 인해 과다 분비하게 되거나, 환수가 불량하여 수조내 사수구역이 생겨 수질이 악화되면 대량으로 번식하여 질병을 일으킨다.

감염어장에서는 ㉔ 환수량을 최대한 증가시켜 사수구역이 없도록 하여 주고 ㉕ 수조바닥을 깨끗이 청소하여 수질이 악화되지 않도록 하며 ㉖ 넙치에 물리적 스트레스를 최소화시켜 주는 것이 무엇보다 중요하다.

트리코디나충은 아가미나 표피에 기생하는 외부 기생충이므로 육상수조 및 축제식 넙치 양식장에서는 약욕법으로 치료효과를 얻을 수 있다.

(3) 스쿠티카병

(가) 감염증상

우리나라 전 연안에서 양식되고 있는 넙치에서 대부분 표피가 박리되고 근육층이 노출되는 궤양증이 만연하고 있으며 종묘를 생산하는 종묘장에서 는 두부나 체표가 하얗게 변하면서 치어가 대량 폐사되는 경우가 많다.

병든 넙치는 다양한 증상을 나타내며 체표 염증, 지느러미 연조 및 꼬리자루 노출, 두부손상(주둥이 출혈, 안구 백탁 및 돌출, 구강점막 울혈) 등이 특징적이다. 병든 넙치의 해부 소견으로는 감염 부위에 따라 뇌조직의 액화성 괴사, 결합조직의 용해 및 괴사를 나타낸다.

(나) 원인

넙치의 체표나 아가미뿐만 아니라 뇌에도 침입하여 감염을 일으키는 이 기생충은 섬모충류의 하나로 스쿠티나충목(Scuticociliatida)에 속하는 *Uronema marinum*의 일종이다.

이 기생충은 방추형 또는 오이씨 모양으로 성충의 크기는 30~45 μm , 자충의 크기는 18~25 μm 이며 번식은 단순한 2분열에 의한다. 충체의 전신에 섬모를 지녀 활발한 운동을 하며 앞 측면에 세포구를 가져 이것으로 숙주세포를 활발히 섭취한다.

(다) 치료 및 예방대책

스쿠티카병은 감염종묘를 비롯하여 환수가 좋지 못한 사육수조에 상존하는 스쿠티카충이 감염원으로 작용하여 발생한다.

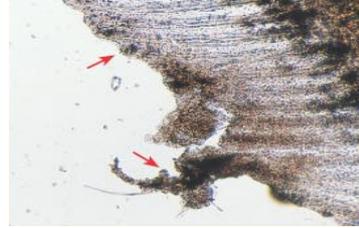
예방을 위해서는 종묘장의 경우 먹이생물 배양조 내 스쿠티카충의 밀도를 낮추는 것이 중요하며 이를 위해서는 사육지 시설의 철저한 소독과 정기적인 청소를 해야 하며 로티퍼를 세척 후 공급하고 착저기 이후에는 환수량의 증대 및 자치어의 주기적 검사가 필요하다. 양성장의 경우 감염 종묘의 입식을 방지하고 사육수가 정체되지 않도록 만전을 기해야 하며 심하게 감염된 개체는 발견 즉시 수거하도록 해야 한다.

뇌를 비롯한 내부기관에 기생한 스쿠티카충은 유효한 치료방법이 없다. 따라서 조기진단에 따른 조기치료로 뇌나 내부기관에 이 기생충이 감염되지 않도록 하는 것이 무엇보다 중요하다.

상피증생증



상피증생증에 감염된 자어

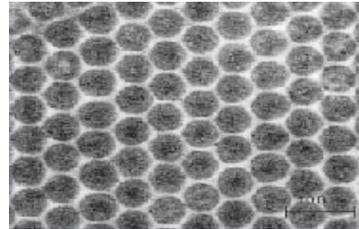


지느러미 탈락 및 상피세포의 이상증생

해산버나바이러스증



해산버나바이러스병에 감염된 넙치 치어
(복부팽만, 뇌와 척추 부위의 충혈 및 출혈)



해산버나바이러스 입자(전자현미경)

바이러스성 신경괴사증



바이러스성 신경괴사증에 감염된 넙치 치어



뇌 부위의 출혈

림포시스티스병



림포시스티스병에 감염된 넙치



두부, 구강 및 체표의 거대종양, 아가미의 빈혈

랍도바이러스병



랍도바이러스에 감염된 넙치
(지느러미와 체표의 출혈)



근육내의 출혈

에드워드증



에드워드병에 감염된 넙치
(체색흑화 및 탈장)



탈장 및 복수 고임

연쇄구균증



연쇄구균증에 감염된 넙치

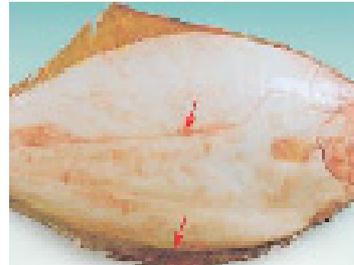


아가미 뚜껑 내측의 발적 및 복수,
신장의 비대 및 탈장
(에드워드병과의 혼합감염증 개체)

비브리오병



비브리오병에 감염된 넙치
(등근육의 출혈성 궤양)



복부측면 체표 및 지느러미의 출혈

스쿠티카병



스쿠티카병에 감염된 넙치



스쿠티카충의 기생으로 형성된 궤양

백점병



백점충에 감염된 넙치



아가미에 기생한 백점충

7. 육상수조식 넙치 양식 경제성 분석

가. 넙치 양식업 비용 구조분석

(1) 넙치 양식 경제성 분석 개요

육상수조식 넙치 양식에 대하여 지역별 및 규모별로 현장조사를 실시하여 수집된 자료를 통계적 방법을 응용하여 비용구조분석, 표준 생산원가를 추정 한 후, 지역별 및 규모별로 표준 양식소득을 도출하고, 이에 대한 수익성 분석을 실시하여 넙치 양식의 경제성을 파악하였다.

(2) 넙치 양식업체 현황 조사

2005년 7월부터 11월까지 동해안, 남해안, 서해안, 제주도에 있는 육상수조식 넙치양식업체를 직접 현장 방문하여 해당업체의 경영자와의 인터뷰를 통하여 총 51개소의 경영 자료를 조사하였으며, 그 중에서 경제성 분석에 활용된 양식장 수는 총 38개소이다(표 7-1).

표 7-1. 육상수조식 넙치 현장조사 양식장 및 경제성 분석 활용 양식장 수

| | 해역별 양식장 수 | | | | |
|---------|-----------|-----|-----|-----|----|
| | 동해안 | 남해안 | 서해안 | 제주도 | 합계 |
| 조사양식장 수 | 12 | 15 | 5 | 19 | 51 |
| 활용양식장 수 | 12 | 12 | 3 | 11 | 38 |

(3) 비용구조 분석

(가) 지역별 양식 비용 구조 특성

지역별로 양식 비용 구조 특성을 살펴보면, 양식 비용별 비율은 표 7-2와 같이 나타났다.

동해안의 경우 종묘비는 총비용의 8.8~31.7%까지 매우 넓은 범위를 나타내었는데, 이는 이 지역에서 20 cm 정도의 중간 종묘를 구입하여 육성하는

표 7-2. 지역별 양식 비용 항목별 비중

| 항 목 | 지역별 양식 비용 항목별 비중 (%) | | | | | | | |
|-------|----------------------|------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|
| | 동해안 | | 남해안 | | 서해안 | | 제주도 | |
| | 범위 | 평균 | 범위 | 평균 | 범위 | 평균 | 범위 | 평균 |
| 종묘비 | 8.8~31.7 | 15.5 | 5.0~20.7 | 9.7 | 2.8~33.7 | 21.1 | 5.2~10.3 | 7.9 |
| 사료비 | 18.6~46.2 | 30.5 | 16.2~33.9 | 25.6 | 20.1~42.9 | 29.6 | 24.4~44.9 | 35.5 |
| 인건비 | 9.5~19.8 | 14.1 | 12.0~28.5 | 16.4 | 14.0~19.8 | 16.8 | 11.4~22.3 | 15.7 |
| 약품비 | 2.6~8.1 | 5.0 | 2.3~11.5 | 5.0 | 1.1~4.2 | 2.8 | 4.3~15.2 | 7.2 |
| 전력비 | 5.0~15.5 | 9.1 | 8.1~22.5 | 13.3 | 3.2~8.2 | 6.8 | 10.1~16.0 | 13.0 |
| 유류비 | 0~6.9 | 4.6 | 3.9~11.1 | 5.6 | 4.7~6.0 | 5.4 | 0.3~0.6 | 0.5 |
| 장비유지비 | 1.1~12.5 | 4.6 | 3.0~11.1 | 5.6 | 1.3~2.4 | 2.1 | 0.8~5.1 | 3.2 |
| 소모품비 | 0.2~1.0 | 0.5 | 0.2~0.9 | 0.4 | 0.1~0.7 | 0.3 | 0.2~1.5 | 0.7 |
| 주부식비 | 1.5~2.9 | 1.5 | 1.5~3.2 | 2.1 | 1.4~2.2 | 2.0 | 1.8~2.4 | 2.2 |
| 복리후생비 | 0.6~1.2 | 0.9 | 0.7~1.6 | 1.0 | 0.8~0.9 | 0.8 | 0.7~1.2 | 1.0 |
| 판매비 | 0.5~1.5 | 1.0 | 0.7~2.6 | 1.1 | 0.5~1.2 | 0.9 | 0.7~1.5 | 1.1 |
| 차량유지비 | 1.0~2.5 | 1.4 | 1.1~2.8 | 1.5 | 1.1~1.6 | 1.3 | 1.0~1.9 | 1.2 |
| 감가상각비 | 4.5~8.9 | 6.3 | 5.2~15.2 | 7.8 | 4.9~5.6 | 5.3 | 4.1~7.3 | 5.8 |
| 이자비용 | 0~9.6 | 2.5 | 0~8.1 | 2.9 | 1.5~4.7 | 2.9 | 0.8~6.7 | 2.6 |
| 잡비 | 1.0~3.0 | 2.0 | 1.5~3.6 | 1.9 | 1.7~2.3 | 1.9 | 1.4~3.7 | 2.4 |
| 합계 | 100 | - | 100 | - | 100 | - | 100 | - |

경우가 있기 때문이다. 또한 사료비도 총비용의 18.6~46.2%까지 그 범위가 넓은 것으로 나타났다. 그리고 종묘비와 사료비의 합은 총비용의 33.0~57.3%로 양식원가의 1/3 내지 1/2 이상을 차지하는 것을 알 수 있었다. 그 다음으로 높은 비중을 보인 비용은 인건비로 총비용의 9.5~19.8%를 차지하고 있으며, 전력비도 총비용의 5.0~15.5%로 높은 비율을 나타내었다.

남해안의 경우 종묘비는 총비용의 5.0~20.7%까지 분포하며, 동해안에 비해 적은 치어를 많이 사용하고 있는 것을 알 수 있었다. 또한 사료비도 총비용의 16.2~33.9%까지 그 범위가 넓은 것으로 나타났다. 그리고 종묘비와 사료비의 합은 총비용의 25.0~46.1%로 양식원가의 1/4 내지 1/2 정도를 차지하는 것을 알 수 있었다. 그 다음으로 높은 비중을 보인 비용은 인건비로 총

비용의 12.6~28.5%를 차지하고 있으며, 전력비도 총비용의 8.1~22.5%로 높은 비율을 나타내고 있었다.

서해안의 경우 종묘비는 총비용의 2.8~33.8%까지 매우 넓은 범위를 나타내고 있었다. 그 이유는 이 지역에서도 겨울철 월동 문제 때문에 20 cm 정도의 중간 종묘를 구입하여 육성하는 경우가 있기 때문이다. 또한 사료비도 총비용의 20.1~42.9%로 그 범위가 넓은 것으로 나타났다. 그리고 종묘비와 사료비의 합은 총비용의 45.7~53.8%로 양식원가의 1/2 정도를 차지하는 것을 알 수 있다. 그 다음으로 높은 비중을 보인 비용은 인건비로 총비용의 14.0~19.8%를 차지하고 있으며, 전력비도 총비용의 3.2~8.2%로 타 지역에 비해 낮으나 유류비는 4.7~6.0%로 타 지역에 비해 높은 것으로 나타났다.

제주도의 경우 종묘비는 총비용의 5.2~10.3%로 타지역에 비해 종묘비의 비중이 상대적으로 낮은 것으로 나타났다. 그 이유는 이 지역에서는 대부분의 업체가 5~7 cm 정도의 치어를 구입하여 육성하기 때문이다. 또한 사료비는 총비용의 24.4~44.9%로 나타났다. 그리고 종묘비와 사료비의 합은 총비용의 33.6~54.7%로 양식원가의 1/3 내지 1/2 이상을 차지하는 것으로 나타났다. 그 다음으로 높은 비중을 보인 비용은 인건비로 총비용의 11.4~21.3%를 차지하고 있으며, 전력비도 총비용의 10.1~16.0%로 높은 것으로 나타났다.

(나) 지역별 양식 비용

지역별로 양식 비용을 비교하기 위하여 단위 수면적당(평) 비용으로 환산한 결과는 표 7-3과 같이 나타났다.

첫째, 단위 수면적당 종묘비는 남해안이 43,546원으로 가장 적고, 그 다음이 제주도로 46,217원이며, 동해안은 87,596원으로 높은 편이며, 서해안은 145,192원으로 매우 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 남해안과 제주도는 5~7 cm 정도의 종묘를 입식하는 반면, 동해안은 비교적 큰 중간 종묘를 입식하는데 기인하는 것으로 판단되며, 서해안은 종묘생산과 양성을 겸하고 있기 때문에 단위 수면적당 종묘비가 높은 것으로 나타났다.

표 7-3. 지역별 단위 수면적당 양식 비용 비교

| 항 목 | 지역별 양식 비용(원/평) | | | |
|-------|----------------|---------|---------|---------|
| | 동 해 안 | 남 해 안 | 서 해 안 | 제 주 도 |
| 종묘비 | 87,596 | 43,546 | 145,192 | 46,217 |
| 사료비 | 172,802 | 114,514 | 203,726 | 206,468 |
| 인건비 | 79,717 | 73,558 | 115,721 | 91,077 |
| 약품비 | 28,331 | 22,589 | 19,231 | 41,961 |
| 전력비 | 51,761 | 59,514 | 46,635 | 75,718 |
| 유류비 | 25,990 | 24,900 | 37,351 | 2,800 |
| 수선유지비 | 26,110 | 25,223 | 14,327 | 18,457 |
| 소모품비 | 2,573 | 1,961 | 2,163 | 3,818 |
| 주부식비 | 11,447 | 9,473 | 13,462 | 12,669 |
| 복리후생비 | 5,329 | 4,468 | 5,769 | 5,919 |
| 판매비 | 5,508 | 4,820 | 6,010 | 6,399 |
| 차량유지비 | 7,657 | 6,645 | 9,135 | 7,027 |
| 감가상각비 | 35,395 | 34,736 | 36,385 | 34,029 |
| 이자비용 | 14,280 | 12,852 | 20,000 | 15,190 |
| 잡 비 | 11,322 | 8,697 | 13,173 | 13,994 |
| 합 계 | 565,818 | 447,496 | 688,280 | 582,743 |

둘째, 사료비는 남해안이 114,514원으로 가장 적고, 그 다음이 동해안으로 172,802원이며, 제주도는 206,468원으로 매우 높은 것으로 나타났다. 이러한 이유는 남해안은 양식 가능기간이 비교적 짧기 때문이며, 제주도는 양식 가능 기간이 다른 지역보다 길기 때문인 것으로 판단된다.

셋째, 인건비는 남해안과 동해안이 73,558원과 79,717원으로 가장 적고, 그 다음이 제주도로 91,077원이며, 서해안은 115,721원으로 가장 높은 것으로 나타났다. 서해안이 이렇게 높은 이유는 표본이 적기 때문에 표준편차가 크기 때문이고, 제주도가 높은 것은 지역적 특성으로 판단된다.

넷째, 약품비는 서해안과 남해안이 19,231원과 22,589원으로 가장 적고, 그 다음이 동해안으로 28,331원이며, 제주도가 41,961원으로 가장 높은 것으로 나타났다. 제주도는 양식 가능기간이 길기 때문에 단위 수면적당 약품비가

많은 것으로 판단된다.

다섯째, 전력비와 유류비의 합계는 동해안과 제주도가 77,751원과 78,518원으로 다소 적은 편이며, 남해안과 서해안은 84,414원과 83,986원으로 다소 많은 것으로 나타났다. 동해안이 남해안 보다 단위수면적당 전력비가 적은 이유는 조사업체에 원전 온배수를 활용하는 강릉시 안인 지역이 포함되어 있으며, 또한 양식 가능기간이 짧은 경우가 많기 때문으로 판단된다.

(다) 규모별 양식 비용

양식 규모별로 수면적당 비용으로 환산한 결과는 표 7-4와 같이 나타났다. 주요 양식 비용 항목을 양식 규모별로 비교하여 보면, 다음과 같았다.

첫째, 단위수면적당 종묘비는 규모가 클수록 적게 소요되는 현상을 보이고 있는데, 이는 규모의 경제가 적용됨을 나타내는 것으로 판단된다.

표 7-4. 양식 규모별 수면적당 양식 비용 비교

| 항 목 | 양식장 수면적별 비용 (원/평) | | | |
|-------|-------------------|------------|--------------|-----------|
| | 500평 이하 | 501~1,000평 | 1,001~2,000평 | 2,001평 이상 |
| 종묘비 | 134,905 | 86,016 | 55,848 | 39,616 |
| 사료비 | 193,296 | 157,636 | 164,408 | 152,460 |
| 인건비 | 110,501 | 103,761 | 78,167 | 69,444 |
| 약품비 | 51,045 | 32,014 | 32,333 | 22,940 |
| 전력비 | 62,907 | 65,013 | 67,039 | 54,333 |
| 유류비 | 20,865 | 21,022 | 17,703 | 19,649 |
| 수선유지비 | 16,432 | 22,371 | 19,506 | 27,655 |
| 소모품비 | 1,945 | 3,131 | 2,207 | 2,907 |
| 주부식비 | 14,341 | 13,017 | 11,330 | 9,280 |
| 복리후생비 | 5,834 | 5,699 | 5,259 | 4,669 |
| 판매비 | 6,529 | 5,910 | 5,742 | 4,907 |
| 차량유지비 | 12,154 | 8,004 | 7,268 | 5,889 |
| 감가상각비 | 41,001 | 35,000 | 34,719 | 34,000 |
| 이자비용 | 21,779 | 13,553 | 22,393 | 5,662 |
| 잡 비 | 13,398 | 13,879 | 11,484 | 8,762 |
| 비용합계 | 706,932 | 586,026 | 535,406 | 462,173 |

7. 육상수조식 넙치 양식 경제성 분석

둘째, 사료비는 2,001평 이상 규모에서 가장 적었고, 다음으로 501~1,000평 규모에서 적게 소요되며, 500평 이하에서 가장 많이 소요되는 것으로 나타났다. 따라서 양식원가 중에서 가장 큰 비중을 점하는 사료비의 경우에도 규모의 경제가 적용되는 것으로 판단된다.

셋째, 인건비는 규모가 클수록 적게 소요되는 것으로 나타났다. 따라서 인건비도 규모의 경제가 적용되는 것으로 판단된다.

넷째, 약품비도 규모가 클수록 적게 소요되는 것으로 나타났다. 따라서 약품비도 규모가 클수록 비용이 적게 소요되는 규모의 경제가 적용되는 것으로 판단된다.

다섯째, 전력비와 유류비의 합계는 수면적 2,001평 이상의 규모에서 적게 소요되며, 나머지 규모에서는 거의 유사한 것으로 나타났다.

(4) 양식 이익

(가) 지역별 양식 이익

동해안과 남해안 지역은 각각 조사업체 12개 중 이익이 발생한 업체는 단지 5개 업체에 불과하고, 서해안 지역은 이익이 발생한 업체는 단지 1개 업체에 불과할 뿐이다. 다만 제주도 지역은 조사업체 11개 중 6개 업체에서 순이익이 나타났고, 손실이 발생한 업체는 5개로 이익을 발생한 업체 수가 손실을 발생한 업체 보다 많은 것으로 나타났다.

지역별로 단위 수면적당 수익과 비용으로 환산하여 양식이익을 산출한 결과는 표 7-5와 같이 나타났다.

지역별 단위수면적당 양식이익을 비교해 보면 제주도를 제외한 모든 지역에서 양식 손실을 나타내는 것으로 나타났다.

(나) 규모별 양식 이익

500평 이하 규모의 양식업체를 보면, 5개 업체 중 이익이 발생한 업체는 단지 1개 업체에 불과하였고, 501~1,000평 규모의 양식업체를 보면, 13개 업

표 7-5. 지역별로 단위 수면적당 양식 이익의 비교

| 항 목 | 양식장 수면적당 지역별 비교 | | | |
|-----------|-----------------|---------|---------|---------|
| | 동해안 | 남해안 | 서해안 | 제주도 |
| 출하량(kg) | 63.6 | 51.9 | 72.1 | 74.7 |
| 판매금액(원/평) | 550,766 | 434,846 | 658,654 | 639,882 |
| 비용합계(원/평) | 565,818 | 447,496 | 688,280 | 581,743 |
| 순이익(원/평) | -15,052 | -12,650 | -29,626 | 58,139 |

체 중 6개 업체에서 이익이 발생되었고, 1,001~2,000평 규모 양식업체를 보면 13개 조사업체 중 7개 업체에서 순이익이 발생되었다. 2,001평 이상 규모에서는 8개 업체 중 단지 3개 업체에서만 양식이익이 발생하였을 뿐, 나머지 4개 업체에서는 양식 손실이 발생하였다.

양식이익을 규모별로 비교하기 위하여 단위 수면적당 수익과 비용으로 환산하여 단위 수면적당 양식이익을 산출한 결과는 표 7-6과 같이 나타났다.

표 7-6. 양식 규모별 단위 수면적당 양식 이익 비교

| 항 목 | 양식장 수면적당 규모별 비교 | | | |
|-----------|-----------------|------------|--------------|-----------|
| | 500평 이하 | 501~1,000평 | 1,001~2,000평 | 2,001평 이상 |
| 출하량(kg) | 77.3 | 69.3 | 65.4 | 53.4 |
| 판매금액(원/평) | 604,278 | 610,378 | 574,189 | 438,118 |
| 비용합계(원/평) | 706,932 | 586,026 | 535,406 | 462,173 |
| 순이익(원/평) | -102,654 | 24,352 | 38,783 | -24,055 |

양식규모별로 양식 이익을 비교한 결과, 1,001~2,000평 규모에서 양식이익이 가장 큰 것으로 나타났고 501~1,000평 규모에서도 양식이익이 발생하지만 이익률이 미미한 편이었고, 2,001평 이상 규모와 500평 이하 규모에서는 양식손실이 발생하며, 그 중에서도 500평 이하 규모에서의 손실이 매우 많은 것으로 나타났다.

나. 표준양식원가 도출과 수익성 분석

(1) 지역별 양식규모에 따른 넙치 양식생산량 비교

통계처리로 나타난 지역별·규모별로 육상수조식 넙치 양식장의 수면적당 생산량은 표 7-7과 같이 나타났다.

단위 수면적당 생산량은 제주도 지역이 가장 높고, 그 다음이 남해안이며, 동해안은 생산량이 낮은 것으로 나타났다. 또한 이를 규모별로 보면, 규모가 클수록 수면적당 생산량이 낮은 것으로 나타났다. 다만 서해안의 경우에는 자료가 너무 적어서 값을 산출할 수 없었다.

표 7-7. 지역별 양식장 크기별로 수면적당 넙치 생산량 비교

| 양식장 수면적(평) | 양식장 수면적당 지역별 생산량 (kg/평) | | |
|------------|-------------------------|-------|-------|
| | 동해안 | 남해안 | 제주도 |
| 500 | 67.63 | 70.63 | 85.59 |
| 1,000 | 65.13 | 68.13 | 83.09 |
| 1,500 | 62.63 | 65.63 | 80.59 |
| 2,000 | 60.13 | 63.13 | 78.09 |
| 2,500 | 57.63 | 60.63 | 75.59 |

(2) 표준 양식원가 산정을 위한 기본 값의 추정

표준원가를 추정하기 위한 기본 값을 먼저 추정하였다. 이를 위해 양식원가의 특성을 보면, 생산량과 비례되는 원가와 시설규모와 비례적인 원가 그리고 지역과 관련되는 원가로 구분하였다.

생산량과 비례되는 원가는 종묘비, 사료비, 판매비와 잡비가 있으며, 시설 규모와 비례적인 원가로는 약품비, 전력비, 인건비, 수선유지비, 소모품비, 주부식비, 복리후생비, 차량유지비, 감가상각비, 이자비용이 있고, 지역과 관련되는 원가항목으로는 유류비가 있다.

(가) 표준 종묘비의 추정

생산량과 관련되는 항목 중 종묘비와 사료비는 생산 함수를 이용하여 단위 수면적당 생산량을 산출하고, 이를 바탕으로 지역별·규모별로 종묘비와 사료비를 산정하였다.

표 7-8. 지역별 단위 수면적당 종묘 입식크기, 입식량 및 생존율 비교

| 구 분 | 입식종묘크기 (cm) | 평균 종묘입식량 (마리/평) | 생존율(%) | |
|-----|----------------|--------------------|--------|----|
| | | | 범위 | 평균 |
| 동해안 | 15~25 | 131미 | 50~95 | 83 |
| | 5~7 | 171미 | | |
| 남해안 | 5~8 | 103미 | 68~95 | 82 |
| 서해안 | 7 | 100미 | 70~90 | 82 |
| 제주도 | 5~7 | 127미 | 70~85 | 75 |

단위 수면적당 종묘 입식량을 지역별로 비교하면 표 7-8에서 보는 바와 같이 서해안이 가장 낮고 동해안이 가장 높았다. 지역별로 생존율은 동해안, 남해안, 서해안은 평균 생존율이 82% 정도로 거의 비슷하였다. 그러나 제주도의 경우에는 평균 생존율이 이보다 조금 낮은 75%로 나타났는데, 이는 제주도의 경우에는 적은 크기의 횡감용 어종의 판매가 적으며, 또한 1kg 이상으로 육성하여 판매하는 경우가 많기 때문에 연중 양식 가능 기간이 길어 상대적으로 생존율이 낮은 것으로 사료되었다.

양식 생산량과 입식 종묘량은 다음과 같이 산출하였다.

$$\text{생산량} = \text{종묘량} \times \text{생존율} \times \text{마리당 평균중량}$$

$$\text{종묘량} = \text{생산량} \div (\text{생존율} \times \text{마리당 평균중량})$$

이러한 식을 이용하여 위에서 산출한 값을 가지고 지역별·규모별로 표준 종묘 입식량을 산정하면 표 7-9와 같이 나타났다.

표 7-9. 지역별로 양식 규모에 따른 표준 종묘 입식량의 추정

| 양식장 수면적 (평) | 해역별 표준 종묘 입식량 (마리/평) | | |
|-------------|----------------------|-----|-----|
| | 동해안 | 남해안 | 제주도 |
| 500 | 147 | 125 | 139 |
| 1,000 | 141 | 120 | 134 |
| 1,500 | 136 | 116 | 130 |
| 2,000 | 130 | 112 | 126 |
| 2,500 | 125 | 107 | 122 |

* 생존율과 마리당 평균크기는 지역별 평균값을 적용하였다.

(나) 표준 사료비의 추정

사료비와 사료소비량은 다음과 같이 산출하였다.

$$\text{사료비} = \text{사료소비량} \times \text{사료단가}$$

$$\text{사료소비량} = \text{생산량} \times \text{사료계수}$$

따라서 표준사료비의 추정을 위해 지역별로 조사양식장의 사료계수를 도출하여야 한다. 이를 위해 지역별 및 규모별 조사 양식장의 사료계수를 비교하면 표 7-10, 표 7-11과 같이 나타났다.

표 7-10. 지역별로 조사 양식장의 사료 계수 비교

| 구 분 | 양식 지역 | | | |
|--------|-------|------|------|------|
| | 동해안 | 남해안 | 서해안 | 제주도 |
| 평균사료계수 | 3.53 | 3.57 | 3.11 | 4.04 |

표 7-11. 규모별 사료계수의 비교

| 구 분 | 양식 규모 | | | |
|---------|---------|------------|--------------|-----------|
| | 500평 이하 | 501~1,000평 | 1,001~1,500평 | 1,500평 초과 |
| 조사양식장 수 | 4 | 10 | 10 | 5 |
| 평균사료계수 | 3.99 | 3.72 | 3.94 | 4.28 |

지역별로는 서해안이 사료계수가 가장 낮았고, 양식 규모별로는 501~1,000평 규모의 사료계수가 3.72로 가장 낮고, 그 다음이 1,001~1,500평 규모와 500평 이하 규모이며, 1,500평 이상 규모에서 사료계수가 4.28로 높았다.

이러한 자료를 이용하여 지역별로 양식규모에 따른 수면적당 사료소비량을 추정하면 표 7-12와 같이 나타났다.

표 7-12. 지역별로 양식 규모에 따른 수면적당 사료 소비량의 추정

| 양식장 수면적 (평) | 지역별 단위 수면적당 사료 소비량 (kg/평) | | | |
|----------------|---------------------------|-------|-------|-------|
| | 동해안 | 남해안 | 서해안 | 제주도 |
| 500 | 238.7 | 252.2 | 238.7 | 345.8 |
| 1,000 | 214.4 | 226.8 | 214.4 | 313.0 |
| 1,500 | 218.3 | 231.4 | 218.3 | 321.5 |
| 2,000 | 227.7 | 241.8 | 227.7 | 338.4 |
| 2,500 | 218.2 | 232.2 | 218.2 | 327.6 |

지역별로 사료단가를 산정한 결과 kg당 평균사료단가는 표 7-13과 같은데, 평균사료단가는 사료의 가격뿐만 아니라 EP사료의 사용비율, 분말사료와 생사료의 배합비율 등에 따라 차이가 있다. 그러나 여기서는 이러한 부분들을 모두 구분하여 고려할 수 없기 때문에 편의상 지역별 총 평균사료 단가를 이용하여 사료원가를 추정하였다.

표 7-13. 지역별 평균사료단가 비교

| 지 역 별 | 동해안 | 남해안 | 서해안 | 제주도 |
|---------------|-----|-----|-----|-----|
| 평균 사료단가(원/kg) | 642 | 582 | 582 | 610 |

(다) 기타 표준원가의 추정

① 표준 약품비의 추정

일반적으로 약품비(치료제와 영양제)는 사육환경과 지역, 사육관리 등에 따라 차이가 커지만, 여기서는 표준화를 위하여 지역별·규모별로 평균값을 이용하여 표준 약품비를 추정하였다.

이와 같은 지역별 약품비와 규모별 약품비 자료를 이용하여 지역별 규모별로 표준 약품비를 추정하면 표 7-14와 같이 나타났다.

표 7-14. 지역별로 양식 규모에 따른 수면적당 표준 약품비의 추정

| 양식장 수면적 | 단위 수면적당 표준 약품비 (원/평) | | | |
|--------------|----------------------|--------|--------|--------|
| | 동해안 | 남해안 | 서해안 | 제주도 |
| 500평 이하 | 39,807 | 34,380 | 39,807 | 43,166 |
| 501~1,000평 | 30,500 | 26,342 | 30,500 | 33,074 |
| 1,001~1,500평 | 34,675 | 29,948 | 34,675 | 37,602 |
| 1,500평 이상 | 21,840 | 18,863 | 21,840 | 23,684 |

② 표준 전력비의 추정

일반적으로 전력비는 시설과 설비 정도에 의존하므로 업체별로 다소 차이가 있겠지만 표준화를 위하여 지역별·규모별로 평균값을 산출하고, 이를 표준전력비로 추정하였다(표 7-15).

표 7-15. 지역별로 양식 규모에 따른 수면적당 표준 전력비의 추정

| 양식장 수면적 | 단위 수면적당 지역별 표준 전력비 (원/평) | | | |
|--------------|--------------------------|--------|--------|--------|
| | 동해안 | 남해안 | 서해안 | 제주도 |
| 500평 이하 | 54,549 | 47,245 | 54,549 | 68,620 |
| 501~1,000평 | 54,995 | 47,632 | 54,995 | 69,181 |
| 1,001~1,500평 | 54,945 | 47,588 | 54,945 | 69,118 |
| 1,500평 이상 | 39,369 | 34,098 | 39,369 | 49,525 |

③ 표준 유류비의 추정

유류비의 추정은 해양수산부 넙치 육상수조식 양식어업 표본조사표 자료를 활용하였다.

제주도 지역 조사업체의 단위수면적당(평) 유류비는 시설규모와 관계가 없는 것을 알 수 있었다. 제주도 지역 조사업체의 단위수면적당(평) 유류비 평균은 2,791원으로 나타났으며, 이는 동일한 지역 내에서도 620원부터 7,534원까지 편차가 매우 큰 것으로 나타났다. 이러한 편차를 조정할 수 있는 방법이 없기 때문에 여기서는 평균값인 2,791원을 사용하였다.

남해안 지역 조사업체의 단위수면적당(평) 유류비는 시설규모와 관계가 없는 것으로 나타났다. 남해안 지역 조사업체의 단위수면적당(평) 유류비 평균은 24,850원으로 나타났으며, 동일한 지역 내에서도 1,333원부터 62,857원까지 편차가 매우 컸다. 이러한 편차를 조정할 수 있는 방법이 없기 때문에 여기서는 평균값인 24,850원 사용하였다.

기타 지역의 경우 자료 부족으로 표준 유류비를 추정하기 곤란하여, 양식업자와의 면담을 통해 개략적인 값을 추정하였다. 그 결과 동해안 지역의 경우 강릉시 안인 지역은 원전 온배수 사용으로 유류비가 없고, 동해안의 다른 지역은 남해안의 1.2배인 단위수면적당(평) 29,880원으로 추정하였으며, 서해안 지역의 경우에는 남해안 지역의 1.5배인 단위수면적당(평) 37,351원으로 추정하였다.

④ 표준 인건비의 추정

인건비는 가족인건비를 고려하여 총인건비를 산정한 후 이를 규모별로 인건비를 산정하였다. 가족인건비의 경우 종사자가 1인인 경우에는 연간 2,400만원, 2인 이상인 경우에는 1인은 연간 2,400만원을 적용하고 그 다음 종사자는 모두 1인당 연간 1,800만원을 인건비로 추정하였다.

지역별·규모별로 단위수면적당 표준인건비를 추정하면 표 7-16과 같이 나타났다.

표 7-16. 지역별로 양식 규모에 따른 수면적당 인건비 추정

| 양식장 수면적 | 단위 수면적당 표준 인건비 (원/평) | | | |
|--------------|----------------------|--------|---------|---------|
| | 동해안 | 남해안 | 서해안 | 제주도 |
| 500평 이하 | 100,613 | 95,235 | 146,055 | 114,951 |
| 501~1,000평 | 94,476 | 89,426 | 137,146 | 107,940 |
| 1,001~1,500평 | 79,717 | 75,456 | 115,721 | 91,077 |
| 1,500평 이상 | 62,324 | 58,993 | 90,473 | 71,206 |

⑤ 표준 주부식비 및 복리후생비의 추정

주부식비는 종사자 수를 기준으로 주부식비를 추정하였으며, 그 결과는 표 7-17과 같이 나타났다.

표 7-17. 양식장 종사자 수에 따른 주부식비

| 인원(명) | 주부식비(만원) | 인원(명) | 주부식비(만원) | 인원(명) | 주부식비(만원) |
|-------|----------|-------|----------|-------|----------|
| 1 | 300 | 6 | 1,600 | 11 | 2,600 |
| 2 | 600 | 7 | 1,800 | 12 | 2,800 |
| 3 | 850 | 8 | 2,000 | 13 | 3,000 |
| 4 | 1,100 | 9 | 2,200 | 14 | 3,250 |
| 5 | 1,350 | 10 | 2,400 | 15 | 3,500 |

복리후생비는 개인별로 나타나는 비용이지 규모에 따른 차이가 발생하지 않는다. 따라서 종사자 1인당 120만원으로 추정하였다.

주부식비와 복리후생비에 대한 표준원가의 추정을 위하여 양식 규모별로 소요인력 수를 조사한 결과는 표 7-18과 같이 나타났다.

표 7-18. 양식 규모별 소요 인력 추정

| 양식장 수면적 | 소요인력 | 양식 규모 | 소요인력 | 양식 규모 | 소요인력 |
|----------|------|--------------|------|--------------|------|
| 300평 이하 | 1 | 800~1,000평 | 5 | 2,000~2,500평 | 11 |
| 300~500평 | 2 | 1,000~1,500평 | 7 | 2,500~3,000평 | 13 |
| 500~800평 | 4 | 1,500~2,000평 | 9 | 3,000~3,500평 | 15 |

시설규모와 소요인력을 비교한 결과, 수면적 230~250평당 1명 정도의 상용인력이 소요되는 것으로 나타났다.

⑥ 표준 소모품비 및 차량유지비의 추정

양식 규모를 기준으로 소모품비와 차량유지비를 추정하면, 표 7-19와 같이 나타났다.

표 7-19. 양식규모별 소모품비와 차량유지비 추정

| 양식장 수면적(평) | 소모품 추정액 | 근 거 | 차량유지비 |
|-------------|---------|-----|---------|
| 500 | 50만원 | 최빈수 | 500만원 |
| 501~1,000 | 100만원 | 최빈수 | 750만원 |
| 1,001~1,500 | 150만원 | | 1,000만원 |
| 1,501~2,000 | 200만원 | | 1,250만원 |
| 2,001~2,500 | 250만원 | | 1,500만원 |
| 2,501~3,000 | 300만원 | | 1,750만원 |
| 3,001~3,500 | 350만원 | | 2,000만원 |

⑦ 표준 감가상각비의 추정

감가상각비는 해양수산부의 육상수조식 넙치 양식어업 표본조사표상의 양식시설에 대한 30개 자료를 이용하여, 내용연수를 조정하여 감가상각비를 산정하고, 이에 시설면적을 나누어서 단위 수면적당(평) 감가상각비를 산정하였으며, 그 결과는 표 7-20과 같이 나타났다.

표 7-20. 규모별 수면적당 표준 감가상각비

| 양식장 수면적 | 업체수 (개) | 수면적당 감가상각비 합계(천원) | 수면적당(평) 평균 감가상각비(천원) |
|--------------|---------|----------------------|-------------------------|
| 500평 이하 | 3 | 123.4 | 41 |
| 501~1,000평 | 6 | 208.7 | 35 |
| 1,001~1,500평 | 12 | 397.6 | 33 |
| 1,500평 이상 | 9 | 303.1 | 34 |

⑧ 수면적당 시설비와 차입금 이자의 추정

수면적당 시설비는 해양수산부의 육상수조식 넙치 양식어업 표본조사표상의 양식시설 자료 중 2000년 이후 시설에 대하여 수면적당 시설비를 산정하였다. 그리고 이를 일반시설과 우수시설로 구분하여 평당 시설비를 산정한 결과를 현장 조사 결과와 비교했을 때 비슷한 결과를 나타내었다. 따라서 넙치 양식시설비는 일반시설은 수면적당(평) 450,000원으로, 우수시설은 1,169,000원으로 추정하였다.

한편 차입금이자에 이러한 시설비를 영여자금이나 시설육성자금으로 사용한다고 보아 연리 3%를 적용하여 다음과 같이 추정하였다.

모든 양식장이 우수시설을 사용한다고 가정하고 차입금 이자를 다음과 같은 산식으로 계산하면 수면적당 35,070원으로 추정하였다.

$$\text{차입금이자} = \text{수면적당 시설비} \times \text{수면적(평)} \times \text{차입금 이자율}$$

⑨ 표준 시설장비유지비의 추정

수면적당 표준 시설장비유지비는 조사업체 전체의 시설장비유지비를 단위 수면적(평)으로 나누어 수면적당 시설장비유지비를 산출하여 적용하였다.

이와 같이 산정된 수면적당(평) 평균 시설장비유지비는 22,261원이다. 따라서 이를 표준원가로 사용하였다.

⑩ 판매비 및 잡비

한편 판매비의 경우 제주도 지역을 제외하고는 대부분의 업체가 중매인 등을 통하여 매매를 하고 있으므로 실제 판매비가 거의 발생하지 않지만, 조합을 통하여 판매할 경우 판매수수료는 1%가 대부분이므로 판매비는 생산금액의 1%로 추정하였다.

잡비 발생액을 검토한 결과 잡비는 판매금액의 2~5%로 나타났으며, 판매금액의 2%인 업체가 대부분이므로 잡비는 판매금액의 2%로 추정하였다. 그러나 제주도의 경우에는 지역부담금 등 잡비가 많아서 판매금액의 4%로 추정하였다.

(3) 지역별 표준양식원가의 추정

이상과 같은 표준원가 추정을 위한 기본 값을 이용하여 지역별 및 규모별로 총비용에 대한 표준 양식원가 산정하였다(표 7-21, 표 7-22).

(가) 지역별 표준원가 추정을 위한 기본 값

표 7-21. 지역별·규모별로 표준원가 추정을 위한 기본 값

| 항 목 | 지역별 | 양식장 수면적 크기별 비교 | | | | |
|-----------------|-------|----------------|--------|--------|--------|--------|
| | | 500평 | 1,000평 | 1,500평 | 2,000평 | 2,500평 |
| 종묘입식량 (마리/평) | 동해안 | 146.6 | 141.1 | 135.7 | 130.3 | 124.9 |
| | 남해안 | 124.8 | 120.4 | 116.0 | 111.6 | 107.2 |
| | 서해안 | 146.6 | 141.1 | 135.7 | 130.3 | 124.9 |
| | 제주도 | 138.5 | 134.5 | 130.4 | 126.4 | 122.3 |
| 사료소비량 (kg/평) | 동·서해안 | 238.7 | 214.4 | 218.3 | 227.7 | 218.2 |
| | 남해안 | 252.15 | 226.77 | 231.36 | 241.75 | 232.18 |
| | 제주도 | 345.78 | 312.97 | 321.5 | 338.41 | 327.58 |
| 생산량 (kg/평) | 동·서해안 | 67.63 | 65.13 | 62.63 | 60.13 | 57.63 |
| | 남해안 | 70.63 | 68.13 | 65.63 | 63.13 | 60.63 |
| | 제주도 | 85.59 | 83.09 | 80.59 | 78.09 | 75.59 |
| 종묘단가 (원/마리) | 전지역 | 350 | 350 | 350 | 350 | 350 |
| 사료단가 (원/kg) | 동해안 | 642 | 642 | 642 | 642 | 642 |
| | 남·서해안 | 582 | 582 | 582 | 582 | 582 |
| | 제주도 | 610 | 610 | 610 | 610 | 610 |
| 판매단가(원/kg) | 전지역 | 10,000 | 10,000 | 10,000 | 10,000 | 10,000 |
| 소요인력(명) | 전지역 | 2 | 5 | 7 | 9 | 11 |

7. 육상수조식 넙치 양식 경제성 분석

(나) 지역별·규모별 표준 양식 원가

표 7-22. 지역별·규모별 표준 양식 원가

(단위: 천원)

| 항 목 | 지역별 | 양식장 수면적 규모별 양식 원가 | | | | |
|------------|-----|-------------------|---------|---------|-----------|-----------|
| | | 500평 | 1,000평 | 1,500평 | 2,000평 | 2,500평 |
| 종묘비 | 동해안 | 25,646 | 49,396 | 71,253 | 91,210 | 109,270 |
| | 남해안 | 21,845 | 42,144 | 60,900 | 78,106 | 93,765 |
| | 서해안 | 25,646 | 49,396 | 71,253 | 91,210 | 109,270 |
| | 제주도 | 24,238 | 47,058 | 68,460 | 88,452 | 107,021 |
| 사료비 | 동해안 | 76,632 | 137,613 | 210,233 | 292,354 | 350,243 |
| | 남해안 | 80,940 | 145,586 | 222,800 | 310,407 | 372,649 |
| | 서해안 | 69,470 | 124,752 | 190,585 | 265,031 | 317,510 |
| | 제주도 | 110,995 | 200,927 | 309,605 | 434,518 | 525,766 |
| 약품비 | 동해안 | 19,904 | 30,500 | 52,013 | 43,680 | 54,600 |
| | 남해안 | 17,190 | 26,342 | 44,922 | 37,726 | 47,158 |
| | 서해안 | 19,904 | 30,500 | 52,013 | 43,680 | 54,600 |
| | 제주도 | 21,583 | 33,074 | 56,403 | 47,368 | 54,600 |
| 전력비 | 동해안 | 27,275 | 54,995 | 82,418 | 78,738 | 98,423 |
| | 남해안 | 23,623 | 47,632 | 71,382 | 68,196 | 85,245 |
| | 서해안 | 27,275 | 54,995 | 82,418 | 78,738 | 98,423 |
| | 제주도 | 34,310 | 69,181 | 103,677 | 99,050 | 123,813 |
| 유류비 | 동해안 | 14,940 | 29,880 | 44,820 | 59,760 | 74,700 |
| | 남해안 | 12,425 | 24,850 | 37,275 | 49,700 | 62,125 |
| | 서해안 | 14,940 | 29,880 | 44,820 | 59,760 | 74,700 |
| | 제주도 | 14,940 | 29,880 | 44,820 | 59,760 | 74,700 |
| 인건비 | 동해안 | 50,307 | 94,476 | 119,576 | 124,648 | 155,810 |
| | 남해안 | 47,618 | 89,426 | 113,184 | 117,986 | 147,483 |
| | 서해안 | 73,028 | 137,146 | 173,582 | 180,946 | 226,183 |
| | 제주도 | 57,476 | 107,940 | 136,616 | 142,412 | 178,015 |
| 주부식비 | 전지역 | 600 | 1,350 | 1,800 | 2,200 | 2,600 |
| 복리후생비 | 전지역 | 2,400 | 6,000 | 8,400 | 10,800 | 13,200 |
| 수선유지비 | 전지역 | 11,131 | 22,261 | 33,392 | 44,522 | 55,653 |
| 소모품비 | 전지역 | 500 | 1,000 | 1,500 | 2,000 | 2,500 |
| 감가상각비 | 전지역 | 20,500 | 35,000 | 49,500 | 68,000 | 85,000 |
| 판매비 | 동해안 | 3,382 | 6,513 | 9,395 | 12,026 | 14,408 |
| | 남해안 | 3,532 | 6,813 | 9,845 | 12,626 | 15,158 |
| | 서해안 | 3,382 | 6,513 | 9,395 | 12,026 | 14,408 |
| | 제주도 | 4,280 | 8,309 | 12,089 | 15,619 | 18,898 |
| 차량유지비 | 전지역 | 5,000 | 7,500 | 10,000 | 12,500 | 15,000 |
| 차입금이자 | 전지역 | 17,535 | 35,070 | 52,605 | 70,140 | 87,675 |
| 잡비 | 동해안 | 6,763 | 13,026 | 18,789 | 24,052 | 28,815 |
| | 남해안 | 7,063 | 13,626 | 19,689 | 25,252 | 30,315 |
| | 서해안 | 6,763 | 13,026 | 18,789 | 24,052 | 28,815 |
| | 제주도 | 17,119 | 33,237 | 48,356 | 62,474 | 75,593 |
| 표준원가 합계 | 동해안 | 282,513 | 524,579 | 765,691 | 936,630 | 1,147,896 |
| | 남해안 | 271,900 | 504,600 | 737,193 | 910,161 | 1,115,524 |
| | 서해안 | 298,072 | 554,388 | 800,049 | 965,605 | 1,185,535 |
| | 제주도 | 342,605 | 637,787 | 937,221 | 1,159,815 | 1,420,033 |

(4) 넙치 표준 양식소득 도출

(가) 지역별 판매 가격 변동에 따른 양식 소득

① 동해안 지역

넙치 판매가격의 변동에 따른 동해안 지역의 규모별 표준 양식수익과 표준 양식원가를 비교하여 표준 양식소득을 도출한 결과는 표 7-23과 같이 나타났다.

표 7-23. 동해안 지역의 양식규모별 표준 양식소득 비교 (단위: 천원)

| 항목 | 양식장 수면적 (평) | 넙치 판매 가격(원/kg) 변화에 따른 양식 소득 | | | | | |
|--------|-------------|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | 12,000원 | 11,000원 | 10,000원 | 9,000원 | 8,000원 | 7,000원 |
| 양식 수익 | 500 | 405,780 | 371,965 | 338,150 | 304,335 | 270,520 | 236,705 |
| | 1,000 | 781,560 | 716,430 | 651,300 | 586,170 | 521,040 | 455,910 |
| | 1,500 | 1,127,340 | 1,033,395 | 939,450 | 845,505 | 751,560 | 657,615 |
| | 2,000 | 1,443,120 | 1,322,860 | 1,202,600 | 1,082,340 | 962,080 | 841,820 |
| | 2,500 | 1,728,900 | 1,584,825 | 1,440,750 | 1,296,675 | 1,152,600 | 1,008,525 |
| 양식 원가 | 500 | 284,542 | 283,528 | 282,513 | 281,499 | 280,484 | 279,470 |
| | 1,000 | 528,487 | 526,533 | 524,579 | 522,625 | 520,671 | 518,718 |
| | 1,500 | 771,328 | 768,509 | 765,691 | 762,873 | 760,054 | 757,236 |
| | 2,000 | 943,846 | 940,238 | 936,630 | 933,022 | 929,414 | 925,807 |
| | 2,500 | 1,156,540 | 1,152,218 | 1,147,896 | 1,143,573 | 1,139,251 | 1,134,929 |
| 양식 순이익 | 500 | 121,238 | 88,437 | 55,637 | 22,836 | -9,964 | -42,765 |
| | 1,000 | 253,073 | 189,897 | 126,721 | 63,545 | 369 | -62,808 |
| | 1,500 | 356,012 | 264,886 | 173,759 | 82,632 | -8,494 | -99,621 |
| | 2,000 | 499,274 | 382,622 | 265,970 | 149,318 | 32,666 | -83,987 |
| | 2,500 | 572,360 | 432,607 | 292,854 | 153,102 | 13,349 | -126,404 |
| 양식 소득* | 500 | 123,638 | 90,837 | 58,037 | 25,236 | -7,564 | -40,365 |
| | 1,000 | 255,473 | 192,297 | 129,121 | 65,945 | 2,769 | -60,408 |
| | 1,500 | 358,412 | 267,286 | 176,159 | 85,032 | -6,094 | -97,221 |
| | 2,000 | 501,674 | 385,022 | 268,370 | 151,718 | 35,066 | -81,587 |
| | 2,500 | 574,760 | 435,007 | 295,254 | 155,502 | 15,749 | -124,004 |

* 모두 2명의 가족이 양식에 종사한다고 가정함.

7. 육상수조식 넙치 양식 경제성 분석

양식 규모별로 표준 양식 소득을 비교해 보면, 500평 규모의 경우 넙치의 판매가격이 최소한 kg당 9,000원 이상이어야만 생계유지가 될 수 있으며, 11,000원 이상이면 어가소득으로는 좋은 편이다. 그러나 넙치의 판매가격이 kg당 9,000원으로 하락하면 생계유지가 곤란하게 되며, 8,000원 이하로 하락하면 적자를 초래하게 되는 것으로 나타났다.

1,000평 규모의 경우 넙치의 판매가격이 kg당 9,000원이면 생계유지가 될 수 있으며, 10,000원 이상이면 어가소득으로는 좋은 편이다. 그러나 넙치의 판매가격이 kg당 8,000원으로 하락하면 생계유지가 불가능하게 되며, 7,000원 이하로 하락하면 적자를 초래하게 되는 것으로 나타났다.

1,500평 규모의 경우 넙치의 판매가격이 kg당 9,000원이면 생계유지가 충분히 될 수 있으며, 10,000원 이상이면 어가소득으로는 좋은 편이다. 그러나 넙치의 판매가격이 kg당 8,000원으로 하락하면 적자를 초래하게 되는 것으로 나타났다.

2,000평 규모의 경우 넙치의 판매가격이 최소한 kg당 8,000원 이상이어야만 생계유지가 될 수 있으며, 10,000원 이상이면 어가소득으로는 좋은 편이다. 그러나 넙치의 판매가격이 kg당 7,000원으로 하락하면 적자를 초래하게 되는 것으로 나타났다.

2,500평 규모의 경우 넙치의 판매가격이 최소한 kg당 9,000원 이면 생계유지가 충분히 될 수 있으며, 10,000원 이상이면 어가소득으로는 매우 좋은 편이다. 그러나 넙치의 판매가격이 kg당 8,000원으로 하락하면 생계유지가 곤란하며, 7,000원 이하로 하락하면 적자를 초래하게 되는 것으로 나타났다.

이상과 같은 동해안 지역의 규모별 양식소득을 비교해 보면, 그림 7-1에서 보는 바와 같이 양식 규모가 클수록 양식소득이 높음을 알 수 있었다.

② 남해안 지역

넙치 판매가격의 변동에 따른 남해안 지역의 규모별 표준양식수익과 표준양식원가를 비교하여 표준양식소득을 도출한 결과는 표 7-24와 같이 나타났다.

넙치 양식 표준 지침서

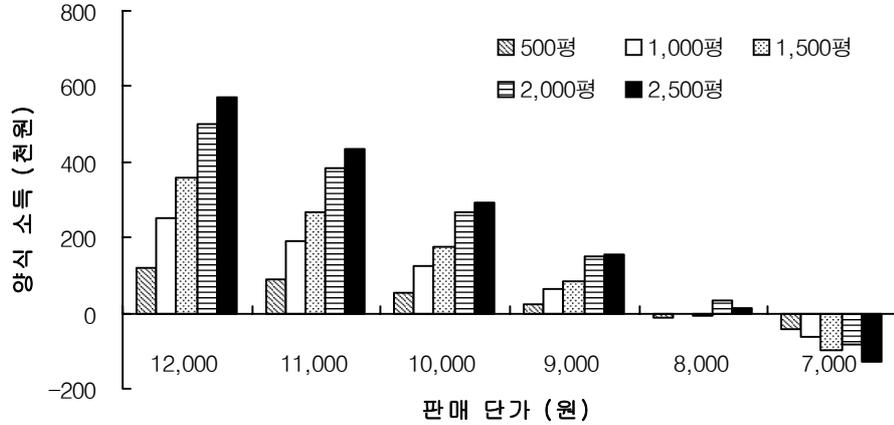


그림 7-1. 동해안 지역의 양식 규모별 판매가격 변동시 양식소득 비교.

표 7-24. 남해안 지역의 양식규모별 표준양식소득 비교 (단위: 천원)

| 항목 | 양식장 수면적 (평) | 넙치 판매 가격(원/kg) 변화에 따른 양식 소득 | | | | | |
|--------|-------------|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | 12,000원 | 11,000원 | 10,000원 | 9,000원 | 8,000원 | 7,000원 |
| 양식 수익 | 500 | 423,780 | 388,465 | 353,150 | 317,835 | 282,520 | 247,205 |
| | 1,000 | 817,560 | 749,430 | 681,300 | 613,170 | 545,040 | 476,910 |
| | 1,500 | 1,181,340 | 1,082,895 | 984,450 | 886,005 | 787,560 | 689,115 |
| | 2,000 | 1,515,120 | 1,388,860 | 1,262,600 | 1,136,340 | 1,010,080 | 883,820 |
| | 2,500 | 1,818,900 | 1,667,325 | 1,515,750 | 1,364,175 | 1,212,600 | 1,061,025 |
| 양식 원가 | 500 | 274,019 | 272,960 | 271,900 | 270,841 | 269,782 | 268,722 |
| | 1,000 | 508,688 | 506,644 | 504,600 | 502,556 | 500,512 | 498,468 |
| | 1,500 | 743,099 | 740,146 | 737,193 | 734,239 | 731,286 | 728,333 |
| | 2,000 | 917,737 | 913,949 | 910,161 | 906,373 | 902,585 | 898,798 |
| | 2,500 | 1,124,618 | 1,120,071 | 1,115,524 | 1,110,977 | 1,106,429 | 1,101,882 |
| 양식 순이익 | 500 | 149,761 | 115,505 | 81,250 | 46,994 | 12,739 | -21,517 |
| | 1,000 | 308,872 | 242,786 | 176,700 | 110,614 | 44,528 | -21,558 |
| | 1,500 | 438,241 | 342,749 | 247,257 | 151,766 | 56,274 | -39,218 |
| | 2,000 | 597,383 | 474,911 | 352,439 | 229,967 | 107,495 | -14,978 |
| | 2,500 | 694,282 | 547,254 | 400,226 | 253,198 | 106,171 | -40,857 |
| 양식 소득* | 500 | 152,161 | 117,905 | 83,650 | 49,394 | 15,139 | -19,117 |
| | 1,000 | 311,272 | 245,186 | 179,100 | 113,014 | 46,928 | -19,158 |
| | 1,500 | 440,641 | 345,149 | 249,657 | 154,166 | 58,674 | -36,818 |
| | 2,000 | 599,783 | 477,311 | 354,839 | 232,367 | 109,895 | -12,578 |
| | 2,500 | 696,682 | 549,654 | 402,626 | 255,598 | 108,571 | -38,457 |

*모두 2명의 가족이 양식에 종사한다고 가정함.

남해안은 전체적으로 양식소득이 동해안 보다 좋은 편임을 알 수 있다. 그러나 남해안에서도 500평 규모의 경우 넙치의 판매가격이 최소한 kg당 9,000원이면 생계유지가 될 수 있으며, 11,000원 이상이면 어가소득으로는 좋은 편이다. 한편 넙치의 판매가격이 kg당 8,000원으로 하락하면 생계유지가 곤란하며, 7,000원으로 하락하면 적자를 초래하게 되는 것으로 나타났다.

1,000평 규모의 경우에는 넙치의 판매가격이 최소한 kg당 8,000원이면 생계유지가 될 수 있으며, 9,000원 이상이면 어가소득으로는 좋은 편이다. 그러나 넙치의 판매가격이 kg당 7,000원으로 하락하면 적자를 초래하게 되는 것으로 나타났다.

1,500평 규모의 경우에는 넙치의 판매가격이 최소한 kg당 8,000원이면 생계유지가 될 수 있으며, 9,000원 이상이면 어가소득으로는 좋은 편이다. 그러나 넙치의 판매가격이 kg당 7,000원으로 하락하면 적자를 초래하게 되는 것으로 나타났다.

2,000평 규모의 경우 넙치의 판매가격이 kg당 8,000원이면 생계유지가 충분하며, 9,000원 이상이면 어가소득으로는 매우 좋은 편이다. 그러나 넙치의 판매가격이 kg당 7,000원으로 하락하면 적자를 초래하게 되는 것으로 나타났다.

2,500평 규모의 경우 넙치의 판매가격이 kg당 8,000원 이면 생계유지가 충분하며, 9,000원 이상이면 어가소득으로는 매우 좋은 편이다. 그러나 넙치의 판매가격이 kg당 7,000원으로 하락하면 적자를 초래하게 되는 것으로 나타났다.

이상을 종합하면 남해안은 모든 규모에서 넙치의 판매가격이 7,000원 이하이면 적자를 초래하는 것으로 나타났으며, 규모별 양식소득을 보면 그림 7-2에서 보는 바와 같이 양식 규모가 클수록 양식소득이 높음을 알 수 있었다.

③ 서해안 지역

넙치 판매가격의 변동에 따른 서해안 지역의 규모별 표준양식수익과 표준양식원가를 비교하여 표준양식소득을 도출한 결과는 표 7-25와 같이 나타났다.

넙치 양식 표준 지침서

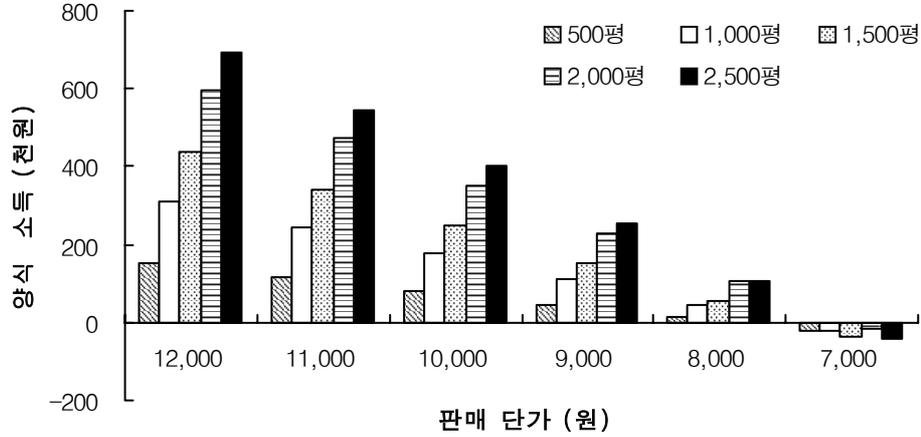


그림 7-2. 남해안 지역의 양식 규모별 판매 단가 변동시 양식소득 비교.

표 7-25. 서해안 지역의 양식규모별 표준양식소득 비교

(단위: 천원)

| 항목 | 양식장 수면적 (평) | 넙치 판매 가격(원/kg) 변화에 따른 양식 소득 | | | | | |
|--------|-------------|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | 12,000원 | 11,000원 | 10,000원 | 9,000원 | 8,000원 | 7,000원 |
| 양식 수익 | 500 | 405,780 | 371,965 | 338,150 | 304,335 | 270,520 | 236,705 |
| | 1,000 | 781,560 | 716,430 | 651,300 | 586,170 | 521,040 | 455,910 |
| | 1,500 | 1,127,340 | 1,033,395 | 939,450 | 845,505 | 751,560 | 657,615 |
| | 2,000 | 1,443,120 | 1,322,860 | 1,202,600 | 1,082,340 | 962,080 | 841,820 |
| | 2,500 | 1,728,900 | 1,584,825 | 1,440,750 | 1,296,675 | 1,152,600 | 1,008,525 |
| 양식 원가 | 500 | 300,101 | 299,087 | 298,072 | 297,058 | 296,043 | 295,029 |
| | 1,000 | 558,296 | 556,342 | 554,388 | 552,434 | 550,480 | 548,527 |
| | 1,500 | 805,686 | 802,867 | 800,049 | 797,231 | 794,412 | 791,594 |
| | 2,000 | 972,821 | 969,213 | 965,605 | 961,997 | 958,390 | 954,782 |
| | 2,500 | 1,194,180 | 1,189,857 | 1,185,535 | 1,181,213 | 1,176,891 | 1,172,568 |
| 양식 순이익 | 500 | 105,679 | 72,878 | 40,078 | 7,277 | -25,523 | -58,324 |
| | 1,000 | 223,264 | 160,088 | 96,912 | 33,736 | -29,440 | -92,617 |
| | 1,500 | 321,654 | 230,528 | 139,401 | 48,274 | -42,852 | -133,979 |
| | 2,000 | 470,299 | 353,647 | 236,995 | 120,343 | 3,690 | -112,962 |
| | 2,500 | 534,720 | 394,968 | 255,215 | 115,462 | -24,291 | -164,043 |
| 양식 소득* | 500 | 108,079 | 75,278 | 42,478 | 9,677 | -23,123 | -55,924 |
| | 1,000 | 225,664 | 162,488 | 99,312 | 36,136 | -27,040 | -90,217 |
| | 1,500 | 324,054 | 232,928 | 141,801 | 50,674 | -40,452 | -131,579 |
| | 2,000 | 472,699 | 356,047 | 239,395 | 122,743 | 6,090 | -110,562 |
| | 2,500 | 537,120 | 397,368 | 257,615 | 117,862 | -21,891 | -161,643 |

*모두 2명의 가족이 양식에 종사한다고 가정함.

7. 옥상수조식 넙치 양식 경제성 분석

서해안은 전체적으로 양식소득이 남해안이나 동해안 보다 나쁜 편임을 알 수 있다. 그러나 서해안에서는 500평 규모의 경우 넙치의 판매가격이 kg당 10,000원이어야만 생계유지가 될 수 있으며, 12,000원 이상이 되면 어가소득으로는 좋은 편이다. 한편 넙치의 판매가격이 kg당 9,000원으로 하락하면 생계유지가 불가능하며, 8,000원 이하로 하락하면 적자를 초래하게 되는 것으로 나타났다.

1,000평 규모의 경우에는 넙치의 판매가격이 kg당 9,000원이면 생계유지가 될 수 있으며, 10,000원 이상이면 어가소득으로는 좋은 편이다. 그러나 넙치의 판매가격이 kg당 8,000원 이하로 하락하면 적자를 초래하게 되는 것으로 나타났다.

1,500평 규모의 경우에는 넙치의 판매가격이 kg당 9,000원이면 생계유지가 될 수 있으며, 10,000원 이상이면 어가소득으로는 매우 좋은 편이다. 그러나 넙치의 판매가격이 kg당 8,000원으로 하락하면 적자를 초래하게 되는 것으로 나타났다.

2,000평 규모의 경우 넙치의 판매가격이 kg당 9,000원이면 생계유지가 충분하며, 10,000원 이상이면 어가소득으로는 매우 좋은 편이다. 그러나 넙치의 판매가격이 kg당 8,000원으로 하락하면 생계유지를 할 수 없으며, 7,000원으로 하락하면 큰 적자를 초래하게 되는 것으로 나타났다.

2,500평 규모의 경우 넙치의 판매가격이 kg당 9,000원이면 생계유지가 충분하며, 10,000원 이상이면 어가소득으로는 매우 좋은 편이다. 그러나 넙치의 판매가격이 kg당 8,000원으로 하락하면 적자를 초래하게 되는 것으로 나타났다.

이상을 종합하면 서해안은 모든 규모에서 넙치의 판매가격이 8,000원 이하이면 적자를 초래하는 것으로 나타났으며, 규모별 양식소득을 비교해 보면 그림 7-3에서 보는 바와 같이 양식 규모가 클수록 양식소득이 높음을 알 수 있었다.

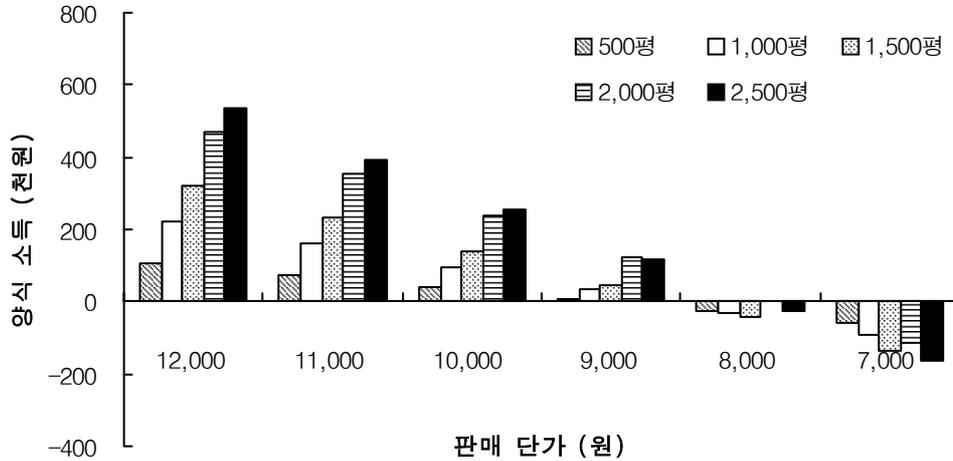


그림 7-3. 서해안 지역의 양식 규모별 판매 단가 변동시 양식소득 비교.

④ 제주도 지역

넙치 판매가격의 변동에 따른 제주도 지역의 규모별 표준양식수익과 표준양식원가를 비교하여 표준양식소득을 도출한 결과는 표 7-26과 같이 나타났다.

제주도에서는 전체적으로 양식소득이 동해안과 서해안 그리고 남해안 보다 좋은 것으로 나타났다. 그러나 제주도에서도 500평 규모의 경우 넙치의 판매가격이 kg당 9,000원이어야만 생계유지가 될 수 있으며, 11,000원 이상이면 어가소득으로는 좋은 편이다. 한편 넙치의 판매가격이 kg당 8,000원으로 하락하면 생계유지를 할 수 없으며, 7,000원으로 하락하면 적자를 초래하는 것으로 나타났다.

1,000평 규모의 경우에는 넙치의 판매가격이 kg당 8,000원이면 생계유지를 할 수 있으며, 10,000원 이상이면 어가소득으로는 매우 좋은 편이다. 그러나 넙치의 판매가격이 kg당 7,000원으로 하락하면 적자를 초래하는 것으로 나타났다.

1,500평 규모의 경우에는 넙치의 판매가격이 kg당 8,000원이면 생계유지가 될 수 있으며, 9,000원 이상이면 어가소득으로는 좋은 편이다. 그러나 넙치의

7. 육상수조식 넙치 양식 경제성 분석

표 7-26. 제주도 지역의 양식규모별 표준양식소득 비교 (단위: 천원)

| 항목 | 양식장 수면적 (평) | 넙치 판매 가격(원/kg) 변화에 따른 양식 소득 | | | | | |
|--------|-------------|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | 12,000원 | 11,000원 | 10,000원 | 9,000원 | 8,000원 | 7,000원 |
| 양식 수익 | 500 | 513,558 | 470,762 | 427,965 | 385,169 | 342,372 | 299,576 |
| | 1,000 | 997,116 | 914,023 | 830,930 | 747,837 | 664,744 | 581,651 |
| | 1,500 | 1,450,674 | 1,329,785 | 1,208,895 | 1,088,006 | 967,116 | 846,227 |
| | 2,000 | 1,874,232 | 1,718,046 | 1,561,860 | 1,405,674 | 1,249,488 | 1,093,302 |
| | 2,500 | 2,267,790 | 2,078,808 | 1,889,825 | 1,700,843 | 1,511,860 | 1,322,878 |
| 양식 원가 | 500 | 346,885 | 344,745 | 342,605 | 340,465 | 338,325 | 336,186 |
| | 1,000 | 646,096 | 641,941 | 637,787 | 633,632 | 629,477 | 625,323 |
| | 1,500 | 949,310 | 943,266 | 937,221 | 931,177 | 925,132 | 919,088 |
| | 2,000 | 1,175,434 | 1,167,625 | 1,159,815 | 1,152,006 | 1,144,197 | 1,136,388 |
| | 2,500 | 1,438,932 | 1,429,483 | 1,420,033 | 1,410,584 | 1,401,135 | 1,391,686 |
| 양식 순이익 | 500 | 166,673 | 126,017 | 85,360 | 44,703 | 4,047 | -36,610 |
| | 1,000 | 351,020 | 272,082 | 193,143 | 114,205 | 35,267 | -43,672 |
| | 1,500 | 501,364 | 386,519 | 271,674 | 156,829 | 41,984 | -72,861 |
| | 2,000 | 698,798 | 550,421 | 402,045 | 253,668 | 105,291 | -43,086 |
| | 2,500 | 828,858 | 649,325 | 469,792 | 290,258 | 110,725 | -68,809 |
| 양식 소득* | 500 | 169,073 | 128,417 | 87,760 | 47,103 | 6,447 | -34,210 |
| | 1,000 | 353,420 | 274,482 | 195,543 | 116,605 | 37,667 | -41,272 |
| | 1,500 | 503,764 | 388,919 | 274,074 | 159,229 | 44,384 | -70,461 |
| | 2,000 | 701,198 | 552,821 | 404,445 | 256,068 | 107,691 | -40,686 |
| | 2,500 | 831,258 | 651,725 | 472,192 | 292,658 | 113,125 | -66,409 |

*모두 2명의 가족이 양식에 종사한다고 가정함.

판매가격이 kg당 7,000원으로 하락하면 많은 적자를 초래하는 것으로 나타났다.

2,000평 규모의 경우 넙치의 판매가격이 kg당 8,000원이면 생계유지가 충분하며, 9,000원 이상이면 어가소득으로는 매우 좋은 편이다. 그러나 넙치의 판매가격이 kg당 7,000원으로 하락하면 적자를 초래하는 것으로 나타났다.

2,500평 규모의 경우 넙치의 판매가격이 kg당 8,000원이면 생계유지가 충

분하며, 9,000원 이상이면 어가소득으로는 매우 좋은 편이다. 그러나 넙치의 판매가격이 kg당 7,000원으로 하락하면 적자를 초래하는 것으로 나타났다.

이상을 종합하면 제주도 지역은 모든 규모에서 넙치의 판매가격이 7,000원 이하이면 적자를 초래하는 것으로 나타났으며, 규모별 양식소득을 비교해보면, 그림 7-4에서 보는 바와 같이 양식 규모가 클수록 양식소득이 높음을 알 수 있었다.

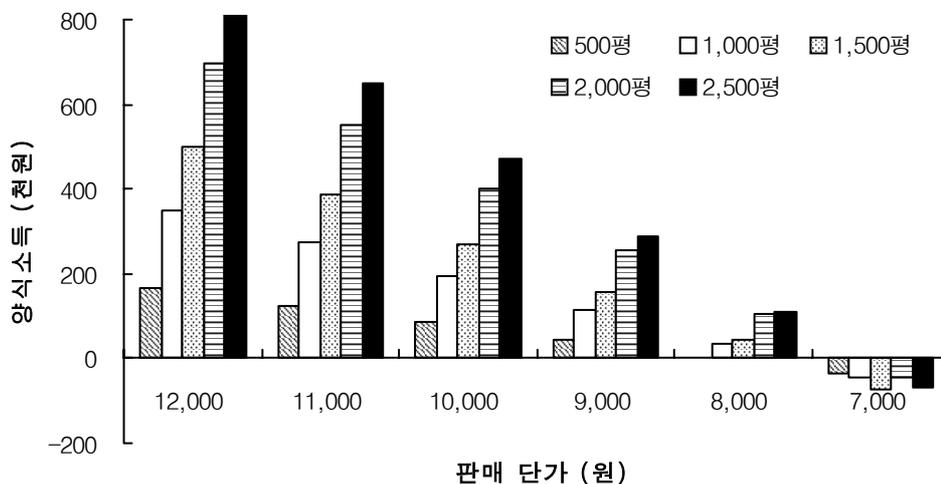


그림 7-4. 제주도 지역의 양식 규모별 판매 단가 변동시 양식소득 비교.

(나) 규모별 판매 가격 변동에 따른 양식 소득

① 500평 규모

500평 규모에서 판매가격 kg당 9,000원 이상일 경우에는 제주도의 양식이 익이 가장 높고, 그 다음이 남해안, 동해안, 서해안 순이다. 반면에 판매가격이 8,000원 이하로 하락하면, 남해안의 양식손익이 가장 높고, 그 다음이 제주도, 동해안, 남해안 순이다. 따라서 제주도의 경우 판매가격 변동에 따른 영향을 남해안 보다 많이 받으며, 또한 판매가격이 9,000원이 되면 동해안은

7. 육상수조식 넙치 양식 경제성 분석

표 7-27. 500평 규모의 지역별 표준양식소득 비교 (단위: 천원)

| 지역별 | 넙치 판매 가격(원/kg) 변화 따른 양식 소득 | | | | | |
|-----|----------------------------|---------|---------|--------|---------|---------|
| | 12,000원 | 11,000원 | 10,000원 | 9,000원 | 8,000원 | 7,000원 |
| 동해안 | 121,238 | 88,437 | 55,637 | 22,836 | -9,964 | -42,765 |
| 남해안 | 149,761 | 115,505 | 81,250 | 46,994 | 12,739 | -21,517 |
| 서해안 | 105,679 | 72,878 | 40,078 | 7,277 | -25,523 | -58,324 |
| 제주도 | 166,673 | 126,017 | 85,360 | 44,703 | 4,047 | -36,610 |

생계유지가 곤란하게 되고, 서해안은 생계유지도 할 수 없으며 겨우 적자를 면하는 것을 알 수 있다. 그리고 판매가격이 8,000원으로 하락하면 동해안과 서해안은 적자가 발생하며, 판매가격이 7,000원으로 하락하면 모든 지역에서 적자가 발생하는 것으로 나타났다(표 7-27).

② 1,000평 규모

1,000평 규모에서도 판매단가가 kg당 9,000원 이상일 경우에는 제주도의 양식이익이 가장 높고, 그 다음이 남해안, 동해안, 서해안 순이다. 반면에 판매가격이 8,000원 이하로 하락하면, 남해안의 양식손익이 가장 높고, 그 다음이 제주도, 동해안, 남해안 순이다. 따라서 제주도의 경우 판매단가 변동에 따른 영향을 남해안 보다 많이 받는 것으로 나타났다. 그리고 판매단가가 8,000원으로 하락하면 남해안과 제주도는 생계유지는 할 수 있지만, 동해안

표 7-28. 1,000평 규모의 지역별 표준양식소득 비교 (단위: 천원)

| 지역별 | 넙치 판매 가격(원/kg) 변화 따른 양식 소득 | | | | | |
|-----|----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 12,000원 | 11,000원 | 10,000원 | 9,000원 | 8,000원 | 7,000원 |
| 동해안 | 253,073 | 189,897 | 126,721 | 63,545 | 369 | -62,808 |
| 남해안 | 308,872 | 242,786 | 176,700 | 110,614 | 44,528 | -21,558 |
| 서해안 | 223,264 | 160,088 | 96,912 | 33,736 | -29,440 | -92,617 |
| 제주도 | 351,020 | 272,082 | 193,143 | 114,205 | 35,267 | -43,672 |

은 겨우 적자를 면하는 수준이고, 서해안은 적자가 발생하는 것을 알 수 있다. 판매단가가 7,000원으로 하락하면 모든 지역에서 적자를 초래하는 것으로 나타났다(표 7-28).

③ 1,500평 규모

1,500평 규모에서도 판매가격이 kg당 9,000원 이상일 경우에는 제주도의 양식소득이 가장 높고, 그 다음이 남해안, 동해안, 서해안 순이다. 반면에 판매가격이 8,000원 이하로 하락하면, 남해안의 양식손익이 가장 높고, 그 다음이 제주도, 동해안, 남해안 순이다. 따라서 제주도의 경우 판매가격 변동에 따른 영향을 남해안 보다 많이 받는 것으로 나타났다. 그리고 판매가격이 8,000원으로 하면 남해안과 제주도는 생계유지를 할 수 있지만, 동해안과 서해안은 적자가 발생하는 것을 알 수 있다. 판매가격이 7,000원으로 하락하면 모든 지역에서 적자를 초래하게 되며, 이 경우 서해안 지역에서 적자가 가장 많은 것으로 나타났다(표 7-29).

표 7-29. 1,500평 규모의 지역별 표준양식소득 비교 (단위: 천원)

| 지역별 | 넙치 판매 가격(원/kg) 변화 따른 양식 소득 | | | | | |
|-----|----------------------------|---------|---------|---------|---------|----------|
| | 12,000원 | 11,000원 | 10,000원 | 9,000원 | 8,000원 | 7,000원 |
| 동해안 | 356,012 | 264,886 | 173,759 | 82,632 | -8,494 | -99,621 |
| 남해안 | 438,241 | 342,749 | 247,257 | 151,766 | 56,274 | -39,218 |
| 서해안 | 321,654 | 230,528 | 139,401 | 48,274 | -42,852 | -133,979 |
| 제주도 | 501,364 | 386,519 | 271,674 | 156,829 | 41,984 | -72,861 |

④ 2,000평 규모

2,000평 규모에서도 판매가격이 kg당 9,000원 이상일 경우에는 제주도의 양식소득이 가장 높고, 그 다음이 남해안, 동해안, 서해안 순이다. 반면에 판매가격이 8,000원 이하로 하락하면, 남해안의 양식손익이 가장 높고, 그 다음이 제주도, 동해안, 남해안 순이다. 따라서 제주도의 경우 판매가격 변동에

7. 육상수조식 넙치 양식 경제성 분석

따른 영향을 남해안 보다 많이 받는 것으로 나타났다. 그리고 판매가격이 8,000원으로 하락하면 동해안은 생계유지를 할 수 있는 수준이지만, 서해안은 겨우 적자를 면하는 수준이다. 판매가격이 7,000원으로 하락하면 모든 지역에서 적자를 초래하게 되는 것으로 나타났다(표 7-30).

표 7-30. 2,000평 규모의 지역별 표준양식소득 비교 (단위: 천원)

| 지역별 | 넙치 판매 가격(원/kg) 변화 따른 양식 소득 | | | | | |
|-----|----------------------------|---------|---------|---------|---------|----------|
| | 12,000원 | 11,000원 | 10,000원 | 9,000원 | 8,000원 | 7,000원 |
| 동해안 | 499,274 | 382,622 | 265,970 | 149,318 | 32,666 | -83,987 |
| 남해안 | 597,383 | 474,911 | 352,439 | 229,967 | 107,495 | -14,978 |
| 서해안 | 470,299 | 353,647 | 236,995 | 120,343 | 3,690 | -112,962 |
| 제주도 | 698,798 | 550,421 | 402,045 | 253,668 | 105,291 | -43,086 |

⑤ 2,500평 규모

2,500평 규모에서는 판매가격이 kg당 8,000원 이상일 경우에는 제주도의 양식소득이 가장 높고, 그 다음이 남해안, 동해안, 서해안 순이다. 또한 제주도의 경우 판매가격 변동에 따른 영향을 남해안보다 많이 받는 것으로 나타났다. 그리고 판매가격이 8,000원으로 하락하면 남해안과 제주도는 생계유지가 가능하지만, 동해안은 생계유지를 할 수 없고, 서해안은 적자가 발생하는 것으로 나타났다. 판매가격이 7,000원으로 하락하면 모든 지역에서 적자가 발생하는 것으로 나타났다(표 7-31).

표 7-31. 2,500평 규모의 지역별 표준양식소득 비교 (단위: 천원)

| 지역별 | 넙치 판매 가격(원/kg) 변화 따른 양식 소득 | | | | | |
|-----|----------------------------|---------|---------|---------|---------|----------|
| | 12,000원 | 11,000원 | 10,000원 | 9,000원 | 8,000원 | 7,000원 |
| 동해안 | 572,360 | 432,607 | 292,854 | 153,102 | 13,349 | -126,404 |
| 남해안 | 694,282 | 547,254 | 400,226 | 253,198 | 106,171 | -40,857 |
| 서해안 | 534,720 | 394,968 | 255,215 | 115,462 | -24,291 | -164,043 |
| 제주도 | 828,858 | 649,325 | 469,792 | 290,258 | 110,725 | -68,809 |

(5) 넙치 양식의 수익성 분석

(가) 투자수익률 분석

투자수익률은 경영자가 수익을 창출하기 위하여 조달한 투자금액(또는 총 자본)을 얼마나 효율적으로 이용하고 있는지를 나타내는 재무비율이다. 순수한 영업효율성을 측정하기 위하여 이 비율의 분자로는 일반적으로 순이익 보다는 영업이익을 많이 이용한다. 따라서 재무효율성을 나타내는 이자수익이나 이자비용 등과 같은 재무비용은 순이익에서 제외된다. 이와 같이 재무비용이 이 비율의 산정에서 제외됨으로써 자본구조(타인자본의존도)의 차이에 상관없이 기업간의 비교가 가능해진다. 이 비율이 높을수록 수익성이 높은 것이다.

$$\text{투자수익률} = \text{영업이익} \div [(\text{기초투자액} + \text{기말투자액}) \div 2] \times 100$$

지역별로 투자수익률을 비교해 보면(표 7-32), 동해안 지역의 경우 판매가격이 10,000원/kg 이상 되어야 투자수익률이 적합한 것으로 나타났다. 이를 규모별로 보면 판매가격이 9,000~11,000원에서는 2,000평 규모의 투자수익률이 가장 높고, 그 다음이 1,000평, 2,500평, 1,500평 규모의 순이며, 500평 규모의 투자수익률이 가장 낮은 것으로 나타났다. 그러나 판매가격이 12,000원인 경우를 보면, 1,500평 규모의 투자수익률이 2,000평 규모 보다 높아지며, 또한 500평 규모의 투자수익률이 1,500평이나 2,500평 규모의 투자수익률 보다 높은 것을 볼 수 있다. 이와 같이 500평 이하 규모에서는 성어의 판매가격이 좋을 경우에는 투자수익률이 높지만 판매가격이 낮을 경우에는 타 규모 보다 상대적으로 투자수익률이 더 낮게 되어 더 큰 손실을 초래하게 되는 것으로 나타났다.

남해안 지역의 경우에는 판매가격이 9,500원/kg 이상만 되면 투자수익률이 적합한 것을 알 수 있다. 이를 규모별로 보면 판매가격이 10,000원에서는 2,000평 규모의 투자수익률이 가장 높고, 그 다음이 1,000평, 1,500평, 2,500평 규모의 순이며, 500평 규모의 투자수익률이 가장 낮은 것으로 나타났다. 그

7. 육상수조식 넙치 양식 경제성 분석

표 7-32. 지역별로 양식규모에 따른 표준양식원가에 대한 투자수익률 (단위: %)

| 판매단가 (원/kg) | 지역별 | 양식장 수면적당 지역별 투자 수익률 | | | | |
|----------------|-----|---------------------|--------|--------|--------|--------|
| | | 500평 | 1,000평 | 1,500평 | 2,000평 | 2,500평 |
| 12,000 | 동해안 | 19.61 | 20.61 | 19.57 | 20.78 | 19.33 |
| | 남해안 | 23.81 | 24.77 | 23.67 | 24.47 | 23.01 |
| | 서해안 | 17.22 | 18.28 | 17.78 | 19.61 | 18.13 |
| | 제주도 | 24.93 | 26.50 | 25.45 | 26.92 | 25.78 |
| 11,000 | 동해안 | 14.98 | 16.10 | 15.21 | 16.53 | 15.25 |
| | 남해안 | 18.95 | 20.03 | 19.08 | 20.00 | 18.70 |
| | 서해안 | 12.64 | 13.82 | 13.46 | 15.39 | 14.07 |
| | 제주도 | 19.46 | 21.11 | 20.20 | 21.75 | 20.76 |
| 10,000 | 동해안 | 10.35 | 11.59 | 10.86 | 12.28 | 11.16 |
| | 남해안 | 14.08 | 15.28 | 14.48 | 15.51 | 14.38 |
| | 서해안 | 8.06 | 9.35 | 9.13 | 11.16 | 10.00 |
| | 제주도 | 13.97 | 15.71 | 14.94 | 16.57 | 15.72 |
| 9,000 | 동해안 | 5.72 | 7.07 | 6.49 | 8.02 | 7.07 |
| | 남해안 | 9.21 | 10.52 | 9.88 | 11.02 | 10.05 |
| | 서해안 | 3.48 | 4.88 | 4.80 | 6.93 | 5.93 |
| | 제주도 | 8.46 | 10.29 | 9.66 | 11.38 | 10.67 |
| 8,000 | 동해안 | 1.07 | 2.54 | 2.12 | 3.76 | 2.97 |
| | 남해안 | 4.32 | 5.75 | 5.26 | 6.53 | 5.72 |
| | 서해안 | -1.12 | 0.40 | 0.46 | 2.69 | 1.85 |
| | 제주도 | 2.94 | 4.86 | 4.37 | 6.17 | 5.61 |
| 7,000 | 동해안 | -3.58 | -1.99 | -2.26 | -0.51 | -1.14 |
| | 남해안 | -0.57 | 0.98 | 0.65 | 2.03 | 1.38 |
| | 서해안 | -5.72 | -4.09 | -3.88 | -1.56 | -2.23 |
| | 제주도 | -2.60 | -0.59 | -0.94 | 0.95 | 0.53 |
| 6,000 | 동해안 | -8.23 | -6.53 | -6.64 | -4.78 | -5.25 |
| | 남해안 | -5.47 | -3.80 | -3.98 | -2.48 | -2.96 |
| | 서해안 | -10.33 | -8.58 | -8.23 | -5.81 | -6.32 |
| | 제주도 | -8.15 | -6.06 | -6.26 | -4.28 | -4.55 |

러나 판매가격이 11,000원이 되면 1,000평 규모의 투자수익률이 가장 높고, 그 다음이 2,000평, 1,500평, 500평, 2,500평 규모의 순이다. 그리고 판매가격이 12,000원이 되면 1,000평 규모의 투자수익률이 가장 높고, 그 다음이 2,000평, 500평, 1,500평, 2,500평 규모의 순이다. 한편 판매가격이 9,000원과

8,000원으로 하락하면 2,000평 규모의 투자수익률이 가장 높고, 그 다음이 1,000평, 2,000평, 1,500평 규모의 순이며, 500평 규모의 투자수익률이 가장 낮았다. 이와 같이 500평 이하 규모에서는 성어의 판매가격이 좋을 경우에는 투자수익률이 높지만 판매가격이 낮을 경우에는 타 규모 보다 상대적으로 투자수익률이 더 낮게 되어 더 큰 손실을 초래하게 되는 것으로 나타났다.

서해안 지역의 경우 kg당 판매가격이 11,000원이 되어야 투자수익률이 적합한 것을 알 수 있다. 이를 규모별로 보면 kg당 판매가격이 9,000원에서 11,000원까지는 2,000평의 투자수익률이 가장 높고, 그 다음이 2,500평, 1,000평, 1,500평 규모의 순이며, 500평의 투자수익률이 가장 낮은 것으로 나타났다. 그러나 판매가격이 12,000원인 경우를 보면, 1,000평과 2,500평 규모의 투자수익률 순위가 바뀌며, 500평과 1,500평 규모의 투자수익률 차이도 현저히 줄어드는 것을 볼 수 있다. 반면에 판매가격이 9,000원 이하로 하락하게 되면 500평 규모의 투자수익률이 가장 급격히 하락하는 것으로 나타났다. 이와 같이 500평 이하 규모에서는 성어의 판매가격이 좋을 경우에는 투자수익률이 높지만 판매가격이 낮을 경우에는 타 규모 보다 상대적으로 투자수익률이 더 낮게 되어 더 큰 손실을 초래하게 되는 것으로 나타났다.

제주도 지역의 경우 판매가격이 9,500원/kg 이상만 되면 투자수익률이 적합한 것으로 나타났다. 이를 규모별로 보면 판매가격이 10,000원과 9,000원에서는 2,000평의 투자수익률이 가장 높고, 그 다음이 2,500평, 1,000평, 1,500평 규모의 순이며, 500평의 투자수익률이 가장 낮은 것을 알 수 있다. 판매가격이 11,000원과 12,000원인 경우에는 1,000평과 2,500평의 순위가 바뀌며, 500평과 1,500평 규모의 투자수익률 차이도 상당히 줄어드는 것을 볼 수 있다. 그러나 판매가격이 8,000원 이하로 하락하게 되면 500평 규모의 투자수익률이 가장 급격히 하락함을 알 수 있다. 이와 같이 500평 이하 규모에서는 성어의 판매가격이 좋을 경우에는 투자수익률이 높지만 판매가격이 낮을 경우에는 타 규모 보다 상대적으로 투자수익률이 더 낮게 되어 더 큰 손실을 초래하게 되는 것으로 나타났다.

7. 육상수조식 넙치 양식 경제성 분석

규모별 비교 결과, 모든 양식 규모에서 제주도 지역의 투자수익률이 가장 높고, 그 다음이 남해안이며, 그리고 동해안, 서해안의 순으로 나타났다.

(나) 매출액에 대한 순이익률 분석

이 비율은 매출로부터 얼마만큼의 이익(마진)을 얻고 있는지를 나타내는 재무비율이다. 이 비율이 높으면 높을수록 수익률이 높은 것이다.

$$\text{매출액 순이익률} = \text{순이익} \div \text{매출액} \times 100$$

지역별로 매출액 순이익률을 비교해 보면(표 7-33), 동해안 지역의 매출액 순이익률을 규모별로 보면 2,000평 규모의 매출액 순이익률이 가장 높고, 그 다음이 2,500평, 1,000평, 1,500평 규모의 순이며, 500평 규모의 매출액 순이익률이 가장 낮은 것으로 나타났다. 2,000평 규모와 500평 규모의 매출액 순이익률 차이를 보면, kg당 판매단가 12,000원에서는 4.72%에 불과하지만, 판매단가 7,000원에서는 그 차이가 8.09%로 증가하였다. 따라서 성어의 판매가격이 하락할 경우 500평 규모는 다른 규모에 비해 상대적으로 매출액 순이익률이 더 낮게 되어 더 큰 손실을 초래하게 되는 것으로 나타났다.

남해안 지역의 매출액 순이익률을 규모별로 보면 2,000평 규모의 매출액 순이익률이 가장 높고, 그 다음이 2,500평, 1,000평, 1,500평 규모의 순이며, 500평 규모의 매출액 순이익률이 가장 낮은 것으로 나타났다. 2,000평 규모와 500평 규모의 매출액 순이익률 차이를 보면, kg당 판매단가 12,000원에서는 4.09%에 불과하지만, 판매단가 7,000원에서는 그 차이가 7.01%로 증대하였다. 따라서 성어의 판매가격이 하락할 경우 500평 규모는 다른 규모에 비해 상대적으로 매출액 순이익률이 더 낮게 되어 더 큰 손실을 초래하게 되는 것으로 나타났다.

서해안 지역의 매출액 순이익률을 규모별로 보면 2,000평 규모의 매출액 순이익률이 가장 높고, 그 다음이 2,500평, 1,000평, 1,500평 규모의 순이며, 500평 규모의 매출액 순이익률이 가장 낮은 것으로 나타났다. 2,000평 규모와 500평 규모의 매출액 순이익률 차이를 보면, kg당 판매단가 12,000원에서

표 7-33. 지역별로 양식규모에 따른 표준양식원가에 대한 매출액 순이익률

(단위 : %)

| 판매 단가 (원/kg) | 지역별 | 양식장 수면적당 지역별 매출액 순이익률 | | | | |
|-----------------|-----|-----------------------|--------|--------|--------|--------|
| | | 500평 | 1,000평 | 1,500평 | 2,000평 | 2,500평 |
| 12,000 | 동해안 | 29.88 | 32.38 | 31.58 | 34.60 | 33.11 |
| | 남해안 | 35.34 | 37.78 | 37.10 | 39.43 | 38.17 |
| | 서해안 | 26.04 | 28.57 | 28.53 | 32.59 | 30.93 |
| | 제주도 | 32.45 | 35.20 | 34.56 | 37.28 | 36.55 |
| 11,000 | 동해안 | 23.78 | 26.51 | 25.63 | 28.92 | 27.30 |
| | 남해안 | 29.73 | 32.40 | 31.65 | 34.19 | 32.82 |
| | 서해안 | 19.59 | 22.35 | 22.31 | 26.73 | 24.92 |
| | 제주도 | 26.77 | 29.77 | 29.07 | 32.04 | 31.24 |
| 10,000 | 동해안 | 16.45 | 19.46 | 18.50 | 22.12 | 20.33 |
| | 남해안 | 23.01 | 25.94 | 25.12 | 27.91 | 26.40 |
| | 서해안 | 11.85 | 14.88 | 14.84 | 19.71 | 17.71 |
| | 제주도 | 19.95 | 23.24 | 22.47 | 25.74 | 24.86 |
| 9,000 | 동해안 | 7.50 | 10.84 | 9.77 | 13.80 | 11.81 |
| | 남해안 | 14.79 | 18.04 | 17.13 | 20.24 | 18.56 |
| | 서해안 | 2.39 | 5.76 | 5.71 | 11.12 | 8.90 |
| | 제주도 | 11.61 | 15.27 | 14.41 | 18.05 | 17.07 |
| 8,000 | 동해안 | -3.68 | 0.07 | -1.13 | 3.40 | 1.16 |
| | 남해안 | 4.51 | 8.17 | 7.15 | 10.64 | 8.76 |
| | 서해안 | -9.43 | -5.65 | -5.70 | 0.38 | -2.11 |
| | 제주도 | 1.18 | 5.31 | 4.34 | 8.43 | 7.32 |
| 7,000 | 동해안 | -18.07 | -13.78 | -15.15 | -9.98 | -12.53 |
| | 남해안 | -8.70 | -4.52 | -5.69 | -1.69 | -3.85 |
| | 서해안 | -24.64 | -20.31 | -20.37 | -13.42 | -16.27 |
| | 제주도 | -12.22 | -7.51 | -8.61 | -3.94 | -5.20 |

는 6.55%에 불과하지만, 판매단가 7,000원에서는 그 차이가 11.22%로 증대하였다. 따라서 성어의 판매가격이 하락할 경우 500평 규모는 다른 규모에 비해 상대적으로 매출액 순이익률이 더 낮게 되어 더 큰 손실을 초래하게 되는 것으로 나타났다.

제주도 지역의 매출액 순이익률을 규모별로 보면 2,000평 규모의 매출액

순이익률이 가장 높고, 그 다음이 2,500평, 1,000평, 1,500평 규모의 순이며, 500평 규모의 매출액 순이익률이 가장 낮은 것으로 나타났다. 2,000평 규모와 500평 규모의 매출액 순이익률 차이를 보면, kg당 판매단가 12,000원에서는 4.83%에 불과하지만, 판매단가 7,000원에서는 그 차이가 8.28%로 증대하였다. 따라서 성어의 판매가격이 하락할 경우 500평 규모는 다른 규모에 비해 상대적으로 매출액 순이익률이 더 낮게 되어 더 큰 손실을 초래하게 되는 것으로 나타났다.

이상을 종합하면, 지역별로는 제주도의 수익성이 가장 좋고 그 다음이 남해안이며 동해안은 남해안 보다 수익성이 많이 떨어지는 것으로 나타났다. 그리고 이를 양식장 규모별로 보면, 대부분의 경우에 2,000평 규모에서 투자 수익률과 매출액 순이익률이 가장 높으며, 그 다음이 2,500평, 1,000평, 1,500평의 순이고 500평 규모의 경우에는 kg당 판매가격이 11,000원 이상되면 수익성이 있지만, 판매가격이 하락하여 kg당 8,000원 이하가 되면 수익성을 거의 상실하게 되는 것으로 나타났다.

다. 민감도분석과 경제성분석

(1) 넙치 양식비용의 특성 분석

(가) 수익성 분석을 위한 양식장 분류

수익성 분석을 위해 활용된 양식장 수는 조사 양식장 51개 중 37개의 양식장을 대상으로 분류하였다.

양식장 분류에 이용된 변수 중에서 양식장의 자연적 입지 조건에서 가장 중요한 변수인 생산과 직접적인 관계가 있는 변수를 이용하였다.

① 변수

- 연간 평균 성장 중량 : 평균 성어중량 및 평균 육성기간으로부터 추정
- 수면적당 사료비 : 단위 수면적당 사료량의 대리변수로 이용
 - 사료비/어체 kg : 성어 1kg 생산당 사료량의 대리변수로 이용

- 수면적당 연료비(전력비 + 유류비)
- 수면적당 생산량

② 분석방법

군집분석은 통계 패키지인 SPSS 12를 이용하였으며, 집단을 2개의 군집으로부터 5개까지의 군집이 될 때까지 분석하였다.

③ 분석결과

군집분석은 제주도, 동해안, 남해안 3개 지역으로 분류하는 것이 가장 내용적 타당성이 있었으며, 군집분석의 통계량은 표 7-34와 같았다.

양식장은 세 집단으로 유의성이 있게 분류되었으며, 양식장 분류에서 가장 유의한 변수는 연간 성장량, 수면적당 사료비, 수면적당 생산량 순이었고, 사료비/어체 kg는 유의수준 0.1에서 유의성을 나타내지 않았다.

이러한 군집분석의 결과를 기준으로 비용분석과 민감도 분석을 제주도 지역, 동해안 지역, 남해안 지역의 세 구역으로 나누어서 실시하였다.

표 7-34. 군집 분석의 통계량

| 분 산 분 석 | | | | | | |
|-------------|-------------|--------|----------|-----|----------|----------|
| | 군 집 | | 오 차 | | F | 유의확률 |
| | 평균제곱 | 자유도 | 평균제곱 | 자유도 | | |
| 연 간 성 장 | 156883.0873 | 2 | 1394.03 | 34 | 112.5392 | 1.02E-15 |
| 평당생산량 | 0.001869158 | 2 | 0.000246 | 34 | 7.595133 | 0.001876 |
| 평당에너지 | 19.77123209 | 2 | 6.116523 | 34 | 3.23243 | 0.051858 |
| 사료비 / kg | 0.97755281 | 2 | 0.50525 | 34 | 1.934788 | 0.160031 |
| 사료비 / 평 | 22802.58434 | 2 | 2212.497 | 34 | 10.30627 | 0.000317 |
| 최종 군집중심간 거리 | | | | | | |
| 군집 | 1 | 2 | 3 | | | |
| 1 | | 233.90 | 152.18 | | | |
| 2 | 233.90 | | 121.66 | | | |
| 3 | 152.18 | 121.66 | | | | |

(나) 양식비용 특성 분석

양식비용 중 인건비, 사료비, 연료비(전기료와 유류비), 시설비용 등의 항목은 양식 비용 중에서 비중이 크며, 양식경영 방법에 따라 지역간 차이가 큰 비용 항목이라고 할 수 있다. 양식비용 중 인건비, 사료비, 연료비(전기료와 유류비) 등은 직접비용의 성격이 큰 비용으로서 전체 양식비용 중에 차지하는 비중이 높은 비용이라고 할 수 있는 반면, 시설비용과 같은 자본비용은 비용항목 중에서 차지하는 비중은 크지만 간접비용의 성격을 가지고 있으며 양식지역 및 양식업체간 편차가 심하여 표준화가 어려워 분석 대상에서 제외하였다.

① 인건비

지역별, 규모별 인건비의 분석 결과는 표 7-35, 표 7-36과 같이 나타났다.

첫째, 고용종업원의 경우 1인당 인건비는 남해안 지역이 가장 높고 제주도 지역, 동해안 지역 순이나 자가 인건비를 포함하는 경우 남해안 지역 다음으로 동해안 지역, 제주도 지역 순으로 나타났다. 이것은 상대적으로 남해안 지역이 인건비가 높다는 것을 의미하며, 또한 동해안 지역이 제주도 지역 보다는 자가 노동을 많이 하고 있다는 것을 의미한다.

둘째, 자가 인건비를 포함하는 경우와 포함하지 않는 두 경우에 단위 수면적당 인건비를 보면 제주도가 15% 이상 높게 나타나고 있다. 1인 평균 인건비와 단위 수면적당 인건비의 값을 비교하여 보면 동해안 지역이 노동조건이 열악하고 상대적인 저임금 노동력을 이용하고 있으며, 종업원의 작업 강도는 남해안 지역이 제주도 지역보다는 강한 것으로 나타났다(표 7-35).

셋째, 양식 규모별 인건비를 보면 규모가 작을수록 자가 노동을 많이 한다는 것을 알 수 있으며, 규모가 커질수록 종업원의 인건비는 소폭 증가하지만 단위 수면적당 인건비는 감소하는 것으로 보아 인력관리를 좀 더 효과적으로 하고 있다는 것을 알 수 있었다(표 7-36).

넷째, 1,000평 이하의 작은 양식 규모에서 종업원 평균 인건비가 10%정도

높으면서 자가 인건비를 포함하면 평균 인건비가 20% 정도 높고, 자가 인건비를 제외한 경우에는 오히려 낮은 것을 보면, 동해안 지역에서 1,000평 미만의 작은 규모의 양식장에서 자가 노동이 많음을 알 수 있으며, 남해안 지역은 작은 규모의 양식장에서 관리자 역할을 하는 종업원에게 상대적으로 높은 임금을 지불하고 고용하는 것으로 나타났다.

다섯째, 자가 노동을 하는 수조면적 500평 이하의 적은 규모의 양식장과 종업원의 수가 4~5명 이하를 고용하는 양식장에서 일용작업자를 많이 이용하고 있었으며, 종업원의 규모가 7~8명 이상인 경우에는 일용작업자를 거의 이용하지 않았다. 자가 노동을 하는 경우에 선별작업과 밀도조절시 일용작업자를 활용하는 경우가 하는 경우가 대부분이었으며 지역별 가용 노동력에 따라 편차를 나타내었다.

표 7-35. 지역별 인건비 (단위: 천원)

| 지 역 | 종업원 인건비 (자가 노동 제외) | 평균 인건비 (자가 노동 포함) | 수면적(평)당 인건비 (자가 노동 포함) | 수면적(평)당 인건비 (자가노동 제외) |
|-----|-----------------------|----------------------|------------------------------|-----------------------------|
| 남해안 | 20,063 | 20,669 | 82 | 56 |
| 동해안 | 17,058 | 19,593 | 85 | 47 |
| 제주도 | 18,216 | 19,096 | 96 | 74 |
| 평 균 | 18,561 | 19,797 | 88 | 60 |

표 7-36. 규모별 인건비 (단위: 천원)

| 양식 규모 (평) | 종업원 인건비 (자가노동 제외) | 평균 인건비 (자가노동 포함) | 수면적(평)당 인건비 (자가노동 포함) | 수면적(평)당 인건비 (자가노동 제외) |
|--------------|----------------------|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 1,000 이하 | 20,299 | 22,489 | 105 | 57 |
| 1,001~2,000 | 17,550 | 17,966 | 80 | 64 |
| 2,000 이상 | 18,091 | 17,959 | 69 | 60 |
| 평균 | 18,561 | 19,797 | 88 | 60 |

② 사료비

지역별, 규모별로 사료비의 분석 결과는 표 7-37, 표 7-38과 같이 나타났다.

첫째, 사료비는 사용하는 사료의 양과 사료의 단가로 나누어 생각할 수 있다. 사료의 단가는 생사료와 배합사료로 구분하여 고려할 수 있는데, 동해안 지역은 다른 지역에 비하여 배합사료를 상대적으로 많이 공급하고 있었다. 이는 상대적으로 동해안 지역에서 생사료를 구입하는 비용이 지리적 여건에 따른 교통비용과 인근지역에서 구입하는 수량의 부족 때문에 다른 지역보다 비싼 것이 원인으로 판단된다.

둘째, 생사료 단가는 지역간, 지역내 변동이 크며(20%), 양식원가의 10% 정도 차이까지 발생하고 있다. 표 7-37에서 보는 바와 같이 동해안 지역의 생사료 단가가 남해안 지역보다 20% 이상 높게 나타나고 있으며 제주도 지역 보다는 10% 정도 높게 구입하고 있는 것으로 나타났다. 방문 조사 결과에 따르면 동해안 지역에서 생사료에서 EP사료로 전환이 이루어지고 있는데, 이러한 변화의 중요한 이유 중 하나는 전체적 양식장의 경제적 어려움과 이에 따른 사료비용의 부담 때문으로 생각된다.

셋째, 동해안 지역의 단위 수면적당 사료비가 제주도 지역보다 낮음에도 불구하고 양식 원가중에서 사료비가 차지하는 비중이 20% 이상이나 높은 것은 동해안 지역의 성육 속도가 제주도 보다 느리고 이에 따라 다른 양식 비용의 증가가 더 크다는 것을 의미한다.

넷째, 사료비 부담은 남해안 지역이 단위 수면적당 사료비와 출하량 당 비중이 가장 낮음에도 불구하고 양식 원가에서 차지하는 비중이 동해안 지역 보다 높은 것은 넙치의 성장속도 때문인 것이다. 즉 성장속도가 빠를수록 원가에서 사료비가 차지하는 비중은 크지만 매출액당 비중은 더 낮았다.

다섯째, 표 7-38에서 보는 바와 같이 양식장 규모가 작을수록 생사료 가격을 낮게 구매하는 것으로 나타나고 있으며 사료를 효과적으로 구입하는 것으로 판단된다. 이는 구입 수량이 적은 관계로 인근 지역에서 구매하거나 사료 가격이 낮은 곳에서 구매하는 데 따른 것으로 판단된다.

여섯째, 규모가 커질수록 사료비 구입단가가 높지만 단위 수면적당 사료비와 출하량당 사료비는 줄어들고 있다. 이는 양식관리 기술에 기인한 것으로 생각된다. EP사료를 사용하면 사료비의 부담뿐만 아니라 사료 저장에 따른 냉동 창고 운용비용, 관리에 따른 인건비용 등에서 비용절감을 가져올 수 있을 것이다.

표 7-37. 지역별 사료비

| 지 역 | 생사료 단가 (kg/원) | 수면적(평)당 사료비(원) | 사료비 (원/kg) | 원가중 사료비 (원) |
|-----|------------------|-------------------|---------------|----------------|
| 남해안 | 455.7 | 108,948 | 1,944 | 4,831 |
| 동해안 | 557.8 | 173,370 | 2,758 | 3,627 |
| 제주도 | 498.3 | 179,085 | 2,350 | 5,679 |
| 평 균 | 487.1 | 148,058 | 2,265 | 4,249 |

표 7-38. 규모별 사료비

| 양식 규모 (평) | 생사료 단가 (kg/원) | 수면적(평)당 사료비(원) | 사료비 (원/kg) | 원가중 사료비 (원) |
|--------------|------------------|-------------------|---------------|----------------|
| 1,000 이하 | 480.8 | 144,940 | 2,078 | 3,820 |
| 1,001~2,000 | 500.1 | 163,730 | 2,398 | 4,836 |
| 2,000 이상 | 595.6 | 90,427 | 1,787 | 4,115 |
| 평 균 | 487.1 | 148,058 | 2,265 | 4,249 |

③ 연료비(전기료 및 유류비)

지역별, 규모별 연료비의 분석결과는 표 7-39, 표 7-40과 같이 나타났다.

첫째, 수면적당(평) 연료비는 넙치 성장속도가 큰 지역일수록 많이 발생하며 제주도 지역이 가장 높게 발생하며 남해안 지역에서도 높게 나타나고 있다. 이는 수온이 낮은 동해안 지역보다 오히려 평균 수온이 높은 지역에서 많은 연료비가 발생한다는 것을 의미한다. 이에 대한 원인으로서는 방문조사

7. 육상수조식 넓치 양식 경제성 분석

결과에 따르면 제주도 지역은 지하 해수를 공급하는 데 있어 전력비용이 큰 것이 그 원인 중의 하나이며, 남해안 지역은 유류비용이 상대적으로 큰 것이 주요한 원인이다. 동해안 지역이 상대적으로 연료비용이 낮은 것은 수온이 낮은 경우에 유류를 거의 이용하지 않기 때문으로, 이는 인위적으로 수온을 변화시킬 수 있는 조절 가능 범위를 넘어 수온이 변동하기 때문인 것으로 판단된다.

둘째, 연료비용이 상대적으로 클수록 수온의 적절한 관리를 위한 노력을 많이 하고 있다는 관리지표의 대리변수적인 성격을 가지고 있다는 것을 의미한다. 이러한 의미에서 보면 수온조절을 위한 관리적인 노력을 동해안 지역이 상대적으로 적게 하고 있는 것으로 생각할 수 있다.

셋째, 규모별 연료비를 보면 양식장 규모 2,000평 미만이 가장 크며, 이것은 이 규모에서 가장 양식이 효과적으로 이루어지고 있다고 생각되었다.

표 7-39. 지역별 연료비

| 지 역 | 수면적당 연료비 (원/평) | 생산량당 연료비 (원/톤) | 원가중 연료비 (원) |
|-----|-------------------|-------------------|----------------|
| 남해안 | 60,644 | 1,105,239 | 1,835 |
| 동해안 | 53,302 | 862,615 | 1,298 |
| 제주도 | 83,726 | 1,100,180 | 2,499 |
| 평 균 | 66,571 | 1,031,330 | 1,909 |

표 7-40. 규모별 연료비

| 양식 규모 (평) | 수면적당 연료비 (원/평) | 생산량당 연료비 (원/톤) | 원가중 연료비 (원) |
|--------------|-------------------|-------------------|----------------|
| 1,000 이하 | 66,678 | 935,986 | 1,737 |
| 1,001~2,000 | 72,912 | 1,122,402 | 2,134 |
| 2,000 이상 | 57,234 | 1,058,688 | 1,869 |
| 평 균 | 66,571 | 1,031,330 | 1,909 |

(다) 양식장 운영에 따른 비용특성분석

양식비용 중에서 치어크기, 양식기간은 양식장의 운영과 관련된 변수이면서 양식장 자연환경 요인에 영향을 받지만 선택할 수 있는 관리적 변수의 성격을 가지고 있다. 반면에 생존율, 성장정도 등은 양식장에서 선택할 수 있는 변수가 아니며 양식장의 자연환경에 매우 의존적인 변수라고 할 수 있다. 아래에서는 이러한 변수를 운영적 관점에서 분석하였다.

양식장 운영변수의 경우 변수의 척도화가 어렵고 분석이 어려울 뿐 아니라 적절한 대리변수를 이용하기에도 어려움이 있다. 아래의 분석에서는 이러한 변수의 성격을 고려하여 다양한 척도를 이용하여 분석하였다.

① 치어크기 및 양식기간

지역별로 치어크기와 육성기간에 따른 경제성 분석 자료는 표 7-41과 같다. 치어크기와 성어 육성기간은 최종 출하시기와 가장 밀접한 관계가 있다. 이는 대부분의 양식장에서 출하시기를 결정하고 그 출하시기를 고려하여 치어를 입식하기 때문이다.

표 7-41에서 보면 치어 크기는 성장속도가 낮은 지역일수록 치어 크기가 큰 것으로 나타났다. 특히 성어 크기가 1.2kg 미만인 경우 동해안 지역의 입식치어의 크기가 13~15cm 정도로 다른 지역의 입식 치어 크기 5~7cm 보다 훨씬 큰 것으로 나타났다. 이것은 동해안 지역의 넙치 성장률이 타 지역에 비해 상대적으로 낮기 때문에 출하시기를 고려하여 육성기간을 줄이는 방법으로 큰 치어를 입식하기 때문으로 판단된다.

동해안 지역이 입식 치어가 가장 큼에도 불구하고 성어의 육성 기간은 성어의 크기가 1.2kg 미만의 경우 남해안 지역 보다는 1~1.5개월 정도, 제주도 지역보다는 2~3개월 정도 긴 것으로 나타났다.

표 7-41에서 보면 동해안 지역에서 출하 성어의 크기가 800g 이하로 작은 경우 수익성이 오히려 높게 나타나고 있는 것을 볼 수 있는데, 이는 성장속도가 제일 낮은 동해안 지역의 경우 입식 치어를 크게 하여 육성기간을

표 7-41. 지역별 어체 크기, 육성기간에 따른 수익성 분석

| 지역별 | 판매 규격 (kg) | 어체 크기 | | 육성 기간 (월) | 판매 가격 (원/kg) | 양식 비용 (원/kg) | 양식 이익 (원/kg) |
|-----|---------------|--------|-------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | 치어(cm) | 성어(g) | | | | |
| 남해안 | 0.8이하 | 6.9 | 697 | 13.4 | 7,358 | 6,412 | 946 |
| | 0.9~1.1 | 9.0 | 950 | 16.5 | 8,666 | 4,929 | 3,738 |
| | 1.2이상 | 11.0 | 1,367 | 24 | 8,987 | 7,138 | 2,162 |
| 동해안 | 0.8이하 | 12.9 | 708 | 14.9 | 8,749 | 6,245 | 2,504 |
| | 0.9~1.1 | 14.3 | 934 | 17.7 | 8,576 | 8,069 | 507 |
| | 1.2이상 | 5 | 2,000 | 36 | 7,260 | 10,797 | -1.9 |
| 제주도 | 0.85이하 | 7.6 | 830 | 12.4 | 7,936 | 5,181 | 2,755 |
| | 0.9~1.1 | 6.8 | 938 | 14.6 | 8,368 | 4,150 | 4,218 |

줄이는 것이 수익성 향상에 도움이 될 것으로 사료된다. 따라서 동해안 지역에서 육성기간을 장기간으로 설계할 경우, 성장속도에 비해 육성기간이 매우 길기 때문에 타당하지 않은 양식방법임을 알 수 있다.

성장속도가 높은 제주도 지역이나, 남해안 지역의 경우에는 성어 크기를 1 kg 내외로 짧은 기간에 키우는 경우가 출하가격이나 비용의 측면에서 가장 효과적인 것으로 나타났다.

② 양식환경 (생존율과 양성기간)

양식에 가장 중요한 자연환경 요인 중의 하나는 수온이라고 할 수 있을 것이다. 이러한 수온에 대한 대리적 변수로서 가장 유용한 변수는 넙치의 성장률과 생존율이라고 할 수 있다.

성장율에 대한 생물학적 변수는 사육 조건에 따라 크기 때문에 치어 입식부터 판매에 적합한 성어크기까지 양식하는 기간을 대리변수로 설정하였다. 양식장에서 치어입식부터 성어출하까지 성장하는 기간은 성장속도와 부의 선형관계이다. 즉 성장속도가 빠를수록 시장에 빨리 출하하므로 양성기간은 짧아지고, 반대로 성장속도가 느릴수록 시장에 늦게 출하하므로 양식장에서 치어 입식부터 성어 출하까지의 양성기간은 양식 환경에 있어 매우 중요한

대리변수라고 할 수 있다.

환경요인의 대리변수로서 생존율은 지역, 양식장, 연도마다 변동이 심한 변수이다. 생존율은 양성기간이 길수록 낮아지는 특성을 가지고 있다. 성장 속도와 생존율은 치어 입식부터 성어 출하까지의 양성기간을 매개변수로 하고 있다. 양성기간과 생존율간의 관계는 역의 상관관계에 있으므로 이 변수의 곱을 양식환경 대리변수(이하는 양식환경 변수로 이름)로 설정하였다.

양식 환경변수는 일정 출하중량이 정하여질 경우 양식기간과 생존율에 의하여 값이 결정되며 그 값이 적정할수록 양식조건이 양호하다는 것을 의미한다. 양식기간과 생존율에 따른 양식 환경변수의 값은 표 7-42과 같다.

표 7-42에서 보면 제주도 지역의 경우에 대리변수는 14 이상인 경우가 나타나지 않는다. 이것은 제주도 지역의 양식 환경이 가장 좋은 것을 의미한다. 양식 환경 변수의 값이 14 이하인 경우의 대리변수 평균과 출하하는 넙치의 평균 크기를 보면 동해안 지역은 대리변수 평균이 12.6이고 출하크기는 750 g, 남해안 지역은 대리변수 평균이 12.6에 910 g, 제주도 지역은 대리변수 평균이 11.1인데 920 g인 것을 보면, 동해안 지역은 양식 환경이 다른 지역에 비하여 차이가 있으며, 남해안 지역과 제주도 지역간의 차이도 생존율이 비슷하다고 가정하면 남해안 지역의 양성 기간이 제주도 지역보다 한달

표 7-42. 지역별 생존율 및 성어육성기간에 따른 대리변수(양식 환경변수)

| 지 역 | 대리 변수 | 평균크기 (g) | 생존율(%) | 대리변수평균 |
|-----|-------|----------|--------|--------|
| 남해안 | 10 이하 | 650 | 71.5 | 9.0 |
| | 14 이하 | 920 | 80.3 | 12.6 |
| | 18 이하 | 1,050 | 87.5 | 15.6 |
| | 20 이상 | 1,450 | 85.0 | 22.0 |
| 동해안 | 10 이하 | 700 | 50.0 | 8.0 |
| | 14 이하 | 750 | 84.2 | 12.6 |
| | 18 이하 | 1,140 | 78.8 | 15.5 |
| 제주도 | 10 이하 | 870 | 72.0 | 9.3 |
| | 14 이하 | 920 | 77.9 | 11.2 |

정도 더 요구된다는 것을 알 수 있다.

표 7-43에서 보면 동해안과 남해안 지역에서 양식 환경 변수가 14~18에서 가장 수익성이 크며, 이때의 성어크기는 1kg 내외인 것을 알 수 있다. 이에 비하여 제주도 지역의 경우 양식 환경 변수 14 이상의 경우는 없으며, 이 변수의 값이 14 이하인 경우가 수익성이 가장 높은 것을 볼 수 있다.

성장속도가 빠른 제주도 지역과 남해안 지역의 경우 성어중량을 1kg 내외로 빠른 시기에 키우는 것이 수익성에 중요하며, 동해안 지역은 오히려 생존율을 높이면서 1kg 이상 키우는 것이 수익성에 있어서 유리하다는 것을 알 수 있다.

표 7-43. 지역별로 성어육성기간에 따른 수익성

| 지 역 | 대리 변수 | 곱평균 | 가격 (원/kg) | 비용 (원/kg) | 이익 (원/kg) |
|-----|-------|------|--------------|--------------|--------------|
| 동해안 | 10 이하 | 8.0 | 7,500 | 8,841 | -1,341 |
| | 14 이하 | 12.6 | 8,036 | 6,406 | 1,630 |
| | 18 이하 | 15.5 | 9,605 | 7,010 | 2,595 |
| 남해안 | 10 이하 | 9.0 | 6,744 | 6,641 | 103 |
| | 14 이하 | 12.6 | 8,392 | 5,696 | 2,696 |
| | 18 이하 | 15.6 | 8,594 | 6,180 | 3,038 |
| | 20 이상 | 22.0 | 9,933 | 7,965 | 1,968 |
| 제주도 | 10 이하 | 9.3 | 7,816 | 4,484 | 3,331 |
| | 14 이하 | 11.2 | 8,533 | 4,600 | 3,933 |

③ 성장률

넙치의 성장률은 양식에 가장 중요한 환경변수이다. 이 성장속도에 대한 변수는 앞에서 기술한 바와 같이 경제성분석에 중요한 변수이나 사육조건에 따라 차이가 매우 크기 때문에 성장률은 치어입식부터 성어출하까지 평균양성기간과 성어출하시의 평균크기, 그리고 입식치어 크기로부터 성장률에 대한 변수를 추정하여 이용하였으며, 출하 성어의 평균양식기간의 값은 베타분포의 개념을 원용하여 추정하였다.

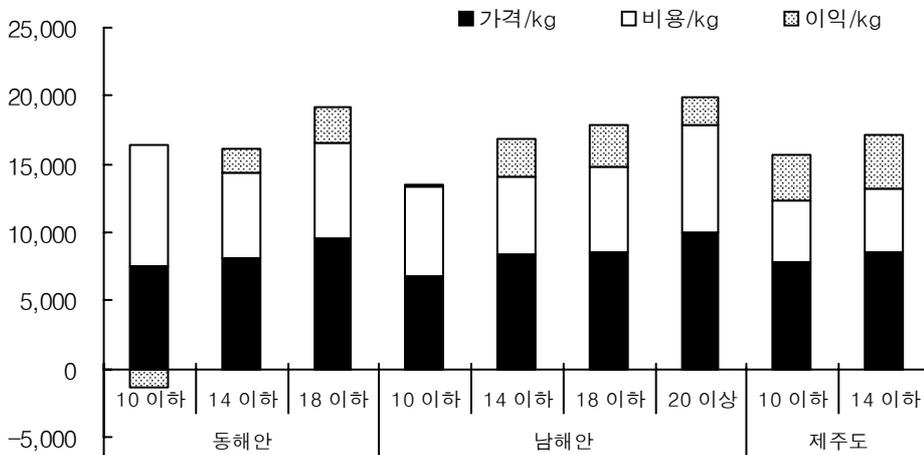


그림 7-5. 지역별로 넙치 육성기간에 따른 경제성 비교.

양식장에서의 넙치 연간 성장에 대한 식은 다음과 같다.

$$\text{연간 성장 중량} = (\text{성어 평균출하 중량} - \text{치어 중량}) / \text{성어 평균육성기간}$$

지역간의 연간 성장에 대한 수익성의 자료는 표 7-44와 같다. 이 표에 따르면 동해안 지역(평균 562 g), 남해안 지역(658 g) 제주도 지역(779 g) 순으로 연간 성장 중량이 커짐을 볼 수 있다. 또한 표준편차는 동해안 지역, 제주도 지역, 남해안 지역 순으로 나타났다. 이 값을 기준으로 2σ 범위의 연간 성장 중량을 구하여 보면 다음과 같다.

동해안 지역 연간 성장 중량범위(2σ) : 460~660g

남해안 지역 연간 성장 중량범위(2σ) : 580~735g

제주도 지역 연간 성장 중량범위(2σ) : 669~869g

연간 성장의 표준편차를 보면 동해안 지역의 성장속도 분산이 가장 큰 것을 알 수 있는데, 이것은 양식장간의 수온차가 다른 지역보다 크다는 것을 의미하며, 결과적으로 양식장 수익성의 편차가 동해안 지역이 더욱 커다는 것을 의미한다. 이와 달리 남해안 지역의 연간 성장의 표준편차가 가장 낮다는 것은 환경의 변화범위(수온 등)가 가장 적다는 것을 의미하며, 양식장 수

표 7-44. 지역별로 연간 성장률에 따른 수익성 비교

| 지 역 | 연간성장 (g) | 분산 | 표준편차 | 가격 (원/kg) | 비용 (원/kg) | 이익 (원/kg) |
|-------|-------------|-------|------|--------------|--------------|--------------|
| 남 해 안 | 658 | 1,487 | 38.6 | 8,465 | 6,016 | 2,545 |
| 동 해 안 | 562 | 2,420 | 49.2 | 8,558 | 6,847 | 1,711 |
| 제 주 도 | 779 | 2,048 | 45.3 | 8,202 | 4,546 | 3,655 |
| 전체평균 | 667 | | | 8,408 | 5,803 | 2,637 |

익의 불확실성이 상대적으로 적다는 것을 의미한다.

④ 양식장 규모

양식장 규모에 대한 분석은 규모의 경제성에 대한 분석이라고 할 수 있다. 지역별로 양식장 규모의 경제성을 분석하기에는 수집자료 숫자의 부족(평균의 분석이나 편차의 분석을 수행하기 위해서는 범주의 자료가 최소한 7개 정도가 되어야 함)으로 인해, 양식장 규모에 대한 분석은 지역간의 구분을 두지 않고 다양한 지역의 양식장 규모에 대한 수익성을 분석한 결과는 표 7-45와 같다.

양식 규모별로 비교해 보면, 양식 이익은 1,001평에서 1,500평 사이에서 차이는 크지 않으나 높게 나타나고 있고, 양식 비용은 1,500평에서 2,000평 사

표 7-45. 양식장 규모에 따른 수익성

| 양식 규모 (평) | 판매 가격 (원/kg) | 양식 비용(원/kg) | 양식 이익(원/kg) |
|-------------|--------------|-------------|-------------|
| 600 미만 | 8,149 | 5,860 | 2,288 |
| 600~1,000 | 8,577 | 5,682 | 2,895 |
| 1,001~1,500 | 8,683 | 5,675 | 3,008 |
| 1,501~2,000 | 7,677 | 5,007 | 2,670 |
| 2,000 이상 | 8,364 | 5,974 | 2,390 |
| 1,000 미만 | 8,406 | 5,753 | 2,736 |
| 1,001~2,000 | 8,418 | 5,586 | 2,974 |

이가 낮게 나타나고 있다. 이로 미루어 볼 때 양식장의 수익성은 1,001~2,000평 내외에서 가장 높게 나타났고, 2,000평 이상인 경우에는 수익성이 낮아지는 것으로 나타났다.

(2) 민감도 분석

(가) 민감도 분석 모형의 구축

양식장의 비용항목에 대한 민감도 분석을 위해서는 생산량의 가장 중요한 변수인 사료계수가 고려되어야 하는 데 이것은 생물학적 자료로 얻을 수가 없었다. 따라서 양식장 경제성의 민감도 분석은 대리변수를 이용하여 다음과 같은 함수를 추정하여 이루어졌다.

- 생산량에 관련된 생산함수의 추정
- 생산량에 따른 비용함수 추정

생산 및 수익과 비용에 대한 비용함수를 SPSS 12를 이용하여 통계적 방법으로 추정하였다. 이들 추정 방정식들은 규범적 모형과 민감도 분석에서 보완적으로 이용하였다.

① 생산함수의 추정

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

$$\text{수면적(평)당 생산량} = \text{상수} \times \text{적정치어입식수}^a \times \text{사료계수}^b \times \text{생존율}^c$$

사료계수와 적정 치어 입식 수량에 대한 변수는 단위 수면적당 치어 입식 수량과 성장률 그리고 수면적당 사료비를 대리변수로 넣고 수면적(평)을 부가항으로 넣어 생산량 모형식을 구축하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{수면적(평)당생산량} &= \text{상수} \times \text{수면적(평)당 입식치어수}^a \times \text{성장률}^b \times \\ &\quad \text{수면적(평)당 사료비}^c \times \text{생존율}^d + e \end{aligned}$$

양식수면적(평) 크기

7. 육상수조식 넙치 양식 경제성 분석

곱의 형태인 변수를 자연대수로 바꾸고 생산량에 유의한 독립변수로 판단되는 지역변수를 더미변수로 선형회귀 모형을 구한 결과는 다음과 같다.

- ① 모형에 이용된 변수로는 로그입식치어수, 로그연성장률, 수면적 크기(평), 사료비, 로그생존률 더미변수 등이다.
- ② 모형의 결과 : 모형의 분석 결과, 지역 더미변수가 추가됨에 따라 수면적당 사료비, 로그성장률변수는 유의성이 낮아져 제외되었으며, 최종적으로 얻어진 결과는 다음과 같다.

계수(a)

| 모형 | | 비표준화 계수 | | 표준화계수 | t | 유의확률 |
|----|-------|----------|--------|-------|--------|-------|
| | | B | 표준오차 | 베타 | | |
| 1 | (상수) | -108.395 | 81.775 | | -1.326 | .196 |
| | 로그치어수 | 16.638 | 9.861 | .281 | 1.687 | .103 |
| | 로그생존율 | 34.901 | 16.716 | .330 | 2.088 | .046 |
| | 수조평수 | -0.005 | .003 | -.281 | -1.811 | .081 |
| | 더미1 | -14.963 | 5.407 | -.472 | -2.768 | .010 |
| | 더미2 | -17.983 | 5.708 | -.536 | -3.151 | 0.004 |

a 종속변수: 수면적(평)당 출하량

분산분석(b)

| 모형 | 제곱합 | 자유도 | 평균제곱 | F | 유의확률 |
|--------|----------|-----|---------|--------|---------|
| 선형회귀분석 | 3265.308 | 5 | 653.062 | 4.2968 | .005(a) |
| 잔 차 | 4104.036 | 27 | 152.001 | | |
| 합 계 | 7969.344 | 32 | | | |

a 예측값: (상수), 더미1, 더미2, 로그생존률, 수면적 크기, 로그치어수

b 종속변수: 수면적(평)당 출하량

모형 요약

| 모형 | R | R ² | 수정된 R ² | 추정값의 표준오차 |
|----|---------|----------------|--------------------|-----------|
| 1 | .666(a) | .443 | .340 | 12.329 |

a 예측값: (상수), 생존률, 생산당 사료비, 수면적 크기, 연성장률, 지역

- ㉔ 모형의 결과분석, 모형의 예측정도는 대리변수를 이용한 것을 감안하더라도 높은 수준은 아니라고 판단된다. R^2 값은 잔차 분석을 한 결과 1,000평 이하의 양식장에서는 표준편차가 1,500평 이상의 표준편차보다 매우 크게 나타나 즉, 극단적인 자료가 많아 작게 나타나고 있었다. 이것은 1,000평 이하의 작은 규모에서 생산량의 변동이 크고, 이에 따라 경영의 불확실성이 높다는 것을 의미한다. 얻어진 모형의 결과는 자료의 추세는 볼 수 있으며, 또한 R^2 값은 낮지만 지역간의 차이가 매우 의미 있게 나타나 내용적 타당성은 높을 것으로 판단된다. 이 결과를 이용하여 구한 수면적(평)당 생산량의 예측 모형식은 다음과 같다.

$$\text{수면적(평)당 생산량} = -108.396 + 16.638 \times \text{로그치어수} + 34.901 \times \text{로그생존율} - 0.005 \times \text{양식수면적(평) 크기} - 14.963 \times \text{더미1} - 17.983 \times \text{더미2} \quad (\text{식 - 1})$$

㉕ 비용함수의 추정

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

- ㉕ 모형에 이용된 변수로는 성어크기, 단위수면적(평)당 치어비용, 출하량, 입식치어수량, 수면적 크기, 사료비용, 생존율, 육성기간, 연성장율, 더미1, 더미2 등이다.
- ㉖ 모형 구축은 단계적 회귀분석(후진방법, 기준:제거할 F의 확률 ≥ 0.100) 방법을 이용하였다.
- ㉗ 모형의 결과

표 7-46. 모형 요약

| 모형 | R | R ² | 수정된 R ² | 추정값의 표준오차 |
|----|-------|----------------|--------------------|-----------|
| 1 | .864a | .746 | .613 | 6.813 |
| 2 | .864b | .746 | .630 | 6.660 |
| 3 | .862c | .744 | .644 | 6.537 |
| 4 | .860d | .740 | .653 | 6.449 |
| 5 | .854e | .730 | .654 | 6.444 |
| 6 | .850f | .722 | .657 | 6.409 |
| 7 | .849g | .721 | .670 | 6.293 |
| 8 | .839h | .703 | .661 | 6.376 |

- a: 예측값 : (상수), 성어크기, 수면적(평)당 치어비용, 수면적(평)당 출하량, 수면적(평)당 치어수량, 더미2, 양식장 수면적(평), 수면적(평)당 사료비용, 생존율, 더미1, 연성장율, 육성기간
- b: 예측값 : (상수), 성어크기, 수면적(평)당 치어비용, 수면적(평)당 출하량, 수면적(평)당 치어수량, 더미2, 양식장 수면적(평), 수면적(평)당 사료비용, 더미1, 연성장율, 육성기간
- c: 예측값 : (상수), 성어크기, 수면적(평)당 치어비용, 수면적(평)당 출하량, 수면적(평)당 치어수량, 양식장 수면적(평), 수면적(평)당 사료비용, 더미1, 연성장율, 육성기간
- d: 예측값 : (상수), 성어크기, 수면적(평)당 치어비용, 수면적(평)당 출하량, 수면적(평)당 치어수량, 수면적(평)당 사료비용, 더미1, 연성장율, 육성기간
- e: 예측값 : (상수), 성어크기, 수면적(평)당 치어비용, 수면적(평)당 출하량, 수면적(평)당 사료비용, 더미1, 연성장율, 육성기간
- f: 예측값 : (상수), 수면적(평)당 치어비용, 수면적(평)당 출하량, 수면적(평)당 사료비용, 더미1, 연성장율, 육성기간
- g: 예측값 : (상수), 수면적(평)당 치어비용, 수면적(평)당 출하량, 수면적(평)당 사료비용, 더미1, 연성장율,
- h: 예측값 : (상수), 수면적(평)당 치어비용, 수면적(평)당 사료비용, 더미1, 연성장율
- I: 종속변수 : 수면적(평)당 비용

모형 요약(표 7-46)에서 보면 수정된 R제곱의 값은 모형 7에서 0.670으로 가장 크고 모형 8에서 0.661로 그 다음 큰 값이다. 따라서 모형계수의 자료는 모형 7, 모형 8의 자료만 아래에 제시하면 다음과 같다.

계수(모형 6까지는 생략)

| 모형 | | 비표준화 계수 | | 표준화계수 | t | 유의확률 |
|----|-------------|---------|-------|-------|--------|-------|
| | | B | 표준오차 | 베타 | | |
| 7 | (상수) | 5.658 | 9.808 | | .577 | .569 |
| | 수면적(평)당 출하량 | .122 | .093 | .169 | 1.320 | .198 |
| | 연성장율 | .022 | .013 | .211 | 1.768 | .088 |
| | 수면적(평)당 치어비 | 1.309 | .274 | .531 | 4.775 | .000 |
| | 더미1 | -5.563 | 3.320 | -.211 | -1.676 | .105 |
| | 수면적(평)당 사료비 | .735 | .256 | .363 | 2.876 | 0.008 |
| 8 | (상수) | 9.771 | 9.422 | | 1.037 | .309 |
| | 연성장율 | .027 | .012 | .254 | 2.192 | .037 |
| | 수면적(평)당 치어비 | 1,308 | .208 | .530 | 4.709 | .000 |
| | 더미1 | -6.950 | 3.190 | -.263 | -2.179 | .038 |
| | 수면적(평)당 사료비 | .825 | .250 | .407 | 3,302 | 0.003 |

㉔ 모형의 분석 결과, 수정된 R²의 값으로 보면 모형 7이 모형 8보다 0.009 정도 크지만, 변수의 유의확률에서 보면 모형 8이 상수를 제외한 모든 변수가 0.05 이하로서 매우 유의한 값으로 나타나고 있다. 모형 7과 모형 8을 적용하는 경우의 모형 계수와 변수의 평균값은 아래에 나타나고 있다. 이러한 모형계수를 이용하여 지역별 비용을 구하면 표 7-47과 같이 나타났다. 이 결과를 보면 비용방정식을 구성하여 답을 구한 결과가 5,000~10,000원 내의 차이를 보임으로서 큰 차이는 보이지 않으나 모형의 계수에 의미 있는 차이를 보이는 변수는 사료비임을 알 수 있다. 이것은 사료비 항목이 사료량의 대리변수로 사용되었기 때문에 발생하는 모형의 한계에서 기인하는 것이라고 할 수 있다. 따라서 생산량이 변수로 들어가 있는 모형 7의 결과를 이용한 비용방정식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{수면적(평)당 생산비} = & 5.658 + 0.735 \times \text{수면적(평)당 사료비} + 0.022 \times \text{연성장율} \\ & + 0.122 \times \text{수면적(평)당 출하량} - 5.563 \times \text{더미1} + 1.309 \times \text{수면적(평)당 치어비} \end{aligned}$$

(식-2)

7. 육상수조식 넙치 양식 경제성 분석

| 평 균 | 변수 | 모형계수 | |
|----------|-------------|--------|-------|
| | | 모형7 | 모형8 |
| 47.1248 | | | |
| | 상수 | 5.658 | 9.771 |
| 0.2121 | 더미1 | -5.563 | -6.95 |
| 15.0921 | 수면적(평)당 사료비 | 0.735 | 0.825 |
| 678.7929 | 연성장율 | 0.022 | 0.027 |
| 67.9551 | 수면적(평)당 출하량 | 0.122 | |
| 6.1468 | 수면적(평)당 치어비 | 1.309 | 1.308 |

표 7-47. 비용 모형을 적용할 경우 지역별 비용

| 수면적(평)당 비용 | 지 역 | | |
|------------|------------|----------|----------|
| | 완도 | 동해안 | 제주 |
| 모형7의 적용 | 42.4578207 | 48.02082 | 48.02082 |
| 모형8의 적용 | 41.6394052 | 48.58941 | 48.58941 |

(나) 변수의 민감도 분석

① 사료비

사료비는 비용항목 중에서 가장 비중을 높게 차지하는 변수로 비용의 측면에서 매우 중요한 변수이다. 사료비의 변동은 단순히 사료량의 변동이 없이 사료가격만 변동하는 경우와 사료량의 변동을 동반하는 경우로 구분하여 생각하여 볼 수 있을 것이다. 사료가격의 변동만 발생하는 경우는 규범적 모형에서의 변동량 즉, 사료비 변동만큼 비용이 증가하고 양식장의 수익은 비용 변동만큼 줄어들게 될 것이다. 이의 민감도 분석은 앞 장의 비용표준에서 비용증가분을 산정하면 됨으로 지역별 사료비(표 7-37)에 증가분을 곱하면 비용증가분이 되고 이 값이 양식 수익에 그대로 반영될 것이다.

그러나 사료비 변동이 생산량의 변동을 가져오는 경우, 즉 사료량의 증가 또는 사료효율의 변화로 생산량의 변동을 가져오는 경우는 사료량의 증가에 따른 사료계수가 있어야 규범적 모형을 구축하여 민감도 분석을 할 수 있다.

식-1에서는 사료비의 증가에 따른 생산량 증가는 나타나고 있지 않으나

식-2에서 수면적당 사료 계수가 0.735로 나타나고 있으므로 사료 비용을 10,000원 투입하는 경우 실제 투입효과는 7,350원 투입되는 것으로 분석되었다. 그런데 이 변수는 대리변수적인 성격을 가지고 있으므로 어느 정도 의사 결정 기준으로 이해하여야 하며, 또한 사료량에 따른 생산량이 선형의 관계가 아니고 한정적인 범위 내에서 변동된다는 점을 이해하여야 할 것이다.

② 넙치 판매가격

넙치의 판매가격은 출하시기에 따른 변동이 크며, 이는 외부적 변수와 밀접한 관계가 있으므로 양식장에서 통제할 수 있는 변수가 아니다. 다만 판매가격의 변동이 수익성에 어떠한 영향을 주는가를 분석하여 보면 다음과 같았다.

넙치의 판매가격은 수익함수 중에서 가장 비중을 높게 차지하는 변수로 수익 측면에서 매우 중요한 변수이다. 넙치의 판매가격의 변동은 출하량과 관련된 수수료에만 영향을 미치고 다른 비용항목에는 영향을 미치지 않는다. 따라서 넙치의 판매가격의 변동이 발생하는 경우 수익함수는 규범적 모형에서의 변동량(넙치 판매가격×생산량) 만큼 변동하게 된다. 또한 비용함수는 규범적 모형에서의 변동량(넙치 판매가격×생산량×매출수수료) 만큼 변동하게 된다. 따라서 (식-1)의 결과 값을 이용하여 판매가격이 1,000원 변동할 경우 변동에 따르는 수익의 변동을 계산하여 보면 다음과 같이 나타났다(표 7-48).

표 7-48. 넙치 판매 가격 1,000원 변동시 지역별 단위수면적당 수익 변동

| 양식 수면적 (평) | 지역별 수익 변동액 | | |
|------------|------------|--------|--------|
| | 남해안 | 동해안 | 제주도 |
| 500 | 70,630 | 67,630 | 85,593 |
| 1,000 | 68,130 | 65,130 | 83,093 |
| 1,500 | 65,630 | 62,630 | 80,593 |
| 2,000 | 63,130 | 60,130 | 78,093 |
| 2,500 | 60,630 | 57,630 | 75,593 |

③ 생존율

생존율은 수익 함수에서 중요한 변수인 생산량과 밀접한 관계가 있으므로 수익함수에서 중요할 뿐만 아니라, 생존율은 사료비, 치어비 등과 같은 비용에도 영향을 미치므로 비용함수의 측면에서도 매우 중요한 변수이다. 생존율 변동은 생산량과 관련되므로 사료비와 마찬가지로 사료계수와 같은 생물학적 변수를 알지 못하면 규범적 모형으로 민감도 분석을 할 수가 없다.

본 연구에서는 규범적 모형을 이용하는 민감도 분석이 불가능하므로 생산량 추정모형(식-1)과 비용추정모형(식-2)을 이용하여 민감도 분석을 하였다. (식-1)에서 생존율 증가에 따른 생산량 증가는 $(34.901 \times \text{로그생존율})$ 로 나타나고 있다. 또한 생산량 변동에 다른 비용 변동은 (식-2)에서 $(0.122 \times \text{수면적(평)당 출하량})$ 으로 나타나고 있기 때문에 (식-1)을 이용한 생산량 변동과 (식-2)를 이용한 비용 변동의 결과를 정리하면 표 7-49와 같이 나타났다.

표 7-49. 생존율 변화에 따른 비용 변동

| 생존율 (%) | 로그생존율 | 모형계수 | 평균치 | 생산변동량 (kg) | 비용변동 (원) |
|---------|----------|----------|--------|------------|----------|
| 60 | 4.094345 | 142.8967 | 154.87 | -11.98 | -14,611 |
| 62 | 4.127134 | 144.0411 | 154.87 | -10.83 | -13,215 |
| 64 | 4.158883 | 145.1492 | 154.87 | -9.72 | -11,863 |
| 66 | 4.189655 | 146.2231 | 154.87 | -8.65 | -10,553 |
| 68 | 4.219508 | 147.265 | 154.87 | -7.61 | -9,282 |
| 70 | 4.248495 | 148.2767 | 154.87 | -6.60 | -8,048 |
| 72 | 4.276666 | 149.2599 | 154.87 | -5.61 | -6,848 |
| 74 | 4.304065 | 150.2162 | 154.87 | -4.66 | -5,682 |
| 76 | 4.330733 | 151.1469 | 154.87 | -3.73 | -4,546 |
| 78 | 4.356709 | 152.0535 | 154.87 | -2.82 | -3,440 |
| 80 | 4.382027 | 152.9371 | 154.87 | -1.94 | -2,362 |
| 82 | 4.406719 | 153.7989 | 154.87 | -1.07 | -1,311 |
| 84 | 4.430817 | 154.6399 | 154.87 | -0.23 | -285 |
| 86 | 4.454347 | 155.4612 | 154.87 | 0.59 | 717 |
| 88 | 4.477337 | 156.2635 | 154.87 | 1.39 | 1,696 |
| 90 | 4.49981 | 157.0479 | 154.87 | 2.17 | 2,653 |
| 92 | 4.521789 | 157.8149 | 154.87 | 2.94 | 3,589 |
| 94 | 4.543295 | 158.5655 | 154.87 | 3.70 | 4,505 |
| 96 | 4.564348 | 159.3003 | 154.87 | 4.43 | 5,401 |

생존율에 따른 수익변화는 다음의 규범적 수익 방정식에 넣어서 계산하면 다음과 같다.

$$\text{수면적(평)당 수익} = \text{수면적(평)당 매출액(수면적(평)당 생산량} \times \text{가격}) - \text{수면적(평)당 비용}$$

판매가격을 10,000원/kg으로 가정할 경우 비용 감소보다 수익 감소가 7~9 배 정도로 나타나므로 생존율은 수익성에서 매우 중요한 변수임을 알 수 있다. 이러한 변수는 수면적당(평) 생산량이 적은 경우에 더욱 크게 나타나므로 동해안 지역의 경우에는 더 중요하다고 할 수 있을 것이다.

(다) 양식장의 수익성 제고를 위한 방안

① 관리적 방안

육상수조식 넙치 양식 경제성 분석 결과를 종합하여 보면, 양식 비용 항목에서 큰 비중을 차지하는 사료비용과 수익성 관련 변수인 넙치 생산량 및 생존율에 제고에 있어 양식 관리는 중요하므로, 양식 관리적 측면에서 이들에 대한 방안을 제시하면 다음과 같다.

㉠ 사료비

사료비는 지역간 차이가 있을 뿐만 아니라 지역 내에서도 매우 차이가 크다. 이것은 생사료를 구입할 경우 생사료 재고 비용을 고려치 않고 주문하기 때문이다. 구입시 사료가격 및 사료비용에 대한 자세한 사항은 추가적인 분석이 필요하다.

㉡ 생존율

생존율은 단위 수면적당 입식밀도를 적정하게 유지하는 것과 사료를 적정하게 공급해야 한다는 것을 알 수 있다. 따라서 이에 대한 관리적 노력이 필요할 것으로 생각된다.

㉢ 양식기간과 치어 크기

입식 치어의 크기에 따른 양식기간을 조절하는 것이 동해안 지역에서는

매우 중요한 변수로 파악되었다. 성장률에 따르는 양식기간의 문제를 효과적으로 해결하는 문제는 적정 크기의 치어를 입식하여 판매가격이 적절한 시기에 성어를 판매하는 방법이 효과적인 것으로 판단된다.

④ 양식장 규모

양식장의 적정규모는 지역마다 다르고 규모에 영향을 미치는 변수는 파악이 되지 않았지만, 양식장이 500평 이하인 경우와 2,500평 이상인 경우에는 수익성이 낮은 것으로 나타났으며, 수익성이 가장 높은 양식 규모는 2,000평 내외인 것으로 판단된다. 규모가 큰 경우에는 관리의 효율성이 낮기 때문으로 사료되고, 규모가 작은 경우에는 고정 비용적인 요소 때문인 것으로 사료된다. 그러므로 규모가 작은 경우에는 관리적 개선으로 문제를 해결할 수 없다고 할 수 있다. 그러나 규모가 큰 경우에는 관리적 개선을 통하여 어느 정도 수익성을 개선할 수 있다고 생각된다. 따라서 양식장 운영에 대해 관리자를 대상으로 전문적인 교육이 필요하다고 생각된다.

② 정책 방안 제시

① 생산량 조절 및 활어의 유통 개선 필요

양식장 수익에 대한 판매 가격 변수가 매우 중요하다. 그러므로 판매 가격을 적절하게 유지할 수 있는 생산량 조절 시스템과 활어의 유통개선이 필요하다.

② 사료 개발

양식비용 중에서 양식 사료가 차지하는 비중이 크므로 사료가격을 안정화할 수 있는 방법을 개발하여야 할 필요가 있다. 생사료의 경우 적절한 비축 시스템을 구축함으로써 가능할 것으로 사료되며, 배합사료의 경우 가격 대비 사료효율이 높은 사료를 구입하여 공급하도록 하는 것이 중요하다.

③ 양식경영에 대한 전문 교육

양식장 현장에서 양식에 대한 관리 기술은 있으나 양식장 경영에 대한 개

넙치 회박하여 과도한 양식 비용 또는 양식 이익 획득의 기회를 상실하는 경우가 많다. 따라서 이에 대한 적절한 교육방안을 마련하는 것이 필요할 것으로 생각된다.

8. 넙치 양식 생산 공정

가. 친어 관리

(1) 친어 확보

- ① 자연산 친어의 경우 해상에서 포획하여 인위적으로 순치시킨 후 어미로 활용하는데, 친어의 연령은 3~10년생, 크기는 전장 45~80 cm, 체중 1.0~7.0 kg이 주로 이용된다. 친어로서 가능 연령은 암컷이 4년생, 수컷이 3년생이면 된다.
- ② 인공산 친어의 경우 인위적으로 종묘 생산된 치어를 사육 관리하여 어미로 키워 활용하며, 친어의 연령은 2~5년생, 크기는 전장 40~68 cm, 체중 0.9~4.0 kg를 주로 이용된다.
- ③ 인공적으로 양성한 친어는 저령어의 경우 어체가 작아 산란량이 적기 때문에 4년 이상인 암컷을 사용하는 것이 바람직하나, 고령어는 산란량이 많은 대신 난질이 나빠질 우려가 있으므로 연차적 계획에 따라 유전적으로 다양한 형질을 가진 새로운 어미를 도입한다.

(2) 친어 사육시설

- ① 사육수조의 형태는 중앙 배수식 원형수조가 좋으며, 사육수조 크기는 친어의 안정성 고려하여 60~100 m³의 크기로 사육수심은 1.5 m 이상을 유지시킨다.
- ② 산란시기 조절을 위해 수온, 조도 및 광주기의 조절 장치를 설치해 두며, 산란 수조로서의 역할 수행을 위해 집란조를 설치한다.

(3) 친어 사육관리

- ① 먹이의 종류로는 냉동 까나리, 전갱이, 정어리, 고등어, 소형 잡어 등을 혼합하여 공급하며, 난질 향상을 위해 영양제를 첨가시켜 공급한다.
- ② 먹이 공급량은 사육 수온, 어체 크기, 사육환경 및 사료종류에 따라 차

이가 있지만, 생사료를 공급할 경우 어체중의 1~3%를 기준으로 1일 1~2회 공급한다.

- ③ 사육수의 수질을 양호하게 유지시키기 위해 고압모래 여과장치를 설치한다.
- ④ 친어의 수용밀도는 양질의 난을 얻기 위해 2~3 kg/m²(1~2마리/m²)가 적당하며, 암수 비는 1:1.5~2로 수용한다.

나. 산란 및 부화

(1) 산란 및 채란

- ① 산란기에는 산란 적수온 범위인 11~17℃를 유지시킨다.
- ② 산란 초기 및 말기의 난은 난질이 떨어지므로 본격적인 채란은 산란 개시 5~7일이 경과된 후부터 정상 난의 비율이 높을 때에 실시한다.
- ③ 넙치의 난은 분리 부성란이므로 별도로 설치된 집란조에 수정란이 모이도록 하여 수집한다.
- ④ 집란시 망목크기는 난이 망목에 끼지 않도록 300 μm 정도의 망을 사용하고 물의 흐름이 일정하여 수정란이 집란망의 한쪽으로 몰려 망 표면으로부터 충격을 받지 않도록 주의하여야 한다.
- ⑤ 망에 수집된 수정란은 메스실린더에 부어 부상 난과 침하 난을 분리시켜 계수한 뒤, 부상 난을 깨끗한 해수로 세척한 후 부화조로 옮긴다.

(2) 수정란 수송 및 수용

- ① 비닐주머니에 여과 해수를 넣고, 여기에 수정란을 넣고 밀봉한 후 수송하는데, 수송 밀도는 해수 15L의 1봉지 당 20~30만개를 기준으로, 수송 수온은 산란시의 수온과 같은 정도로 유지시켜 주는 것이 이상적이다.
- ② 수정란의 수송 시간은 당일 산란된 난일 경우 15~20시간 정도는 문제가 없으나, 산란 후 1~2일이 경과된 난의 경우는 수송 중에 부화해서 폐사하든가 또는 기형어 발생률이 높기 때문에 장기간의 수송은 피

하는 것이 좋다.

- ③ 수정란의 채란 또는 수송 후에 부화 수조에 수용할 때의 수온은 산란시의 수온과 비슷하게 맞추며, 넙치 수정란의 수용밀도는 $13,230 \pm 5,474$ 개/ m^3 으로 한다.

(3) 부화

- ① 부화는 적수온 범위인 $14 \sim 19^\circ C$ 에서 부화시킨다.
- ② 수정란은 일반 해수(염분 34‰)에서는 물에 뜨나 염분이 18‰ 이하이면 침강하므로, 수정란을 부유 상태로 두려면 염분을 19‰ 이상으로 유지시키는 것이 필요하나, 적정 염분 범위인 $34 \sim 51$ ‰로 유지시킨다.

다. 먹이생물 배양

(1) 클로렐라 배양

- ① 클로렐라 배양 장소는 광선이 충분히 들어오고 공기소통이 좋은 곳을 선정하고 수온 $22 \sim 23^\circ C$ 와 비중 1.020으로 조절한다.
- ② 시비재로서 일반비료를 사용할 경우에는 유안, 과인산석회 및 요소를 각각 $1 m^3$ 당 100 g, 15 g, 5 g 내외로 첨가하며, 질산염($NaNO_3$)과 인산염(NaH_2PO_4)과 같은 공업용 화학제품을 이용할 경우에는 $1 m^3$ 당 각각 150 g, 10 g의 비율로 첨가, 또는 시판되는 복합액체비료(ZIAVMTIF 등)를 $1 m^3$ 당 50~100 mL 정도 첨가한 후 클로렐라를 접종하여 배양한다.

(2) 윤충 배양

- ① 윤충의 배양 방법은 해산클로렐라($2,000 \sim 2,500 \times 10^4$ 세포/mL)를 배양수로 사용하여 담수 및 해수를 주입하여 비중 1.020 내외, 수온 $20 \sim 28^\circ C$ 에서 클로렐라 농도를 $500 \sim 1,500 \times 10^4$ 세포/mL로 조절한다.
- ② 최초 접종농도는 1 mL당 100개체로 시작하면 1주일 후에는 약 1 mL당

200개체로 증식한다. 망목 40~60 μm 의 물리 가제로 걸러서 넙치 자어의 먹이로 사용하고 다시 클로렐라를 공급하여 배양한다.

(3) 알테미아 부화

- ① 알테미아의 부화는 100~1,000 L의 용기에 여과해수를 넣고 1 L당 1~3 g의 알테미아 건조란을 넣고 폭기시켜 부화시키는데, 최적 부화 수온은 24~26°C로 알려져 있으며, 수온 28~30°C에서 부화시간은 24~30시간 정도 소요된다.
- ② 부화 후엔 유생의 추광성을 이용하여 껍질 및 산란과 유생을 분리하여 수거한다. 비교적 높은 영양가를 유지하고 있는 부화 직후의 노플리우스 단계에서 먹이로 사용하며, 클로렐라해수나 유화오일 등으로 영양 강화시킨 후 먹이로 사용한다.

라. 자치어 사육

(1) 착저기 이전 사육

- ① 사육수조의 크기는 생산규모와 사육방법에 따라 일반적으로 소형 수조에서 고밀도로 사육하다가 변태 전후에 분조하여 수조 수를 늘리거나 대형 수조로 옮겨 사육한다. 사육환경과 사육관리 등을 고려하여 고밀도로 사육시에는 3~10 m² 수조가 적당하고, 전장 2~3 cm까지 동일 사육수조에서 계속 사육하는 경우에는 25~50 m²의 비교적 대형 수조를 사용한다.
- ② 수조의 깊이는 1 m 전후가 적당하며, 수조의 구배는 사료 및 분 찌꺼기의 배출을 용이하게 하고, 배수시를 고려해서 배수구 쪽으로 완만한 구배가 되도록 한다.
- ③ 용존산소의 과포화로 발생하는 가스병과 수조저면과 측면에 해조의 번무를 방지하기 위하여 사육지에 지붕이나 창문에 차광시설을 한다.
- ④ 사육수조의 설계시 클로렐라, 윤충 및 알테미아 등의 공급을 고려하여

사육관리가 편리하도록 배치한다.

- ⑤ 모래나 5~10 μm 필터로 여과한 여과해수로 사육수는 처음에는 부화 자어에 충격을 주지 않기 위하여 지수식으로 하고 성장과 함께 유수식으로 사육수를 환수시킨다. 지수식 사육은 사육수온과 관리방법에 따라 다르나 대개 5~15일 정도이며, 지수 사육 시에도 수질상태에 따라 1일 사육수의 1/5~1/2일 정도를 천천히 환수시킨다. 유수식 사육시 환수량은 초기에는 0.3~1회/일, 후기에는 1~3.5회/일로 증가시킨다. 고밀도 사육의 경우는 되도록 빨리 유수식으로 전환하는 것이 수질관리가 유리하다.
- ⑥ 폭기(Aeration)방법으로는 분산기(에어스톤)를 사용하고 3~50 m^2 수조에 1~9개 사용하여 저면적 1~5 m^2 당 1개의 비율로 설치한다. 폭기량은 초기에는 아주 약하게 하다가 개체가 성장함에 따라 서서히 증가시킨다.
- ⑦ 수조 저면청소는 주로 사이폰 방식으로 하는데, 횃수는 사육방법과 사육밀도에 따라 다르며, 고밀도 사육시에는 1~3일/1회, 저밀도 사육시에는 착저기 전 총 사육기간을 통해 1~3회만 실시하는데, 착저가 완료되면 저면 청소가 곤란해지므로 착저 직전에 최소한 1회 바닥청소를 실시한다.
- ⑧ 수용밀도는 고밀도 사육시에는 7~9만 마리/ m^2 전후로 수용하고, 착저기 전까지 계속 사육시에는 1~1.5만 마리/ m^2 전후가 적당하다.
- ⑨ 먹이공급 개시기에 있어 부화 직후의 자어는 유영능력이 없고 난황으로부터 영양을 취하여 생활을 하므로 먹이를 공급해 줄 필요가 없지만, 난황의 흡수와 함께 자어는 성장하여 3일이 지나면 눈이 발달하고 입이 열리면 소화관도 형성되어 먹이를 먹기 시작하기 때문에 적어도 개구 하루 전인 2일째에 먹이를 공급하여야 한다.
- ⑩ 운충 공급량은 처음에 사육수 1 mL당 2~3마리의 밀도로 공급하여 성장함에 따라 공급밀도를 늘려나가 부화 후 12일에는 1 mL당 10~12개

체의 밀도로 공급한다.

- ⑪ 사육 수온 17~18℃에서 부화 후 9~10일째 자어는 알테미아의 노플리우스기 유생을 먹기 시작하므로 이 시기부터 0.1~3개체/mL 범위에서 점차적으로 공급 밀도를 높여 준다. 알테미아를 단독 공급하면 영양분의 섭취가 충분치 못하여 대량폐사의 원인이 되기도 하므로 윤충과 함께 공급하는 것이 바람직하며, 공급방법은 윤충을 공급하고 약 30분 경과 후에 알테미아 부화유생을 공급하는 것이 좋으며, 갓 부화한 노플리우스는 3~4시간이 지나면 대체로 영양가가 떨어지기 때문에 수확하여 곧 공급하되, 수조에 먹고 남은 노플리우스가 남아 있지 않도록 적당량 공급한다.

(2) 착저기 이후 사육

- ① 사육수조로서 소형 수조는 10 m² 이하, 중형 수조는 50 m² 전후, 대형 수조는 100~200 m²가 이용된다.
- ② 사육수조의 천정에는 차광막을 설치하여 조도를 낮추어 줌으로서 스트레스 방지와 치어의 체색 발현에 유리하다.
- ③ 사육시 적정 수온은 18~24℃로서 사육수의 환수율은 공급되는 먹이의 종류와 양에 따라 차이가 있지만, 수조의 배수방법과 사육밀도, 수온 등을 고려하여 결정한다.
- ④ 사육시 수용밀도는 크기별로 전장 13~15 mm에서는 5,000마리/m² 전후, 전장 30 mm 내외에서는 1,000~2,000마리/m²로 수용한다.
- ⑤ 자치어의 먹이는 개체가 성장함에 따라 소형 먹이생물로부터 대형 먹이 생물로 전환하며, 먹이생물에서 생사료나 배합사료와 같은 비생물먹이로 전환한다. 자치어의 먹이량과 공급횟수는 1회 공급량이 남지 않을 정도로 하여 자주 준다.
- ⑥ 자치어의 공식은 전장 20 mm 내외에서 치어의 활력차이, 공간경쟁과 먹이경쟁 등으로 인하여 공식현상이 일어나므로 선별을 실시하여야 하

는데, 선별방법은 한 마리씩 물과 함께 떠서 하는 손 선별과 선별 용기에 의한 선별 방법이 있는데, 최근에는 선별기에 의한 선별이 주로 행하여진다. 선별 시 또는 선별 후에는 항생제로 약욕을 행하는 것이 질병예방에 도움이 된다.

- ⑦ 고수온기에 수질악화로 인한 치어기의 대량폐사는 먹이 공급량의 증가와 동시에 발생되기 쉬우므로 특히 주의가 요구되며, 이 때에는 환수량을 늘리고 수조를 항상 청결히 유지하고, 치어의 유영상태와 먹이섭취 활동의 세심한 관찰이 필요하다.

마. 종묘의 입식

(1) 종묘 선정

- ① 가능한 한 건강하고 큰 종묘를 도입하여 빨리 성장시키는 것이 좋으나, 큰 종묘는 가격이 비싸다. 반면 작은 종묘는 값싸게 도입은 가능하나 초기 사육관리가 어렵고 폐사율도 높아 적당한 크기의 종묘를 선택하는 것이 중요하며, 치어기에는 개체에 따른 성장차이가 많이 나타나므로 일정한 크기의 종묘를 구입하여야 한다.
- ② 일반적으로 건강한 개체는 전체적으로 색이 연하면서 체표의 무늬가 뚜렷하고 정상유영을 하고, 먹이를 먹을 때는 활발한 섭취행동을 보인다.

(2) 종묘 운반

- ① 종묘의 운반 시에는 청정 해수를 이용한다.
- ② 양식장에서 종묘를 받는 자는 수송 중의 이상 유무 확인하고, 이상이 있을 시 그 내용을 “종묘도입일지” 운송 방법의 비고란에 기록한다.
- ③ 수송 중의 약욕 처리는 제품의 설명서에 따라 행한다.

(3) 종묘 수용

- ① 종묘를 활어차로부터 수조에 수용할 때에는 쪽대 그물망으로 인하여

어체에 상처가 나지 않도록 조심스럽게 취급하여야 한다.

- ② 종묘를 수조에 입식할 때에는 정확하게 총중량 계량한다.
- ③ 수용할 넙치 종묘 중에서 100~500마리(마리 수는 종묘의 크기에 의해 결정)를 들어내어 그 중량을 3회 반복하여 측정하여 평균 체중을 산출하나, 가능하다면 수용한 종묘의 전체 마리수를 계수하는 것이 좋다.
- ④ 수용 후, 질병예방을 위한 투약 또는 약욕방법은 투약 또는 약욕 요령에 따라 행한다.
- ⑤ 종묘도입일지(서식 1) 기록 요령에 따라 행한다.

바. 양성 관리

(1) 양수 시설

- ① 사육용 해수는 연중 수온변화가 적고 염분 농도가 일정하며, 물이 혼탁하지 않는 곳을 선정하여 취수한다.
- ② 양수 펌프의 선택은 수조 또는 저수조 위치까지 양수가 가능한 것을 선택해야 하고, 또 펌프의 설치위치는 가능한 한 바다표면에 가까운 것이 좋다. 사용 동력은 전기로 하되, 전기는 태풍, 낙뢰, 공사 등의 원인에 의해 불시 정전이 되는 경우도 있으므로, 자가발전 장치를 구비해 두어야 하며, 정전 시에는 자동적으로 작동 가능하도록 설비하여야 한다. 또한 정전 이외에도 펌프 자체의 고장으로 양수가 중단되는 경우와 펌프는 작동해도 송수관이 파손되어 탱크에 사육수를 공급하지 못하게 되는 경우가 생길 수 있으므로 자동 경보기를 설치하여 비상시에 대비하여야 한다.
- ③ 배관 시설로서 배관의 재질 선택으로는 풍파가 강한 해안일 경우는 강관을 육상에서는 값싸고 녹슬지 않아 편리한 PVC관을 이용하며, 관의 내측에는 각종 부착생물에 의해 주수능력이 저하되기 때문에 이를 고려하여 관의 굵기를 선택하여야 한다.

(2) 사육 시설

- ① 육상수조식 사육 수조의 경우, 수조의 형태는 원형, 팔각형, 정방형, 장방형 등이 이용되는데, 물의 움직임 및 환수율은 원형이 가장 좋고 장방형이 가장 나쁘다. 팔각형 수조의 경우 사육수의 정체구역을 최소화시키기 위하여 모서리부분은 둥글게 제작하는 것이 좋다.
- ② 사육 수심은 치어기에는 30~60 cm로 하고 개체가 성장함에 따라 40~80 cm의 깊이로 조절하는데 수조의 깊이는 실제 수면보다 위로 30~50 cm 더 높게 시설한다.
- ③ 수조의 저면적은 치어 수용시에는 4~10 m², 개체가 성장함에 따라 점차 넓은 곳으로 옮겨 중간 육성시에는 60~100 m²에 달하는 것이 적당하다.
- ④ 수조의 재질로는 철근콘크리트 수조의 경우 내구년 수가 길고 견고한 장점이 있지만 시설비가 많이 들고 한번 시설하면 개수나 변형이 어려운 단점이 있으며, 콘크리트 벽돌을 쌓아 만들면 시설비는 적지만 원형으로 만들기가 어려워 8각형 또는 4각형으로만 제작이 가능하다. FRP 수조는 내구년 수가 길고 수조 청소가 쉽지만 시설비가 많이 든다는 단점을 가지고 있다. 기타 재질로는 나이론시트는 수조를 지탱하는 틀을 값싼 재료로 만들면 시설비가 적게 드는 장점은 있으나 내구년 수가 짧고 수조 바닥에 시트의 주름이 생기는 단점이 있다. 시트를 지탱하는 틀에는 목재, 철판, FRP 등이 사용되며 목재가 가장 값싸고 FRP가 가장 비용이 많이 든다.
- ⑤ 수조의 바닥은 가능한 한 평탄하고 안정적인 색채로 하며 배수구로 향하여 약간 경사를 만들어 바닥에 가라앉는 배설물이 물의 흐름을 따라 유출되도록 시설한다.
- ⑥ 사육 수조의 지붕은 철판 스텔트 재질로 시설하는 것이 안전하지만 시설비가 많이 든다는 단점이 있으며, 비닐하우스는 시설비가 적은 대신 비닐을 2~3년마다 교체해야 하고, 또 직사광선을 막기 위해 차광막을

설치해야 한다.

- ⑦ 육상수조식 양식시설에 있어 사육수의 배출수 처리시설은 수산업법 제 44조의 규정에 의거 수조면적 합계 500 m² 이상에 대해 현행은 수질환경보전법 제30조의2제3항과 시행규칙 제50조 별표 10에 사료찌꺼기·배설물 기타 슬러지 등을 적정처리하기 위하여 사육시설면적의 20% 이상이고 깊이가 1~1.5 m인 침전시설, 또는 5% 이상의 침전조를 갖추고 “드럼 또는 경사스크린”이나 “3단계 거름망”을 추가 설치·운영하도록 명시하고 있다. 앞으로 지자체는 환경부 지침을 참고하여 시·도지사가 지역특성에 맞는 배출수의 수질기준을 정하여 환경부장관의 승인을 받아야 한다.

(3) 기타 시설

- ① 기타 양식 시설로서 물 속에 산소를 공급할 수 있는 장치가 필수적이며, 이러한 시설로는 송풍기펌프, 수차, 에어오투 등이 필요하다. 최근 산소 공급 장치로서 액화산소장치를 구비하여 사용하고 있는데, 액화산소는 200 L 크기의 소형 용기부터 반드시 허가를 받아야만 사용이 가능한 3~20톤의 대형 장치까지 다양하게 양식장에서 이용되고 있다.
- ② 간단하게 수온, 용존산소, 수소이온농도 등을 측정할 수 있는 휴대용 수질측정기를 갖추어야 하며, 그 외 염분, 경도, 알카리도, 암모니아, 아질산 등을 측정할 수 있는 장비를 갖추어야 한다.
- ③ 어류의 성장과 함께 개체간의 크기에 따라 분류하기 위하여 선별기를 이용하는데, 선별기의 재질은 해수에 견딜 수 있는 스텐레스스틸을 반드시 사용하여야 한다.
- ④ 정전에 대비해서 비상용 발전기를 반드시 갖추어야 하며, 발전기의 정상 가동 여부는 매주 점검하고 정전이 아닌 경우에도 발전기의 정상 가동을 정기적으로 확인해 두어야 한다.
- ⑤ 양식장에서 정전 또는 펌프의 고장이 일어나면 사육 중인 생물을 일시

에 죽이는 일이 이따금 일어난다. 이에 대한 대비책으로 경보장치를 갖추어야 한다. 이러한 경보장치는 정전뿐만 아니고 펌프의 가동여부, 저수위 등을 알리도록 해야 한다.

(4) 사육 환경

- ① 양식장에 있어서는 건강항목에 기재하고 있는 COD(또는 BOD) 및 대장균군의 검사를 행한다. 1년에 4회 정도 분석을 행하는 것이 바람직하다.
- ② 양식장의 수질환경(수온, 용존산소, 수색 및 탁도)의 관찰은 매일 행하고, 사육경과일지(서식 9)에 기록한다.
- ③ 태풍 및 호우에 의한 하천수의 대량유입, 적조 등 양식장의 수질에 영향을 줄 수 있는 상황이 있을 시에는 기록한다.

(5) 사육어 선별 및 밀도조절

- ① 사육어의 선별 주기는 치어기에는 1개월 1~2회 정도, 체중 100g 이상 크기에서는 2~3개월에 1회 정도 실시한다.
- ② 선별시 주의사항으로는 선별 전에는 반드시 1일 전에 먹이공급을 중지하는 것이 좋고 치어를 포획시 어체에 상처를 내지 않도록 하여 가능한 단시간에 선별을 실시하여 스트레스를 최소화 하여야 한다. 선별 시에는 가능하면 항생제 약욕을 실시하며, 선별 후에는 항생제 투여로 질병 발생을 방지하는 것이 좋다.
- ③ 선별 시에는 사육을 위하여 각 사육수조별로 가장 중요한 자료가 되는 전장과 중량을 측정해 두면 사료공급량 산정과 성장률 향상 등 양식경영에 도움이 된다.
- ④ 양성 과정에 있어서 입식 후의 종묘는 사료를 투여하면 성장하여 사육 밀도가 높아지게 되므로, 선별하여 사육밀도를 계속 낮추면서 사육하여야 한다. 수조에 수용한 어류의 사육밀도는 적정방양밀도를 기본으로 하여 용존산소량 및 사육 환수율 등을 감안하여 조절한다.

- ⑤ 밀도조절시 종묘의 취급 방법은 운송시 취급 방법과 동일하게 행한다.
- ⑥ 넙치의 사육밀도를 조절할 때에는 작업을 행하기 전일은 절식시킨다.
- ⑦ 분양일지 (서식 2)에 기록한다.

(6) 치어기 먹이공급

- ① 입식 후 치어는 초기에 약 1~2주일간은 종묘 생산시에 공급하던 것과 동일한 먹이를 공급하는 것이 좋다. 그 후에는 먹이의 영양과 관리측면을 고려하여 먹이를 선택하고 서서히 먹이를 전환시킨다.
- ② 양식장에 치어 입식 후 초기에는 먹이 섭취량도 많고, 공식도 일어날 우려가 있으므로 이른 아침부터 저녁 늦게까지 여러 번 나누어 먹이를 공급하는 것이 유리하다. 일간 먹이공급횟수는 양식장의 환경이나 사육 밀도 등 상황에 따라 초기에는 1일 3~5회 정도 만복시의 80~90% 비율로 공급한다.
- ③ 넙치의 경우 사료 공급시 7~10일에 1회 정도는 절식시켜 내장을 한번 썩 비워주는 것이 넙치의 건강상태를 양호하게 하고, 사료효율을 높이는 효과가 있다.

(7) 계절별 사육관리

- ① 넙치는 수온 21~24℃에서 가장 성장이 좋으며, 당년어의 경우는 비교적 고수온에 강하나, 여름철 수온이 28℃ 이상 올라가면 먹이 섭취량이 저하하며, 성장이 되지 않고 오히려 체중이 줄어드는 경우가 있다. 고수온이 장기간 유지될 때에는 사망률이 극히 높아지기 때문에 주의를 기울여야 한다. 2년생의 경우는 여름철 고수온이 오기 전에 출하 가능한 크기는 판매를 하고, 사육 밀도를 낮추어 주는 것이 관리하기에 좋다.
- ② 가을철이 되면 수온이 차츰 낮아지고 넙치의 성장 적수온기에 들게 되며 먹이섭취량도 늘어나고 성장도 점차 빨라지게 된다. 따라서 넙치의 성장에 좋은 수온기가 되면 먹이공급량도 늘려 포식량에 가깝게 공급하

여 성장을 최대화하도록 관리한다. 이 시기는 넙치의 성장 적수온 범위에 들게 되면서 성장도 빨라져서 어체 중량이 빨리 증가하게 되므로 어체 크기별로 선별, 분양하여 적절한 방양밀도를 유지시켜 주어야 한다.

- ③ 겨울철이 되어 수온이 12℃ 이하가 되면 먹이 섭취량이 줄어들고 성장률이 저하한다. 또한 질병 발생률도 낮아져서 폐사량이 줄게 되지만, 다음해 봄 수온상승기에 발생하게 된다. 따라서 수온하강기의 관리나 월동기의 관리가 봄철 성장과 생존율에 크게 영향을 미치게 되므로 이 시기에 종합비타민이나 미네랄 같은 종합영양제를 사료에 첨가하여 공급하는 것이 좋다.

(8) 냉수대 발생시 사육관리

- ① 냉수대가 접근시에는 사육수 및 주변 해역의 수온 변화를 주시하고, 사료 공급량을 줄이며, 영양제를 첨가한 사료를 공급하여 넙치의 면역력을 강화하며, 사육 수조내 사육환경을 양호하게 유지시키기 위해 사육수의 환수량 증대시킨다. 또한 사육밀도를 저하시켜 스트레스 감소시킨다. 가능한 한 저수조를 구비한 경우에는 깨끗한 해수를 저장해 둔다.
- ② 냉수대가 도달시에는 사육 수조내 수온의 급격한 변화를 방지하기 위해 환수량을 감소시키고 사료공급량 및 공급횟수를 줄이거나 사료공급을 중단하며, 사육수 순환이 가능한 시설이면 자체 순환시키면서 사육하고 사육환경을 안정시켜 사육생물의 생리적인 스트레스를 최소화시킨다.
- ③ 냉수대가 소멸되면, 사육수의 환수량을 서서히 증가시키고 사료공급량을 서서히 증가시킨다. 기타 스트레스를 방지하며, 정상적인 사육 관리를 한다.

(9) 적조 발생시 사육관리

- ① 적조 주의보 발령시에는 취수구 주변 적조생물을 수층별로 채집하여 적조생물 농도가 낮은 층에서 취수하고 해수 여과시설, 산소공급시설 등

장비점검 및 가동하며, 액화산소를 충분히 비치하여 취수중단에 대비하고 사료공급량 조절 또는 예비수조에 양식생물 분산하며, 유해 적조생물 농도에 따라 환수중단 또는 환수량 조절하며, 예비 사육수를 최대한 비축한다. 야간에는 가능한 한 취수중단, 액화산소 공급한다.

- ② 적조 경보 발령시에는 여과시설(지하해수, 간이여과시설, 필터 등)을 통하여만 환수하고 여과시설이 없는 경우 환수중단 또는 환수량을 조절하며, 깊은 수심 또는 적조생물 밀도가 낮은 수층의 물로 환수한다. 야간에는 환수를 억제하는 대신 액화산소공급 장치를 최대한 활용하며, 각 수조에 순환펌프나 수중펌프 등을 설치하여 자체순환과 낙차 등을 이용한 산소를 보충한다. 적조로 장기간 절식할 경우 어체 약화로 질병 발생률이 높으므로 사료에 영양제를 혼합하여 공급한다.

사. 배합사료 및 생사료 관리

(1) 배합사료 및 첨가제 구입

- ① 사육관리책임자는 배합사료 및 첨가제(영양제, 간장제 등)를 구입 시마다 구입한 제품별로 배합사료, 첨가제 구입기록일지(서식 3)를 작성한다.
- ② 구입한 배합사료 및 첨가제는 해충 또는 동물의 침입을 방지하고, 품질이 악화되지 않는 방법(냉음소, 냉동고 또는 환기장치의 부착 창고에 보관하는 것)으로 보관한다. 적절한 보관 장소가 없는 경우에는 유효기간을 감안하여 사용할 양을 구입한다.
- ③ 구입한 배합사료 및 첨가제는 구입한 순으로 사용하고, 오래된 것이 장기간 남아있지 않도록 하며, 유효기간 내에 사용되지 않은 것은 폐기한다.

(2) 생사료 구입

- ① 생사료를 구입할 때 마다 생사료 구입기록일지를 작성한다.
- ② 구입한 생사료는 냉동고에 보관하여야 하며, 적절한 보관 장소가 확보될 수 없는 경우는 당일 사용할 양만 구입한다.

- ③ 생사료는 유지의 변화에 주의하고, 산화 냄새가 있는 것이나 육안적으로 품질이 악화되어 있는 것은 사용하지 않는다.
- ④ 구입된 생사료의 일부를 무작위로 취하여 서식 4의 일련번호를 붙이고 지정된 방법으로 보관한다.

(3) 사료의 제조 및 공급

- ① 사육관리책임자는 작업 개시 전에 사료 제조 및 공급 지침서(서식 5)를 작성하여 작업담당자에 전달하고, 그날의 작업에 필요한 지침을 준다.
- ② 작업담당자는 “사료의 제조 및 공급 지침서”에 따라 행한다. 사료 제조시는 가능한 한 직사광선을 피하도록 한다. 생사료에 분말배합사료 또는 첨가제를 혼합하여 모이스트펠렛 사료를 제조할 때에는 분말배합사료 또는 첨가제가 균일하게 혼합되도록 충분히 교반을 행한다.
- ③ 사료 제조 후 될 수 있는 한 빨리 공급하는 것이 좋는데, 사료 제조 후 바로 공급하지 않는 경우(예를 들면, 오전 중에 제조한 것을 오후에 투여하지 않는 경우)에는 냉장고에 보관한다.
- ④ 남은 사료는 수산용의약품이 함유되지 않은 한 다른 어군에 공급하여도 좋다. 남은 사료를 다음날 공급할 경우는 냉동 보관한다.
- ⑤ 전날 남은 사료를 재공급할 때, 서식 9의 비고란에 소견을 기록한다.

아. 수산용 의약품 관리

(1) 질병의 진단 및 사용약제 선정

- ① 사육어의 유영 및 섭취에 이상이 확인되며, 폐사어가 눈에 띄는 경우 및 세균감염증의 발생이 의심되는 경우에는 필요시 수산질병관리사 또는 어병 전문기관에 세균학적 검사를 의뢰한다.
- ② 검사를 의뢰할 때는 검체와 함께 “어병진단 투약지시일지(서식 6)”를 제출하고, 병명을 기록할 뿐만 아니라 사용약제의 추천을 받는다.
- ③ 검사 및 기록을 어군마다 행해야 한다.

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

(2) 수산용 의약품 구입

- ① 사용할 의약품이 결정되면 필요량을 구입한다. 수산용의약품을 받을 때에는 사육관리책임자는 “수산용의약품 구입일지(서식 7)”에 기록한다. 사전에 “수산용 의약품 구입일지” 용지를 구입자가 건네주어 납품 시에는 납품업자가 기재하여도 좋다. 다만, 그 경우에는 기록자가 서명란에 날인한다.
- ② 구입된 수산용의약품은 안전 또한 품질의 변질을 방지할 수 있는 장소에 보관한다.

(3) 약사료의 제조 방법

- ① 사육관리책임자는 “사료의 제조 및 공급 지침서(서식 5)”를 작성하여 작업담당자에게 전달한다. 이 때에 약제의 첨가방법, 공급 수조 등에 관하여 필요한 지시를 한다.
- ② 투약을 행할 때의 사료공급량은 발병 전에 비해 공급량을 줄여(대략 60% 정도) 준다.
- ③ 약제를 점착제 또는 기타 첨가제와 함께 배합사료 및 생사료에 첨가하는 경우는 비닐 봉투에 약제 및 첨가제를 넣고 충분히 교반한 후, 배합사료 및 생사료에 첨가한다.
- ④ 약제를 배합사료 및 생사료에 균일하게 혼합시키기 위해 소량씩 첨가하여 10~15분간 교반한다.
- ⑤ 약제를 넣은 배합사료와 생사료를 넣은 용기는 통상 배합사료 및 생사료를 넣은 용기와는 엄밀하게 구별한다. (색, 형상이 다른 용기를 이용하지만, 비닐테이프로 색을 구분하기도 한다.)
- ⑥ 1대의 사료 제조기로서 약제를 넣은 사료와 무첨가 사료를 제조할 경

우에는 반드시 무침가 사료부터 제조한 후, 약제를 첨가한 사료를 제조한다.

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

(4) 투약시의 사료 공급

- ① 투약을 개시하는 전날은 사료공급을 중지하고 폐사 및 폐사 직전의 개체는 들어낸다. 가능하다면 수조 안에 들어가서 개체를 선별하여 제거한다.
- ② 투약 시는 가능한 한 많은 어류가 약제를 함유한 사료를 섭취하도록 하여야 하므로, 통상적인 사료 공급시보다 천천히 사료를 공급한다.
- ③ 약제가 혼합된 배합사료 및 생사료를 먹지 않고 남는 것은 유효량의 약제를 섭취하지 않게 되므로, 사료가 남지 않도록 공급한다. 섭취 상태가 나쁜 경우는 배합사료 및 생사료의 양을 줄여서 약제를 첨가한다.

(5) 휴약기간의 준수 및 출하시 주의사항

- ① 수산용약품의 사용시 기재된 주의사항을 준수하여 휴약 기간을 엄수한다.
- ② 투약부터 출하까지 휴약 기간이 충분하지 않는 경우는 투약을 행하지 않는다.

(6) 양식어의 건강도 모니터링

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

- ① 특정 어군을 선정하여 1개월에 1회 5~6마리를 시료 채취한다.
- ② 검사는 세균학적 검사 및 혈액학적 검사(HE치, 혈당치, 혈장콜레스테롤 등)을 행한다.

- ③ 검사는 지정된 전문기관에 의뢰한다.
- ④ 검사결과는 “건강진단일지(서식 8)”에 기록하여 보관한다.

자. 출하 관리

- ① 사육관리책임자는 출하개시 전에 작업원 전원에 대하여 하루 작업내용을 설명하고 주의사항을 주지시킨다. 또한 작업원에게 질병 등 이상 유무를 확인한다.
- ② 작업원의 작업복, 장화 등의 오염 여부를 점검하고 세탁할 수 없는 것을 입고 있는 작업원은 옷을 교환한다.
- ③ 그물, 쪽대, 운반 바구니 등의 청소상태를 점검하여 청소가 충분하지 않으면 바로 청소를 하든가 새로운 것을 사용한다.
- ④ 활어차 수조에 넣을 얼음의 양을 점검하여 부족한 경우에는 보충한다. 얼음은 구입처로부터 일반 위생 및 대장균을 지정검사기관에서 측정한 검사성적서의 사본을 확인한다.

종묘도입일지 (서식 1)

| 항 목 | 적 요 | 비 고 |
|----------------|-----|-----|
| 1. 일련번호 | | |
| 2. 종묘의 유래 | | |
| 3. 도입연월일 | | |
| 4. 운송방법 | | |
| 가. 활어차 크기 (톤) | | |
| 나. 수송 총중량 (kg) | | |
| 다. 수송 마리수 | | |
| 라. 운송회사, 담당자 | | |
| 5. 소독방법, 처리시간 | | |
| 6. 입식수조 | | |
| 7. 입식량 | | |
| 가. 크기, 마리수, 중량 | | |
| 나. 마리수 | | |
| 다. 총중량 | | |
| 8. 기타 | | |

담당자 : ○ ○ ○ (인)
 점검자 : ○ ○ ○ (인)

종묘도입일지 기록요령

- ① 일련번호 : 4행의 숫자로서 왼쪽 2행은 연도(1999년은 99, 2000년은 00), 오른쪽 2행은 01부터 시작되는 연번이 된다. 도입한 종묘의 최초 입식 수조를 기록한다. 이 일련번호는 입식 후 어군 추적을 위해 어군에게 고유번호가 된다.
- ② 종묘의 유래 : 인공종묘생산지역(동해, 서해, 남해, 제주도), 생산자명 또는 생산업체를 기록한다.
- ③ 소독·백신처리 유무 : 수송 중 또는 종묘 도입 후, 소독·백신처리를 행한 경우는 사용물질명(제조회사명)을 명기한다.

분양일지 (서식 2)

| 항 목 | 적 요 | 비 |
|----------------|-----|---|
| 1. 어군번호 | | |
| 2. 수조 번호 | | |
| 3. 분양연월일 | | |
| 4. 수용량 | | |
| 가. 어체 크기 | | |
| 나. 어체 마리수 | | |
| 다. 어체 총중량 (kg) | | |
| 5. 기타 | | |

담당자 : ○ ○ ○ (인)
 점검자 : ○ ○ ○ (인)

분양일지 기록요령

- ① 어군번호 : 종묘도입일지의 4행 번호에 하이픈(-)으로, 01부터 시작하여 연번을 붙인다. 예) 9901-01은 기록번호 9901에 기록된 종묘를 양성하고, 분양한 1 어군인 것을 나타낸다. 기록번호 9901에 기록한 종묘를 3개의 수조에 분양한 경우에는 9901-01, 9901-02, 9901-03의 분양일지를 작성한다.
- ② 수조번호 : 넙치를 분양, 수용한 사육 수조의 번호를 기록한다.

배합사료 · 첨가제 구입 일지(서식 3)

| 항 목 | 적 요 | 비 고 |
|-------------|-----|-----|
| 1. 일련번호 | | |
| 2. 구입연월일 | | |
| 3. 배합사료 제품명 | | |
| 4. 첨가제명 | | |
| 5. 로트번호 | | |
| 6. 구입수량 | | |
| 7. 납품업자명 | | |
| 8. 보관장소 | | |
| 9. 사용종료일 | | |
| 10. 기타 | | |

담당자 : ○ ○ ○ (인)
 점검자 : ○ ○ ○ (인)

배합사료 · 첨가제 구입일지 기록요령

- ① 일련번호 : 일련번호는 연도(1999년도 99, 2000년도 00)을 표시하는 2행의 번호로서 시작하여, 하이픈(-)으로 구입 순으로 1부터 시작하여 연번을 붙인다. 예, 99-01 (1999년에 처음 구입한 제품임을 나타낸다.)
- ② 로트 번호 : 제품 포장에 기재된 로트 번호를 기록한다.

생사료 구입 일지 (서식 4)

| 항 목 | 적 요 | 비 고 |
|------------|-----|-----|
| 1. 일련번호 | | |
| 2. 구입연월일 | | |
| 3. 구입업체명 | | |
| 4. 생사료의 종류 | | |
| 5. 보관장소 | | |
| 6. 사용종료연월일 | | |
| 7. 기타 | | |

담당자 : ○ ○ ○ (인)
 점검자 : ○ ○ ○ (인)

생사료 구입 일지 기록요령

- ① 일련번호 : 일련번호는 연도(1999년도 99, 2000년도 00)을 표시하는 2행의 번호로서 시작하여, 하이픈(-)으로 구입 순으로 1부터 시작하여 연번을 붙인다. 예, 99-01 (1999년에 처음 구입한 제품임을 나타낸다.)

사료제조 및 공급 지침 일지 (서식 5)

| 항 목 | 적 요 | 비 고 |
|---------------|-----|-----|
| 1. 일련번호 | | |
| 2. 사료공급 수조 번호 | | |
| 3. 사료제조 | | |
| 가. 배합사료 제품명 | | |
| 나. 배합사료 사용량 | | |
| 다. 첨가제 제품명 | | |
| 라. 첨가제 사용량 | | |
| 4. 생사료 | | |
| 가. 생사료 종류 | | |
| 나. 생사료 사용량 | | |
| 5. 기타 | | |

담당자 : ○ ○ ○ (인)
 점검자 : ○ ○ ○ (인)

사료 제조 및 공급 지침 일지 기록요령

- ① 일련번호 : 일련번호는 6행의 숫자로서 지침서를 작성한 일자를 표한다 (연월일 순으로 2행의 숫자를 붙인다. 예로서 1999년 4월 10일에 작성한 지침서는 990410로 한다). 이후에 하이픈(-)을 붙이고, 사료 제조 로트를 나타내는 번호를 붙인다(예로서, 1999년 4월 10일에 3회의 사료 제조를 행한 때는 990410-1, 990410-2, 990410-3라고 하는 3장의 지침서를 작성하게 된다).

어병진단 · 투약지시일지 (서식 6)

| 항 목 | 적 요 | 비 고 |
|--------------------------|-----|-----|
| 1. 진단대상어군번호 | | |
| 2. 진단연월일 | | |
| 3. 질병명 | | |
| 4. 사용 약제명 | | |
| 5. 사용 약제 양 | | |
| 가. 평균체중 | | |
| 나. 사육마리수 | | |
| 다. 총중량 (kg) | | |
| 라. 약제의 용량 (g/kg 체중/일) | | |
| 마. 1일 약제 사용량 | | |
| 바. 약제 총사용량 | | |
| 6. 투약기간 | | |
| 7. 기타 | | |

담당자 : ○ ○ ○ (인)

점검자 : ○ ○ ○ (인)

어병진단 · 투약지시일지 기록요령

- ① 진단대상어군번호 : 질병에 의한 폐사가 발생하여 진단을 위한 검체를 채취한 어군의 번호(분양일지의 어군 번호)를 사육관리책임자가 기록한다.
- ② 질병명 : 확정된 질병을 기록한다.
- ③ 약제사용량 : 사용할 약제의 양을 산출한 근거를 기록한다.

8. 넙치 양식 생산 공정

수산용 의약품 구입일지 (서식 7)

| 항 목 | 적 요 | 비 고 |
|-----------|-----|-----|
| 1. 구입기록번호 | | |
| 2. 구입연월일 | | |
| 3. 제품의 명칭 | | |
| 4. 구입처 | | |
| 5. 구입수량 | | |
| 6. 보관장소 | | |
| 7. 투약종료일 | | |
| 8. 약제잔존량 | | |
| 9. 기타 | | |

담당자 : ○ ○ ○ (인)

점검자 : ○ ○ ○ (인)

건강진단일지 (서식 8)

| 항 목 | 적 요 | 비 고 |
|-------------|-----|-----|
| 1. 검사연월일 | | |
| 2. 진단대상수조번호 | | |
| 3. 세균검사결과 | | |
| 4. 혈액검사결과 | | |
| 가. 헤마토크리트치 | | |
| 나. 백혈구기능검사 | | |
| 다. 혈장총콜레스톨치 | | |
| 5. 종합의견 | | |
| 6. 기타 | | |

사육일지 (서식 9)

수조번호 :

| 일자 | 수온 (℃) | 수질 | 사료종 류 | 투여량 (kg) | 섭취상태 ①②③ | 폐사 마리수 | 어군상태 | 비고 | 날인 |
|----|-----------|----|----------|-------------|-------------|-----------|------|----|----|
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

사육일지 기록요령

- ① 수온 : 일정 시각 및 장소에서 측정된 수온을 기록한다.
- ② 수질 : 수색, 탁도 등의 이상 유무를 확인하고 기록한다.
- ③ 사료의 공급량 : 하루에 공급한 사료의 양을 기록한다.
- ④ 사료의 공급상태 : 예정된 사료의 공급량을 투여하여도 계속 섭이하는 상태 ③, 예정된 사료의 공급량을 주어 포식한 상태 ②, 남은 사료가 나오는 상태를 ①로 판정하여, 그 숫자에 동그라미를 붙인다.
- ⑤ 폐사 마리수 : 수조 내에 폐사량이 발견되면 들어내고 그 숫자를 기록한다.
- ⑥ 어군의 상태 : 어군의 행동을 육안으로 관찰하여 유영 행동의 이상이나 체색 이상을 보이면, 그 증상을 기록한다.
- ⑦ 비고 : 비고란에는 분양, 수조 청소, 투약 등의 작업에 있어서, 특기할 사항이 있으면 기록한다.

※ 넙치 양식 이력서 (참고자료 1)

| 항 목 | 내 역 | 비 고 |
|-----------|---------------------------|--------|
| 난수용일 | 00년 00월 00일 | |
| 도입처 | 자가채란 | |
| 출하일 | 00년 00월 00일 | |
| 출하마리수 | 000마리 | |
| 출하시어체평균체중 | 00마리(00g) | |
| 생산업자 | 00수산 | |
| 소속양식수협 | 0000조합 | |
| 사육장소 | 육상수조 | |
| 초기사료의 종류 | 동물플랑크톤, 알테미아, 냉동코페포다 배합사료 | |
| 최종사료의 종류 | MP 또는 EP 사료 | |
| 회사별 사료종류 | 00사료 | 성분표 첨부 |
| 운반방법 | 활어차 | |
| 병력 | 00질병 | |
| 투약이력 | 00월 00일 000약품 약육 1회 등 | |
| 사용약품명 | 00제 | 성분표 첨부 |
| 최종투약종료일 | 00년 00월 00일 | |
| 사용영양제명 | 00제 | 성분표 첨부 |
| 사육일수 | 000일 | |
| 사료공급일수 | 000일 | |
| 백신사용 유무 | 유, 무 | |
| 백신의 종류 | 00제 | |
| 백신명 | 00제 | |

| | | |
|-------|----------|--|
| 출 하 자 | 성명 | |
| | 주소 | |
| | 연락처(전화) | |
| | 담당자 성명 | |
| 가공이력 | 소비지 가공회사 | |
| | 가공장소 소재지 | |
| | 책임자명 | |
| | 소재지 연락처 | |
| | 가공일시 | |
| | 출하일시 | |

※ 양식어류 이력서 양식 (참고자료 2)

| 항 목 | | 내 역 (예시) | | |
|------------------|----------------------|------------|---------|--|
| 어 중 명 | | | | |
| 출하연월일 | | | | |
| 출하 지역 | | | | |
| 치어 생산자 | 성명 | | | |
| | 주소 | | | |
| | 연락처 | | | |
| 치어· 중간어 이력 | 치어(중간어) 도입일 | | | |
| | 치어(중간어) 도입처 | | | |
| | 치어(중간어) 사육지역 | | | |
| | 치어(중간어) 약품사용유무 | | | |
| | 약품 사용시기 | | | |
| | 약품명 | | | |
| 양식 이력 | 사육 환경 | 양식장소 | | |
| | | 양식업자 | | |
| | | 사육장소의 규모 | | |
| | | 방양밀도(출하시점) | | |
| | | 수심 | | |
| | | 수온 | | |
| | 약품 사용 이력 | 약품투여유무 | | |
| | | 약제사용기록 | | |
| | | 약품사용이력 | | |
| | 백신 사용 이력 | 백신접종 유무 | | |
| | | 백신명 | | |
| | | 취급한 연월일 | | |
| | 먹이 생물 사료 이력 | 사용한 먹이생물종류 | | |
| | | 생사료 | | |
| | | 배합 사료 | 배합사료회사명 | |
| | | | 배합사료명 | |
| | | | 제조공장명 | |
| | | 어분 이력 | 원료 어류명 | |
| | 수거 원산지명 | | | |

9. 참고문헌

- Alam, M. S., Teshima, S. I., Koshio, S. and M. Ishikawa. 2002. Arginine requirement of juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus* estimated by growth and biochemical parameters. *Aquaculture*, 205, 127~140.
- Bai, Sungchul C., Cha, Y. T. and X. J. Wang. 2001. A preliminary study on the dietary protein requirement of Japanese flounder larvae, *Paralichthys olivaceus*. *North American Journal of Aquaculture*, 63, 92~98.
- Bai, Sungchul C., Wang, X. J. and K. W. Kim. 2003. Effects of vitamin E deficiency on dietary vitamin C requirement in olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Aquaculture America 2003*, Kentucky International Convention Center, February 18~21.
- Choi, S. M. and Sungchul C. Bai. 2002. Availability of various inorganic phosphorus sources in olive flounder. *World Aquaculture 2002*, Beijing, China, 22~27 April, pp.140.
- Choi, S. M., Go, S. H., Park, G. J., Lim, S. R., Yu, G. Y., Lee, J. H. and Sungchul C. Bai. 2004. Utilization of Song-Gang stone as the dietary additive in juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Journal of Aquaculture*, 17(1), 39~45.
- Cowey, C. B., Andron, J.W. and A. Blair. 1970. Studies on the nutrition of marine flatfish. The essential amino acid requirements of plaice and sole. *Journal of the Marine Biology Association of the United Kingdom*, 50, 87~95.
- Cui, H. 2003. Optimum dietary choline requirements in olive flounder, *Paralichthys olivaceus* Korean rockfish, *Sebastes schlegelli*. Master

- course dissertation. Pukyong National University, Busan, Korea.
- Davis G. P. and S. K. DeNise. 1998. The impact of genetic markers on selection. *J. Anim. Sci.*, 76, 2331~2339.
- Donaldson L. R. and P. R. Olson. 1955. Development of rainbow trout broodstock by selective breeding. *Trans. Amer. Fish Soc.*, 85, 93~101.
- 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.
- Furuita, H., Konishi, K. and T. Takeuchi. 1999. Effect of different levels of eicosapentanoic and docosahexaenoic acids in *Artemia* nauplii on growth, survival and salinity tolerance of larvae of the Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Aquaculture*, 161, 269~279.
- Hebb, C. D., Castell, J.D., Anderson, D. M. and J. Batt. 2003. Growth and feed conversion of juvenile winter flounder (*Pleuronectes americanus*) in relation to different protein-to-lipid levels in isocaloric diets. *Aquaculture*, 221, 439~449.
- Han, Y. O. 2003. Synergistic effects of dietary β -1,3 glucan and feed stimulants in juvenile olive founder (*Paralichthys olivaceus*). Ms. Thesis, Pukyong National University, Busan, Korea, 53pp.
- Kanzawa, A. 1990. Nutrition and feed in hirame culture. *Suisanzoshoku*, 38, 398~399.
- Kikuchi, K. 1998. Blue mussel in the diet of juvenile Japanese flounder. *UJNR Technical Report*, 26, 269~274.
- Kikuchi, K. and I. Sakaguchi. 1997. Blue mussel as an ingredient in the diet of juvenile Japanese flounder. *Fish. Sci.*, 63, 837~838.
- Kikuchi, K., Sato, T., Furuta, T. and I. Sakaguchi. 1997. Utilization of

- meat and bone as a protein source in the diet of juvenile Japanese flounder, *Paralichthy olivaceus*. Fisheries Science, 63, 29~32.
- Kim, K. H., Hwang, Y . J., Kim, K. W., Bai, Sungchul C. and D. S. Kim. 2002. Effect of dietary aloe on chemiluminescent responses of peripheral blood phagocytes and resistance against *Edwardsiella tarda* Ewing and Mcwhorter 1965 in the cultured olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). Aquaculture Research, 33, 147~150.
- Kim, K. W., Sungchul C. Bai, Koo, , J. W., Wang., X. J. and S. K. Kim. 2002b. Effects of dietary *Chlorella ellipsoidea* supplementation on growth, blood characteristic and whole-body composition in Juvenile olive flounder, *Paralichthys Olivaceus*, Journal of World Aquaculture Society, 33(4), 425~431.
- Kim, K. W., Wang, X. J. and Sungchul C. Bai. 2002c. Optimum dietary protein level for maximum growth of juvenile olive flounder *Paralichthys olivaceus* (Temminck et Schlegel), Aquaculture Research, 33, 673~679.
- Kim, K. W., Wang, X. J., Choi, S. M., Park, G. J. and Sungchul C. Bai. 2004. Evaluation of optimum dietary protein-to-energy ratio in juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus* (Temminck et Schlegel). Aquaculture Research, 35, 250~255.
- Lee, S. M., Kim, K. D. and S. P. Lall. 2003. Utilization of glucose, maltose, dextrin and cellulose by juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus*. Aquaculture, 221, 427~438.
- Lee, S. M., Park, C. S. and I. C. Bang. 2002. Dietary protein requirement of young Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus* fed isocaloric diets. Fisheries Science, 68, 158~164.
- Lee, S. M., S. H. Cho, and L. D. Kim. 2000. Effects of dietary protein and

- energy levels on growth and body composition of juvenile flounder *Paralichthys olivaceus*. Journal of World Aquaculture Society, 31, 306~315.
- Lim, S. R., Kim, K. W., Choi, S. M., Wang, X. J., Sungchul C. Bai and Shin, I. S. 2004. Effects of dietary dehulled soybean meal as a fish meal replacer in fingerling and growing olive flounder, *Paralichthys olivaceus* (Temminck et Schlegel). Aquaculture, 231, 457~468.
- Refstie T. 1990. Application of breeding schemes. Aquaculture, 85, 163~169.
- Sato, T. 1998. Development of formulated feeds for juvenile Japanese flounder. PhD thesis. Tokyo University of Fisheries, Tokyo, Japan.
- Sato, T. and K. Kikuchi. 1997. Meat meal as a protein source in the diet of juvenile Japanese flounder, Fisheries Science, 63, 877~880.
- Takeuchi, T. 1998. Nutritional requirements of larval and juvenile Japanese flounder. In : Text Book of Basic and Theoretical Course in Sea farming-XII. Fisheries Agency and Japan Sea Farming Association, Tokyo, pp. 1~23.
- Trygve G. 1992. Breeding plans for rainbow trout. Aquaculture, 100, 73-83.
- Wang, X. J. and Sungchul C. Bai. 2002. Effects of dietary lipid level on vitamin E requirements in olive flounder world aquaculture 2002, Beijing, China, 22-27, April.
- Wang, X. J., and Kim, K. W. and Sungchul 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* (Temminck et Schlegel), Aquaculture Research, 33, 261~267.

- Wilson, R. P. and J. E. Halver. 1986. Protein and amino acid requirement of fishes. *Ann. Rev. Nutr.*, 6, 225~271.
- Yamamoto. T. and T. Akiyama. 1995. Effect of carboxymethylcellulose, α -starch and wheat gluten incorporated in diets as binders on growth, feed efficiency, and digestive energy activity of fingerling Japanese flounder. *Fisheries Science*, 61, 309~313.
- Yamamoto. T. and T. Akiyama. 1995. Utilization of malto protein flour in fingerling Japanese flounder diets. *Bulletin of National Research Institute of Aquaculture*, 24, 33~42.
- 山野目健. マツカワ種苗生産における水槽色の重要性. 水産技術センター-種苗開発部.
- 京都府立海洋センター. 1999. ヒラメの栽培化—ヒラメの成長と成熟. 季報 第64号, p 12.
- 국립수산과학원, 2002. 수산양식생물 질병도감, p 220.
- 국립수산과학원, 1989. 어류양식(넙치), p 64.
- 국립수산과학원, 1993. 넙치해상가두리양식, p 53.
- 박영병, 1992. 넙치 해상양식의 경제성 분석, 부산수산대학 수산기업연구소 조사연구 제15호.
- 박영병 · 어윤양, 1993. 넙치 육상양식의 경제성 분석, 부산수산대학 수산기업연구소 조사연구 제16호.
- 박종칠, 1992. 넙치양식경영의 수익성분석, 부산수산대학교 산업대학원석사 학위논문.
- 방종득 · 최용석 · 서형철, 2005. 해수 순환여과 시스템에서 넙치 사육시험, 한국어병학회지, 18(1), 91~97.
- 어윤양 · 박영병, 우리나라 넙치양식 기술형태별 경쟁력 분석, 수산경영론집, 28(2), 106~119.
- 오재규 외, 1997. 양식어류의 경제성 분석(下), 수산양식 71, 106~117.

- 전세규, 2005. 넙치의 질병과 치료, 한국수산신보사.
- 장영진 · 김승현 · 양한춘, 1995. 반폐쇄식 순환여과 사육시스템에서의 넙치 (*Paralichthys olivaceus*)의 양식, 한수지, 28(4), 457~468.
- 전임기 · 민광식 · 이종문 · 김광수 · 손맹현, 1993. 넙치 육상수조양식을 위한 적정사육밀도, 수진연구보고, 48, 57~70.
- 정신작 · 진상대, 1997. 해수어류양식업의 수익성 제고방안, 수산경영론집 28(2): 39~66.
- 한국해양연구소, 1987. 해양생물생태자료집, p 149~153.
- 해양수산부, 2002. 광물미립자와 포말분리장치를 이용한 순환여과어류양식 셀 개발, p 43.
- 해양수산부, 2005. 2004년도 주요양식품종별 경영분석자료집, p 186.
- 홍순택, 1995. 양식어류의 경제성 분석(상), 수산양식, 70, 99~115.
- 황진욱 외, 1997. 넙치 양식업의 경영실태와 경쟁력 제고방안 연구, 국립수산진흥원연구보고, 53, 171~191.

연구(집필)진

◆ 책 임

손맹현 (국립수산과학원 양식연구팀)

E-mail : hyu782@momaf.go.kr

◆ 참 여

박민우 · 김응오 · 임한규 · 김대중 (국립수산과학원 양식연구팀)

안철민 (국립수산과학원 연구기획팀)

엄기혁 · 김성길 (국립수산과학원 환경관리팀)

조용철 (국립수산과학원 내수면양식연구소)

이창훈 (국립수산과학원 제주수산연구소)

황형규 · 윤성종 · 한석중 (국립수산과학원 남해수산연구소 양식연구팀)

최낙중 (국립수산과학원 서해수산연구소 자원관리조성팀)

박영병 · 어윤양 (부경대학교 경영대학)

◆ 감 수

박명애 (국립수산과학원 병리연구팀)

민광식 (국립수산과학원 패류연구센터)

김경길 · 김종현 (국립수산과학원 어류육종연구센터)

강용진 · 김강웅 (국립수산과학원 양식사료연구센터)

넙치 양식 표준 지침서

2006년 4월 인쇄

2006년 4월 발행

발행인 : 국립수산과학원장 박 덕 배

집필진 : 국립수산과학원 양식연구팀

손명현, 박민우 외 13명

발행처 : 국립수산과학원

부산광역시 기장군 기장읍 시랑리 408-1번지

전화 (051) 720-2420

인쇄처 : 도서출판 해인 Tel. (051) 637-6859