

발 간 등 록 번 호
11-1543000-000019-01

보안과제(), 일반과제(√) 과제번호 212015-1

Golden Seed 프로젝트 품목별 상세기획 보고서 (넙치)

과제명 : 수출용 넙치 종자개발 세부 연구 계획 수립을 위한 상세기획

국립수산과학원

농림수산식품부 · 농촌진흥청 · 산림청

제 출 문

농림수산식품부장관 · 농촌진흥청장 · 산림청장 귀하

이 보고서를 “Golden Seed 프로젝트 품목별 상세기획” 과제의 보고서로 제출합니다.

2013 년 04 월 15 일

주관연구기관명 : 국립수산과학원

주관연구책임자 : 이○○

연 구 원 : 김○○

연 구 원 : 명○○

연 구 원 : 김○○

연 구 원 : 박○○

연 구 원 : 황○○

연 구 원 : 오○○

연 구 원 : 박○○

연 구 원 : 채○○

연 구 원 : 박○○

연 구 원 : 이○○

연 구 원 : 김○○

연 구 원 : 양○○

연 구 원 : 박○○

연 구 원 : 김○○

연 구 원 : 박○○

협동연구기관명 : 한국해양수산개발원

협동연구책임자 : 정○○

연 구 원 : 임○○

연 구 원 : 김○○

연 구 원 : 이○○

연 구 원 : 이○○

품목별 사전상세기획보고서

Golden Seed 프로젝트
품목별 상세기획 보고서

국립수산과학원
이 정 호

넙치 품목 상세기획보고서

과제명	국문	수출용 넙치종자개발 세부 연구 계획 수립을 위한 상세계획		
	영문	A Detail Planning for Establishing the Research Proposal to Develop Olive Flounder Seed for Export		
주관 연구책임자	성명(한문)	이정호 (李政昊)	전화번호	
	과학기술인번호		팩스번호	
	E-mail		휴대폰	
주관기관	기관명	국립수산과학원	기관구분	산(), 학(), 연(O)
	담당 부서명	전략양식연구소 육종연구센터	담당자	김성연
	주소	경상남도 거제시 남부면 거제남서로 81-9		
총협약기간	2012. 10. 9. ~ 2013. 3. 8. (5개월)			
상세계획 연구비	82,000 (천원)			
<p>Golden Seed 프로젝트 사업단의 품목별 상세계획보고서를 붙임과 같이 제출합니다.</p> <p>붙임 : Golden Seed 프로젝트 사업단 상세계획보고서 17부.</p> <p style="text-align: right;">2013 년 4 월 15 일</p> <p style="text-align: right;">주관연구책임자 : 이정호 (서명 또는 )</p> <p style="text-align: right;">주관연구기관장 : 국립수산과학원장 </p> <p style="text-align: center;">농림수산식품부장관·농진청장·산림청장 농림수산식품기술기획평가원장 귀하</p>				

요 약 문

제1장. 개요

1. 상세기획 내용

- 약 693억 달러로 추정되는 세계 종자시장에서 우리나라의 종자시장은 약 1.5%에 해당하는 10.3억 달러를 차지하고 있으며, 수산분야의 세계 종자시장 규모는 약 157억 달러(종자시장의 22%)로 추정되며, 우리나라의 수산종자시장은 1%에 해당하는 약 1.58억 달러로 추정됨.
- 해산어를 비롯한 수산물은 고급 단백질 공급원으로서 소득 수준의 향상에 따라 그 수요(2025년 기준 1인당 예상 수요량은 19.1 kg/년)가 급격히 증가하고 있으나 세계 수산물 총생산량이 수년간 약 1억 톤 수준에 한정되어 있어 미래의 예상 수요량을 충족시키기 위해서는 약 6천2백만 톤을 양식 생산으로 충당해야하며 이를 위해서는 생명공학기술 기법을 응용한 획기적인 생산성 향상 기술 개발이 필요함.
- 이에 따라 선진 각국은 해산어 시장을 독점하기 위해 첨단 기술 개발에 박차를 가하고 있으며 이러한 방편의 일환으로 외국에서는 자국의 대표적인 내수 및 수출 전략 어종을 선정하여 번식 및 유전적 개량체계 구축으로 자국의 대표 종자를 개발하고 있음.
- 따라서 해산어 식량자원 분야에 있어 선진국에 의한 기술과 시장의 종속화를 방지하고 신규 부가가치의 창출과 생산성을 극대화시키기 위한 생명공학기술의 기반 기술인 육종기술 개발과 우량 종자 대량 생산 기술 개발이 시급한 실정임.
- 우리나라의 양식어류 종자생산업은 2012년 기준으로 전체 양식산업 시장(6.8조원)의 약 5%인 3,400억원을 점유할 것으로 예상되지만 FTA 등으로 외국의 종자 및 대량 생산 기술이 국내에 도입될 경우 관련 시장이 선점당할 우려가 크며 해산어의 경우 최근 중국에서도 고급 식자재로 인정받는 분위기 형성으로 인해 피쉬플레이션(fishflation)까지 우려되는 상황임.

- 따라서 국내 시장을 외국의 종자와 생명산업 자본으로부터 보호하기 위해 우리 종자 개발과 산업화에 의한 국내 산업육성과 함께 종자개발과 산업화로 수출을 도모할 수 있을 뿐만 아니라 생산량과 생산성을 모두 높일 수 있고 글로벌 시장을 선점할 수 있는 종자 개발이 시급히 필요함.

- 넙치 GSP 상세기획과제는 국립수산물연구원 육종연구센터가 주관이 되어 수행하며, 크게 자연과학 분야(수과원, 학계 및 산업계)와 사회과학 분야(KMII 및 수출유관기관)로 나누어 진행하였음.

- 품목별 GSP 과제 중 넙치는 예비타당성 조사에서 ‘글로벌 시장개척형 종자’ 그룹에 속해 있음. 따라서 상품 개발이 즉각 가능해야 하며, 과제의 최종 목표 중 하나인 글로벌 민간 종자회사 개발과 지원을 위해 1)나뉘먹기식 기획을 배제한 **선택과 집중(Focus)**, 2)비즈니스적인 측면을 중시하여 기술과 비즈니스 그리고 마케팅이 결합된 **비즈니스 모델(Business model)로의 접근**, 3)기술전문성, 비즈니스 전문성 그리고 기획 전문성의 융합을 통한 **개방(Open)과 협력 지향**, 4)사실과 근거자료에 입각한 **근거(Evidence) 중심**의 의사결정을 기본 전략으로 설정하였음.

제2장. 국내외 동향 및 환경 분석

1. 국내외 시장 · 기술 · 정책현황 분석(요약)

① 국내외 시장 현황 분석

- 국내 넙치종자 생산규모(추정)를 보면 최근 5년 동안의 매년 1억 미 이상 생산된 것으로 추정됨.
 - 이는 종자의 사용처를 기초로 추정한 것으로, 양식업체 입식량의 경우 재투자량(중간종묘 판매량, 방류량)을 포함한 수치로 개략적 규모를 가늠하는 자료로 활용하는 것이 적절할 것으로 사료됨.
- 연간 생산량 중 양식업체 입식량이 전체 생산량의 90% 이상을 차지하여, 2010년 기준으로 1.2억 미가 양식업체에 입식된 것으로 추정됨.
- 우리나라 전체 수산 종자수요량은 2011년 184억 미에서 2015년에는 194억 미, 2020년에는 249억 미로 추정됨.
 - 이 중에서 어류에 한정하여 살펴보면 2011년 3억 미에서 2015년에는 2.8억 미로 감소한 후, 2020년에는 3억 미로 증가하는 것으로 추정됨. 특히 넙치류의 경우 2011년 0.9억 미에서, 2015년에는 1억 미, 2020년에는 1.1억 미로 지속적으로 수요가 증가할 것으로 추정됨.
- 전세계 넙치류 어종별 생산량을 살펴보면 2010년 기준 turbot이 74천 톤으로 전체 생산량의 37.3%로 최대 생산량을 기록함.
 - 2000년 이후 대부분의 품종에서 생산이 증가하고 있으며, 특히 turbot과 lefteye flounders nei의 경우 2000년 이후 연평균 10% 이상의 높은 성장세를 기록하고 있음.
 - 우리나라에서 주로 생산하는 olive flounder(넙치)도 2000년 이후 연평균 6.8% 증가하였으나, 전체 생산에서 차지하는 비중은 소폭 감소함.

- 국가별로는(2008~2010년 3년 평균) 중국이 83천 톤으로 전체 생산량의 40%를 차지해 가장 높은 생산량을 나타냄.
 - 다음으로 한국 53천 톤(25.2%), 인도네시아 17천 톤(8.3%) 등의 순으로 이들 상위 3개 국가가 전체 넙치류 생산의 약 73%를 생산하는 것으로 나타남.
- 세부 어종별 국가별 생산 동향을 보면 turbot의 경우 중국이 58천 톤으로 전체 생산량의 80%를 차지해 가장 많고, 다음으로 스페인 7천 톤(10.1%), 네덜란드 2천 톤(2.5%) 등의 순으로 중국과 스페인이 turbot 전체 생산량의 90% 이상을 생산하고 있음.
 - 기타 넙치류의 경우 한국이 53천 톤으로 전체 생산의 39%를 차지해 가장 많고, 다음으로 중국 25천 톤(18.4%), 인도네시아 17천 톤(12.8%) 등의 순으로 이들 상위 3개 국가가 기타 넙치류 생산의 약 70%를 생산하고 있음.
- 넙치류 중에서도 양식 넙치류의 생산 동향을 보면 2010년 기준으로 turbot이 69천 톤으로 전체 생산량의 49.6%를 차지해 가장 많고, 다음으로 넙치 45천 톤(32.4%), lefteye flounders nei 25천 톤(18.0%) 순으로 나타남.
 - 2000년 이후 모든 품종의 생산이 증가하고 있으며, 특히 turbot과 lefteye flounders nei의 생산이 크게 증가함. 품종별 단가를 비교하면 넙치가 kg당 10달러, turbot이 8달러, lefteye flounders nei가 1달러 수준으로 넙치의 가격이 가장 높은 것으로 나타남.
- 양식 넙치류의 세부 품종별 국가의 생산(2008~2010년 3년 평균)을 살펴보면 다음과 같은 특징을 나타냄.
 - 양식 넙치류 전체 생산량은 중국이 83천 톤으로 전체 생산량의 58%로 가장 많고, 다음으로 한국 47천 톤(32.9%), 스페인 7천 톤(5.1%), 일본 4천 톤(3.0%) 등의 순으로 나타남.
 - Turbot의 경우 중국이 58천 톤으로 전체 생산량의 86%를 차지해 가장 많고, 다음으로 스페인 7천 톤(10.9%), 포르투갈 880톤(1.3%) 등의 순으로 중국과 스페인이 turbot

전체 생산량의 90% 이상을 생산하고 있음. Olive flounder(넙치)의 경우 한국이 47천 톤으로 전체 생산량의 92% 차지해 가장 많고, 다음으로 일본 4,265톤(8.3%) 등의 순으로 나타남.

② 국내외 기술현황 분석

- 1980년대 초 시작된 우리나라의 넙치 양식은 생활수준의 향상에 따른 소비 확대와 생산량 증대를 위한 기술 개발에 힘입어 넙치 양식 생산량은 비약적인 증가를 보였으나, 2000년대 접어들어 외국산 저가 활어의 대량 수입에 의한 가격 하락과 더불어 양식 종묘의 열성화 등으로 경영에 어려움을 겪고 있음.
- 더욱이 최근에는 잦은 질병 발생으로 폐사가 빈번하게 일어나 질병 치료에 소요되는 경비 및 인건비가 가중되어 양식 생산 단가가 높아지고 있으며, 항생제의 오남용으로 양식 수산물에 대한 소비자의 불신이 가중되고 있음.
- 이러한 어려운 상황을 타파하기 위해 최근에 양식 넙치 집단의 생산성을 높이기 위한 선발육종의 필요성이 제기되고 있음. 우리나라에서는 국립수산과학원 육종연구센터를 중심으로 연구개발이 진행되고 있으며, 각 지역별 수산과학원, 대학, 연구기관 등에서도 관련 연구와 함께 지역조건에 맞는 어종에 대한 연구개발도 진행되고 있음. 또한 종어, 종패의 육종 번식에 대한 연구가 진행되고 있으나 기업 지원 및 현장 적용 시스템 구축에 어려움을 겪고 있는 실정임.
- 국립수산과학원 육종연구센터에서는 2004년부터 10년 계획으로 유전자 표지를 이용한 분자육종과 전통적인 선발육종을 접목하여 최적의 육종기술을 개발하였음. 즉, 과학적인 교배지침에 의거하여 제1세대 넙치 (F1)를 생산하여 유전능력을 평가하였고, 이를 기초로 2007년에 제2세대 넙치 (F2), 2009년에 제3세대 넙치 (F3), 그리고 2011년에 제4세대 넙치 (F4)를 생산하였음.
- 육종연구센터에서 개발한 육종기술 중 가장 핵심은 친어집단의 유전적 관리를 통한 고부가가치의 우량 품종을 개발하기 위하여 유전자 표지(DNA marker)를 이용한 육종과 전통적인 선발육종(selective breeding)을 접목하여 지속적인 후대생산을 통해 경제형질을 개선하는 효율적인 칩단육종 기술을 이용하는 것.

- 그 결과, 육종연구센터에서 개발한 육종넙치의 경우 성장과 체형이 개선된 넙치 산업화 품종의 육종효율 조사한 결과, 실험구에 비해 30% 이상의 성장효과를 보였으며, 넙치 산업화 품종보다 2개월 전에 생산된 대조구의 성장도 추월하는 놀라운 결과를 나타냄. 뿐만 아니라 현재 육종연구센터에서는 세균성 질병, 바이러스성 질병, 기생충을 대상으로 각 질병에 대한 내성이 강한 질병내성품종을 개발에 박차를 가하고 있음.
- 이와 더불어 당초 2013년으로 예정되었던 육종넙치의 산업화는 양식 산업의 위기극복과 양식현장 어업인들의 요구에 따라 3년을 앞당겨 2010년 3월에 조기 추진되었음.
- 또한 양식현장에 육종넙치가 보급됨에 따라 일반넙치와의 차별성, 육종넙치의 정체성을 부여하고 세계시장 수출을 대비하여 육종넙치 브랜드의 법적 보호와 도용을 방지하기 위해서 육종넙치 고유브랜드인 『킹넙치』를 국내외에 출원하였음.

□ 노르웨이

- 1968년 정부 주도로 대서양연어의 육종연구를 시작하여 현재 전세계 연어시장의 60%를 차지하는 양식 연어시장에서 노르웨이 육종연어가 52%(약 5조2천억원)를 점유함.
- 이외에도 1999년부터는 전통적 선발육종 방식으로 틸라피아 품종개발을 수행하여 새로운 유전자표시법 등을 도입하여 육종효율(성장)이 기존 35%이상 좋은 품종을 개발하여 수출하고 있음.
- 무지개송어는 노르웨이의 토종어종이 아니었으나 1890년경 도입한 후 1960년까지는 내수면에서만 양식하였으나 이후 육종에 의한 품종개량에 성공하여 부화와 초기 성장은 내수면에서, 이후는 해양가두리 양식이 가능해짐.
- 1955년 이후 2005년까지 대서양연어와 무지개송어의 양식생산량은 2배로 증가했으나 생산 필요인력은 4,500명에서 3,000명으로 오히려 감소함. 이를 위해 각종 장비의 자동화, 사료의 효율화 등 노력이 뒷받침되어 체계적인 가치사슬을 구현하였음.

□ 중국

- 중국은 세계 최대 수산물 생산국으로서 양식수면의 74%가 자연의 연못으로 이를 적절히 활용하여 전통적으로 담수어를 양식으로 대량생산해 왔음. 또한 주요 양식어가 초식성의 조방적 양식의 담수어이기 때문에 기술적인 수준이 그리 높지 않은 것으로 파악됨.
- 그러나 12억 명을 넘는 인구를 포용해야 하는 중국에서 식량의 증진은 중요한 과제이기 때문에 중국 정부는 식량 조달 차원에서 양식의 장래성에 착안하여 양식 진흥을 중점과제로 꼽고 있어 양식장의 조성과 아울러 부화장, 어류질병 관리시설, 양식기술 개발시설, 유통·가공 시설 등의 기반 연구 및 시설에 적극적으로 투자하고 있는 실정임.
- 동시에 해산어류의 생산력 증진에도 역점을 두고 추진하고 있는데, 해양생명공학 819 계획'에 따라 양식대상 주요 품종인 잉어, 새우, 전복, 해삼 등을 대상으로 육종프로젝트를 수행 중임.
- 해산어류 양식생산량은 지난 1978년만 해도 1천 7백 톤이라는 보잘 것 없는 생산량이었지만 1998년 30만 톤 이상을 생산하여 20년 동안 무려 약 1백70배 증가하여 전체 중국 양식에서 중요한 부분으로 부상하고 있음.
- 중국의 5대 수출전략 양식어종으로는 새우, 뱀장어, 전복, 진주, 가리비 등을 선정하여 연간 미화 10억불을 목표로 추진 중이며 양식진주도 인공사료를 개발·보급하여 이러한 목표를 거의 달성하고 있음.

□ 미국과 일본

- 미국은 국가과학재단에서 종자 산업을 수해양 생명공학 분야 4대과제중 하나로 선정하였으며, Sea Grant 사업 전체 예산의 30%를 수산양식분야에 집중투자하고 있음. 이 외에도 속성장 대서양연어를 개발하여 식용으로 사용 가치화가 목전에 있으며 3배체 무지개 송어를 개발하여 기존 2배체 송어보다 3배 가격으로 수출하고 있음.

- 일본의 경우 1970년대부터 시작한 참다랑어 연구는 최근 완전양식에 성공하였고 수산 분야 육종연구가 국가연구소, 대학 등에서 연구를 수행함으로써 일본 소비 성향에 맞고 효율적인 품류에 대한 육종연구가 수행 중임. 그리고 1990년 초반부터 양식어업에 있어서 개량 종묘에 대한 필요성 등 육종개발의 중요성이 인식되면서 1992년도부터 일본 수산청은 대학 및 수산관련 연구기관의 45개 연구팀이 참여하여 “신품종작출 기술사업”에 대하여 장시간에 걸쳐 집중적으로 투자하고 있음.
 - 한편 1990년과 1992년에 국제수산자원 관리센터와 UNDP/DGIP 지원의 아·태지역 선진연구기관, 국제기구, 국가기관의 연구자모임에서 선발육종에 의한 고성장·내병성 품종개발을 양식업의 지속적인 발전을 위한 최우선 연구과제로 선정하고 수산분야의 국제적 육종프로그램을 적극적으로 수행하고 보다 우수한 품종개발을 위해 국제유전학 네트워크를 설립하여 10여 년간 틸라피아 선발육종 프로젝트를 수행함. 그 결과 성장이 20-80% 빠르고 생산비가 20% 저렴한 신품종 GIFT strain을 개발하여 전 세계 각국에 보급 중에 있으며 2001년부터 잉어를 대상으로 하는 2차 선발육종 프로젝트가 진행 중임.
- 해외사례로부터의 시사점
- 이상에서 살펴본 주요국의 어류양식 생산 전략을 보면, 먼저 전략 어종 및 기술의 선정에 의한 핵심 역량의 집중에 의한 경쟁력 제고가 두드러져 보임. 노르웨이, 중국은 국가전략 품종을, 미국은 환경적 지속가능한 양식 산업 기술 개발에 박차를 가하고 있음. 주요 어류양식 국가들은 국가적인 R&D 시스템을 전략품종에 맞추어 연구의 핵심역량 성장에 노력하고 있음.
 - 이에 따라 전략 품종에 있어서는 국가의 규모에 따라 상이하지만 대부분 자국의 자연 여건을 고려하여 5개 품종 이내에서 추진하고 있음. 우리나라에서도 향후에 이러한 국가전략 어종 체제를 도입하여 핵심역량을 집중함으로써 경쟁력을 강화시켜 나가야 할 것으로 판단됨.

③ 국내외 정책 현황 분석

□ 노르웨이

- 노르웨이에서는 무지개송어, 대서양연어와 대구 등 여러 어종을 양식하고 있고 대서양연어의 세계 최대 생산국으로, 130여 개 국에 수출하고 있으며 양식기술이나 연구 개발에 있어 세계 최고의 수준을 자랑함.
- 노르웨이 양식업이 가지는 또 하나의 강점은 환경 친화적인 생산체계를 오래 전부터 갖추고 이를 실행하고 있는 점으로 수산양식법, 식품안전법, 환경오염방지법 등에 의거하여 강력한 감독과 규제를 시행하고 있음. 또한 사료나 어류 또는 수산생산물에 대하여 독성이나 병원균 등에 대한 실시간 감시도 시행하고 있음.
- 수산청에서는 각종 행정의 관리감독 책임을 가지고 있고, 각 해안에 해안청이라는 사무실을 두고 있음. 해안청은 해안선을 따라 이루어지는 각종 행위에 대한 감독과 관리를 담당하고 있음.
- 이와 함께 농업부의 식품안전청에서는 어류의 질병과 학대, 그리고 식품안전성에 대한 지도와 감독을 담당하고 있으며 환경부에서는 환경오염과 관련된 일체를 관리·감독하는데 이들 조직들이 유기적 또는 독립적으로 양식에 관한 모든 업무를 담당하고 있는 구조를 이루고 있음.
- 노르웨이 양식업은 기업과 연구기관 간 긴밀한 협조 체제 하에서 발전하여 왔음. 즉, 연구는 전적으로 정부기관에서 주도적으로 수행하고 대학에서는 학문적으로 이를 뒷받침하는 구조를 이루어 산학 협동체제가 자연스럽게 이루어지는 시스템을 구성하고 있음. 이를 통해 백신과 사료 등의 연구개발을 통한 시제품 개발과 현장 적용이 바로 이루어지는 선순환 구조가 이루어짐.

□ 미국

- NOAA에서는 현행 규정에 의거하여 지역사무소 등에서 제안한 양식시설을 검토하는데 사용할 관련 정책 및 지침을 재정하고 연방 관할해역에 대해서는 국가근해양식법에 의거하여 환경영향평가와 함께 양식어장 획정을 하고 있음.

- 또한 양식 산업과 관련한 각종 문제점을 효율적이고 구체적으로 검토하기 위해 환경부처, 국군기술단, 기타 연방 및 주정부 관련위원회가 서로 긴밀히 협력하고 있으며, 상업적 양식 및 공공정책 목표를 충족시키기 위해 미국 수산청과 NOAA의 해양지도소 및 대기해양연구소, 국가 해양발전프로그램을 통한 외부 기술 인력을 충분히 활용하고 있음. 그러나 양식품목과 양식장의 위치, 해양생물의 건강과 식품안전성, 양식시설이 해양생물의 서식지에 미치는 영향, 해양생물 간의 상호관계 및 질병전이에 대한 평가와 관리, 양식사료 등에 대해서는 더 많은 연구가 필요하다는 지적을 받고 있음.
- 상무성과 농무부, 경제개발청, 표준기술연구소, 중소기업청, 농업신용청, 국립과학기금 등 관련 부처가 양식 산업 분야에 투자할 기회를 지속적으로 발굴하고 이를 발전시키고 있음.
- 투자대상으로는 연구개발비와 사업비 용자 등으로 단독 또는 포괄적인 지원이 가능하고 재원별로 연방정부와 주정부 및 민간자금의 단독지원은 물론 공동지원 자금이 될 수도 있는 제도를 마련해 놓고 있음.
- 주요 이슈에 대해 상업적 어업자와 유어자, 수산물유통 및 가공업자, 연안 지역사회 및 환경보호론자 등과 대화를 계속하고, NOAA의 웹사이트를 통해 해면양식에 대한 연구보고서와 관련 자료를 제공하고 어촌지도소, 해양자문위원회, NOAA의 도서관 및 교육원 등과 협력하여 해면양식에 대한 최신의 정보를 제공하고 있음. 뿐만 아니라 양식관계자와 언론기관 및 기타 양식에 관심이 있는 단체가 공동으로 참여하여 양식소식지를 발간, 배포하고 있음.
- 국제양식 활동계획을 수립하고 다른 나라의 선진기술을 도입하며, 안전한 수산식품을 생산하기 위해 다른 국가와의 기술교류 등에 적극 참여 함. 또한 FAO의 수산업법을 준수하고, 이를 통해 미국으로 하여금 책임있는 양식발전 및 양식관리를 촉진시키고 있음.

□ 중국

- 중국은 5년마다 중장기 계획을 세우고 있으며, 수산부문의 정책은 이 때 수립되는 중장기 계획을 바탕으로 추진함.
 - 2011년 중국 농업부는 ‘어업발전 12.5 계획’을 발표하였는데, 동 계획의 핵심적인 내용은 어업구조 조정 추진, 건강 수산양식 촉진 및 우량품종 번식 사업, 수산물 안전성 확보 및 원양어업 발전으로 요약할 수 있음.
- 이 중 넙치종자 수출과 가장 밀접하게 관련된 사항은 다음과 같이 마련됨.
 - 중국 수산양식업의 목표를 생태건강의 수산양식업 발전에 두고 표준화 건강양식 가속 추진, 양식공간 합리적 조정, 전염병 예방·통제 및 품질안전 감독관리 강화 등을 추진하고 있음.
 - 표준화 건강양식 가속 추진을 위한 구체적인 정책으로 수산양식표준화 모델 구축, 수산신품종 선종강화, 수산원우량종 보급률과 유전개량률 제고, 양식품종구조 및 구역 안배 조정·최적화를 제시함. 또한 안전한 고효율 인공배합자료 적극 보급, 수산양식 집약화 등을 지원할 계획임.
 - 마지막으로 수생동물 전염병 감시제어 강화, 수산종묘 산지검역작업 적극추진, 어촌 마을 수의사 등기제도 실시 등을 통해 전염병을 예방하고 통제하는 한편, 수산물 품질안전 항목의 엄격한 관리 등을 통해 수산물 품질 안전성을 강화하고 있음.

□ 페루(국가 양식발전 계획)

- 페루의 국가 양식발전계획은 “양식업의 진흥과 발전에 관한 법률(Law on Promotion and Development of Aquaculture, LPDA)에 근거하여 설립됨.
 - 본 법률의 21조에서는 PNDA에 대한 목적, 정책, 및 실행방법에 명시되어 있을 뿐만 아니라, 프로세싱과 품질관리와 같은 양식종 개발을 위해서 공공부문과 민간부문이 취해야 할 조취에 대해서도 설명되어 있음.

○ PNDA의 임무

- 국내·외 시장에서의 양식업의 생산과 상업화를 위한 민간투자를 촉진시키기 위해, 관련 인적자원, 물적, 기술적, 재정적인 자원의 발전을 증진시킴.

○ PNDA에서는 국가 양식발전을 위해 크게 8가지의 목표를 설정하고, 목표를 달성하기 전략적 가이드라인을 제시함.

- 특히 양식 산업 발전을 위한 연구 및 기술 이전과 관련해서는 해외 종자 수입에 대한 가이드라인이 제시되어 있음.

- 페루에서는 특정 해수, 내수면 어종이 국내·외 시장에서 성공적인 사례로 인정받아 이 종들 중 외국종들을 도입하여 기존 양식 기술로 양식을 할 것인지, 아니면 국내 종을 새로운 기술을 개발하여 양식할 것인지에 대한 조사 계획을 고려함.

2. 기술수준 및 연구개발 인프라 분석

○ 국내에서는 2004년부터 수산종자 산업의 핵심기술인 육종연구를 추진하고 있으나 일부 품목을 제외하고는 선진국 대비 기술 수준이 낮은 상태에 있음. 넙치 품목의 경우, 종자산업 전부분의 기술수준은 최고 기술 보유국인 노르웨이 대비 50%, 기술격차는 10년으로 추정되고 있음.

○ 세부분야 중에서 '유전자보유' 기술은 최고 기술 보유국 대비 기술수준 90%, 기술격차 10년으로 넙치 분야 세부기술 수준 중 가장 높게 나타났으며. 반면 '질병 및 위생관리'기술은 최고 기술 보유국 대비 기술수준 40%, 기술격차 10년으로 가장 낮은 것으로 나타나 이 분야에 대한 지원 및 개발이 시급히 요구되고 있음.

○ 그러나 수산분야의 핵심 육종 기술 수준만 비교한다면, 우리나라의 기술 수준은 노르웨이 대비 66.7%의 수준으로 평가되고 있으며, 특히 양식 기술과 친자확인 기술 그리고 유전능력 평가 기술 부문에서는 거의 대등한 수준을 보이고 있어 충분한 세계 경쟁력을 갖추고 있다고 판단됨.

3. 주요 이슈 및 전략 방향

- 현재 양식 산업에서의 선진국은 노르웨이와 일본이며, 최근 미국도 수준 높은 기초과학기술을 바탕으로 의욕적으로 양식 산업 발전에 노력하고 있음. 그동안 우리나라는 일본의 양식업을 모델로 발전해 왔으며, 현재는 발전의 격차가 상당히 좁혀져 있음.
- 주요국의 어류양식 생산 전략을 보면 먼저 전략 어종 및 기술의 선정에 의한 핵심역량의 집중에 의한 경쟁력 제고가 두드러지고 있음. 노르웨이, 중국은 국가전략 품종을, 미국은 환경적 지속가능한 해면양식산업 기술에 박차를 가하고 있음. 반면 일본은 특화 품종 및 연구에 대한 노력이 미흡하여 내수 요구 품종을 민간이 주도하여 개발·생산해오고 있어 국제적인 경쟁력을 갖는 어종은 다소 부족한 부분임.
- 주요 어류 양식 국가들은 국가적인 R&D 시스템을 전략품종에 맞추어 연구의 핵심역량 성장에 노력하고 있음. 전략 품종에 있어서는 국가의 규모에 따라 다르나 대부분 자국의 자연 여건을 고려하여 5개 품종 이내에서 추진되어 오고 있으며 우리나라에서도 향후 이러한 국가전략 어종 체제를 도입하여 핵심역량을 집중함으로써 경쟁력을 강화시켜 나가야 할 것으로 생각됨.

제3장. 목표 설정 및 프로젝트 도출

1. 목표설정

Golden Seed 프로젝트 '넙치 종자' 개발 목표

목표시장	중국, 남미, 유럽
-------------	------------



사업목표	<ul style="list-style-type: none"> • 글로벌 시장 개척을 위한 우량넙치 종자 개발 (세계 10위권 수산물 수출국 지위 확보) • 글로벌 시장 개척형 Golden Seed 개발로 1,000만 달러 수출 달성
-------------	--



연구개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> • 글로벌 시장을 선점할 수 있는 우량넙치의 최적생산 기술 개발
----------------	---



단계별 목표 및 내용	1단계(2013~2016)	2단계(2017~2021)
	<ul style="list-style-type: none"> • 우량종자 생산 기반 구축 	<ul style="list-style-type: none"> • 우량종자 대량생산 시스템 구축
	연구개발 내용	연구개발 내용
	<ul style="list-style-type: none"> - 수출용 킹넙치 불임 기술 개발 - 수출용 황금넙치 및 터벗 우량 친어집단 확보 - 수출용 황금넙치 및 터벗 종자생산 기반 연구 - 수출용 황금넙치 및 터벗 육종 원천기술 개발 - 마케팅 전략 수립 및 현장적용 시험 	<ul style="list-style-type: none"> - 불임화 킹넙치 종자 대량생산 - 수출용 황금넙치 및 터벗 사양관리/상품성 검정 체계 구축 - 수출용 황금넙치 및 터벗 육종 종자 가계생산 - 우량종자의 현지 안전성 검정 및 수송기술 개발

성과목표	<ul style="list-style-type: none"> • 수출액 : 1,000만 달러
-------------	---

2. 프로젝트 구성

<p>1. 수출용 킹넙치 종자 개발</p>	<p>(1) 수출용 킹넙치의 배수체 종자 개발 - 배수체 기술 개발 - 배수체 불임화 품종 대량생산</p> <p>(2) 수출용 킹넙치의 후대열성화 종자 개발 - 후대열성화 유도 기술 개발 - 후대열성화 종자 대량생산</p>
<p>2. 중국 수출용 황금넙치 종자 개발</p>	<p>(1) 중국수출용 황금넙치 분자육종 기반기술 개발 - 육종 원천기술 개발 - 순수혈통 선발 및 가계생산</p> <p>(2) 중국수출용 황금넙치 친어집단 수집 및 사육관리 시스템 개발 - 우량 친어집단 확보 - 최적 사육 시스템 및 사육관리 매뉴얼 개발</p> <p>(3) 중국수출용 황금넙치 대량생산 시스템 개발 - 수정란 및 종자 대량생산 시스템 개발 - 상품성 검정 체계구축 및 매뉴얼 개발</p>
<p>3. 수출용 터봇 종자 개발</p>	<p>(1) 수출용 터봇(복넙치) 육종기술 개발 - 육종 원천기술 개발 - 가계생산 및 유전능력 평가</p> <p>(2) 수출용 터봇(복넙치) 친어집단 수집 및 사육관리 시스템 개발 - 우량 친어집단 확보 - 최적 사육 시스템 및 사육관리 매뉴얼 개발</p> <p>(3) 수출용 터봇(복넙치) 대량생산 시스템 개발 - 수정란 및 종자 대량생산 시스템 개발 - 상품성 검정 체계구축 및 매뉴얼 개발</p>
<p>4. 넙치 우량종자의 수출활성화 기술 개발</p>	<p>(1) 넙치 우량종자 수출시장 현장적용 및 안전성 검정 - 마케팅 전략 수립 및 현장적용 시험 - 우량품종의 안전성 검정</p> <p>(2) 넙치 우량종자 장거리 수송기술 개발 - 우량 종자의 수송 기반기술 개발 - 장거리 수송기술 개발</p>

제4장. 품목별 추진체계 및 추진전략

1. 연구 추진체계

- 단일 품종 기준으로 우리나라의 넙치 육종 관련 기술은 세계 최고 수준으로 판단되고 있지만 전체 넙치류 어종에 대한 육종 기술은 최고 기술수준 보유국인 노르웨이에 비하여 아직까지 상대적으로 기술 수준의 차이는 33% 정도 낮은 것으로 파악됨. 따라서 국내 강점 품종 수출을 위한 종자의 유전자원 기초 및 안정성 연구, 질병 및 위생관리 등을 중점적으로 개발할 필요가 있음.
- 현재 최고 수준의 생산 능력을 기초로 수출이 가능한 속성장, 내병성 킹넙치 종자 개발과 함께 수출 현지국 자연환경에서의 생존능력을 갖춘 품종 개량 그리고 수출 극대화를 위한 타 종자, 즉 터벗과 같은 대체 가능한 종자 개발이 필요함. 이를 위한 기술개발 추진 주체별 역할을 아래의 표에 제시함.

<넙치 GSP 종자개발과 관련한 기술개발 추진 주체별 역할>

기술개발 주체	역 할
산·학·연	속성장 우량종자 생산 및 관리, 내병성 품종생산을 위한 육종 종자 세대 관리 이력관리를 통한 종자 생산·유통 시스템의 안정적 운영
학·연	유전적 다양성 집단 확보, 육종 종자 가계도 작성 및 유전 능력 연구
산·연	신품종 넙치에 대한 기업의 적극적인 도입 및 생산 기술 연구 수출 인프라 및 테스트 마켓 구축·운영방안 연구

- 현재 넙치 종자의 사업화는 보편적으로 국립수산물과학원 등의 연구기관에서 민간에 기술을 이전하거나 종자를 직접 공급하는 형태로 시작되고 있어 전체 종자 유통 프로세스가 확립되어 있지 않은 상황임.
- 향후 종자생산 기술 및 사양관리 기술이 민간으로의 보급이 원활하게 이루어진 이후에 본격적으로 종자 생산 업체들이 등장할 것으로 전망됨. 한편 일부 민간 업체에 의해 넙치 양식 종자가 생산되고 있으나, 현재의 유통 구조상 전량 국내 시장에서만 사업이 진행되고 있음.

- 넙치의 종자 수출을 위해서는 민간 법인 기업들을 주체로 하여 종자의 생산에서 유통, 해외 시장 진출 타진까지 아우르는 통합된 가치사슬이 구현 가능한 규모의 기업이 필요함. 따라서 국내 법인기업 중, 현재까지 개발된 연구 성과를 적극적으로 받아들일 수 있는 민간 법인기업에 대하여 수출 지원을 진행하는 방식으로 넙치 종자의 수출을 타진하는 것이 가장 합리적일 것으로 판단됨.

- 또한 넙치를 포함하여 수산분야 품목의 경우, 종자의 수출 이후 각국의 해양환경의 특성이 상이한 관계로 수출 대상 국가의 해양환경에 적합한 생존능력을 갖춘 종자를 수출해야 함. 따라서 중점 수출 대상 국가에 대한 생존능력에 대한 테스트를 진행할 수 있는 민간기업 및 개인육종가를 선별하고, 해외 진출에 대한 지원이 마련되어야 함. EU 국가에 종자를 수출하기 위해서는 EU 내에 법인 설립이 필수적으로, 먼저 테스트 마켓을 설정하고 시범적으로 기업을 진출하는 것이 필요함.

2. 성과지표(전체)

예상성과항목		1단계	2단계	총계	주요 고려사항	
공 통 지 표	종자개발 건수	7		7		
	품종등록 건수	국내				
		국외				
	종자 수출액	\$1,400,000	\$8,600,000	\$10,000,000		
	수입대체 효과					
	국내논문	SCI				
		등재학술지	17	17	34	
	국외논문	SCI	16	16	32	
		비SCI				
	국내특허	출원	10	4	14	
		등록	10	4	14	
	국제특허	출원		3	3	
		등록		3	3	
	매출액	국내				
국외						
기술이전		10	10			
특 성 지 표	인력양성	50	50	100		
	기반구축 실적	10	10	20		
	D/B 구축					
	분자마커					
	유용유전자					

3. 연구개발 소요예산(전체)

단위 : 억원

프로젝트명 세부프로젝트명	구분 연구 기간	1단계				2단계					총계
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
수출용 킹넛치 종자개발 세부프로젝트 1-1 수출용 킹넛치의 배수체 종자 개발	정부	1.2	3	3	2	3	3	2	2	2	21.2
	민간	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	합계	1.2	3	3	2	3	3	2	2	2	21.2
수출용 킹넛치 종자개발 세부프로젝트 1-2 수출용 킹넛치의 후대열성화 종자 개발	정부	1.3	2	2	2	2	2	2	2	2	17.3
	민간	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	합계	1.3	2	2	2	2	2	2	2	2	17.3
중국수출용 황금넛치 종자개발 세부프로젝트 2-1 중국수출용 황금넛치 분자유종 기반기술 개발	정부	1.5	3	2	2	2.13	2.28	2.18	2.18	2.18	19.45
	민간	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	합계	1.5	3	2	2	2.13	2.28	2.18	2.18	2.18	19.45
중국수출용 황금넛치 종자개발 세부프로젝트 2-2 중국수출용 황금넛치 친어집단 수집 및 사육관리 시스템 개발	정부	1.31	3	2	2	2	2	2	2	2	18.31
	민간	1.1	1	1	0.9	1	1	1	1	1	9
	합계	2.41	4	3	2.9	3	3	3	3	3	27.31
중국수출용 황금넛치 종자개발 세부프로젝트 2-3 중국수출용 황금넛치 대량생산 시스템 개발	정부	0	2.21	2.26	2.4	2.13	2	2	2	2	17
	민간	0	1.9	1.5	1	1	0.9	1	0.9	1.5	9.7
	합계	0	4.11	3.76	3.4	3.13	2.9	3	2.9	3.5	26.7
수출용 터벗 종자개발 세부프로젝트 3-1 수출용 터벗 육종기술 개발	정부	1.5	3	3	3	3	3	2.18	2.18	2.18	23.04
	민간	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	합계	1.5	3	3	3	3	3	2.18	2.18	2.18	23.04
수출용 터벗 종자개발 세부프로젝트 3-2 수출용 터벗 친어집단 수집 및 사육관리 시스템 개발	정부	1.5	3.5	3	3	2	2	2	2	2	21
	민간	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
	합계	2.5	4.5	4	4	3	3	3	3	3	30
수출용 터벗 종자개발 세부프로젝트 3-3 수출용 터벗 대량생산 시스템 개발	정부	0	3	2.2	2.4	3	2.28	2	2	2	18.88
	민간	0	2	1.4	1	0.9	1	0.9	1	1.4	9.6
	합계	0	5	3.6	3.4	3.9	3.28	2.9	3	3.4	28.48
넛치 우량종자의 수출활성화 기술 개발 세부프로젝트 4-1 넛치 우량종자 수출시장 현장 적용 및 안전성 검증	정부	0	0	1	1	1	1	2	2	2	10
	민간	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	합계	0	0	1	1	1	1	2	2	2	10
넛치 우량종자의 수출활성화 기술 개발 세부프로젝트 4-2 넛치 우량종자 장거리 수송기술 개발	정부	0	0	1	1	1	1	2	2	2	10
	민간	0	0	1	1	1	1	1	1	1	7
	합계	0	0	2	2	2	2	3	3	3	17
총합	정부	8.31	22.71	21.46	20.8	21.26	20.56	20.36	20.36	20.36	176.18
	민간	2.1	5.9	5.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	5.9	44.3
	합계	10.41	28.61	27.36	25.7	26.16	25.46	25.26	25.26	26.26	220.48

4. 품목 총괄로드맵

단계별 목표		1단계				2단계					최종목표
		우량종자 생산 기반 구축				우량종자 대량생산 시스템 구축					세계최고의 넙치 생산기술을 바탕으로 우량종자 최적 생산 및 사양관리 기술개발
중점연구영역		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	프로젝트 목표
수출용 킹넙치 종자개발	수출용 킹넙치의 배수체 종자 개발	배수체 기술 개발				킹넙치 배수체 종자 대량생산 시스템 구축					킹넙치 종자의 재생산 방지를 위한 수출용 종자 개발 및 산업화 라인 구축
	수출용 킹넙치의 후대열성화 종자 개발	후대 열성화 유도 기술 개발				킹넙치 후대열성화 종자 대량생산 시스템 구축					
중국수출용 황금넙치 종자개발	중국수출용 황금넙치 분자유종 기반기술 개발	분자유종 원천기술 개발				순수혈통 선발 및 가계생산					고급 수요맞춤형 황금넙치 종자 개발 및 육종 원천기술 개발
	중국수출용 황금넙치 친어집단 수집 및 사육관리 시스템 개발	우량 친어집단 확보				최적 사육 시스템 및 사육관리 매뉴얼 개발					
	중국수출용 황금넙치 대량생산 시스템 개발		수정란 및 종자 대량생산 시스템 개발			상품성 검정 체계구축 및 매뉴얼 개발					
수출용 터벗 종자개발	수출용 터벗육종기술 개발	육종 원천기술 개발				가계생산 및 유전능력 평가					수출전략형 우량 터벗 종자 개발 및 육종 원천기술 개발
	수출용 터벗 친어집단 수집 및 사육관리 시스템 개발	우량 친어집단 확보				최적 사육 시스템 및 사육관리 매뉴얼 개발					
	수출용 터벗대량생산 시스템 개발		수정란 및 종자 대량생산 시스템 개발			상품성 검정 체계구축 및 매뉴얼 개발					
넙치 우량종자 의 수출활성 화 기술 개발	넙치 우량종자 수출시장 현장 적용 및 안전성 검정		마케팅 전략 수립 및 현장적용 시험			우량종자의 안전성 검정				우량종자의 현지 수출 마케팅 전략 수립	
	넙치 우량종자 장거리 수송기술 개발		우량 종자의 수송 기반기술 개발			장거리 수송기술 개발				수출시장 다변화 및 수출경쟁력 확보	

제5장. 프로젝트별 세부기획

제1절. 수출용 킹넙치 종자 개발 프로젝트(요약)

- 기 개발된 킹넙치 종자를 불임처리 시킨 수출용 라인 구축하여 넙치에 대한 전통적인 수요가 존재하는 남미시장을 개척.
 - 선발육종으로 성장이 30% 이상 빠르고 체형이 개선된 킹넙치 종자를 해외에 수출하기 위하여 재생산 및 기술유출 방지가 선행되어야 함.
 - 따라서 기 개발된 킹넙치 종자의 불임화를 위하여 배수체 및 후대열성화 종자를 개발하여 남미시장에 수출할 필요가 있음.
 - 현재 넙치 종자 개발 기술은 우리나라가 세계최고 수준의 기술력과 우량 육종품종을 보유하고 있으므로 불임화된 우량넙치 종자를 수출할 경우 향후 세계 넙치 시장을 독점적으로 석권할 가능성이 높음.

단계별 목표		1단계				2단계					최종목표
		우량종자 생산 기반 구축				우량종자 대량생산 시스템 구축					세계최고의 넙치 생산기술을 바탕으로 우량종자 최적 생산 및 사양관리 기술개발
중점연구영역		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	프로젝트 목표
수출용 킹넙치 종자개발	수출용 킹넙치의 배수체 종자 개발	배수체 기술 개발				킹넙치 배수체 종자 대량생산 시스템 구축					킹넙치 종자의 재생산 방지를 위한 수출용 종자 개발 및 산업화 라인 구축
	수출용 킹넙치의 후대열성화 종자 개발	후대 열성화 기술 개발				킹넙치 후대열성화 종자 대량생산 시스템 구축					

제2절. 중국 수출용 황금넙치 종자 개발 프로젝트(요약)

- 외형적 화려함으로 인한 고부가가치 상품으로 고급 전략형 종자로 활용 가능
- 중화권에서는 황금물고기 한 마리에 1억원을 넘는 고급관상어 시장이 있을 뿐만 아니라 황금색 선호로 황금색 식용어류도 상상을 초월하는 가격에 거래되고 있음.
- 희귀종인 황금넙치 종자를 개발하고 순수혈통을 만들어 우리나라의 새로운 고소득 종자로 개량하고자 함.
- 황금넙치 종자는 현재 대량생산이 급선무이므로 양식기술 개발을 통해 수정란 및 종묘생산이 선행되어 일반 황금넙치 종자를 중화권에 우선적으로 수출하여 잠재 수요 시장을 선점할 필요가 있음.
- 이와 동시에 지속적으로 고품질의 황금넙치 품종을 대량생산하기 위하여 첨단 육종 기술 개발이 진행되어야 함.
- 황금넙치 친어확보 및 수정란 대량생산 시스템과 분자육종기술로 개발된 황금넙치 종자는 향후 중화권을 비롯한 수출 시장을 독점적으로 석권할 가능성이 높음.

단계별 목표		1단계				2단계					최종목표
		우량종자 생산 기반 구축				우량종자 대량생산 시스템 구축					세계최고의 넙치 생산기술을 바탕으로 우량종자 최적 생산 및 사양관리 기술개발
중점연구영역		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	프로젝트 목표
중국 수출용 황금넙치 종자개발	중국수출용 황금넙치 분자육종 기반기술 개발	분자육종 원천기술 개발				순수혈통 선발 및 가계생산					고급 수요맞춤형 황금넙치 종자 개발 및 육종 원천기술 개발
	중국수출용 황금넙치 친어집단 수집 및 사양관리 시스템 개발	우량 친어집단 확보				최적 사육시스템 및 사양관리 매뉴얼 개발					
	중국수출용 황금넙치 대량생산 시스템 개발	수정란 및 종자 대량생산 시스템 개발				상품성 검정 체계구축 및 매뉴얼 개발					

제3절. 수출용 터봇 종자 개발 프로젝트(요약)

- 넙치와 가자미 종류 중 전세계적인 수요량과 소비량이 가장 많은 어종이며, 전세계적으로도 육종 연구는 시작 단계이므로 체계적인 접근을 통해 시장 선점이 가능함.
- 최근 제주에서는 과거 국내 터봇 개발 시 가장 큰 애로사항이었던 질병 문제의 해결책을 마련하여 국내는 물론 미국, 중국, 홍콩, 싱가포르 등에 수출하여 새로운 수출대상 양식품목으로 각광을 받고 있으므로 터봇 시장의 선점이 시급함.
- 터봇 종자는 황금넙치 종자와 마찬가지로 현재 대량생산이 급선무이므로 양식기술 개발을 통해 수정란 및 종묘생산이 선행되어 일반 터봇 종자를 중화권에 우선적으로 수출하여 잠재 수요시장을 선점할 필요가 있음.
- 터봇 양식기술과 선발육종기술은 우리나라가 최고의 기술을 보유하고 있으므로 터봇 친어확보 및 수정란 대량생산 시스템과 선발육종기술로 개발된 터봇 종자는 향후 중화권을 비롯한 세계 수출 시장을 독점적으로 석권할 가능성이 높음.

단계별 목표		1단계				2단계					최종목표
		우량종자 생산 기반 구축				우량종자 대량생산 시스템 구축					세계최고의 넙치 생산기술을 바탕으로 우량종자 최적 생산 및 사양관리 기술개발
중점연구영역		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	프로젝트 목표
수출용 터봇 종자개발	수출용 터봇 육종기술 개발	육종 원천기술 개발				가계생산 및 유전능력 평가					수출전략형 우량 터봇 종자 개발 및 육종 원천기술 개발
	수출용 터봇 친어집단 수집 및 사양관리 시스템 개발	우량 친어집단 확보				최적 사육 시스템 및 사양관리 매뉴얼 개발					
	수출용 터봇 대량생산 시스템 개발	수정란 및 종자 대량생산 시스템 개발				상품성 검정 체계구축 및 매뉴얼 개발					

제4절. 넙치 우량종자의 수출활성화 기술 개발 프로젝트(요약)

- 수출시장 특성에 따른 현지 마케팅 전략 수립과 수출시장 양식상황을 고려한 넙치 종자별 현장 적용 실험은 넙치 우량종자를 세계일류 상품으로 수출할 수 있는 체계적인 수출 마케팅 전략의 핵심임
- 부정확한 마케팅 정보와 복잡하고 변화무쌍한 시장에 일원적으로 접근하는 수출마케팅 전략에서 탈피하여 넙치 우량종자를 세계일류 상품으로 수출할 수 있는 체계적인 수출 마케팅 전략의 수립이 필요함.
- 특히 기존의 저가 수산물 중심의 수출확대에서 벗어난 프리미엄 브랜드 시장을 겨냥한 브랜드 마케팅 전략을 수립하기 위하여 넙치 우량종자의 체계적이고 과학적인 품질관리를 기반으로 안전성 검정 체계 구축이 필수적임.
- 수출에 대한 안전성 검사 강화는 수출뿐만 아니라 국내소비용으로든 차별화됨으로써 향후 브랜드가치를 높이고 상품경쟁력을 유지하는데 중요한 부분임.

단계별 목표		1단계				2단계					최종목표
		우량종자 생산 기반 구축				우량종자 대량생산 시스템 구축					세계최고의 넙치 생산기술을 바탕으로 우량종자 최적 생산 및 사양관리 기술개발
중점연구영역		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	프로젝트 목표
넙치 우량종자의 수출활성화 기술 개발	넙치 우량종자 수출시장 현장 적용 및 안전성 검정			마케팅 전략 수립 및 현장적용 시험			우량종자의 안전성 검정			우량종자의 현지 수출 마케팅 전략 수립	
	넙치 우량종자 장거리 수송기술 개발			우량 종자의 수송 기반기술 개발			장거리 수송기술 개발			수출시장 다변화 및 수출경쟁력 확보	

제6장. 기대효과

- 고부가가치 미래 성장산업으로 지속적으로 발전해 나가기 위한 견인차 역할을 기대
- 첨단 육종 원천기술 개발 및 실용화 촉진으로 세계 종자시장의 중심국으로 진입
 - 종자생산 : 2010년 183억 마리에서 2020년 250억 마리
 - 수산물 수출 : 2010년 18억 달러(세계 23위권)에서 2020년 100억 달러(10위권 진입)
- 맞춤형 종자생산으로 종자생산 전문화 및 효율성 제고
- 체계적인 수출 마케팅 전략 수립으로 해외시장 동향조사, 국제협력, 해외 인허가 대응 방안 등에 대한 지원을 강화함으로써 넙치 우량품종의 수출 기반 강화
- 세계적 수산종자 선도국 도약을 위한 제도적 정책적 기반 마련
- 1차 산업에 국한되어 있는 양식업을 수산 선진국인 노르웨이와 같이 생산·가공·판매를 동시에 수행할 수 있는 6차 산업 구조로의 변화를 도모할 수 있는 대표기업을 육성
- 세계 최고수준의 넙치 양식기술을 적용하여 해외진출의 새로운 양식품종을 개발하여 세계 수산종자시장을 석권하고 국제경쟁력의 우위를 선점
- 수출 주도형 황금넙치 품종 개발로 고부가가치 양식산업이 활성화되고 향후 수입 대체 효과로 인한 수익창출 기대
- 넙치 대체 종자 개발로 국내 양식산업 활성화 및 수출증대는 물론 국민 먹거리의 다양성 창출에 기여

목 차

제1장 개요	1
1. 상세기획 필요성	1
2. 상세기획 내용	3
3. 상세기획 참여인력정보	5
제2장 국내외 동향 및 환경 분석	6
1. 국내외 시장현황 및 전망	6
2. 국내외 기술동향 분석	83
3. 국내외 정책동향 분석	104
4. 기술수준 및 연구개발 인프라 분석	132
5. 주요 이슈 및 전략방향	137
제3장 목표 설정 및 프로젝트 도출	139
제1절. 목표 설정	139
1. 최종 목표	139
2. 연차별 목표 및 단계별 목표	140
3. 목표 설정 근거	140
제2절. 프로젝트 구성	141
1. 후보과제 도출 배경 및 과정	141
2. 프로젝트 구성 및 내용	144
3. 프로젝트 간 연관관계	145
제4장 품목별 추진체계 및 추진전략	146
1. 연구 추진체계	146
2. 연구 추진전략	146
3. 성과지표 설정 방안	149
4. 연구개발 소요예산	152
5. 품목 총괄로드맵	153
6. 성과 확산 방안	154

7. 사업화 및 수출확대 전략	155
제5장 프로젝트별 세부기획	160
제1절. 수출용 킹넙치 종자 개발 프로젝트	160
1. 연구개발 목표	160
2. 연구개발 필요성	161
3. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안	162
4. 프로젝트 추진체계 및 추진전략	162
5. 프로젝트 Micro 로드맵	164
6. 세부프로젝트 추진계획	165
제2절. 중국 수출용 황금넙치 종자 개발 프로젝트	175
1. 연구개발 목표	175
2. 연구개발 필요성	175
3. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안	176
4. 프로젝트 추진체계 및 추진전략	177
5. 프로젝트 Micro 로드맵	179
6. 세부프로젝트 추진계획	180
제3절. 수출용 터벗 종자 개발 프로젝트	195
1. 연구개발 목표	195
2. 연구개발 필요성	196
3. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안	196
4. 프로젝트 추진체계 및 추진전략	197
5. 프로젝트 Micro 로드맵	200
6. 세부프로젝트 추진계획	201
제4절. 넙치 우량종자의 수출활성화 기술 개발 프로젝트	216
1. 연구개발 목표	216
2. 연구개발 필요성	216
3. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안	217
4. 프로젝트 추진체계 및 추진전략	217
5. 프로젝트 Micro 로드맵	219

6. 세부프로젝트 추진계획	220
제6장 기대효과	228
1. 정책적 기대효과	228
2. 기술적 기대효과	228
3. 경제적 기대효과	229
제7장 부록	231
1. 수산업 및 양식업(어류 양식) 경제성분석 보고서	231
2. 노르웨이의 양식산업과 어류 육종기술 그리고 한국의 어류 양식업의 미래	357
3. 염색체공학기법을 활용한 어패류의 불임화 기술보고서	398
4. 치어 및 패류의 수출의 제한 또는 금지	487
5. 수출입 수산생물 지정검역물의 검역방법 및 기준 등에 관한 고시	488
6. 페루 양식산업 발전을 위한 국가계획	521
7. 대한민국과 중화인민공화국간 수출·입 활수생동물의 검사·검역	530

제1장 개요

1. 상세기획 필요성

- 종자 산업은 그 자체가 반도체 산업에 비견될 만큼 부가가치가 높은 지식 집약적 산업이며, 또한 미래의 식량안보는 국가안보와 직결되는 사안으로 선진국은 적극적으로 종자 산업을 지원하고 있음.
- ‘종자 한 봉지의 가격이 동일 무게의 금 덩어리 보다 비싸다’는 말을 통해서 알 수 있듯이 세계 각국은 100년 전부터 종자산업 시장 선점을 위해 기술력을 바탕으로 고부가가치 성장산업을 육성하는데 중점을 두고 있음.
- 세계의 종자 산업은 기술과 풍부한 자금력을 갖고 있는 다국적 기업들이 M&A나 전략적 제휴를 통해 세계시장을 잠식하고 있는데 글로벌 상위 10개 기업(몬산토, 카길, 신젠타 등)의 시장 점유율은 2007년 67%에 이를 정도로 급속한 과점화 현상이 심화되고 있음.
- 약 693억 달러로 추정되는 세계 종자시장에서 우리나라의 종자시장은 약 1.5%에 해당하는 10.3억 달러를 차지하고 있으며, 수산분야의 세계 종자시장 규모는 약 157억 달러(종자시장의 22%)로 추정되며, 우리나라의 수산종자시장은 1%에 해당하는 약 1.58억 달러로 추정됨.
- 해산어를 비롯한 수산물은 고급 단백질 공급원으로서 소득 수준의 향상에 따라 그 수요(2025년 기준 1인당 예상 수요량은 19.1 kg/년)가 급격히 증가하고 있으나 세계 수산물 총생산량이 수년간 약 1억 톤 수준에 한정되어 있어 미래의 예상 수요량을 충족시키기 위해서는 약 6천2백만 톤을 양식 생산으로 충당해야하며 이를 위해서는 생명공학적인 기법을 응용한 획기적인 생산성 향상 기술 개발이 필요함.
- 이에 따라 선진 각국은 미래의 수산 식량 자원 시장, 특히 해산어 시장을 독점하기 위해 첨단 기술 개발에 박차를 가하고 있으며 이로부터 얻어지는 기술과 산물을 독점화하여 후진국들을 종속화하고 있음. 이러한 방편의 일환으로 외국에서는 자국의 대표적인 내수 및 수출 전략 어종을 선정하여 번식 및 유전적 개량체계 구축으로 자국의 대표 종자를 개발하고 있음.

- 따라서 해산어 식량자원 분야에 있어 선진국에 의한 기술과 시장의 종속화를 방지하고 신규 부가가치의 창출과 생산성을 극대화시키기 위한 생명공학기술의 기반 기술인 육종기술 개발과 우량 종자 대량 생산 기술 개발이 시급한 실정임.
- 우리나라의 양식어류 종자생산업은 2012년 기준으로 전체 양식산업 시장(6.8조원)의 약 5%인 3,400억원을 점유할 것으로 예상되지만 FTA 등으로 외국의 종자 및 대량 생산 기술이 국내에 도입될 경우 관련 시장이 선점당할 우려가 크며 해산어의 경우 최근 중국에서도 고급 식자재로 인정받는 분위기 형성으로 인해 피쉬플레이션 (fishflation)까지 우려되는 상황임.
- 따라서 국내 시장을 외국의 품종과 생명산업 자본으로부터 보호하기 위해 우리 종자 개발과 산업화에 의한 국내 산업육성과 함께 수출을 도모할 수 있을 뿐만 아니라 생산량과 생산성을 모두 높일 수 있고 글로벌 시장을 선점할 수 있는 종자 개발이 시급히 필요함.

2. 상세기획 내용

1) 주요 기획내용

- 넙치 GSP 상세기획과제는 국립수산과학원 육종연구센터가 주관이 되어 수행하며, 크게 자연과학 분야(수과원, 학계 및 산업계)와 사회과학 분야(KMI 및 수출유관기관)로 나누어 진행하였음.
- 넙치 GSP의 세부추진 기획은 넙치 양식산업 현장중심의 현황 분석을 위하여 관련 산업계를 통한 실질적인 접근이 중요한 요소이므로 산업계 전문가의 참여를 최대한 유도하고, 이와 더불어 넙치종자의 수출을 위하여 수출유관 단체의 수산관련 전문가들의 적극적인 참여를 유도하였음.
- 자연과학분야와 인문사회분야의 다양한 의견을 수렴하기 위하여 월 1회 연구자간 정기 협의회를 운영하고(표 1), 정책기관과의 토의, 각 업계별 설명회, 현장방문 및 설문조사, 종합 연찬회 실시 등을 통하여 국내외 전문기관의 정보교환을 추진하여 연구개발의 효율성을 극대화하였음.

표 1. 넙치 GSP 상세기획과제 연구진 운영 일정

일시	내용	비고
2012. 11. 1.	넙치 GSP 착수보고회	
2012. 11. 7.	품목별 GSP 1차 워크숍	
2012. 11. 13.	어류육종 해외전문가 초청 세미나	이우재 박사 (Genomar)
2012. 12. 13.	2차 연구원 회의	
2012. 12. 18.	품목별 GSP 2차 워크숍	
2013. 1. 17.	3차 연구원 회의	
2013. 1. 31.	넙치 GSP 중간보고회	
2013. 2. 7.	4차 연구원 회의	
2013. 2. 21.	GSP 사업 추진전략 방안 워크숍	사업단장 선정 후 최초 워크숍
2013. 2. 27.	최종 연찬회	

2) 추진체계 및 추진전략

- 품목별 GSP 과제 중 넙치는 예비타당성 조사에서 ‘글로벌 시장개척형 종자’ 그룹에 속해 있음.
- 따라서 상품 개발이 즉각 가능해야 하며, 과제의 최종 목표 중 하나인 글로벌 민간 종자회사 개발과 지원을 위해 1)나뉘먹기식 기획을 배제한 **선택과 집중(Focus)**, 2) 비즈니스적인 측면을 중시하여 기술과 비즈니스 그리고 마케팅이 결합된 **비즈니스 모델(Business model)로의 접근**, 3)기술전문성, 비즈니스 전문성 그리고 기획 전문성의 융합을 통한 **개방(Open)과 협력 지향**, 4)사실과 근거자료에 입각한 **근거(Evidence) 중심**의 의사결정을 기본 전략으로 설정하였음.

표 2. 넙치 GSP 상세기획 과제의 추진 체계

국내외 동향 및 환경 분석	<ul style="list-style-type: none"> · 국내외 시장 동향 분석 · 국내외 기술개발 동향 분석 · 국내외 정책 현황 분석 · 기술수준 분석 	<ul style="list-style-type: none"> · 문헌자료 수집 및 분석 · 관련 논문/특허 검색 및 분석 · 분과위원 대상 설문조사/인터뷰
중점 추진영역 설정	<ul style="list-style-type: none"> · 기술개발 추진방향 정립 · 목표 재검토 및 보완 · 중점 추진 품목 및 영역 설정 	<ul style="list-style-type: none"> · 선정분야 기준 제시 및 관련자료 검토 · 연구원간, 관련 산업계간 토의
Micro 로드맵 수립	<ul style="list-style-type: none"> · 세부 추진과제 후보 도출 · 세부 추진과제 투자 우선순위 선정 · 과제별 목표 및 기술개발 내용 도출 · 과제별 기술개발 추진전략 수립 · 자원 투입계획 수립 · 성과계획 수립 · 로드맵 및 RFP 작성 	<ul style="list-style-type: none"> · 기획보고서 작성 가이드라인 제시 · 분과위원회 운영
기대성과 및 활용방안 수립	<ul style="list-style-type: none"> · 기대성과 분석 · 연구성과의 실용화 전략 수립 · 국내외 협력/활용계획 수립 	<ul style="list-style-type: none"> · 분과위원 의견 수렴 · 경제적 기대효과 산정방법 설계 및 분석

3. 상세기획 참여인력정보

No.	과제 구분	소속	직위	성명	연락처 (이메일/전화)
1	제1세부	국립수산과학원 육종연구센터		이**	
2		국립수산과학원 육종연구센터		김**	
3		국립수산과학원 남서해연구소		명**	
4		국립수산과학원 육종연구센터		김**	
5		국립수산과학원 육종연구센터		박**	
6		국립수산과학원 육종연구센터		황**	
7		전남대학교		오**	
8		한국생명공학연구원		박**	
9		GnC바이오		채**	
10		한국해산종묘협회		박**	
11		한국해산종묘협회		이**	
12		제주어류양식수협		김**	
13		제주어류양식수협		양**	
14		거제어류양식협회		박**	
15		(사)한국광어양식연합회		김**	
16		전남해양수산과학원		박**	
17	제1협동	한국해양수산개발원		정**	
18		한국해양수산개발원		임**	
19		한국해양수산개발원		김**	
20		한국해양수산개발원		이**	
21		한국해양수산개발원		이**	

제2장 국내외 동향 및 환경 분석

1. 국내의 시장현황 및 전망

1) 국내 시장

가. 양식넙치 및 넙치종자 생산기반

- 우리나라 넙치 양식어가수는 2006년 696어가에서 2011년 599어로 연평균 3.0%의 감소세를 보이고 있음.
- 양식방법별로는 육상수조식의 경우 2011년 590개 어가로 전체 어가의 98.5%를 차지해 가장 많았고, 다음으로 축제식, 해상가두리 순으로 나타남.

표 3. 양식방법별 넙치 양식어가 현황

구분	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	연평균 증감율
합계	696	652	642	640	611	599	△3.0
해상가두리	11	5	4	11	5	3	△22.9
육상수조식	674	637	629	621	600	590	△2.6
축제식	11	10	9	8	6	6	△11.4

자료 : 통계청 어류양식동향조사

- 지역별 넙치 양식어가수를 살펴보면 2011년 기준 제주도가 259개 어가로 전체 어가의 43.2%를 차지해 가장 많았고, 다음으로 전라남도 213개 어가(35.6%), 경상남도 40개 어가(6.7%) 등의 순으로 나타남.
- 제주지역과 전남지역이 국내 넙치양식의 주산지인 것으로 조사된 가운데, 제주도를 제외한 모든 지역에서 양식어가가 감소한 것으로 나타남.

표 4. 지역별 넙치 양식어가 현황

구분	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	연평균 증감율
합계	696	652	642	640	611	599	△3.0
제주도	225	224	229	242	247	259	2.9
전라남도	285	264	255	250	235	213	△5.7
경상남도	60	56	53	52	43	40	△7.8
기타지역	126	108	105	96	86	87	△7.1

자료 : 통계청 어류양식동향조사

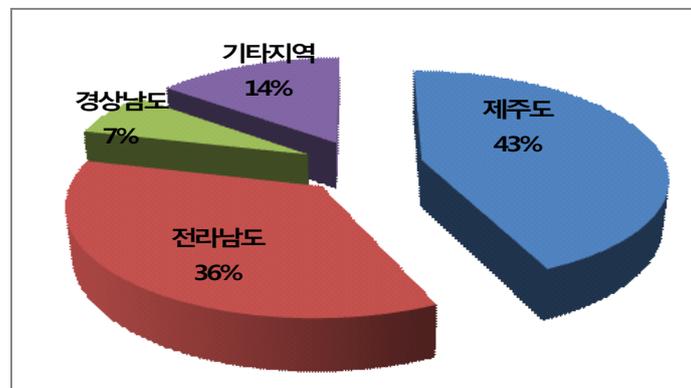


그림 2. 지역별 넙치 양식어가 비중(2011년 기준)

- 국내 양식어업의 종자수급 형태를 살펴보면 바지락, 새꼬막, 굴 등 패류의 경우 자연적으로 채취된 종자에 대한 의존비중이 높은 반면, 넙치, 조피볼락, 돛류 등 어류의 경우 인공종자의 비중이 높은 것으로 조사되었음.1)

- 특히 최근 양식산업이 발전하면서 넙치, 전복 등 상업성이 높은 품종의 경우 속성장, 내병성 강화 등의 품종 개량 연구가 활발하게 진행되면서 이들 품목에 대해서는 인공종자의 이용 비중이 매우 높은 것으로 나타남.

- 수산종묘생산업의 동향을 파악하기 위해 우선 허가 현황을 살펴보면 허가건수는 2005년 이후 매년 증가한 반면, 면적은 소폭 감소한 것으로 나타남.2)

1) 정명생 외, 「국가 신성장동력 창출을 위한 수산종자산업 발전방안」, 한국해양수산개발원, 2012.12. 참조

2) 수산종묘 생산을 위해서는 생산은 육상과 해상에서 이루어지고 있으며, 종묘생산을 영위하기 위해서는 허가를 취득해야 한다. 수산업법 제3장 제41조(허가어업)에 따르면 종묘생산어업은 일정하게 구획된 바다·바닷가 또는 인공적으로 조성한 육상의 해수면에 시설물을 설치하여 수산종묘(水産種苗)를 생산하는 어업(생산한 종묘를 일정기간 동안 중간육성하는 경우를 포함한다)으로 정의되어 있다.

- 유형별로 살펴보면 건수의 경우 육상종묘가 1,443건으로 전체 건수의 62%를 차지한 반면, 면적의 경우 해상종묘가 2,820ha로 전체 면적의 89%를 차지하였으며, 육상종묘의 경우 2005년 이후 허가 건수와 면적 모두 증가세를 보이고 있음.

표 5. 수산종묘생산어업 허가 현황

구분		2005년	2008년	2009년	2010년	2011년
전체	건수(건)	2,054	2,140	2,144	2,284	2,328
	면적(ha)	3,242	3,006	3,000	3,298	3,170
해상종묘	건수(건)	783	867	880	927	895
	면적(ha)	3,133	2,870	2,836	2,957	2,820
육상종묘	건수(건)	1,271	1,273	1,264	1,357	1,433
	면적(ha)	109	136	164	341	350

자료 : 농림수산식품부 내부자료

- 품종별 허가 현황(건수 기준)을 살펴보면 해상종묘생산업의 경우 굴이 240건으로 가장 많고, 다음으로 미역(199건), 피조개(191건), 새꼬막(168건) 등의 순서로 나타남.

- 면적으로는 피조개가 865ha로 전체 면적의 30.7%를 차지해 가장 많고, 다음으로 굴 598ha(21.2%), 미역 559ha(19.8%), 새꼬막 542ha(19.2%) 등의 순으로 나타남.

표 6. 해상종묘생산업 허가 현황(2011년 기준)

구분	건수		면적	
	건	비중	ha	비중
합계	895	100.0	2,820	100.0
굴	240	26.8	598	21.2
미역	199	22.2	559	19.8
피조개	191	21.3	865	30.7
새꼬막	168	18.8	542	19.2
멍게	61	6.8	132	4.7
가리비	23	2.6	86	3.0
기타	13	1.5	37	1.3

자료 : 농림수산식품부 내부자료

○ 육상종묘생산업의 경우 전복이 592건으로 가장 많았고, 다음으로 어류 426건, 김·미역 125건(8.7%), 우렁쉥이 121건 등의 순으로 나타남.

- 면적으로는 어류가 223ha로 전체 면적의 63.7%를 차지해 가장 많고, 다음으로 전복 66ha(18.9%), 새우 23 ha(6.6%), 김·미역 17ha(4.9%) 등의 순으로 나타남.

표 7. 육상종묘생산업 허가 현황(2011년 기준)

구분	건수		면적	
	건	비중	ha	비중
합계	1,433	100.0	350	100.0
전복	592	41.3	66	18.9
어류	426	29.7	223	63.7
김, 미역	125	8.7	17	4.9
멍게	121	8.4	2	0.6
해삼	64	4.5	8	2.3
새우	19	1.3	23	6.6
굴	19	1.3	1	0.3
기타	67	4.7	10	2.9

자료 : 농림수산식품부 내부자료

- 현재 일반적으로 수산종자 중 어류는 단일품종 보다는 2개 이상의 복수 품종이 생산되고 있는 실정으로, 넙치 종자만을 생산하는 종자업체의 규모를 정확히 파악하는 것은 현실적으로 불가능한 부분임.
- 어류의 육상종묘생산업 허가 현황을 통해 파악하는 것이 적절한데, 어류 육상종묘생산업의 경우 2005년과 비교해 허가 건수는 985건에서 426건으로 56.8% 감소하였으며, 면적도 같은 기간 240ha에서 223ha로 7.1% 감소하였음.

표 8. 육상종묘생산업 어류 허가 추이(2011년 기준)

구분	2005년		2011년		증감율(%)	
	건	면적 (ha)	건	면적 (ha)	건	면적
어류	985	240	426	223	△56.8	△7.1

자료 : 농림수산식품부 내부자료

나. 양식넙치 및 넙치종자 생산 동향

- 국내 넙치 생산량은 2000년 15,734톤에서 2011년 45,480톤으로 연평균 10.1% 증가세를 보임.
- 어업별 생산 비중을 보면 천해양식어업 생산량이 40,805톤으로 전체 생산량의 약 90%를 차지하고 있으며, 연근해어업 생산량은 4,675톤으로 전체 생산량의 약 10%를 차지함.
- 2000년 이후 어업별 생산 동향을 살펴보면 연근해어업, 천해양식어업 모두 연평균 10% 이상의 증가세를 보임.

표 9. 어업별 넙치 생산량 변화

단위 : 톤, %

구분	2000년	2005년	2009년	2010년	2011년	연평균 증감율
합계	15,734	42,187	60,113	46,960	45,480	10.1
연근해	1,607	2,112	5,439	6,035	4,675	10.2
천해양식 (양식비중)	14,127 (89.8)	40,075 (95.0)	54,674 (91.0)	40,925 (87.1)	40,805 (89.7)	10.1

주 : 1) 어업별 생산에서 원양어업에서 생산되는 넙치는 물량이 극히 미미하여 제외함

2) ()안의 수치는 전체 생산량에서 천해양식이 차지하는 비중임

자료 : 통계청 어업생산 동향조사

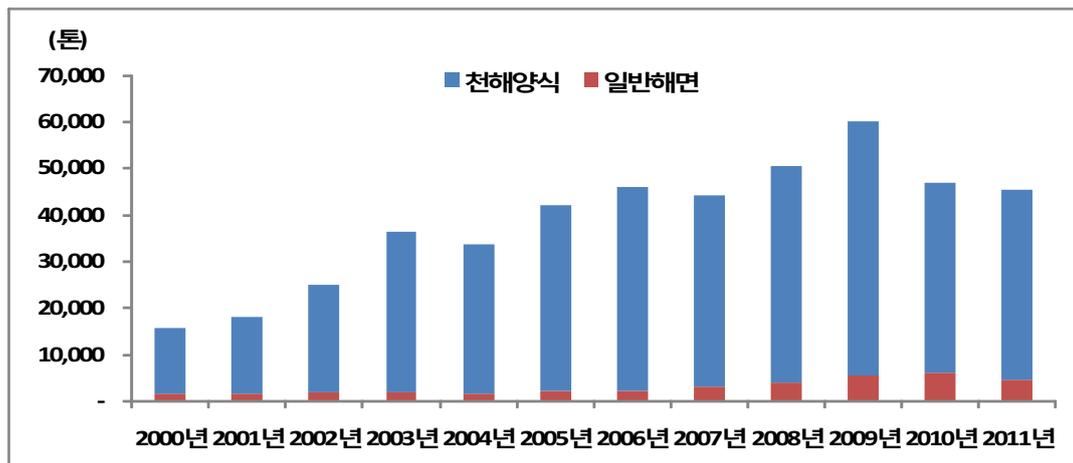


그림 3. 2000년 이후 어업별 넙치 생산량 변동

- 양식넙치 생산은 1990년대 이후부터 본격적으로 이루어져, 2000년대 후반까지 지속적 증가세를 보인 후, 최근에는 생산이 소폭 감소하였음.
- 2000년 14,127톤이었던 양식넙치 생산량은 2009년 54,674톤으로 최고치를 기록한 후 소폭 감소하여 2011년 현재 40,805톤으로 2000년대 중반 수준을 유지하고 있음.
- 생산량이 증가함에 따라 넙치 가격은 2000년대 이후 감소세를 보이는 가운데, 최근 증가세로 전환됨.

- 2000년대 초반에는 단위(kg)당 1만 원 이상을 유지하다가, 2000년대 중반 이후 8,000원대 까지 떨어진 후, 최근 11,000원대로 회복됨.

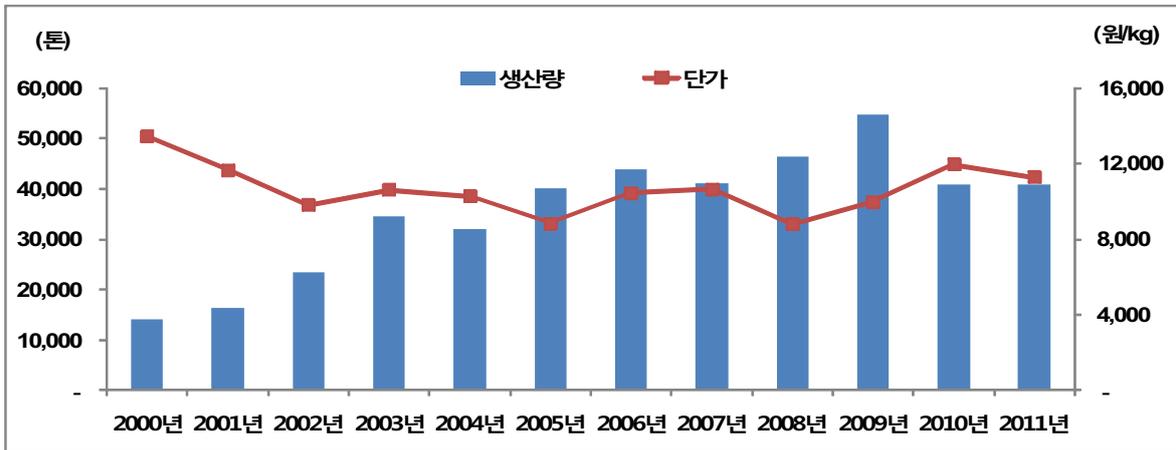


그림 4. 연도별 양식넙치 생산량 및 가격 추이

- 넙치종자 생산규모(추정)를 보면 최근 5년 동안의 매년 1억 미 이상 생산된 것으로 추정됨.³⁾
 - 이는 종자의 사용처를 기초로 추정한 것으로, 양식업체 입식량의 경우 재투자량(중간종묘 판매량, 방류량)을 포함한 수치로 개략적 규모를 가늠하는 자료로 활용하는 것이 적절할 것으로 사료됨.
- 연간 생산량 중 양식업체 입식량이 전체 생산량의 90% 이상을 차지하여, 2010년 기준으로 1.2억 미가 양식업체에 입식된 것으로 추정됨.
 - 수산종자 방류량도 최근 수산종묘 방류사업의 확대 실시로 인하여 연간 4백만 미 이상을 유지하고 있음.

3) 현재 우리나라에서는 수산종자 생산 규모에 대한 공식적인 통계가 집계되지 않고 있는데, 이는 국내에서 수산종자를 생산하는 기관이 국가기관(국립수산종자 배양장, 시·도립 배양장 등)은 물론 민간 업체 등 종묘를 생산·공급을 담당하는 기관이 매우 다양함에 따른 어려움으로 풀이된다. 종자의 생산규모는 생산된 종자가 어떻게 활용되고 있는지를 통해 개략적으로 추정할 수 있는데, 생산된 넙치종자는 크게 양식업체의 입식과 수산종자 방류사업에 활용되고 있다. 따라서 국내 넙치종자생산은 양식업체 입식량과 수산종자 방류량을 통해 개략적으로 추정이 가능하다.

표 10. 넙치종자 생산량(추정)

단위 : 천 미, %

구분	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	연평균 증감율
합계	120,523	134,000	116,187	139,848	120,690	0.03
양식업체 입식량	116,680	124,378	111,004	133,305	116,831	0.03
수산종자 방류량	3,843	9,622	5,183	6,543	3,859	0.1

주 : 1) 수산종자 방류사업의 경우 수산자원사업단의 내부 자료를 이용함

2) 양식업체 입식량은 통계청에서 제공하는 자료로 종묘입식량은 채투자량(중간종묘 판매량, 방류량)을 포함한 수치로 수산종자 방류사업과 중복될 수 있음

자료 : 수산자원사업단 내부자료, 통계청 어류양식동향조사(양식방법별·어종별 양식현황)

○ 넙치종자가 주로 공급된 양식업체 입식량⁴⁾은 107백만 미(2011년)로, 지역별로는 제주도 지역에 66백만 미로 입식량의 61.3%를 차지함.

- 다음으로 전라남도 30백만 미(28.3%), 경상남도 3백만 미(3.0%) 등의 순으로 제주도와 전라남도 지역이 전체 입식량의 약 90%를 차지함.

표 11. 지역별 넙치 입식량(2011년 기준)

단위 : 천 미, %

구분	합계	제주도	전라남도	경상남도	경상북도	기타지역
입식량	107,195	65,663	30,329	3,235	4,466	3,502
비중	100.0	61.3	28.3	3.0	4.2	3.3

주 : 입식량은 채투자량(중간종묘판매량, 방류량)을 제외한 수치임

자료 : 통계청 어류양식동향조사

○ 한편 넙치 종묘 방류사업은 2000년 이후 본격적으로 시작되어 2011년 까지 총 5,221만 미, 156억 원의 넙치 종묘가 방류되면서 꾸준한 증가세를 보임.

4) 채투자량인 중간종묘판매량과 방류량을 제외한 수치이다.

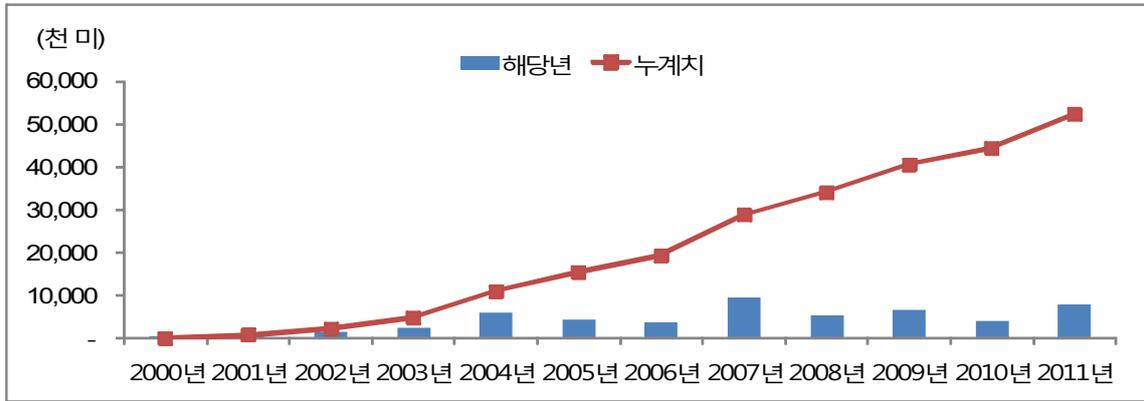


그림 5. 2000년 이후 넙치 종묘 방류물량 추이

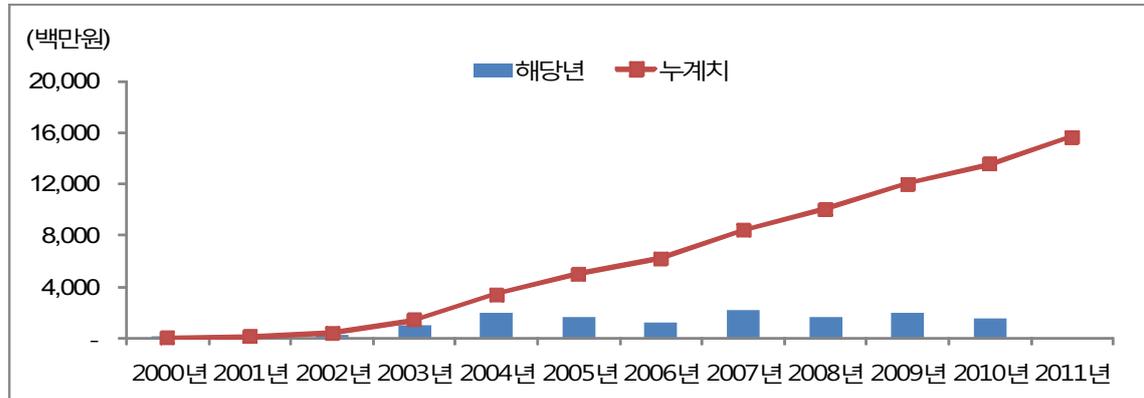


그림 6. 2000년 이후 넙치 종묘 방류금액 추이

다. 넙치 및 넙치종자 교역 동향

- 넙치류의 교역동향을 보면 수출이 월등한 실정으로, 수출과 수입 모두 증가한 가운데 수입의 경우 연평균 20% 이상 증가함.
 - 수출의 경우 2011년 기준 4,464톤, 54백만 달러를 기록하여 2000년 이후 물량과 금액 각각 연평균 3.9%, 2.9%의 증가세를 보임.
 - 수입의 경우 2000년 이후 2011년까지 금액과 물량 각각 연평균 21.7%, 33.5%의 높은 증가세를 기록함.

표 12. 넙치 수출입 동향

단위 : 톤, 천 달러, %

구분		2000년	2005년	2009년	2010년	2011년	연평균 증감율
수출	물량	2,941	5,802	5,091	5,623	4,464	3.9
	금액	39,575	63,684	51,812	70,657	54,010	2.9
수입	물량	121	1,096	388	1,325	1,046	21.7
	금액	331	7,136	2,033	10,006	7,935	33.5

주 : HSK 집계 방식에 따라 수출입 통계가 상이할 수 있음

자료 : 농림수산물부 수산정보포털(www.fips.go.kr)

○ 넙치의 주요 수출국으로는 일본, 중국, 미국 등으로 조사됨.

- 2009~2011년 평균 수출 물량은 5,063톤으로, 이 중 일본으로의 수출이 3,911톤으로 전체 물량의 77.2%를 차지해 가장 많고, 다음으로 중국(14.1%), 미국(6.1%) 등의 순으로 나타남.
- 금액 기준으로도 총 수출액 59백만 달러 중 일본으로의 수출이 47백만 달러로 전체 금액의 79.2%를 차지해 가장 많고, 다음으로 중국(9.8%), 미국(9.3%) 등의 순으로 나타남.
- 즉 넙치의 경우 일본으로의 수출이 집중적으로 이루어지고 있으며, 중국과 미국으로의 수출도 일부 이루어지고 있음.

표 13. 주요 수출 국가(2009~2011년 평균)

순위	국가명	중량		금액	
		톤	비중(%)	천달러	비중(%)
	합계	5,063	100.0	58,875	100.0
1	일본	3,911	77.2	46,636	79.2
2	중국	714	14.1	5,774	9.8
3	미국	306	6.1	5,464	9.3
	기타국가	132	2.6	1,002	1.7

주: 넙치류로 집계한 품목은 HSK 기준 0301-99-8000, 0302-21-0000, 0302-29-0000, 0303-31-0000 4개 품목임(한국관세무역개발원)

- 넙치의 주요 수출형태는 활넙치와 냉동넙치로, 특히 활어 수출이 중심으로 전체 수출 중 비중이 물량의 80.6%, 수출금액의 86.3%로 대다수를 차지함.
- 활넙치 이외에도 냉동넙치, 신선냉장 넙치 등이 수출되고 있지만, 냉동넙치를 제외하고는 비중이 높지 않은 것으로 나타남.

표 14. 주요 수출 품목(2009~2011년 평균)

HSK	품명	중량		금액	
		톤	비중(%)	천달러	비중(%)
합계	-	5,063	100.0	58,875	100.0
0301-99-8000	넙치(활어)	4,079	80.6	50,828	86.3
0302-21-0000	넙치(신선냉장)	66	1.3	935	1.6
0302-29-0000	넙치류기타(신선냉장)	3	0.1	49	0.1
0303-31-0000	넙치(냉동)	914	18.1	7,063	12.0

자료 : 한국관세무역개발원

- 주요 수출품목인 활넙치의 수출대상국은 우리나라 인접에 근접한 일본, 중국은 물론 미국, 캐나다 등 북미 지역까지 수출되고 있는 것으로 나타남.
- 활넙치의 수출 물량(4,079톤) 중 일본으로의 수출이 3,818톤으로 전체 물량의 93.6%를 차지해 가장 많았고, 다음으로 미국, 대만, 싱가포르 등의 순으로 나타남.
- 금액 기준으로도 일본으로의 수출 비중이 90% 이상을 차지하고, 나머지 국가들이 약 10% 정도의 비중을 차지함.
- 활넙치는 전통적으로 대일본 주요 수출품목으로 일본에 대한 집중도가 매우 높는데, 최근 미국, 캐나다 등 북미 지역까지 수출이 이루어지고 있는 만큼, 수출선의 다변화가 진행되고 있음.

표 15. 활넛치 주요 수출 국가(2009~2011년 평균)

HSK	품명	중량		금액	
		톤	비중(%)	천달러	비중(%)
전체		4,079	100.0	50,828	100.0
1	일본	3,818	93.6	45,884	90.3
2	미국	238	5.8	4,545	8.9
3	대만	8	0.2	118	0.2
4	싱가포르	4	0.1	81	0.2
5	캐나다	4	0.1	94	0.2
6	중국	3	0.1	17	0.03
기타국가		4	0.1	90	0.2

자료 : 한국관세무역개발원

○ 넛치의 주요 수입국으로는 러시아, 캐나다, 중국 등으로 조사됨.

- 2009~2011년 평균 수입 물량의 94.1%가 러시아로부터 수입되었으며, 다음으로 캐나다(3.9%), 중국(0.7%) 등의 순으로 나타남.
- 금액 기준으로도 총 수입액 7백만 달러 중 러시아로의 수입이 96%에 달하고 있음.

표 16. 주요 수입 국가(2009~2011년 평균)

순위	국가명	중량		금액	
		톤	비중(%)	천달러	비중(%)
합계		920	100.0	6,658	100.0
1	러시아	865	94.1	6,358	95.5
2	캐나다	36	3.9	197	3.0
3	중국	6	0.7	50	0.8
기타국가		12	1.3	53	0.8

주 : 넛치류로 집계한 품목은 HSK 기준 0301-99-8000, 0302-21-0000, 0302-29-0000, 0303-31-0000 4개 품목임(한국관세무역개발원)

○ 넙치의 주요 수입 품목으로는 냉동품으로 조사됨.

- 넙치 총 수입량 920톤 중 냉동 넙치가 914톤으로 전체 수입량의 99.3%를 차지하고 있음.

표 17. 주요 수입 품목(2009~2011년 평균)

HSK	품명	중량		금액	
		톤	비중(%)	천달러	비중(%)
합계	-	920	100.0	6,658	100.0
0301-99-8000	넙치(활어)	6	0.7	50	0.8
0302-21-0000	넙치(신선냉장)	0.02	0.002	1	0.01
0302-29-0000	넙치류기타(신선냉장)	0.004	0.0005	0.03	0.0004
0303-31-0000	넙치(냉동)	914	99.3	6,607	99.2

자료 : 한국관세무역개발원

○ 한편 수산종자의 수출입 동향을 보면 현재 우리나라에서 수출입 되고 있는 수산종자는 어류 3개(실뱀장어, 돔, 농어), 패류 4개(굴, 백합, 진주조개, 피조개), 기타수산동식물 1개(우렁쉥이) 총 8개 품종만 거래되고 있는 것으로 조사됨.⁵⁾

○ 2000년 이후 수산종자의 교역 동향을 보면 수출보다는 수입이 월등히 많은 것으로 나타남.

- 수출의 경우 2000년 84만 달러를 수출했다가 이후 감소세를 보임.

- 반면 수입의 경우 2000년 이후 지속적 증가세를 보여 2000년 1,379만 달러에서 2011년 8,347만 달러로 연평균 17.8% 증가함.

○ 최근 3년 평균(2009~2011년) 기준으로 품목별 종자 수출입 실적을 살펴보면 수출의 경우 실뱀장어와 멧게 2개 품목의 수출 실적이 집계됨.

5) 교역통계의 경우 별도로 분류되지 않은 코드에 대해서는 통계적으로 집계할 수 없다는 점에서 해석에 주의가 요구된다.

- 물량기준으로는 멧게가 2톤으로 전체 수출량의 91.1%를 차지하고, 금액 기준으로는 실장어(양식용)가 17만 달러로 전체 수출액의 96.5%를 차지함.

표 18. 국내 수산종자 교역집계 대상품목

구 분	HSK (2012년 기준)	어종명	비고
어류	0301-92-1000	실뱀장어	양식어용에 한정
	0301-99-4010	돔	치어(양식용 한정)
	0301-99-9051	농어	치어(양식용 한정)
패류	0307-77-1010	굴	치패(종패용)
	0307-71-1010	백합	치패(종패용)
	0307-91-2010	진주조개	종패용
	0307-71-2010	피조개	종패용
기타수산동식물	0308-90-1011	멧게	종묘

자료 : 기획재정부, '관세·통계 통합품목분류표(HSK)'

표 19. 국내 수산종자 수출입 현황

단위 : 톤, 만 달러, %

구 분		2000년	2005년	2009년	2010년	2011년	연평균 증감율
수출	물량	0.5	0.2	5.9	0.3	-	-
	금액	84	10	42	10	-	-
수입	물량	9	8	47	85	75	21.5
	금액	1,379	2,928	1,500	5,411	8,347	17.8

자료 : 농림수산식품부 수산정보포털(www.fips.go.kr)

표 20. 우리나라 수산종자 수출 품목(2009~2011년 평균)

HSK	품종명	중량		금액	
		kg	비중(%)	달러	비중(%)
합계	-	2,075	100.0	173,721	100.0
0301-92-1000	실뱀장어(양식용)	184	8.9	167,699	96.5
0307-91-9031	명게(종묘)	1,890	91.1	6,022	3.5

자료 : 농림수산식품부 수산정보포털(www.fips.go.kr)

○ 수입품목은 수출 보다 다양한데, 피조개가 30톤으로 전체 수입량의 43.8%를 차지해 가장 많고, 다음으로 농어(치어) 27톤(39.9%), 실장어(양식용) 9톤(12.5%) 순으로 나타남.

- 반면 금액 기준으로는 실장어(양식용)가 4,953만 달러로 전체 수입액의 97.8%로 대부분을 차지함.

표 21. 우리나라 수산종자 수입 품목(2009~2011년 평균)

HSK	품종명	중량		금액	
		kg	비중(%)	달러	비중(%)
합계	-	69	100.0	5,086	100.0
0301-92-1000	실장어(양식용)	9	12.5	4,953	97.4
0301-99-9051	농어(치어)	27	39.9	109	2.1
0301-99-9011	굴(치패)	3	3.9	0.4	0.01
0307-91-1510	피조개(종패)	30	43.8	23	0.5

자료 : 농림수산식품부 수산정보포털(www.fips.go.kr)

○ 이러한 가운데 넙치종자(치어 및 란)에 대한 수출입 실적을 살펴본 결과 수출입 모두 이루어지지 않은 것으로 조사됨.

라. 넙치류 수급 동향

- 국내 넙치류 총 공급량은 2000년 27,217톤에서 2009년 60,501천 톤으로 2000년 이후 연평균 9.3% 증가하였는데 이는 국내 생산 증가에 기인함.
- 공급의 경우 생산은 2000년 15,774톤에서 2009년 60,113톤으로 연평균 16.0%의 높은 증가율을 보인 반면, 수입은 2000년 11,443천 톤에서 2009년 388톤으로 연평균 31.3% 감소한 것으로 나타남.
- 수요의 경우 국내소비는 생산량 증가의 영향으로 2000년 22,075톤에서 2009년 55,410톤으로 연평균 10.8% 증가함.
- 수출의 경우 2000년 5,142톤에서 2009년 5,091톤으로 일정 규모를 유지하고 있는데, 국내 생산 증가분이 국내 소비로 이어진 것으로 보여짐.

표 22. 국내 넙치류 수급 동향

단위 : 톤, %

구 분		2000년	2005년	2007년	2008년	2009년	연평균 증감율
공급	생산	15,774	42,192	44,245	50,617	60,113	16.0
	수입	11,443	1,096	173	292	388	△31.3
	재고	-	-	-	-	-	-
총 공급량		27,217	43,288	44,418	50,909	60,501	9.3
수요	국내소비	22,075	37,486	41,211	46,857	55,410	10.8
	수출	5,142	5,802	3,207	4,052	5,091	△0.1
	이월	-	-	-	-	-	-

자료 : 식품수급표(각 연도)의 자료를 이용하여 산출하였음

마. 넙치종자 수요 전망

- 향후 국내의 넙치종자 수요는 정부의 발표자료(KMI 수산업관측센터 추정 결과)를 통해 전망해 볼 수 있음.

- 우리나라 전체 수산 종자수요량은 2011년 184억 미에서 2015년에는 194억 미, 2020년에는 249억 미로 추정됨.
 - 이 중에서 어류에 한정하여 살펴보면 2011년 3억 미에서 2015년에는 2.8억 미로 감소한 후, 2020년에는 3억 미로 증가하는 것으로 추정됨.
 - 특히 넙치류의 경우 2011년 0.9억 미에서, 2015년에는 1억 미, 2020년에는 1.1억 미로 지속적으로 수요가 증가할 것으로 추정됨.

표 23. 주요 어종별 생산량 및 종자 수요량 예측

단위 : 톤, %

구분	생산량(톤)			종자수요량			단위	
	2011년	2015년	2020년	2011년	2015년	2020년		
합계*	486,260	624,648	933,245	18,415,266	19,449,200	24,890,389	천미	
어류	소계	72,302	87,927	193,052	301,818	279,845	296,530	천미
	넙치류	40,805	45,000	88,000	91,527	103,260	114,992	천미
	가자미류	1,081	11,775	44,757	159,232	102,525	45,819	천미
	조피볼락	17,338	13,180	13,180	13,580	11,191	9,593	천미
	쥐치류	263	989	3,716	8,324	10,792	13,966	천미
	참돔	3,498	5,024	7,217	4,853	5,861	6,276	천미
	돌돔	711	1,357	2,589	6,519	6,366	6,625	천미
	숭어류	4,850	3,997	3,997	1,513	16,485	53,709	천미
	기타볼락	307	173	173	5,374	8,141	12,823	천미
	감성돔	1,233	1,027	1,027	8,729	8,834	9,448	천미
	농어	1,835	2,280	2,833	1,227	4,284	14,866	천미
	능성어	150	880	5,168	210	1,233	6,201	천미
	참다랑어	0	2,000	20,000	339	152	130	천미
	고등어류	75	116	180	350	503	720	천미
	방어	34	73	155	40	85	155	천미
	복어류	121	54	54	1	3	7	천미
민어	1	2	6	0	130	1,200	천미	
갑각류	소계	2,844	45,000	88,000	85,320	1,350,000	2,288,000	천미
패류	소계	389,147	371,644	419,593	17,878,800	17,257,905	21,313,866	천미
기타	소계	11,768	67,950	133,900	119,727	455,064	817,193	천미
내수면	소계	10,199	52,127	98,700	29,601	106,386	174,800	천미
해조류	소계	957,132	1,087,415	1,457,979	284,982	307,093	361,622	천미

주 : 1) 해조류는 종자 단위 통일이 어려워 합계에서 제외함

2) 생산량(톤) 예측 산정식 : 10대 전략 품목은 2020년 생산목표량에 기초함(단, 미역, 다시마는 전복 생산량 고려 생산량 상향 조정), 그 외 품목은 최근 5년간 품목별 생산량 증감률을 반영하여 산정함

3) 종자 수요량(천마리) 예측 산정식 = 예측 생산량(톤)×1000/마리 단위당 중량(kg) + 폐사량 + 방출량×1.2

※ 폐사량 = [예측 생산량(톤)×1000/마리 단위당 중량(kg)]× 품목별 폐사율

자료 : 농림수산식품부 양식산업과, "10대 전략품종 종자산업 육성 방안", 2012.10.11. p.18.

2) 해외 시장

가. 세계시장 동향

가) 세계의 넙치류 생산 동향

○ 2010년 기준 전세계 넙치류 총 생산량은 20만 톤으로, 2000년 이후 연평균 7.1% 증가함.

- 이는 양식 생산 증가에 기인한 것으로 2000년 이후 양식 넙치 생산은 연평균 18.1% 증가한 반면, 어로 생산은 연평균 2.0% 감소함.

- 이에 따라 전체 넙치 생산 중에서 양식생산이 차지하는 비중은 2000년 26.1%에서 2005년 61.6%, 2010년 69.6%로 증가함.

표 24. 어업별 넙치류 생산 세계 동향

단위 : 천 톤, %

구분	2000년	2005년	2008년	2009년	2010년	연평균 증감율
합계	101	193	213	214	199	7.1
어로	74	74	74	59	61	△2.0
양식 (비중)	26 (26.1)	119 (61.6)	138 (65.0)	155 (72.4)	139 (69.6)	18.1

주 : 1) 넙치류는 Turbot, Atlantic halibut, Lefteye flounders nei, Indian halibut, Olive flounder, Summer flounder, Kamchatka flounder, California flounder, Leopard flounder, Windowpane flounder, Antarctic armless flounder 합계임

2) ()안의 수치는 전체 생산에서 양식이 차지하는 비중임

자료 : FAO Fishstat Plus

○ 어종별 생산량을 살펴보면 2010년 기준 turbot이 74천 톤으로 전체 생산량의 37.3%로 최대 생산량을 기록함.

- 2000년 이후 대부분의 품종에서 생산이 증가하고 있으며, 특히 turbot과 lefteye flounders nei의 경우 2000년 이후 연평균 10% 이상의 높은 성장세를 기록하고 있음.

- 우리나라에서 주로 생산하는 olive flounder(넙치)도 2000년 이후 연평균 6.8% 증가하였으나, 전체 생산에서 차지하는 비중은 소폭 감소함.

* Olive flounder(넙치) 생산 비중 : (00년) 30.2% → (10년) 29.4%

표 25. 넙치류 어종별 세계 생산 동향

단위 : 천 톤, %

구분	2000년	2005년	2008년	2009년	2010년	연평균 증감율
합계	101	193	213	214	199	7.1
Turbot	14	63	70	75	74	17.9
Olive flounder(넙치)	30	53	62	72	59	6.8
Lefteye flounders nei	1	18	23	27	25	44.2
Indian halibut	16	23	25	24	23	3.9
Olive flounders nei	9	10	11	11	11	1.5
기타 넙치류	30	26	20	6	7	△13.5

주 : 기타 넙치류는 summer flounder, Kamchatka flounder, California flounder, leopard flounder, windowpane flounder의 합계임

자료 : FAO Fishstat Plus

- 국가별로는(2008~2010년 3년 평균) 중국이 83천 톤으로 전체 생산량의 40%를 차지해 가장 높은 생산량을 나타냄.

- 다음으로 한국 53천 톤(25.2%), 인도네시아 17천 톤(8.3%) 등의 순으로 이들 상위 3개 국가가 전체 넙치류 생산의 약 73%를 생산하는 것으로 나타남.

- 세부 어종별 국가별 생산 동향을 보면 turbot의 경우 중국이 58천 톤으로 전체 생산량의 80%를 차지해 가장 많고, 다음으로 스페인 7천 톤(10.1%), 네덜란드 2천 톤(2.5%) 등의 순으로 중국과 스페인이 turbot 전체 생산량의 90% 이상을 생산하고 있음.

- 기타 넙치류의 경우 한국이 53천 톤으로 전체 생산의 39%를 차지해 가장 많고, 다음으로 중국 25천 톤(18.4%), 인도네시아 17천 톤(12.8%) 등의 순으로 이들 상위 3개 국가가 기타 넙치류 생산의 약 70%를 생산하고 있음.

표 26. 넙치류 어종별 국가별 생산 비중(2008~2010년 평균)

단위 : 톤, %

구분	전체		turbot		기타 넙치류	
	생산량	비중	생산량	비중	생산량	비중
전체	208,846	100.0	73,244	100.0	135,602	100.0
중국	83,264	39.9	58,333	79.6	24,930	18.4
한국	52,590	25.2			52,590	38.8
인도네시아	17,376	8.3			17,376	12.8
일본	11,738	5.6			11,738	8.7
아르헨티나	7,545	3.6			7,545	5.6
스페인	7,508	3.6	7,389	10.1	119	0.1
미국	6,387	3.1			6,387	4.7
러시아	5,098	2.4			5,087	3.8
브라질	2,674	1.3			2,674	2.0
네덜란드	1,808	0.9	1,808	2.5		-

주 : 기타 넙치류는 olive flounder, lefteye flounders nei, Indian halibut, olive flounders nei, summer flounder, Kamchatka flounder, California flounder, leopard flounder, windowpane flounder, Antarctic armless flounder 합계임

자료 : FAO Fishstat Plus

- 넙치류 중에서도 양식 넙치류의 생산 동향을 보면 2010년 기준으로 turbot이 69천 톤으로 전체 생산량의 49.6%를 차지해 가장 많고, 다음으로 넙치 45천 톤(32.4%), lefteye flounders nei 25천 톤(18.0%) 순으로 나타남.⁶⁾
- 2000년 이후 모든 품종의 생산이 증가하고 있으며, 특히 turbot과 lefteye flounders nei의 생산이 크게 증가함.
- 품종별 단가를 비교하면 넙치가 kg당 10달러, turbot이 8달러, lefteye flounders nei가 1달러 수준으로 넙치의 가격이 가장 높은 것으로 나타남.

6) FAO에서 양식넙치로 집계하는 품종은 Turbot, Olive flounder(넙치), Lefteye flounders nei 3개 품종이다.

표 27. 양식 넙치류 어종별 생산 동향

단위 : 천 톤, 백만 달러, \$/kg, %

구 분		2000년	2005년	2008년	2009년	2010년	연평균 증감율
전체	물량	26	119	138	155	139	18.1
	금액	327	1,095	962	1,060	1,049	12.4
	단가	12.4	9.2	7.0	6.8	7.6	△4.9
Turbot	물량	5	57	65	69	69	29.9
	금액	43	666	498	524	528	28.5
	단가	8.5	11.7	7.7	7.6	7.7	△1.1
Olive flounder	물량	21	45	51	59	45	7.8
	금액	284	410	437	504	491	5.6
	단가	13.4	9.2	8.6	8.5	10.9	△2.0
Lefteye flounders nei	물량	-	17	23	27	25	-
	금액	-	19	28	32	30	-
	단가	-	1.1	1.2	1.2	1.2	-

자료 : FAO Fishstat Plus

- 양식 넙치류의 세부 품종별 국가의 생산(2008~2010년 3년 평균)을 살펴보면 다음과 같은 특징을 나타냄.
 - 양식 넙치류 전체 생산량은 중국이 83천 톤으로 전체 생산량의 58%로 가장 많고, 다음으로 한국 47천 톤(32.9%), 스페인 7천 톤(5.1%), 일본 4천 톤(3.0%) 등의 순으로 나타남.
 - Turbot의 경우 중국이 58천 톤으로 전체 생산량의 86%를 차지해 가장 많고, 다음으로 스페인 7천 톤(10.9%), 포르투갈 880톤(1.3%) 등의 순으로 중국과 스페인이 turbot 전체 생산량의 90% 이상을 생산하고 있음.
 - Olive flounder(넙치)의 경우 한국이 47천 톤으로 전체 생산량의 92% 차지해 가장 많고, 다음으로 일본 4,265톤(8.3%) 등의 순으로 나타남.
 - Lefteye flounders의 경우 중국의 생산이 대부분을 차지함.

표 28. 양식 넙치류 어종별 국가별 생산 비중(2008~2010년 평균)

단위 : 톤, %

구분	전체		Turbot		Olive flounder (넙치)		Lefteye flounders	
	생산량	비중	생산량	비중	생산량	비중	생산량	비중
합계	144,097	100.0	67,519	100.0	51,611	100.0	24,930	100.0
중국	83,264	57.8	58,333	86.4	-	-	24,930	100.0
한국	47,344	32.9	-	-	47,344	91.7	-	-
스페인	7,334	5.1	7,334	10.9	-	-	-	-
일본	4,265	3.0	-	-	4,265	8.3	-	-
포르투갈	880	0.6	880	1.3	-	-	-	-
프랑스	352	0.2	352	0.5	-	-	-	-
칠레	300	0.2	298	0.4	2	0.005	-	-
네덜란드	163	0.1	163	0.2	-	-	-	-

자료 : FAO Fishstat Plus

○ 주요 국가별 세부 어종별 양식 생산량은 다음 그림과 같이 나타남.

- 넙치류 생산이 가장 많은 중국의 경우 대표 양식품종은 turbot과 lefteye flounders로, 이 중 Turbot의 생산 비중이 더 높은 것으로 나타남.
- 한국과 일본의 경우 넙치가 중심 양식품종이며, 스페인, 포르투갈, 프랑스, 칠레 등은 turbot 위주로 양식하고 있음.



그림 7. 주요 국가별 세부 품목별 생산 비중(2008~2010년 평균)

나) 세계의 넙치류 교역 동향

○ 전세계 넙치류 교역 규모는 83천 톤, 5.3억 달러 수준으로 나타남(2009년 기준).

- 2000년 이후 넙치 교역 물량은 117천 톤에서 83천 톤으로 연평균 3.7% 감소한 반면, 금액의 경우 398백만 달러에서 529백만 달러로 연평균 2.2% 증가함.

표 29. 세계 넙치류 교역 현황

단위 : 천 톤, 백만 달러, %

구 분		2000년	2005년	2007년	2008년	2009년	연평균 증감율
교역 규모	물량	117	101	83	93	83	△3.7
	금액	398	503	545	608	529	3.2
수출	물량	51	40	32	36	27	△6.9
	금액	166	191	218	235	183	1.1
수입	물량	66	61	51	57	56	△1.8
	금액	232	313	326	373	347	4.6

주 : 넙치류는 Atlantic halibut, Olive flounder, Halibut, Turbot의 합계임

자료 : FAO Fishstat Plus

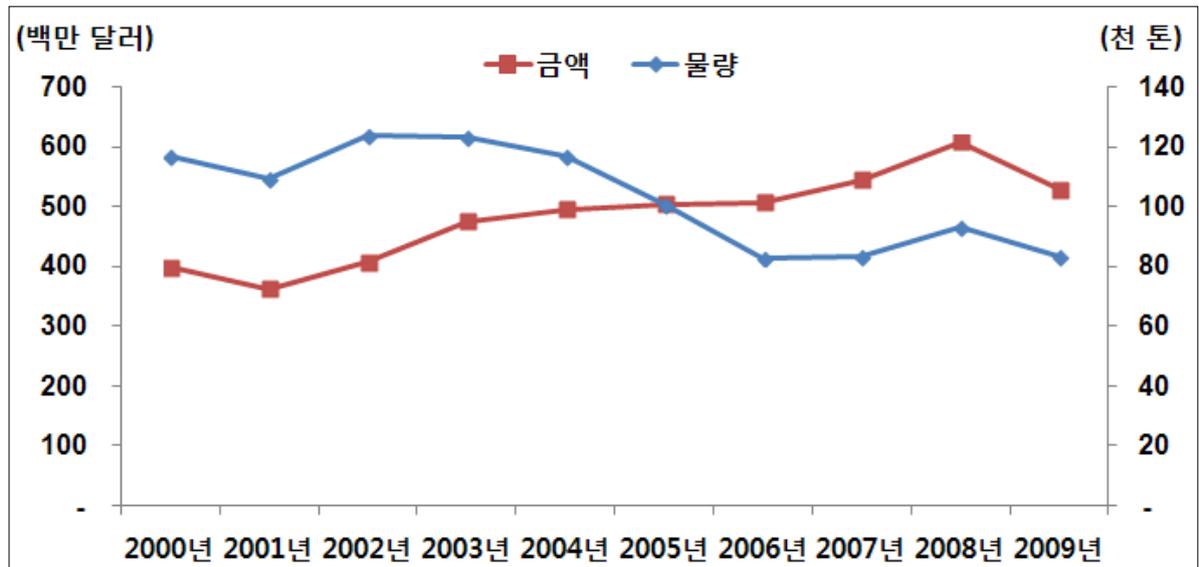


그림 7. 넙치류 교역 추이

○ 넙치류의 주요 수출국가로는 미국, 러시아, 캐나다, 노르웨이 등으로 나타남.

- 금액 기준으로 보면 2009년 기준 전세계 넙치 수출액(1.8억 달러) 중 미국이 63백만 달러로 34.3% 차지해 가장 많고, 다음으로 러시아 40백만 달러(21.7%), 캐나다 20백만 달러(10.7%), 노르웨이 19백만 달러(10.2%), 덴마크 13백만 달러 (6.9%) 등의 순으로 상위 5개 국가의 수출액이 전체 수출액의 84% 차지함.

- 2000년 이후 대부분 국가의 수출이 증가하고 있으며, 특히 노르웨이, 덴마크 등의 경우 연평균 10% 이상 증가함.

표 30. 넙치류 수출국 현황(금액 기준)

단위 : 천 달러, %

구 분	2000년	2005년	2007년	2008년	2009년	연평균 증감율
전체	165,954	190,591	218,290	234,538	182,671	1.1
미국	46,420	62,549	82,641	78,887	62,699	3.4
러시아	53,248	56,328	45,396	63,772	39,665	△3.2
캐나다	14,890	14,789	18,262	19,448	19,574	3.1
노르웨이	6,932	11,877	21,340	22,372	18,633	11.6
덴마크	4,094	7,558	12,842	15,061	12,581	13.3
영국	5,351	6,628	9,091	9,014	5,533	0.4
아이슬란드	1,938	3,758	3,784	4,928	3,151	5.5
한국	1,562	1,636	788	1,098	3,009	7.6
스웨덴	352	3,346	4,174	3,131	2,563	24.7
칠레	-	2,107	2,795	2,186	2,334	-
스페인	8,117	5,274	3,457	2,359	1,935	△14.7
그린란드	953	50	6	34	1,914	8.1
페로제도	7,022	8,124	3,889	1,778	1,508	△15.7
포트투갈	66	186	474	345	1,197	38.0
네덜란드	175	412	1,760	848	1,045	
기타국가	14,834	5,969	7,591	9,277	5,330	△10.8

주 : 넙치류는 Atlantic halibut, Olive flounder, Halibut, Turbot의 합계임

자료 : FAO Fishstat Plus

- 물량 기준으로 보면 전세계 넙치 수출량(27천 톤) 중 러시아가 11천 톤으로 39.4% 차지해 가장 많고, 다음으로 미국 7천 톤(27.8%), 캐나다 1,786톤(6.6%), 노르웨이 1,785톤(6.6%), 덴마크 1,202톤(4.5%) 등의 순으로 상위 5개 국가의 수출량이 전체 수출량의 85%를 차지함(2009년 기준).

- 2000년 이후 대부분 국가에서의 수출이 감소하고 있으며, 특히 러시아와 스페인의 감소세가 큰 것으로 나타남.

표 31. 넙치 수출국 현황(물량 기준)

단위 : 천 톤, %

구 분	2000년	2005년	2007년	2008년	2009년	연평균 증감율
합계	51,030	39,865	32,185	36,139	26,864	△6.9
러시아	26,126	18,385	11,905	15,215	10,582	△9.6
미국	8,363	11,078	10,418	11,134	7,455	△1.3
캐나다	2,029	1,617	1,797	1,890	1,786	△1.4
노르웨이	1,381	1,213	1,653	1,852	1,785	2.9
덴마크	591	896	963	1,296	1,202	8.2
아이슬란드	297	468	545	671	547	7.0
영국	922	601	642	962	481	△7.0
한국	596	228	91	146	469	△2.6
그린랜드	383	15	2	49	423	1.1
스페인	4,512	1,549	516	345	295	△26.1
포르투갈	21	79	100	37	287	33.7
스웨덴	53	375	318	245	258	19.2
칠레	-	229	267	248	250	-
대만	-	1	23	22	200	-
페로제도	2,196	1,405	360	197	181	△24.2
기타국가	3,560	1,726	2,585	1,830	663	△17.0

주 : 넙치류는 Atlantic halibut, Olive flounder, Halibut, Turbot의 합계임

자료 : FAO Fishstat Plus

- 넙치류 주요 수입국가로는 일본, 캐나다, 대만, 미국 등으로 나타남.
 - 금액 기준으로 보면 2009년 기준 전세계 넙치류 수입액(3.5억 달러) 중 일본이 143백만 달러로 41.1% 차지해 가장 많고, 다음으로 캐나다 74백만 달러(21.3%), 대만 36백만 달러(10.4%), 미국 35백만 달러(10.2%), 덴마크 11백만 달러(3.2%) 등의 순으로 이들 상위 5개 국가의 수입액이 전체 수입액의 86%를 차지 차지함.
 - 2000년 이후 대부분 국가의 수입이 증가하였으며, 특히 캐나다, 덴마크, 독일 등의 경우 연평균 10% 이상 증가함.

표 32. 넙치류 수입국 현황(금액 기준)

단위 : 천 달러, %

구 분	2000년	2005년	2007년	2008년	2009년	연평균 증감율
전체	231,970	312,881	326,343	373,152	346,555	4.6
일본	113,381	145,356	117,250	177,695	142,526	2.6
캐나다	26,793	55,086	87,645	74,514	73,886	11.9
대만	27,003	15,877	9,484	21,442	35,877	3.2
미국	29,666	33,700	41,117	35,825	35,196	1.9
덴마크	4,224	5,166	13,943	11,829	10,943	11.2
홍콩	2,988	7,849	7,698	7,293	6,984	9.9
스웨덴	3,673	6,038	9,786	8,834	6,501	6.5
영국	2,609	8,283	7,603	7,863	5,915	9.5
독일	1,122	3,436	4,294	4,329	4,239	15.9
폴란드	27	69	155	125	3,254	70.3
프랑스	3,303	2,047	2,915	3,580	3,040	△0.9
중국	1,600	11,454	6,381	6,351	2,631	5.7
태국	15	617	1,275	1,416	2,448	76.1
스페인	4,344	5,148	4,218	653	1,980	△8.4
한국	150	1,648	1,056	996	1,935	
기타국가	11,072	11,107	11,523	10,407	9,200	△2.0

주 : 넙치류는 Atlantic hailand, Olive flounder, Halibut, Turbot의 합계임

자료 : FAO Fishstat Plus

- 물량 기준으로는 2009년 기준 전세계 넙치 수입량(56천 톤) 중 일본이 25천 톤으로 43.7% 차지해 가장 많고, 다음으로 대만 10천 톤(18.6%), 캐나다 7,652 톤(13.6%), 미국 3,087톤(5.5%), 홍콩 2,642톤(4.7%) 등의 순으로 상위 5개 국가의 수입량이 전체 수입량의 86%를 차지함.
- 2000년 이후 대부분 국가에서의 수입이 감소하고 있으며, 특히 프랑스와 스페인의 감소세가 큰 것으로 나타남.

표 33. 넙치 수입국 현황(물량 기준)

단위 : 천 톤, %

구 분	2000년	2005년	2007년	2008년	2009년	연평균 증감율
합계	66,002	60,737	51,154	57,075	56,276	△1.8
일본	32,180	27,774	23,048	29,198	24,599	△2.9
대만	14,969	8,136	3,128	6,559	10,478	△3.9
캐나다	4,723	6,967	7,749	6,703	7,652	5.5
미국	4,515	3,635	3,939	2,965	3,087	△4.1
홍콩	793	2,781	3,263	2,885	2,642	14.3
덴마크	678	641	1,782	989	1,084	5.4
중국	893	4,591	2,672	3,268	1,018	1.5
영국	420	984	767	924	775	7.0
폴란드	6	16	25	16	721	70.2
태국	4	126	334	210	572	73.6
스웨덴	394	593	701	622	551	3.8
독일	226	403	410	416	458	8.2
프랑스	1,104	360	449	498	449	△9.5
스페인	1,845	1,567	874	119	441	△14.7
한국	75	255	166	218	375	19.6
기타국가	3,177	1,908	1,847	1,485	1,374	△8.9

주 : 넙치류는 Atlantic hailand, Olive flounder, Halibut, Turbot의 합계임

자료 : FAO Fishstat Plus

○ 넙치 수출입 물량(2008~2010년 평균)을 기준으로 교역 규모가 많은 국가를 살펴보면 다음과 같은 특징을 나타냄.

- 평균 교역규모는 87천 톤으로 이중에서 일본이 26천 톤으로 전체 교역량의 30.6%를 차지해 가장 높은 것으로 나타남.

- 다음으로 미국 13천 톤(15.0%), 러시아 13천 톤(14.5%), 캐나다 9,192톤(10.6%),

대만 6,803톤(7.9%) 등의 순으로 이들 상위 5개 국가의 교역량이 전체 교역량의 약 80%를 차지함.

표 34. 넙치 주요 교역국 현황(2008~2010년 평균)

단위 : 톤, %

구분	교역규모		수출		수입	
	교역량	비중	수출량	비중	수입량	비중
합계	86,564	100.0	31,729	100.0	54,835	100.0
일본	26,446	30.6	831	2.6	25,615	46.7
미국	12,999	15.0	9,669	30.5	3,330	6.1
러시아	12,591	14.5	12,567	39.6	23	0.0
캐나다	9,192	10.6	1,824	5.7	7,368	13.4
대만	6,803	7.9	82	0.3	6,722	12.3
홍콩	2,930	3.4	-	-	2,930	5.3
덴마크	2,439	2.8	1,154	3.6	1,285	2.3
중국	2,393	2.8	74	0.2	2,319	4.2
노르웨이	1,987	2.3	1,763	5.6	224	0.4
영국	1,517	1.8	695	2.2	822	1.5
스웨덴	898	1.0	274	0.9	625	1.1
스페인	863	1.0	385	1.2	478	0.9
아이슬란드	588	0.7	588	1.9	1	0.001
독일	538	0.6	110	0.3	428	0.8
프랑스	509	0.6	44	0.1	465	0.8

주 : 넙치류는 Atlantic halibut, olive flounder, halibut, turbot의 합계임

자료 : FAO Fishstat Plus에서 제공하는 자료를 이용하여 산출함

나. 주요 국가별 동향

- 이하에서는 주요 국가를 중심으로 넙치류 소비, 생산, 종자시장 등의 동향을 살펴보기로 함.
 - 대상국은 넙치류 소비 수준, 국내산 수출 활넙치와의 경합성, 넙치류 양식산업의 발전 수준 및 향후 가능성을 기준척도로 설정하여 정량·정성적 기준을 바탕으로 도출하였음.
 - 넙치류 소비 수준은 대상국가에 넙치류의 소비기반이 존재하고 미래 어느 정도의 성장 가능성이 있는가를 평가하였음.
 - 국내산 수출 활넙치와의 경합성은 국내산 활넙치 수출에 어느 정도 긴밀한 영향을 미치는가를 살피는 지표로, 활넙치 수출 대상국가와의 차별화에 주안점을 두기로 함.
 - 넙치류 양식 산업의 발전 수준 및 가능성은 현재 넙치양식이 어느 수준까지 개발되었는지와 향후 발전 가능성을 동시에 평가함.
- 이 같은 기준으로 도출한 국가는 중국, 유럽, 남미국가로 이하에서는 이들 국가를 중심으로 기본 현황을 살펴보기로 함.
 - 유럽과 남미국가의 경우 대표국가에 한정하여 살펴보기로 함.

표 35. 대상국 선정기준

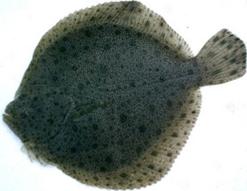
선정기준 \ 품종명	넙치류	터봇
넙치류 소비 수준 및 가능성	일본, 페루, 칠레, 중국	유럽, 중국
국내산 수출 활넙치와의 경합성(대상제외)	북미, 일본	-
넙치류 양식산업의 발전 수준 및 가능성	일본, 남미(칠레), 중국	유럽(스페인, 포르투갈, 프랑스, 네덜란드 등), 남미
검토대상국	남미, 중국	유럽, 남미, 중국

가) 중국

□ 넙치 어종 정보

- 현재 중국에서 생산, 소비되고 있는 넙치류는 우리나라에서 생산되는 넙치(영명 : olive flounder)와는 다른 종으로, turbot과 lefteye flounders nei가 주로 생산됨.

표 36. 중국 양식 turbot 어종 정보

이미지	중문명	영문명	원산지	생산방식
	多宝鱼	southern Flounder	미국중서부	인공수정

자료 : 百度百科

□ Turbot 생산기반

- 2011년 기준 중국내 양식업체는 약 3,800여개에 달하며, 이들 업체로부터 생산된 터벗은 약 6만 톤에 달하고 있음.
 - 중국내 넙치 양식기반의 경우 동북지역에 집중되어 있는 형태로, 대표적인 양식지역으로는 산둥성(山东省), 요녕성(辽宁省), 천진(天津).
 - 중국 최대 터벗 양식지역은 요녕성 후로(葫芦)섬 쑤이중(绥中)현 터벗양식지로 약 600여개의 양식업체가 있으며, 양식업자 대부분은 현지 로컬 업체임.

7) 중국에서 생산되는 넙치는 우리나라에서 생산되는 넙치와는 다른 종으로 여기서 넙치는 Turbot을 의미한다.

표 37. 중국 터벗 양식지역 분포 및 특징

명칭	지역	업체현황 및 특징
산둥성	라이조우(萊州)시 주왕(朱旺)촌	▪ 270여개 업체(소규모)
	지뮈오산(即墨蠡山)지 고로섬 (栲栳島) 전횡도 (田橫島)	▪ 40여개 업체(대규모)
요녕성	성싱청현대(興城現代)어업원	▪ 150개 업체(대규모)
	후로(葫蘆)섬 쉰이중(綏中)현 넘치양식지	▪ 600개 업체
천진	탕구(塘沽) 한구(漢沽)양식지	▪ 친환경 양식



그림 8. 중국의 대표적 터벗 양식지역

○ 중국에서의 터봇 양식은 크게 3가지 방식으로 수행됨.

- 순환수 양식 방식은 지하 온수 물을 거둬서 양식 수의 온도를 조절해 10~20℃ 사이를 유지하고 하루에 8~12번 순환시켜 양식하는 방식으로 주로 산둥 위해(山東威海), 연태(烟台), 일조(日照), 위방(濰坊) 등의 지역에서 사용함.
- 정수양식 방식은 지하 온수 물을 거둬서 양식 수의 온도를 조절해 10~20℃ 사이를 유지하고, 수자원이 한계가 있어서 하루에 2번 정도만 순환하는 방법으로 주로 요녕성(遼寧) 후루도(葫蘆島) 지역에서 사용함.
- 가두리식 양식 방법은 지하 온수 물을 거둬서 양식 수의 온도를 조절해 10~20℃ 사이를 유지하고 대형천막에 있는 터봇의 치어를 가두리에 옮겨서 다 자랄 때까지 키우는 방식으로 주로 산둥(山東)과 복건(福建) 지역에서 사용하고 있음.

□ 터봇 종자 수급

○ 터봇 치어 가격의 경우 2011년 상반기에는 마리당 3위안 정도에서 거래되었지만, 상반기 이후 치어 공급이 수요를 초과하면서 마리당 1.6위안으로 하락함.

- 그러나 2011년 말부터 2012년 초까지 성어가격이 안정되면서 양식업자들이 치어를 사전에 구매하는 현상이 나타나 치어 가격이 마리당 3위안으로 회복되기도 하는 등 자국 양식산업 동향에 따라 등락하는 것으로 나타남.

○ 현재 터봇종자와 수정란의 경우 90% 이상이 산둥 위해지역에서 생산됨.

- 이러한 가운데 중국수산양식망(中國水產養殖網)에 따르면 2012년 하북성(河北省) 육묘산업이 급속하게 발전하고 있으며, 가격은 마리당 3위안으로 공급이 수요를 따르지 못하는 현상들이 나타나고 있는 것으로 조사됨.

○ 산둥 지역의 터봇 종자생산은 춘계(4월~8월), 추계(10월~2월)의 2주기로 나누어 이루어지고 있음.

- 8월~11월에는 시장 수요에 따라 일부 업자들이 치어를 기르기도 함.
- 터봇 치어의 판매가능 크기는 5cm, 터봇 종자 활착율은 10%~50%이며, 일반적으로 30% 정도로 나타남.
- 최근 중국의 터봇 종자 시장은 10여 년간 급속하게 발전하였지만, 수정란, 환경, 약품, 미끼 등의 영향을 받아서 종자의 품질이 불안정한 것으로 평가되고 있음.
 - 또한 최근 몇 년 종자 생산 기술 보급으로 종자 생산업체들이 많이 생겨 저품질의 치어가 시장에 유통되는 등 시장질서가 문란해짐.
- 치어의 유통 구조를 살펴보면 대부분의 양식어가들은 치어 구매시 국가급 우량 품종 양어장이나 혹은 정부에서 지정된 종자 생산업체에서 구매하는 경우가 많은 것으로 나타남.
 - 즉, 치어는 대부분 양식업자들이 직접 생산기지에 가서 구매하는 것으로 조사됨.

□ 넙치류 생산 동향

- 중국은 세계 최대 수산물 생산국가로 2010년 기준 전세계 수산물 생산량(17,006만 톤)의 37.3%인 6,350만 톤을 생산함.
 - 중국의 수산물 생산은 2000년 이후 지속적 증가추세로 2000년 4,328만 톤에서 2010년 6,350만 톤으로 연평균 3.9% 증가함.
 - 이는 양식어업의 증가세에 기인한 것으로 어로어업의 경우 2000년 이후 연평균 0.6% 증가에 그친 반면, 양식어업은 연평균 5.3%의 높은 증가세를 기록함.
 - 이에 따라 전체 수산물 생산에서 양식어업이 차지하는 비중은 2000년 65.8%에서 2005년에는 71.7%, 2010년에는 75.3%까지 증가함.

표 38. 중국 수산물 생산 동향

단위 : 천 톤, %

구 분	2000년	2005년	2008년	2009년	2010년	연평균 증감율
합계	43,284	52,466	57,827	60,475	63,495	3.9
어로어업	14,824	14,851	15,157	15,196	15,666	0.6
양식어업 (양식 비중)	28,460 (65.8)	37,615 (71.7)	42,670 (73.8)	45,279 (74.90)	47,830 (75.3)	5.3

주 : ()안의 수치는 전체 생산량에서 양식어업이 차지하는 비중임

자료 : FAO Fishstat Plus

- 중국의 주요 양식수산물 생산량을 살펴보면 해조류와 담수어류의 생산이 많은 것으로 나타남.
 - 2010년 기준 Japanese kelp가 442만 톤으로 전체 생산량의 9.2%를 차지해 가장 많고, 다음으로 Grass carp(초어) 8.8%, Cupped oysters nei(굴류) 7.6%, Silver carp(은잉어) 7.5%, Japanese carpet shell(새조개) 7.4% 등의 순으로 상위 5개 어종의 생산량이 전체 생산량의 40.6%를 차지함.
 - 2000년 이후 주요 양식어종의 생산 동향을 살펴보면 모든 어종에서 생산이 증가하고 있음.
 - 한편 넙치류의 생산 동향을 살펴보면 2010년 85천 톤으로 2000년 이후 큰 폭으로 증가하였으나, 2010년 기준 전체 양식 생산량에서 차지하는 비중은 약 0.2%에 지나지 않음.

표 39. 중국 주요 양식수산물 생산 동향

단위 : 천 톤, %

구 분		2000년	2005년	2008년	2009년	2010년	연평균 증감율
전체		28,460	37,615	42,670	45,279	47,830	5.3
1	Japanese kelp	3,663	3,774	3,989	4,140	4,418	1.9
2	Grass carp	2,756	3,329	3,707	4,082	4,222	4.4
3	Cupped oysters nei	2,905	3,347	3,354	3,504	3,643	2.3
4	Silver carp	2,813	3,042	3,193	3,484	3,608	2.5
5	Japanese carpet shell	1,426	2,499	3,058	3,192	3,539	9.5
6	Aquatic plants nei	2,850	1,827	2,435	2,475	3,111	0.9
7	Bighead carp	1,406	1,883	2,290	2,435	2,551	6.1
8	Common carp	1,847	2,136	2,351	2,462	2,538	3.2
9	Crucian carp	1,198	1,798	1,956	2,055	2,216	6.3
10	Scallops nei	811	906	1,137	1,277	1,407	5.7
·	넙치류	-	67	78	87	85	

주 : 넙치류는 Turbot과 Lefteye flounders nei의 합계임

자료 : FAO Fishstat Plus

○ 중국에서 양식되는 넙치 어종은 turbot과 lefteye flounders nei 2개 어종임.

- 2000년 이후 turbot과 lefteye flounders nei 모두 큰 폭으로 생산이 증가함.

- 2010년 기준 전체 생산량에서 차지하는 비중을 살펴보면 turbot이 6만 톤으로 약 70%를 차지하고 lefteye flounders nei가 25천 톤으로 30%를 차지.

표 40. 중국의 넙치류 생산 동향

단위 : 천 톤, %

구 분	2000년	2005년	2008년	2009년	2010년	연평균 증감율
합계	-	67	78	87	85	-
Turbot	-	50	55	60	60	-
Lefteye flounders nei	-	17	23	27	25	-

자료 : FAO Fishstat Plus

□ 수급 동향⁸⁾

- 중국의 넙치류 소비량은 생산증가에 기인해 2000년 893톤에서 2009년 87,685톤으로 연평균 66.5%의 높은 증가세를 보임.
- 생산량은 2000년 이후 큰 폭으로 증가하는데 반해, 수출의 경우 거의 이루어지지 않고 있으며, 수입의 경우 2000년대 중반 이후 연간 약 1천 톤 이상 수입됨.
 - 즉, 중국의 경우 생산되는 넙치류 대부분을 자국에서 소비하고 있으며, 또한 국내수요가 부족해 일부는 수입하고 있는 것으로 나타남.

표 41. 중국 넙치류 수급 동향

단위 : 톤, %

구 분	2000년	2005년	2007년	2008년	2009년	연평균 증감율
생산량(A)	-	67,251	66,549	78,141	86,672	-
수출량(B)	-	200	73	143	5	-
수입량(C)	893	4,591	2,672	3,268	1,018	1.5
추정공급량 (A+C-B)	893	71,642	69,148	81,266	87,685	66.5

- 주 : 1) 생산에서 집계한 넙치류는 turbot, bastard halibut, lefteye flounders nei, Indian halibut, olive flounders nei, summer flounder, Kamchatka flounder, California flounder, leopard flounder, windowpane flounder, Antarctic armless flounder 합계임.
- 2) 수출입에서 집계한 넙치류는 Atlantic halibut, bastard halibut, halibut, turbot의 합계임.
- 3) 추정공급량은 생산량에서 수출량을 제외하고 수입량을 합한 값으로, 재고와 이월은 없는 것으로 가정하였음.

자료 : FAO Fishstat Plus

□ 소비 동향⁹⁾

- 중국의 넙치류 소비 동향을 보면 넙치(*Paralichthys olivaceus*), turbot, 돌가자미(*Kareius bicoloratus*), 노랑가자미(*Verasper moseri*), 범가자미(*V. variegatus*) 및 박대(*Cynoglossus semilaevis*) 등이 외식시장에서 많이 소비되고 있는 것으로 조사됨.

8) 수급 동향 자료는 FAO에서 제공하는 생산 및 교역통계 자료를 이용하여 소비량을 산출하였다.

9) 중국의 넙치 소비 동향 자료는 水産科學(第29 卷第7 期, 2010년 7월) 中國鮮鱈類產品大連地區餐飲消費市場調查를 참고하여 작성하였다.

- 넙치류는 영양이 풍부하고 맛이 좋으며 고단백·저지방 식품으로 소비자들이 선호하는 것으로 나타남.
- Turbot은 판매 초기에 시장 가격이 200~400위안/kg에 달해, 한시적으로 사회자금의 투자유망주로 부상함.
 - 그러나 공급량이 증가하면서 시장가격이 하락하기 시작하였는데, 2006년 11월에 가격이 60~80위안/kg을 유지함.
 - 그러나 '뒤보우(多宝魚)위 사건'¹⁰⁾으로 터봇 양식산업이 큰 타격을 받으면서 시장 수요와 가격 모두 급락.
 - 이후 여러 가지 노력으로 넙치류 산업이 점차 어려움을 딛고 양식규모와 생산량이 회복하였는데, 다시 공급과잉 현상이 나타남.
- 한편 외식시장에서의 넙치류 소비 동향을 자세히 살피기 위해 중국 내에서도 주요 대도시인 다롄시에 위치한 숙식형 호텔을 중심으로 넙치류 소비 현황을 조사한 결과:
 - 5성 호텔의 음식점은 대체적으로 중식과 서구식으로 대별되는데 서구식에서는 넙치류를 상대적으로 적게 사용하고 있는 반면, 연어, 패류, 게 등을 위주로 요리함.
 - 중식당에서는 해산물 공급을 외주형태로 운영하여 전문 공급업체에서 공급.
 - 공급업체는 호텔의 요구에 따라 상품을 공급하고 호텔은 공급량을 확보하기 위하여 다수의 공급업체를 선택 가능함.
 - 5성 호텔에서 turbot과 넙치의 판매가격은 176~280위안/kg이고, 구입가격은 76~80위안/kg으로 시즌에는 최고 96위안/kg에 달함.

10) 발암물질 잔류약품 발견

- Turbot과 넙치는 주로 기업 행사에서 많이 소비되고 있으며, 그 외에 결혼식의 주요 메뉴로 소비되는 특징이 있는데, 이는 소비자들이 turbot과 넙치에 대한 선호가 높다는 것을 의미함.
- 결혼식 외에 주말과 명절 휴가시즌에도 소비량이 많은 편이나 금융위기의 영향으로 상업 활동이 줄어들면서 메뉴 가격이 하락함.
- 4성과 3성 호텔의 상황은 5성과 유사하며 turbot과 넙치가 주요 소비품목으로, 박대와 노랑가자미, 용가자미 (*Cleisthenes herzensteini*, 대부분 자연산)를 취급하는 곳도 있음.
- 앞선 3개 품목은 활어로 소비되고 용가자미는 대부분 신선냉장 형태로 소비되어 가격이 상대적으로 낮은 특징을 나타냄. 단, 4성과 3성 호텔은 수산물을 자체적으로 구입하는 비중이 높은 것으로 나타남.
- 일부 호텔에서는 장기적으로 거래하고 있는 품질을 보장할 수 있는 공급업체에서 공급하기도 하며 가격 면에서는 지역과 구입량이 달라 차이가 존재함.

표 42. 구역별 호텔의 활 넙치류 가격

등급 및 구역		품목 및 규격			
		Turbot 0.75~1kg/마리	넙치 0.75~1kg/마리	박대 1kg/마리	노랑가자미 0.75~1kg/마리
5성	중산구	196~216	196~240	-	-
	시강구	196	196	396	-
4성	중산구	158~176	158~176	196~376	-
	시강구	136	136	-	-
	간징즈구	156	156	536	-
	사허커우구	156	156	-	196
3성	시강구	136~156	136~156	-	116
	사허커우구	176~196	136~156	216	-
	간징즈구	156	136	-	158

자료 : 中國鮭鱈類產品大連地區餐飲消費市場調查

- 다렌시의 4개 행정구역에 있는 전문음식점에 대해 넙치류 소비 현황을 조사한 결과, 다음과 같은 특징이 있음.

① 매우 높은 인지도의 넙치류

- 조사를 실시한 음식점에서 전문요리 또는 특선요리 외에, 예를 들면 스찬식당, 샤프샤프집, 불고기집, 일식, 한식 등 음식점에서는 넙치류를 찾기 어렵지만 대부분의 중식당에서는 넙치류를 취급하고 있음.
- 상업구역은 물론, 회사 주변, 아파트단지 주변에 위치한 해산물 음식점에서 활넙치류를 취급하고 있으며, 주요 품목은 turbot, 넙치, 박대, 노랑가자미 등으로 규격은 0.75~1kg/마리.
- 그 외에 자연산이면서 규격이 큰 넙치(2.5~3kg/마리 또는 그 이상), 규격이 작은 서대류(0.25kg/마리), 돌가자미와 용가자미는 대부분 신선냉장 품목.
- 즉, 다렌지역의 외식시장에서 넙치류는 '뒤보우위사건'의 영향에서 벗어났다고 할 수 있음.

② 넙치류의 가격 등급이 명확함

- 다렌지역 turbot과 넙치의 활어 가격은 대체적으로 20~40위안/kg의 차이가 나는데, 최고로 60위안/kg 격차가 발생함.
- 규격이 큰 활, 신선냉장 박대 등 넙치류에서 고가품은 고급 시푸드레스토랑에서 판매되며 가격차가 크지 않음.
- 노랑가자미는 시장 진입이 상대적으로 늦은 편인 동시에 소비자들의 입맛 차이로 인지도가 상대적으로 낮으며, 가격차가 커서 많이 취급하지 않고, 고급 음식점보다 중저가 음식점에서만 판매됨.
- 범가자미도 노랑가자미와 비슷하여 소수 음식점에서 판매하고 있으며, 양식산의 가격은 kg 당 176위안, 자연산 가격은 kg당 592위안.

- 용가자미는 가격이 저렴한 장점이 있어 대부분 식당에서 공급하고 있으며 음식점의 수준에 따라 일정한 가격차가 존재함.
- 지역과 음식점 수준 두 요소 외에 산지와 품질, 음식점의 소비량, 호텔의 구입 방법, 축양 시간 등이 넙치류 판매가격에 영향을 미치는 것으로 판단됨.

표 43. 다렌시 4개 행정구역 넙치류 외식시장가격 비교

품목	가격 등급(위안/kg)			
	1급	2급	3급	4급
Turbot(활)	176	156	136	116
넙치(활)	176	156	136	116
넙치(자연산, 신냉)	머리, 꼬리: 136; 몸통이: 156			
박대(활)	476	456	436	-
박대(신냉)	머리, 꼬리: 116; 몸통이: 176			
노랑가자미(활)	196	156	96	-
용가자미(신냉)	196	96	76	-

자료 : 中國鮮鱈類產品大連地區餐飲消費市場調查

③ 고급 시푸드레스토랑과 유명 체인점의 소비량이 많음

- 넙치류는 각 음식점에서 소비되고 있지만, 고급 시푸드 레스토랑과 유명 체인점에서 많이 소비됨.
- 조사에 따르면 다렌지역의 중고가 음식점에서 넙치류 소비량은 수산물 1일 소비량의 약 20~30%를 차지.
- 예를 들면 중산구에 위치한 완보우하이센팡(万宝海鮮舫), 강완(港湾)광장 인근의 위런마터우(漁人碼頭), 사허커구 변화가에 있는 완다(万達)상권에 위치하고 있는 텐텐위강(天天漁港), 상하이청(上海城), 그리고 간징즈구 산둥루에 있는 왕순거(旺順閣) 등의 일평균 소비량이 비슷하며 대체적으로 10마리로, 때로는 15마리를 초과할 때도 있음.

- 음식점 수조에 있는 활어 재고량을 봐도 판단할 수 있는데, 상기 대형 음식점의 일 재고량은 약 20마리 정도로 조사됨.
- 활, 신선냉장, 자연산 박대와 규격이 큰 넙치는 소비량이 불안정하며 주말에 일 소비량이 2~3마리로, 음식점에서는 주문이 들어오면 구입하고 재고를 두지 않는 특징을 보임.
- 이러한 고급 음식점과 비교하여 중저가 음식점에서 turbot과 넙치의 일 소비량은 5~6마리이고 주말에는 7~8마리에 달함.
- 신선냉장 용가자미는 다렌지역에서 인지도가 높은 편이며, 중고급 음식점의 일 소비량이 약 10마리이고, 중저급 음식점의 일 소비량은 약 5~6마리임.

④ 조리방법이 비교적 고정적

- 조사에 따르면, 현재 다렌지역의 호텔은 넙치류의 조리방법이 다양함.
- 활어는 백숙, 충여우(요리한 생선 위에 파채를 얹음), 귀차오(생선을 튀겨서 만든 지리탕), 푸룽위펜(생선을 얇게 썬 후 익혀서 야채와 볶음), 려우위펜(생선을 얇게 썬 후 야채와 함께 볶고 녹말가루를 넣어 걸쭉하게 만듦) 등이 위주이고, 신선냉장품은 홍사오(생선을 살짝 볶은 다음, 간장을 넣어 색을 입히고 다시 조미료를 가미하여 졸이거나 익힘), 자면(생선과 배추·죽순을 넣어서 고음), 간사우(생선을 기름에 튀겨서 소스를 곁들인 요리), 장면(주로 간장을 넣어서 고음) 등 방법으로 많이 조리함.
- 현재 다렌지역의 호텔에서 turbot과 넙치의 조리방법은 백숙과 충여우가 가장 전형적이며 소비자들이 가장 선호함.
- 특히 turbot 백숙은 육질이 부드럽고 맛이 좋아 음식점에서도 소비자들에게 인기가 좋은 메뉴임.
- 대부분 소비자들은 turbot 백숙이 넙치 백숙보다 맛있는 반면, 활 넙치 회가 turbot보다 식감이 좋은 것으로 평가됨.

- 신선냉장 넙치, 박대, 용가자미 등은 자면방법으로 식용되는데, 일부 음식점에서 넙치류를 기름에 튀긴 음식도 판매됨.

⑤ 넙치류의 소비는 금융위기 영향이 제한적임.

- 다렌지역의 대외경제는 중요한 지위를 차지하고 있어, 2009년에 국제금융위기의 영향이 심각하였으며 그 여파로 요식소비측면에서는 상업 활동이 감소되면서 출장예산이 절감되었으며, 소비자들의 소비긴축 의식이 늘어 음식점에 고객이 감소함.
- 조사대상 음식점 중 42개 음식점이 금융위기의 영향에 대해 답하였는데, 이 중 28.6%의 경영자가 금융위기의 영향으로 고급 수산물의 소비량이 감소하였으며 감소폭이 음식점마다 달라 5~20%에 달함.
- 판매되는 수산물의 원가는 큰 변화가 없지만, 이윤은 지난해에 비해 10~20% 감소하였으며, 중급 음식점의 비중이 높은 편임.
- 응답자에 따르면, 2009년 상반기 수산물 판매량의 감소폭이 상당히 컸는데, 경제가 점차 회복되면서 관광시즌인 7월 이후 고급 수산물의 판매량이 상반기에 비해 증가함.

나) 페루

□ 어종 정보

- 페루에서 생산되는 넙치류는 자국명으로 *Lenguado* (*Paralichthys Adspersus*, *Paralichthys microps*)으로, 현지에 진출한 우리나라 업체 관계자에 따르면 국내에서 생산되는 양식넙치와 매우 유사한 어종으로 평가됨.

□ 넙치 양식 생산기반

- 현재 페루에서 공급되는 넙치는 어선어업에 의한 생산이 대부분으로, 넙치 양식 기반은 전무한 상태라고 할 수 있음.
 - 페루에서 넙치를 양식하고 있는 업체는 현지 업체(1개소)와 우리나라에서 진출한 업체가 대표적인 것으로 알려져 있음.
 - 현지 업체의 경우 Pacific deep frozen이라는 수산대기업으로, 넙치 양식을 약 5년 전부터 시작하였으나, 상업적인 생산을 위한 양식이라기보다 시범적인 양식 생산에 그치는 것으로 평가됨.
 - 우리나라에서 진출한 업체의 경우 2010년 현지 법인을 설립하여 현재 종묘동(200평)과 축양동(1,000평) 시설을 구비한 후, 현지 넙치 알을 입식하여 조사시점까지(2013년 1월) 양성 중인 것으로 조사됨.



그림 9. 페루 진출 현지 업체 전경(자료 : WDF(World Dream Fish Co.)

□ 넙치종자 시장 동향

- 현재 페루 내에 넙치 양식이 산업화되지 않은 상황으로 상업적 측면에서의 종자시장은 형성되어 있지 않은 것으로 평가됨.
 - 다만 국가적으로 양식산업 발전에 대한 관심이 높아지고 있는 실정으로, 넙치 양식과 관련해 국가연구기관인 Fondefes 땅나 분소에서 2000년대 중반 이후부터 넙치 육종연구를 수행 중인 것으로 조사됨.
 - 현재 Fondefes에서는 약 60마리 가량의 친어를 관리하고 있는 것으로 파악되고 있는데, 현지에서 넙치 알을 구할 수 있는 유일한 곳으로 1년에 2번(봄, 가을) 수정란을 채취하고 있는 실정임.
 - 현지진출 관계자에 따르면 페루 내 넙치 양식 산업 발전의 저해 요인 중 대표적인 것이 넙치종자 수급의 애로를 꼽았는데, 수산대기업이 다수 분포하고 있음에도 불구하고 수산종자의 높은 폐사율과 느린 성장속도, 제한된 종자 공급 조건 등이 양식 산업에 대한 업체의 진출이 원활하지 않은 요인으로 지적됨.

□ 생산 동향

- 페루는 세계 제8위 수산물 생산국가로 2010년 기준 전세계 수산물 생산량(17,006만 톤)의 2.6%인 435만 톤을 생산.
 - 페루의 수산물 생산은 2000년 이후 감소세로 2000년 1,067만 톤에서 2010년 435만 톤으로 절반 이상 감소.
 - 이는 어로어업의 감소세에 기인한 것으로 어로어업의 경우 2000년 이후 연평균 8.8% 감소한 반면, 양식어업은 연평균 29.7%의 높은 증가세를 기록.
 - 페루 전체 수산물 생산에서 양식어업이 차지하는 비중은 매우 적은 실정으로 2010년 기준 2%에 불과함.

표 44. 페루 수산물 생산 동향

단위 : 천 톤, %

구 분	2000년	2005년	2008년	2009년	2010년	연평균 증감율
합계	10,665	9,419	7,451	6,964	4,354	△8.6
어로어업	10,659	9,394	7,408	6,920	4,265	△8.8
양식어업	7	26	43	44	89	29.7
(양식 비중)	(0.1)	(0.3)	(0.6)	(0.6)	(2.0)	

주 : ()안의 수치는 전체 생산량에서 양식어업이 차지하는 비중임

자료 : FAO Fishstat Plus

- 페루의 주요 양식수산물 생산량을 살펴보면 가리비가 전체 생산량의 60%를 차지.
 - 2010년 기준 Peruvian calico scallop(가리비)가 58천 톤으로 전체 생산량의 65.3%를 차지해 가장 많고, 다음으로 rainbow trout(송어) 16.0%, whiteleg shrimp(흰다리 새우) 15.3%, Nile tilapia(틸라피아) 2.3%, cachama 0.8% 등의 순으로 상위 3개 어종의 생산량이 전체 생산량의 96.5%를 차지.
 - 2000년 이후 주요 양식어종의 생산 동향을 살펴보면 모든 어종에서 생산이 증가하는 경향을 보임.

- 현재 페루의 양식 넙치 생산은 시험적으로 이루어지고 있는 상태로 생산이 거의 이루어지지 않고 있는 실정임.

표 45. 페루 주요 양식수산물 생산 동향

단위 : 천 톤, %

구 분		2000년	2005년	2008년	2009년	2010년	연평균 증감율
전체		7	26	43	44	89	29.7
1	Peruvian calico scallop	4	11	15	16	58	31.0
2	Rainbow trout	2	5	12	13	14	22.1
3	Whiteleg shrimp	1	8	13	13	14	36.3
4	Nile tilapia	0.05	1	2	1	2	45.6
5	Cachama	0.01	0.3	1	1	1	47.4

자료 : FAO Fishstat Plus

- 페루의 넙치 생산은 어선어업에 의한 것으로 그 규모는 통계적으로 파악되지 않고 있는데, 넙치류에 대한 하역량 자료를 참고할 때 수도의 경우 약 300톤 내외의 하역이 이루어지는 것으로 파악됨.

표 46. 페루 넙치 하역량

단위 : 톤, %

구 분	2000년	2005년	2008년	2009년	2010년	연평균 증감율
하역량	313	243	153	234	288	0.8

자료 : <http://www.slideshare.net/nhurtado2000/biologia-y-cultivo-del-lenguado>

수급 동향

- 넙치 수급 동향 통계가 집계되지 않고 있어 현 시점에서는 수급 동향 파악이 곤란함.

□ 소비 동향

○ 넙치는 페루에서 고급 어종으로 소비 선호가 큰 어종임.

- 최근 몇 년간 넙치 생산이 감소하면서 가격이 큰 폭으로 상승하였는데 페루의 kg 당 넙치 소매가는 1만 원 이상 거래되고 있는 것으로 나타남.¹¹⁾

* 평균 소매가격(원/kg) : (10년)13,000원 → (11년)17,000원 → (12년)20,000원
(현지업체 관계자)

- 이는 페루내 현지 신문기사(Economía y Finanzas)에서도 확인할 수 있는데 최근 넙치의 공급부족으로 인해 세비체 전문점에서 사용되는 넙치의 가격이 5년 만에 300% 인상되었다고 보도됨.¹²⁾

○ 페루 내에서 유통되는 넙치는 선어 형태로 주로 생식(세비체)이나 구이용으로 이용됨.

- 구이용 보다는 생식용에 대한 수요가 더 많으며, 레스토랑에서 주로 소비됨.

- 판매경로는 다음 그림과 같은데, 선어 형태의 공급이 이루어지다 보니 활어수송체계를 갖추고 있지는 않음.

11) 넙치류의 평균 소매가격은 페루 현지에서 진출한 업체와의 면담을 통해 파악한 자료이다.

12) <http://peru.com/2011/03/25/actualidad/economia-y-finanzas/lenguado-subio-300-5-anos-depredacion-noticia-1170>

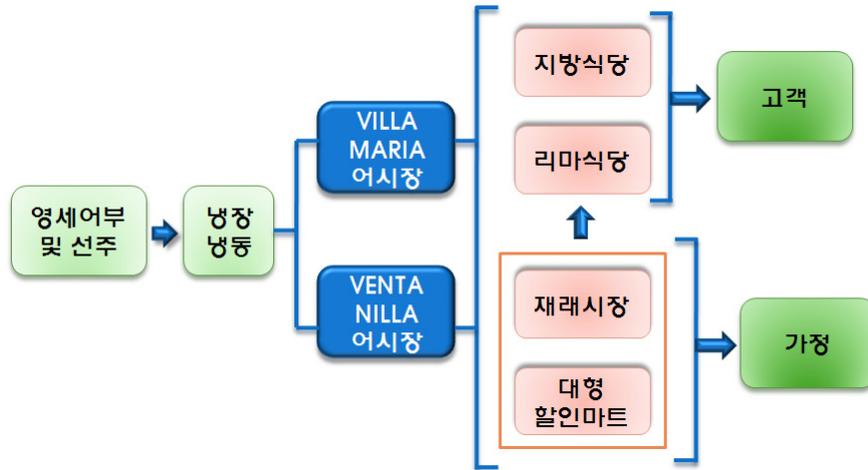


그림 10. 페루 내 신선넙치의 유통경로(자료 : WDF(World Dream Fish Co.)

- 현지 진출업체 관계자에 따르면 페루 내에서 소비되는 넙치는 국내산 양식넙치와 비교해 맛과 모양에서 큰 차이가 없는 것으로 평가됨.

다) 스페인

□ 어종 정보

- 현재 스페인에서 생산, 소비되고 있는 넙치류는 우리나라에서 생산되는 넙치와는 다른 turbot이 주로 양성되고 있다.

□ 넙치 생산기반

- 스페인은 유럽연합 내 최대 규모의 양식규모를 보유한 국가로, 2010년 기준으로 유럽연합 내 총 양식넙치 (turbot) 생산량(14천 톤)의 약 50%(6,942톤)을 생산.
- 주 생산지역은 북서부 갈리시아 (Galicia) 지방으로 이는 리아스식 해안 및 기후 조건이 넙치 양식에 적합하기 때문.
 - 2006년 기준 총 29개 turbot 양식장 중 24개소가 갈리시아에 위치하며 칸타브리아 (Cantabria), 파이스 바스코 (Pais vasco) 지방에 각 2개소, 아스투리아스 (Asturias) 지방에 1개소가 위치함.
 - 노르웨이 Stolt-Nielsen의 계열사인 Stolt Sea Farm SA가 최대 규모의 양식업체로 파악됨.



그림 11. 스페인 지역별 양식장 현황(2006년 기준)

- 스페인 내에서 turbot 양식은 모두 육상수조식을 통해 수행됨.



그림 12. 스페인 turbot 양식장 전경(자료 : www.teralia.com)

- 스페인의 turbot 양식 기술은 오랜 경험과 노하우를 바탕으로 안정된 기술력을 보유한 것으로 평가됨.
 - 스페인은 70년대 말부터 터보 양식산업을 시작해 오랜 경험과 노하우, R&D를 바탕으로 우수한 기술력(정수 시스템, 질병 발병 관리, 영양 공급 등)을 갖춘 것으로 평가됨.
 - 또한 갈리시아 지방과 맞닿은 대서양의 수질이 북유럽보다 turbot 양식에 적합해 매년 많은 양의 수확이 가능함.

□ 종자시장

- 스페인 내 turbot 치어수급은 전량 자국 내에서 생산으로 조달하며, 일부는 포르투갈 등과 같은 인근 국가로 수출하고 있음.
 - 2011년 중 스페인 내에서 유통된 치어 개체수는 약 1,713만 개로 전년대비 27% 증가.
- 치어의 가격은 2010년 기준 마리당 약 1.1유로에서 거래됨.
- 치어생산 기술수준은 풍부한 노하우와 꾸준한 R&D 투자에 힘입어 타 국가에 비해 우수한 기술력을 보유한 것으로 평가됨.
 - 특히 타 국가보다 스페인에서 생산된 치어의 생존률이 우수해 인접국인 포르투갈은 물론 EU내 다양한 국가로 수출하고 있음.

□ 생산 동향

- 스페인은 세계 제20위 수산물 생산국가로 2010년 기준 전세계 수산물 생산량 (17,006만 톤)의 0.7%인 122만 톤이 생산됨.
 - 스페인의 수산물 생산은 2000년 이후 소폭 감소하고 있는 추세로 2000년 138만 톤에서 2010년 122만 톤으로 연평균 1.2% 감소.
 - 이는 어로어업과 양식어업 모두 감소한 것에 기인한 것으로 양식어업의 감소세가 더 큰 것으로 나타남.
 - 어로어업의 경우 2000년 107만 톤에서 2010년 97만 톤으로 연평균 1% 감소한 반면, 양식어업의 경우 같은 기간 31만 톤에서 25만 톤으로 연평균 2% 감소.
 - 스페인 전체 수산물 생산에서 양식어업이 차지하는 비중은 2000년 22.4%에서 2010년 20.7%로 소폭 감소.

표 47. 스페인 수산물 생산 동향

단위 : 천 톤, %

구 분	2000년	2005년	2008년	2009년	2010년	연평균 증감율
합계	1,381	1,073	1,168	1,185	1,221	-1.2
어로어업	1,072	854	918	918	969	-1.0
양식어업 (양식 비중)	309 (22.4)	219 (20.4)	250 (21.4)	267 (22.5)	252 (20.7)	-2.0

주 : ()안의 수치는 전체 생산량에서 양식어업이 차지하는 비중임

자료 : FAO Fishstat Plus

- 스페인의 주요 양식수산물 생산량을 살펴보면 홍합이 전체 생산량의 70%를 차지.
 - sea mussels nei(홍합류)가 189천 톤으로 전체 생산량의 74.9%를 차지해 가장 많고, 다음으로 gilthead seabream 8.1%, rainbow trout(송어) 6.9%, European seabass 4.6%, 넙치류 2.9% 등의 순으로 상위 3개 어종의 생산량이 전체 생산량의 90.5%를 차지함(2010년 기준).

- 2000년 이후 주요 양식어종의 생산 동향을 살펴보면 sea mussels nei과 rainbow trout를 제외한 모든 품종의 생산이 증가하고 있음.

○ 한편 양식 넙치류의 생산은 2000년 3천 톤에서 2010년 7천 톤으로 연평균 7.4%의 높은 성장세를 기록함.

표 48. 스페인 주요 양식수산물 생산 동향

단위 : 천 톤, %

구 분		2000년	2005년	2008년	2009년	2010년	연평균 증감율
전체		309	219	250	267	252	△2.0
1	sea mussels nei	248	158	180	199	189	△2.7
2	gilthead seabream	8	15	22	23	20	9.5
3	rainbow trout	33	26	21	18	17	△6.2
4	European seabass	2	6	10	13	11	20.1
5	넙치류	3	6	8	7	7	7.4

주 : 넙치류는 Turbot임

자료 : FAO Fishstat Plus

○ 스페인에서 양식되는 넙치 어종은 turbot으로, 2000년 3,378톤에서 2010년 6,882톤으로 연평균 7.4% 증가하였음.

표 49. 스페인 넙치류 양식생산 동향

단위 : 톤, %

구 분	2000년	2005년	2008년	2009년	2010년	연평균 증감율
turbot	3,378	5,572	7,932	7,188	6,882	7.4

자료 : FAO Fishstat Plus

○ 참고적으로 스페인 양식업 협회(APROMAR)가 발표한 자료에 따르면 2011년 기준으로 EU 내 총 양식 turbot 생산량은 10,800톤 인 것으로 나타남.

- 이 중 스페인에서만 7,755톤이 생산되어 EU 전체 생산량의 71.8%의 차지하였음.

- 다음으로 포르투갈, 프랑스, 네덜란드 등의 순으로 생산이 많았음.

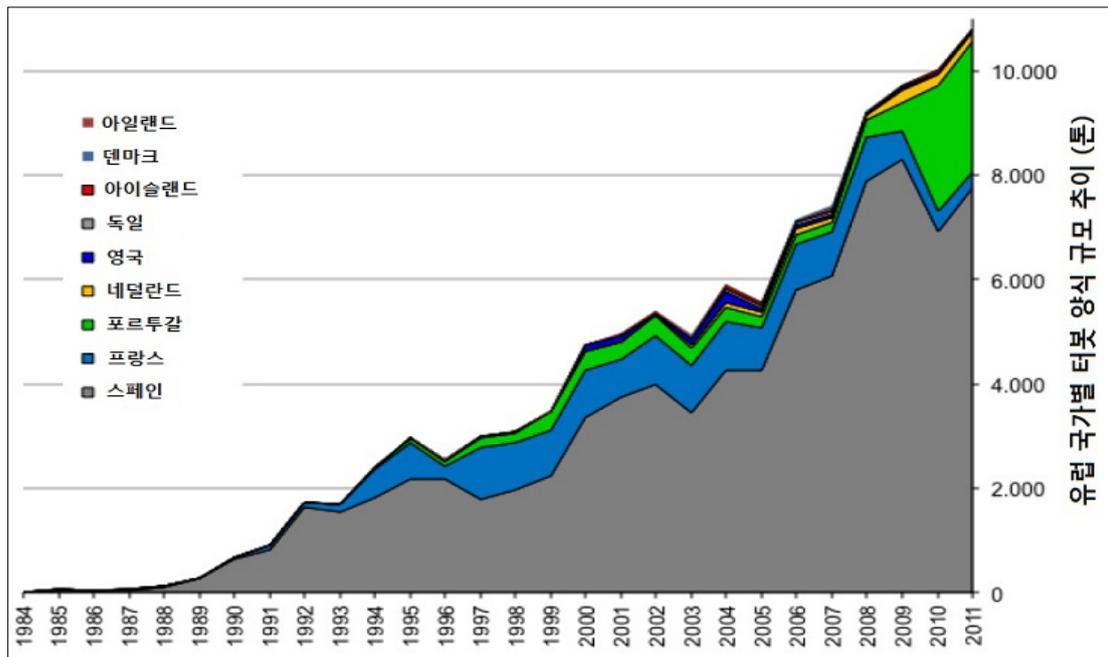


그림 13. 유럽 국가별 turbot 양식 생산량(자료 : APROMAR, 「La Acuicultura Marina en España」, p.40, 2012.)

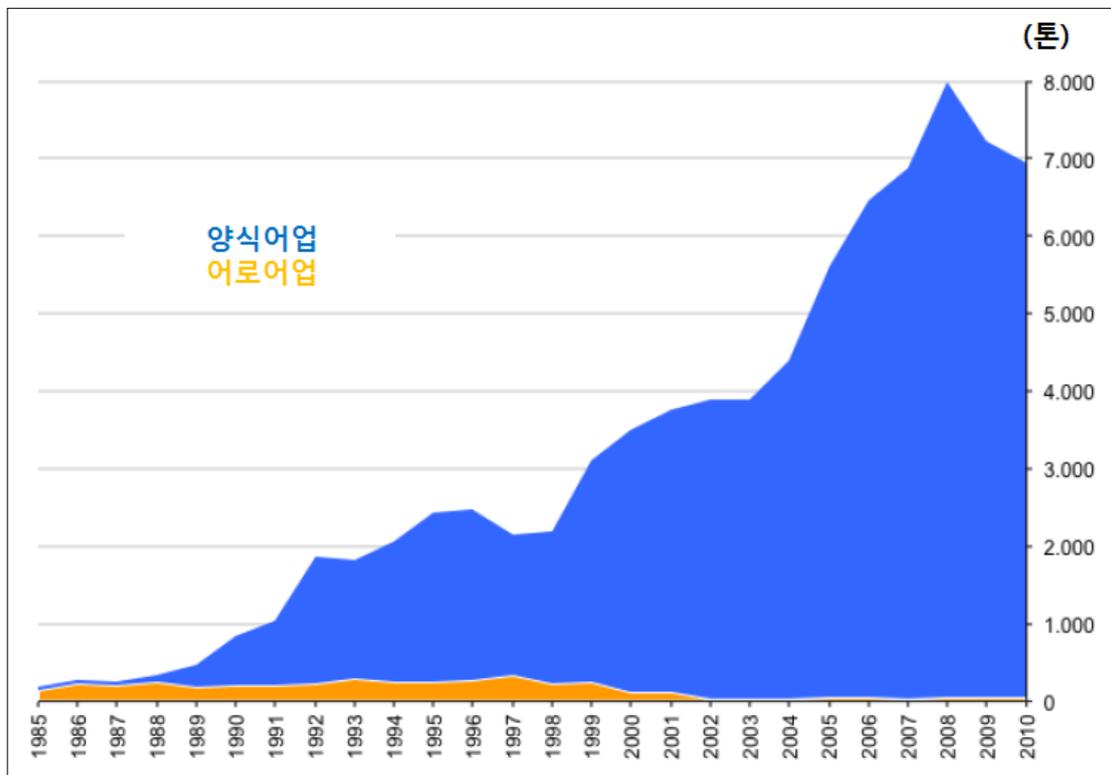


그림 14. 스페인의 어업별 turbot 생산량(자료 : APROMAR, 「La Acuicultura Marina en España」, p.50, 2012.)

□ 수급 동향¹³⁾

- 스페인의 넙치 소비량은 생산이 증가하면서 2000년 835톤에서 2009년 7,517톤으로 연평균 27.7%의 높은 증가세를 나타냄.
 - 생산량은 2009년 기준 7,371톤으로 2000년 이후 약 2배 이상 증가한 반면, 수출과 수입의 경우 큰 폭으로 감소함.
 - 수출의 경우 2000년 4,512톤에서 2009년 295톤으로 연평균 26.1% 감소하였으며, 수입도 같은 기간 1,845톤에서 441톤으로 연평균 14.7% 감소함.
 - 즉, 스페인의 경우 생산되는 넙치류의 대부분을 국내에서 소비한다고 볼 수 있음.¹⁴⁾

표 50. 스페인 넙치류 수급 동향

단위 : 톤, %

구 분	2000년	2005년	2007년	2008년	2009년	연평균 증감율
생산량(A)	3,502	5,714	6,946	8,093	7,371	8.6
수출량(B)	4,512	1,549	516	345	295	△26.1
수입량(C)	1,845	1,567	874	119	441	△14.7
추정공급량 (A+C-B)	835	5,732	7,304	7,867	7,517	27.7

주 : 1) 생산에서 집계한 넙치류는 rurbot, olive flounder, lefteye flounders nei, Indian halibut, olive flounders nei, summer flounder, Kamchatka flounder, California flounder, leopard flounder, windowpane flounder, Antarctic armless flounder 합계임.

2) 수출입에서 집계한 넙치류는 Atlantic halibut, olive flounder, halibut, turbot의 합계임.

3) 추정공급량은 생산량에서 수출량을 제외하고 수입량을 합한 값으로, 재고와 이월은 없는 것으로 가정하였음.

자료 : FAO Fishstat Plus

13) 수급 동향 자료는 FAO에서 제공하는 생산 및 교역통계 자료를 이용하여 소비량을 산출하였다.

14) 글로브 피쉬(Globefish)의 보고서에 의하면 2009년 전체 생산량 7,600톤 중 약 4,000톤이 국내에서 소비되었으며, 나머지 3,600톤은 수출된 것으로 집계되었다. 반면 스페인 국립해양양식산업자문회의(JACUMAR)는 약 75%의 물량이 국내에서 소비되는 것으로 파악하고 있다.

○ 스페인은 EU에서 최대 turbot 수출국으로 수출물량은 대부분 프랑스, 이탈리아, 독일에 냉장상태로 수출하며, 일부는 프랑스에 피레트(fillet)의 형태로 수출됨.

- 유럽 내 turbot에 관한 특별한 규제 및 최소 크기, 가격 등에 관한 표준은 존재하지 않으며 일반적으로 450g~4kg 개체가 유통됨.

□ 소비 동향

○ 스페인 양식업 협회(APROMAR)의 보고서에 의하면 2011년 기준 스페인의 수산물 소비량은 총 123만 톤으로 나타남.

- 이 중 turbot 소비량은 전년 대비 7.8% 감소한 3,540톤으로 전체 수산물 소비량 중 약 0.3%를 차지함.

- 한편 연간 1인당 turbot 소비량은 약 0.08kg으로 나타남.

표 51. 스페인의 수산물 소비규모 및 소비액 추이

구분	소비규모(천톤)		증감율	소비액(백만유로)		증감율	1인 1년 소비량(kg)	
	2010년(A)	2011년(B)	B/A	2010년(A)	2011년(B)	B/A	2011년	
수산물	1254.02	1230.2	-1.9	8750.44	9001.43	2.9	26.81	
어류	소계	706.32	694.75	-1.6	4573.77	4717.2	3.1	15.14
	비냉동어류	553.56	544.48	-1.6	3624.38	3761.44	3.8	11.86
	연어	32.8	39.7	21.0	287.33	348.35	21.2	0.87
	농어	18.45	19.18	3.9	138.31	152.38	10.2	0.42
	돔	31.96	27.23	-14.8	214.26	196.52	-8.3	0.59
	Turbot	3.84	3.54	-7.8	35.87	33.51	-6.6	0.08
	기타어류	65.71	60.62	-5.09	273.62	225	-17.8	N/A

자료 : APROMAR, 「La Acuicultura Marina en España」, p.69, 2012.

- 소비 트렌드의 경우 turbot의 경우 다른 어종에 비해 상대적으로 조리가 어렵고, 가격대가 높기 때문에 일반가정에서보다는 레스토랑 등의 외식업체를 통한 소비가 주를 이룸.
 - 전체 소비량의 약 2/3가 식당이나 호텔, 케이터링 업체에서 판매되고 있는 것으로 추정됨.
 - 일반 소비자를 대상으로 전통적인 재래시장이나 대형 소매점 등에서도 판매가 이루어지고 있으며, 특히 최근에는 대형마트를 통한 판매가 급증함.
- 한편 스페인 농수산부가 넙치 소비자를 대상으로 분석한 자료를 보면 다음과 같은 특징이 있음.
 - Turbot의 경우 북부 주요 도시에 소비가 집중된 양상을 보이고 있으며, 생선류 소비자 중 19.1%가 turbot를 구입하는 것으로 파악됨.
 - Turbot의 생산방법(자연산 vs 양식산)을 구분하는 소비자의 비율이 2005년 19%에서 2007년 32%로 증가함.
 - 소비자의 교육 및 수입 수준이 소비와 직결되는 것으로 나타나며, 중장년 위주의 고학력, 고연봉 소비자를 중심으로 소비층이 형성되어 있는 것으로 파악됨.

표 52. 스페인 넙치 소비자 분석 자료

구분	내용
교육수준	고등교육 이수자 (23%), 고등교육 미 이수자 (15.47%)
소득수준	4만 유로 이상(24.49%), 3~4만 유로(27.07%), 2~3만 유로(22.01%), 1~2만 유로(16.06%), 1만 유로 미만(17.71%)
연령대	18~29세(14.63%), 30~49세 (18.34%), 50~64세 (22.28%), 65세 이상(19.96%)
직업	재직(20.04%), 퇴직(19.71%), 주부(18.12%), 학생(16.26%), 기타(18.18%)

자료 : 농수산식품유통공사, 「수산물 수출확대를 위한 주요국 시장조사」, 2011.12.

- 넙치류의 판매단가는 연도별 변동이 있지만 단위(kg) 당 약 8 유로 내에서 형성되는 것으로 조사됨.
 - 경기침체로 인하여 2009년 일시적인 가격하락이 발생하였으나 실제 소비자 가격은 큰 변동이 없었던 것으로 파악됨.

표 53. 연도별 가격 변화(생산지 기준)

단위 : 유로/kg 당

연도	2003년	2004년	2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년
가격	8.89	8.80	8.78	8.90	9.62	8.31	6.77	8.70

자료 : 농수산식품유통공사, 「수산물 수출확대를 위한 주요국 시장조사」, 2011.12.

- 2011년 스페인의 Turbot 평균 가격은 9.14 유로로 2010년에 비해 17.6% 증가함.

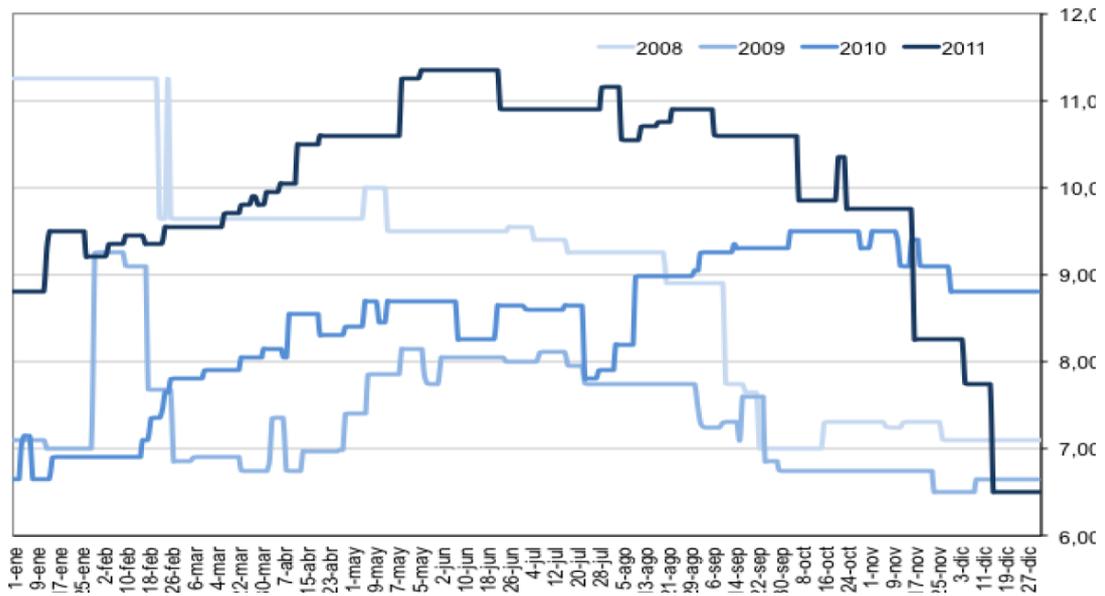


그림 15. 상업화 된 터봇(1000/2500g) 평균가격(자료 : APROMAR, 「La Acuicultura Marina en España」, p.67, 2012.)

- 2011년 터봇의 평균 소매가는 kg당 14.14유로로 전년(13.98유로)과 비슷한 수준을 유지하였으나 2008년 중반 최고점(kg당 약 17유로)에 비해 최근 3~4년간 대체적으로 가격이 하락해 14~15유로의 가격대를 형성.

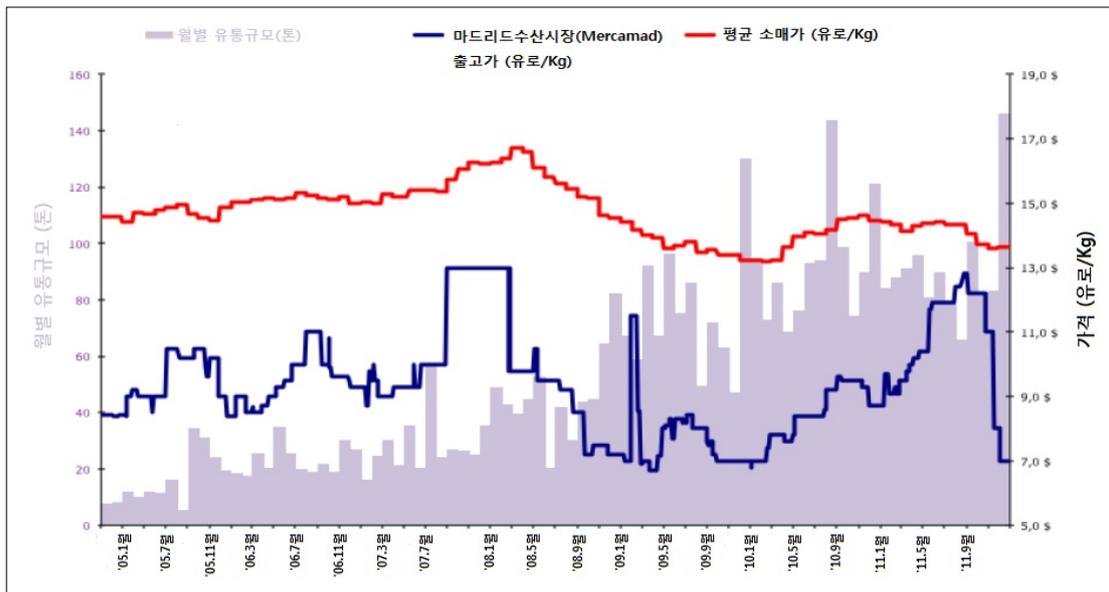


그림 16. Turbot 도소매 가격 추이 및 유통규모 월별 추이(2005~2011년, 자료 : APROMAR, 「La Acuicultura Marina en España」, p.68, 2012.)

- Turbot은 주로 현지 전통음식으로 조리되어 소비되는 것으로 조사됨.
- 터봇은 각 지방별 전통 음식으로 조리되는 것이 일반적이며, 일식 문화에 대한 침투도가 높지 않아 스시나 횡감으로의 사용도는 극히 일부분으로 조사됨.



그림 17. Turbot을 이용한 스페인 현지 요리

- Turbot은 주로 2~3년생이 유통되며 암컷의 경우 1.5~2kg, 수컷은 0.5~1kg 사이의 제품이 주로 판매됨.
- 업계 종사자에 따르면, 현지 소비자들은 부드럽고 푸석하지 않으며 쫄깃한 식감을 대체적으로 선호하는 것으로 조사됨.

라) 브라질

□ 생산 동향

- 브라질은 세계 제19위 수산물 생산국가로 2010년 기준 전세계 수산물 생산량 (17,006만 톤)의 0.7%인 127만 톤을 생산.
 - 브라질의 수산물 생산은 2000년 85만 톤에서 2010년 127만 톤으로 연평균 4.1%의 높은 증가세를 기록.
 - 이는 양식어업의 생산 증가에 기인한 것으로, 어로어업도 2000년 이후 연평균 1.5% 증가하였지만, 양식어업의 경우 연평균 10.8%의 높은 증가세를 보임.
 - 이에 따라 브라질 전체 수산물 생산에서 양식어업이 차지하는 비중은 2000년 20.3%에서 2010년 37.9%로 큰 폭으로 증가.

표 54. 브라질 수산물 생산 동향

단위 : 천 톤, %

구 분	2000년	2005년	2008년	2009년	2010년	연평균 증감율
합계	851	1,009	1,165	1,251	1,266	4.1
어로어업	678	751	799	835	785	1.5
양식어업 (양식 비중)	172 (20.3)	258 (25.6)	366 (31.4)	416 (33.3)	480 (37.9)	10.8

주 : ()안의 수치는 전체 생산량에서 양식어업이 차지하는 비중임

자료 : FAO Fishstat Plus

- 브라질의 주요 양식수산물 생산 동향을 살펴보면 틸라피아, 잉어, 새우 등 매우 다양한 어종이 생산됨.
 - 브라질은 내륙의 풍부한 유량과 자연환경을 이용한 내수면 양식이 크게 발달 하여, 2010년 기준 *Tilapias nei*(틸라피아)가 155천 톤으로 전체 생산량의 32.4%를 차지해 가장 많고, 다음으로 Common carp(잉어) 19.7%, Whiteleg shrimp(흰다리 새우) 14.5%, Cachama 11.3%, Tambacu, hybrid 4.5% 등의 순으로 상위 5개 어종의 생산량이 전체 생산량의 82.3%를 차지.

- 2000년 이후 주요 양식어종의 생산 동향을 살펴보면 Freshwater fishes nei를 제외한 모든 품종의 생산이 증가함.
- 한편 넙치류의 경우 공식적으로 통계가 집계되지 않고 있음.

표 55. 브라질 주요 양식수산물 생산 동향

단위 : 천 톤, %

구 분		2000년	2005년	2008년	2009년	2010년	연평균 증감율
전체		172	258	366	416	480	10.8
1	Tilapias nei	32	68	111	133	155	17.0
2	Common carp	55	42	68	81	95	5.7
3	Whiteleg shrimp	25	63	70	65	69	10.6
4	Cachama	10	25	39	46	54	18.7
5	Tambacu, hybrid	9	11	15	18	22	9.5
6	Pacu	5	9	15	18	21	15.5
7	South American rock mussel	12	13	11	11	14	1.6
8	Freshwater fishes nei	12	6	7	9	11	△1.4
9	Anostomoides laticeps	0	4	5	6	7	32.1
10	Prochilods nei	1	2	4	4	5	14.4

자료 : FAO Fishstat Plus

- 브라질의 양식 산업은 민물어류를 중심으로 내수면양식이 발달해 있으며, 해면 양식은 새우, 가리비, 굴 등 일부 품종을 중심으로 이루어지고 있으나 초기단계로 파악됨.
- 브라질은 8,400km의 해안선, 지구 민물의 12%에 해당되는 5,500,000 헥타르의 저수지, 양식수산물 성장에 적합한 기후, 저렴한 토지, 풍부한 인적자원, 양식 사료로 이용되는 옥수수과 콩의 풍부한 생산 자국 수산물 수요 증가 등을 배경으로 양식 산업의 성장 잠재력이 큰 것으로 평가됨.

- 브라질에서 생산(어로)되는 넙치 어종은 우리나라에서 주로 양식되는 olive flounder과 비슷한 olive flounders nei로 조사됨.

표 56. 브라질의 넙치류 생산 동향(어선어업)

단위 : 톤, %

구 분	2000년	2005년	2008년	2009년	2010년	연평균 증감율
Olive flounders nei	1,844	2,594	2,550	2,813	2,658	3.7

자료 : FAO Fishstat Plus

□ 수급 동향¹⁵⁾

- 브라질의 넙치 수급 동향을 살펴보면 넙치류에 대한 교역 통계가 집계되고 있지 않아 수급규모를 추정하기가 곤란하나, 국내 생산규모는 앞서 살핀 것처럼 약 3천 톤 이내로 나타남.

표 57. 브라질 넙치류 수급 동향

단위 : 톤, %

구 분	2000년	2005년	2007년	2008년	2009년	연평균 증감율
생산량(A)	1,844	2,594	2,566	2,550	2,813	4.8
수출량(B)	-	-	-	-	-	-
수입량(C)	-	-	-	-	-	-
추정공급량 (A+C-B)	1,844	2,594	2,566	2,550	2,813	4.8

주 : 1) 생산에서 집계한 넙치류는 turbot, olive flounder, lefteye flounders nei, Indian halibut, olive flounders nei, summer flounder, Kamchatka flounder, California flounder, leopard flounder, windowpane flounder, Antarctic armless flounder 합계임

2) 수출입에서 집계한 넙치류는 Atlantic hailand, olive flounder, halibut, turbot의 합계임

3) 추정공급량은 생산량에서 수출량을 제외하고 수입량을 합한 값으로, 재고와 이월은 없는 것으로 가정하였음

자료 : FAO Fishstat Plus

15) 수급 동향 자료는 FAO에서 제공하는 생산 및 교역통계 자료를 이용하여 소비량을 산출하였다.

□ 소비 동향

- 현재 통계상의 제약으로 넙치류에 대한 소비규모를 추산해 볼 수는 없으나, 브라질은 전통적으로 일본계의 이민이 활발한 지역으로 주요 대도시를 중심으로 초밥 등의 일본식 식문화가 활성화되어 있음.
- 넙치는 일본식 회, 초밥 등의 가장 대표적 식자재로 이용되는 만큼 식문화 보급에 따른 소비 증가를 조심스레 기대해 볼 수 있음.

마) 칠레

□ 생산 동향

○ 칠레는 세계 제11위 수산물 생산국가로 2010년 기준 전세계 수산물 생산량 (17,006만 톤)의 4.8%인 376만 톤을 생산함.

- 칠레의 수산물 생산은 어로어업의 감소로 인해 2000년 497만 톤에서 2010년 376만 톤으로 연평균 2.8%의 감소세를 보임.

- 어업별로 보면 어로어업의 경우 2000년 455만 톤에서 2010년 305만 톤으로 연평균 3.9% 감소한 반면 양식어업의 경우 같은 기간 43만 톤에서 71만 톤으로 연평균 5.3%의 높은 증가세를 기록함.

- 이에 따라 칠레 전체 수산물 생산에서 양식어업이 차지하는 비중은 2000년 8.5%에서 2010년 19.0%로 증가.

표 58. 칠레 수산물 생산 동향

단위 : 천 톤, %

구 분	2000년	2005년	2008년	2009년	2010년	연평균 증감율
합계	4,973	5,478	4,810	4,703	3,762	△2.8
어로어업	4,548	4,738	3,939	3,822	3,048	△3.9
양식어업 (양식 비중)	425 (8.5)	739 (13.5)	871 (18.1)	881 (18.7)	713 (19.0)	5.3

주 : ()안의 수치는 전체 생산량에서 양식어업이 차지하는 비중임

자료 : FAO Fishstat Plus

○ 칠레의 주요 양식수산물 생산 동향을 살펴보면 연어류의 생산이 대표적.

- 2010년 기준 Chilean mussel가 222천 톤으로 전체 생산량의 31.1%를 차지해 가장 많고, 다음으로 rainbow trout(송어) 30.9%, Atlantic salmon 17.3%, coho(=Silver)salmon 17.2%, gracilaria seaweeds 1.7% 등의 순으로 상위 4개 어종의 생산량이 전체 생산량의 98.1%를 차지.

- 한편 넙치류의 경우 연간 0.3천 톤 수준을 유지함.

표 59. 칠레 주요 양식수산물 생산 동향

단위 : 천 톤, %

구 분		2000년	2005년	2008년	2009년	2010년	연평균 증감율
전체		425	739	871	881	713	5.3
1	Chilean mussel	23	88	187	167	222	25.2
2	Rainbow trout	80	123	149	215	220	10.7
3	Atlantic salmon	167	386	389	233	123	△3.0
4	Coho(=Silver)salmon	93	102	92	157	123	2.8
5	Gracilaria seaweeds	33	15	22	88	12	△9.6
6	Peruvian calico scallop	19	17	21	17	9	△7.4
7	Cholga mussel	0.3	1	2	2	2	19.4
8	Red abalone	0.1	0.3	1	1	1	28.2
9	Choro mussel	0.2	1	1	1	1	12.9
10	Chinook salmon	3	3	0	1	1	△12.9
·	넙치류	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	1.4

주 : 넙치류는 Turbot과 Olive flounders ne임

자료 : FAO Fishstat Plus

○ 칠레에서 양식되는 넙치 어종은 turbot과 olive flounders 2개 어종으로, 2000년 260톤에서 2010년 299톤으로 연평균 1.4% 증가함.

- 2010년 기준 전체 넙치 생산량의 98%가 turbot이나, 소규모이기는 하나 최근 2010년 이후 olive flounders의 양식이 집계되기 시작함.

표 60. 칠레 넙치류 양식생산 동향

단위 : 톤, %

구 분	2000년	2005년	2008년	2009년	2010년	연평균 증감율
합계	260	296	282	319	299	1.4
Turbot	260	296	282	319	292	1.2
Olive flounders	0	0	0	0	7	-

자료 : FAO Fishstat Plus

□ 수급 동향¹⁶⁾

○ 칠레의 넙치 공급량(추정)은 2000년 260톤에서 2009년 69톤으로 연평균 13.7% 감소함.

- 이는 생산 증가보다 수출 증가세가 더 큰 것에 기인하는 것으로 생산의 경우 2000년 260톤에서 2009년 319톤으로 연평균 2.3% 증가에 그친 반면, 수출의 경우 같은 기간 0톤에서 250톤으로 큰 폭으로 증가함.

표 61. 칠레 넙치류 수급 동향

단위 : 톤, %

구 분	2000년	2005년	2007년	2008년	2009년	연평균 증감율
생산량(A)	260	296	335	282	319	2.3
수출량(B)	-	229	267	248	250	-
수입량(C)	-	-	-	-	-	-
추정공급량 (A+C-B)	260	67	68	34	69	△13.7

주 : 1) 생산에서 집계한 넙치류는 turbot, olive flounder, lefteye flounders nei, Indian halibut, Olive flounders nei, Summer flounder, Kamchatka flounder, California flounder, Leopard flounder, Windowpane flounder, Antarctic armless flounder 합계임
 2) 수출입에서 집계한 넙치류는 Atlantic halibut, olive flounder, halibut, turbot의 합계임
 3) 추정공급량은 생산량에서 수출량을 제외하고 수입량을 합한 값으로, 재고와 이월은 없는 것으로 가정하였음

자료 : FAO Fishstat Plus

16) 수급 동향 자료는 FAO에서 제공하는 생산 및 교역통계 자료를 이용하여 소비량을 산출하였다.

바) 프랑스

□ 생산 기반

- 현재 프랑스에서 생산, 소비되고 있는 유럽 국가 내에서 스페인 다음으로 생산량이 많은 것으로 조사됨.
 - 프랑스의 turbot 생산량은 연간 100톤 미만이나, 치어 생산은 유럽과 중국으로 수출하는 등 치어 생산에 있어서는 세계적인 경쟁력을 보유하고 있음.
- 프랑스에서 turbot 양식은 1970년대부터 시작되었으며, 이후 프랑스 해양 연구소(Lfremer)를 중심으로 육종 기술 등이 수행되고 있음.
- 2007년 기준 프랑스의 양식업체수는 39개사로 46개의 양식장에서 농어, 도미, turbot 등의 성어는 물론 치어까지 생산하고 있음.

표 62. 프랑스 양식업체 현황

단위 : 톤, %

구분	1997년	2007년
양식업체	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 46개 업체 - 치어 양식(5개) - 치어 및 성어 양식(6개) - 성어 양식(35개) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 39개 업체 - 치어 양식(5개) - 치어 및 성어 양식(5개) - 성어 양식(29개)
양식장	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 52개 - 41개사(1개 양식장 보유) - 11개사(2개 이상 양식장 보유) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 46개 - 33개사(1개 양식장 보유) - 13개사(2개 이상 양식장 보유)
매출액	▪ 46,805천 유로	▪ 63,787천유로
종사자	▪ 512명	▪ 432명

주 : 양식업체의 매출액은 농어, 도미, Turbot의 합계로 성어 및 치어를 포함

자료 : 프랑스 수산청 통계부 Agreste

- 프랑스 내에서 turbot 양식은 주로 해상 가두리를 통해 이루어지고 있음.



그림 18. 프랑스 양식업체 전경

□ 생산 동향

- 2010년 기준 프랑스의 수산물 생산량은 67만 톤으로 2000년 이후 연평균 3.5% 감소.
 - 이는 어로어업과 양식어업 모두 감소한 것에 기인한 것으로 어로어업의 감소세가 더 큰 것으로 나타남.
 - 어로어업의 경우 2000년 70만 톤에서 2010년 45만 톤으로 연평균 4.2% 감소한 반면, 양식어업의 경우 같은 기간 27만 톤에서 23만 톤으로 연평균 1.7% 감소하여 상대적으로 어로어업의 감소세가 더 큰 것으로 나타남.
 - 이에 따라 전체 수산물 생산에서 양식어업이 차지하는 비중은 2000년 27.8%에서 2010년 33.3%로 소폭 증가함.

표 63. 프랑스 수산물 생산 동향

단위 : 천 톤, %

구 분	2000년	2005년	2008년	2009년	2010년	연평균 증감율
합계	961	843	738	675	674	△3.5
어로어업	694	598	500	441	450	△4.2
양식어업 (양식 비중)	267 (27.8)	245 (29.1)	238 (32.3)	234 (34.7)	225 (33.3)	△1.7

자료 : FAO Fishstat Plus

- 프랑스의 주요 양식수산물 생산 동향을 살펴보면 굴, 진주담치 등 패류의 생산량이 많음.
 - 2010년 기준 Pacific cupped oyster가 95천 톤으로 전체 생산량의 42.3%를 차지해 가장 많고, 다음으로 Blue mussel 27.5%, Rainbow trout(송어) 14.3% 등의 순으로 3개 어종의 생산량이 전체 생산량의 84.1%를 차지.
 - 한편 넙치류의 경우 2000년 9백 톤에서 2010년 4백 톤으로 연평균 7.9% 감소한 것으로 나타났으며, 프랑스 전체 양식생산량에서 차지하는 비중은 1% 미만으로 나타남.

표 64. 프랑스 주요 양식수산물 생산 동향

단위 : 천 톤, %

구 분		2000년	2005년	2008년	2009년	2010년	연평균 증감율
전체		267	245	238	234	225	△1.7
1	Pacific cupped oyster	134	118	104	103	95	△3.3
2	Blue mussel	61	58	65	62	62	0.2
3	Rainbow trout	41	32	34	33	32	△2.5
4	Mediterranean mussel	7	13	14	15	15	7.6
5	Common carp	6	4	4	4	4	△2.9
6	European seabass	3	4	4	1	3	△1.5
7	Roach	2.5	2	2	2	2	△2.7
8	Clams, etc. nei	-	0.7	1	2	2	-
9	Common edible cockle	1.4	1	1	2	2	1.3
10	Gilthead seabream	1	2	1	1	1	1.7
·	넙치류	0.9	0.8	0.7	-	0.4	△7.9

주 : 넙치류는 Turbot임

자료 : FAO Fishstat Plus

- 프랑스에서 양식되는 넙치 어종은 turbot 1가지 종류로 조사됨.

표 65. 프랑스 넙치류 양식생산 동향

단위 : 톤, %

구 분	2000년	2005년	2008년	2009년	2010년	연평균 증감율
Turbot	908	791	656	-	400	△2.8

자료 : FAO Fishstat Plus

□ 수급 동향¹⁷⁾

- 프랑스의 넙치류 소비량은 생산 및 수입 감소로 인해 2000년 2,651톤에서 2009년 1,079톤으로 연평균 9.5% 감소함.

- 생산량은 2009년 기준 677톤으로 2000년 이후 약 2배 이상 감소한 반면, 수입도 같은 기간 1,104톤에서 449톤으로 50% 이상 감소함.

17) 수급 동향 자료는 FAO에서 제공하는 생산 및 교역통계 자료를 이용하여 소비량을 산출하였다.

- 수출의 경우 연간 100톤 미만 수준을 유지.
- 즉 프랑스의 경우 생산되는 넙치류의 대부분을 국내에서 소비하고 있으며, 부족분은 수입을 통해 공급하고 있다고 볼 수 있음.

표 66. 프랑스 넙치류 수급 동향

단위 : 톤, %

구 분	2000년	2005년	2007년	2008년	2009년	연평균 증감율
생산량(A)	1,558	1,509	1,518	1,113	677	△8.8
수출량(B)	11	21	21	64	47	17.5
수입량(C)	1,104	360	449	498	449	△9.5
추정공급량 (A+C-B)	2,651	1,848	1,946	1,547	1,079	△9.5

- 주 : 1) 생산에서 집계한 넙치류는 turbot, olive flounder, Lefteye flounders nei, Indian halibut, Olive flounders nei, Summer flounder, Kamchatka flounder, California flounder, leopard flounder, windowpane flounder, Antarctic armless flounder 합계임
- 2) 수출입에서 집계한 넙치류는 Atlantic hailand, olive flounder, halibut, turbot의 합계임
- 3) 추정공급량은 생산량에서 수출량을 제외하고 수입량을 합한 값으로, 재고와 이월은 없는 것으로 가정하였음

자료 : FAO Fishstat Plus

- Turbot의 판매 가격의 경우 무게에 따라 차이가 있는데 도매가격의 경우 kg 당 66~221 유로, 소매가격의 경우 kg 당 44~63유로 내에서 형성됨.

표 67. Turbot의 소매가격 및 도매가격

무게	도매가격(유로)	소매가격(유로)
1~2kg	66.47	44.31
2~3kg	131.88	52.76
3~4kg	221.55	63.30

자료 : 코트라 해외 시장 조사 결과.

사) 네덜란드

□ 생산 동향

- 2010년 기준 네덜란드의 수산물 생산량은 46만 톤으로 2000년 이후 연평균 2.2% 감소함.
 - 이는 어로어업과 양식어업 모두 감소한 것에 기인한 것으로 어로어업의 감소세가 더 큰 것으로 나타남.
 - 즉 어로어업의 경우 2000년 50만 톤에서 2010년 39만 톤으로 연평균 2.4% 감소한 반면, 양식어업의 경우 같은 기간 8만 톤에서 7만 톤으로 연평균 1.2% 감소하여 상대적으로 어로어업의 감소세가 더 큰 것으로 나타남.
 - 이에 따라 전체 수산물 생산에서 양식어업이 차지하는 비중은 2000년 13.2%에서 2010년 14.7%로 소폭 증가함.

표 68. 네덜란드 수산물 생산 동향

단위 : 천 톤, %

구 분	2000년	2005년	2008년	2009년	2010년	연평균 증감율
합계	571	627	464	438	456	△2.2
어로어업	496	556	417	382	389	△2.4
양식어업 (양식 비중)	75 (13.2)	71 (11.4)	47 (10.1)	56 (12.7)	67 (14.7)	△1.2

주 : ()안의 수치는 전체 생산량에서 양식어업이 차지하는 비중임

자료 : FAO Fishstat Plus

- 네덜란드의 주요 양식수산물 생산량을 살펴보면 진주담치(Blue mussel)가 전체 생산량의 80% 이상을 차지함.
 - 2010년 기준 진주담치가 56천 톤으로 전체 생산량의 84.0%를 차지해 가장 많고, 다음으로 cupped oysters nei 5.8%, North African catfish 4.8% 등의 순으로 상위 3개 어종의 생산량이 전체 생산량의 94.5%를 차지.

- 한편 양식 넙치류의 생산은 연간 300톤 미만으로 나타남.

표 69. 네덜란드의 주요 양식수산물 생산 동향

단위 : 천 톤, %

구 분		2000년	2005년	2008년	2009년	2010년	연평균 증감율
전체		75	71	47	56	67	△1.2
1	Blue mussel	67	60	36	46	56	△1.7
2	Cupped oysters nei	2	3	2	2	4	6.8
3	North African catfish	3	4	4	4	3	2.1
4	European eel	4	4	4	3	3	△2.1
5	넙치류	-	0.1	0.1	0.2	0.3	-

주 : 넙치류는 Turbot임

자료 : FAO Fishstat Plus

- 네덜란드에서 양식되는 넙치 어종은 turbot이 대표적인 것으로 조사됨.

- Turbot의 생산량은 2000년 0톤에서 2010년 250톤으로 증가함.

표 70. 네덜란드의 넙치류 양식생산 동향

단위 : 톤, %

구 분	2000년	2005년	2008년	2009년	2010년	연평균 증감율
Turbot	-	75	90	150	250	-

자료 : FAO Fishstat Plus

□ 수급 동향¹⁸⁾

- 네덜란드의 넙치 소비량은 생산 감소에 기인해 2000년 2,331톤에서 2009년 1,945톤으로 연평균 2.3% 감소함.

- 수출입 모두 연간 200톤 미만으로 네덜란드의 경우 생산되는 넙치류의 대부분을 국내에서 소비한다고 볼 수 있음.

18) 수급 동향 자료는 FAO에서 제공하는 생산 및 교역통계 자료를 이용하여 소비량을 산출하였다.

표 71. 네덜란드 넙치류 수급 동향

단위 : 톤, %

구 분	2000년	2005년	2007년	2008년	2009년	연평균 증감율
생산량(A)	2,287	1,990	2,369	1,841	1,854	△2.3
수출량(B)	28	65	548	56	68	10.4
수입량(C)	72	71	96	124	159	9.2
추정공급량 (A+C-B)	2,331	1,996	1,917	1,909	1,945	△2.0

- 주 : 1) 생산에서 집계한 넙치류는 turbot, olive flounder, lefteye flounders nei, Indian halibut, olive flounders nei, summer flounder, Kamchatka flounder, California flounder, leopard flounder, windowpane flounder, Antarctic armless flounder 합계임
- 2) 수출입에서 집계한 넙치류는 Atlantic halibut, olive flounder, halibut, turbot의 합계임
- 3) 추정공급량은 생산량에서 수출량을 제외하고 수입량을 합한 값으로, 재고와 이월은 없는 것으로 가정하였음

자료 : FAO Fishstat Plus

2. 국내외 기술동향 분석

1) 국내외 기술동향

(1) 국내 기술 동향

- 1980년대 초 자연산 넙치를 수집하여 수정란과 종묘를 생산하기 위한 시도가 이루어지면서 시작된 우리나라 넙치 양식은 실내수조에서 자연산란이 이루어지면서 인공종묘 생산이 가능하게 되었고, 이를 기반으로 넙치 양식이 본격적인 산업으로 발전하기 시작함.
- 생활수준의 향상에 따른 소비 확대와 생산량 증대를 위한 기술 개발에 힘입어 넙치 양식 생산량은 비약적인 증가를 보였으나, 2000년대 접어들어 외국산 저가 활어의 대량 수입에 의한 가격 하락과 더불어 양식 종묘의 열성화 등으로 경영에 어려움을 겪고 있음.
- 더욱이 최근에는 잦은 질병 발생으로 폐사가 빈번하게 일어나 질병 치료에 소요되는 경비 및 인건비가 가중되어 양식 생산 단가가 높아지고 있으며, 항생제의 오남용으로 양식 수산물에 대한 소비자의 불신이 가중되고 있음.
- 이러한 어려운 상황을 타파하기 위해 최근에 양식 넙치 집단의 생산성을 높이기 위한 선발육종의 필요성이 제기되고 있음. 우리나라에서는 국립수산물과학원 육종연구센터를 중심으로 연구개발이 진행되고 있으며, 각 지역별 수산물과학원, 대학, 연구기관 등에서도 관련 연구와 함께 지역조건에 맞는 어종에 대한 연구개발도 진행되고 있음. 또한 종어, 종패의 육종 번식에 대한 연구가 진행되고 있으나 기업 지원 및 현장 적용 시스템 구축에 어려움을 겪고 있는 실정임.
- 국립수산물과학원 육종연구센터에서는 2004년부터 10년 계획으로 유전자 표지를 이용한 분자육종과 전통적인 선발육종을 접목하여 최적의 육종기술을 개발하였음. 즉, 과학적인 교배지침에 의거하여 제1세대 넙치 (F1)를 생산하여 유전능력을 평가하였고, 이를 기초로 2007년에 제2세대 넙치 (F2), 2009년에 제3세대 넙치 (F3), 그리고 2011년에 제4세대 넙치 (F4)를 생산하였음(그림 4).

- 육종연구센터에서 개발한 육종기술 중 가장 핵심은 친어집단의 유전적 관리를 통한 고부가가치의 우량 품종을 개발하기 위하여 유전자 표지(DNA marker)를 이용한 육종과 전통적인 선발육종(selective breeding)을 접목하여 지속적인 후대생산을 통해 경제형질을 개선하는 효율적인 첨단육종 기술을 이용하는 것.
- 현재까지 육종연구센터에서 개발한 넙치 육종기술은 유전자 표지를 이용하여 유전적 다양성 및 유연관계에 기초한 분자선발육종기술을 통하여 성장 및 체형이 개선된 넙치를 개발하는데 주력하고 있음(그림 5).

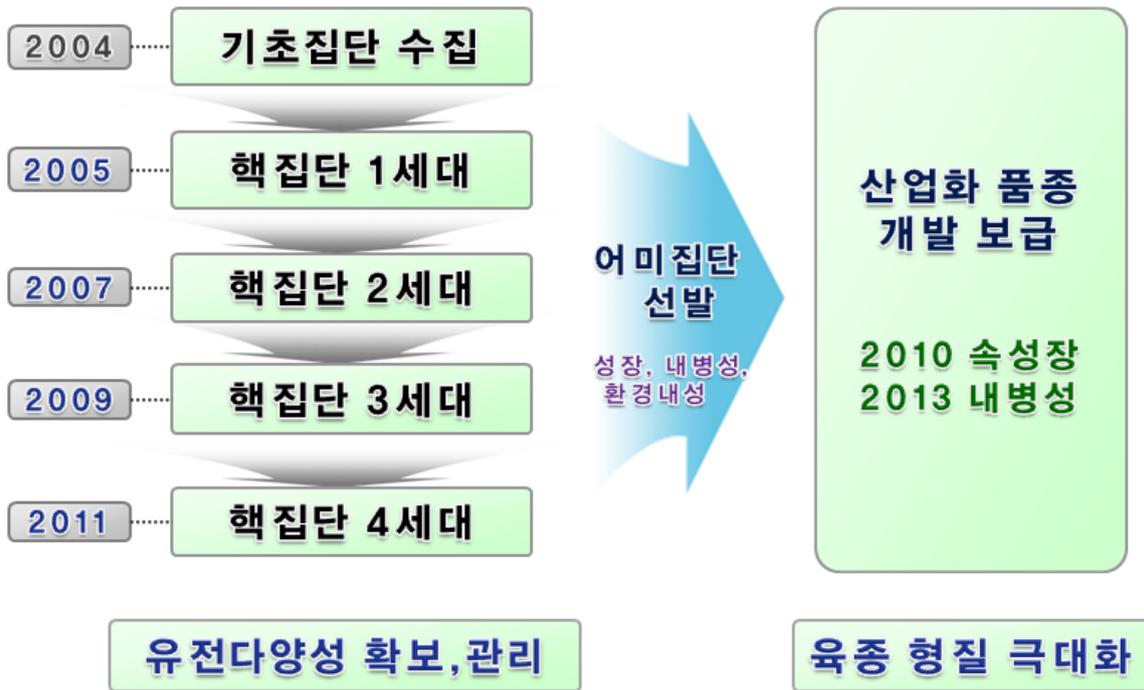


그림 19. 육종기술에 의한 넙치 육종 체계도.

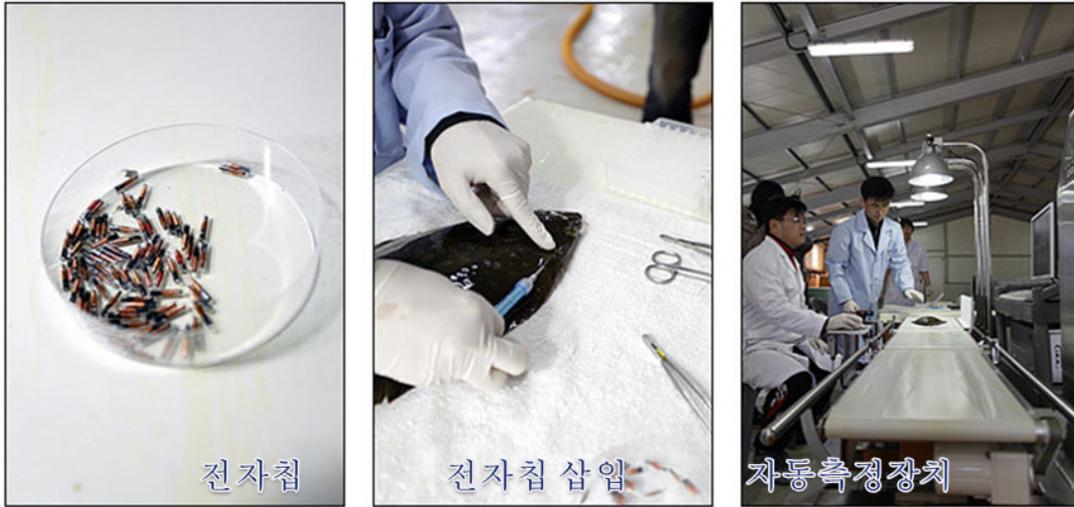


그림 20. 유전다양성 유지를 위한 육종넙치 개체관리 시스템.

- 그 결과, 육종연구센터에서 개발한 육종넙치의 경우 성장과 체형이 개선된 넙치 산업화 품종의 육종효율을 검증하기 위하여 민간 양식장에 분양하여 성장효과를 조사한 결과, 실험구에 비해 30% 이상의 성장효과를 보였으며, 넙치 산업화 품종보다 2개월 전에 생산된 대조구의 성장도 추월하는 놀라운 결과를 나타냄(그림 6).

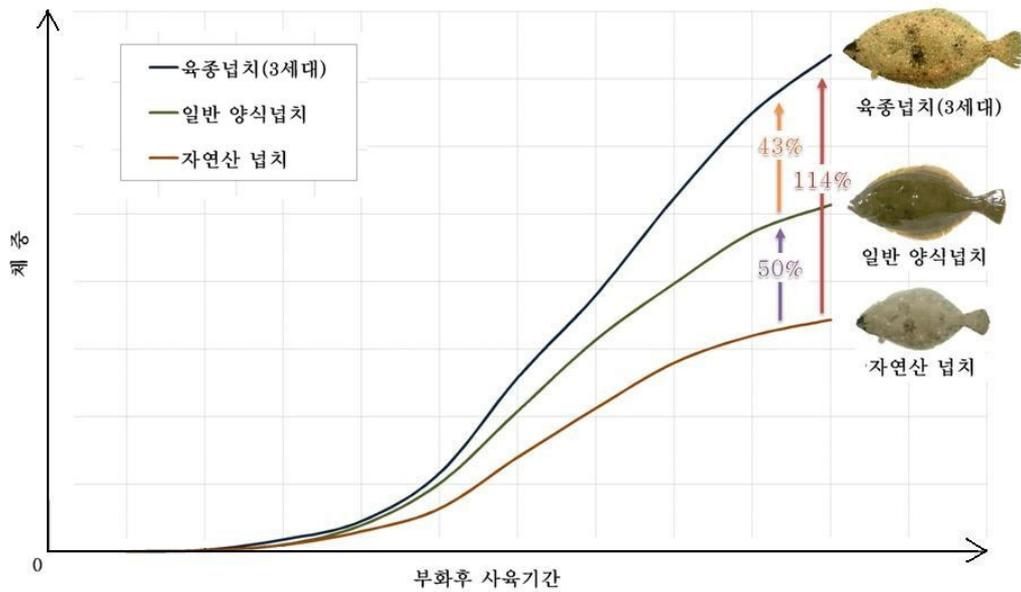


그림 21. 육종넙치와 일반 양식넙치, 자연산 넙치와의 성장 비교

- 뿐만 아니라 현재 육종연구센터에서는 육종대상 질병원인균으로 세균성 질병에는 에드워드(*Edwardsiella tarda*), 바이러스성 질병에는 바이러스성 출혈성 패혈증 바이러스(VHS), 스쿠티카 기생충을 대상으로 인위감염실험(Challenge test)을 실시하여 각 질병에 대한 내성이 강한 가계들을 선발하여 질병내성품종을 개발에 박차를 가하고 있음.
- 이와 더불어 당초 2013년으로 예정되었었던 육종넙치의 산업화는 양식 산업의 위기극복과 양식현장 어업인들의 요구에 따라 3년을 앞당겨 2010년 3월에 조기 추진되었음(그림 7).
- 또한 양식현장에 육종넙치가 보급됨에 따라 일반넙치와의 차별성, 육종넙치의 정체성을 부여하고 세계시장 수출을 대비하여 육종넙치 브랜드의 법적 보호와 도용을 방지하기 위해서 육종넙치 고유브랜드인 『킹넙치』를 국내외에 출원하였음.

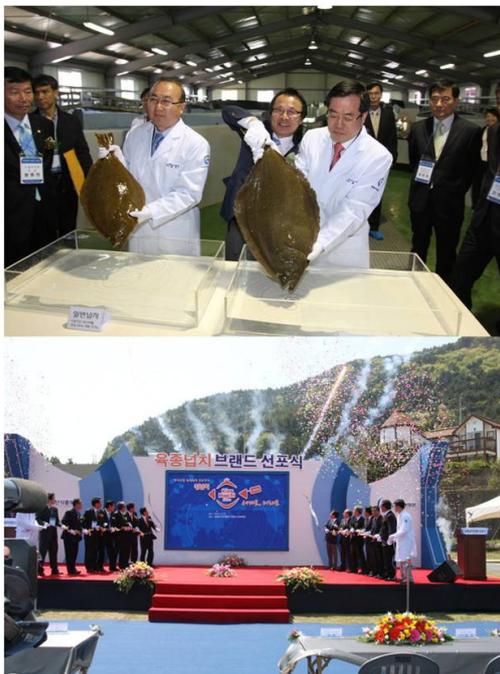


그림 22. 육종연구센터에서 개발한 육종넙치의 산업화 및 브랜드 선포식

□ 분자유종학적 연구 개발

이와 함께 국립수산물품질관리원 육종연구센터에서는 향후 체계적이고 효율적인 육종연구를 위해 현재 육종 연구의 세계적인 트렌드인 분자유종 기술 개발을 진행 중임.

○ 유전자 표지 및 분석 방법

- 유전자표지의 정의

- 유전적 표지는 형태표지 (morphological marker)와 분자표지 (molecular marker)로 나누어지며 형태표지는 특정 유전자좌의 유전자형을 생화학적 또는 분자생물학적 기술 적용 없이도 표현형을 쉽게 알 수 있어 초기 연관지도 작성에 많이 이용되었음.
- 하지만 이런 형태표지는 유전자간의 상위 작용으로 인해 유전적 요인이 변할 수 있어 표지의 한계성을 가지고 있음. 분자적 표지는 DNA 염기서열 차이를 이용하기 때문에 수적제한 및 모든 조직, 환경, 상위 작용에 영향을 받지 않아 우성형질을 선택하여 활용 할 수 있는 장점이 있어 육종선발과정에서 많이 이용됨.
- 분자유종 효율을 극대화하기 위하여 특정유전자의 분자유종에 필요한 분자 표지를 개발하고 분자유전자 지도를 작성하여 염색체 위치정보를 확보하여야하며 유전 분리 집단을 이용하여 우량수산종자 형질 및 QTL (quantitative trait loci)과 관련 있는 분자 표지들을 개발하여 유전자 지도를 작성함으로써 육종 효율을 극대화 할 수 있음.
- 분자 표지를 이용한 MAS (marker-assisted selection)에 의하여 다수의 유용한 유전자를 집적한 내병성, 성장, 육질, 성 성숙, 우량 종묘생산에 효율적인 활용을 위해 PCR 기술을 이용하여 분석을 용이하게 함.

- 유전자표지의 종류

- VNTRs (Variable Number of Tandem Repeats)
- Gnomonic DNA 내에서 반복 DNA의 copy 수가 많거나 적은 두 종류로 나누어지

며 대부분 highly repetitive DNA. 이러한 염기들의 구조와 유전체상의 분포를 분석한 결과, 이러한 부위들의 양 말단들은 각종마다 동일한 DNA 구조로 유지되고 있다는 것이 밝혀지면서 이들 염기서열을 DNA 인자로 사용할 수 있게 되었고 PCR을 이용하여 염기서열의 상보적인 primer 쌍을 이용하여 다형성여부를 탐색하게 됨.

- 또한 다른 염기 반복 서열로 tandem repeated sequence motif가 있으며 이들 염기서열은 satellite DNA 보다 copy수가 적어 minisatellites 라 부르고 repeat unit 크기는 10-50bp 정도임.
 - 이들은 유전자좌에 특이적이기 때문에 이러한 minisatellite sequence의 중심부위를 이용하여 PCR을 하게 되면 제한적인 특이한 변이를 탐지할 수 있음.
- **Microsatellites**
- Microsatellite는 다수의 연결된 단순반복배열로 구성되어 있고 크기는 1-6 염기로 이루어져 있으며 최근 연구된 모든 종에서 발견되며 어류에서는 10 kb 당 발견되는 것으로 알려져 있음.
 - Microsatellite는 유전자 영역 및 인트론 그리고 비유전자 영역에서도 발견되며 비교적 유전자좌의 크기가 상대적으로 작아 PCR을 이용한 Genotyping이 중요하고 비록 다형성이 5반복 정도의 작은 반복을 가진 Microsatellite에서도 발견되지만 DNA copy수가 많은 Microsatellite에서는 더욱 다형성을 가짐.
 - 몇몇 어종에서 반복 배열 수에서 큰 차이를 보이는 대립유전자가 관찰되었고 이것은 무한한 대립 유전자모형을 암시하는 것으로 특정 기작과 상관없이 반복 배열수의 변화로 한집단내에서 검출된 각 Microsatellite 유전자좌에서 대립유전자의 수가 증가 될 수 있음.
 - 또한 공우성 표지처럼 멘델유전법칙에 따라 유전되며 대립유전자의 풍부함, 전체 게놈상의 균등한 분포, 작은 유전자좌 크기, 높은 다형성과 더불어 표지로서의 강점이라 할 수 있음.

- SNP (Single nucleotide polymorphism)

- SNP는 한 유전자좌에 하나의 nucleotide 위치에서 다른 염기를 가지는 대립유전자를 생성하는 point mutation에 의해 유발된 다형성을 의미하며 염기치환에 의한 염기서열의 차이는 1977년 DNA sequencing을 시작한 이후 보다 많은 sample의 SNP를 빠르게 genotype을 빠르게 하는 것은 1990년 후반 gene chip 기술이 이용되고 부터임.

- 이론적으로 한 유전자좌 내에 SNP는 4개의 대립유전자가 만들어 질수 있고 각각은 4개중 하나의염기인 A, T, C, G,의 하나를 가질 수 있음. 하지만 실제적으로 대부분의 SNP는 보통 2개의 대립유전자 중 하나이고 두 개의 피리미딘 과 두 개의 퓨린은 비대칭유전자로 간주함. 분석법으로 SSCP 분석, heteroduplex 분석, 그리고 direct DNA sequencing을 포함한 여러 방법이 이용되고 있음.

- ESTs (expressed sequence tags)

- EST는 cDNA 클론의 random sequencing 으로부터 생성된 single pass sequence. EST 방법은 유전자를 동정하고 발현양상을 통한 효율적인 방법으로 특정생리학적 조건 또는 특정발달 단계에서 어떤 조직에서 발현되는 유전자에 대해 빠르고 가치 있는 초기정보를 제공하며 발현된 유전자의 체계적인 분석을 가능하게 하는 cDNA microarray의 개발에 용이함. 또한 genome mapping에 이용되고 아직 수 산생물에서 이용하기 어려우며 다형성 EST가 동정만 된다면 양식종의 genome mapping에 유용할 것으로 전망됨.

- 기준가계 연관분석

- 유전자 표지가 genome의 어떤 영역에서 male 부모에서의 유전자좌와 female 부모에서의 유전자좌를 표시할 수 있음. 이는 만약 이 유전자 표지에 내병성을 결정하는 유전자좌가 존재하고 있어 male 또는 female 부모 중 어느 한쪽 염색체에 내병성 유전자가 존재 한다면 그 내병성 어류와 감수성 물고기를 교배시킨 경우 유전자 조합에 의한 4 type의 유전자형으로 분리되어 자식 1세대가 생산되고이들 중 내병성 친어 유래의 내병성 유전자좌를 갖는 개체만 나타나게 됨.

- 하지만 목적형질과 DNA 표지가 다른 염색체 상에 존재하는 경우도 많고 연관되어 있다는 것은 같은 염색체상에 목적 형질과 DNA 표지가 있어야 된다는 전제와 양자의 거리 또한 가까워야 조환빈도를 낮출 수 있음. 이와 같이 효율적인 목적 유전자좌를 찾기 위해 유전자지도를 작성해야 함.
- 양적형질 유전자위(QTL) 분석
- 양적형질 유전자좌위의 효과와 위치를 추정하기 위한 실험 집단은 집단 내 유전자 표지와 양적형질의 유전자좌위 사이의 연관 불균형 즉 linkage disequilibrium 상태를 최대화 할 수 있는 교배체가 요구되고 연관 불균형은 양적형질의 유전자좌위에 변이가 생겨 유전적 차이가 있는 품종 간 계통 간 교배를 통해 효율적으로 얻을 수 있음.
 - QTL 분석에서 이용되는 집단 교배 형태는 역교배와 F1간 교배모델이 이용됨. 유전자 지도 상에서 어느 유전자에 어떤 경제적 형질이 영향을 미치는가를 확인하는 것이 QTL 분석임. 이 분석을 위해서 기원이 다른 그리고 생산성이 다른 두 개의 계통간의 F1 자손 생산과 역교배 또는 F2간의 교배를 통한 3세대생산 과정이 필요하며 이들 3세대 유전정보는 유전자형 분리를 단순화시켜 표현형 발현을 양극화 시켜 유전자 표지의 연관 분석을 용이하게 함.
- 분자 표지 활용 선발(Marker-assisted selection, MAS)
- MAS는 유전자에 밀접하게 연관된 표지의 존재로부터 유전자의 존재를 추론하는 것이 가능하다는 개념에 기초를 두고 있음. 만약 표지와 유전자간의 거리가 멀리 떨어져 있을 경우 자손계체들에 유전될 가능성은 감소됨.
 - 그러므로 선발에서 표지를 이용하는 전제 조건은 그 표지가 목적 유전자에 밀접하게 연관되어 있어야 함. 어류육종의 주요 목표는 수여 부모로부터 경제적 가치가 있는 우수형질을 하나 이상 유전자 이입을 하는 것이므로 MAS를 이용하게 되면 조기세대의 어린 단계의 어류 선발이 가능하게 되어 경제성이 좋지 않은 대립유전자들을 발달 초기 단계에 완전히 제거할 수 있음.

- 이러한 목적을 위해 유전자 연관지도에서 포화부위가 필요하고 목표유전자에 밀접하게 연관된 표지들을 구분하는데 사용되는 한 가지 방법이 목표유전자와 목표유전자간의 작은 부위의 존재와 부재에서 차이를 보이는 근동질계통(NIL)의 사용.
- 한편 집단 분리 분석(Bulked segregation Analysis, BSA) 방법은 *Bremis lactucae*에 대한 저항성을 가지는 *Lactuca sativa*의 Dm 유전자지도를 작성하기 위해 Michelmore 등에 의해 개발되었고 이러한 방법으로 특정 유전자, QTL, 분자지도 틸, 또는 사실상 어떠한 다른 목표 게놈 부위를 포함하는 표적 간극을 규정하는 표지를 위한 분리집단의 사용을 활용함.
- 표적 간극에 걸쳐있는 교배 친 대립 유전자를 위한 동형 접합 개체들이 그 간극을 채우는 표지들의 유전자형에 입각한 분리 집단으로부터 선발됨. 선발된 개체들의 DNA는 두 집단으로 모아지며 표적간극에 대하여 하나는 교배친 대립유전자에 대하여 동형 접합이고 다른 하나는 두 번째 교배친 대립유전자에 대하여 동형접합임.
- 각각 pool에서 많은 수의 개체들이 표적간극에 연관될 집단사이에 다형성을 나타내는 표지의 가능성을 높이고 표지의 정확한 위치는 분리분석에 의해 결정됨. MAS는 양적저항성을 조절하는 몇 가지 유전자가 분자표지와 함께 표식되었다 할지라도 어류 선발육종에서 QTL과 주동유전자의 유전을 추적하는데 가장 유용함.

(2) 해외 기술 동향

① 노르웨이

- 1968년 정부 주도로 대서양연어의 육종연구를 시작하여 현재 전세계 연어시장의 60%를 차지하는 양식 연어시장에서 노르웨이 육종연어가 52%(약 5조2천억원)를 점유함.
- 이외에도 1999년부터는 전통적 선발육종 방식으로 틸라피아 품종개발을 수행하여 새로운 유전자표시법 등을 도입하여 육종효율(성장)이 기존 35%이상 좋은 품종을 개발하여 수출하고 있음.
- 대서양연어는 노르웨이 연안에서 어획되는 대표적인 고가 어종이었으나 육종을 통한 품종개량을 통해 양식어종으로의 전환에 성공함. 대서양연어는 부화와 초기 성장은 내수면에서 이루어지고, 이후 바다에서 성장한 후 다시 내수면으로 돌아와 산란을 하였으나 양식기술 개발로 인해 가두리 양식이 가능하게 됨.
- 무지개송어는 노르웨이의 토종어종이 아니었으나 1890년경 도입한 후 1960년까지는 내수면에서만 양식하였으나 이후 육종에 의한 품종개량에 성공하여 부화와 초기 성장은 내수면에서, 이후는 해양가두리 양식이 가능해짐.
- 1955년 이후 2005년까지 대서양연어와 무지개송어의 양식생산량은 2배로 증가했으나 생산 필요인력은 4,500명에서 3,000명으로 오히려 감소함. 이를 위해 각종 장비의 자동화, 사료의 효율화 등 노력이 뒷받침되어 체계적인 가치사슬(그림 8)을 구현하였는데 구체적으로는 다음과 같은 특징을 가짐.

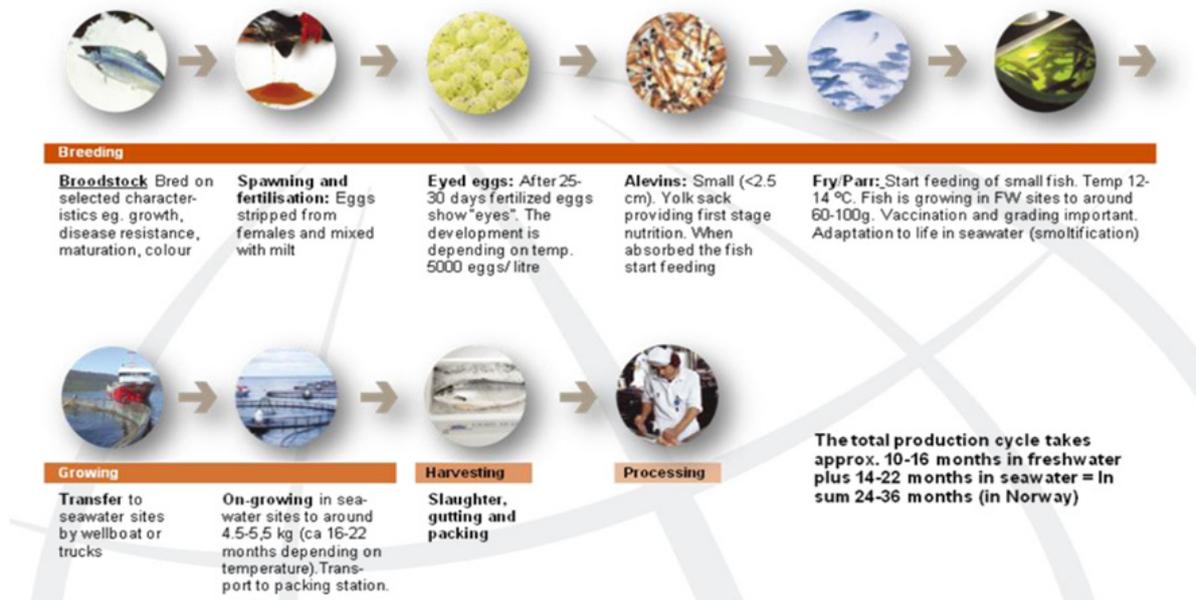


그림 23. 노르웨이의 통합적 가치사슬 모식도. 생산에서 출하, 가공, 유통, 소비에 이르는 전 단계의 통합관리를 통한 가격 경쟁력 회복과 이익의 극대화 창출

가. 육종수정란 생산

대서양연어 양식업이 획기적으로 발전할 수 있었던 계기는 과학적인 육종기술의 개발과 양식에의 적용에 있음. 육종의 핵심은 친어의 과학적인 수집과 체계적인 관리로서 현재 10세대의 선발육종이 시행 중이며 2배 이상의 성장률과 내병성, 기타 중요한 유전적 형질을 선발하여 지속적인 품종개량을 진행 중임.

나. 부화 및 양성

육종을 통하여 부화시기를 조절하고 수정란은 인공부화기에서 부화를 하고 치어에 적합한 사료 개발 및 적정량 급이 관리를 수행하고 있음. 양성은 가두리에서 집중적으로 이루어지며, 사료는 전량 extruded pellet (EP) 사료로서 일정 시간 수면에 떠 있어야 하고 양성기간은 대부분 15~30 개월.

다. 마케팅과 수출

대서양연어와 송어 총생산량의 90~96%를 전세계 130여 개국에 수출하고 있으며, EU, 일본, 러시아 등이 주요 타겟 국가임. EU 중에는 덴마크와 프랑스에 가장 많이 수출하고 있고, 러시아와 동유럽 국가들의 수입도 빠른 속도로 증가하고 있는 추세임.

라. 가공

가공단계에서는 위생을 가장 중요하게 관리하고 있고, 부산물도 바다에 버리지 않고 사료나 어유의 생산에 사용되는 순환구조를 체계화시키고 있음. 약 70%의 연어는 내장만 제거한 채로 수출되고, 나머지는 필렛(fillet)이나 훈제 또는 냉동상태로 가공됨.

② 중국

- 중국은 세계 최대 수산물 생산국으로서 양식수면의 74%가 자연의 연못으로 이를 적절히 활용하여 전통적으로 담수어를 양식으로 대량생산해 왔음. 또한 주요 양식어가 초식성의 담수어이기 때문에 사료공급, 관리를 거의 필요로 하지 않는 조방적 양식이 주로 이루어지고 있어서 기술적인 수준이 그리 높지 않은 것으로 파악됨.
- 그러나 12억 명을 넘는 인구를 포용해야 하는 중국에서 식량의 증진은 중요한 과제이기 때문에 중국 정부는 식량 조달 차원에서 양식의 장래성에 착안하여 양식 진흥을 중점과제로 꼽고 있어 양식장의 조성과 아울러 부화장, 어류질병 관리시설, 양식기술 개발시설, 유통·가공시설등의 기반 연구 및 시설에 적극적으로 투자하고 있는 실정임.
- 동시에 해산어류의 생산력 증진에도 역점을 두고 추진하고 있는데, 해양생명공학 819 계획'에 따라 양식대상 주요 품종인 잉어, 새우, 전복, 해삼 등을 대상으로 육종프로젝트를 수행 중임.
 - 이 중 생산성이 25% 향상된 내병, 내환경성 새우(황해 1호) 육종품종을 개발하여 보급하고 있으며 생산성 향상으로 어민소득 30% 증가된 다시마(하이커 3호) 개발하여 보급하고 있음.
- 해산어류 양식생산량은 지난 1978년만 해도 1천 7백 톤이라는 보잘 것 없는 생산량이었지만 1998년 30만 톤 이상을 생산하여 20년 동안 무려 약 1백70배 증가하여 전체 중국 양식에서 중요한 부분으로 부상하고 있음.
- 중국의 5대 수출전략 양식어종으로는 새우, 뱀장어, 전복, 진주, 가리비 등을 선정하여 연간 미화 10억불을 목표로 추진 중이며 양식진주도 인공사료를 개발·보급하여 이러한 목표를 거의 달성하고 있음.
- 이외에도 기타 담수 4대 경제어종으로 청어, 초어, 연어, 잉어를 선정하여 집중 육성시킴. 우리나라로서는 산동성, 강소성, 복건성 등 우리나라와 비슷한 지역의

양식동향과 넙치, 참돔, 농어 등 유사어종 개발 동향에 유의하여야 함. 우리나라와 관련이 깊은 부세와 농어의 생산량은 각각 4만 톤 정도이고 넙치와 turbot은 산동성, 강소성 등 중국 중남부 지역에서 소규모로 생산되고 있음.

③ 미국과 일본

- 미국은 국가과학재단(NSF)에서 종자산업을 수해양 생명공학 분야 4대과제중 하나로 선정하였으며, Sea Grant 사업 전체 예산의 30%를 수산양식분야에 집중투자하고 있음. 이외에도 속성장 대서양연어를 개발하여 식용으로 사용 가시화가 목전에 있으며 3배체 무지개 송어를 개발하여 기존 2배체 송어보다 3배 가격으로 수출하고 있음.
- 일본의 경우 1970년대부터 시작한 참다랑어 연구는 최근 완전양식에 성공하였고 수산분야 육종연구가 국가연구소, 대학 등에서 연구를 수행함으로써 일본 소비 성향에 맞고 효율적인 돌류에 대한 육종연구가 수행 중임. 그리고 1990년 초반부터 양식어업에 있어서 개량 종묘에 대한 필요성 등 육종개발의 중요성이 인식되면서 1992년도부터 일본 수산청은 대학 및 수산관련 연구기관의 45개 연구팀이 참여하여 “신품종작출 기술사업”에 대하여 장시간에 걸쳐 집중적으로 투자하고 있음.
- 한편 1990년과 1992년에 ICLARM(국제수산자원 관리센터)과 UNDP/DGIP 지원의 아·태지역 선진연구기관, 국제기구, 국가기관의 연구자모임에서 선발육종에 의한 고성장·내병성 품종개발을 양식업의 지속적인 발전을 위한 최우선 연구과제로 선정하고 수산분야의 국제적 육종프로그램을 적극적으로 수행하고 보다 우수한 품종개량을 위해 국제유전학 네트워크(INGA)를 설립하여 10여 년간 티라피아 선발육종 프로젝트를 수행함. 그 결과 성장이 20-80% 빠르고 생산비가 20% 저렴한 신품종 GIFT strain을 개발하여 전 세계 각국에 보급 중에 있으며 2001년부터 잉어를 대상으로 하는 2차 선발육종 프로젝트가 진행 중임.

④ 해외사례로부터의 시사점

- 이상에서 살펴본 주요국의 어류양식 생산 전략을 보면, 먼저 전략 어종 및 기술의 선정에 의한 핵심 역량의 집중에 의한 경쟁력 제고가 두드러져 보임.
- 노르웨이, 중국은 국가전략 품종을, 미국은 환경적 지속가능한 양식 산업 기술 개발에 박차를 가하고 있음.
- 반면 일본은 특화 품종 및 연구에 대한 노력이 미흡하여 내수 요구 품종을 민간이 주도하여 개발·생산해오고 있어 국제적인 경쟁력을 갖는 어종이 없는 형편임.
- 주요 어류양식 국가들은 국가적인 R&D 시스템을 전략품종에 맞추어 연구의 핵심역량 성장에 노력하고 있음. 이에 따라 전략 품종에 있어서는 국가의 규모에 따라 상이하지만 대부분 자국의 자연 여건을 고려하여 5개 품종 이내에서 추진하고 있음.
- 우리나라에서도 향후에 이러한 국가전략 어종 체제를 도입하여 핵심역량을 집중함으로써 경쟁력을 강화시켜 나가야 할 것으로 판단됨.

2) 국내외 특허 및 논문 동향 분석

○ 주요 국가별 넙치 특허 관련 분석

- 국가별 특허와 활용분야

- 넙치와 관련하여 등록된 특허는 총 185건으로 검색되었으며(검색툴: Espacenet), 노이즈 제거 이후 검색된 유효건수는 총 154건.
- 154건의 유효 등록 특허를 국가별로 검색한 결과 중국이 63건으로 최다 보유국이며, 우리나라는 총 37건으로 2위로 랭크되어 있고, 일본이 23건, 미국이 21건 순으로 확인됨.
- 154건의 유효 특허들을 분야별로 검색한 결과, 어구 및 어법과 관련한 특허가 27건으로 가장 많았으며, 어병 분야가 두 번째인 26건으로 확인됨. 이어서 유전자원 24건, 생리분야 21건 등의 순이었으며 육종과 관련한 특허가 5건이 검색됨.

개발기술명		넙치종자 생산기술
Keyword		<i>flounder</i>
검색건수		185
유효특허건수		154
핵심특허 및 관련성	특허명	Breeding method for genetically improved olive flounder which grows faster
	보유국	한국
	등록년도	2011
	관련성(%)	100
	유사점	속성장 넙치 육종기술
	차이점	-

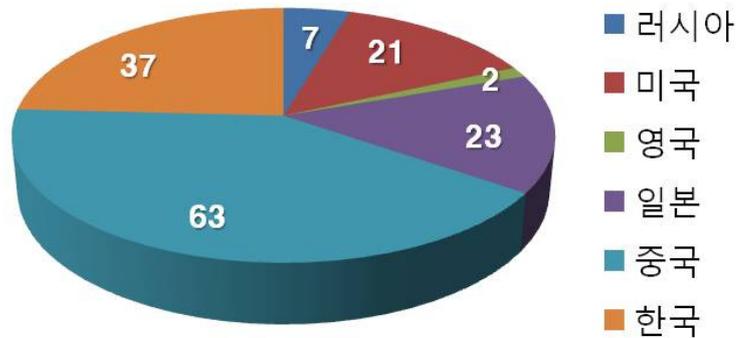
가. 논문분석 범위

대상국가	
논문 DB	ScienceDirect(www.sciencedirect.com), 국회도서관(www.nanet.go.kr), 국가과학기술전자도서관(www.ndsl.kr)
검색기간	최근 5년간
검색범위	제목, 초록 및 키워드

나. 논문분석에 따른 본 연구과제와의 관련성

개발기술명		넙치종자 생산기술	
Keyword		<i>flounder</i>	
검색건수(국내외 구분)		128	96
유효논문건수		113	84
핵심논문 및 관련성	논문명	선발육종넙치 및 일반넙치의 성장 비교	Molecular and functional analyses of growth hormone-releasing hormone (GHRH) from olive flounder
	학술지명	한국수산과학회지	Comparative Biochemistry and Physiology B
	저자	민병화 외 7명	남보혜 외 6명
	게재년도	2010	2011
	관련성(%)	100%	70%
	유사점	육종품종의 성장 개선 효과증명	넙치의 성장호르몬 관련 유전자 특성 연구
	차이점		

국가별 특허등록 현황(건수)



분야별 특허등록 현황(건수)

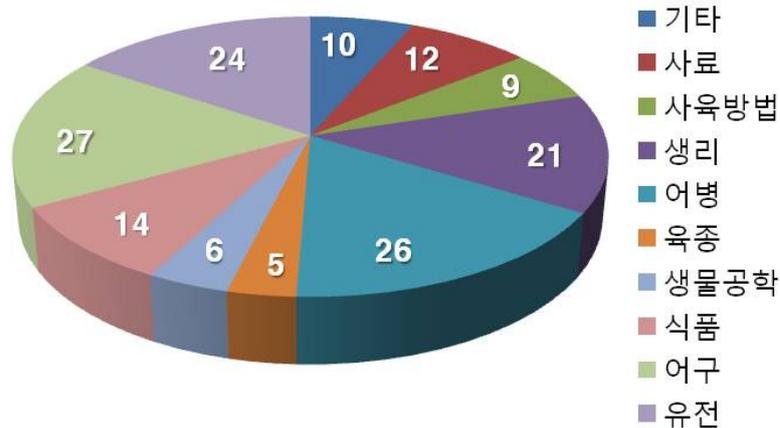


그림 24. 넙치 관련 특허등록 현황

넙치 관련 특허 등록 상위 3개국인 중국, 우리나라 그리고 일본의 분야별 특허를 분석한 결과는 다음과 같음.

- 일본은 상대적으로 특허 관련 분야별 집약도가 평준화 되어있음.
- 중국의 경우 어병분야가 17건, 생리분야가 13건 그리고 유전자원 관련 분야가 10건으로 나타났고 육종분야가 2건으로 확인됨.
- 우리나라는 유전자원 관련 13건, 어병과 생리분야가 각각 6건씩, 그리고 육종분야에 3건의 특허가 확인되었으며 분야별 특허등록 현황이 중국의 현황과 유사함.

- 다른 나라의 특허는 넙치와 유사한 어종도 많이 포함되어 있어 현재까지는 넙치 관련 특허는 우리나라가 최다 보유국임이 확인됨.

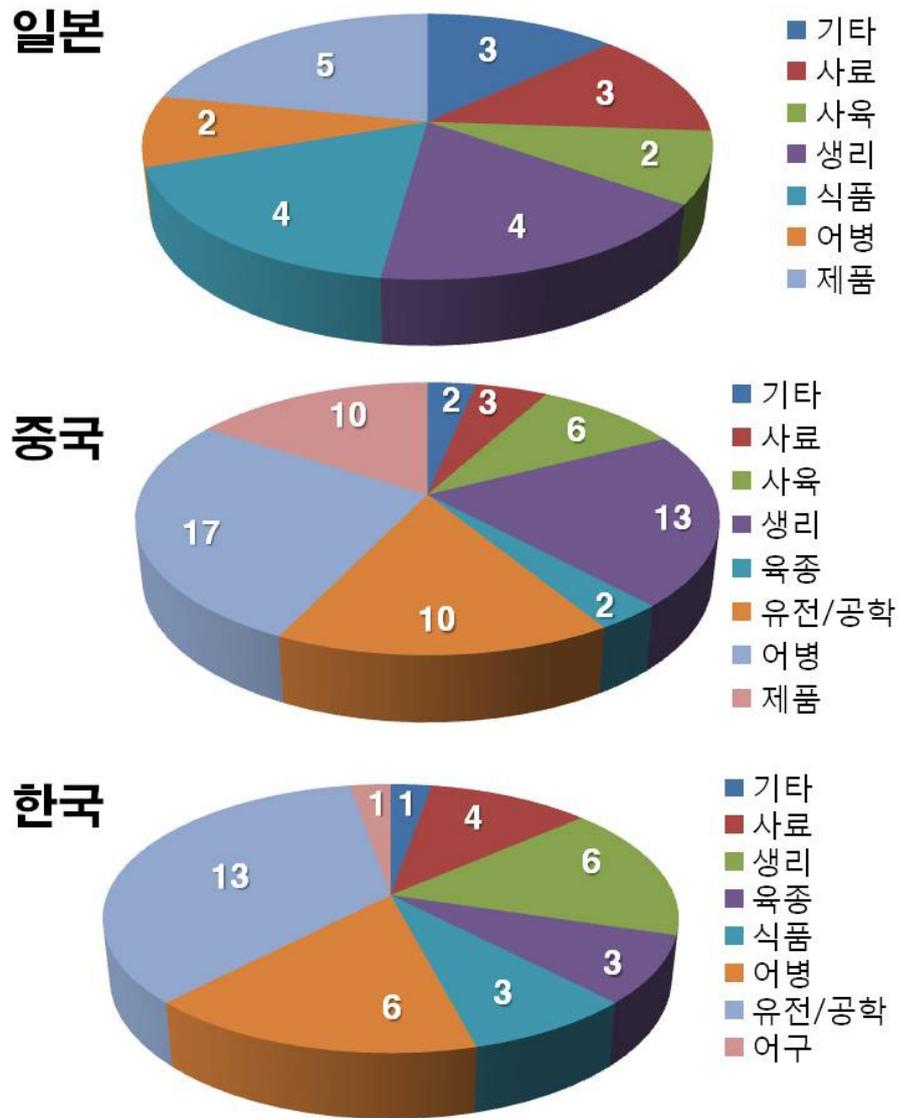


그림 25. 넙치 관련 한국, 중국, 일본의 분야별 특허 등록 현황

□ 넙치(olive flounder) 관련 국내외 논문 동향

○ 넙치 관련 분야별 연구 분석

- 국외 논문 및 국내 논문 연구 분야

- 아시아권 내에서 양식어종으로 많은 인기와 수요가 있는 넙치(olive flounder)는 최근 5년간 국내외 관련 연구 보고에 따르면 국내의 경우 총 113 편의 논문이 검색되었으며 이 중 어병, 사료 및 양식분야의 논문이 주류를 이루고 있으며 특히 사료와 양식부문에서 32.7%와 37.2%의 높은 연구 집중도를 보이고 있음. 그리고 환경독성분야와 가공, 생리분야는 상대적으로 낮은 연구 집중도를 나타냄.

- 국외 넙치 관련 논문의 경우 어병, 생리, 사료, 면역분야에 전반적으로 고른 분포를 보였으며 어병과 면역분야에서 32.1%와 34.5%로 두 분야의 점유율이 50%를 상회함.

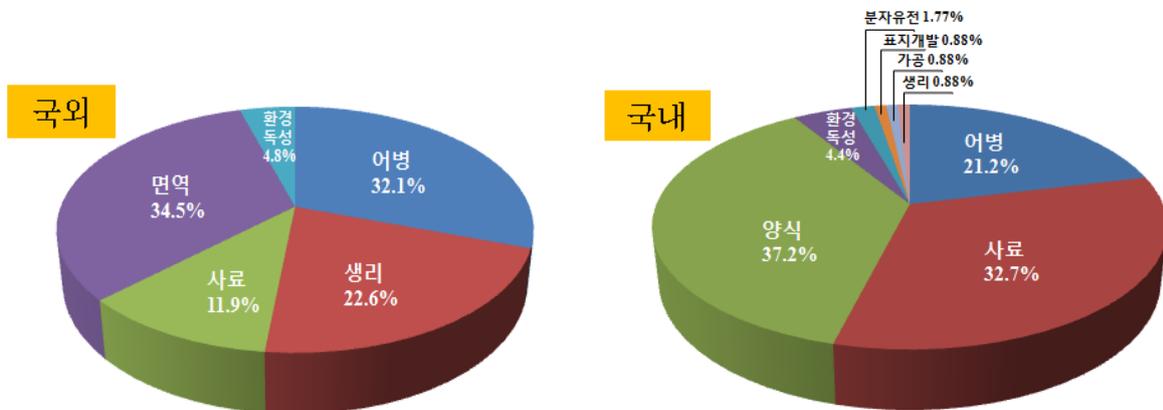


그림 26. 넙치 관련 국내외 등록 논문 현황

3. 국내의 정책동향 분석

1) 국내 정책동향

가. 관련 법률

□ 수산종자와 관련된 대표적인 법률로 종자산업법, 생명공학육성법, 농수산생명자원의 보존·관리 및 이용에 관한 법률을 들 수 있음.

○ 종자산업법은 식물의 신품종에 대한 육성자의 권리 보호, 주요 작물의 품종성능 관리, 종자의 생산·보증 및 유통, 종자산업의 육성 및 지원 등에 관한 사항을 규정함으로써 종자산업의 발전을 도모하고 농업·임업 및 수산업 생산의 안정에 이바지함을 목적으로 함.

- 1997년부터 시행되기 시작해 현재(2012년 6월)까지 약 17차례의 개정을 거쳐 법률 주요 내용에 종자산업 육성 및 지원을 위한 종합계획의 수립(5년 단위) 및 실태조사 실시, 인력 양성, 종자산업 진흥의 기반 조성과 법률·제도적 지원 등이 추가·정비되었다.

- 종자산업법은 크게 9장에 대해 176조의 조문으로 구성됨.

- 각 장은 ‘육성자의 권리 보호’, ‘품종의 명칭’, ‘품종성능의 관리’, ‘종자의 보증’, ‘종자의 유통’, ‘종자산업의 육성 및 지원’ 등으로 구성됨.

- 종자산업법은 종자산업을 “종자를 육성·증식·생산·조제(調製)·양도·대여·수출·수입 또는 전시하는 것을 업(業)”으로 정의하고, 생산을 포함한 육종, 유통, 판매 등 모든 업종을 대상으로 관리하는 한편, 산업화 및 발전 정책 수립·운영의 근거가 되고 있음.

- 그러나 종자산업법은 농림수산물의 식물만을 대상으로 하고 있어, 어류의 종묘정책 수립의 근거법률로 삼기에는 제약이 있음.

- 즉, 종자산업의 대상인 “작물”은 수산식물을, “종자”는 포자만을 대상으로 하기 때문에, 수산종자 중 해조류만 해당된다는 한계가 존재함.
- 생명공학육성법은 생명공학을 육성·발전시키고 산업화 촉진을 통해 국민경제 발전에 기여할 목적으로 제정되어 1984년 3월부터 시행되고 있음.
- 이 법률은 연구·개발에 관련된 사항을 규정하고 있는데, 정부는 생명공학의 효율적인 육성을 위하여 생명공학의 기초연구 및 산업적 응용연구에 관하여 소관부처장관이 시책을 강구하도록 규정하고 있음.
 - 농림수산식품부장관은 동·식물 및 미생물의 육종·품종개량 및 식품소재의 개발 등 응용연구의 지원 및 농림분야의 유용한 유전자의 확보·분석·이용·보존 등 기초연구의 지원 및 연구기관의 육성·발전과, 해양수산생물을 이용한 유용물질의 생산과 해양수산생물의 육종·개량 및 식품소재의 개발 등 응용연구의 지원, 해양수산분야의 유용한 유전자의 확보·분석·이용·보존 등 기초연구를 지원하기 위한 시책을 강구해야 함.
- 농수산생명자원의 보존·관리 및 이용에 관한 법률은 농업유전자원에 대한 종합적인 관리체계를 구축하여 농업생물다양성을 보존하고 농업생명공학의 경쟁력을 강화하여 농업·농촌의 발전에 기여할 목적으로 2007년 8월에 제정되었음.
- 이후 정부 조직 개편으로 부처가 통합되면서 법률명이 ‘농수산생명자원의 보존·관리 및 이용에 관한 법률’로 변경(2011년 7월 개정, 2012년 7월 시행)되고, 수산자원에 대한 사항이 추가되었음.
 - 법률에서 일컫는 수산생물자원은 ‘수산자원관리법(제2조제1항제1호)’에 따라 수중에 서식하는 수산동식물로, 미생물 등의 생물을 포함.
 - 법률에서는 농수산생명자원의 보존·관리 및 이용 등에 관한 사항, 농수산생명자원의 책임기관 및 관리기관의 지정·운영, 농수산생명자원의 체계적 보존·관리 및 이용을 위한 기반구축, 농수산생명자원심의위원회에 관련된 사항이 규정됨.

표 72. 수산종자 관련 주요 법령

법령	목적	주요내용
종자산업법 (법률 제11076호)	종자산업 발전 도모 및 농업·임업 및 수산 업 생산 안전에 이바 지	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 종자산업의 육성 및 지원에 관한 종합계획 수립 규정(제157조의 2) ▪ 종자산업 관련 기술개발의 촉진(제157조의 5)
생명공학육성법 (법률 제10872호)	생명공학 육성·발전시 키고 산업화 촉진을 통해 국민경제 발전에 기여	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 생명공학육성기본계획 수립(제4조) ▪ 생명공학육성 연차별 시행계획의 수립 등(제5조)
농수산생명자원 의 보존·관리 및 이용에 관한 법률 (법률 제10938호)	농업유전자원에 대한 종합적인 관리체계를 구축하여 농업생물다양 성을 보존하고 농업생 명공학의 경쟁력을 강 화하여 농업·농촌의 발전이 기여	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 농업유전자원의 정의 ▪ 농업유전자원의 효율적 보존·관리방안 마련 ▪ 농업유전자원의 분양승인제도 도입 ▪ 농업유전자원의 국외반출승인 및 신고제도 도입 ▪ 농업유전자원의 다양성 증대 및 이용 촉진 ▪ 농업유전자원 보존위험에 대한 대응 ▪ 농업유전자원심의위원회의 운용 ▪ 농업유전자원 책임기관 및 관리기관의 지정·운영

나. 넙치종자 수출 관련 제도

□ 넙치종자 수출은 수산자원관리법, 수산생물질병관리법 등에 의해 규제됨.

○ 수산자원관리법 제35조 1항 4호에서 “치어 및 치패의 수출의 제한 또는 금지”에 관한 규정이 마련되어 있음.

- 구체적인 지침으로 「치어 및 치패의 수출의 제한 또는 금지」 고시가 마련(농림수산식품부고시 제2013-1호, 2013.1.4. 일부개정).¹⁹⁾

- 기존 고시(치어 및 치패의 포획 및 수출제한)에서는 넙치를 수출제한 품목으로 지정하여 수출이 제한되었지만, 이번에 개정된 고시에서 넙치 항목이 삭제되어 넙치 수출에 대한 법적 제재는 없는 상태임.

표 73. 치어 및 치패 수출 관련 고시 신·구 조문 대비표

이전	개정
<p><u>치어 및 치패의 포획 및 수출제한</u> 제1조(목적) 이 고시는 수산자원보호령(이하 "령"이라 한다.) 제11조의2의 규정에 의하여 치어 및 치패의 포획 및 수출을 제한하여 국내 수산자원의 번식보호와 양식어업의 진흥을 도모함을 목적으로 한다.</p> <p>제2조(제한대상) ① 다음 각호의1에 해당하는 체장 또는 각장이하의 산 것은 수출하지 못한다.</p> <p>1. 방어 20센티미터 2. 농어 20센티미터 3. 넙치 삭 제</p> <p>이하 내용 생략</p>	<p><u>치어 및 치패의 수출의 제한 또는 금지</u> 제1조(목적) 이 고시는 수산자원관리법 제35조제1항제4호의 규정에 따라 치어 및 치패의 수출의 제한 또는 금지하여 국내 수산자원의 번식보호와 양식어업의 진흥을 도모함을 목적으로 한다.</p> <p>제2조(제한대상) ① 다음 각호의 어느 하나에 해당하는 체장 또는 각장이하의 산 것은 수출하지 못한다.</p> <p>1. 방어 20센티미터 2. 농어 20센티미터 삭제</p> <p>이하 내용 생략</p>

자료 : 치어 및 치패의 수출입 제한 또는 고시(농림수산식품부 고시 제2013-1호)

19) 부록 1 참조

- 넙치종자를 실제로 수출하기 위한 실무적인 규정은 수산생물질병관리법에 의해 규제되고 있음.
- 수산생물질병관리법 제34조(수출검역 신청 등)에는 수출검역 신청 등에 대한 세부적인 규정이 마련되어 있음.
 - 수출검역을 신청하려는 자는 수출검역 신청서(별지 제20호)에 이식승인서 사본과 검량기관이 발생한 중량 확인서를 첨부하여 검역시행장을 관할하는 농림수산검역검사본부 지역본부의 장 또는 사무소의 장에게 제출해야 함.
 - 지정검역물 외의 수산생물 및 그 생산물 등의 수출검역을 받으려는 자는 수출검역 신청서를 검역시행장을 관할하는 농림수산검역검사본부 지역본부의 장 또는 사무소의 장에게 제출해야 함.
 - 검역신청은 검역을 받으려는 날부터 5일 전에 미리 신청할 수 있으며, 미리 신청한 신청서의 기재사항이 변경되었을 때에는 변경사항을 문서로 즉시 신고해야 함.
 - 농림수산검역검사본부 지역본부의 장 또는 사무소의 장은 수출검역을 마친 때에는 수출검역 증명서를 신청인에게 발급함.
- 넙치종자 수출에 대한 구체적인 검역방법으로 수출입지정검역물 검역방법 및 기준 등에 관한 고시(농림수산검역검사본부 고시 제2012-157호)²⁰⁾가 마련되어 있음.
 - 이식용 검체 시료의 채취는 아래 표와 같음.
 - 넙치에 대한 수산생물전염병 검사 항목 및 기준은 바이러스성출혈성패혈증(Viral haemorrhagic septicaemia, VHS)과 유행성궤양증후군(Epizootic ulcerative syndrome, EUS)에 대해 음성 판정을 받아야 함.

20) 부록 2 참조

표 74. 이식용 검체 시료의 채취

단위 : 개

신청수량	2퍼센트 발병이 의심될 때	5퍼센트 발병이 의심될 때	10퍼센트 이상 발병이 의심될 때
50 이하	50	35	20
51 내지 100	75	45	23
101 내지 250	110	50	25
251 내지 500	130	55	26
501 내지 1,500	140	55	27
1,501 내지 40,000	145	60	27
40,001 내지 100,000	145	60	27
100,001 이상	150	60	30

자료 : 수출입지정검역물 검역방법 및 기준 등에 관한 고시(농림수산검역검사본부 고시 제2012-157호)

표 75. 넙치에 대한 수산생물전염병 검사 항목 및 기준

전염병 항목		지정검역물(학명)	판정 기준	비고	
병명	병원체			영명	한글명
바이러스성출혈성 패혈증 (Viral haemorrhagic septicaemia, VHS)	Viral haemorrhagic septicaemia virus(VHSV)	Paralichthys olivaceus	음성	Olive flounder	넙치
		Platichthys flesus	음성	Flounder	넙치
유행성궤양증후군 (Epizootic ulcerative syndrome, EUS)	Aphanomyces piscicida Aphanomyces invadans	Psettodes sp.	음성	Spiny turbot	마찰넙치

자료 : 수출입지정검역물 검역방법 및 기준 등에 관한 고시(농림수산검역검사본부 고시 제2012-157호)

다. 관련 정책

- 수산종자와 관련된 정책으로 제3차 수산진흥종합대책, 2020 종자산업육성대책, 수산물 10대 전략품목 종자산업 육성 방안 등을 들 수 있음.
- 양식산업 육성관련 대표적인 정책으로는 2010년에 발표된 제3차 수산진흥종합대책(2010~2014년)의 친환경·고부가가치 양식산업 육성계획을 들 수 있음.
 - 제3차 수산진흥종합대책에서는 친환경·고부가가치 양식산업을 육성하기 위하여 6개의 정책지표와 11개의 중점과제를 제시하였음.
 - 주요 정책지표로서 2014년까지 양식어업 생산량 156만 톤, 외해양식장 개발 19개소 지원, 양식 참치 생산량 1,000톤, 친환경 수산물 인증품목 수 20개, 넙치 신품종 보급률 40%, 갯벌어업수출단지 7개소 지원을 설정하였음.
 - 이를 달성하기 위한 중점과제로 친환경 양식기반 구축, 친환경 양식어구 및 김 양식 활성처리제 보급, 불법양식어장 정비, 수산생물 종자산업 육성, 어업 재해 및 기후변화 대응 체계 구축, 양식 수산물의 수급 안정, 외해가두리 양식산업의 전략적 육성, 경쟁력 있는 대표품목 육성, 체험관광형 양식산업 도입 및 육성, 양식수산물의 안정성 확보, 신 갯벌어업 프로젝트 추진 등을 제시하였음.
 - 중점과제 중 골든시드 프로젝트와 직접적으로 연계된 것은 수산생물 종자산업 육성부문으로 고부가가치의 첨단 생명공학 산업으로서 수산생물 종자산업을 신수산 미래 동력산업으로 집중 육성하기 위해 수산 R&D 확대(수산생물 품종 기술 개발), 수산생물 유전자원 이용 활성화, Aqua-Pet 산업 육성지원, '수산 신품종 보급센터' 설립 등의 세부추진계획을 마련하였음.

정책지표
<ul style="list-style-type: none"> ◆ 양식어업 생산량 : ('08) 138만 톤 ⇒ ('14) 156만 톤 ◆ 외해양식장 개발 지원 : ('08) 0개소 ⇒ ('14) 19개소 ◆ 양식 참치 생산량 : ('08) 0톤 ⇒ ('14) 1,000톤 ◆ 친환경 수산물 인증품목 수 : ('08) 7개 ⇒ ('14) 20개 ◆ 넙치 신품종 보급률 : ('08) 0% ⇒ ('14) 40% ◆ 갯벌어업수출단지 지원 : ('08) 0개소 ⇒ ('14) 7개소
중점과제
<ul style="list-style-type: none"> ① 친환경 양식 기반 구축 ② 친환경 양식어구 및 김 양식 활성처리제 보급 ③ 불법양식어장 정비 ④ 수산생물 종자산업 육성 ⑤ 어업재해 및 기후변화 대응 체계 구축 ⑥ 양식 수산물의 수급 안정 ⑦ 외해가두리 양식산업의 전략적 육성 ⑧ 경쟁력 있는 대표품목 육성 ⑨ 체험관광형 양식산업 도입 및 육성 ⑩ 양식수산물의 안정성 확보 ⑪ 신 갯벌어업 프로젝트 추진

그림 27. 친환경·고부가가치 양식산업 육성 정책지표 및 중점과제(자료 : 농림수산식품부 “제3차 수산진흥종합대책(2010~2014)” 2010.3.)

○ 「2020 종자산업 육성대책」은 2020 미래농업을 선도하는 종자강국의 실현을 비전으로, 2020년까지 농림수산 종자 수출액은 2억 달러로 달성할 목표로 수립된 계획임.

- 주요 추진전략은 ①R&D 투자확대 및 효율성 제고, ②민간역량 강화를 위한 기반조성, ③수출 전략품목 육성으로 종자 수출 확대, ④품종보호권 강화 및 수입대체, ⑤종자관리체계 개편의 5가지로 설정되었음.

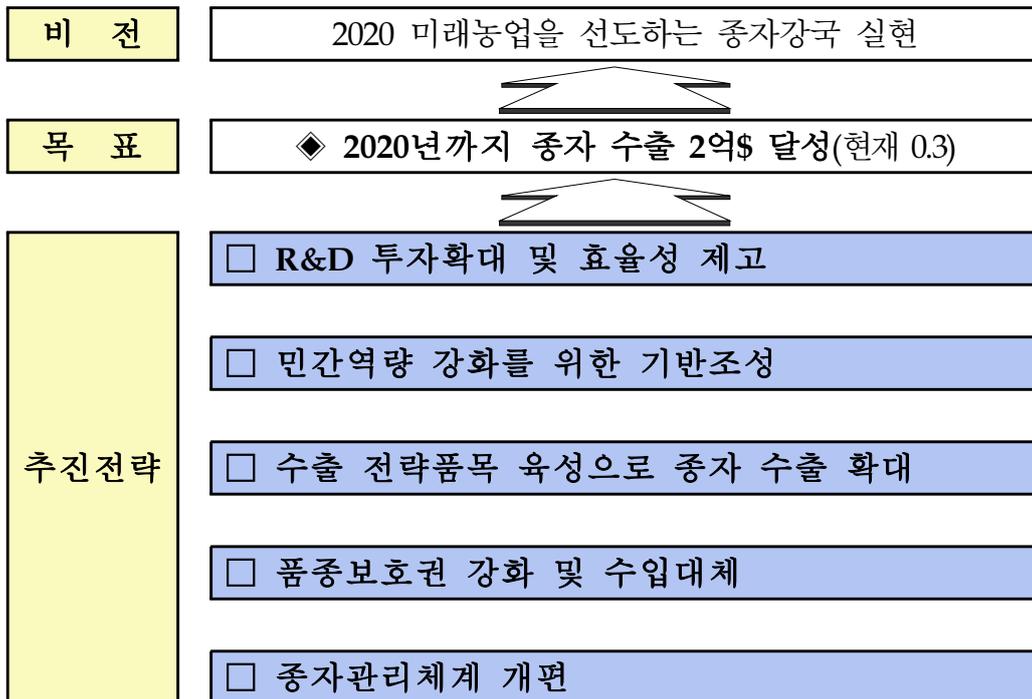


그림 28. 2020 종자산업 육성대책 비전 및 전략(자료 : 농림수산식품부 “2010 종자산업 육성대책” 2009. 10.)

- 수산분야의 경우 R&D 투자 확대, 수출 전략 품목 육성, 종자관리체계 개편 등과 관련해 계획이 마련되어 있음.
- R&D 투자 확대의 경우 양식기술이 확립된 품종(넙치, 전복, 김, 미역 등)을 중심으로 속성장, 내병성 및 내한성 품종을 개발하고, 수요자 중심 R&D 연구과제 확대로 효율성 및 성과 제고, 농림수산 유전자원의 체계적 관리 및 이용 활성화 등이 제안되었으며, 특히 종자관리체계 개편과 관련해서는 수산품종보급센터의 설립 운영이 계획되어 있음.

표 76. 2020 종자산업 육성대책 내 수산부문 대책

부문	내용
R&D 투자 확대	▪ 수산·산림: ('09) 25억원 → ('12) 76 → ('20) 144
수출 전략 품목 육성	▪ Aqua-Pet(수산관상생물) 산업육성 - 고급 관상어 신품종 개발 선행('10~'15) : 비단잉어, 열대어 등 - Aqua-pet 진흥센터 설립('16~'17), 산업화 지원('18년부터)
종자관리체계 개편	▪ 수산 품종보급센터 설립 운영

○ 수산물 10대 품목 종자산업 육성방안은 10대 품목 종자개발로 세계 종자시장을 선점하는 것을 목표로 수립된 계획임.

- 주요 추진전략은 ①맞춤형 종자생산 시스템 구축, ②종자관측제 시행으로 적정 생산 및 수급안정, ③우량 인공종자 개발 및 보급, ④10대 품목 수출 및 해외양식장 개발, ⑤R&D 투자확대 및 민간 연구활동 지원, ⑥법적·제도적 기반 구축, ⑦수산종자산업 관리체계 개편의 7가지로 설정되어 있음.

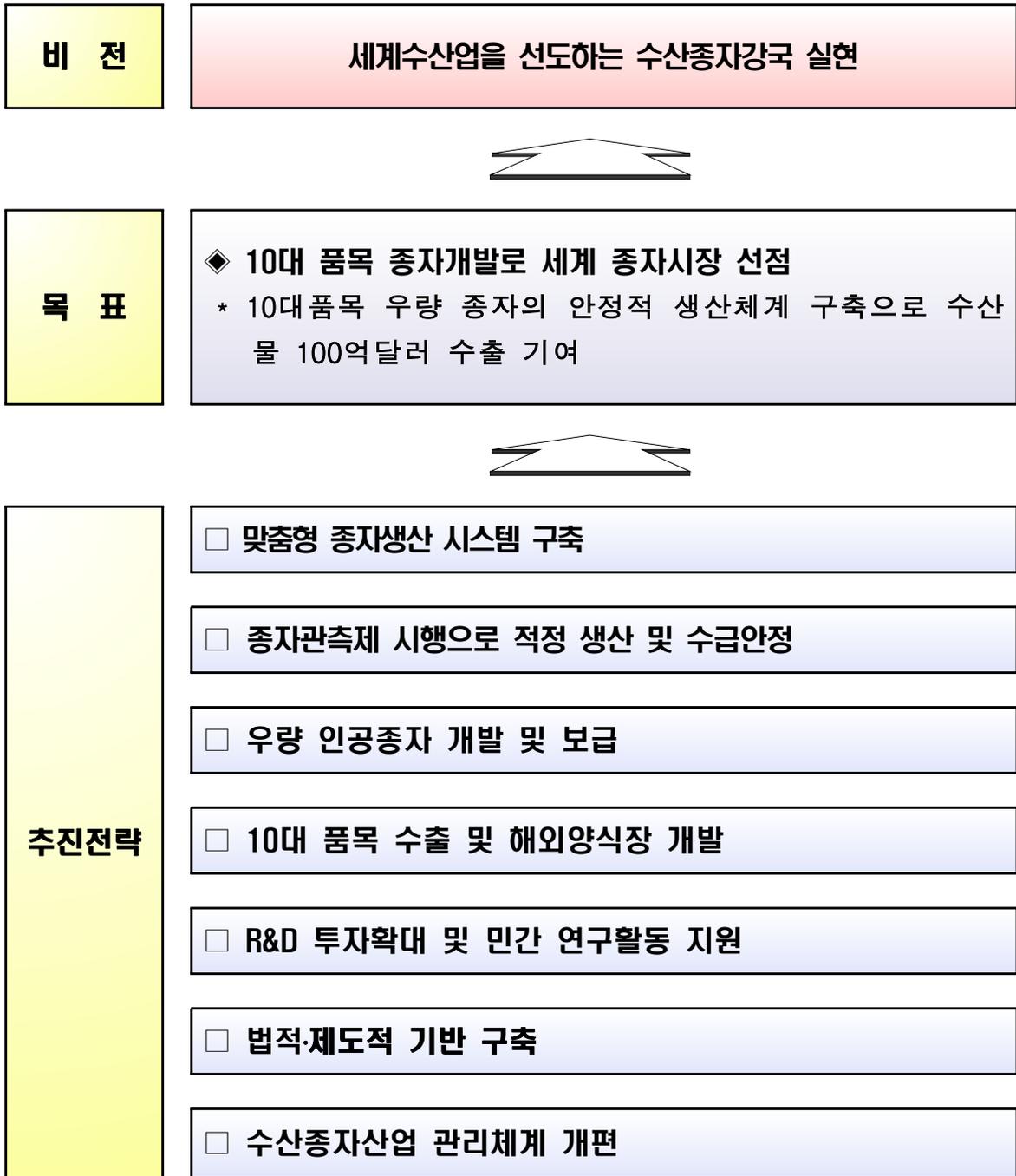


그림 29. 2020 종자산업 육성대책 비전 및 전략(자료 : 농림수산식품부 “수산물 10대 품목 종자산업 육성방안” 2012. 10.)

- 10대 전략품종 종자산업 육성 방안의 주요 추진전략은 다음 표와 같음.

표 77. 10대 전략품목 종자산업 육성 방안의 주요 추진전략

추진전략	내용
맞춤형 종자생산 시스템 구축	(1) 인공종자를 양식용과 방류용으로 구분 생산 (2) 전문성 제고를 위해 종자업체 등록제 도입 (3) 건강종자 생산을 위한 어미인증제 시행 (4) 품목별 종자기준 및 품질인증제 시행
수산종자생산 관측제 도입으로 수급안정 도모	(1) 수산종자생산 관측제 도입 (2) 계획적 종자생산으로 수급 안정 도모 (3) 종자수급안정협의회 구성·운영
우량 인공종자 생산 및 보급	(1) 유전육종을 통한 우량품종 개발 (2) 신품종 인공종자 생산기술 개발 (3) 해조류 신품종 개발 및 품종보호 지원 (4) 중간육성장 조성 및 단련된 종자 보급 (5) 해조류 유전자원은행 운영
10대 품목 수출 및 해외양식장 개발	(1) 10대 품목 종자개발로 수산물 수출 100억달러 기여 (2) 해외양식장 개발 및 종자공급 (3) 수산관상생물을 수출전략품목 육성 (4) 수출검역시스템 강화로 수출 불편해소
R&D 투자 확대 및 효율성 제고	(1) R&D 투자 확대 (2) 클러스터 활성화 및 국가·민간 역할 분담 (3) 수요자 중심의 연구과제 확대 (4) 선택과 집중을 통한 연구로 효율성제고
법적·제도적 기반 구축	(1) 가칭 '양식산업법' 제정시 종자육성 근거 마련 (2) 예산·조직·인력의 투자 확대
수산종자 관리체계 개편	(1) 수산종자산업 육성을 위한 조직 확대 (2) 권역별 신품종 보급센터 설치·운영 (3) 국·도립 연구기관간 역할분담 재정립

자료 : 농림수산식품부 “수산물 10대 품목 종자산업 육성방안” 2012. 10.

- 계획 내 넉치와 직접적으로 관련된 계획을 보면 2013년에 속성장 육성 킹넉치에 내병성과 내환경성이 보장된 새로운 육종품종 개발 보급이 계획되어 있음.
- 또한 넉치와 관련된 중장기 투자 계획을 보면 2020년 까지 육종품종기술개발, 육종넉치 보급시스템, 브랜드화 및 이력제에 총 196억 원을 투자할 계획임.

표 78. 넙치종자산업 육성 중장기 투자 계획

단위 : 억 원

구분	합계	'12	'13~14	'15~'17	'18~20
합계	196	6	60	70	60
- 육종품종기술개발	84	4	30	30	20
- 육종넙치 보급시스템	82	2	20	30	30
- 브랜드화 및 이력제	30	-	10	10	10

자료 : 농림수산물부 “수산물 10대 품목 종자산업 육성방안” 2012. 10.

- 10대 품목 종자산업 육성방안은 국내 양식용 종자개발이 목적이며, 수출품목도 성어 및 가공제품 수출로 Golden Seed 프로젝트와 목적 및 수출품목에 있어 차이가 있음.

표 79. Golden Seed와 10대 전략품목 육성대책 비교

구분	Golden Seed 프로젝트	10대 전략품목 종자산업 육성
목적	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 글로벌 종자강국 도약을 위한 수출 전략 종자개발 및 산업기반 구축 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 국내 우량 수산종자의 안정적 생산·보급체계 구축으로 세계 최고 수준의 양식기술력 확보
추진전략	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 수출 시장 모형에 따라 글로벌 시장개척, 품종보호 전략종자 및 미래형 종자 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 10대 품목의 핵심사업인 종자개발·보급, 신규 양식장 개발, 시설현대화 사업의 일환으로 추진
수출목표	<ul style="list-style-type: none"> ▪ '20년까지 종자 수출 2억불 달성 ▪ 수출 종자 20개 이상 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ '20년까지 수산물 100억불 수출 ▪ 종자를 국내에서 양식하여 활어 및 가공제품으로 수출
사업내용	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 종자 수출을 위한 19개 품목, 2개분야 개발 - 글로벌 시장개척 종자 : 10품목 - 품종보호 종자 : 9품목 - 미래형 종자 : 2개분야 * 수산 : 넙치, 전복, 바리류, 김 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 10대 전략품목을 육성을 위한 국내 양식용 종자개발 보급 * 갯벌참굴, 해삼, 전복, 넙치, 참치, 해조류, 새우, 뱀장어, 능성어, 관상어
법적근거	종자산업법	수산업법, 수산자원관리법
공통점	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 두 사업 모두 우량종자 개발 등 국내 종자산업을 세계적 수준으로 발전 도모 	
차이점	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 골든 씨드는 수출 종자를 개발하여 종자 자체를 수출하는 사업이며, 10대 품목의 종자개발은 국내 양식용으로 개발 - 골든 씨드 : 종자개발 → 종자 수출 - 10대 품목 : 종자개발 → 국내 양식 → 성어 및 가공제품 수출 	

자료 : 농림수산물부 “수산물 10대 품목 종자산업 육성방안” 2012. 10.

(2) 해외 정책동향

가. 국가별 정책 동향

① 노르웨이

- 수산분야 종자산업의 대표적인 국가인 노르웨이는 풍부한 수산생물자원을 활용하여 생명공학 역량을 극대화하여 가시적인 산업화 실적을 창출하여 노르웨이를 수산분야 종자산업의 선두국으로 탈바꿈시켰음.
- 노르웨이 수산업(수출 5조 2천억원)을 에너지 산업에 이은 제2의 산업으로 육성하여 수산 육종산업을 통해 총 GNP의 4.3%을 창출함으로써 수산업 관련 산업종사자가 3만명 수준에 이르는 일자리를 창출하였음.

i. 발전과정과 목표

- 노르웨이는 긴 해안선과 바다의 차가운 수온을 이용하여 양식업을 국가 주요 산업의 하나로 지속적으로 육성해 왔음. 즉 해안선을 따라 고용과 부를 창출함으로써 국토의 균형발전을 도모해 왔음.
- 노르웨이에서는 무지개송어, 대서양연어와 대구 등 여러 어종을 양식하고 있고 대서양연어의 세계 최대 생산국으로, 130여 개 국에 수출하고 있으며 양식기술이나 연구 개발에 있어 세계 최고의 수준을 자랑함.
- 노르웨이 양식업이 가지는 또 하나의 강점은 환경 친화적인 생산체계를 오래 전부터 갖추고 이를 실행하고 있는 점으로 수산양식법, 식품안전법, 환경오염방지법 등에 의거하여 강력한 감독과 규제를 시행하고 있음. 또한 사료나 어류 또는 수산생산물에 대하여 독성이나 병원균 등에 대한 실시간 감시도 시행하고 있음.

ii. 정부의 양식면허와 관리

- 노르웨이에서 양식면허는 1975년부터 실시되었으며 현재 850여건의 면허와 250여건의 민물부화장 및 중간육성 면허가 부여되어 있는데 지난 10년 간 신규면허는 금지되어 있음. 양식장 운영을 위해서는 양식면허와 함께 어장사용허가가 있어야 하는데, 전자는 총 양식장 규모를 제한하기 위한 것이고, 후자는 해당 지역의 환경오염이나 특정 지역에 양식장이 밀집하는 것을 방지하기 위한 것임. 어장사용허가는 1~2년 단위로 부여되므로 연어의 치어에서 판매까지의 전 과정에서 적어도 3개 이상의 허가가 있어야 할 정도로 엄격한 규제관리가 체계화되어 있음.

iii. 정부의 관리시스템

- 수산청에서는 각종 행정의 관리감독 책임을 가지고 있고, 각 해안에 해안청이라는 사무실을 두고 있음. 해안청은 해안선을 따라 이루어지는 각종 행위에 대한 감독과 관리를 담당하고 있음.
- 이와 함께 농업부의 식품안전청에서는 어류의 질병과 학대, 그리고 식품안전성에 대한 지도와 감독을 담당하고 있으며 환경부에서는 환경오염과 관련된 일체를 관리·감독하는데 이들 조직들이 유기적 또는 독립적으로 양식에 관한 모든 업무를 담당하고 있는 구조를 이루고 있음.

iv. 연구개발과 교육시스템

- 노르웨이 양식업은 기업과 연구기관 간 긴밀한 협조 체제 하에서 발전하여 왔음. 즉, 연구는 전적으로 정부기관에서 주도적으로 수행하고 대학에서는 학문적으로 이를 뒷받침하는 구조를 이루어 산학 협동체제가 자연적으로 이루어지는 시스템을 구성하고 있음. 이를 통해 백신과 사료 등의 연구개발을 통한 시제품 개발과 현장 적용이 바로 이루어지는 선순환 구조가 이루어짐.

② 미국

가. 정책목표와 전략

i. 환경적으로 지속가능한 해면양식산업의 관리

- NOAA에서는 현행 규정에 의거하여 지역사무소 등에서 제안한 양식시설을 검토하는데 사용할 관련 정책 및 지침을 재정하고 연방 관할해역에 대해서는 국가근해양식법 (National Offshore Aquaculture Act)에 의거하여 환경영향평가와 함께 양식어장 획정을 하고 있음.
- 또한 양식 산업과 관련한 각종 문제점을 효율적이고 구체적으로 검토하기 위해 환경부처, 국군기술단, 기타 연방 및 주정부 관련위원회가 서로 긴밀히 협력하고 있으며, 상업적 양식 및 공공정책 목표를 충족시키기 위해 미국 수산청 (NMFS)과 NOAA의 해양지도소 (NOS: NOAA Ocean Service) 및 대기해양연구소 (OAR: Office of Atmosphere and Ocean Research), 국가 해양발전프로그램 (National Sea Grant Program)을 통한 외부 기술 인력을 충분히 활용하고 있음.
- 그러나 양식품목과 양식장의 위치, 해양생물의 건강과 식품안전성, 양식시설이 해양생물의 서식지에 미치는 영향, 해양생물 간의 상호관계 및 질병전이에 대한 평가와 관리, 양식사료 등에 대해서는 더 많은 연구가 필요하다는 지적을 받고 있음.

ii. 상업적 해면양식산업의 개발과 어업자원의 회복

- 양식 산업에 관한 각종 위원회와 NOAA 등이 협력하여 국가양식연구계획을 수립·시행하고, 국가 해양발전프로그램과 국가 해면양식사업단 (National Marine Aquaculture Initiative)의 운영 및 시범사업, 시험연구, 기술이적 등에 대해 외부자금지원을 증대시키고 있음.
- 상무성 (USTR)과 농무부 (USDA), 경제개발청 (Economic Development Administration), 표준기술연구소 (National Institute of Standards and Technology), 중소기업청 (Small Business Administration), 농업신용청 (Farm Credit

Administration), 국립과학기금 (National Science Foundation) 등 관련 부처가 양식 산업 분야에 투자할 기회를 지속적으로 발굴하고 이를 발전시키고 있음.

- 투자대상으로는 연구개발비와 사업비 용자 등으로 단독 또는 포괄적인 지원이 가능하고 재원별로 연방정부와 주정부 및 민간자금의 단독지원은 물론 공동지원 자금이 될 수도 있는 제도를 마련해 놓고 있음.

iii. 해면양식에 대한 일반국민들의 이해증진

- 주요 이슈에 대해 상업적 어업자와 유어자, 수산물유통 및 가공업자, 연안 지역사회 및 환경보호론자 등과 대화를 계속하고, NOAA의 웹사이트를 통해 해면양식에 대한 연구보고서와 관련 자료를 제공하고 어촌지도소, 해양자문위원회, NOAA의 도서관 및 교육원 등과 협력하여 해면양식에 대한 최신의 정보를 제공하고 있음. 뿐만 아니라 양식관계자와 언론기관 및 기타 양식에 관심이 있는 단체가 공동으로 참여하여 양식소식지를 발간, 배포하고 있음.

iv. 국제협력 확대

- 국제양식 활동계획을 수립하고 다른 나라의 선진기술을 도입하며, 안전한 수산식품을 생산하기 위해 다른 국가와의 기술교류 등에 적극 참여 함. 또한 FAO의 수산업법을 준수하고, 이를 통해 미국으로 하여금 책임있는 양식발전 및 양식관리를 촉진시키고 있음.

③ 중국

□ 정부의 양식 및 종자산업 관련 정책

- 중국은 5년마다 중장기 계획을 세우고 있으며, 수산부문의 정책은 이 때 수립되는 중장기 계획을 바탕으로 추진함.²¹⁾
 - 2011년 중국 농업부는 '어업발전 12.5 계획'을 발표하였는데, 동 계획의 핵심적인 내용은 어업구조 조정 추진, 건강 수산양식 촉진 및 우량품종 번식 사업, 수산물 안전성 확보 및 원양어업 발전으로 요약할 수 있음.
- 이 중 넙치종자 수출과 가장 밀접하게 관련된 사항은 다음과 같이 마련됨.
 - 중국 수산양식업의 목표를 생태건강의 수산양식업 발전에 두고 표준화 건강양식 가속 추진, 양식공간 합리적 조정, 전염병 예방·통제 및 품질안전 감독관리 강화 등을 추진하고 있음.
 - 표준화 건강양식 가속 추진을 위한 구체적인 정책으로 수산양식표준화 모델 구축, 수산신품종 선종강화, 수산원우량종 보급률과 유전개량률 제고, 양식품종구조 및 구역안배 조정·최적화를 제시함. 또한 안전한 고효율 인공배합자료 적극 보급, 수산양식 집약화 등을 지원할 계획임.
 - 양식공간의 합리적 조정을 위해 기본양식수역 보호대책수립 강구, 심해 대형가두리 양식 적극 보급, 공장화 순환수양식을 장려하고 있음.
 - 마지막으로 수생동물 전염병 감시제어 강화, 수산종묘 산지검역작업 적극추진, 어촌마을 수의사 등기제도 실시 등을 통해 전염병을 예방하고 통제하는 한편, 수산물 품질안전 항목의 엄격한 관리 등을 통해 수산물 품질 안전성을 강화하고 있음.

21) 중국에서는 경제발전을 위하여 정부주도로 5개년 계획이 실시되고 있는데, 제1차 5개년 계획(一五期, 1953~1957년)을 시작으로 현재는 12차 5개년 계획(2011~2015년)이 실시되고 있다.

표 80. 12.5 계획 5대 산업체계 구축 방향

5대 산업	내용
수산양식업	<ul style="list-style-type: none"> 생태건강의 수산양식업 발전 - 표준화 건강양식 가속 추진, 양식공간 합리적 조정 - 전염병 예방·통제 및 품질안전 감독관리 강화
재배어업	<ul style="list-style-type: none"> 환경친화적 재배어업 발전 - 증식방류 적극 전개, 해양목장 건설 추진
어선어업	<ul style="list-style-type: none"> 지속발전 가능한 어획업 - 어획포획 강도의 엄격한 통제 - 원양어업 지원 확대
가공업	<ul style="list-style-type: none"> 선진 수산물 가공유통업 발전 - 가공산업육성(가공단지 조성 등), 현대물류체제 구축 - 국내외 시장 개척 지원 확대
레저어업	<ul style="list-style-type: none"> 문화 다원 레저어업 발전 - 문화와 결합한 레저어업 육성, 레저어업 산업규모 확대

○ 12.5 계획에서는 어업발전과 관련하여 발전 목표를 설정하였는데 이 중에서 양식산업과 관련된 주요지표를 살펴보면,

- 먼저 양식생산물의 비중을 2010년 71%에서 2015년 75%까지 약 4%p 증가시키는 것으로 목표로 설정함.
- 이 외에도 2015년까지 원우량중 보급률 60%, 유전개량을 35%, 양식증발급율 100% 달성을 목표로 설정함.

표 81. 12.5 계획 어업발전 주요지표

지표명	2010년(A)	2015년(B)	(B-A)	증가율(%)
양식생산물 비중(%)	71	75	4	5.6
원우량중보급율(%)	55	60	5	9.1
유전개량율(%)	25	35	10	40.0
양식증발급율(%)	68	100	32	47.1

□ 절강성의 양식 및 종자산업 관련 정책

- 한편 각 지자체(성급 등)에서도 지역별 중기계획을 수립하고 있는데, 대표적 수산 도시인 절강성의 12.5 계획을 살펴보면,
 - “12.5”기간 동안 절강성은 대대적으로 종자의 선두기업을 육성할 계획으로, 우량종의 번식기초설비건설, 4개 수산 유전자육종센터의 건설, 10개 국가 급 수산 우량종장의 건설을 중점적으로 강화할 계획임.
 - 또한 25개 성급 수산종자배양장과 100개의 규모화하는 번식기지 및 2개의 성급 수산 이식 육종센터 기지를 건설할 계획임.
 - “12.5”기간 동안, 기초설비를 포함한 프로젝트의 총투자는 4.955억 위안으로 계획되어있음.

표 82. 절강성 12.5 계획 수산종자발전 주요지표

지표명	2010년(A)	2015년(B)	(B-A)	증가율(%)
국가수산종자배양장(개소)	5	15	10	200
성급수산종자배양장(개소)	19	44	25	131.5
성급규모화번식기지(개소)	16	116	100	625
유전자육종센터(개)	0	4	4	
수산신품종,계(개)	4	8	4	100
종자생산치(억 위안)	15.4	25.4	10	64.9
우수품질종자보급율 (%)	80	85	5	6.25

□ 전국 수산 우량종 프로젝트 수립계획(2011~2015년)

- 중국에서는 전국 수산 우량종 프로젝트 계획을 수립하여 수산유전자 육종센터와 수산원종장 육성·투자와 관련해 세부사항(대상품종, 자격조건, 주요 사업내용, 투자규모, 심사방식 등)을 규정하고 있음.

- 수산유전자 육종센터 사업 규정을 살펴보면 해삼, 민물게, 자라에 대해 일정 자격조건을 갖추면 육종시설 등을 지원할 수 있음.

표 83. 12.5 수산유전자 육종센터의 사업 규정

구분	세부내용
대상품종	해삼, 민물게, 자라
자격조건	<p>사업을 맡을 단위는 수산연구과학보급기구, 고등교육기관, 국가급 수산종자 배양장과 번식 일체화의 대형 수산종자기업으로, 양호한 육종작업의 기초를 구비하여야 하고 (풍부한 육종재료와 선진화된 육종기술과 높은 수준의 육종 인재 등을 포함한), 상당한 수준의 기술에 의거하는 단위여야 한다. 근 5년 동안 국가육종과학연구 사업을 맡던 단위를 우선으로 하고, 성급 이상의 육종류 과학연구 성과를 가지고 있거나, 전국 수산원종과 우량종의 심사결정 위원회의 심사·결정을 통한 품종 육성단위를 우선으로 한다. 원칙상 고정건축물은 자유토지(自有土地)에 집중 건설을 해야하고, 생산실험용지는 자유토지 혹은 장기 임대토지에 건설되어야 한다. 그 중 새로 임대한 땅의 유효사용한도기간은 20년이 되지 않으며, 원래 임대한 땅의 유효사용 한도년은 15년이 되지 않는다. 사업은 환경보호부문 EIA의 승인을 이미 받아야 하며, 도시와 진에 위치한 계획구 내의 사업은 계획 부문의 계획 의견서를 이미 취득하고 있어야 한다. 신설 모터펌프 취수 사업은 이미 우물을 팔 수 있는 허가증을 취득해야 한다.</p>
건설항목	육종시설, 배수시설계통, 분리·방역 시설, 보조시설설비, 관련시설설비, 종질 백업 센터
투자규모	수산유전자육종센터 건설사업의 총 투자는 원칙상 800만 위안을 초과할 수 없다. 그 중 중앙투자규모는 600만 위안이다.
평가 심사 방식	<p>수산유전자육종센터 사업의 평가와 심사는 현장답변과 평가·심사를 결합하는 방식으로 채택해야 한다. 현장답변은 규정된 시간 내에 사업건설단위의 기술노력, 연구기초, 기술노선, 건설내용, 기대목표와 대책 보장 등의 내용을 소개해야하고, 전문가가 집단으로 제기한 문제에 대답을 해야 한다. 사업 보고 자료와 현장답변의 정황, 전문가 그룹이 사업의 실행가능성에 대한 평가·의견에 근거한다.</p>

④ 페루(국가 양식발전 계획)²²⁾

□ 국가 양식발전 계획(National Plan for Aquaculture Development, PNDA)

- 페루의 국가 양식발전계획은 “양식업의 진흥과 발전에 관한 법률(Law on Promotion and Development of Aquaculture, LPDA)에 근거하여 설립됨.
 - 본 법률의 21조에서는 PNDA에 대한 목적, 정책, 및 실행방법에 명시되어 있을 뿐만 아니라, 프로세싱과 품질관리와 같은 양식종 개발을 위해서 공공부문과 민간부문이 취해야 할 조취에 대해서도 설명되어 있음.
- PNDA의 임무
 - 국내·외 시장에서의 양식업의 생산과 상업화를 위한 민간투자를 촉진시키기 위해, 관련 인적자원, 물적, 기술적, 재정적인 자원의 발전을 증진시킴.
- PNDA의 운영원칙은 크기 6가지로 참여와 협동, 사회적 책임, 지속적 방식을 통한 생산, 책임있는 어업을 위한 행동강령의 적용, 관련 기관 간의 협조, 객관적인 의사 결정으로 이루어져 있음.
- PNDA에서는 국가 양식발전을 위해 크게 8가지의 목표를 설정하고, 목표를 달성하기 전략적 가이드라인을 제시함.
 - 특히 양식 산업 발전을 위한 연구 및 기술 이전과 관련해서는 해외 종자 수입에 대한 가이드라인이 제시되어 있음.
 - 페루에서는 특정 해수, 내수면 어종이 국내·외 시장에서 성공적인 사례로 인정받아 이 종들 중 외국종들을 도입하여 기존 양식 기술로 양식을 할 것인지, 아니면 국내 종을 새로운 기술을 개발하여 양식할 것인지에 대한 조사 계획을 고려함.

22) 페루 국가양식산업 계획 발전 계획의 원문(번역)은 부록 3 참조

표 84. 12.5 국가 양식발전 계획 전략적 가이드라인

목표	가이드라인
수산물의 품질 및 생산성 증대	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 상업적 정보와 상담 서비스 제공 ▪ 국내 시장 조사 및 양식수산물 마케팅 강화 ▪ 양식업자 들에 대한 위생관련 교육 강화
수산부문의 민간투자 증대	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 교육 및 기술 지원 강화 ▪ 중소 양식기업 대출 확대 ▪ 양식산업에 대한 인허가 간소화
양식 종자 및 사료 생산 촉진	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 지방정부와 민간부문 또는 공공협회(APP-Private Sector or Public Private Association)을 통하여 각 지방에 있는 양식 생산 센터 개선 : 고품질 종자 제공 ▪ 고품질 사료 생산
교육 및 기술 지원 개선	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 양식관련 체계적 교육 프로그램 개발 ▪ 모든 단계에서 Best Aquaculture Practices의 프로토콜 실행
양식산업 위생 관리	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 질병 방생에 대한 신속대응체계 구축 ▪ 건강·위생 관련 조항을 마련하여 법적으로 규제
양식산업 발전을 위한 연구 및 기술 이전 등	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 해외 우수종 기술이전 검토 ▪ 고품질 종자 생산을 위한 기술 개발 지원
관련조직 및 인력 확보	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 양식산업 관련 기관 역량 강화 및 인적자원 확보 ▪ 양식산업 관련 통계 기반 구축
재정적 지원 확대	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 양식산업에 대한 재정적 지원 확대

- 외국종 도입에 대한 조사를 진행할 때에 그 종이 경제적 타당성이 있어야 하고, 페루 환경에 잘 적응하는 지도 고려대상임.

- 외국 종 도입에 대한 조사가 효율적으로 진행되고, 생산에 잘 적응할 수 있기 위해서는 이에 관심을 갖고 있는 연구소, 회사, 양식산업협회, 민간 투자자들의 협동이 필요한 것으로 인식하고 있음.

○ PNDA에서는 2015년까지 달성해야할 구체적인 지표를 제시함.

표 85. 양식산업 달성 목표(2015년)

구분	달성목표
수산물의 품질 및 생산성 증대	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 양식수산물 생산량 : 95~100천 톤 ▪ 국내 상업화 양식수산물 생산량 : 16~18천 톤 ▪ 해외 상업화 양식수산물 생산량 : 25~27천 톤 ▪ 양식수산물 수출 : 170~186백만 달러 ▪ 양식수산물 소비 : 0.86~0.94kg(1인/1년)
수산부문의 민간투자 증대	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 양식업 민간투자 50% 확대 ▪ 양식산업 관련 대출 100% 확대 ▪ 중소기업 양도와 허가 20% 증대 ▪ 양식공간 15% 확장
양식 종자 및 사료 생산 촉진	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 7개의 재조직된 양식 센터
교육 및 기술 지원 개선	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 지방 정부에서 교육 담당 ▪ 각각의 종묘에 대한 양식단계 프로토콜 구축
양식산업 위생 관리	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 4개의 양식 건강 서비스를 제공하는 기관
양식산업 발전을 위한 연구 및 기술 이전 등	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 4개의 양식업과 관련된 조사 프로그램(어류, 갑각류, 패류, 조류에 각 하나의 조사프로그램)
관련조직 및 인력 확보	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 양식통계기반 구축
재정적 지원 확대	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 공적재정 60% 확대 ▪ 양식조사기금 실행

나. 국가별 검역제도

① 중국

□ 중국의 수산종자 수입검역 제도

- 중국으로의 수산종자 수출입은 국무원어업행정주관부문 혹은 관할 성, 자치구, 직할시 인민정부어업행정주관부문을에서 심사를 거쳐야 함.
 - 수산종자 수출입은 반드시 검역을 거쳐야 하며 병해가 경내 혹은 경외에 전염되는 것을 방지하기 위해 구체적인 검역작업은 ‘동식물입출경검역법률’(動植物檢驗法), 행정법규의 규정에 따라 집행함.
 - ‘중화인민공화국입출경동식물검역법’(中華人民共和國進出境動植物檢驗法) 제16, 17조례에 따르면 동물, 동물제품, 식물종자, 종자 등 기타 생물 번식 관련 자재를 수입 할 경우 반드시 검역허가증이 있어야 유통이 가능함.
 - 검역허가증은 관할지역 ‘수출입검사검역국’(出入境檢驗檢疫局)에서 검역허가증을 받아야 함.
- 수산종자를 중국으로 수출하고자 할 경우 공급업체는 원산지 증명과 위생증을 제출하여야 하며 중국 국내 수입상은 동식물검역허가증을 신청하여야 하며 검역허가증을 취득 한 후 해관부문에서 수산어종에 대하여 검역을 진행함.
 - 검역에 합격된 후 해관이 일정한 기간 동안 제품을 격리하며 격리시기에도 대응되는 검사검역을 진행함.
 - 구체적인 지침으로 ‘입출경동식물검역심사관리방법’(進境動植物檢疫審批管理辦法)이 마련되어 있음.
 - ‘중화인민공화국어업법’(中華人民共和國漁業法)제 44조례에 따르면 불법 생산, 수입, 수출한 수산종자일 경우 불법으로 얻은 소득과 수산어종을 모두 몰수하

며 5만 위안 이하에 달하는 벌금을 부과하며, 심사를 거치지 않은 수산어종을 경영할 경우 모든 경영을 중지하고 불법소득을 몰수하며 5만위안 이하에 달하는 벌금을 부과한다고 명시되어 있음.

○ 중국의 넙치종자에 대한 수입절차 및 세율을 살펴본 결과,

- 넙치종자에 대한 관세율은 0%이며, VAT는 13%인 것으로 조사됨.
- 종자 수입을 위한 심사 기준은 수입 수산종자 범위와 규격 및 수량.
- 비준조건은 성급 어업 행정 주관부문의 정식 심사를 거쳐야 하며 수상 종자 수입 신청서, 수입 계약서 혹은 의향서(복사본)²³⁾, 수산 종자의 생산허가증(양식증), 영업 허가증, 수출입 기업 자격증(전부 복사본), 수입권이 없는 신고자는 수출입 대리권이 있는 기업에게 위탁해야 하며 대리협정을 제안(복사본)해야 함.
- 비준절차는 크게 서류의 처리, 전문가 평가, 문서처리로 이루어지면 소요기간은 최소시간 근무일 기준 20일 정도임.

표 86. 중국의 넙치종자 관세율

HS 코드	Duty Rate	VAT Rate
0301-99-1990	0%	13%

자료 : 中國海關進出口稅則(2013년)

표 87. 중국의 수산종자 비준절차

구분	내용
서류의 처리	▪ 농업부 행정 심사 비준 종합 사무실은 성급 어업 행정 주관부문이 제출한<수산종자 수입 심사표> 및 기타 관련 자료를 수리하고 심사진행
전문가 평가	▪ 농업부 어업국에서 전문가들의 프로젝트의 검토 및 평가의뢰 및 진행
문서 처리	▪ 농어부 어업국은 전문가의 심사 평가 의견을 따라서 심사 비준방안을 제안해야하며, 장관에게 신고하고 문처를 처리

23) 만약 원본이 외국어로 되어 있으면 중국어 번역본과 같이 제출해야 함.

□ 한국-중국 수출·입 활수생동물의 검사·검역에 관한 약정

○ 우리나라는 중국과 2004년에 양국간(한국-중국) 수출·입 활수생동물의 검사·검역에 관한 약정²⁴⁾을 체결하였음.

- 약정은 인간이 소비하거나 이식(種苗 및 卵을 포함)을 위하여 수출·입되는 모든 활수생동물에 대하여 적용됨.

- 활수생동물을 중국으로 수출하기 위해서는 세계동물보건기구(OIE)에서 권장하는 방법 및 기준(4가지 항목 음성) 준수해야 함.

* MABV(marine birnavirus), VHS(Viral haemorrhagic septicaemia, 바이러스성 출혈성패혈증), VER, IPN

○ 넙치종자를 수출할 경우 국가적으로 규정한 사항 이외에 추가적 요구 사항은 없는 상태이나, 수출이 이루어질 경우 정부 또는 지자체단위의 세부 규정이 설치될 가능성도 배제할 수 없는 것으로 전망됨.

② 기타 국가

- 국내에서는 수산생물질병관리법의 수출 검역조건을 충족시키면 넙치종자 수출에는 큰 문제가 없음.
- 다만 해당국가에서 이식승인과 관련된 별도의 조건(수입시 검사항목, 환경영향평가 등)을 제시할 가능성이 높음.
- 따라서 넙치종자 수출의 본격화를 위해서는 종자 이식에 요구되는 제도적 장벽에 대한 선제적 대비가 필요하며, 이 때 국가단위의 협의를 통한 제도적 정비가 적절할 것으로 고려됨.
 - 참고로 페루의 경우 환경영향 평가 등 각종 인허가를 완비한 뒤 담당부처장관의 이식승인을 거쳐야 하는데, 개별 업체 입장에서는 소요시간, 제반절차 등에 애로가 있음.
 - 넙치종자 및 수정란의 경우 생물특성 상 빠른 시간 내에 수출이 이루어져야 한다는 점에서 정부 간 협의를 통해 약정, 협정 등을 통한 제절차의 간소화 등의 노력이 필요할 것으로 생각됨.

4. 기술수준 및 연구개발 인프라 분석

- 국내에서는 상기한 바와 같이 2004년부터 수산종자 산업의 핵심기술인 육종연구를 추진하고 있으나 일부 품목을 제외하고는 선진국 대비 기술 수준이 낮은 상태에 있음. 넙치 품목의 경우, 종자산업 전부분의 기술수준은 최고 기술 보유국인 노르웨이 대비 50%, 기술격차는 10년으로 추정되고 있음(그림 30).
- 세부분야 중에서 ‘유전자보유’기술은 최고 기술 보유국 대비 기술수준 90%, 기술격차 10년으로 넙치 분야 세부기술 수준 중 가장 높게 나타났으며, 반면 ‘질병 및 위생관리’기술은 최고 기술 보유국 대비 기술수준 40%, 기술격차 10년으로 가장 낮은 것으로 나타나 이 분야에 대한 지원 및 개발이 시급히 요구되고 있음(표 88).

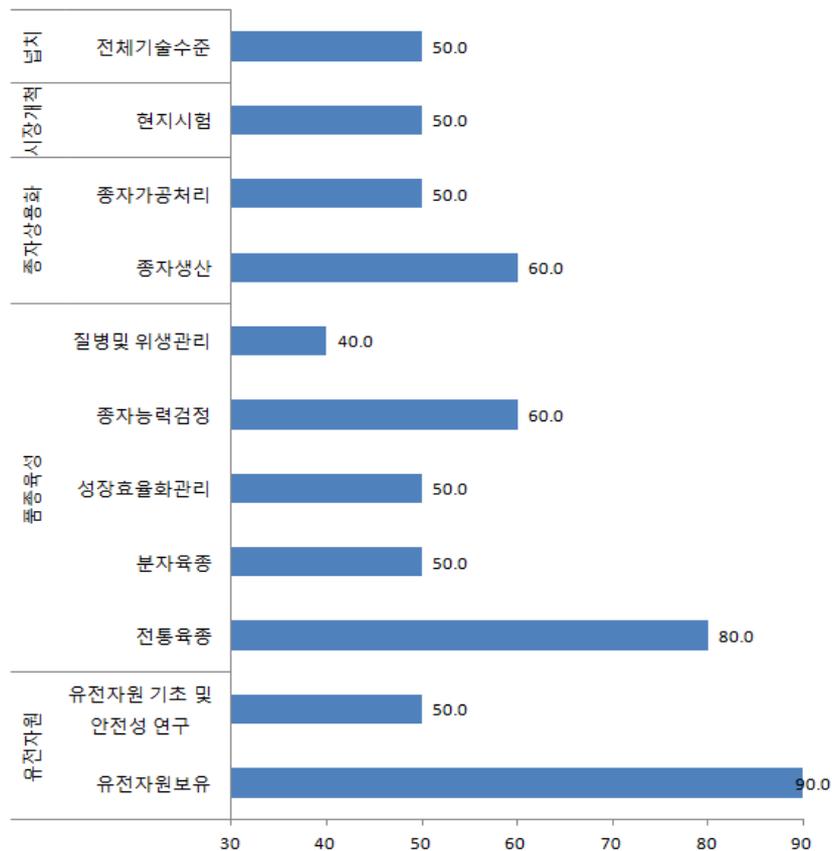


그림 30. 넙치종자산업 분야 최고 기술보유국(노르웨이) 대비 기술수준 (%).

표 88. 넙치 분야 세부 기술별 기술수준

구분	세부기술	최고기술포유국대비		최고기술포유국
		기술수준 (%)	기술격차 (년)	
유전자원	유전자원보유	90.0	10	미국, 프랑스
	유전자원기초 및 안전성 연구	50.0	15	노르웨이 (Genomar)
품종육성	전통육종	80.0	5	노르웨이 (Genomar)
	분자육종	50.0	10	노르웨이 (Genomar)
	성장효율화관리	50.0	10	노르웨이 (Genomar)
	종자능력검정	60.0	5	노르웨이 (Genomar)
	질병 및 위생관리	40.0	10	노르웨이 (Genomar)
종자상용화	종자생산	60.0	10	노르웨이 (Genomar)
	종자가공처리	50.0	9	노르웨이 (Genomar)
시장개척	현지적응	50.0	5	노르웨이 (Genomar)
전체		50.0	10	

- 그러나 수산분야의 핵심 육종 기술 수준만 비교한다면(표 89), 우리나라의 기술 수준은 노르웨이 대비 66.7%의 수준으로 평가되고 있으며, 특히 양식 기술과 친자확인 기술 그리고 유전능력 평가 기술 부문에서는 거의 대등한 수준을 보이고 있어 충분한 세계 경쟁력을 갖추고 있다고 판단됨.

표 89. 노르웨이-한국간 수산분야 핵심 육종 기술 수준 비교

핵심 육종 기술	노르웨이	한국
양식 기술	100	100
친자 확인 기술	100	100
유전능력 평가 기술	100	90
경제형질 개발 기술	100	50
생산자 추적 기술	100	30
분자육종 기술	100	30
종합 기술 수준(%)	100	66.7

□ 기관별 인프라 현황 조사

국내에서는 국립연구센터와 도립수산자원연구소에서 매우 다양한 수산종묘 개발과 관련된 연구를 수행.

- 넙치종자개발과 관련해서는 국립수산과학원 전략양식연구소 육종연구센터에서 주도로 연구를 수행.

표 90. 국·도립 수산자원조성연구기관의 양식기술 개발 품종

구분	기관명	연구 품종 및 내용
국립연구센터	동해수산연구소	▪ 줄가자미 양식 기초 기술개발
	해역산업과 연구센터	▪ 용가자미 기초기술개발
	서해수산연구소	▪ 무병새우 대량생산 산업화, 고밀도 새우양식 기술개발
	해역산업과 연구센터	▪ 참조기 양식 기술개발
	남동해수산연구소 연구센터	▪ 백합 종묘생산 기술개발
	전략양식연구소 육종연구센터	▪ 넙치, 전복, 멧게 육종기술 개발
	전략양식연구소 육종연구센터	▪ 육종품종 산업화 추진 연구
도립수산자원연구소	전라양식연구소 사료연구센터	▪ 고효율 배합사료 개발 및 실용화 연구 - 넙치, 조피볼락
	전라양식연구소 해조류바이오연구센터	▪ 교잡육종을 이용한 김 신품종 개발 ▪ 전복 먹이용 다시마 양식기법 개발
	부산광역시 수산자원연구소	▪ 종묘보급 : 볼락, 참돔, 감성돔, 돌돔, 개량조개, 보리새우 ▪ 기술개발 : 대구, 말쥐치, 톱날꽃게, 줄가자미
	인천광역시 수산종자배양연구소	▪ 종묘보급 : 조피볼락, 점농어, 민어, 대하, 주꾸미 외 2종 ▪ 기술개발 : 전복, 꽃게, 잘피, 바지락, 굴 외 3과제
	강원도 수산자원연구소	▪ 종묘보급 : 도루묵, 북방대합, 참가리비, 해삼 외 4종 ▪ 기술개발 : 개량조개, 딱지, 꼼치, 홍해삼, 도루묵
	경상북도 수산자원개발연구소	▪ 종묘보급 : 은어, 대구, 강도다리, 볼락, 개량조개 외 4종 ▪ 기술개발 : 대게, 대구, 강도다리, 볼락, 해삼, 전복
	경상남도 수산자원연구소	▪ 종묘보급 : 대구, 자주복, 고등어, 피조개, 꽃게 외 17종 ▪ 기술개발 : 멧게, 돌돔, 고등어, 돛돔, 방어, 참다랑어, 쥐치
	전라남도 해양바이오연구원	▪ 종묘보급 : 바지락, 꼬막, 해삼, 김사상체 ▪ 기술개발 : 불바리, 벵에돔, 해조류, 바지락, 꼬막, 해삼
	전라북도 수산시험연구소	▪ 종묘보급 : 넙치, 감성돔, 전복, 대하, 꽃게, 주꾸미, 해삼 ▪ 기술개발 : 범게, 톳, 바지락
	충청남도 수산연구소	▪ 종묘보급 : 조피볼락, 대하, 꽃게, 참게, 전복 ▪ 기술개발 : 복어류, 쥐치, 낙지, 가시파래, 가무락, 바지락
제주특별자치도 해양수산자원연구원	▪ 종묘보급 : 돌돔, 볼락류, 능성어류, 오분자기 외 2종 ▪ 기술개발 : 참다랑어, 흑점줄전갱이, 홍합	

- 수산육종 관련 전문 연구기관 외에도 대학에서도 육종관련 기반 연구를 수행
- 강릉대학교를 비롯한 전국 13개 대학에서 수산육종 기반 연구를 수행하고 있으며, 육종 관련 인력을 양성 중임.
 - 13개 대학의 연구 인력을 살펴보면 교수급이 125명, 박사급이 202명, 석사급이 292명인 것으로 조사되었음.

표 91. 수산육종 관련 대학 현황

단위 : 명

구분	주요 관련 학부(과)	교수급	박사급	석사급
강릉대학교	해양생명공학부	14	19	36
경상대학교	해양생명과학부	9	14	21
군산대학교	해양생명과학부, 수산생명의학과	5	7	14
목포대학교	생명과학부	3	3	8
부경대학교	수해양생명과학과 식품생명공학부 수산생명의학과	42	61	74
부산대학교	생명과학부	12	25	28
서울대학교	농업생명과학대 수의대	6	14	21
선문대학교	수산생명의학과	2	2	4
순천향대학교	해양생명공학과	3	6	10
전남대학교	해양기술학부, 식품수산생명의학부	11	23	34
제주대학교	해양과학부	5	8	13
충남대학교	생명과학부	8	14	18
해양대학교	해양환경생명공학부	5	5	11
계		125	202	292

자료 : 해양수산부, 「수산생명공학산업 육성을 위한 사전조사 연구」, 2008.

개별 민간업체에서도 육종 연구를 수행

- 육종관련 전문 연구기관과 대학 외에도 개별 민간업체에서도 자체적으로 수산종자 육종 연구를 수행.

- 넙치 종자개발 관련 육종연구 전문인력은 국립수산과학원 소속의 11명의 전문 연구 인력이 있으나, 민간에서는 전문인력이 운용되는 육종 전문업체는 현재까지 설립되지 않은 실정임.

표 92. 넙치 종자생산 관련 육종인력 현황

품목	기관		육종인력 수 (명)
넙치	국립수산과학원	전략연구단	1
		연구기획과	1
		내수면양식연구센터	1
		전략양식연구소 양식관리과	1
		전략양식연구소 육종연구센터	7

5. 주요 이슈 및 전략방향

- 세계 각국은 자연환경이나 처해 있는 여건이 모두 달라 수산업의 발전 형태나 발전 정도가 모두 상이함. 그러나 그동안 수산자원을 과도하게 채취해 온 결과 대부분 국가에서 자원이 크게 감소하였고 이를 해결하기 위해 양식 산업 발전에 많은 노력을 기울이고 있음.
- 현재 양식 산업에서의 선진국은 노르웨이와 일본이며, 최근 미국도 수준 높은 기초 과학기술을 바탕으로 의욕적으로 양식 산업 발전에 노력하고 있음. 그동안 우리나라는 일본의 양식업을 모델로 발전해 왔으며, 현재는 발전의 격차가 상당히 좁혀져 있음.

표 93. 넙치종자산업의 SWOT 분석

	Strength(강점)	Weakness(약점)
넙치종자산업 SWOT 분석	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 높은 양식기술 수준 ◆ 구매력 높은 내수 시장 ◆ 규모화 진전 ◆ 어장 생산성 증대 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 소규모의 내수시장 ◆ 일본 중심의 수출 ◆ 고가의 수출물류비 ◆ 수급 변동 대응력 취약
Opportunity(기회)	기회와 강점 활용전략(OS)	기회로 약점 보완전략(OW)
<ul style="list-style-type: none"> ◆ 농림부 세계화 추진 ◆ 백색육 시장 확대 ◆ 수산물 시장 지속 확대 ◆ 수출시장 점진 확대 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 생산성 증대를 통한 원가 경쟁력 확보 ◆ 안전하고 건강한 소비 지향 중심의 시장 개척 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 수출시장 다변화 전략 ◆ 물류비 저감 기술 개발 ◆ 대량생산, 계통출하 조절
Threat(위협)	위협에 강점 활용전략(TS)	위협과 약점 보완전략(TW)
<ul style="list-style-type: none"> ◆ 폐사율 50% 이상 ◆ 어병 피해 확산 ◆ 재료비 비중 확대 ◆ 시설 노후화 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 육종분야 R&D를 통한 우량 종묘 생산 ◆ 어병 관리 기술 확대 ◆ 시설 현대화를 통한 폐사율 및 어병 발생률 저감 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 폐사율 저감을 통한 생산 효율 제고 ◆ 기업화를 통한 계획 생산 및 안정 수급 체계 구축

- 주요국의 어류양식 생산 전략을 보면 먼저 전략 어종 및 기술의 선정에 의한 핵심역량의 집중에 의한 경쟁력 제고가 두드러지고 있음. 노르웨이, 중국은 국가전략 품종을, 미국은 환경적 지속가능한 해면양식산업 기술에 박차를 가하고 있음. 반면 일본은 특화 품종 및 연구에 대한 노력이 미흡하여 내수 요구 품종을 민간이 주도하여 개발·생산해오고 있어 국제적인 경쟁력을 갖는 어종은 다소 부족한 부분임.
- 주요 어류 양식 국가들은 국가적인 R&D 시스템을 전략품종에 맞추어 연구의 핵심역량 성장에 노력하고 있음. 전략 품종에 있어서는 국가의 규모에 따라 다르나 대부분 자국의 자연 여건을 고려하여 5개 품종 이내에서 추진되어 오고 있으며 우리나라에서도 향후 이러한 국가전략 어종 체제를 도입하여 핵심역량을 집중함으로써 경쟁력을 강화시켜 나가야 할 것으로 생각됨.

제3장 목표 설정 및 프로젝트 도출

제1절. 목표 설정

1. 최종 목표

Golden Seed 프로젝트 '넙치 종자' 개발 목표									
목표시장	중국, 남미, 유럽								
↑									
사업목표	<ul style="list-style-type: none"> 글로벌 시장 개척을 위한 우량넙치 종자 개발 (세계 10위권 수산물 수출국 지위 확보) 글로벌 시장 개척형 Golden Seed 개발로 1,000만 달러 수출 달성 								
↑									
연구개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> 글로벌 시장을 선점할 수 있는 우량넙치의 최적생산 기술 개발 								
↑									
단계별 목표 및 내용	<table border="1"> <thead> <tr> <th>1단계(2013~2016)</th> <th>2단계(2017~2021)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> 우량종자 생산 기반 구축 </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 우량종자 대량생산 시스템 구축 </td> </tr> <tr> <td>연구개발 내용</td> <td>연구개발 내용</td> </tr> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> 수출용 킹넙치 불임 기술 개발 수출용 황금넙치 및 터벗 우량 친어집단 확보 수출용 황금넙치 및 터벗 종자생산 기반 연구 수출용 황금넙치 및 터벗 육종 원천기술 개발 마케팅 전략 수립 및 현장적용 시험 </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 불임화 킹넙치 종자 대량생산 수출용 황금넙치 및 터벗 사양관리/상품성 검정 체계 구축 수출용 황금넙치 및 터벗 육종 종자 가계생산 우량종자의 현지 안전성 검정 및 수송기술 개발 </td> </tr> </tbody> </table>	1단계(2013~2016)	2단계(2017~2021)	<ul style="list-style-type: none"> 우량종자 생산 기반 구축 	<ul style="list-style-type: none"> 우량종자 대량생산 시스템 구축 	연구개발 내용	연구개발 내용	<ul style="list-style-type: none"> 수출용 킹넙치 불임 기술 개발 수출용 황금넙치 및 터벗 우량 친어집단 확보 수출용 황금넙치 및 터벗 종자생산 기반 연구 수출용 황금넙치 및 터벗 육종 원천기술 개발 마케팅 전략 수립 및 현장적용 시험 	<ul style="list-style-type: none"> 불임화 킹넙치 종자 대량생산 수출용 황금넙치 및 터벗 사양관리/상품성 검정 체계 구축 수출용 황금넙치 및 터벗 육종 종자 가계생산 우량종자의 현지 안전성 검정 및 수송기술 개발
	1단계(2013~2016)	2단계(2017~2021)							
	<ul style="list-style-type: none"> 우량종자 생산 기반 구축 	<ul style="list-style-type: none"> 우량종자 대량생산 시스템 구축 							
	연구개발 내용	연구개발 내용							
<ul style="list-style-type: none"> 수출용 킹넙치 불임 기술 개발 수출용 황금넙치 및 터벗 우량 친어집단 확보 수출용 황금넙치 및 터벗 종자생산 기반 연구 수출용 황금넙치 및 터벗 육종 원천기술 개발 마케팅 전략 수립 및 현장적용 시험 	<ul style="list-style-type: none"> 불임화 킹넙치 종자 대량생산 수출용 황금넙치 및 터벗 사양관리/상품성 검정 체계 구축 수출용 황금넙치 및 터벗 육종 종자 가계생산 우량종자의 현지 안전성 검정 및 수송기술 개발 								

성과목표	<ul style="list-style-type: none"> 수출액 : 1,000만 달러 								

2. 연차별 목표 및 단계별 목표

○ 1단계(2013년 ~ 2016년)

- 우량 종자 생산 기반 구축

- 수출용 킹넙치의 배수체 및 후대열성화 기술을 통한 불임화 기술 개발
- 수출용 황금넙치의 우량 친어 확보, 종자생산 기반 연구 및 육종 원천기술 개발
- 수출용 터봇의 우량 친어 확보, 종묘생산 기반 연구 및 육종 원천기술 개발
- 수출 대상국별 마케팅 전략 수립 및 종자의 현장적용 시험
- 우량 종자 수송 기반기술 개발

○ 2단계(2017년 ~ 2021년)

- 우량 종자 대량생산 시스템 구축

- 수출용 킹넙치의 불임화 종자 대량생산
- 수출용 황금넙치의 사양관리 매뉴얼 개발/상품성 검정 체계 구축
- 수출용 터봇의 사양관리 매뉴얼 개발/상품성 검정 체계 구축
- 수출용 황금넙치/터봇의 육종품종 가계생산
- 우량 종자의 현지 안전성 검정 및 생리기반 장거리 수송기술 개발

3. 목표 설정 근거

- 넙치는 국내 양식 생산량의 51.1%(40,922톤), 생산금액의 56.5%(4,897억원)을 차지하는 대표적인 어종으로 육종기술 중 양식·친자확인 및 유전능력평가 부분은 높은 기술수준을 갖고 있으므로 우수종자 생산을 위한 종어개발을 통해서 글로벌 시장 선점 가능한 것으로 판단됨.
- 2020년 수산물 수출은 100억 달러를 목표로 설정하여, 이 중 10%의 시장을 넙치가 점유하는 것을 목표로 설정하였음. 그 중 넙치 종자의 시장은 넙치시장의 10%로 가정하여 전체 시장의 0.1%를 차지하는 것으로 가정하여 산정함.

제2절. 프로젝트 구성

1. 후보과제 도출 배경 및 과정

□ 수출용 킹넙치 종자 개발

- 기 개발된 킹넙치 종자를 불임처리 시킨 수출용 라인 구축하여 넙치에 대한 전통적인 수요가 존재하는 남미시장을 개척
 - 선발육종으로 성장이 30% 이상 빠르고 체형이 개선된 킹넙치 종자를 해외에 수출하기 위하여 재생산 및 기술유출 방지가 선행되어야 함
 - 따라서 기 개발된 킹넙치 종자의 불임화를 위하여 근친화 및 배수체 불임 종자를 개발하여 남미시장에 수출할 필요가 있음
 - 현재 넙치 종자 개발 기술은 우리나라가 세계최고 수준의 기술력과 우량 육종품종을 보유하고 있으므로 불임화된 우량넙치 종자를 수출할 경우 향후 세계 넙치 시장을 독점적으로 석권할 가능성이 높음

□ 중국 수출용 황금넙치 종자 개발

- 외형적 화려함으로 인한 고부가가치 상품으로 고급 전략형 종자로 활용 가능
 - 중화권에서는 황금물고기 한 마리에 1억원을 넘는 고급관상어 시장이 있을 뿐만 아니라 황금색 선호로 황금색 식용어류도 상상을 초월하는 가격에 거래되고 있음
 - 희귀종인 황금넙치 종자를 개발하고 순수혈통을 만들어 우리나라의 새로운 고소득 종자로 개량하고자 함
 - 황금넙치 종자는 현재 대량생산이 급선무이므로 양식기술 개발을 통해 수정란 및 종자생산이 선행되어 일반 황금넙치 종자를 중화권에 우선적으로 수출하여 잠재 수요시장을 선점할 필요가 있음

- 이와 동시에 지속적으로 고품질의 황금넙치 종자를 대량생산하기 위하여 첨단 육종기술 개발이 진행되어야 함
- 황금넙치의 황금색은 기존의 선발육종 기술보다는 유전자 지도를 작성하여 황금색과 연관성을 가진 유전자표지를 확보하여 이를 근거로 선발하는 분자육종기술이 개발되어야 함
- 황금넙치 친어확보 및 수정란 대량생산 시스템과 분자육종기술로 개발된 황금넙치 종자는 향후 중화권을 비롯한 수출 시장을 독점적으로 석권할 가능성이 높음

□ 수출용 터봇 종자 개발

- 넙치와 가자미 종류 중 전세계적인 수요량과 소비량이 가장 많은 어종이며, 전세계적으로도 육종 연구는 시작 단계이므로 체계적인 접근을 통해 시장 선점이 가능함
 - 최근 제주에서는 과거 국내 터봇 개발 시 가장 큰 애로사항이었던 질병 문제의 해결책을 마련하여 국내는 물론 미국, 중국, 홍콩, 싱가포르 등에 수출하여 새로운 수출대상 양식품목으로 각광을 받고 있으므로 터봇 시장의 선점이 시급함
 - 세계 최대의 터봇 시장인 중국에서는 터봇 양식이 육상양식장의 대표어종으로 자리매김하여 양식되고 있으나 우수한 종묘의 개발은 이루어지지 않아 안정적인 종묘 공급의 문제가 심각하므로 국내에서 우수친어집단 확보를 통한 터봇 종자를 대량생산할 경우 수출경쟁력은 충분할 것으로 예상됨
 - 터봇 종자는 황금넙치 종자와 마찬가지로 현재 대량생산이 급선무이므로 양식기술 개발을 통해 수정란 및 종자생산이 선행되어 일반 터봇 종자를 중화권에 우선적으로 수출하여 잠재 수요시장을 선점할 필요가 있음
 - 이와 동시에 지속적으로 고품질의 터봇 종자를 대량생산하기 위하여 유전자표지를 이용한 첨단 선발육종기술 개발이 진행되어야 함
 - 터봇 양식기술과 선발육종기술은 우리나라가 최고의 기술을 보유하고 있으므로 터봇 친어확보 및 수정란 대량생산 시스템과 선발육종기술로 개발된 터봇 종자는 향후 중화권을 비롯한 세계 수출 시장을 독점적으로 석권할 가능성이 높음

□ 넙치 우량종자의 수출활성화 기술 개발

- 수출시장 특성에 따른 현지 마케팅 전략 수립과 수출시장 양식상황을 고려한 넙치 품종별 현장 적용 실험은 넙치 우량종자를 세계일류 상품으로 수출할 수 있는 체계적인 수출 마케팅 전략의 핵심임
 - 부정확한 마케팅 정보와 복잡하고 변화무쌍한 시장에 일원적으로 접근하는 수출 마케팅 전략에서 탈피하여 넙치 우량종자를 세계일류 상품으로 수출할 수 있는 체계적인 수출 마케팅 전략의 수립이 필요함
 - 특히 기존의 저가 수산물 중심의 수출확대에서 벗어난 프리미엄 브랜드 시장을 겨냥한 브랜드 마케팅 전략을 수립하기 위하여 넙치 우량종자의 체계적이고 과학적인 품질관리를 기반으로 안전성 검정 체계 구축이 필수적임
 - 수출에 대한 안전성 검사 강화는 수출뿐만 아니라 국내소비용으로도 차별화됨으로써 향후 브랜드가치를 높이고 상품경쟁력을 유지하는데 중요한 부분임

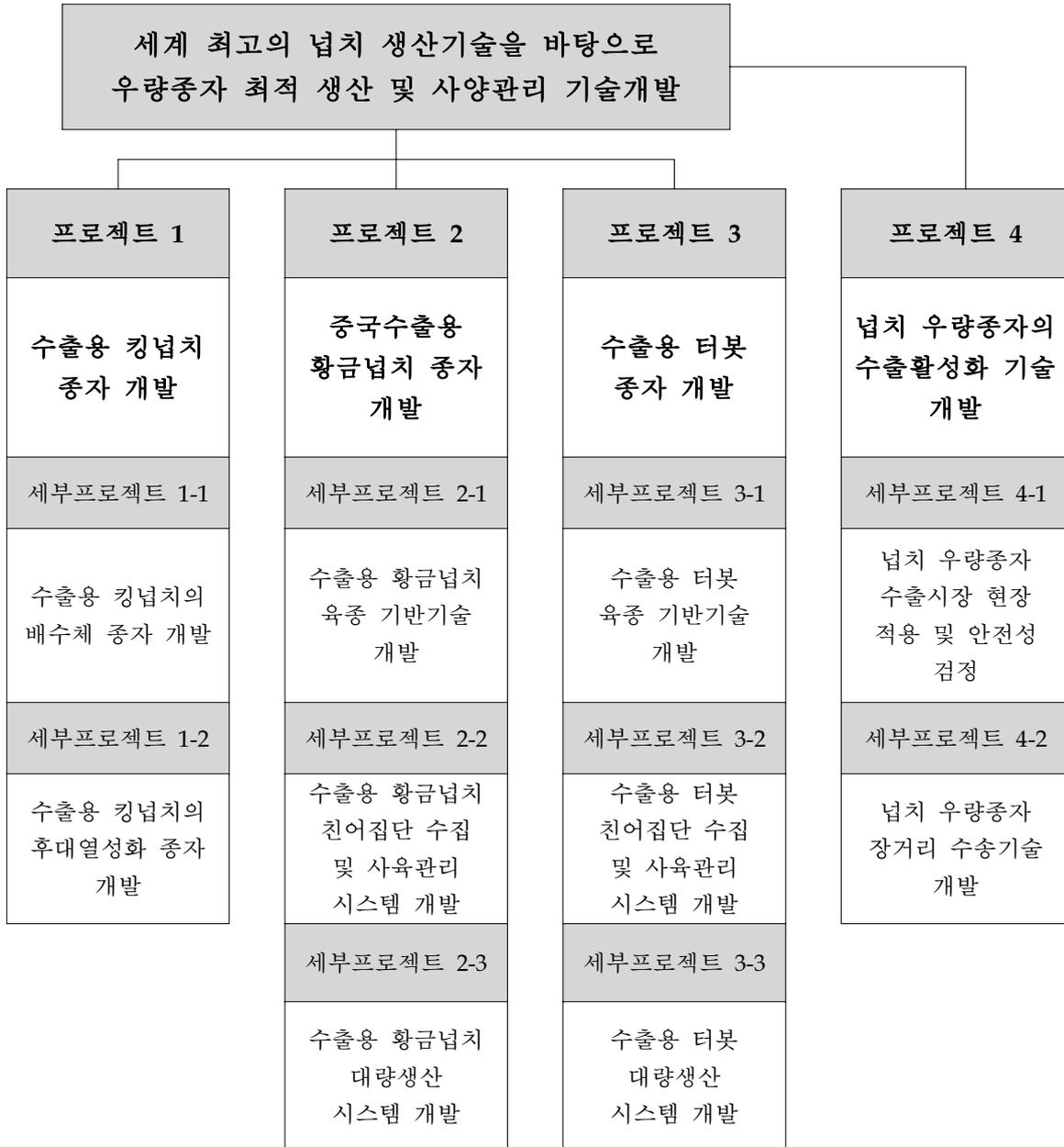
<종자별 기술수준에 따른 목표설정>

품목	기술수준					목표설정
	친어집단 확보	가계생산	대량종자 생산	육종품종	불임화 종자	
킹넙치						불임화 종자 생산
황금넙치						대량생산 시스템 및 육종품종 생산
터봇						대량생산 시스템 및 육종품종 생산

2. 프로젝트 구성 및 내용

<p>1. 수출용 킹넙치 종자 개발</p>	<p>(1) 수출용 킹넙치의 배수체 종자 개발 - 배수체 기술 개발 - 배수체 불임화 품종 대량생산</p> <p>(2) 수출용 킹넙치의 후대열성화 종자 개발 - 후대열성화 유도 기술 개발 - 후대열성화 종자 대량생산</p>
<p>2. 중국 수출용 황금넙치 종자 개발</p>	<p>(1) 중국수출용 황금넙치 분자유종 기반기술 개발 - 육종 원천기술 개발 - 순수혈통 선발 및 가계생산</p> <p>(2) 중국수출용 황금넙치 친어집단 수집 및 사육관리 시스템 개발 - 우량 친어집단 확보 - 최적 사육 시스템 및 사육관리 매뉴얼 개발</p> <p>(3) 중국수출용 황금넙치 대량생산 시스템 개발 - 수정란 및 종묘 대량생산 시스템 개발 - 상품성 검정 체계구축 및 매뉴얼 개발</p>
<p>3. 수출용 터벗(복넙치) 종자 개발</p>	<p>(1) 수출용 터벗(복넙치) 육종기술 개발 - 육종 원천기술 개발 - 가계생산 및 유전능력 평가</p> <p>(2) 수출용 터벗(복넙치) 친어집단 수집 및 사육관리 시스템 개발 - 우량 친어집단 확보 - 최적 사육 시스템 및 사육관리 매뉴얼 개발</p> <p>(3) 수출용 터벗(복넙치) 대량생산 시스템 개발 - 수정란 및 종묘 대량생산 시스템 개발 - 상품성 검정 체계구축 및 매뉴얼 개발</p>
<p>4. 넙치 우량종자의 수출활성화 기술 개발</p>	<p>(1) 넙치 우량종자 수출시장 현장적용 및 안전성 검정 - 마케팅 전략 수립 및 현장적용 시험 - 우량품종의 안전성 검정</p> <p>(2) 넙치 우량종자 장거리 수송기술 개발 - 우량 종자의 수송 기반기술 개발 - 장거리 수송기술 개발</p>

3. 프로젝트 간 연관관계



제4장 품목별 프로젝트 추진체계 및 추진전략

1. 연구 추진체계

가. 산학연관 참여기관별 역할

개발 및 연구내용	연구 주체	참여 시기	참여 형태
친어 사양관리	① 주관 및 협동 연구기관 ② 협력 산업체	1, 2 단계	① 주 ② 부
종자생산 기반연구 및 사육관리 시스템 개발	① 주관 및 협동 연구기관 ② 협력 산업체	1, 2 단계	① 주 ② 부
육종 원천기술 개발	① 주관 연구기관 ② 협동 연구기관	1, 2단계	① 주 ② 부
수출 마케팅 전략 수립	① 주관 연구기관 ② 협력 산업체	1단계	① 주 ② 부
수출 종자의 현지 안전성 검증 및 수송기술 개발	① 주관 및 협동 연구기관 ② 협력 산업체	1, 2단계	① 주 ② 부

2. 연구 추진전략

가. 사업화 추진 전략

(1) 목표시장 및 사업화 대상 종자

목표시장	사업화 대상 품종
중국	속성장, 내병성 넙치, turbot, 황금넙치
남미, 유럽	속성장, 내병성 넙치, turbot

- 중국은 turbot을 제외한 기존의 flat fish에 대한 수요는 상대적으로 낮은 상황이지만, 한국과 일본식의 회 요리에 대한 관심 증가, 흰 살 생선에 대한 기호도 증가 등의 호재 및 전체 수산물 수요의 증가에 따라 중국 시장의 성장이 기대되고 있음.

- Turbot에 대한 선호도가 높지만 중국의 종묘생산 시설이 낙후되어 있고 생산기술 역시 체계화되어 있지 않아 안정적인 공급이 어려운 실정임. 이에 turbot을 GSP 대상 품종으로 선정하여 수요가 확보되어 있는 중국 시장을 공략하고자 함. 이와 함께 시각적인 효과로 인해 중국인들의 관심이 높은 황금넙치(제주도 내의 민간 업체에서 보유 중임)도 GSP 대상 품종으로 선정하여 중국 내 부유층을 대상으로 한 특화상품으로 개발하고자 함.
- 일본의 경우 현지에서 우리나라 넙치는 고가의 어류로 분류되고 있으며 지속적인 수요가 기 확보된 시장이므로 GSP 목표시장에서는 제외하기로 함. 활어 또는 선어 문화가 발달한 한국, 일본을 제외한 서양 대부분의 국가는 대형 흰살 생선을 스테이크용으로 사용함에 따라, 기존 넙치의 성장성을 대폭 향상시킬 경우, halibut, turbot 등의 대체 품종으로서 가격경쟁력 확보를 기반으로 수출이 가능할 것으로 전망됨.
- 페루와 칠레를 포함하는 남미시장은 우리나라 넙치와 유사한 어종이 고급 어종으로 인식되고, 전통적으로 수요량이 높은 시장이므로 기 개발된 킹넙치를 전략품종으로 활용한다면 시장선점이 용이할 것으로 판단됨.

(2) 기술개발 추진 전략

- 단일 품종 기준으로 우리나라의 넙치 육종 관련 기술은 세계 최고 수준으로 판단되고 있지만 전체 넙치류 어종에 대한 육종 기술은 최고 기술수준 보유국인 노르웨이에 비하여 아직까지 상대적으로 기술 수준의 차이는 33% 정도 낮은 것으로 파악됨. 따라서 국내 강점 품종 수출을 위한 종묘의 유전자원 기초 및 안정성 연구, 질병 및 위생관리 등을 중점적으로 개발할 필요가 있음.
- 현재 최고 수준의 생산 능력을 기초로 수출이 가능한 속성장, 내병성 킹넙치 종자 개발과 함께 수출 현지국 자연환경에서의 생존능력을 갖춘 종자 개량 그리고 수출 극대화를 위한 타 종자, 즉 터봇과 같은 대체 가능한 종자 개발이 필요함. 이를 위한 기술개발 추진 주체별 역할을 아래의 표 93에 제시함.

표 93. 넙치 GSP 품종개발과 관련한 기술개발 추진 주체별 역할

기술개발 주체	역 할
산·학·연	속성장 우량종자 생산 및 관리, 내병성 종자생산을 위한 육종 종자 세대 관리 이력관리를 통한 종자 생산·유통 시스템의 안정적 운영
학·연	유전적 다양성 집단 확보, 육종 종자 가계도 작성 및 유전 능력 연구
산·연	신품종 넙치에 대한 기업의 적극적인 도입 및 생산 기술 연구 수출 인프라 및 테스트 마켓 구축·운영방안 연구

(3) 사업화 추진 방안

- 현재 넙치 종자의 사업화는 보편적으로 국립수산물과학원 등의 연구기관에서 민간에 기술을 이전하거나 종자를 직접 공급하는 형태로 시작되고 있어 전체 종자 유통 프로세스가 확립되어 있지 않은 상황임.
- 향후 종자생산 기술 및 사양관리 기술이 민간으로의 보급이 원활하게 이루어진 이후에 본격적으로 종자 생산 업체들이 등장할 것으로 전망됨. 한편 일부 민간 업체에 의해 넙치 양식 종자가 생산되고 있으나, 현재의 유통 구조상 전량 국내 시장에서 사업이 진행되고 있음.
- 넙치의 종자 수출을 위해서는 민간 법인 기업들을 주체로 하여 종자의 생산에서 유통, 해외 시장 진출 타진까지 아우르는 통합된 가치사슬이 구현 가능한 규모의 기업이 필요함. 따라서 국내 법인기업 중, 현재까지 개발된 연구 성과를 적극적으로 받아들일 수 있는 민간 법인기업에 대하여 수출 지원을 진행하는 방식으로 넙치 종자의 수출을 타진하는 것이 가장 합리적일 것으로 판단됨.
- 또한 넙치를 포함하여 수산분야 품목의 경우, 종자의 수출 이후 각국의 해양환경의 특성이 상이한 관계로 수출 대상 국가의 해양환경에 적합한 생존능력을 갖춘 종자를 수출해야 함. 따라서 중점 수출 대상 국가에 대한 생존능력에 대한 테스트를 진행할 수 있는 민간기업 및 개인육종가를 선별하고, 해외 진출에 대한 지원이 마련되어야 함. EU 국가에 종자를 수출하기 위해서는 EU 내에 법인 설립이 필수적으로, 먼저 테스트 마켓을 설정하고 시범적으로 기업을 진출하는 것이 필요함.

3. 성과지표 설정 방안

1) 최종 성과지표

- Golden Seed 프로젝트는 종자 산업화라는 뚜렷한 목표를 가지고 있는 사업으로 산업화 및 수익성이 있는 성과를 핵심성으로 함.
 - 농업분야 이외의 연구의 특수성을 감안, 운영본부장의 의지 또는 사업내용의 다양성 등을 고려하여 운영본부장이 추후 운영본부 사업추진체계 유형을 일괄적용보다 특수성에 부합되도록 성과평가지표를 수립, 적용 추진.
 - 예를 들어, 각 분야별 종자산업 특수성을 고려하여 성과지표를 차별성있게 설정함으로써 공정성 기여 및 과제특성에 따른 차별화 전략 추진. 프로젝트 종료 후 5년 뒤에 운영본부 연구개발성과에 대한 추적조사를 통하여 운영본부 성과에 대한 종합 평가를 실시.
 - 제 3자 평가를 통하여 운영본부 추진 성과에 대하여 객관적인 평가를 실시.
- 추적평가의 기준
 - 본 사업의 목표에 부합하는 산출물이 얼마나 개발 되었는가
 - 과학기술적 사회경제적 파급효과
 - 대표적 성공사례의 발굴
 - 기업주도의 중장기 기술개발사업 운영관리에의 시사점
- 평가결과의 활용방안
 - 미래 국가연구개발사업의 기획 추진에 활용
 - 미활용 기술의 발굴 및 기술 활용 애로요인 분석
 - 국가 R&D사업 추진에 대한 설명 자료로 활용
 - 성공사례 발굴 및 홍보

분류		성과지표	산출근거
핵심성과지표	국내외 신제품 등록		신제품 개발 건수
	우수 글로벌 종자개발		넙치종자 수출액 기준
	우수 종자 해외 수출		
기타성과지표	글로벌 기업 육성		글로벌 기업 육성 수
	특허등록		특허 출원 등록 건수
	학술논문 발표		SCI 논문 발표 건수
	기술이전		기술이전 건수
	기술지도		기술지도 건수
	국제협력		MOU 체결건수, 국제협력 기여도
	국제공동연구 및 국제사업 참여		국제공동연구 건수
	인력양성(육종가 등)		육종인력수, 육종인력 양성 기여도

2) 단계별 성과지표

예상성과항목		1단계	2단계	총계	주요 고려사항	
공 통 지 표	종자개발 건수	7		7		
	품종등록 건수	국내				
		국외				
	종자 수출액	\$1,400,000	\$8,600,000	\$10,000,000		
	수입대체 효과					
	국내논문	SCI				
		등재학술지	17	17	34	
	국외논문	SCI	16	16	32	
		비SCI				
	국내특허	출원	10	4	14	
		등록	10	4	14	
	국제특허	출원		3	3	
		등록		3	3	
	매출액	국내				
국외						
기술이전		10	10			
특 성 지 표	인력양성	50	50	100		
	기반구축 실적	10	10	20		
	D/B 구축					
	분자마커					
	유용유전자					

4. 연구개발 소요예산

(단위 : 억원)

프로젝트명 세부프로젝트명	구분 연구기간	1단계				2단계					총계
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
수출용 킹넙치 종자개발 세부프로젝트 1-1 수출용 킹넙치의 배수체 종자 개발	정부	1.2	3	3	2	3	3	2	2	2	21.2
	민간	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	합계	1.2	3	3	2	3	3	2	2	2	21.2
수출용 킹넙치 종자개발 세부프로젝트 1-2 수출용 킹넙치의 후대열성화 종자 개발	정부	1.3	2	2	2	2	2	2	2	2	17.3
	민간	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	합계	1.3	2	2	2	2	2	2	2	2	17.3
중국수출용 황금넙치 종자개발 세부프로젝트 2-1 중국수출용 황금넙치 분자유종 기반기술 개발	정부	1.5	3	2	2	2.13	2.28	2.18	2.18	2.18	19.45
	민간	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	합계	1.5	3	2	2	2.13	2.28	2.18	2.18	2.18	19.45
중국수출용 황금넙치 종자개발 세부프로젝트 2-2 중국수출용 황금넙치 친어집단 수집 및 사육관리 시스템 개발	정부	1.31	3	2	2	2	2	2	2	2	18.31
	민간	1.1	1	1	0.9	1	1	1	1	1	9
	합계	2.41	4	3	2.9	3	3	3	3	3	27.31
중국수출용 황금넙치 종자개발 세부프로젝트 2-3 중국수출용 황금넙치 대량생산 시스템 개발	정부	0	2.21	2.26	2.4	2.13	2	2	2	2	17
	민간	0	1.9	1.5	1	1	0.9	1	0.9	1.5	9.7
	합계	0	4.11	3.76	3.4	3.13	2.9	3	2.9	3.5	26.7
수출용 터벗 종자개발 세부프로젝트 3-1 수출용 터벗 육종기술 개발	정부	1.5	3	3	3	3	3	2.18	2.18	2.18	23.04
	민간	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	합계	1.5	3	3	3	3	3	2.18	2.18	2.18	23.04
수출용 터벗 종자개발 세부프로젝트 3-2 수출용 터벗 친어집단 수집 및 사육관리 시스템 개발	정부	1.5	3.5	3	3	2	2	2	2	2	21
	민간	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
	합계	2.5	4.5	4	4	3	3	3	3	3	30
수출용 터벗 종자개발 세부프로젝트 3-3 수출용 터벗 대량생산 시스템 개발	정부	0	3	2.2	2.4	3	2.28	2	2	2	18.88
	민간	0	2	1.4	1	0.9	1	0.9	1	1.4	9.6
	합계	0	5	3.6	3.4	3.9	3.28	2.9	3	3.4	28.48
넙치 우량종자의 수출활성화 기술 개발 세부프로젝트 4-1 넙치 우량종자 수출시장 현장 적용 및 안전성 검증	정부	0	0	1	1	1	1	2	2	2	10
	민간	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	합계	0	0	1	1	1	1	2	2	2	10
넙치 우량종자의 수출활성화 기술 개발 세부프로젝트 4-2 넙치 우량종자 장거리 수송기술 개발	정부	0	0	1	1	1	1	2	2	2	10
	민간	0	0	1	1	1	1	1	1	1	7
	합계	0	0	2	2	2	2	3	3	3	17
총합	정부	8.31	22.71	21.46	20.8	21.26	20.56	20.36	20.36	20.36	176.18
	민간	2.1	5.9	5.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	5.9	44.3
	합계	10.41	28.61	27.36	25.7	26.16	25.46	25.26	25.26	26.26	220.48

5. 품목 총괄로드맵

단계별 목표		1단계				2단계					최종목표
		우량종자 생산 기반 구축				우량종자 대량생산 시스템 구축					세계최고의 넙치 생산기술을 바탕으로 우량종자 최적 생산 및 사양관리 기술개발
중점연구영역		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	프로젝트 목표
수출용 킹넙치 종자개발	수출용 킹넙치의 배수체 종자 개발	배수체 기술 개발				킹넙치 배수체 종자 대량생산 시스템 구축					킹넙치 종자의 재생산 방식을 위한 수출용 종자 개발 및 산업화 라인 구축
	수출용 킹넙치의 후대열성화 종자 개발	후대 열성화 유도 기술 개발				킹넙치 후대열성화 종자 대량생산 시스템 구축					
중국수출용 황금넙치 종자개발	중국수출용 황금넙치 분자유종 기반기술 개발	분자유종 원천기술 개발				순수혈통 선발 및 가계생산					고급 수요맞춤형 황금넙치 종자 개발 및 육종 원천기술 개발
	중국수출용 황금넙치 친어집단 수집 및 사육관리 시스템 개발	우량 친어집단 확보				최적 사육 시스템 및 사육관리 매뉴얼 개발					
	중국수출용 황금넙치 대량생산 시스템 개발		수정란 및 종자 대량생산 시스템 개발			상품성 검정 체계구축 및 매뉴얼 개발					
수출용 터보 종자개발	수출용 터보육종기술 개발	육종 원천기술 개발				가계생산 및 유전능력 평가					수출전략형 우량 터보 종자 개발 및 육종 원천기술 개발
	수출용 터보 친어집단 수집 및 사육관리 시스템 개발	우량 친어집단 확보				최적 사육 시스템 및 사육관리 매뉴얼 개발					
	수출용 터보대량생산 시스템 개발		수정란 및 종자 대량생산 시스템 개발			상품성 검정 체계구축 및 매뉴얼 개발					
넙치 우량종자의 수출활성화 기술 개발	넙치 우량종자 수출시장 현장 적용 및 안전성 검정		마케팅 전략 수립 및 현장적용 시험			우량종자의 안전성 검정				우량종자의 현지 수출 마케팅 전략 수립	
	넙치 우량종자 장거리 수송기술 개발		우량 종자의 수송 기반기술 개발			장거리 수송기술 개발				수출시장 다변화 및 수출경쟁력 확보	

6. 성과 확산 방안

① 민간 주도의 사업 추진

- 산업화 역량을 강화하기 위해서 민간주도의 종자 개발 및 보급체제를 구축할 수 있도록 지원함.
 - 연구기관 또는 대학이 보유하고 있는 기술 및 인프라가 해외시장 진출이 가능한 민간 기업으로 기술이전 되도록 지원함.
 - 대학 또는 기관이 기술개발을 추진하는 경우에도 창업계획이 있는 경우 지원을 통해 육성함.
 - 본 사업에서 개발되는 종자, 기술 등 성과에 대해서는 해당 프로젝트에 참여한 기업이 우선권을 행사할 수 있도록 하며 분자마커, 육종기술 등 기초연구 성과는 타 연구개발에 연계 지원할 수 있도록 함.
 - 기초연구성과는 우수종자를 지속적으로 개발하는데 활용이 가능한 성과로 타 종자 개발에 활용을 통한 지속적인 수익창출용 종자개발이 가능함.

② 산업화 지원 사업과의 연계

- GSP 종자 개발에 성공한 경우, 평가를 통해 종자생산 및 보급을 위한 시설 및 산업화 지원 사업과 연계함
 - GSP에서는 종자 수출을 달성하기 위한 우수 종자를 개발하고 이를 민간 종자 생산과의 연계를 지원함

7. 사업화 및 수출 확대전략

① 과거의 수산물 수출 전략 특징

- 지역, 민족, 문화 등 사전 시장조사 없는 무모한 수출 추진
 - 세계를 단순히 하나의 시장으로 접근하여 동일한 수출마케팅 추진에 의한 실패
 - 코트라, aT, 수산물무역협회 등 공적 지원기관 활용 미흡
 - 이로 인한 부족하고 부정확한 마케팅 정보로 시장개척 한계
 - 국가별, 계층별 현지 시장정보 등의 D/B 부재
- 소규모 업체의 각개전투방식의 수출 마케팅
 - 열심히만 하면 된다는 비과학적인 마케팅 전략으로 부부/가족 중심의 소규모 업체, 보따리 장사 방식의 수출 추진으로 인한 실패.
 - 정부나 수출 지원단체와 연계없이 미지의 시장 진출에 따른 실패
- 식품박람회 위주의 수출진흥 노력
 - 복잡하고 변화무쌍한 시장에 일원적 접근
 - 연간 1, 2회의 식품박람회에서 수출수주에는 한계가 있음
 - 연중 수출 바이어를 활용할 수 있는 체제 구축 없이 미지의 식문화를 개척하려는 무모한 노력으로 인한 실패

○ 노브랜드로 세계시장(중국프리미엄) 진출 노력

- 기존의 저가 수산물 중심의 수출확대 한계
- 안전, 안심할 수 있는 프리미엄 브랜드 시장을 겨냥한 브랜드 마케팅 전략 부재

② 수출 전략화의 필요성

○ 우리나라의 수산업 세력은 지속적으로 약화 추세에 있으며 어촌사회의 중심산업에서 이탈해 있음.

- 총 어가, 어가인구, 어업종사자 감소 추세
- 국내생산 부족, 수입증가, 무역적자 확대
- 고령화, 후계인력 충원 부족, 스마트 산업화 노력 부족
- 생산 중심 산업으로서 한계, 부가가치 제고 노력 미흡, 지역경제중심산업에서 이탈에 실패

○ 수산업의 6차 산업화

- 그 동안 수산업은 1차 산업으로서의 한계 극복을 위한 노력 미흡
- 그러나 수산 종자 수출전략 산업화, 1, 2, 3차 산업을 아우르는 융복합 산업화를 통해 미래 수산업의 새로운 가치 창출이 가능할 것임

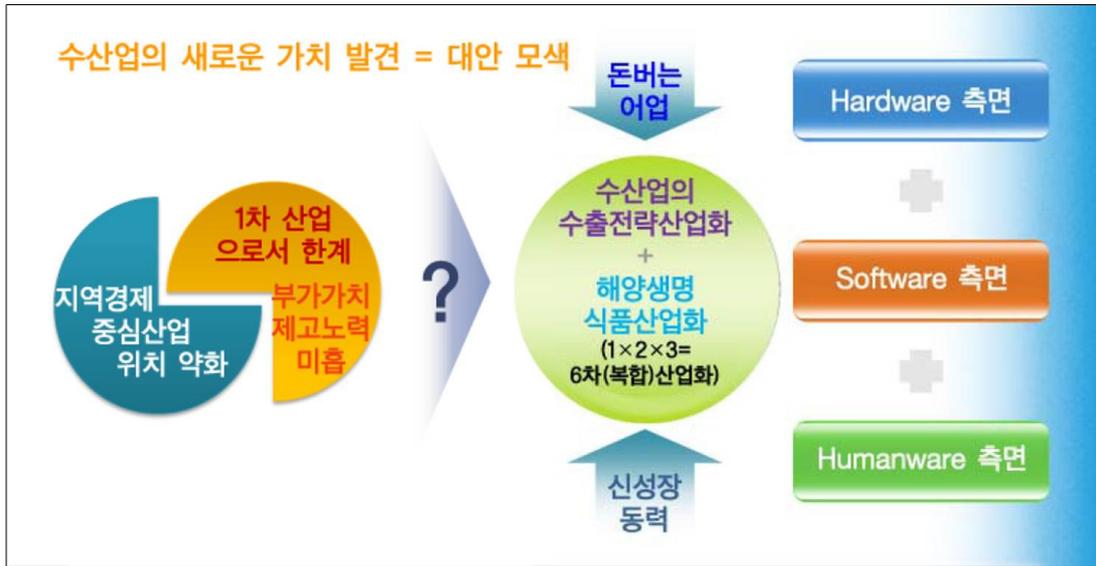


그림 43. 미래 수산업의 6차 산업화 모식도.

④ 수출 확대 전략

○ 수출 전략 지역 선정

- 일본: 2011년 자연재해로 인한 안전하고 품질 높은 수산물 수입 증대가 예상됨

중국: 세계 경제 불확실성 속에서도 해산 수산물 수입 증대 예상됨

유럽: 2012년 경제 위기가 식품소비 증가에 부정적인 영향을 미쳤으나, 전통적으로 넓은 저변의 수산물 소비시장이 형성되어 있음

미국: 재정절벽 해소에 따라 기능성 식품 소비 증가와 함께 식품안전관리 비중 강화가 예상

신흥개도국: 경제성장의 영향으로 식품소비 증가와 웰빙식품 수입 증가가 예상

- 대상국가 선정 후 전략 지역 선정 및 우선순위 결정(그림 33)

○ 마케팅 전략 계층 공략

- 국가별 계층별 단기+장기 공략 필요
- 제품의 우수성 및 가격, 가공용 원료어 등 감안시 소비층 한정됨
- 단기: 고차가공업자, 고소득층 겨냥

장기: 중소득층 확산

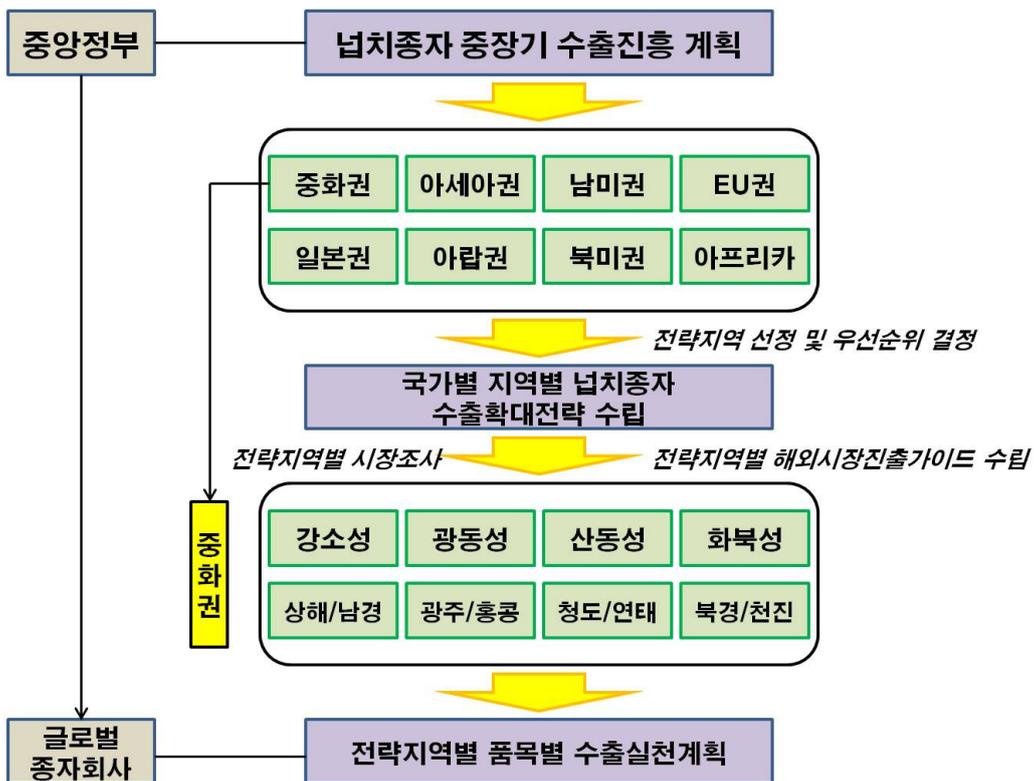


그림 44. 중국을 예시로 한 넙치종자 종장기 수출 확대 전략 flow chart

○ 수출 기반 강화 지원

- : 개발된 종자의 수출 기반을 강화하기 위해서 해외시장 동향조사, 국제협력, 해외 인허가 대응 방안 등에 대한 지원을 강화
- 운영본부 내 수출전략팀과 사업단 산하에 전략위원회를 구성하고 종자 수출과 관련된 모든 사항에 대해서 지원함
 - 수출전략팀은 GSP 내에서 수행되는 수출 및 해외 진출 관련 모든 사항을 지원함
 - 산업화 전략위원회는 품목별 또는 기술별로 구성하며 사업단 내에서 추진되는 모든 연구에 대해서 전략수립 및 자문을 수행함
 - 종자 수출 산업화를 위한 목표시장에 대한 기초자료 확보 및 지원/해외 목표시장 동향 및 수요조사, 수출 마케팅 활로를 위한 전략기획 등을 지원하며 해외 적응성 연구 등 사업단에서 추진하는 수출 개척 연구를 지원함
 - 수출을 위한 인허가 및 품종 등록 등 법/제도적 측면에서 지원함
 - 종자 개발 후 현지 비즈니스 파트너 발굴 지원 및 국제협력 등을 적극 지원함
 - 전문기업에 의한 해외시장조사 및 개척을 위한 컨설팅 서비스를 제공받을 수 있도록 시스템을 정비함

제5장 프로젝트별 세부기획

제1절. 수출용 킹넙치 종자 개발

1. 연구개발 목표

- 미래 성장 동력으로서 중요한 수산양식 산업의 국내 여건은 안타깝게도 그리 밝은 것만은 아니다. 국내 어류양식 산업의 문제점으로는, WTO 및 FTA 체결 이후 저가의 외국 활어의 대량 수입으로 국내 양식 수산물의 가격 경쟁력이 급속하게 약화되고 있으며, 증산 목적의 양식어장 확대 및 양식 수산물 재고 증가로 인한 일부 편중된 어종의 과잉 공급 현상이 지속되고 있음.
- 또한 사료비, 인건비 등의 생산비용 증가에 따른 원가 상승, 질병 문제, 양식시설 노후화 등의 고비용 저효율의 생산구조가 유지되고 있을 뿐만 아니라 활어를 선호하는 소비패턴의 고착화와 경기침체에 따른 소비 위축 등의 악순환이 되풀이되고 있음.
- 이러한 문제점을 해결하기 위해 국립수산과학원에서는 “양식 경쟁력 강화를 위한 4대 핵심기술 연구개발 사업”을 2004년부터 추진해 왔으며 상기의 4대 핵심기술은 친환경 고품질 배합사료 개발, 질병 예방백신 개발, 양식시설 자동화 그리고 육종을 통한 우량 품종 개발을 포함함.
- 연간 약 5만 톤이 생산되며 우리나라 해산어류 양식의 50%를 차지하는 넙치 양식 산업은 그 시장 규모가 1조원이 넘는 매우 중요한 산업이지만 현재 넙치 양식 산업은 지속적인 생산 단가의 상승, 값싼 수입 활어의 증가 등으로 인해 점차 경쟁력을 상실하여 가고 있는 실정임.
- 특히 넙치양식 산업은 지난 20년 동안 양적 성장 위주의 사육기술 개발에만 치중하여 경쟁력 있는 고부가가치의 우량품종의 개발은 미흡하였고, 체계적이지 못한 친어 집단의 관리 및 유전학적 다양성 축소로 인해 양식 생산성 향상이 한계에 도달하였음.
- 생물종의 유전적 다양성이 감소되면 집단의 근친도의 증가와 열성 형질의 발현으로 이어지고 이에 따른 성장 저하, 빈번한 질병 발생, 기형 발생 증가 등의 외적 표현

으로 나타나게 되고 결국은 집단 크기가 줄어들거나 극단적인 경우에는 멸종에 이를 수도 있는 결과가 초래됨.

- 따라서 넙치 양식 산업을 지속적으로 발전시키기 위하여 고부가가치의 신품종개발이 시급하므로 육종기술에 의한 우량 품종을 개발하고 지속적이고 안정적인 가계생산을 통해 형질을 개선하는 첨단육종 기술의 확보가 필요함.
- 국립수산물과학원 육종연구센터에서는 2004년부터 특성화된 꾸준한 연구를 통해 유전자 표지를 이용하여 유전적 다양성 및 유연관계에 기초한 분자선발육종기술을 통하여 성장이 빠르고 체형이 개선된 신품종 넙치를 개발하였고 2010년부터 수정란 분양도 수행하고 있음.
- 본 프로젝트에서는 킹넙치 종자의 재생산 및 기술유출 방지를 위한 수출용 불임화 종자개발을 목표로 다음의 단계별 목표를 설정하고자 함.
 - 킹넙치 종자의 재생산 방지를 위한 후대열성화 및 배수체 유도기술 개발(1단계)
 - 킹넙치 불임화 종자의 경제형질의 육종효율 및 후대생산 효율성 분석(2단계)
 - 킹넙치 배수체 종자의 체계적 생산 및 불임화 효율성 분석(2단계)
 - 킹넙치 불임화 종자의 친어집단 생산 및 산란조절 기술 개발(2단계)

2. 연구개발 필요성

- 불임화 처리를 하지않은 킹넙치 종자를 수출할 경우 해당 수입국가에서 재생산을 목적으로 양성 후 친어로 사용하여 자체 종묘생산을 하거나 독자적인 육종기술 확보를 위하여 킹넙치를 이용할 가능성이 높음.
- 이러한 경우, 국가 차원에서 장기간에 걸쳐 축적된 핵심 육종기술의 유출, 타 국가와의 경쟁 심화 그리고 국내 넙치 양식 산업에 타격을 줄 수 있는 역수입 등의 악순환으로 이어질 수 있는 가능성이 있음.
- 따라서 재생산 및 육종기술의 유출을 사전에 방지하기 위하여 재생산이 불가능한 품종으로 전환시키는 불임화 기술(termination)을 확보할 필요가 있음.

3. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

- 본 프로젝트는 외국으로 종자를 수출하기 위한 종자의 불임화 확립이 목적이며 킹넙치를 대상으로 수행한 불임 연구는 전무한 실정임.
- 또한 근친 친어와 배수체 친어 집단을 이용하여 수출용 불임화 킹넙치 종자를 체계화하는 것은 독창성이 높은 것으로 판단됨.

4. 프로젝트 추진체계 및 추진전략

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용	연구범위
1단계	2013	킹넙치 종자의 재생산 방지를 위한 불임화 종자 개발	킹넙치 종자의 재생산 방지를 위한 후대열성화 및 배수체 유도기술 개발	- 가계내 교배를 통한 근친가계 생산 및 사육관리
	2014			- 근친도에 따른 후대생산 효율성 분석 및 최적의 근친조건 확보
	2015			- 염색체 공학기술을 이용한 킹넙치 종자의 3배체 및 4배체 유도
	2016			- 배수체 유도를 위한 유도인자 개발 및 최적 조건 확보
2단계	2017	불임화 종자의 대량생산	킹넙치 종자의 후대열성화 및 배수체 친어집단 생산 및 산란조절기술 개발	- 배수체 유도에 따른 킹넙치 종자의 성숙속 기작 분석
	2018			- 불임화 종자 생산을 위한 후대열성화 및 배수체 친어집단 생산 및 사육관리 기술 개발
	2019			- 근친화 및 배수체 친어집단의 산란조절을 통한 불임화 종자의 대량생산 시스템 개발
	2020			
	2021			

가. 프로젝트의 추진전략

- 페루와 칠레를 포함하는 남미시장은 우리나라 넙치와 유사한 어종이 고급 어종으로 인식되고, 전통적으로 수요량이 높은 시장이므로 기 개발된 킹넙치를 전략 종자로 활용한다면 시장선점이 용이할 것으로 판단됨.

- 따라서 기 개발된 킹넙치 종자를 불임처리 시킨 수출용 라인을 구축하여 넙치에 대한 전통적인 수요가 존재하는 남미시장을 개척하고자 함.
- 이를 위해 선발육종으로 성장이 30% 이상 빠르고 체형이 개선된 킹넙치 종자를 해외에 수출하기 위하여 재생산 및 기술유출 방지가 선행되어야 하며 킹넙치 종자의 후대열성화 및 배수체 불임 종자를 개발하여 남미시장에 진출하고자 함.
- 본 연구팀에서는 2013년부터 시작되는 연구 사업을 2단계로 구분하여 사업을 추진해 나갈 예정이다. 사업 1단계에는 후대열성화/배수체 유도기술을 개발하고 사업 2단계에는 1단계에서 개발된 기술을 바탕으로 후대열성화/배수체 친어집단 생산과 불임화 종자 대량생산 시스템을 구축함.
- 현재 넙치 품종 개발 기술은 우리나라가 세계최고 수준의 기술력과 우량 육종 품종을 보유하고 있으므로 불임화된 우량넙치 종자를 수출할 경우 향후 세계 넙치 시장을 석권할 가능성이 높음.

나. 프로젝트의 추진체계

- 킹넙치 종자의 재생산 방지를 위한 후대열성화/배수체 유도 기술 개발
 - 가계 내 교배를 통한 근친가계 생산 및 사육관리
 - 염색체 공학기술을 이용한 3배체 및 4배체 유도 기술 개발
- 킹넙치 종자의 불임화 효율성 분석
 - 후대열성화 종자의 육종효율 및 후대생산 효율성 분석
 - 배수체 종자의 성숙 기작 및 후대생산 가능성 분석
- 킹넙치 종자의 불임화 친어집단 생산 및 대량생산 시스템 구축
 - 후대열성화 친어집단 생산 및 산란조절을 통한 불임화 종자 대량생산
 - 배수체 친어집단 생산 및 산란조절을 통한 불임화 종자 대량생산

5. 프로젝트 Micro 로드맵

단계별 목표		1단계				2단계					최종목표
		우량종자 생산 기반 구축				우량종자 대량생산 시스템 구축					세계최고의 넙치 생산기술을 바탕으로 우량종자 최적 생산 및 사양관리 기술개발
중점연구영역		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	프로젝트 목표
수출용 킹넙치 종자개발	수출용 킹넙치의 배수체 종자 개발	배수체 기술 개발				킹넙치 배수체 종자 대량생산 시스템 구축					킹넙치 종자의 재생산 방지를 위한 수출용 종자 개발 및 산업화 라인 구축
	수출용 킹넙치의 후대열성화 종자 개발	후대 열성화 기술 개발				킹넙치 후대열성화 종자 대량생산 시스템 구축					

6. 세부프로젝트 추진계획

1) 세부프로젝트 1-1

수출용 킹넵치의 배수체 종자 개발

(1) 세부프로젝트 도출 배경

- 불임화 처리를 하지 않은 킹넵치 종자를 수출할 경우 해당 수입국가에서 재생산을 목적으로 양성 후 친어로 사용하여 자체 종묘생산을 하거나 독자적인 육종기술 확보를 위하여 킹넵치를 이용할 가능성이 높음.
- 이러한 경우, 국가 차원에서 장기간에 걸쳐 축적된 핵심 육종기술의 유출, 타 국가와의 경쟁 심화 그리고 국내 넵치 양식 산업에 타격을 줄 수 있는 역수입 등의 악순환으로 이어질 수 있는 가능성이 있음.
- 따라서 재생산 및 육종기술의 유출을 사전에 방지하기 위하여 재생산이 불가능한 종자로 전환시키는 불임화 기술(termination)을 확보할 필요가 있음. 이를 위해 근친 교배를 통한 킹넵치 불임품종을 개발하고자 함.

(2) 세부프로젝트 최종 목표

- 킹넵치 종자의 재생산 및 기술유출 방지를 위한 수출용 불임화 종자 개발
 - 킹넵치 종자의 재생산 방지를 위한 배수체 유도기술 개발
 - 킹넵치 배수체 종자의 체계적 생산 및 불임화 효율성 분석
 - 킹넵치 불임화 종자의 친어집단 생산 및 산란조절기술 개발

(3) 세부프로젝트의 추진방법 및 전략

- 킹넵치 종자의 재생산 방지를 위한 배수체 기술 개발
 - 염색체 공학기술을 이용한 킹넵치 종자의 3배체 및 4배체 유도 기술 개발
 - 배수체 유도를 위한 유도인자 개발 및 최적 조건 확보

- 킹넙치 종자의 배수체 유도에 따른 불임화 효율성 분석
 - 배수체 유도에 따른 킹넙치 종자의 성숙속 기작 분석
 - 배수체 불임화 킹넙치 종자의 후대생산 가능성 분석
- 킹넙치 종자의 배수체 불임화 친어집단 생산 및 산란조절기술 개발
 - 불임화 종자 생산을 위한 배수체 친어집단 생산 및 사육관리 기술 개발
 - 배수체 친어집단의 산란조절을 통한 불임화 종자의 대량생산 시스템 개발

(4) 세부프로젝트 성과지표 설정 방안

예상성과항목		1단계	2단계	총계	주요 고려사항
공 통 지 표	종자개발 건수	1		1	
	품종등록 건수	국내			
		국외			
	종자 수출액	\$200,000	\$800,000	\$1,000,000	
	수입대체 효과				
	국내논문	SCI			
		등재학술지	1	1	2
	국외논문	SCI	1	1	2
		비SCI			
	국내특허	출원	1		1
		등록	1		1
	국제특허	출원		1	1
등록			1	1	
매출액	국내				
	국외				
기술이전		1	1		
특 성 지 표	인력양성	5	5	10	
	기반구축 실적	1	1	2	
	D/B 구축				
	분자마커				
	유용유전자				

(5) 세부프로젝트 최적 연구진 구성안

수산물 육종분야 전문가 그룹이 소속된 국가연구기관

수산물 번식관련 전문가 그룹이 소속된 대학 또는 국가연구기관



(6) 세부프로젝트 예산

세부프로젝트명	구분	1단계				2단계1					총계
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
수출용 킹넙치의 배수체 종자 개발	정부(억원)	1.2	3	3	2	3	3	2	2	2	21.2
	민간(억원)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	합계	1.2	3	3	2	3	3	2	2	2	21.2

(7) 종자개발을 통한 수출증대 및 수입대체 전략

- 수출용 킹넙치 종자 개발을 통해 넙치 종자생산업이 고부가가치 양식 산업으로 활성화되고 해외진출 확산과 국내 넙치의 국제경쟁력의 우위를 선점하는데 기여할 것으로 기대됨.
- 육종 품종의 지속적인 개발에 따른 육종효율 증가로 생산단가는 지속적으로 하락할 것으로 기대됨.

- 수출용 킹넙치 종자의 경우 칠레와 페루를 중심으로 2021년 기준 킹넙치 종자를 전세계에 300만미 수출하여 30억(미당 1,000원)원에 이를 전망이다.
- 킹넙치 수출 목표는 수출 대상국의 넙치류 수요량의 약 0.2%인 것으로 전망됨.

구분	수출량(만 미)			수출 대상국 넙치류 수요량(만 미)			넙치류 수요량 대비 수출량 비중(%)		
	1단계	2단계	합계	1단계	2단계	합계	1단계	2단계	합계
킹넙치	40	260	300	47,915	74,956	12,2871	0.1	0.3	0.2

- 주 : 1) 킹넙치 수출 대상국은 중국과 남미(페루, 칠레, 브라질)국가에 한정하였음.
 2) 수출 대상국 넙치류 수요량은 대상국별 넙치류 공급량을 이용하여 산출하였음. 단, 페루와 칠레의 경우 하역량 자료와 생산량 자료 이용함(국가별 넙치류 수급동향 자료 참조).
 3) 수출 대상국 넙치류 수요량의 물량 환산에 있어 성어 1미당 1kg으로 가정함.

(8) 세부프로젝트 사업제안요구서(RFP)

프로젝트명	수출용 킹넙치 종자개발		
세부 프로젝트명	수출용 킹넙치의 배수체 종자 개발		
연구 기간	2013 ~ 2021 (9년)	연구비 지원범위	총 2120백만원(9년, 정부2120, 민간 0)
과제 성격	<input checked="" type="checkbox"/> 실용화기술(통합형과제)		<input type="checkbox"/> 실용화기술(개별과제)
	<input type="checkbox"/> 원천기술		<input type="checkbox"/> 공공기반기술
연구 개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 최종목표 : 킹넙치 종자의 재생산 및 기술유출 방지를 위한 수출용 불임화 종자 개발 ○ 세부프로젝트목표 <ul style="list-style-type: none"> - 킹넙치 종자의 재생산 방지를 위한 배수체 유도기술 개발 - 킹넙치 배수체 종자의 체계적 생산 및 불임화 효율성 분석 - 킹넙치 불임화 종자의 친어집단 생산 및 산란조절기술 개발 		
연구 필요 성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 킹넙치 종자를 수출할 경우 해당국가에서 재생산을 목적으로 친어로 사용하거나 독자적인 육종기술 확보를 위하여 킹넙치를 이용할 가능성이 높음 ○ 따라서 재생산 및 육종기술의 유출을 사전에 방지하기 위하여 재생산이 불가능한 종자로 전환시키는 불임화 기술(termination)을 확보할 필요가 있음 		
주요 연구 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 킹넙치 종자의 재생산 방지를 위한 배수체 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 염색체 공학기술을 이용한 킹넙치 종자의 3배체 및 4배체 유도 기술 개발 - 배수체 유도를 위한 유도인자 개발 및 최적 조건 확보 ○ 킹넙치 종자의 배수체 유도에 따른 불임화 효율성 분석 <ul style="list-style-type: none"> - 배수체 유도에 따른 킹넙치 종자의 성성숙 기작 분석 - 배수체 불임화 킹넙치 종자의 후대생산 가능성 분석 ○ 킹넙치 종자의 배수체 불임화 친어집단 생산 및 산란조절기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 불임화 종자 생산을 위한 배수체 친어집단 생산 및 사육관리 기술 개발 - 배수체 친어집단의 산란조절을 통한 불임화 종자의 대량생산 시스템 개발 		
시장 전망 및 기대 효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 염색체 공학을 이용한 배수체 불임화 기술로 재생산 및 육종기술 유출 방지 ○ 킹넙치 종자의 재생산이 불가능하므로 우량넙치 품종의 지속적인 대외수출 가능 ○ 수입국의 자체적인 기술 확보를 미연에 방지함으로써 우리나라의 지속적인 종자국 지위 확보 		
자격 및 신청 요건	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연구기관 자격 : 수산생물 염색체공학 전문가 그룹이 소속된 국가연구기관 또는 대학교, 육종관련 민간기업 ○ 신청 요건 : ○ 기타 사항 : 		
Keyword	한 글	킹넙치, 염색체 공학, 배수체, 불임화	
	영 문	King Nupchi, Chromosome Engineering, Polyploid, Termination	

2) 세부프로젝트 1-2

수출용 킹넙치의 후대열성화 종자 개발

(1) 세부프로젝트 도출 배경

- 불임화 처리를 하지 않은 킹넙치 종자를 수출할 경우 해당 수입국가에서 재생산을 목적으로 양성 후 친어로 사용하여 자체 종묘생산을 하거나 독자적인 육종기술 확보를 위하여 킹넙치를 이용할 가능성이 높음.
- 이러한 경우, 국가 차원에서 장기간에 걸쳐 축적된 핵심 육종기술의 유출, 타 국가와의 경쟁 심화 그리고 국내 넙치 양식 산업에 타격을 줄 수 있는 역수입 등의 악순환으로 이어질 수 있는 가능성이 있음.
- 따라서 재생산 및 육종기술의 유출을 사전에 방지하기 위하여 재생산이 불가능한 품종으로 전환시키는 불임화 기술(termination)을 확보할 필요가 있음. 이를 위해 근친교배를 통한 킹넙치 불임 종자를 개발하고자 함.

(2) 세부프로젝트 최종 목표

- 킹넙치 종자의 재생산 및 기술유출 방지를 위한 수출용 불임화 종자 개발
 - 킹넙치 종자의 재생산 방지를 위한 후대열성화 기술 개발
 - 킹넙치 불임화 종자의 경제형질의 육종효율 및 후대생산 효율성 분석
 - 킹넙치 불임화 종자의 친어집단 생산 및 산란조절 기술 개발

(3) 세부프로젝트의 추진방법 및 전략

- 킹넙치 종자의 재생산 방지를 위한 후대열성화 기술 개발
 - 가계내 교배를 위한 가계선발 및 교배지침 작성
 - 가계내 교배를 통한 후대열성화 가계 생산 및 사육관리
- 킹넙치 종자의 후대열성화에 따른 경제형질의 육종효율 및 후대생산 효율성 분석
 - 후대열성화에 따른 경제형질의 육종효율 분석

- 후대열성화에 따른 후대생산 효율성 분석 및 최적의 근친조건 확보
- 킹넛치 종자의 후대열성화 친어집단 생산 및 산란조절 기술 개발
 - 불임화 종자 생산을 위한 후대열성화 친어집단 생산 및 사육관리 기술 개발
 - 후대열성화 친어집단의 산란조절을 통한 불임화 종자의 대량생산 시스템 개발

(4) 세부프로젝트 성과지표 설정 방안

예상성과항목		1단계	2단계	총계	주요 고려사항
공 통 지 표	종자개발 건수	1		1	
	품종등록 건수	국내			
		국외			
	종자 수출액	\$200,000	\$800,000	\$1,000,000	
	수입대체 효과				
	국내논문	SCI			
		등재학술지	1	1	2
	국외논문	SCI	1	1	2
		비SCI			
	국내특허	출원	1		1
		등록	1		1
	국제특허	출원		1	1
등록			1	1	
매출액	국내				
	국외				
기술이전		1	1		
특 성 지 표	인력양성	5	5	10	
	기반구축 실적	1	1	2	
	D/B 구축				
	분자마커				
	유용유전자				

(5) 세부프로젝트 최적 연구진 구성안

수산물 육종분야 전문가 그룹이 소속된 국가연구기관

수산물 번식관련 전문가 그룹이 소속된 대학 또는 국가연구기관



(6) 세부프로젝트 예산

세부프로젝트명	구분	1단계				2단계1					총계
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
수출용 킹넙치의 후대열성화 종자 개발	정부(억원)	1.3	2	2	2	2	2	2	2	2	17.3
	민간(억원)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	합계	1.3	2	2	2	2	2	2	2	2	17.3

(7) 종자개발을 통한 수출증대 및 수입대체 전략

- 수출용 킹넙치 종자 개발을 통해 넙치 종자생산업이 고부가가치 양식 산업으로 활성화되고 해외진출 확산과 국내 넙치의 국제경쟁력의 우위를 선점하는데 기여할 것으로 기대됨.
- 육종 품종의 지속적인 개발에 따른 육종효율 증가로 생산단가는 지속적으로 하락할 것으로 기대됨.

- 수출용 킹넙치 종자의 경우 칠레와 페루를 중심으로 2021년 기준 킹넙치 종자를 전세계에 300만미 수출하여 30억(미당 1,000원)원에 이를 전망이다.
- 킹넙치 수출 목표는 수출 대상국의 넙치류 수요량의 약 0.2%인 것으로 전망됨.

구분	수출량(만 미)			수출 대상국 넙치류 수요량(만 미)			넙치류 수요량 대비 수출량 비중(%)		
	1단계	2단계	합계	1단계	2단계	합계	1단계	2단계	합계
킹넙치	40	260	300	47,915	74,956	12,2871	0.1	0.3	0.2

- 주 : 1) 킹넙치 수출 대상국은 중국과 남미(페루, 칠레, 브라질)국가에 한정하였음.
 2) 수출 대상국 넙치류 수요량은 대상국별 넙치류 공급량을 이용하여 산출하였음. 단, 페루와 칠레의 경우 하역량 자료와 생산량 자료 이용함(국가별 넙치류 수급동향 자료 참조).
 3) 수출 대상국 넙치류 수요량의 물량 환산에 있어 성어 1미당 1kg으로 가정함.

(8) 세부프로젝트 사업제안요구서(RFP)

프로젝트명	수출용 킹넙치 종자개발		
세부 프로젝트명	수출용 킹넙치의 후대열성화 종자 개발		
연구 기간	2013 ~ 2021 (9년)	연구비 지원범위	총 1730백만원(9년, 정부1730, 민간 0)
과제 성격	<input checked="" type="checkbox"/> 실용화기술(통합형과제)		<input type="checkbox"/> 실용화기술(개별과제)
	<input type="checkbox"/> 원천기술		<input type="checkbox"/> 공공기반기술
연구 개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 최종목표 : 킹넙치 종자의 재생산 및 기술유출 방지를 위한 수출용 불임화 종자 개발 ○ 세부프로젝트목표 <ul style="list-style-type: none"> - 킹넙치 종자의 재생산 방지를 위한 후대열성화 기술 개발 - 킹넙치 불임화 종자의 경제형질의 육종효율 및 후대생산 효율성 분석 - 킹넙치 불임화 종자의 친어집단 생산 및 산란조절기술 개발 		
연구 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 킹넙치 종자를 수출할 경우 해당국가에서 재생산을 목적으로 친어로 사용하거나 독자적인 육종기술 확보를 위하여 킹넙치를 이용할 가능성이 높음 ○ 따라서 재생산 및 육종기술의 유출을 사전에 방지하기 위하여 재생산이 불가능한 종자로 전환시키는 불임화 기술(termination)을 확보할 필요가 있음 		
주요 연구 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 킹넙치 종자의 재생산 방지를 위한 후대열성화 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 가계내 교배를 위한 가계선발 및 교배지침 작성 - 가계내 교배를 통한 후대열성화 가계 생산 및 사육관리 ○ 킹넙치 종자의 후대열성화에 따른 경제형질의 육종효율 및 후대생산 효율성 분석 <ul style="list-style-type: none"> - 후대열성화에 따른 경제형질의 육종효율 분석 - 후대열성화에 따른 후대생산 효율성 분석 및 최적의 근친조건 확보 ○ 킹넙치 종자의 후대열성화 친어집단 생산 및 산란조절기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 불임화 종자 생산을 위한 후대열성화 친어집단 생산 및 사육관리 기술 개발 - 후대열성화 친어집단의 산란조절을 통한 불임화 종자의 대량생산 시스템 개발 		
시장 전망 및 기대 효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 후대열성화를 이용한 불임화 기술로 재생산 및 육종기술 유출 방지 ○ 킹넙치 종자의 재생산이 불가능하므로 우량넙치 종자의 지속적인 대외수출 가능 ○ 수입국의 자체적인 기술확보를 미연에 방지함으로써 우리나라의 지속적인 종자국 지위 확보 		
자격 및 신청 요건	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연구기관 자격 : 수산생물 육종분야 전문가그룹이 소속된 국가연구기관 및 대학교, 육종관련 민간기업 ○ 신청 요건 : ○ 기타 사항 : 		
Keyword	한 글	킹넙치, 후대열성화, 불임화	
	영 문	King Nupchi, Inbreeding, Termination	

제2절. 중국 수출용 황금넙치 종자 개발

1. 연구개발 목표

- 국내산 넙치는 일본을 비롯한 미국시장 등에서 꾸준한 인기상품으로 자리매김하여 팔리고 있으나 최고급 브랜드로 부상하지 못하고 강력한 인상을 주지 못하여 수출이 정체 되어 있음.
- 국내 넙치는 일본과 미국이 전체수출시장의 95% 이상을 차지하고 있으나, 중국, 홍콩, 싱가포르 대만 등 소비시장이 가장 큰 중화권시장에는 수출량이 상대적으로 미미함.
- 중화권에서는 황금색 물고기 한 마리에 1억 원을 호가하는 고급관상어 시장이 있을 뿐만 아니라 황금색 선호로 황금색 식용어류도 상상을 초월하는 가격에 거래되고 있음.
- 희귀어종인 황금넙치 친어를 선발, 관리하여 순수혈통으로 개발하여 우수한 종자를 생산하고 중화권에 수출하여 넙치류 중 최고급, 최고가의 상품력을 갖춘 우리나라의 새로운 고소득 품종으로 개량하여 종자생산을 통해 수출하고자 함.

2. 연구개발 필요성

- 황금넙치는 넙치의 돌연변이로 자연산에서 한국과 일본에서 어부들에 의해 채집되어 메스컴에 보고된 희귀종.
- 양식 넙치에서도 1/100,000,000 정도의 확률로 발생하는 희귀 개체.
- 인간을 포함한 포유류의 경우에는 멜라닌 색소의 생성 정도에 따라 피부색이 결정되나, 어류의 경우에는 세 종류의 색소세포(흑색 멜라닌을 생성하는 Melanoblast, 황금색 색소를 가지는 Xanthoblast, 그리고 금속성 색소를 가지는 Iridoblast)를 가지고 있어서, 흰쥐나 흰토끼와 같은 포유류의 단순한 백화현상(albino)과는 달리 어류에서는 멜라닌이 억제되면 화려한 황금색이 나타남.

- 식용어인 넙치의 경우 자연에 있는 황금넙치를 선별하여 황금넙치를 생산하여 순수 혈통을 확보할 수 있음.
- 최근까지 수산양식 산업에서 육종연구는 상업적으로 중요한 형질인 속성장, 회수율, 온도 내성, 내병성, 풍미 등에 대한 우수형질 연구에 초점이 맞춰져 있었으나, 양식 어종의 황금색 체색에 대한 선호도를 새로운 국제 브랜드 마케팅 전략으로 발상 전환하고자 함.
- 이러한 황금넙치는 체색이 황금색으로 미관상 탁월한 특색을 지니고 있어 소비자들의 높은 선호도를 보이고 있으며, 특히 황금색을 좋아하는 한국, 일본, 대만, 중국 등 아시아권에서의 높은 수요가 기대됨.
- 최근 제주 근해에서 어획된 부세는 한 마리에 70만원 이상의 고가에 중국으로 전량 수출되는 등 황금색에 대한 중국 고급소비자가 확대되고 있음. 또한 황금넙치가 방송을 통해 보도된 후(KBS, SBS, CCTV) 중국에서 적극적인 전량구매요청이 쇄도함.
- 황금넙치를 글로벌 수출 전략형 품종으로 개발하여 해외시장에 진출하는데 경쟁력을 갖추기 위해서는 황금넙치 유전자의 특성에 따라 체계적인 생산라인을 구축하고 대량생산을 위한 시스템 구축이 절실한 상황이며, 브랜드 구축 및 브랜드 보호를 위한 특허권 확보가 시급함.
- 중화권에 황금넙치를 개발하여 판매할 경우 고가의 최고급 브랜드 상품으로 한국넙치 전체의 위상을 높일 수 있음.

3. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

- 황금넙치에 관한 연구는 현재까지 국내외적으로 전무한 실정이므로 체색 순계 고정 등의 기술은 뛰어난 독창성과 함께 높은 고부가가치 파급이 기대되는 분야임.
- 또한 넙치와 동일한 종이므로 종묘생산 전반에 관한 부분은 기존의 넙치 종묘생산 매뉴얼을 그대로 적용가능 함.

4. 프로젝트 추진체계 및 추진전략

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용	연구범위
1단계	2013	수출용 황금넙치 대량생산을 위한 친어집단 수집 및 대량생산 시스템 개발	우량 친어집단 확보 및 수정란·종묘 대량생산 시스템 개발	- 수출용 황금넙치 친어집단 수집 및 개체관리 시스템 개발
	2014			- 수출용 황금넙치 친어집단의 최적 사육 및 관리 시스템 개발
	2015			- 수출용 황금넙치 수정란 대량생산 시스템 개발
	2016			- 수출용 황금넙치 종묘의 대량생산 시스템 개발 - 수출용 황금넙치의 유전자지도 작성 및 형질연관 유전자 표지 탐색
2단계	2017	수출용 황금넙치 최적 사육 시스템 및 분자육종 원천기술 개발	최적 사육 시스템 개발 및 육종품종 개발	- 수출용 황금넙치 친어집단의 사육 관리 매뉴얼 개발
	2018			- 수출용 황금넙치 대량생산 매뉴얼 개발
	2019			- 체색관련 유전자 표지를 이용한 황금넙치 순수혈통 선발 및 가계생산
	2020			
	2021			

가. 프로젝트의 추진전략

- 시각적인 효과로 인해 중국인들의 관심이 높은 황금넙치도 GSP 대상 종자로 선정하여 중국 내 부유층을 대상으로 한 특화상품으로 개발하고자 함.
 - 중화권에서는 황금물고기 한 마리에 1억원을 넘는 고급관상어 시장이 있을 뿐만 아니라 황금색 선호로 황금색 식용어류도 상상을 초월하는 가격에 거래되고 있음.
 - 희귀종인 황금넙치 종자를 개발하고 순수혈통을 만들어 우리나라의 새로운 고소득 종자로 개량하고자 함.
 - 황금넙치 종자는 현재 대량생산이 급선무이므로 양식기술 개발을 통해 수정란 및 종묘생산이 선행되어 일반 황금넙치 종자를 중화권에 우선적으로 수출하여 잠재 수요시장을 선점할 필요가 있음.
 - 이와 동시에 지속적으로 고품질의 황금넙치 종자를 대량생산하기 위하여 첨단 육종기술 개발이 진행되어야 함.

- 황금넙치의 황금색은 기존의 선발육종 기술보다는 유전자 지도를 작성하여 황금색과 연관성을 가진 유전자표지를 확보하여 이를 근거로 선발하는 분자육종기술이 개발되어야 함.
- 황금넙치 친어 확보 및 수정란 대량생산 시스템과 분자육종기술로 개발된 황금넙치 종자는 향후 중화권을 비롯한 수출 시장을 독점적으로 석권할 가능성이 높음.

나. 프로젝트의 추진체계

- 1단계 연구목표(2013~2016)

황금넙치 친어를 확보하여 선발 사육하여 건강한 어미로 양성한 후 순수혈통의 황금넙치를 만들기 위한 종자 생산 시스템 개발 및 육종 원천기술 개발

- ① 황금넙치 친어 확보 및 모집단 개발을 위한 선발
- ② 황금넙치 친어 최적 사육환경 조건 탐색
- ③ 수정란 및 종묘 생산 시스템 구축
- ④ 육종 기반 연구

- 2단계 연구목표(2017~2021)

1단계 연구결과를 바탕으로 황금넙치 친어의 사양관리 매뉴얼 개발, 종자 검정 방법 개발 및 황금넙치 순계 구축

- ① 황금넙치 친어의 최적 사육시스템 및 사양관리 매뉴얼 개발
- ② 황금넙치 종자의 상품성 검정 기술 및 매뉴얼 개발
- ③ 황금넙치 순수혈통 선발 및 가계생산
- ④ 황금넙치 불임화 기술 개발

5. 프로젝트 Micro 로드맵

단계별 목표		1단계				2단계					최종목표
		우량종자 생산 기반 구축				우량종자 대량생산 시스템 구축					세계최고의 넙치 생산기술을 바탕으로 우량종자 최적 생산 및 사양관리 기술개발
중점연구영역		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	프로젝트 목표
중국 수출용 황금넙치 종자개발	중국수출용 황금넙치 분자육종 기반기술 개발	분자육종 원천기술 개발				순수혈통 선발 및 가계생산					고급 수요맞춤형 황금넙치 종자 개발 및 육종 원천기술 개발
	중국수출용 황금넙치 친어집단 수집 및 사양관리 시스템 개발	우량 친어집단 확보				최적 사양시스템 및 사양관리 매뉴얼 개발					
	중국수출용 황금넙치 대량생산 시스템 개발	수정란 및 종자 대량생산 시스템 개발				상품성 검정 체계구축 및 매뉴얼 개발					

6. 세부프로젝트 추진계획

1) 세부프로젝트 2-1

중국 수출용 황금넙치 분자육종 기반기술 개발

(1) 세부프로젝트 도출 배경

- 황금넙치는 외관상 체색이 황금색으로 미관상 탁월한 특색을 지니고 있어 소비자들의 높은 선호도를 보이고 있으며, 특히 황금색을 좋아하는 한국, 일본, 대만, 중국 등 아시아권에서의 높은 수요가 기대됨
- 중화권에 황금 넙치를 개발하여 판매할 경우 고가의 최고급 브랜드 상품으로 한국넙치 전체의 위상을 높일 수 있으므로 황금넙치를 세계 수출전략형 품종으로 개발이 시급함
- 따라서 희귀어종인 황금넙치 순수혈통을 확보하고 형질연관 유전자 지도를 작성하여 체색관련 유전자표지를 확보함으로써 황금넙치의 세계 브랜드화 및 브랜드 보호를 위한 개발 및 특허권 확보가 시급함

(2) 세부프로젝트 최종 목표

- 수출용 황금넙치 육종 기반기술 개발 및 확보
 - 수출용 황금넙치의 가계생산 및 사육관리
 - 수출용 황금넙치의 유전학적 다양성 분석 및 친자확인 기술개발
 - 수출용 황금넙치의 가계분석 및 유전능력 평가

(3) 세부프로젝트의 추진방법 및 전략

- 수출용 황금넙치의 가계생산 및 사육관리
 - 유전학적 분석을 통한 친어 개체간의 유전적 유연관계 분석
 - 교배지침에 근거한 가계생산 및 사육관리

- 수출용 황금넙치의 유전자지도 작성 및 형질연관 유전자 표지 탐색
 - 유전자지도용 가계 생산 및 체색관련 유전자지도 작성
 - 형질연관성 분석을 통한 체색관련 유전자 표지 탐색 및 확보

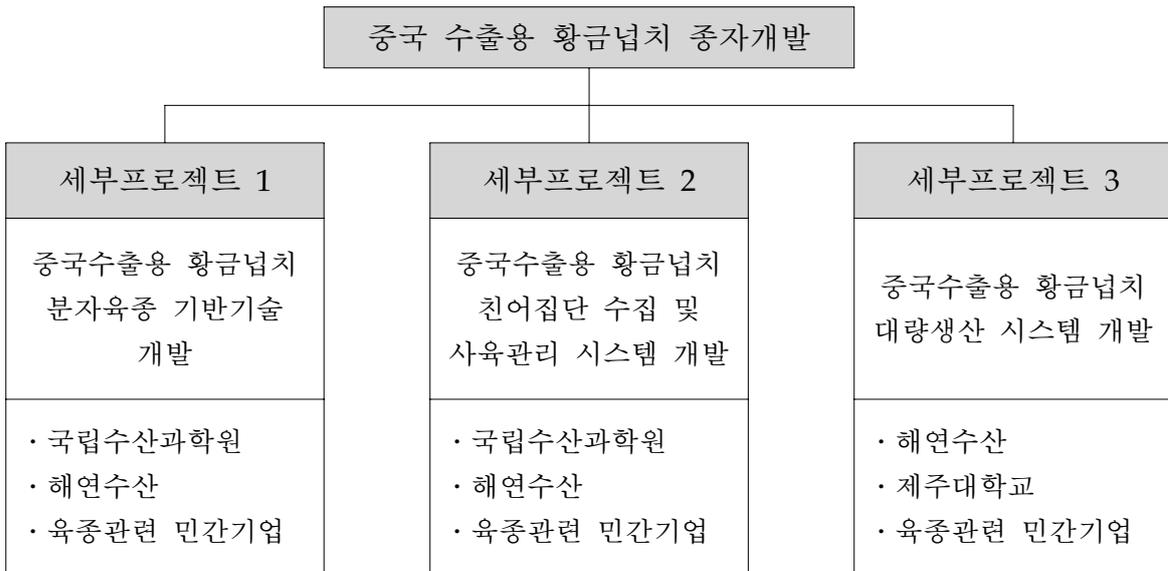
- 체색관련 유전자 표지를 이용한 황금넙치 순수혈통 선발 및 가계생산
 - 황금색 연관 유전자표지를 이용한 황금넙치 순수혈통 선발
 - 가계별, 개체별 유전능력 평가 및 선발기준에 따른 교배지침 작성

(4) 세부프로젝트 성과지표 설정 방안

예상성과항목		1단계	2단계	총계	주요 고려사항
공 통 지 표	종자개발 건수	1		1	
	품종등록 건수	국내			
		국외			
	종자 수출액		\$1,000,000	\$1,000,000	
	수입대체 효과				
	국내논문	SCI			
		등재학술지	3	3	6
	국외논문	SCI	2	2	4
		비SCI			
	국내특허	출원	1		1
		등록	1		1
	국제특허	출원			
		등록			
매출액	국내				
	국외				
기술이전		1	1		
특 성 지 표	인력양성	5	5	10	
	기반구축 실적	1	1	2	
	D/B 구축				
	분자마커				
	유용유전자				

(5) 세부프로젝트 최적 연구진 구성안

수산물 육종분야 전문가 그룹이 소속된 국가연구기관 및 대학교
 - 국립수산물과학원, 부경대학교, 경상대학교,
 수산분야 육종관련 민간기업



(6) 세부프로젝트 예산

세부프로젝트명	구분	1단계				2단계					총계
	연구기간	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
중국 수출용 황금넙치 분자육종 기반기술 개발	정부(억원)	1.5	3	2	2	2.13	2.28	2.18	2.18	2.18	19.45
	민간(억원)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	합계	1.5	3	2	2	2.13	2.28	2.18	2.18	2.18	19.45

(7) 종자개발을 통한 수출증대 및 수입대체 전략

- 수출용 황금넙치 종자 개발을 통해 넙치의 특성화 상품 개발에 따른 중화권 수출의 새로운 모델 개발과 고급수요 맞춤형 특성화 넙치의 국제경쟁력의 우위를 선점하는데 기여할 것으로 기대됨.

○ 수출용 황금넙치 종자의 경우 중국을 중심으로 2021년 기준 육종 황금넙치 종자를 전세계에 100만미 수출하여 30억(미당 3,000원)에 이를 전망이다.

- 황금넙치 수출 목표는 중국의 넙치류 수요량의 약 0.1%인 것으로 전망됨.

구분	수출량(만 미)			중국의 넙치류 수요량(만 미)			넙치류 수요량 대비 수출량 비중(%)		
	1단계	2단계	합계	1단계	2단계	합계	1단계	2단계	합계
황금넙치	-	100	100	46,381	72,845	119,226	-	0.1	0.1

- 주 : 1) 황금넙치 수출 대상국은 중국으로 한정하였음.
 2) 중국의 넙치류 수요량은 중국의 넙치류 공급량을 이용하여 산출하였음(국가별 넙치류 수급동향 자료 참조).
 3) 넙치류 수요량의 물량 환산에 있어 성어 1미당 1kg으로 가정함.

(8) 세부프로젝트 사업제안요구서(RFP)

프로젝트명	중국 수출용 황금넙치 종자 개발		
세부 프로젝트명	중국 수출용 황금넙치 분자유종 기반기술 개발		
연구 기간	2013 ~ 2021 (9년)	연구비 지원범위	총 1945백만원(9년, 정부1945, 민간0)
과제 성격	<input checked="" type="checkbox"/> 실용화기술(통합형과제)		<input type="checkbox"/> 실용화기술(개별과제)
	<input type="checkbox"/> 원천기술		<input type="checkbox"/> 공공기반기술
연구 개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 최종목표 : 수출용 황금넙치 분자유종 기반기술 개발 ○ 세부프로젝트목표 <ul style="list-style-type: none"> - 수출용 황금넙치의 가계생산 및 사육관리 - 수출용 황금넙치의 유전자지도 작성 및 형질연관 유전자 표지 탐색 - 체색관련 유전자 표지를 이용한 황금넙치 순수혈통 선발 및 가계생산 		
연구 필요 구성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 황금넙치는 외관상 체색이 황금색으로 미관상 탁월한 특색을 지니고 있어 소비자들의 높은 선호도를 보이고 있으며, 특히 황금색을 좋아하는 한국, 일본, 대만, 중국 등 아시아권에서의 높은 수요가 기대됨 ○ 중화권에 황금 넙치를 개발하여 판매할 경우 고가의 최고급 브랜드 상품으로 한국넙치 전체의 위상을 높일 수 있으므로 황금넙치를 세계 수출전략형 품종으로 개발이 시급함 ○ 따라서 희귀어종인 황금넙치 순수혈통을 확보하고 형질연관 유전자 지도를 작성하여 체색관련 유전자표지를 확보함으로써 황금넙치의 세계 브랜드화 및 브랜드 보호를 위한 개발 및 특허권 확보가 시급함 		
주요 연구 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수출용 황금넙치의 가계생산 및 사육관리 <ul style="list-style-type: none"> - 유전학적 분석을 통한 친어 개체간의 유전적 유연관계 분석 - 교배지침에 근거한 가계생산 및 사육관리 ○ 수출용 황금넙치의 유전자지도 작성 및 형질연관 유전자 표지 탐색 <ul style="list-style-type: none"> - 유전자지도용 가계 생산 및 체색관련 유전자지도 작성 - 형질연관성 분석을 통한 체색관련 유전자 표지 탐색 및 확보 ○ 체색관련 유전자 표지를 이용한 황금넙치 순수혈통 선발 및 가계생산 <ul style="list-style-type: none"> - 황금색 연관 유전자표지를 이용한 황금넙치 순수혈통 선발 - 가계별, 개체별 유전능력 평가 및 선발기준에 따른 교배지침 작성 		
시장 전망 및 기대 효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 세계 최고수준의 넙치 양식기술을 황금넙치에 적용하여 해외진출의 새로운 양식 품종 선점과 국제경쟁력의 우위를 선점 ○ 수출 주도형 황금넙치 종자 개발로 고부가가치 양식산업이 활성화되고 향후 수입 대체 효과로 인한 수익창출 기대 ○ 넙치 대체 종자 개발로 국내 양식산업 활성화 및 수출증대는 물론 국민 먹거리의 다양성 창출에 기여 		
자격 및 신청 요건	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연구기관 자격 : 수산생물 육종분야 전문가그룹이 소속된 국가연구기관 및 대학교, 육종관련 민간기업 ○ 신청 요건 : ○ 기타 사항 : 		
Keyword	한 글	황금넙치, 분자유종기술개발, 유전자표지, 유전자 지도	
	영 문	Golden flounder, Molecular Breeding, DNA marker, QTL mapping	

2) 세부프로젝트 2-2

중국 수출용 황금넙치 친어집단 수집 및 사육관리 시스템 개발

(1) 세부프로젝트 도출 배경

- 황금넙치는 외관상 체색이 황금색으로 미관상 탁월한 특색을 지니고 있어 소비자들의 높은 선호도를 보이고 있으며, 특히 황금색을 좋아하는 한국, 일본, 대만, 중국 등 아시아권에서의 높은 수요가 기대됨.
- 중화권에 황금 넙치를 개발하여 판매할 경우 고가의 최고급 브랜드 상품으로 한국넙치 전체의 위상을 높일 수 있으므로 황금넙치를 세계 수출전략형 품종으로 개발이 시급함.

(2) 세부프로젝트 최종 목표

- 수출용 황금넙치 대량생산을 위한 친어집단 수집 및 사육관리
 - 수출용 황금넙치 친어집단 수집 및 개체관리 시스템 개발
 - 수출용 황금넙치 친어집단의 최적 사육 및 관리 시스템 개발
 - 수출용 황금넙치 친어집단의 사육관리 매뉴얼 개발

(3) 세부프로젝트의 추진방법 및 전략

- 수출용 황금넙치 친어집단 수집 및 개체관리 시스템 개발
 - 황금색 체색의 넙치 친어집단 수집
 - 마이크로 칩을 이용한 개체별 이력 시스템 개발
- 수출용 황금넙치 친어집단의 최적 사육 및 관리 시스템 개발
 - 수온, 광주기 및 영양 등 사육환경 조절을 통한 최적 사육 시스템 개발
 - 성장률, 생존률 및 사료효율 분석을 통한 과학적 관리 시스템 개발
 - 황금체색 발현 유지 또는 강화시킬 수 있는 황금넙치 특성 사육 시스템 개발

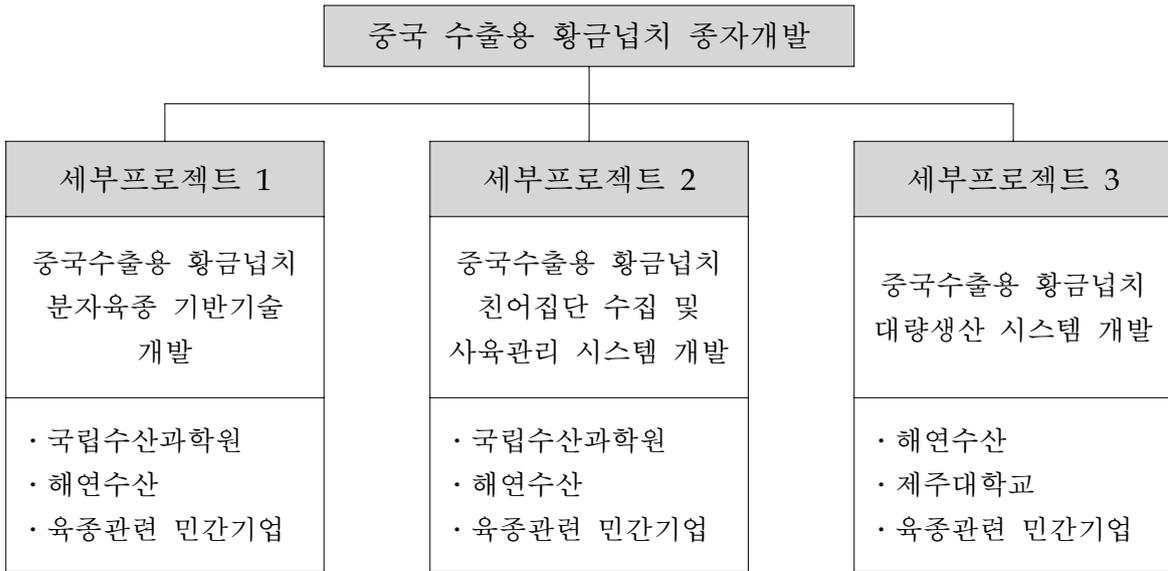
- 수출용 황금넙치 친어집단의 사육관리 매뉴얼 개발
 - 과학적이고 체계적인 친어집단 사육관리 매뉴얼 개발

(4) 세부프로젝트 성과지표 설정 방안

예상성과항목		1단계	2단계	총계	주요 고려사항	
공 통 지 표	종자개발 건수	1		1		
	품종등록 건수	국내				
		국외				
	종자 수출액		\$1,000,000	\$1,000,000		
	수입대체 효과					
	국내논문	SCI				
		등재학술지	1	1	2	
	국외논문	SCI	1	1	2	
		비SCI				
	국내특허	출원	1		1	
		등록	1		1	
	국제특허	출원		1	1	
		등록		1	1	
	매출액	국내				
		국외				
기술이전		1	1			
특 성 지 표	인력양성	5	5	10		
	기반구축 실적	1	1	2		
	D/B 구축					
	분자마커					
	유용유전자					

(5) 세부프로젝트 최적 연구진 구성안

육종전문 연구기관 및 황금넙치 양식기반이 확보된 민간업체 또는 육종관련 민간기업
 - 국립수산물과학원, 해연수산, 제주대학교



(6) 세부프로젝트 예산

세부프로젝트명	구분	1단계				2단계					총계
	연구기간	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
중국 수출용 황금넙치 친어집단 수집 및 사육관리 시스템 개발	정부(억원)	1.31	3	2	2	2	2	2	2	2	18.31
	민간(억원)	1.1	1	1	0.9	1	1	1	1	1	9
	합계	2.41	4	3	2.9	3	3	3	3	3	27.31

(7) 종자개발을 통한 수출증대 및 수입대체 전략

- 수출용 황금넙치 종자 개발을 통해 넙치의 특성화 상품 개발에 따른 중화권 수출의 새로운 모델 개발과 고급수요 맞춤형 특성화 넙치의 국제경쟁력의 우위를 선

점하는데 기여할 것으로 기대됨.

- 수출용 황금넙치 종자의 경우 중국을 중심으로 2021년 기준 육종 황금넙치 종자를 전세계에 100만미 수출하여 30억(미당 3,000원)에 이를 전망임.

- 황금넙치 수출 목표는 중국의 넙치류 수요량의 약 0.1%인 것으로 전망됨.

구분	수출량(만 미)			중국의 넙치류 수요량(만 미)			넙치류 수요량 대비 수출량 비중(%)		
	1단계	2단계	합계	1단계	2단계	합계	1단계	2단계	합계
황금넙치	-	100	100	46,381	72,845	119,226	-	0.1	0.1

- 주 : 1) 황금넙치 수출 대상국은 중국으로 한정하였음.
 2) 중국의 넙치류 수요량은 중국의 넙치류 공급량을 이용하여 산출하였음(국가별 넙치류 수급동향 자료 참조).
 3) 넙치류 수요량의 물량 환산에 있어 성어 1미당 1kg으로 가정함.

(8) 세부프로젝트 사업제안요구서(RFP)

프로젝트명	중국 수출용 황금넙치 종자개발		
세부 프로젝트명	중국 수출용 황금넙치 친어집단 수집 및 사육관리 시스템 개발		
연구 기간	2013 ~ 2021 (9년)	연구비 지원범위	총 2731백만원(9년, 정부1831, 민간900)
과제 성격	<input checked="" type="checkbox"/> 실용화기술(통합형과제)		<input type="checkbox"/> 실용화기술(개별과제)
	<input type="checkbox"/> 원천기술		<input type="checkbox"/> 공공기반기술
연구 개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 최종목표 : 수출용 황금넙치 대량생산을 위한 친어집단 수집 및 사육관리 ○ 세부프로젝트목표 <ul style="list-style-type: none"> - 수출용 황금넙치 친어집단 수집 및 개체관리 시스템 개발 - 수출용 황금넙치 친어집단의 최적 사육 및 관리 시스템 개발 - 수출용 황금넙치 친어집단의 사육관리 매뉴얼 개발 		
연구 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 황금넙치는 외관상 체색이 황금색으로 미관상 탁월한 특색을 지니고 있어 소비자들의 높은 선호도를 보이고 있으며, 특히 황금색을 좋아하는 한국, 일본, 대만, 중국 등 아시아권에서의 높은 수요가 기대됨 ○ 중화권에 황금 넙치를 개발하여 판매할 경우 고가의 최고급 브랜드 상품으로 한국넙치 전체의 위상을 높일 수 있으므로 황금넙치를 세계 수출전략형 품종으로 개발이 시급함 		
주요 연구 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수출용 황금넙치 친어집단 수집 및 개체관리 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 황금색 체색의 넙치 친어집단 수집 - 마이크로 칩을 이용한 개체별 이력 시스템 개발 ○ 수출용 황금넙치 친어집단의 최적 사육 및 관리 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 수온, 광주기 및 영양 등 사육환경 조절을 통한 최적 사육 시스템 개발 - 성장률, 생존률 및 사료효율 분석을 통한 과학적 관리 시스템 개발 - 황금체색 발현 유지 또는 강화시킬 수 있는 황금넙치 특성 사육 시스템 개발 ○ 수출용 황금넙치 친어집단의 사육관리 매뉴얼 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 과학적이고 체계적인 친어집단 사육관리 매뉴얼 개발 		
시장 전망 및 기대 효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 세계 최고수준의 넙치 양식기술을 황금넙치에 적용하여 해외진출의 새로운 양식 품종 선점과 국제경쟁력의 우위를 선점 ○ 수출 주도형 황금넙치 종자 개발로 고부가가치 양식산업이 활성화되고 향후 수입 대체 효과로 인한 수익창출 기대 ○ 넙치 대체 종자 개발로 국내 양식산업 활성화 및 수출증대는 물론 국민 먹거리의 다양성 창출에 기여 		
자격 및 신청 요건	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연구기관 자격 : 육종전문 연구기관 및 황금넙치 양식기반이 확보된 민간업체, 육종관련 민간기업 ○ 신청 요건 : ○ 기타 사항 : 		
Keyword	한 글	황금넙치, 친어집단, 사육관리	
	영 문	Golden flounder, Breeding Population, Aquaculture	

2) 세부프로젝트 2-3

중국 수출용 황금넙치 대량 생산 시스템 개발

(1) 세부프로젝트 도출 배경

- 황금넙치는 외관상 채색이 황금색으로 미관상 탁월한 특색을 지니고 있어 소비자들의 높은 선호도를 보이고 있으며, 특히 황금색을 좋아하는 한국, 일본, 대만, 중국 등 아시아권에서의 높은 수요가 기대됨
- 중화권에 황금 넙치를 개발하여 판매할 경우 고가의 최고급 브랜드 상품으로 한국넙치 전체의 위상을 높일 수 있으므로 황금넙치를 글로벌 수출전략형 품종으로 개발이 시급함
- 따라서 희귀어종인 황금넙치 순수혈통을 확보하고 우수한 품질의 수정란 및 종묘 생산 시스템을 구축하여 우리나라의 새로운 고소득 수출용 종자로 개량할 필요가 있음

(2) 세부프로젝트 최종 목표

- 수출용 황금넙치 수정란 및 종자의 대량생산
 - 수출용 황금넙치 수정란 대량생산 시스템 개발
 - 수출용 황금넙치 종자의 대량생산 시스템 개발
 - 수출용 황금넙치 대량생산 매뉴얼 개발

(3) 세부프로젝트의 추진방법 및 전략

- 수출용 황금넙치 수정란 대량생산 시스템 개발
 - 수온, 광주기 등의 사육환경 조절을 통한 산란조절 시스템 개발
 - 고품질의 수정란 대량생산 및 난질 검정 체계 구축
- 수출용 황금넙치 종자의 대량생산 시스템 개발
 - 성장률, 생존률 및 사료효율 분석을 통한 종자 대량생산 시스템 개발
 - 수출용 황금넙치 종자의 상품성 검정 체계 구축

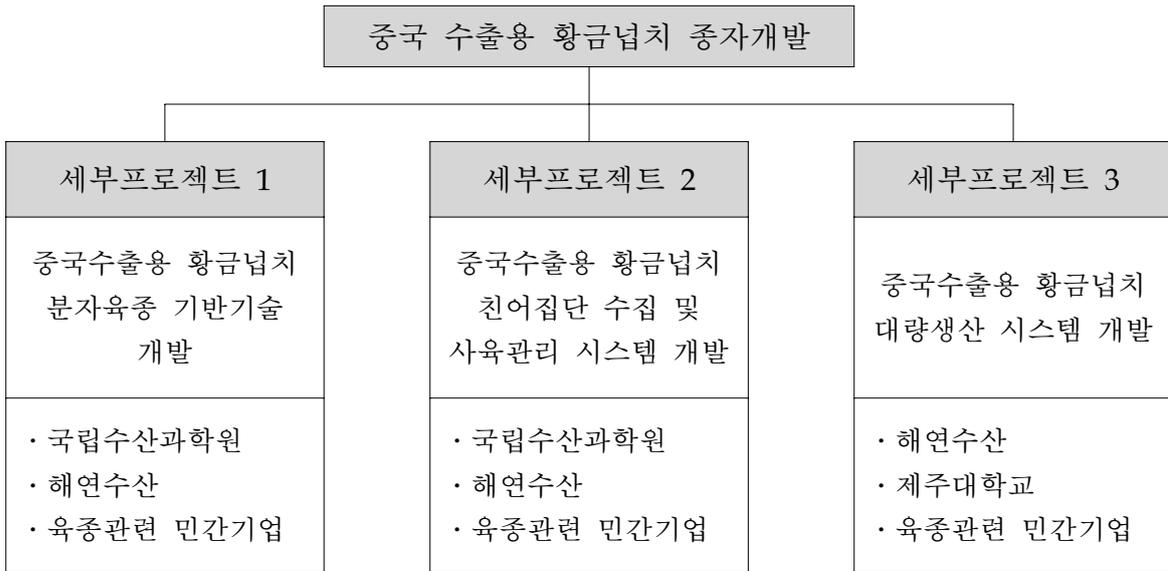
- 수출용 황금넙치 대량생산 매뉴얼 개발
 - 고품질의 수정란 및 종자의 대량생산 매뉴얼 개발

(4) 세부프로젝트 성과지표 설정 방안

예상성과항목		1단계	2단계	총계	주요 고려사항	
공 통 지 표	종자개발 건수	1		1		
	품종등록 건수	국내				
		국외				
	종자 수출액		\$1,000,000	\$1,000,000		
	수입대체 효과					
	국내논문	SCI				
		등재학술지	1	1	2	
	국외논문	SCI	1	1	2	
		비SCI				
	국내특허	출원	1		1	
		등록	1		1	
	국제특허	출원				
		등록				
매출액	국내					
	국외					
기술이전		1	1			
특 성 지 표	인력양성	5	5	10		
	기반구축 실적	1	1	2		
	D/B 구축					
	분자마커					
	유용유전자					

(5) 세부프로젝트 최적 연구진 구성안

육종전문 연구기관 및 황금넙치 양식기반이 확보된 민간업체
 - 해연수산, 제주대학교, 육종관련 민간기업



(6) 세부프로젝트 예산

세부프로젝트명	구분	1단계				2단계					총계
	연구기간	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
중국 수출용 황금넙치 대량생산 시스템 개발	정부(억원)	0	2.21	2.26	2.4	2.13	2	2	2	2	17
	민간(억원)	0	1.9	1.5	1	1	0.9	1	0.9	1.5	9.7
	합계	0	4.11	3.76	3.4	3.13	2.9	3	2.9	3.5	26.7

(7) 종자개발을 통한 수출증대 및 수입대체 전략

- 수출용 황금넙치 종자 개발을 통해 넙치의 특성화 상품 개발에 따른 중화권 수출의 새로운 모델 개발과 고급수요 맞춤형 특성화 넙치의 국제경쟁력의 우위를 선

점하는데 기여할 것으로 기대됨.

- 수출용 황금넙치 종자의 경우 중국을 중심으로 2021년 기준 육종 황금넙치 종자를 전세계에 100만미 수출하여 30억(미당 3,000원)에 이를 전망임.

- 황금넙치 수출 목표는 중국의 넙치류 수요량의 약 0.1%인 것으로 전망됨.

구분	수출량(만 미)			중국의 넙치류 수요량(만 미)			넙치류 수요량 대비 수출량 비중(%)		
	1단계	2단계	합계	1단계	2단계	합계	1단계	2단계	합계
황금넙치	-	100	100	46,381	72,845	119,226	-	0.1	0.1

- 주 : 1) 황금넙치 수출 대상국은 중국으로 한정하였음.
 2) 중국의 넙치류 수요량은 중국의 넙치류 공급량을 이용하여 산출하였음(국가별 넙치류 수급동향 자료 참조).
 3) 넙치류 수요량의 물량 환산에 있어 성어 1미당 1kg으로 가정함.

(8) 세부프로젝트 사업제안요구서(RFP)

프로젝트명	중국 수출용 황금넙치 종자 개발		
세부 프로젝트명	중국 수출용 황금넙치 대량생산 시스템 개발		
연구 기간	2014 ~ 2021 (8년)	연구비 지원범위	총 2670백만원(8년, 정부1700, 민간970)
과제 성격	<input checked="" type="checkbox"/> 실용화기술(통합형과제)		<input type="checkbox"/> 실용화기술(개별과제)
	<input type="checkbox"/> 원천기술		<input type="checkbox"/> 공공기반기술
연구 개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 최종목표 : 수출용 황금넙치 수정란 및 종자의 대량생산 ○ 세부프로젝트목표 <ul style="list-style-type: none"> - 수출용 황금넙치 수정란 대량생산 시스템 개발 - 수출용 황금넙치 종자의 대량생산 시스템 개발 - 수출용 황금넙치 대량생산 매뉴얼 개발 		
연구 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 황금넙치는 외관상 체색이 황금색으로 미관상 탁월한 특색을 지니고 있어 소비자들의 높은 선호도를 보이고 있으며, 특히 황금색을 좋아하는 한국, 일본, 대만, 중국 등 아시아권에서의 높은 수요가 기대됨 ○ 중화권에 황금 넙치를 개발하여 판매할 경우 고가의 최고급 브랜드 상품으로 한국넙치 전체의 위상을 높일 수 있으므로 황금넙치를 세계 수출전략형 종자로 개발이 시급함 ○ 따라서 희귀어종인 황금넙치 순수혈통을 확보하고 우수한 품질의 종자 생산 시스템을 구축하여 우리나라의 새로운 고소득 수출용 종자로 개량할 필요가 있음 		
주요 연구 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수출용 황금넙치 수정란 대량생산 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 수운, 광주기 등의 사육환경 조절을 통한 산란조절 시스템 개발 - 고품질의 수정란 대량생산 및 난질 검정 체계 구축 ○ 수출용 황금넙치 종자의 대량생산 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 성장률, 생존률 및 사료효율 분석을 통한 종자 대량생산 시스템 개발 - 수출용 황금넙치 종자의 상품성 검정 체계 구축 ○ 수출용 황금넙치 대량생산 매뉴얼 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 고품질의 수정란 및 종자의 대량생산 매뉴얼 개발 		
시장 전망 및 기대 효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 세계 최고수준의 넙치 양식기술을 황금넙치에 적용하여 해외진출의 새로운 양식 품종 선점과 국제경쟁력의 우위를 선점 ○ 수출 주도형 황금넙치 종자 개발로 고부가가치 양식산업이 활성화되고 향후 수입 대체 효과로 인한 수익창출 기대 ○ 넙치 대체 종자 개발로 국내 양식산업 활성화 및 수출증대는 물론 국민 먹거리의 다양성 창출에 기여 		
자격 및 신청 요건	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연구기관 자격 : 육종전문 연구기관 및 황금넙치 양식기반이 확보된 민간업체, 육종관련 민간기업 ○ 신청 요건 : ○ 기타 사항 : 		
Keyword	한 글	황금넙치, 수정란, 종자, 대량생산	
	영 문	Golden flounder, Fertilized Egg, Fingerling, Mass Production	

제3절. 수출용 터봇 종자 개발

1. 연구개발 목표

- 넙치류 중 최고의 상품력을 갖춘 터봇을 우리나라의 양식 환경에 적합하고 최적의 생산성을 나타내는 종자로 개량하여 국내양식을 통해 수출하며 고품질 친어를 선발, 관리하여 우수한 종묘를 생산하고 수출하여 국제적 경쟁력을 갖춘 역량있는 수산업체를 만들어 어민소득 증대에 기여하고자 함.
- 우리나라의 수많은 양식업자들은 새로운 종자의 생산에 대한 관심과 욕구는 매우 높으나 현실적으로 친어의 확보와 관리에 어려움을 느껴 선불리 산업적 도전을 못하고 있으며, 수산양식분야에서는 품종개량을 통한 종자개발은 인력이나 자본, 시설의 한계로 불가능의 영역이라 생각하고 있음.
- 유일하게 국내 양식어종중 넙치에서의 품종개량 경험과 노하우는 GSP를 통해 넙치류에 있어서 세계최고의 기술과 노하우로 양식수산물의 종자수출이라는 교두보를 확보하고 다른 어종들과도 기술접목이 가능하여 파급효과가 클 것으로 예상함.
- 넙치와 터봇을 통한 우수친어집단 확보 및 종자수출은 앞으로 확산되는 넙치류 양식에서는 우리나라가 연어의 노르웨이와 같은 존재감으로 세계에 각인 될 것임.
- 넙치류를 통한 어류품종개발 노하우는 최대양식생산국인 중국이나 동남아양식시장에서 어류품종개발 의뢰와 파트너쉽을 견고히 할 것임.
- 이를 위한 단계별 연구목표는 다음과 같음.
 - 1단계 연구목표(2013~2016)
터봇 친어를 확보하여 선발 사육하여 건강한 어미로 양성한 후 종자 생산 시스템 개발 및 육종 원천기술 개발
 - ① 터봇 친어 확보 및 모집단 개발을 위한 선발
 - ② 터봇 친어 최적 사육환경 조건 탐색
 - ③ 수정란 및 종자 생산 시스템 구축
 - ④ 육종 기반 연구
 - 2단계 연구목표(2017~2021)
1단계 연구결과를 바탕으로 터봇 친어의 사양관리 매뉴얼 개발, 종자 검정 방법 개발 및 터봇 가계생산 및 유전능력 평가

- ① 터봇 친어의 최적 사육시스템 및 사육관리 매뉴얼 개발
- ② 터봇 종자의 상품성 검정 기술 및 매뉴얼 개발
- ③ 터봇 종자의 가계생산 및 유전능력 평가
- ③ 우량형질의 터봇 가계 선발 및 산업화 라인 구축

2. 연구개발 필요성

- 우리나라의 양식산업은 넙치와 조피볼락 양식에 편중되어 있는 불안한 구조를 갖고 있기 때문에 양식대상종을 다양화하여 한·중 FTA, 한·EU FTA 등 국내·외 환경 변화에 적극 대응할 필요가 있음.
- 넙치와 가자미류 중에서 전세계적인 선호도가 가장 높은 유럽산 넙치인 터봇을 국내 양식어종으로 개발하기 위한 시도가 과거에 있었으나 양식기술이 확립되지 못하여 국내양식어종으로 정착하는 데는 실패하였음.
- 최근 제주에서는 과거 국내 터봇 개발 시 가장 큰 애로사항이었던 질병 문제의 해결책을 마련하여 국내는 물론 미국, 중국, 홍콩, 싱가포르 등에 수출하여 새로운 수출대상 양식품목으로 각광을 받고 있음.
- 세계 최대의 터봇 시장인 중국에서는 터봇 양식이 육상양식장의 대표어종으로 자리매김하여 양식되고 있으나 우수한 종자의 개발은 이루어지지 않아 안정적인 종자 수급의 문제가 심각하며 향후 국내에서 우수친어집단 확보를 통한 종자 수출을 할 계획임.

3. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

- 국내 특허는 현재 상표권 외에 등록된 내용이 없었으며 국외 특허는 터봇과 관련하여 다양한 특허를 보유하고 있지만 본 연구과제에서는 용암해수를 활용하여 수정란, 종자 생산 등의 생존율 향상과 관련된 방향으로 연구를 추진하여 이와 관련된 특허를 국내 및 국외에 출원할 계획임
- 터봇과 관련된 국내 논문은 총 10편 내외로 Kim et al., 2003년에 바이러스관련 질병, Lee et al. 2008년에 미성어의 성장과 생존에 미치는 영향 등에 불과하였음.
- 반면 국외 논문은 1,000편 이상으로 터봇의 수정란 생산기술, 종자 생산기술, 종자 사육기술 등 많고 다양한 방법으로 연구를 진행하고 있지만, 본 연구과제에서는 용암해수를 활용하여 수정란, 종자생산 등의 생존율 향상과 관련된 방향으로

연구를 추진하여 한국어업기술학회, 한국양식학회, Aquaculture 학술지 등에 게재할 계획임

4. 프로젝트 추진체계 및 추진전략

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용	연구범위
1단계	2013	수출용 터봇 대량생산을 위한 친어집단 수집 및 대량생산 시스템 개발	우량 친어집단 확보 및 수정란·종자 대량생산 시스템 개발	- 수출용 터봇 친어집단 수집 및 개체관리 시스템 개발
	2014			- 수출용 터봇 친어집단의 최적 사육 및 관리 시스템 개발
	2015			- 수출용 터봇 수정란 대량생산 시스템 개발
	2016			- 수출용 터봇 종자의 대량생산 시스템 개발 - 수출용 터봇의 선발육종 원천기술 개발
2단계	2017	수출용 터봇 최적 사육 시스템 및 선발육종 원천기술 개발	최적 사육 시스템 개발 및 육종품종 개발	- 수출용 터봇 친어집단의 사육관리 매뉴얼 개발
	2018			- 수출용 터봇의 대량생산 매뉴얼 개발
	2019			- 수출용 터봇의 가계생산 및 유전능력 평가
	2020			- 수출용 터봇의 산업화 라인 구축
	2021			

가. 프로젝트의 추진전략

- 유럽의 터봇 양식은 양호한 해양조건을 가진 스페인이 현재 세계적으로 주 양식국이며 프랑스, 포르투갈, 덴마크, 독일, 아이슬란드, 이탈리아, 영국의 웨일스 및 노르웨이 등에서 기술개발 과정에 있으며, 더불어 남아메리카의 칠레와 이웃나라 중국에서도 양식을 대량으로 하고 있고 전문가 또한 국외에 한정되어 있는 실정임.
- 국내 터봇 양식 산업화를 위해서는 우수한 친어확보와 품종개량으로 먼저 국내 터

봇 양식의 활성화와 국내소비시장 확대 등도 함께 병행해야 한다. 이는 넙치와 조피볼락으로 편중된 국내 양식 산업에 새로운 활력이 될 것이며 이런 토대가 해외 수출 시장을 개척하는데 중요한 부분이다. 국내에서 성공한 종자라야 세계에서 통할 수 있기 때문이다.

① 친어사육 및 관리기술:

제주도 내의 영어조합법인에서는 2011년에 생산된 약 30,000여 마리의 터봇 종자를 도입하여 2013년 12월 18개월간 수온 16-18℃에서 사육에 성공하였으며 2.4 kg 급 25,000마리 60톤을 보유하고 있으며 생존율도 약 98%로 매우 안정적으로 유지되고 있음. 여기에서 우수개체를 선발하고 외국으로부터 친어 개체를 선발하여 친어집단의 유전적 다양성을 최대한 확보한다.

② 수정란 생산:

친어의 건강상태와 사육환경 변동에 따라 수정률이 0-98% 범위로 변화가 크고, 터보의 안정적인 종자 생산을 위해서는 수정률이 90% 이상의 고품질 수정란을 생산할 수 있는 친어 사육 및 관리기술 개발이 필요하며 과학적인 육종프로그램에 의해서 수정란을 생산한다.

③ 종자생산:

사육수조의 크기, 형태 및 재질, 사육수온, 염분, 조명(광과장), 용존산소, 먹이생물(동·식물성 플랑크톤), 초기사료 등 터보의 자·치어의 초기 생존율을 향상시킬 수 있는 종자생산기술 개발이 필수적이고, 또한 종자생산과정 중 발생하는 기형현상은 종자로서의 상품가치를 저해하는 가장 큰 요인 중 하나이므로 터보의 기형현상 규명 및 저감시킬 수 있는 사육환경 제어기술 개발이 필요함.

- 본 연구팀에서는 2013년부터 시작되는 연구사업을 2단계로 구분하여 사업을 추진해 나갈 예정이다. 사업1단계에는 친어모집단 선발, 사양관리, 육종전략을 수립하고 사업2단계에는 우수 친어개발을 통한 우수 종자생산 기술을 확립하여 세계시장을 목표로 하는 수출전략 종자를 개발하여 수출한다.
- 우리나라 양식산업의 새로운 패러다임을 창출 할뿐만 아니라, 세계 각국으로 수산 종자우리나라 수산물의 국제경쟁력에서 우위를 차지하게 될 것임.

나. 프로젝트의 추진체계

○ 친어 사육 및 관리

- 제주도 영어조합법인 해연에서 양식 중인 우량형질 선발
- 중국 및 유럽으로부터 우량형질 선발
- 최적의 친어사육 및 관리시스템 운영
- 모든 친어 후보군 개체 DNA 샘플링
- 마이크로칩을 이용한 개체별 이력을 DB화
- DNA분석을 기초한 최적의 육종프로그램작성
- 호르몬 처리를 통한 성 성숙제어
- 수온, 광주기, 광과장 및 영양 등 사육환경 조절을 통한 성 성숙유도 및 고품질 수정란 생산기술 개발

○ 종묘생산기술 개발

- 우수수정란 평가방법조사
- 월별 성장률 및 생존율 조사
- 기형, 사료효율등 상품성조사

5. 프로젝트 Micro 로드맵

단계별 목표		1단계				2단계					최종목표
		우량종자 생산 기반 구축				우량종자 대량생산 시스템 구축					세계최고의 넙치 생산기술을 바탕으로 우량종자 최적 생산 및 사양관리 기술개발
중점연구영역		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	프로젝트 목표
수출용 터벗 종자개발	수출용 터벗 육종기술 개발	육종 원천기술 개발				가계생산 및 유전능력 평가					수출전략형 우량 터벗 종자 개발 및 육종 원천기술 개발
	수출용 터벗 친어집단 수집 및 사양관리 시스템 개발	우량 친어집단 확보				최적 사양 시스템 및 사양관리 매뉴얼 개발					
	수출용 터벗 대량생산 시스템 개발		수정란 및 종자 대량생산 시스템 개발				상품성 검정 체계구축 및 매뉴얼 개발				

6. 세부프로젝트 추진계획

1) 세부프로젝트 3-1

수출용 터봇 육종기술 개발

(1) 세부프로젝트 도출 배경

- 최고의 상품력을 갖춘 터봇(복넙치)은 우리나라의 양식환경에 적합하고 최적의 생산성을 나타내는 고부가가치의 넙치 품종임
- 세계 최대의 터봇(복넙치) 시장인 중국과 유럽에서는 터봇(복넙치) 양식이 육상양식장의 대표어종으로 양식되고 있으나 우수한 종자 개발과 안정적인 종자수급이 이루어지지 않음
- 세계 최고수준의 우리나라 넙치 양식 기술 및 육종기술을 적용하여 터봇(복넙치)의 우량종자를 개발하고 세계시장에 수출하여 종자국 지위를 확보할 필요가 있음

(2) 세부프로젝트 최종 목표

- 수출용 터봇(복넙치) 육종 기반기술 개발 및 확보
 - 수출용 터봇(복넙치)의 가계생산 및 사육관리
 - 수출용 터봇(복넙치)의 유전학적 다양성 분석 및 친자확인 기술개발
 - 수출용 터봇(복넙치)의 가계분석 및 유전능력 평가

(3) 세부프로젝트의 추진방법 및 전략

- 수출용 터봇(복넙치)의 가계생산 및 사육관리
 - 유전학적 분석을 통한 친어 개체간의 유전적 유연관계 분석
 - 교배지침에 근거한 가계생산 및 사육관리
- 수출용 터봇(복넙치)의 유전학적 다양성 분석 및 친자확인 기술개발
 - 수출용 터봇(복넙치)의 유전자 표지 탐색 및 개발
 - 유전자표지를 이용한 유전학적 다양성 분석 및 친자확인 기술 개발

- 수출용 터벗(복넙치)의 가계분석 및 유전능력 평가
 - 목적형질의 가계변이 분석 및 유전모수 추정
 - 가계별, 개체별 유전능력 평가 및 선발기준에 따른 교배지침 작성

(4) 세부프로젝트 성과지표 설정 방안

예상성과항목		1단계	2단계	총계	주요 고려사항	
공 통 지 표	종자개발 건수	1		1		
	품종등록 건수	국내				
		국외				
	종자 수출액			\$1,000,000	\$1,000,000	
	수입대체 효과					
	국내논문	SCI				
		등재학술지	2	2	4	
	국외논문	SCI	2	2	4	
		비SCI				
	국내특허	출원	1	1	2	
		등록	1	1	2	
	국제특허	출원				
		등록				
	매출액	국내				
국외						
기술이전			1	1		
특 성 지 표	인력양성	5	5	10		
	기반구축 실적	1	1	2		
	D/B 구축					
	분자마커					
	유용유전자					

(5) 세부프로젝트 최적 연구진 구성안

수산물 육종분야 전문가 그룹이 소속된 국가연구기관 및 대학교

- 국립수산물과학원, 부경대학교, 경상대학교

수산물분야 육종관련 민간기업



(6) 세부프로젝트 예산

세부프로젝트명	구분	1단계				2단계					총계
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
수출용 터봇육종기술 개발	정부(억원)	1.5	3	3	3	3	3	2.18	2.18	2.18	23.04
	민간(억원)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	합계	1.5	3	3	3	3	3	2.18	2.18	2.18	23.04

(7) 종자개발을 통한 수출증대 및 수입대체 전략

- 수출용 터봇 종자 개발을 통해 영세 또는 극소규모의 터봇 종자생산업이 고부가 가치 양식 산업으로 활성화되고 해외진출의 새로운 모델과 국제경쟁력의 우위를 선점하는데 기여할 것으로 기대됨.

년도	터봇 종자생산미수	터봇종자업체수
2011	130,000	1
2012	280,000	2
2013(예상)	500,000	3
2014(예상)	2,000,000	10

- 수출용 터봇 종자의 경우 중국을 중심으로 2021년 기준 육종 터봇 종자를 전세계에 200만미 수출하여 40억(미당 2,000원)에 이를 전망임.
- 터봇 수출 목표는 수출 대상국의 넙치류 수요량의 약 0.2%인 것으로 전망됨.

구분	수출량(만 미)			수출 대상국 넙치류 수요량(만 미)			넙치류 수요량 대비 수출량 비중(%)		
	1단계	2단계	합계	1단계	2단계	합계	1단계	2단계	합계
터봇	50	150	200	51,718	81,336	133,055	0.1	0.2	0.2

주 : 1) 터봇 수출 대상국은 중국과 유럽(스페인, 프랑스, 네덜란드)국가에 한정하였음.
 2) 수출 대상국 넙치류 수요량은 대상국별 넙치류 공급량을 이용하여 산출하였음(국가별 넙치류 수급동향 자료 참조).
 3) 수출 대상국 넙치류 수요량의 물량 환산에 있어 성어 1미당 1kg으로 가정함.

(8) 세부프로젝트 사업제안요구서(RFP)

프로젝트명	수출용 터봇 종자 개발		
세부 프로젝트명	수출용 터봇 육종기술 개발		
연구 기간	2013 ~ 2021 (9년)	연구비 지원범위	총 2304백만원(9년, 정부2304, 민간0)
과제 성격	<input checked="" type="checkbox"/> 실용화기술(통합형과제)		<input type="checkbox"/> 실용화기술(개별과제)
	<input type="checkbox"/> 원천기술		<input type="checkbox"/> 공공기반기술
연구 개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 최종목표 : 수출용 터봇 육종 기반기술 개발 및 확보 ○ 세부프로젝트목표 <ul style="list-style-type: none"> - 수출용 터봇의 가계생산 및 사육관리 - 수출용 터봇의 유전학적 다양성 분석 및 친자확인 기술개발 - 수출용 터봇의 가계분석 및 유전능력 평가 		
연구 필요 성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 최고의 상품력을 갖춘 터봇을 우리나라의 양식환경에 적합하고 최적의 생산성을 나타내는 고부가가치의 넙치 종자임 ○ 세계 최대의 터봇 시장인 중국과 유럽에서는 터봇 양식이 육상양식장의 대표어종으로 양식되고 있으나 우수한 종자 개발과 안정적인 종자수급이 이루어지지 않음 ○ 세계 최고수준의 우리나라 넙치 양식 기술 및 육종기술을 적용하여 터봇의 우량 종자를 개발하고 세계시장에 수출하여 종자국 지위를 확보할 필요가 있음 		
주요 연구 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수출용 터봇의 가계생산 및 사육관리 <ul style="list-style-type: none"> - 유전학적 분석을 통한 친어 개체간의 유전적 유연관계 분석 - 교배지침에 근거한 가계생산 및 사육관리 ○ 수출용 터봇의 유전학적 다양성 분석 및 친자확인 기술개발 <ul style="list-style-type: none"> - 수출용 터봇의 유전자 표지 탐색 및 개발 - 유전자표지를 이용한 유전학적 다양성 분석 및 친자확인 기술 개발 ○ 수출용 터봇의 가계분석 및 유전능력 평가 <ul style="list-style-type: none"> - 목적형질의 가계변이 분석 및 유전모수 추정 - 가계별, 개체별 유전능력 평가 및 선발기준에 따른 교배지침 작성 		
시장 전망 및 기대 효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 세계 최고수준의 넙치 양식기술을 터봇에 적용하여 해외진출의 새로운 양식품종 선점과 국제경쟁력의 우위를 선점 ○ 수출 주도형 터봇 종자 개발로 고부가가치 양식산업이 활성화되고 향후 수입 대체 효과로 인한 수익창출 기대 ○ 넙치 대체 종자 개발로 국내 양식산업 활성화 및 수출증대는 물론 국민 먹거리의 다양성 창출에 기여 		
자격 및 신청 요건	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연구기관 자격 : 수산생물 육종분야 전문가 그룹이 소속된 국가연구기관 및 대학교, 육종관련 민간기업 ○ 신청 요건 : ○ 기타 사항 : 		
Keyword	한 글	터봇, 육종기술개발, 유전자표지, 유전학적 다양성	
	영 문	Turbot, selective Breeding, DNA marker, Genetic Diversity	

2) 세부프로젝트 3-2

수출용 터벗 친어집단 수집 및 사육관리 시스템 개발

(1) 세부프로젝트 도출 배경

- 최고의 상품력을 갖춘 터벗(복넙치)은 우리나라의 양식환경에 적합하고 최적의 생산성을 나타내는 고부가가치의 넙치 종자임
- 세계 최대의 터벗(복넙치) 시장인 중국과 유럽에서는 터벗(복넙치) 양식이 육상양식장의 대표어종으로 양식되고 있으나 우수한 종자 개발과 안정적인 종자수급이 이루어지지 않음
- 세계 최고수준의 우리나라 넙치 양식 기술을 적용하여 고품질의 터벗(복넙치) 친어를 수집하고 체계적으로 관리하여 우수한 종자를 생산하고 수출하기 위하여 체계적이고 과학적인 터벗(복넙치) 종자개발이 시급함

(2) 세부프로젝트 최종 목표

수출용 터벗(복넙치) 대량생산을 위한 친어집단 수집 및 사육관리

- 수출용 터벗(복넙치) 친어집단 수집 및 개체관리 시스템 개발
- 수출용 터벗(복넙치) 친어집단의 최적 사육 및 관리 시스템 개발
- 수출용 터벗(복넙치) 친어집단의 사육관리 매뉴얼 개발

(3) 세부프로젝트의 추진방법 및 전략

- 수출용 터벗(복넙치) 친어집단 수집 및 개체관리 시스템 개발
 - 우량형질의 국내외 친어집단 수집
 - 마이크로 칩을 이용한 개체별 이력 시스템 개발
- 수출용 터벗(복넙치) 친어집단의 최적 사육 및 관리 시스템 개발
 - 수온, 광주기 및 영양 등 사육환경 조절을 통한 최적 사육 시스템 개발
 - 성장률, 생존률 및 사료효율 분석을 통한 과학적 관리 시스템 개발
 - 저비용·고효율의 친어관리 자동화 시스템 개발
- 수출용 터벗(복넙치) 친어집단의 사육관리 매뉴얼 개발
 - 과학적이고 체계적인 친어집단 사육관리 매뉴얼 개발

(4) 세부프로젝트 성과지표 설정 방안

예상성과항목		1단계	2단계	총계	주요 고려사항	
공 통 지 표	종자개발 건수					
	품종등록 건수	국내				
		국외				
	종자 수출액					
	수입대체 효과					
	국내논문	SCI				
		등재학술지	2	2	4	
	국외논문	SCI	2	2	4	
		비SCI				
	국내특허	출원	1	1	2	
		등록	1	1	2	
	국제특허	출원				
		등록				
	매출액	국내				
국외						
기술이전			1	1		
특 성 지 표	인력양성		5	5	10	
	기반구축 실적		1	1	2	
	D/B 구축					
	분자마커					
	유용유전자					

(5) 세부프로젝트 최적 연구진 구성안

수산물 육종분야 전문가 그룹이 소속된 국가연구기관, 대학교, 민간 양식장
 - 국립수산물과학원, 해연수산, 제주대학교
 수산분야 육종관련 민간기업



(6) 세부프로젝트 예산

세부프로젝트명	구분	1단계				2단계					총계
		연구기간	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
수출용 터봇 친어집단 수집 및 사육관리 시스템 개발	정부(억원)	1.5	3.5	3	3	2	2	2	2	2	21
	민간(억원)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
	합계	2.5	4.5	4	4	3	3	3	3	3	30

(7) 종자개발을 통한 수출증대 및 수입대체 전략

- 수출용 터봇 종자 개발을 통해 영세 또는 극소규모의 터봇 종자생산업이 고부가가치 양식 산업으로 활성화되고 해외진출의 새로운 모델과 국제경쟁력의 우위를 선점하는데 기여할 것으로 기대됨.

년도	터봇 종자생산미수	터봇종자업체수
2011	130,000	1
2012	280,000	2
2013(예상)	500,000	3
2014(예상)	2,000,000	10

- 수출용 터봇 종자의 경우 중국을 중심으로 2021년 기준 육종 터봇 종자를 전세계에 200만미 수출하여 40억(미당 2,000원)에 이를 전망임.

- 터봇 수출 목표는 수출 대상국의 넙치류 수요량의 약 0.2%인 것으로 전망됨.

구분	수출량(만 미)			수출 대상국 넙치류 수요량(만 미)			넙치류 수요량 대비 수출량 비중(%)		
	1단계	2단계	합계	1단계	2단계	합계	1단계	2단계	합계
터봇	50	150	200	51,718	81,336	133,055	0.1	0.2	0.2

- 주 : 1) 터봇 수출 대상국은 중국과 유럽(스페인, 프랑스, 네덜란드)국가에 한정하였음.
 2) 수출 대상국 넙치류 수요량은 대상국별 넙치류 공급량을 이용하여 산출하였음(국가별 넙치류 수급동향 자료 참조).
 3) 수출 대상국 넙치류 수요량의 물량 환산에 있어 성어 1미당 1kg으로 가정함.

(8) 세부프로젝트 사업제안요구서(RFP)

프로젝트명	수출용 터봇 종자 개발		
세부 프로젝트명	수출용 터봇 친어집단 수집 및 사육관리 시스템 개발		
연구 기간	2013 ~ 2021 (9년)	연구비 지원범위	총 3000백만원(9년, 정부2100, 민간900)
과제 성격	<input checked="" type="checkbox"/> 실용화기술(통합형과제)		<input type="checkbox"/> 실용화기술(개별과제)
	<input type="checkbox"/> 원천기술		<input type="checkbox"/> 공공기반기술
연구 개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 최종목표 : 수출용 터봇 대량생산을 위한 친어집단 수집 및 사육관리 ○ 세부프로젝트목표 <ul style="list-style-type: none"> - 수출용 터봇 친어집단 수집 및 개체관리 시스템 개발 - 수출용 터봇 친어집단의 최적 사육 및 관리 시스템 개발 - 수출용 터봇 친어집단의 사육관리 매뉴얼 개발 		
연구 필요 구성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 최고의 상품력을 갖춘 터봇은 우리나라의 양식환경에 적합하고 최적의 생산성을 나타내는 고부가가치의 넙치 종자임 ○ 세계 최대의 터봇 시장인 중국과 유럽에서는 터봇 양식이 육상양식장의 대표어종으로 양식되고 있으나 우수한 종자 개발과 안정적인 종자수급이 이루어지지 않음 ○ 세계 최고수준의 우리나라 넙치 양식 기술을 적용하여 고품질의 터봇 친어를 수집하고 체계적으로 관리하여 우수한 종자를 생산하고 수출하기 위하여 체계적이고 과학적인 터봇 종자개발이 시급함 		
주요 연구 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수출용 터봇 친어집단 수집 및 개체관리 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 우량형질의 국내외 친어집단 수집 - 마이크로 칩을 이용한 개체별 이력 시스템 개발 ○ 수출용 터봇 친어집단의 최적 사육 및 관리 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 수온, 광주기 및 영양 등 사육환경 조절을 통한 최적 사육 시스템 개발 - 성장률, 생존률 및 사료효율 분석을 통한 과학적 관리 시스템 개발 - 저비용·고효율의 친어관리 자동화 시스템 개발 ○ 수출용 터봇 친어집단의 사육관리 매뉴얼 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 과학적이고 체계적인 친어집단 사육관리 매뉴얼 개발 		
시장 전망 및 기대 효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 세계 최고수준의 넙치 양식기술을 터봇에 적용하여 해외진출의 새로운 양식품종 선점과 국제경쟁력의 우위를 선점 ○ 수출 주도형 터봇 종자 개발로 고부가가치 양식산업이 활성화되고 향후 수입 대체 효과로 인한 수익창출 기대 ○ 넙치 대체 종자 개발로 국내 양식산업 활성화 및 수출증대는 물론 국민 먹거리의 다양성 창출에 기여 		
자격 및 신청 요건	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연구기관 자격 : 터봇 양식기반이 확보된 민간업체 및 연구기관, 육종관련 민간기업 ○ 신청 요건 : ○ 기타 사항 : 		
Keyword	한 글	터봇, 친어집단, 사육관리	
	영 문	Turbot, Breeding Population, Aquaculture	

3) 세부프로젝트 3-3

수출용 터벗 대량생산 시스템 개발

(1) 세부프로젝트 도출 배경

- 최고의 상품력을 갖춘 터벗(복넙치)은 우리나라의 양식환경에 적합하고 최적의 생산성을 나타내는 고부가가치의 넙치 종자임
- 세계 최대의 터벗(복넙치) 시장인 중국과 유럽에서는 터벗(복넙치) 양식이 육상양식장의 대표어종으로 양식되고 있으나 우수한 종자 개발과 안정적인 종자수급이 이루어지지 않음
- 세계 최고수준의 우리나라 넙치 양식 기술을 적용하여 고품질의 터벗(복넙치) 수정란 및 종자를 대량생산하고 해외로 수출하기 위하여 체계적이고 과학적인 터벗(복넙치) 종자개발이 시급함

(2) 세부프로젝트 최종 목표

- 수출용 터벗(복넙치) 수정란 및 종자의 대량생산
 - 수출용 터벗(복넙치) 수정란 대량생산 시스템 개발
 - 수출용 터벗(복넙치) 종자의 대량생산 시스템 개발
 - 수출용 터벗(복넙치) 대량생산 매뉴얼 개발

(3) 세부프로젝트의 추진방법 및 전략

- 수출용 터벗(복넙치) 수정란 대량생산 시스템 개발
 - 수온, 광주기 등의 사육환경 조절을 통한 산란조절 시스템 개발
 - 고품질의 수정란 대량생산 및 난질 검정 체계 구축
- 수출용 터벗(복넙치) 종자의 대량생산 시스템 개발
 - 성장률, 생존률 및 사료효율 분석을 통한 종자 대량생산 시스템 개발
 - 수출용 터벗(복넙치) 종자의 상품성 검정 체계 구축

- 수출용 터벗(복넙치) 대량생산 매뉴얼 개발
- 고품질의 수정란 및 종자의 대량생산 매뉴얼 개발

(4) 세부프로젝트 성과지표 설정 방안

예상성과항목		1단계	2단계	총계	주요 고려사항	
공 통 지 표	종자개발 건수	1		1		
	품종등록 건수	국내				
		국외				
	종자 수출액	\$1,000,000	\$2,000,000	\$3,000,000		
	수입대체 효과					
	국내논문	SCI				
		등재학술지	2	2	4	
	국외논문	SCI	2	2	4	
		비SCI				
	국내특허	출원	1	1	2	
		등록	1	1	2	
	국제특허	출원				
		등록				
	매출액	국내				
국외						
기술이전		1	1			
특 성 지 표	인력양성	5	5	10		
	기반구축 실적	1	1	2		
	D/B 구축					
	분자마커					
	유용유전자					

(5) 세부프로젝트 최적 연구진 구성안

터봇 양식기반이 확보된 민간업체 및 연구기관

- 국립수산물과학원, 해연수산

수산분야 육종관련 민간기업



(6) 세부프로젝트 예산

세부프로젝트명	구분	1단계				2단계					총계
		연구기간	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
수출용 터봇대량생산 시스템 개발	정부(억원)	0	3	2.2	2.4	3	2.28	2	2	2	18.88
	민간(억원)	0	2	1.4	1	0.9	1	0.9	1	1.4	9.6
	합계	0	5	3.6	3.4	3.9	3.28	2.9	3	3.4	28.48

(7) 종자개발을 통한 수출증대 및 수입대체 전략

- 수출용 터벗 종자 개발을 통해 영세 또는 극소규모의 터벗 종자생산업이 고부가가치 양식 산업으로 활성화되고 해외진출의 새로운 모델과 국제경쟁력의 우위를 선점하는데 기여할 것으로 기대됨.

년도	터벗 종자생산미수	터벗종자업체수
2011	130,000	1
2012	280,000	2
2013(예상)	500,000	3
2014(예상)	2,000,000	10

- 수출용 터벗 종자의 경우 중국을 중심으로 2021년 기준 육종 터벗 종자를 전세계에 200만미 수출하여 40억(미당 2,000원)에 이를 전망임.

- 터벗 수출 목표는 수출 대상국의 넙치류 수요량의 약 0.2%인 것으로 전망됨.

구분	수출량(만 미)			수출 대상국 넙치류 수요량(만 미)			넙치류 수요량 대비 수출량 비중(%)		
	1단계	2단계	합계	1단계	2단계	합계	1단계	2단계	합계
터벗	50	150	200	51,718	81,336	133,055	0.1	0.2	0.2

주 : 1) 터벗 수출 대상국은 중국과 유럽(스페인, 프랑스, 네덜란드)국가에 한정하였음.

2) 수출 대상국 넙치류 수요량은 대상국별 넙치류 공급량을 이용하여 산출하였음(국가별 넙치류 수급동향 자료 참조).

3) 수출 대상국 넙치류 수요량의 물량 환산에 있어 성어 1미당 1kg으로 가정함.

(8) 세부프로젝트 사업제안요구서(RFP)

프로젝트명	수출용 터봇 종자 개발		
세부 프로젝트명	수출용 터봇 대량생산 시스템 개발		
연구 기간	2014 ~ 2021 (8년)	연구비 지원범위	총 2848백만원(8년, 정부1888, 민간960)
과제 성격	<input checked="" type="checkbox"/> 실용화기술(통합형과제)		<input type="checkbox"/> 실용화기술(개별과제)
	<input type="checkbox"/> 원천기술		<input type="checkbox"/> 공공기반기술
연구 개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 최종목표 : 수출용 터봇 수정란 및 종자의 대량생산 ○ 세부프로젝트목표 <ul style="list-style-type: none"> - 수출용 터봇 수정란 대량생산 시스템 개발 - 수출용 터봇 종자의 대량생산 시스템 개발 - 수출용 터봇 대량생산 매뉴얼 개발 		
연구 필요 구성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 최고의 상품력을 갖춘 터봇은 우리나라의 양식환경에 적합하고 최적의 생산성을 나타내는 고부가가치의 넙치 종자임 ○ 세계 최대의 터봇 시장인 중국과 유럽에서는 터봇 양식이 육상양식장의 대표어종으로 양식되고 있으나 우수한 종자 개발과 안정적인 종자수급이 이루어지지 않음 ○ 세계 최고수준의 우리나라 넙치 양식 기술을 적용하여 고품질의 터봇 수정란 및 종자를 대량생산하고 해외로 수출하기 위하여 체계적이고 과학적인 터봇 종자개발이 시급함 		
주요 연구 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수출용 터봇 수정란 대량생산 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 수온, 광주기 등의 사육환경 조절을 통한 산란조절 시스템 개발 - 고품질의 수정란 대량생산 및 난질 검정 체계 구축 ○ 수출용 터봇 종자의 대량생산 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 성장률, 생존률 및 사료효율 분석을 통한 종자 대량생산 시스템 개발 - 수출용 터봇 종자의 상품성 검정 체계 구축 ○ 수출용 터봇 대량생산 매뉴얼 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 고품질의 수정란 및 종자의 대량생산 매뉴얼 개발 		
시장 전망 및 기대 효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 세계 최고수준의 넙치 양식기술을 터봇에 적용하여 해외진출의 새로운 양식품종 선점과 국제경쟁력의 우위를 선점 ○ 수출 주도형 터봇 종자 개발로 고부가가치 양식산업이 활성화되고 향후 수입 대체 효과로 인한 수익창출 기대 ○ 넙치 대체 종자 개발로 국내 양식산업 활성화 및 수출증대는 물론 국민 먹거리의 다양성 창출에 기여 		
자격 및 신청 요건	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연구기관 자격 : 터봇 양식기반이 확보된 민간업체 및 연구기관, 육종관련 민간기업 ○ 신청 요건 : ○ 기타 사항 : 		
Keyword	한 글	터봇(복넙치), 수정란, 종자, 대량생산	
	영 문	Turbot, Fertilized Egg, Fingerling, Mass Production	

제4절. 넙치 우량종자의 수출활성화 기술 개발

1. 연구개발 목표

- 수출용 넙치 우량종자의 해외시장 수요창출 및 수출경쟁력을 확보
 - 이를 위해 넙치 우량종자의 상품가치 향상을 위한 안전성 검정 체계 구축 및 수출 시장 현지여건에 따른 현장적용 사양관리 매뉴얼 작성.
- 수출시장 다변화를 위한 장거리 수송기술 개발
 - 항공 수송에 편중되어 있는 수송 물류비 절감을 위한 대용량 장거리 수송기반 기술 개발과 장거리 수송에 따른 넙치 우량종자의 최적 수송조건 확립.

2. 연구개발 필요성

- 부정확한 마케팅 정보와 복잡하고 변화무쌍한 시장에 일원적으로 접근하는 수출마케팅 전략에서 탈피하여 넙치 우량종자를 세계일류 상품으로 수출할 수 있는 체계적인 수출 마케팅 전략의 수립이 필요함.
- 특히 기존의 저가 수산물 중심의 수출확대에서 벗어난 프리미엄 브랜드 시장을 겨냥한 브랜드 마케팅 전략을 수립하기 위하여 넙치 우량종자의 체계적이고 과학적인 품질관리를 기반으로 안전성 검정 체계 구축이 필수적임.
- 수출 주도형 넙치 우량종자 개발로 고부가가치 양식 산업이 활성화되고 해외진출의 새로운 모델과 국제경쟁력의 우위를 선점하기 위하여 해외현지시장에 수출되는 종자의 안정적이고 최적의 수송조건 확립이 필요함.
- 특히 우량품종 넙치종자는 소용량으로 수송되는 항공수송은 많은 제약이 불가피함으로 대용량으로 안전하게 수송할 수 있는 장거리 수송장비와 기술이 필요함.
- 현재까지 개발된 장거리 수송기술은 성어에 대한 수송기술이므로 성어보다 환경에 민감한 넙치 종자를 안전하게 수송하기 위하여 양식생리, 환경조절, 그리고 수산공

학적 기술이 접목된 최적의 수송조건의 확립이 필요함.

3. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

- 현재 수산실용화기술개발사업의 일환으로 “양식 활수산물의 수출촉진을 위한 장거리 유통저장 시스템 개발”이라는 연구과제가 수행 중임. 그러나 넙치 종자를 대상으로 한 연구로서 GSP의 대상 생물인 넙치 종자에 대한 부분은 전무한 실정임.

4. 프로젝트 추진체계 및 추진전략

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용	연구범위
1단계	2013	우량종자의 현지 수출 마케팅 전략 수립 및 수송기술 개발	마케팅 전략 수립 및 수송 기반기술 개발	- 넙치 우량종자의 수출시장 현지여건에 따른 현장적용 사양관리 - 물류비 절감을 위한 대용량 장거리 수송기반 기술 개발
	2014			
	2015			
	2016			
2단계	2017	수출시장 다변화 및 수출경쟁력 확보	우량종자의 안전성 검정 및 장거리 수송기술 개발	- 넙치 우량종자의 상품가치 향상을 위한 안전성 검정 - 장거리 수송에 따른 넙치 우량종자의 최적 수송조건 확립
	2018			
	2019			
	2020			
	2021			

가. 프로젝트의 추진전략

- 넙치 우량종자의 수출 기반 강화를 위해 체계적인 수출 마케팅 전략 수립으로 해외시장 동향조사, 국제협력, 해외 인허가 대응 방안 등에 대한 지원을 강화함.
- 물류비 절감과 수출 다변화를 위한 첨단 수송기술 개발을 통해 넙치 우량종자의 수출 경쟁력 및 수출 기반을 강화시킴.
- 해외수출 대표기업 육성이 가능하도록 노동집약적 양식산업을 생산·가공·판매를 동시에 수행할 수 있는 6차 산업 구조로의 변화를 도모할 수 있는 기반 마련

나. 프로젝트의 추진체계

- 넙치 우량종자의 해외시장 수요창출 및 수출경쟁력 확보
 - 넙치 우량종자의 수출시장 현지여건에 따른 현장적용 사양관리
 - 넙치 우량종자의 상품가치 향상을 위한 안전성 검정

- 수출시장 다변화를 위한 장거리 수송기술 개발
 - 물류비 절감을 위한 대용량 장거리 수송기반 기술 개발
 - 장거리 수송에 따른 넙치 우량종자의 최적 수송조건 확립

- 넙치 우량종자의 수출시장 현지여건에 따른 현장적용 사양관리
 - 수출시장 특성에 따른 현지 마케팅 전략 수립
 - 수출시장 양식상황을 고려한 넙치 종자별 현장 적용 실험

- 넙치 우량종자의 상품가치 향상을 위한 안전성 검정
 - 기형, 생존률 등의 상품가치 향상을 위한 품질관리 시스템 구축
 - 브랜드 마케팅 전략을 통한 상품성 및 생산성 향상 분석

- 물류비 절감을 위한 대용량 장거리 수송기반 기술 개발
 - 넙치종묘에 적합한 활컨테이너 구조 설계 및 수송안전성 예측
 - 수온, pH, DO 등의 수송환경 조절 기술 개발

- 장거리 수송에 따른 넙치 우량종자의 최적 수송조건 확립
 - 활컨테이너 수송시 넙치 종자의 생리활성 및 생존률 분석
 - 크기별, 밀도별 넙치종자에 최적의 수송조건 확립

5. 프로젝트 Micro 로드맵

단계별 목표		1단계				2단계				최종목표	
		우량종자 생산 기반 구축				우량종자 대량생산 시스템 구축				세계최고의 넙치 생산기술을 바탕으로 우량종자 최적 생산 및 사양관리 기술개발	
중점연구영역		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	프로젝트 목표
넙치 우량종자의 수출활성화 기술 개발	넙치 우량종자 수출시장 현장 적용 및 안전성 검증			마케팅 전략 수립 및 현장적용 시험				우량종자의 안전성 검증			우량종자의 현지 수출 마케팅 전략 수립
	넙치 우량종자 장거리 수송기술 개발			우량 종자의 수송 기반기술 개발				장거리 수송기술 개발			수출시장 다변화 및 수출경쟁력 확보

6. 세부프로젝트 추진계획

1) 세부프로젝트 4-1

넙치 우량종자 수출시장 현장적용 및 안전성 검정

(1) 세부프로젝트 도출 배경

- 부정확한 마케팅 정보와 복잡하고 변화무쌍한 시장에 일원적으로 접근하는 수출 마케팅 전략에서 탈피하여 넙치 우량종자를 세계일류 상품으로 수출할 수 있는 체계적인 수출 마케팅 전략의 수립이 필요함
- 특히 기존의 저가 수산물 중심의 수출확대에서 벗어난 프리미엄 브랜드 시장을 겨냥한 브랜드 마케팅 전략을 수립하기 위하여 넙치 우량종자의 체계적이고 과학적인 품질관리를 기반으로 안전성 검정 체계 구축이 필수적임

(2) 세부프로젝트 최종 목표

- 넙치 우량종자의 해외시장 수요창출 및 수출경쟁력 확보
 - 넙치 우량종자의 수출시장 현지여건에 따른 현장적용 사양관리
 - 넙치 우량종자의 상품가치 향상을 위한 안전성 검정

(3) 세부프로젝트의 추진방법 및 전략

- 넙치 우량종자의 수출시장 현지여건에 따른 현장적용 사양관리
 - 수출시장 특성에 따른 현지 마케팅 전략 수립
 - 수출시장 양식상황을 고려한 넙치 종자별 현장 적용 실험
- 넙치 우량종자의 상품가치 향상을 위한 안전성 검정
 - 기형, 생존률 등의 상품가치 향상을 위한 품질관리 시스템 구축
 - 브랜드 마케팅 전략을 통한 상품성 및 생산성 향상 분석

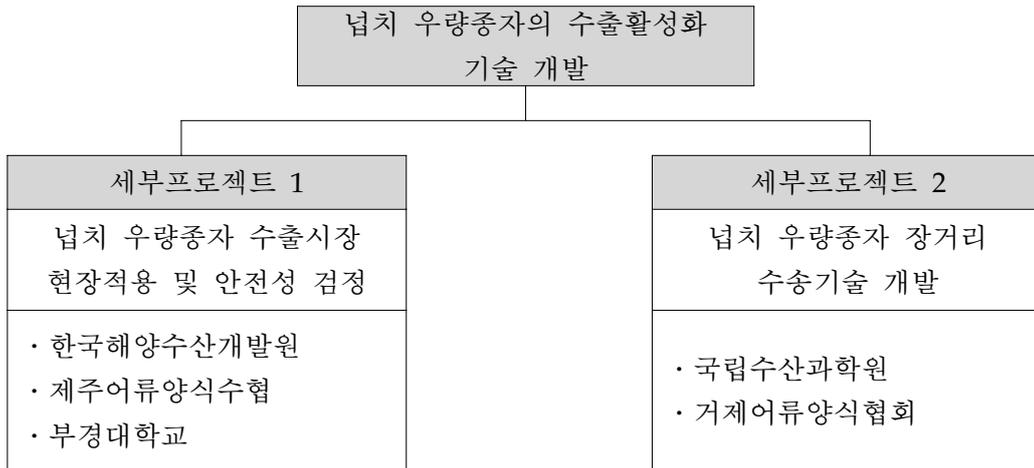
(4) 세부프로젝트 성과지표 설정 방안

예상성과항목		1단계	2단계	총계	주요 고려사항	
공 통 지 표	종자개발 건수					
	품종등록 건수	국내				
		국외				
	종자 수출액					
	수입대체 효과					
	국내논문	SCI				
		등재학술지	2	2	4	
	국외논문	SCI	2	2	4	
		비SCI				
	국내특허	출원	1	1	2	
		등록	1	1	2	
	국제특허	출원				
		등록				
	매출액	국내				
국외						
기술이전		1	1			
특 성 지 표	인력양성	5	5	10		
	기반구축 실적	1	1	2		
	D/B 구축					
	분자마커					
	유용유전자					

(5) 세부프로젝트 최적 연구진 구성안

수출마케팅 전문가 그룹이 소속된 연구기관 또는 민간기업

- 한국해양수산개발원(KMI), 제주어류양식수협, 사)거제어류양식협회, 부경대학교



(6) 세부프로젝트 예산

세부프로젝트명	구분	1단계				2단계					총계
	연구기간	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
넙치 우량종자 수출시장 현장 적용 및 안전성 검정	정부(억원)	0	0	1	1	1	1	2	2	2	10
	민간(억원)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	합계	0	0	1	1	1	1	2	2	2	10

(7) 종자개발을 통한 수출증대 및 수입대체 전략

- 마케팅 전략 수립 프로젝트이므로 해당사항 없음.

(8) 세부프로젝트 사업제안요구서(RFP)

프로젝트명	넙치 우량종자의 수출활성화 기술 개발		
세부 프로젝트명	넙치 우량종자 수출시장 현장적용 및 안전성 검정		
연구 기간	2015 ~ 2021 (7년)	연구비 지원범위	총 1000백만원(7년, 정부1000, 민간0)
과제 성격	<input checked="" type="checkbox"/> 실용화기술(통합형과제)		<input type="checkbox"/> 실용화기술(개별과제)
	<input type="checkbox"/> 원천기술		<input type="checkbox"/> 공공기반기술
연구 개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 최종목표 : 넙치 우량종자의 해외시장 수요창출 및 수출경쟁력 확보 ○ 세부프로젝트목표 <ul style="list-style-type: none"> - 넙치 우량종자의 수출시장 현지여건에 따른 현장적용 사양관리 - 넙치 우량종자의 상품가치 향상을 위한 안전성 검정 		
연구 필요 성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 부정확한 마케팅 정보와 복잡하고 변화무쌍한 시장에 일원적으로 접근하는 수출 마케팅 전략에서 탈피하여 넙치 우량종자를 세계일류 상품으로 수출할 수 있는 체계적인 수출 마케팅 전략의 수립이 필요함 ○ 특히 기존의 저가 수산물 중심의 수출확대에서 벗어난 프리미엄 브랜드 시장을 겨냥한 브랜드 마케팅 전략을 수립하기 위하여 넙치 우량종자의 체계적이고 과학적인 품질관리를 기반으로 안전성 검정 체계 구축이 필수적임 		
주요 연구 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 넙치 우량종자의 수출시장 현지여건에 따른 현장적용 사양관리 <ul style="list-style-type: none"> - 수출시장 특성에 따른 현지 마케팅 전략 수립 - 수출시장 양식상황을 고려한 넙치 종자별 현장 적용 실험 ○ 넙치 우량종자의 상품가치 향상을 위한 안전성 검정 <ul style="list-style-type: none"> - 기형, 생존률 등의 상품가치 향상을 위한 품질관리 시스템 구축 - 브랜드 마케팅 전략을 통한 상품성 및 생산성 향상 분석 		
시장 전망 및 기대 효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 체계적인 수출 마케팅 전략 수립으로 해외시장 동향조사, 국제협력, 해외 인허가 대응 방안 등에 대한 지원을 강화함으로써 넙치 우량품종의 수출 기반 강화 ○ 1차 산업에 국한되어 있는 양식업을 수산 선진국인 노르웨이와 같이 생산·가공·판매를 동시에 수행할 수 있는 6차 산업 구조로의 변화를 도모할 수 있는 대표 기업이 육성 가능 ○ 수산 종자 수출전략 산업화, 1, 2, 3차 산업을 아우르는 융복합 산업화를 통해 미래 수산업의 새로운 가치 창출이 가능 		
자격 및 신청 요건	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연구기관 자격 : 수출마케팅 전문가 그룹이 소속된 연구기관 또는 민간기업 ○ 신청 요건 : ○ 기타 사항 : 		
Keyword	한 글	수출마케팅, 현장적용, 제품관리, 안전성 검정	
	영 문	Export Marketing, Field Application, Product & Safety Control	

2) 세부프로젝트 4-2

넙치 우량종자 장거리 수송기술 개발

(1) 세부프로젝트 도출 배경

- 수출 주도형 넙치 우량종자 개발로 고부가가치 양식 산업이 활성화되고 해외진출의 새로운 모델과 국제경쟁력의 우위를 선점하기 위하여 해외현지시장에 수출되는 종자의 안정적이고 최적의 수송조건 확립이 필요함
- 특히 우량품종 넙치종자는 소용량으로 수송되는 항공수송은 많은 제약이 불가피함으로 대용량으로 안전하게 수송할 수 있는 장거리 수송장비와 기술이 필요함
- 현재까지 개발된 장거리 수송기술은 성어에 대한 수송기술이므로 성어보다 환경에 민감한 넙치 종자를 안전하게 수송하기 위하여 양식생리, 환경조절, 그리고 수산공학기술이 접목된 최적의 수송조건 확립이 필요함

(2) 세부프로젝트 최종 목표

- 수출시장 다변화를 위한 장거리 수송기술 개발
 - 물류비 절감을 위한 대용량 장거리 수송기반 기술 개발
 - 장거리 수송에 따른 넙치 우량종자의 최적 수송조건 확립

(3) 세부프로젝트의 추진방법 및 전략

- 물류비 절감을 위한 대용량 장거리 수송기반 기술 개발
 - 넙치종자에 적합한 활컨테이너 구조 설계 및 수송안전성 예측
 - 수온, pH, DO 등의 수송환경 조절 기술 개발
- 장거리 수송에 따른 넙치 우량종자의 최적 수송조건 확립
 - 활컨테이너 수송시 넙치 종자의 생리활성 및 생존률 분석
 - 크기별, 밀도별 넙치종묘에 최적의 수송조건 확립

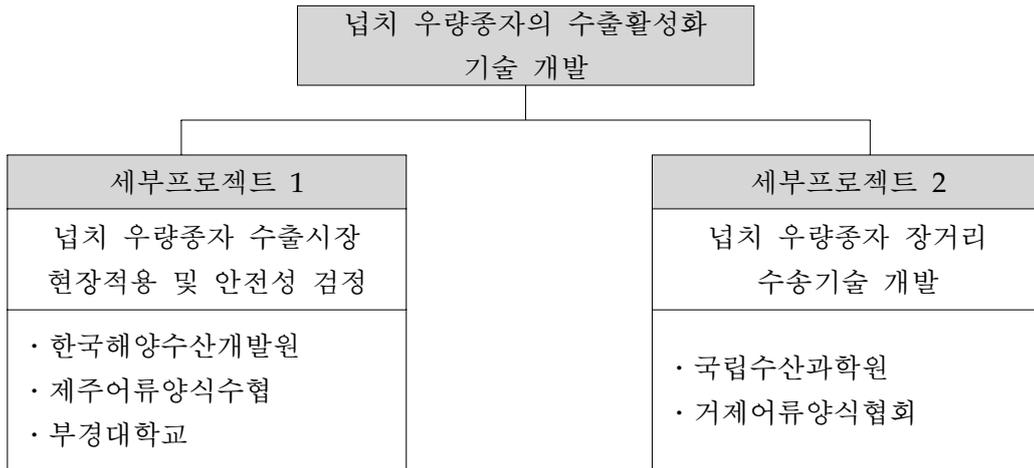
(4) 세부프로젝트 성과지표 설정 방안

예상성과항목		1단계	2단계	총계	주요 고려사항	
공 통 지 표	종자개발 건수					
	품종등록 건수	국내				
		국외				
	종자 수출액			\$1,000,000	\$1,000,000	
	수입대체 효과					
	국내논문	SCI				
		등재학술지	2	2	4	
	국외논문	SCI	2	2	4	
		비SCI				
	국내특허	출원	1	1	2	
		등록	1	1	2	
	국제특허	출원				
		등록				
	매출액	국내				
국외						
기술이전			1	1		
특 성 지 표	인력양성	5	5	10		
	기반구축 실적	1	1	2		
	D/B 구축					
	분자마커					
	유용유전자					

(5) 세부프로젝트 최적 연구진 구성안

수출마케팅 전문가 그룹이 소속된 연구기관 또는 민간기업

- 한국해양수산개발원(KMI), 제주어류양식수협, 사)거제어류양식협회, 부경대학교



(6) 세부프로젝트 예산

세부프로젝트명	구분	1단계				2단계					총계
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
넙치 우량품종 장거리 수송기술 개발	정부(억원)	0	0	1	1	1	1	2	2	2	10
	민간(억원)	0	0	1	1	1	1	1	1	1	7
	합계	0	0	2	2	2	2	3	3	3	17

(7) 종자개발을 통한 수출증대 및 수입대체 전략

- 생물 수송 기술개발 프로젝트이므로 해당사항 없음

(8) 세부프로젝트 사업제안요구서(RFP)

프로젝트명	넙치 우량종자의 수출활성화 기술 개발		
세부 프로젝트명	넙치 우량종자 장거리 수송기술 개발		
연구 기간	2013 ~ 2021 (7년)	연구비 지원범위	총 1700백만원(7년, 정부1000, 민간700)
과제 성격	<input checked="" type="checkbox"/> 실용화기술(통합형과제)		<input type="checkbox"/> 실용화기술(개별과제)
	<input type="checkbox"/> 원천기술		<input type="checkbox"/> 공공기반기술
연구 개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 최종목표 : 수출시장 다변화를 위한 장거리 수송기술 개발 ○ 세부프로젝트목표 <ul style="list-style-type: none"> - 물류비 절감을 위한 대용량 장거리 수송기반 기술 개발 - 장거리 수송에 따른 넙치 우량종자의 최적 수송조건 확립 		
연구 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수출 주도형 넙치 우량종자 개발로 고부가가치 양식산업이 활성화되고 해외진출의 새로운 모델과 국제경쟁력의 우위를 선점하기 위하여 해외현지시장에 수출되는 종자의 안정적이고 최적의 수송조건 확립이 필요함 ○ 특히 우량품종 넙치종자는 소용량으로 수송되는 항공수송은 많은 제약이 불가피함으로 대용량으로 안전하게 수송할 수 있는 장거리 수송장비와 기술이 필요함 ○ 현재까지 개발된 장거리 수송기술은 성어에 대한 수송기술이므로 성어보다 환경에 민감한 넙치 종자를 안전하게 수송하기 위하여 양식생리, 환경조절, 그리고 수산공학적 기술이 접목된 최적의 수송조건의 확립이 필요함 		
주요 연구 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 물류비 절감을 위한 대용량 장거리 수송기반 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 넙치종자에 적합한 활컨테이너 구조 설계 및 수송안전성 예측 - 수온, pH, DO 등의 수송환경 조절 기술 개발 ○ 장거리 수송에 따른 넙치 우량종자의 최적 수송조건 확립 <ul style="list-style-type: none"> - 활컨테이너 수송시 넙치 종자의 생리활성 및 생존률 분석 - 크기별, 밀도별 넙치종자에 최적의 수송조건 확립 		
시장 전망 및 기대 효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수송기술 개발로 물류비 절감과 수출다변화를 통한 넙치 우량종자의 수출 경쟁력 및 수출 기반 강화 ○ 노동집약적 양식산업을 생산·가공·판매를 동시에 수행할 수 있는 6차 산업 구조로의 변화를 도모할 수 있는 대표기업이 육성 가능 ○ 수산 종자 수출전략 산업화, 1, 2, 3차 산업을 아우르는 융복합 산업화를 통해 미래 수산업의 새로운 가치 창출 가능 		
자격 및 신청 요건	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연구기관 자격 : 수송기술 전문가 그룹이 소속된 연구기관 또는 민간기업 ○ 신청 요건 : ○ 기타 사항 : 		
Keyword	한 글	수송기술, 활컨테이너, 넙치 종자	
	영 문	Transportation Technology, Live Container, flounder fingerling	

제6장 기대효과

1. 정책적 기대효과

- 고부가가치 미래 성장산업으로 지속적으로 발전해 나가기 위한 견인차 역할을 기대
- 첨단 육종 원천기술 개발 및 실용화 촉진으로 세계 종자시장의 중심국으로 진입
 - 종자생산 : 2010년 183억 마리에서 2020년 250억 마리
 - 수산물 수출 : 2010년 18억 달러(세계 23위권)에서 2020년 100억 달러(10위권 진입)
- 맞춤형 종자생산으로 종자생산 전문화 및 효율성 제고
- 계획적 종자생산으로 적정 종자생산 및 수급 안정
- 체계적인 수출 마케팅 전략 수립으로 해외시장 동향조사, 국제협력, 해외 인허가 대응 방안 등에 대한 지원을 강화함으로써 넙치 우량품종의 수출 기반 강화
- 수산 종자 수출전략 산업화, 1, 2, 3차 산업을 아우르는 융복합 산업화를 통해 미래 수산업의 새로운 가치 창출이 가능

2. 기술적 기대효과

- 세계적 수산종자 선도국 도약을 위한 제도적 정책적 기반 마련
- 세계적 육종 품종 등 첨단 수산종자기술 선도국 도약
- 1차 산업에 국한되어 있는 양식업을 수산 선진국인 노르웨이와 같이 생산·가공·판매를 동시에 수행할 수 있는 6차 산업 구조로의 변화를 도모할 수 있는 대표 기업을 육성

- 수출 품종의 재생산을 불가능한 품종을 개발함으로써 우량넙치 품종의 지속적인 대외수출 가능하고 수입국의 자체적인 기술확보를 미연에 방지함으로써 우리나라의 지속적인 종자국 지위 확보
- 세계 최고수준의 넙치 양식기술을 적용하여 해외진출의 새로운 양식품종을 개발하여 세계 수산종자시장을 석권하고 국제경쟁력의 우위를 선점

3. 경제적 기대효과

- 2010년도 현재 세계 21위 규모의 수산물 수출국에서 향후 10년 이내에 세계 10위권 수출국으로 진입
- 세계 최고수준의 넙치 양식기술을 황금넙치에 적용하여 해외진출의 새로운 양식품종 선점과 국제경쟁력의 우위를 선점
- 수출 주도형 황금넙치 품종 개발로 고부가가치 양식산업이 활성화되고 향후 수입 대체 효과로 인한 수익창출 기대
- 넙치 대체 품종 개발로 국내 양식산업 활성화 및 수출증대는 물론 국민 먹거리의 다양성 창출에 기여

참고문헌

<국내 문헌>

기획재정부, '관세·통계 통합품목분류표

김대영 외 「수산종자 방류효과 경제성 평가모델 개발 연구」, 수산자원사업단, 2011.

농림수산식품부 “10대 전략품종 종자산업 육성 방안”, 2012.10.11.

농림수산식품부 “2020 종자산업 육성대책”, 2009.

농림수산식품부, 신수산 비전 및 전략, 2009.12.

농수산식품유통공사, 「수산물 수출확대를 위한 주요국 시장조사」, 2011.12.

한국농촌경제연구원, 「식품수급표」, 각연도.

해양수산부, 「수산생명공학산업 육성을 위한 사전조사 연구」, 2008.

<국외 문헌>

水産科學 第29 卷第7 “中國鮭鱒類產品大連地區餐飲消費市場調查”, 2010.7.

APROMAR, 「La Acuicultura Marina en España」, 2012.

Economía y Finanzas

中國海關進出口稅則

<홈페이지>

국제연합식량농업기구(<http://www.fao.org>)

법제처 국가법령정보센터

수산정보포털(www.fips.go.kr)

한국관세무역개발원(<http://www.kctdi.or.kr>)

통계청(<http://kosis.kr/>)

제7장 부록

1. 수산업 및 양식업(어류 양식) 경제성분석 보고서

1. 수산업의 현황 및 발전여건

1) 글로벌 환경변화

(1) 기후변화에 따른 수산업의 환경변화

글로벌 차원의 해양온난화는 이미 전 지구적으로 진전되고 있으며, 이는 직·간접적으로 해양생태계에 영향을 미치는 것으로 파악되고 있다. 따라서 기후변화는 수산업에 몇 가지 사회경제적 영향을 미칠 것으로 파악된다. 우선, 기후변화는 1차적으로 생태계의 지리적 이동 및 내부 변화에 영향을 미쳐 산란지역의 변동이 발생하고, 수산자원의 산란패턴 변화 및 회유 이동 경로가 변화하여 어족자원 분포변화에 영향을 미치고 있다. 이러한 현상은 세계 여러 지역의 어업 생산에 있어서 이변을 발생시키고 있으며, 우리나라에서도 서해안에 난류성 어종의 생산량이 늘어나는 등 기후변화에 따른 수산업의 영향이 포착되고 있다. 또한 어족자원 프로세스의 변화와 질병의 확산이 높아져 어병 발생률이 높아질 것으로 전망된다. 이로 인해 기후변화는 수산업 관련 법, 제도 및 유통기반, 관련 산업 R&D 기술개발, 어촌생활 등 다양한 분야에 영향을 미칠 것으로 예상된다.

그러나 기후변화의 문제는 수산업에 있어서 부정적인 영향뿐만 아니라 대처방법에 따라서 긍정적인 영향도 미칠 것으로 전망된다. 기후변화는 주위 어장의 환경변화를 가져와 새로운 수산물의 생산도 가능할 것으로 보인다. 이로 인해 선진국을 중심으로 지구온난화가 어업에 미칠 영향에 대비하여 체계적인 대응 방안을 모색하고 있다. 이미 FAO, WTO, UNEP의 IPPC(Intergovernmental Panel on Climate Change) 등에서 기후변화가 수산업에 가져올 영향들에 대한 분석을 통해 정책방향을 명시하고 있다. 특히 미국은 NOAA를 중심으로 기후변화에 영향을 받는 어종에 관한 연구 및 모니터링 네트워크를 운영하고 있으며, 호주는 기후변화에 따른 13개 해양 생물 및 서식지를 구명하는 등의 노력을 기울이고 있다.

(2) “책임 있는 어업”과 “수산물의 안전성” 이행 의무 강화

최근 전 세계적으로 지속가능한 수산업의 실현을 위해 “책임 있는 어업”을 강조하고 있으며, 수산물 안전성 강화를 위해서는 다양한 인증체계가 국가단위, 기업단위로 요구되고 있다. 이로 인해 불법어획물에 대한 수산물 교역이 제한되고 있으며, 다양한 인증체계들은 하나의 가이드라인이 아닌 의무이행 사항으로 확산되고 있다. 최근 EU를 중심으로 불법어획(IUU, illegal, unregulated and unreported fishing) 수산물의 EU 영내 반입이 금지되는 사례가 발생하면서 IUU의 이행은 수산물 교역을 위한 필수조건으로 전 세계적으로 확산되는 경향을 보이고 있다. 또한 주요 수산물 시장인 EU, 일본, 미국 등을 중심으로 400여 개가 넘는 식품 인증체계가 있어 이들 조건을 만족하는 수준의 안전성을 담보하지 않고는 수출이 어려운 상황이다. 한 예로 Codex Alimentarius는 식품의 표준화, 코드, 가이드라인을 정해서 전세계에 통용되는 식품의 안전성, 품질 등에 대해 다루고 있으며, GLOBAGAP은 유럽시장에 들어오는 수산물에 대한 식품의 안전성, 수산물의 건강 등에 대한 충족 요건 등을 정하고 있다. 따라서 수산교역이 전세계적으로 확대되고 있는 상황에서 수산물 수출국 및 수산업 관련 기업들은 불법어획에 대한 대비뿐만 아니라 세계적으로 요구되는 인증기준을 충족시키는 방향으로 적극적으로 대응해 나갈 것으로 보인다.

(3) 수산업 관련 R&D 및 신산업 확대

최근 수산업 관련 R&D의 발전은 수산물 양식의 확대에 크게 기여하고 있으며, 수산물의 부패를 줄이면서 원거리 수송이 가능하게 하여 수산물의 글로벌 교역이 가능하게 하고 있다. 최근에는 수산업 관련 R&D 동향이 안전성 문제로 이동하고 있어 항생물질의 대체법 및 저감기술, 유해물질 무함유 수산생물 생산기술, 수산 LMO의 건전한 이용을 위한 안전관리 및 생산기술, 수산식품의 선도지표 관리기술 등이 개발되어 수산물의 고부가가치화에 기여하고 있다²⁵⁾. 또한 글로벌 수산식품기업들은 R&D 투자를 통해 1차 산업으로서의 한계를 극복하고 수산물을 이용한 건강식품을 개발하고 판매하고 있다. 특히, 일본의 글로벌 수산기업인 닛스이는 1차 산업의 한계를 뛰어넘어서 정어리에서 고도 불포화지방산이 EPA를 추출하여 건강식품으로 가공하여 완제품을 생산·판매하고 있다. 이외에

25) 한국해양수산개발원, “글로벌 해양 전략 수립 연구”, 2009.11. P.257.

도 수산물은 바이오 식품, 바이오에너지, 바이오화학, 바이오 의약, 바이오 환경 등 바이오산업의 주원료로서 이용되고 있어 수산업의 신산업이 확대되는 경향을 보이고 있다. 이미 해조류를 이용하여 바이오에탄올, 펄프, 자동차 내장재, 화장품 원료, 건강식품 등도 등장하였다. 지금 당장은 경제성의 이유로 상업화의 한계가 있지만 향후 크게 발전할 것으로 전망된다.

(4) 국제적 수산업 규제 강화

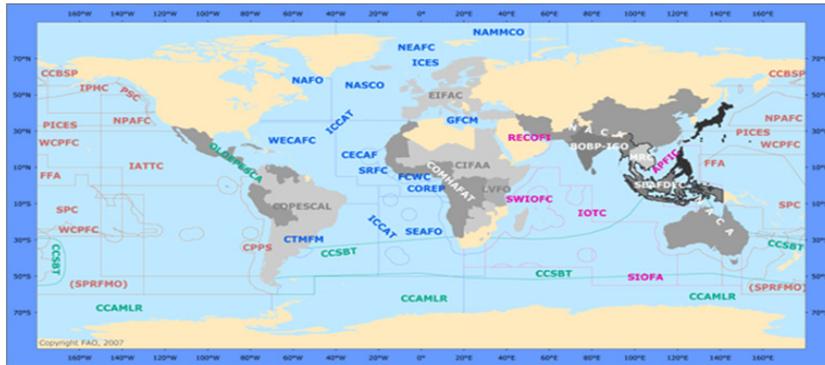
1982년에 채택된 유엔해양법협약이 1994년 11월 16일에 발효됨에 따라 전 세계 수역에서 새로운 어업질서가 형성되었다. 각 연안국의 영해가 12해리로 확장되었고, 영해기준선에서 200해리에 달하는 배타적 경제수역(EEZ: Exclusive Economic Zone)에 대해서는 각 연안국이 어업자원에 대한 '주권적 권리(sovareign right)'를 가지게 되어 어업자원의 이용에 대한 자국화가 본격적으로 이루어지게 되었다. 이와 동시에 관할수역 내 어업자원의 회복과 보호를 위해 외국어선의 입어제한, 총허용어획량 제도와 다양한 어업관리수단의 채택 등 체계적인 어업관리 강화가 이루어지게 되었다.

하지만 이러한 각 연안국 관할수역 내에서의 어업자원에 대한 관리는 보다 강화되었지만, 연안국 EEZ 이원의 공해 어업자원에 대한 관리는 상대적으로 소홀해지게 되었다. 이는 EEZ 설정으로 인하여 세계 전체 어획량의 90% 이상이 연안국들의 관할권에 속하는 수역에서 어획되게 되었을 뿐 아니라 주요 어장 대부분이 연안국의 관할수역에 포함되어 더 이상 국제적으로 관리해야 할 해양생물자원이 없다는 견해가 일반적이기 때문이었다. 그러나 연안국의 EEZ와 공해 그리고 연안국들의 EEZ간을 회유하는 공해어족자원의 특성상 국제적으로 문제가 발생하게 되었는데, 대표적인 것이 각 연안국들의 EEZ 설정으로 인해 기존 어장에서 축출된 원양국 어선들이 EEZ 외측에서 집중적으로 어획활동을 전개해 연안국과 원양국간에 잦은 분쟁이 발생된 것이다. 그리고 공해어업자원 감소를 방지하기 위한 관리문제도 대두되었다.

이러한 이유로 공해어업자원에 대한 보호와 관리를 위해 UN은 1995년 8월 「공해어업자원인 경계왕래어족 및 고도회유성어족자원의 보존관리에 관한 협정(이하 '유엔공해어족보존협정')」을 채택하였는데, 2001년 12월 11일에 발효되어 실질적인 공해어업자원에 대한 관리가 이루어지게 되었다. 이 협정에서는 무엇보다 지역수산기구(Regional Fisheries Organization)에 의한 공해어업자원 관리를 강조하고, 이를 법제화하고 있다(UN Fish Stocks Agreement, 1995). 이에 따

라 세계 각 수역에서는 기존 지역수산기구 이외에 새로운 기구가 다수 설립되는 등 해당수역 공해어업자원에 대한 관리정책이 크게 변화되고 있고, 지역수산기구들의 어업관리권도 점차 강화되고 있다.

이러한 공해어업자원 관리에 대한 실질적 주체로서 지역수산기구의 어업관리권 한과 역할 증대로 인하여 기존 지역수산기구 이외에 새로운 기구가 다수 설립되어 아래 <그림-1>에서 보는 바와 같이, 현재 전 세계 수역에는 FAO 통계상 약 50여개의 지역수산기구가 해당 관할수역의 어업관리를 행하고 있다. 즉, 사실상 전 세계수역이 모두 이들 지역수산기구에 의해 관할·관리되게 되었다. 이러한 지역수산기구들은 단순히 양적으로만 증가했을 뿐만 아니라 어업관리 권한도 실질적으로 크게 강화되고 있다. 이에 따라 국제적 수산자원의 안정적 확보를 위해서는 지역수산기구에 의한 어업규제 및 관련 의무사항을 준수하고, 국제적 협약사항을 책임 있게 이행해 나가야 한다.



자료: FAO Website-RFMOs

<그림-1> 세계 수역에서의 지역수산기구 현황

(5) 국제적 시장개방 가속화

2001년 출범한 WTO/DDA 수산보조금 및 관세 협상 등은 핵심 쟁점에 대한 회원국간 갈등으로 인해 타결이 지연되고 있으나, 향후 급진전될 가능성이 클 것으로 전망된다. 이는 지난 2009년 9월 미국 피츠버그에서 G20에서 WTO/DDA 타결을 지지하는 합의문이 채택되었으며, 뿐만 아니라 WTO/DDA 타결이 전 세계적 경제 불황을 타개하기 위한 유력한 방안으로 부상할 가능성이 높기 때문이다.

WTO/DDA 협상 타결 시 우리나라 수산업은 보조금과 관세 부분에 있어 큰

영향을 있을 것으로 예상된다. 특히 <표-1>에서와 같이 현재 WTO/DDA 보조금 협상에 있어 주요국들의 입장이 상이하지만, 수산보조금은 최악의 경우 어업용 면세유, 정책자금 이차보전, 어항건설 등 약 70%가 금지될 수 있을 것으로 우려된다.²⁶⁾ 그리고 수산물 관세는 17%(2008년 기준)에서 6% 수준대로 하락할 것으로 예상된다.

<표-1> WTO/DDA 보조금 협상에 있어 주요국 입장

국가	입장
한국, 일본, 대만	- 의장안 강력 반대 - 금지는 자원고갈을 야기하는 일부 보조금으로 제한
EU	- 의장안 반대 - 금지보조금의 범위 축소를 주장
미국, 호주, 뉴질랜드	- 의장안 강력 찬성 - 수산자원 보호를 위해 포괄적인 보조금 금지를 주장
개도국(중국, 인도 등)	- 조건부 찬성 - 선진국만 금지, 개도국은 허용을 주장

또한 WTO/DDA 협상 외에도 칠레, ASEAN, 인도, 미국, EU 등 FTA가 타결 혹은 발효되었고²⁷⁾, 캐나다, 멕시코 등 7개 경제권과도 FTA 협상이 진행 중이다. 이 중에서도, 우리나라 수산물 수출의 60%, 수입의 40%를 차지하는 일본 및 중국과의 FTA가 체결될 경우 동북아 수산물 생산구조에 큰 변화가 있을 것으로 예상된다.

2) 국내 어업 현황

(1) 수산업 현황 및 어업경영의 악화

우리나라 어업의 총생산량은 2011년 기준 3,251천 톤으로, 지난 1995년과 비교해서 약 3% 정도 오히려 감소하였다. 어업생산을 어업별로 구체적으로 살펴보

26) 금지보조금으로 분류되고 있는 보조금으로는 (1)어선의 취득, 건조, 수리, 개조, 현대화 및 조선소 시설 등, (2)어선의 제3국 이전 및 이전료, (3)연료(면세유), 얼음, 미끼, 보험, 양륙, 가공활동 등 어업운영비용, (4)해면어업과 관련되는 항구 등 기반 시설 및 항 인근 가공시설, (5)해면어업 종사 자연인, 법인에 대한 소득보전 및 가격 보전, (6)기타 과도어획에 명확히 영향을 미치는 보조금 등임.

27) FTA 추진현황을 구체적으로 살펴보면, 칠레(2004.04.01 발효), 싱가포르(2006.03.02 발효), EFTA(2006.09.01 발효), ASEAN(2007.06.01 상품협상 발효) 등과 FTA체결을 완료하였음.

면, 2011년 기준, 연근해 해면어업 1,236천 톤, 양식업 1,478천 톤, 원양어업 506천 톤, 그리고 내수면 31천 톤 수준이다. 이 중 특히 국제 수산업 규제에 의해 원양어업의 생산량이 급감하고 있으며, 연근해 해면어업의 경우도 지난 1990년대 중반 150만 톤 수준에서 생산량이 격감하여 현 상태가 지속될 경우 어업생산의 기반이 붕괴될 우려가 있다.

수산물 유통구조 또한 전통적 유통조직의 영세화와 유통기구의 수산물 가격 결정 기능의 약화 현상이 심화되고 있는데, 계통 출하의 비중이 감소하고 있을 뿐만 아니라, 전체 위판장의 약 86% 정도가 연간 위판량 2만 톤 이하의 영세 규모로 소비시 시장의 변화와 소비자의 다양한 요구에 대응하는데 한계를 가지고 있다.

수산가공업의 경우 개별업체의 규모가 커지기는 하였지만, 규모화에 따른 생산비 절감 등의 경제적 효과는 크게 나타나지 않고 있다. 예를 들어, 수산가공업체당 연평균 출하액은 4.3%씩 증가하고 있지만, 생산비 또한 4.3% 증가하고 있어 규모화에 따른 비용 절감효과가 나타나지 않고 있다. 특히 개별 가공업체의 규모화 진전과 생산비 증가에도 불구하고, 생산단가가 오히려 하락함으로써 개별 가공업체의 수익성은 크게 저하되고 있는 실정이다.

우리나라 어업의 경영여건은 유가 및 임금 인상 등으로 어업 채산성 악화 추세가 지속되고 있는데, 특히 어선을 사용하는 산업의 특성상 유가 상승에 매우 취약하며, 어업경영비 상승도 대부분 유가 인상에 기인하고 있다. 어업소득의 경우 2010년 기준 3,570만 원으로 지속적 증가추세에 있으나, 도시근로자 소득에는 74% 수준에 불과하다. 향후 어업경쟁력 강화를 위해서는 어업소득 증대와 어업경비 절감을 통한 어업경영의 안정화 정책방안이 강구되어야 한다.

(2) 어업인 및 어촌의 활력 저하

수산업의 지속적 침체로 우리나라 어가인구는 감소 추세에 있고, 어업인의 고령화 현상은 더욱 심화되고 있다. 예를 들어, 어가인구 및 어가수는 지속적으로 감소하여 2010년 기준으로 2000년 대비 각각 24%와 19%씩 감소하였다. 특히 2016년경에는 어가인구는 2004년 기준 21만 명 수준에서 9만 4천명 수준으로 감소할 것으로 전망되고, 어촌 노령인구(60세 이상)의 비중도 2004년 27%에서 약 40% 수준으로 증가할 것으로 전망되고 있다. 따라서 어촌지역의 경제 활성화와 소득 증대를 위한 방안 등을 시급히 강구하여 어업인 및 어촌의 활력을 증대시켜 나가야 한다.

(3) 수산분야 기후변화 대응 취약

수산 분야는 기후변화에 가장 취약한 분야 중의 하나로, IPCC(기후변화에 관한 정부간 협의체) 제4차 보고서에 따르면 21세기에는 기후변화가 가속화(평균 기온 최대 6.4℃, 해수면 59cm 상승)될 것으로 전망되고 있다. 특히 우리나라 주변 해역의 평균 수온 상승률은 연간 0.033℃(지난 41년간 1.35℃ 상승)으로, 전 세계에서 가장 빠른 수온 상승이 발생하는 해역 중의 하나이다.

이러한 중요성에도 불구하고 지금까지 수산분야에 특화된 기후변화 대응 비전 및 목표, 중장기 시행계획, 세부 추진계획 및 분야별 연구계획 등에 관한 종합대책은 제시되지 못하고 있는 실정이다. 기후변화에 대응한 수산업의 지속적이고 경영안정적인 발전 및 수산물의 안정적 공급을 위해서는 기후변화로 인한 해수온 상승 및 생태계 변화에 대응하여 수산자원의 능률적 어획과 관리 및 보존, 새로운 어업기술 및 양식기술 개발, 질병관리, 그리고 관련 수산정책 수립 등을 적극 추진해 가야 한다.

(4) 수산물 유통 가공산업의 정체

현재 수산물 유통 가공산업은 아직도 시스템을 갖추지 못한 전근대적인 시설과 상태에서 이루어지고 있다. 산지위판장의 노후화, 가공시설의 가내수공업적 수준, 개별 자본의 차이에 따른 수준 차이, 산지간 경쟁, 안정성 위생성 확보의 보다 철저한 관리시스템 구축 등 해결해야 할 과제가 많이 남아있다. 또한 수입, 수출 수산물에 대한 검역, 위생 시스템 구축 등 전 세계적으로 유통되는 수산물에 대한 관리 시스템도 확보하여 할 것이다.

현재 우리나라의 경우 수산물 유통 가공 산업 육성을 위한 종합적인 정책이나 추진전략이 미흡하고, 생산 및 유통 환경이 다른 농산물 유통 가공의 하나의 품목으로서 취급되고 있어 수산산업 특성과 연계한 복합적인 유통 가공 정책체계가 미흡한 실정이다. 수산업 범위 확대 및 새로운 성장 동력 창출을 위해서는 수산물 유통 및 가공 산업육성을 위한 정책이 수립되어 추진되어야 한다.

(5) 수산생명자원 확보 등에 관한 정책개발 및 연구 부진

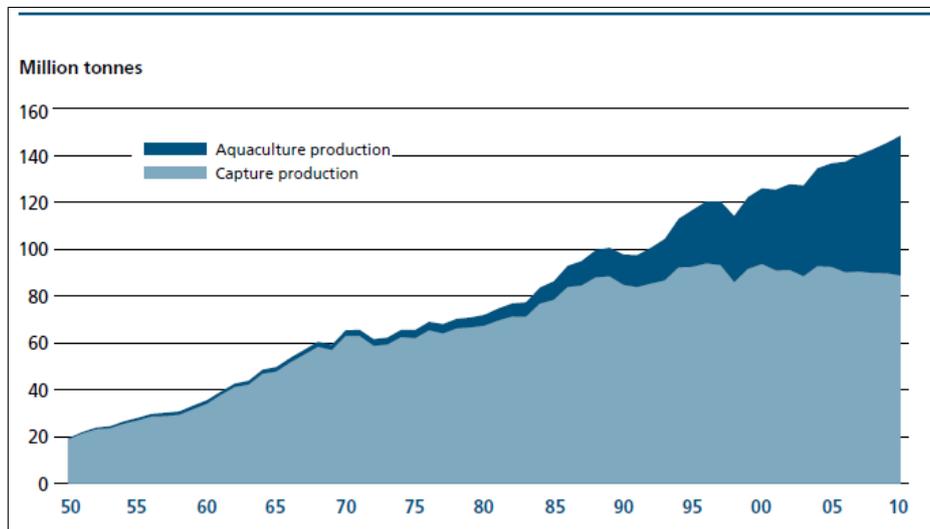
현재 전 세계적으로 점차 소멸되는 생명자원에 대한 위기감을 인식하고, 자국

생명자원의 확보를 위한 생명산업 정책에 역점을 두고 있다. 특히 바이로(BT) 경제시대 도래에 따른 수산생명산업을 활성화하기 위한 각국 노력이 경쟁적으로 이루어지고 있다. 하지만 현재 우리나라의 경우 수산생명산업 육성을 위한 종합적인 정책이나 추진전략이 미흡하고, 수산생명자원 확보, R&D 투자, 산업체 등과 연계한 복합적인 정책체계가 미흡한 실정이다. 수산업의 범위 확대 및 새로운 성장 동력 창출을 위해서는 수산생명자원의 관리 및 바이오산업 육성을 위한 정책이 수립되어 추진되어야 한다.

3) 세계 수산물 생산동향

(1) 수산물생산 구성

○ 세계 수산물생산량은 2010년 1억 48백만 톤 까지 증가함. 어업생산량은 1990년대 이후 9천만 톤의 수준에서 안정을 유지하고 있는 반면, 양식생산량은 꾸준하게 증가되고 있어서, 총 수산물생산의 증가는 양식생산의 증가(전체 수산물 공급의 59.9%를 차지)에 의한 것임.



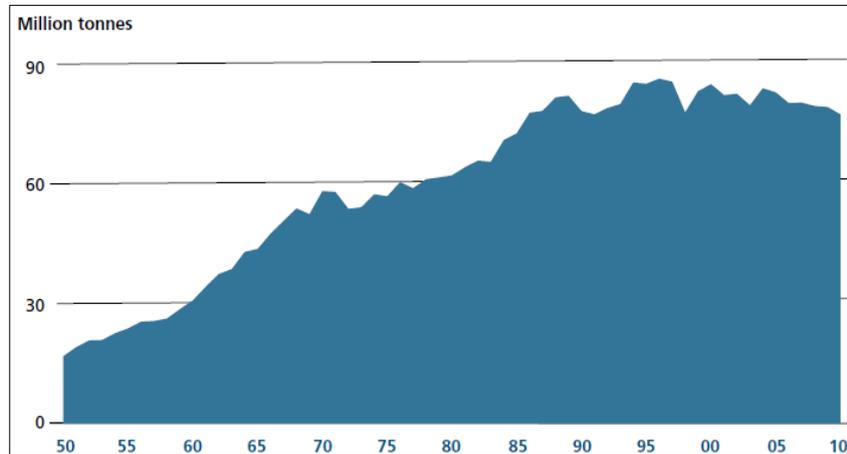
자료 : FAO(2012) The state of world fisheries and aquaculture

<그림-2> 세계 수산물 생산량 동향

(2) 어업생산동향

○ 세계 어업생산량은 최근 10년 간 비교적 안정된 상태를 유지하고 있음. 1990

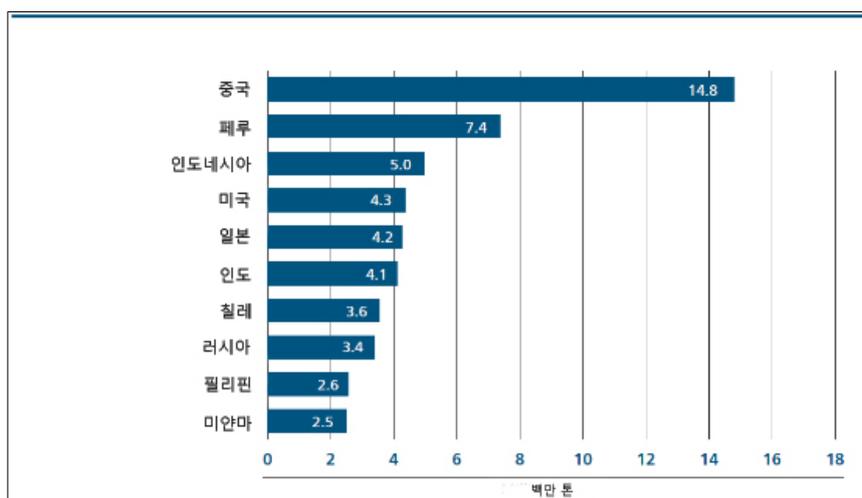
년대 후반과 2000년대 초반의 변동은 태평양 남부해역에서 발생한 엘니뇨의 영향으로 정어리 자원의 변동에 기인한 것임.



자료 : FAO(2012) The state of world fisheries and aquaculture

<그림-3> 세계 어업생산량 추이

- 주요 어업국별 생산량은 <그림-4>에 나타낸바와 같이 2008년 기준 중국이 가장 많고, 다음은 페루, 인도네시아, 미국 및 일본의 순임.
- 어업생산 상위 10개국 중에는 선진국보다 개발도상국이 압도적으로 많고, 이들 개발도상국에 의한 생산이 전체 생산의 73%를 차지함.

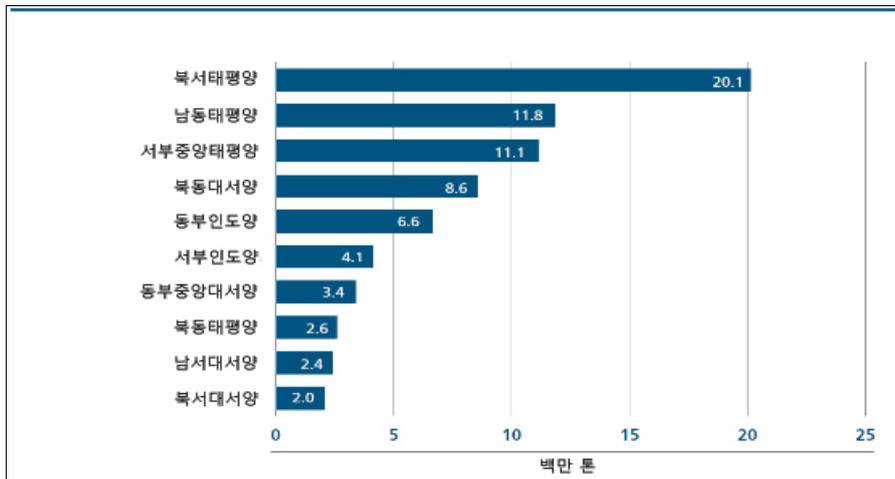


자료 : FAO(2010) The state of world fisheries and aquaculture

<그림-4> 주요 어업국별 어업생산량(2008년 기준)

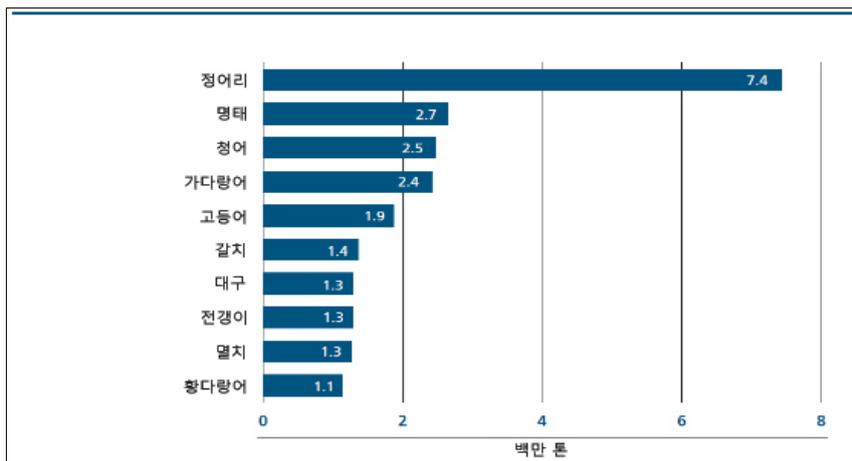
○ 해역별 생산동향을 보면 <그림-5>와 같이 주요 어업국인 중국 일본 및 한국 등이 위치한 북서태평양해역에서 2천만 톤 정도를 생산하여 가장 많고, 다음으로 남서태평양, 중부태평양의 순임.

○ 해양에서 주 어획어종은 <그림-6>에서와 같이 정어리류가 7백만 톤으로 가장 많고, 다음으로 명태 2.7백만 톤, 대서양청어 2.5백만 톤, 가다랭이 2.4백만 톤을 나타내고 있음.



자료 : FAO(2010) The state of world fisheries and aquaculture

<그림-5> 해역별 어업생산량(2008년 기준)

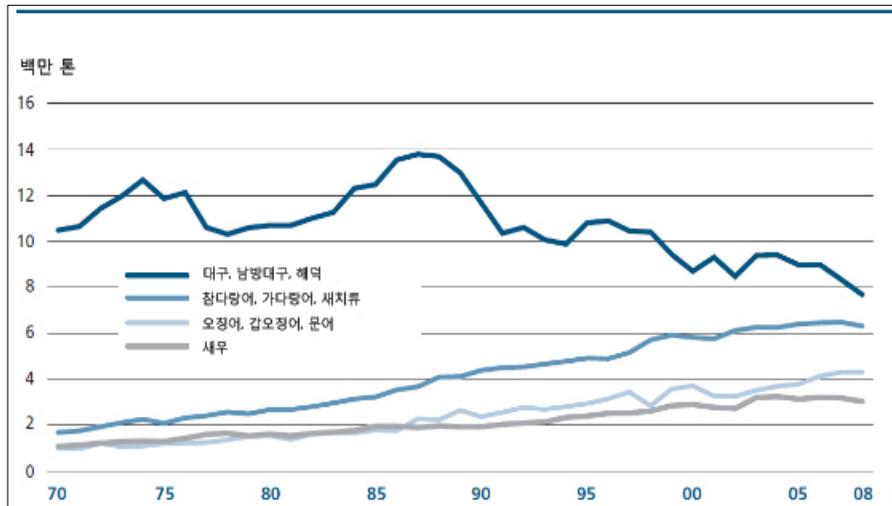


자료 : FAO(2010) The state of world fisheries and aquaculture

<그림-6> 어종별 생산량(2008년 기준)

○ 주요 어종 그룹별 최근 생산동향을 보면 대구 등의 저어류 자원은 90년대부터 크게 감소하고 있고, 참치 등 부어류는 꾸준히 증가하다 2000년대 이후에는

거의 정체상태에 있고, 오징어 등 갑각류는 지속적으로 증가하며, 새우류 자원도 증가경향을 보이고 있음.



자료 : FAO(2010) The state of world fisheries and aquaculture

<그림-7> 주요 어종 그룹별 생산량 동향

(3) 양식생산동향

○ 양식생산은 1970~2010년의 기간 동안 연평균 8.3% 성장하였고, 2010년 기준으로 53.3만 톤을 생산하였으며, 금액으로는 해조류를 제외하면 984억불(USD)로, 해조류를 포함하면 1,060억불(USD)로 추정됨.

○ 세계 양식생산에서 아시아 지역은 중요한 위치를 차지하고 있는데, 이 지역이 양적으로는 89%, 금액으로는 78.7%를 차지하며, 특히 중국은 양적으로 68.92%를 차지함(<표-2> 참조).

○ 지역별 양식생산의 성장추이를 보면, 라틴아메리카와 카리브지역이 21.1%로 가장 높은 성장률을 나타내었고, 극동지역이 14.1%, 아프리카가 12.6%를 각각 나타내었다. 중국은 1970~2010년 기간 중 평균 성장률이 10.4%인데, 1980년대에는 17.3%, 1990년대에는 12.7%, 2000년대에는 5.4%로 최근 들어 성장률이 크게 낮아지고 있음.

○ 2010년 기준 세계 15개 주요 양식 생산국이 세계 생산의 92.4%를 차지하고, 이들 중 개발도상국이 2008년도에 생산량으로 48.63백만톤, 금액으로 840억불을 생산하여 세계 양식생산의 양으로 92.5%, 금액으로 85.4%를 각각 차지함.

○ 특히 최근의 수산물생산의 성장은 개발도상국의 양식생산 성장이 주도하고

있음.

<표-2> 세계 지역별 양식생산량 동향

선택한 그룹과 국가		1970	1980	1990	2000	2009	2010
아프리카	(톤)	10,271	26,202	81,015	399,788	991,183	1,288,320
	(%)	0.10	0.60	0.60	1.20	1.80	2.20
사하라사막 이남의 아프리카	(톤)	4,243	7,048	17,184	55,802	276,906	359,790
	(%)	0.20	0.10	0.10	0.20	0.50	0.60
북아프리카	(톤)	6,028	19,154	63,831	343,986	714,277	928,530
	(%)	0.20	0.40	0.50	1.10	1.30	1.60
아메리카	(톤)	173,491	198,850	548,200	1,422,637	2,512,829	2,576,428
	(%)	6.80	4.20	4.20	4.40	4.50	4.30
카리브해	(톤)	350	2,329	12,169	39,692	42,514	36,871
	(%)	0.00	0.00	0.10	0.10	0.10	0.10
라틴아메리카	(톤)	869	24,590	179,367	4799,235	1,835,888	1,883,134
	(%)	0.00	0.50	1.40	2.50	3.30	3.10
북아메리카	(톤)	172,272	171,931	356,664	583,710	634,427	656,423
	(%)	6.70	3.70	2.70	1.80	1.10	1.10
아시아	(톤)	1,786,286	3,540,960	10,786,593	28,400,213	49,538,019	53,301,157
	(%)	69.60	75.20	82.50	87.60	88.90	89.00
아시아 (중국 제외)	(톤)	1,021,888	2,211,248	4,270,587	6,821,665	14,522,862	16,288,881
	(%)	39.80	47.00	32.70	21.00	26.10	27.20
중국	(톤)	764,380	1,316,278	6,482,402	21,522,095	34,779,870	36,734,215
	(%)	29.80	28.00	49.60	66.40	62.40	61.40
동아시아 부근	(톤)	18	13,434	33,604	56,453	235,286	278,061
	(%)	0.00	0.30	0.30	0.20	0.40	0.50
유럽	(톤)	510,713	770,200	1,616,287	2,072,160	2,499,042	2,523,179
	(%)	19.90	16.40	12.40	6.40	4.50	4.20
비 EU국가 (+카보베르데, 이스라엘)	(톤)	39,431	49,985	582,305	676,685	1,275,833	1,261,592
	(%)	1.50	1.10	4.50	2.10	2.30	2.10
EU 27개국	(톤)	471,282	720,215	1,033,982	1,395,475	1,226,625	1,265,703
	(%)	18.40	15.30	7.90	4.30	2.20	2.10
오세아니아	(톤)	8,421	12,224	42,005	121,312	173,283	183,516
	(%)	0.30	0.30	0.40	0.40	0.30	0.30
전 세계	(톤)	2,566,882	4,705,841	13,074,100	32,416,110	55,714,357	59,872,600

참고 : 양식 식물 제외, 2010년 자료는 일부 국가에 대한 임시 자료 포함
 자료 : FAO(2012) The state of world fisheries and aquaculture

<표-3> 세계 주요 15개 양식 생산국의 생산량

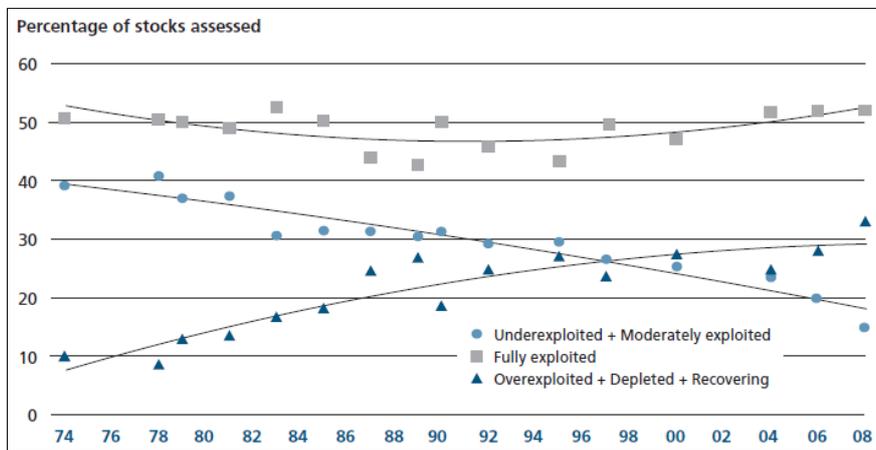
	생산량 (천만 톤)			연평균 증가율 (%)		
	1990	2000	2008	1990-2000	2000-2008	1990-2008
중국	6,482	21,522	32,736	12.7	5.4	9.4
인도	1,017	1,943	3,479	6.7	7.6	7.1
베트남	160	499	2,462	12.0	22.1	16.4
인도네시아	500	789	1,690	4.7	10.0	7.0
태국	292	738	1,374	9.7	8.1	9.0
방글라데시	193	657	1,006	13.1	5.5	9.6
노르웨이	151	491	844	12.6	7.0	10.0
칠레	32	392	843	28.3	10.1	19.8
필리핀	380	394	741	0.4	8.2	3.8
일본	804	763	732	-0.5	-0.5	-0.5
이집트	62	340	694	18.6	9.3	14.4
미얀마	7	99	675	30.2	27.1	28.8
미국	315	456	500	3.8	1.2	2.6
한국	377	293	474	-2.5	6.2	1.3
타이완	333	244	324	-3.1	3.6	-0.2

참고 : 양식 식물 제외

자료 : FAO(2010) The state of world fisheries and aquaculture

(4) 수산자원 동향

- 세계 해면어업생산량은 1996년 86.3백만 톤을 정점으로 2008년에는 약간 감소한 79.5백만 톤을 기록함.
- 2008년 북서태평양해역에서 가장 많은 생산을 하여 20.1백만 톤(세계 해면 어업생산의 25%), 다음으로 남동태평양에서 11.8백만 톤(15%), 중부태평양에서 11.1백만 톤(14%), 북동대서양에서 8.5백만 톤(11%)을 생산함.
- 1970년대 중반까지는 미개발 자원과 적정 수준으로 개발된 자원의 비율이 40%였으나 2008년에는 15%로 감소함. 반대로 과도하게 남획되었거나, 고갈상태에 있는 자원은 1970년대 중반에는 10%에서 2008년에는 32%로 증가함.



자료 : FAO(2010) The state of world fisheries and aquaculture

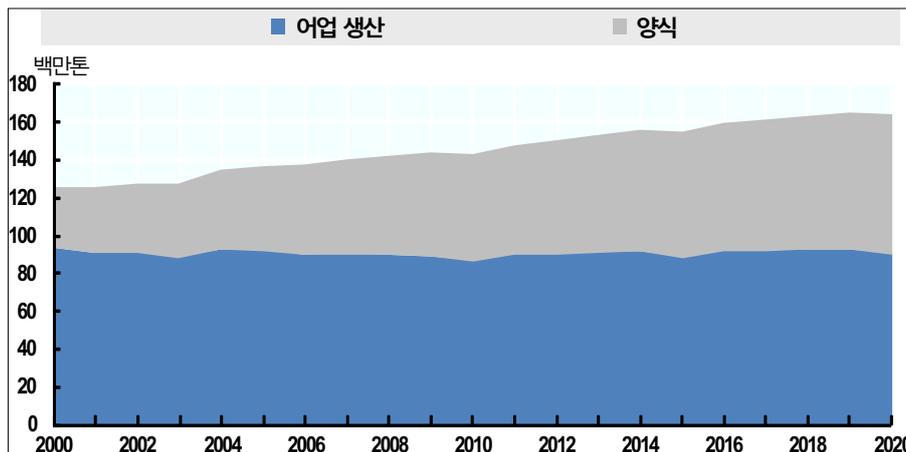
<그림-8> 1974년 이후 세계 수산자원 상태

- FAO에서는 2008년에 단지 15%의 자원만이 덜 개발된 자원(3%)과 적정수준으로 개발된 자원(12%)으로 추정하여 생산의 증가가 가능한 자원으로 보고 있음.
- 또한 약 53%의 자원은 완전히 개발되어 최대 지속 생산의 수준에 있어서 생산의 증가 여지가 없다고 보고 있고, 나머지 32%는 과도하게 개발된 자원(28%)과 고갈된 자원(4%)으로 추정되어 적극적인 자원 관리 또는 자원 회복 조치가 필요한 것으로 보고 있음.
- 특히 세계 어업생산의 30%를 차지하는 상위 10대 어종은 완전히 개발되어 더 이상 개발의 여지가 없기 때문에 생산을 증대시킬 수 있는 가능성은 거의 없는 것으로 평가됨.

4) 세계 수산물 생산 및 수요 전망

(1) 수산물 생산 전망

- OECD와 FAO 자료에 따르면 2020년 세계 수산물 생산량은 2008~2010년 평균에 비해 15% 증가한 1억 6,400만 톤이 될 것으로 예측됨.
- 어업생산량은 소폭 늘어난 9,000만 톤 정도에 그칠 것으로 보이고, 엘니노 등의 해황변동의 영향을 받아 감소하는 경우도 있고, 생산의 증가는 대부분 양식업의 성장에 의함.
- 선진국이 2008~2010년 대비 4% 늘어나는 반면, 개발도상국이 17%, 저개발국이 26%로, 이들 국가가 생산증가를 이룰 것으로 예상됨.

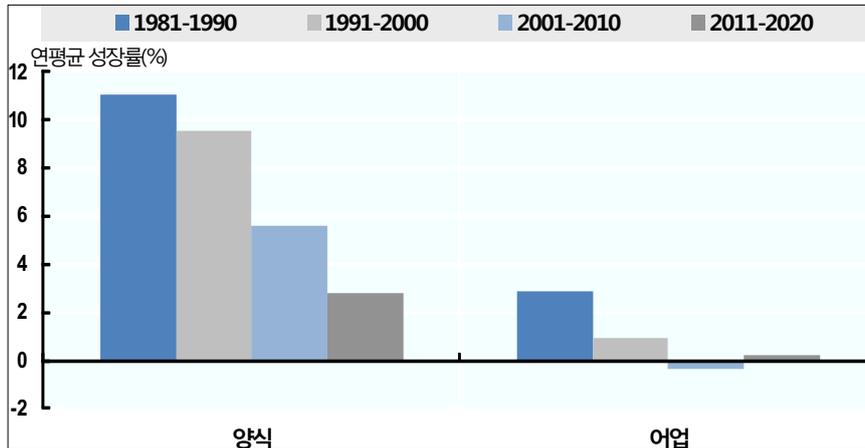


자료 : OECD-FAO(2010) Agricultural Outlook 2011-2020

<그림-9> 세계 수산물 생산량 전망

- 주요 국가별 2020년 생산량은 중국 5,970만 톤(21%증가), 인도 930만 톤(23%), 인도네시아 780만 톤(16%), 베트남 610만 톤(28%), 유럽연합 680만 톤(5%), 미국 490만 톤(0%), 일본 430만 톤(-10%), 노르웨이 380만 톤(9%), 우리나라 250만 톤(4%) 등임.
- 부문별 성장률을 보면 양식업이 성장률은 둔화되어도 어업보다 높은 성장이 기대되어 2010~2020년 기간에는 연평균 2.8% 성장하여 2020년에는 7,400만 톤에 달할 것으로 전망됨.
- 양식생산이 전체 수산물생산에서 차지하는 비중도 2008~2010년 기준 38%에서 2020년에는 45%로 늘어날 것으로 전망됨.

○ 또한 식용수산물 중 양식생산이 차지하는 비중은 2008~2010년 47%에서 2015년에는 51%로 사상 처음 어업생산을 능가하여 2020년에는 54%까지 높아질 것으로 예측됨.

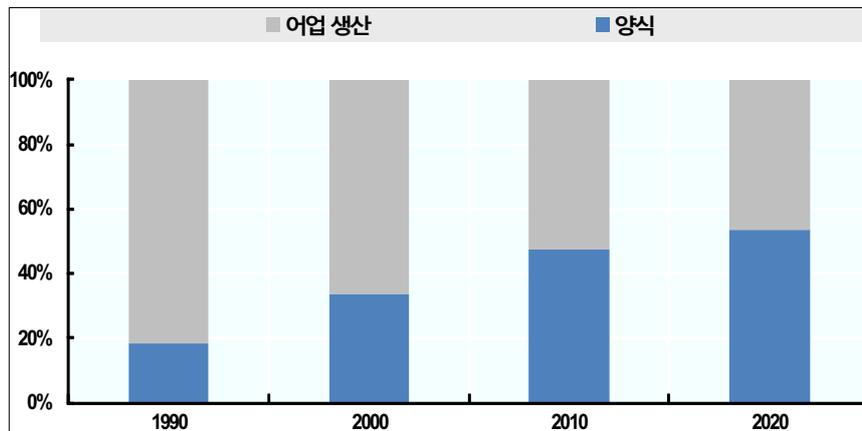


자료 : OECD-FAO(2010) Agricultural Outlook 2011-2020

<그림-10> 세계 수산물 생산 성장률

○ 어업생산은 자원의 과도한 이용에 따른 자원감소, 국제기구 및 연안국의 자원관리 강화에 따른 조업위축 등으로 향후 10년 동안 생산량이 정체상태를 유지할 것으로 전망되지만, 효과적인 자원관리 정책이 집행되지 않거나 엘니노와 같은 지구 규모의 해황변동이 발생한다면 생산이 감소할 수 있을 것임.

○ 그러나 양식업은 소비자의 요구에 부응하여 품종과 생산이 다양화 하면서 전 세계 모든 지역에서 성장할 것으로 기대됨. 특히 아시아 지역의 생산이 두드러지는데, 중국은 2020년 세계 생산의 61%를 차지할 것으로 예상되고, 중남미에서도 브라질을 중심으로 생산이 늘어나고, 아프리카 지역도 2000년대부터 양식생산이 확대되기 시작하여 2020년에 170만 톤에 달할 것으로 보임.



자료 : OECD-FAO(2010) Agricultural Outlook 2011-2020

<그림-11> 어업과 양식 수산물의 식용 비중 추이 및 전망

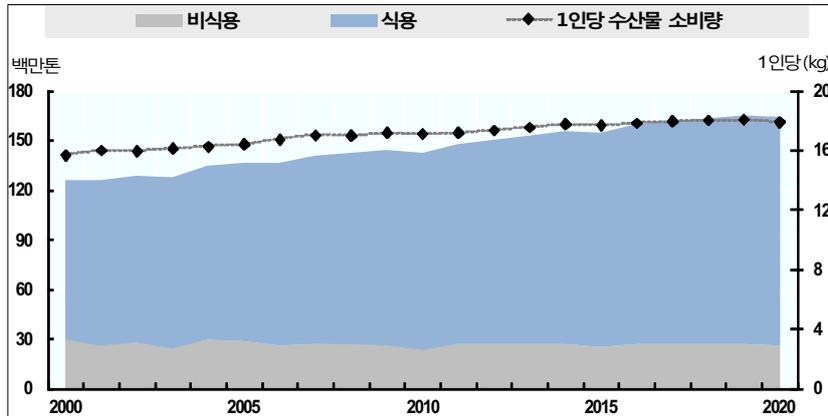
○ 어분과 어유의 2020년 생산 전망치는 2008~2010년 평균 대비 각각 2%, 0.4% 증가한 590만 톤, 100만 톤으로 추정됨. 또한, 식용수산물에 대한 수요가 늘어나면서 어업생산 중 어분원료로 사용되는 비중이 2008~2010년 23%에서 2020년에는 21%로 감소되고, 그 대신 수산물 가공품의 부산물을 어분이나 어유의 원료로 사용하게 될 것으로 예측됨.

(2) 세계 수산물 수요 전망

○ OECD와 FAO에 따르면 <그림-12>와 같이 수산물의 식용 비중이 커지면서, 1인당 평균 수산물 소비량은 2008~2010년 17.1kg에서 꾸준히 증가하여 2020년에는 17.9kg으로 약 5% 증가할 것으로 예상됨.

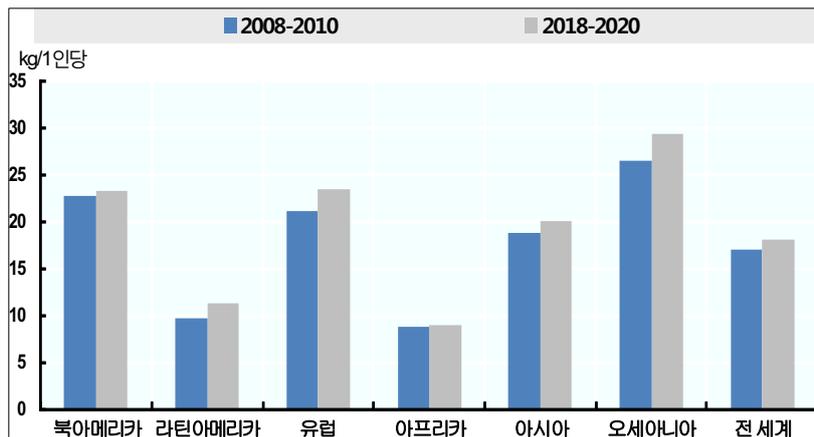
○ 전체 수산물생산 중 식용의 비율도 점점 상승하고, 수산물가격이 오르는 반면 소고기 등 다른 육류가격은 상대적으로 하락하면서 수산물 소비 확대가 제약되어 증가율은 그다지 높지 않을 것으로 예측함.

○ 지역별로는 오세아니아와 유럽이 각각 36%, 11% 늘어나 증가세가 두드러질 것으로 예상되고, 일본과 캐나다에서는 감소하지만 다른 선진국에서는 계속 확대될 전망이다.



자료 : OECD-FAO(2010) Agricultural Outlook 2011-2020

<그림-12> 세계 수산물 최근 소비 추이 및 전망



자료 : OECD-FAO(2010) Agricultural Outlook 2011-2020

<그림-13> 세계 지역별 연간 1인당 수산물 소비량 전망

○ 경제발전 수준별로는 2020년에 선진국이 24.2kg(4% 증가), 개발도상국이 16.5kg(6% 증가), 저개발국이 11.5kg(6% 증가)를 소비하여 선진국의 증가율은 낮지만 소비하는 절대량은 많을 것으로 전망됨.

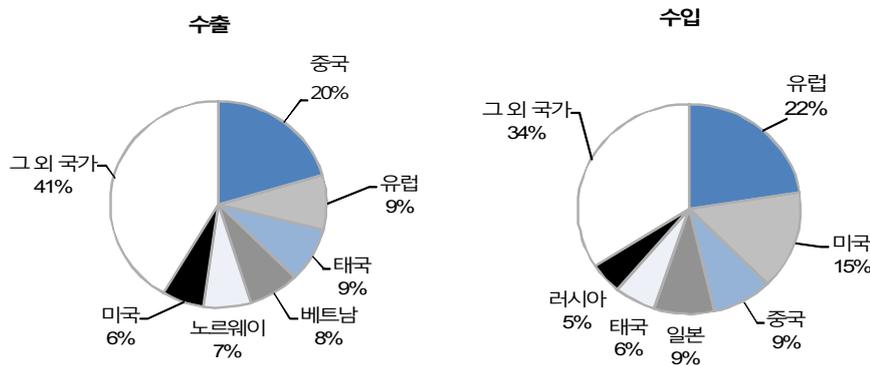
○ 주요 국가별로는 중국이 30.7kg(13% 증가), EU가 23.5kg(8% 증가), 미국이 23.7kg(4% 증가)이고, 우리나라는 63kg(12% 증가)인 반면, 일본은 50kg(10% 감소)로 예측.

(3) 세계 수산물 교역 전망

○ 수산물 교역은 2020년에 어분과 어유를 포함한 전체 수산물 생산량 중 약

38%가 교역될 것으로 예측됨. 식용수산물은 2011~2020년 동안 연평균 2.3%씩 교역량이 증가되어 지난 10년(연 평균 3.5% 증가)보다는 둔화되지만 증가세는 지속될 전망.

○ 선진국은 세계 식용수산물 수입의 60%를 차지하고 개발도상국은 세계 수출의 63%를 차지하고, 전체 식용수산물 51%는 아시아에서 수출되고, 중국은 세계 수출의 20%를 차지할 전망.



자료 : OECD-FAO(2010) Agricultural Outlook 2011-2020

<그림-14> 2020년 식용 수산물 교역량 전망

○ 개발도상국은 수산물 수출뿐만 아니라 자국의 소비 및 가공용 원료수산물의 공급처로서 선진국에 크게 의존할 것임. 개발도상국은 자국의 양식에 필요한 어분의 주요 수입국으로 전 세계 수입량의 63%에 이를 전망.

○ 2020년에 중국은 전 세계 어분수입의 36%를 차지할 것으로 예상되며, 양식생산은 전 세계의 61%를 담당할 전망. 한편 어유는 유럽이 주 수입국인데 2020년에 전체의 63%를 수입할 전망.

(4) 세계 수산물 가격 전망

○ 2008년 경제 위기 이후 수산물의 가격은 수산물수요 감소에 의해 크게 떨어졌으나 2010년부터는 경기가 회복되고 있음. 특히 개발도상국은 예상보다 빨리 위기를 벗어나면서 수산물수요가 늘고, 가격도 상승하고 있음.

○ FAO의 수산물가격지수(FAO Fish Price Index)는 2011년 초에 경제적위기 이전 수준보다 더 상승함. 특히 양식 수산물가격은 2008년 9월보다 23% 높아졌

고, 어업생산량은 이전 수준을 회복.

○ OECD와 FAO에 따르면 이러한 추세는 2020년까지 계속되어 수산물 가격은 계속 오를 것으로 전망되어 2011~2020년의 수산물 가격은 2001~2010년 대비 명목가격으로 35%, 실질 가격으로 14% 상승할 것으로 예상됨.

○ 여기에는 소득 및 인구 증가, 어업생산 정체, 사료 가격 상승, 미국 달러 약세, 국제 유가 상승의 요인이 작용.



자료 : OECD-FAO(2010) Agricultural Outlook 2011-2020

<그림-15> 세계 수산물 가격 추이 및 전망

○ 2020년까지 어업생산에 의한 수산물은 2008~2010년 대비 23% 상승하는 반면, 양식 수산물은 50%까지 상승할 전망이다. 이것은 어업생산은 경제적 가치가 큰 자원의 감소로 상품성이 떨어지는 저가 어종의 비율이 증가하고, 양식은 반대로 경제적 가치가 큰 고가 어종을 중심으로 생산하기 때문. 2020년 수산물 교역 가격은 2008~2010년 보다 30% 상승할 것임.

5) 수산분야 대내외 여건 변화²⁸⁾

28) 김영섭, 글로벌 수산시장 진출을 위한 성공전략, 2013 수산전망대회, 한국해양수산개발원

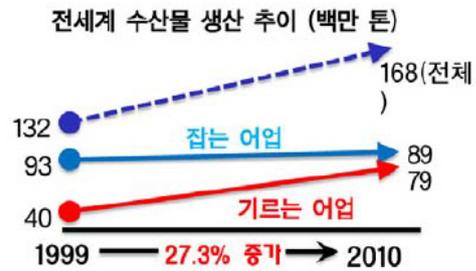
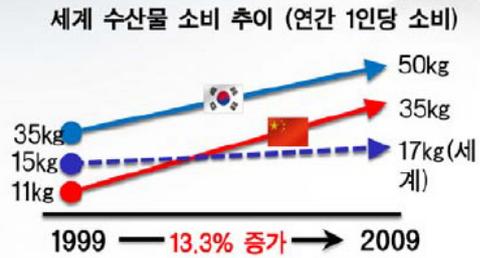
수산분야의 대내외 여건 변화



1. 대외 여건 변화(Keyword: 시장확대/가격상승/규모화/성장동력)

시장 확대

- 소비시장의 확대
 - 개도국 경제 성장
 - Well-being 문화 및 건강 선호
 - ⇒ 수산물 수요 증가 추세
- 공급시장의 확대
 - 전세계 수산물 생산량 증가
 - 양식수산물의 상대적 생산 증가
 - ⇒ 수산물 공급 증가 추세



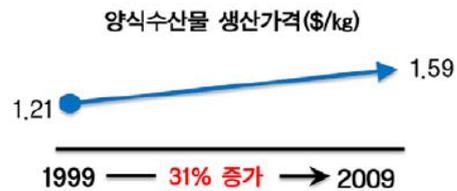
국내외 수산분야의 여건 변화

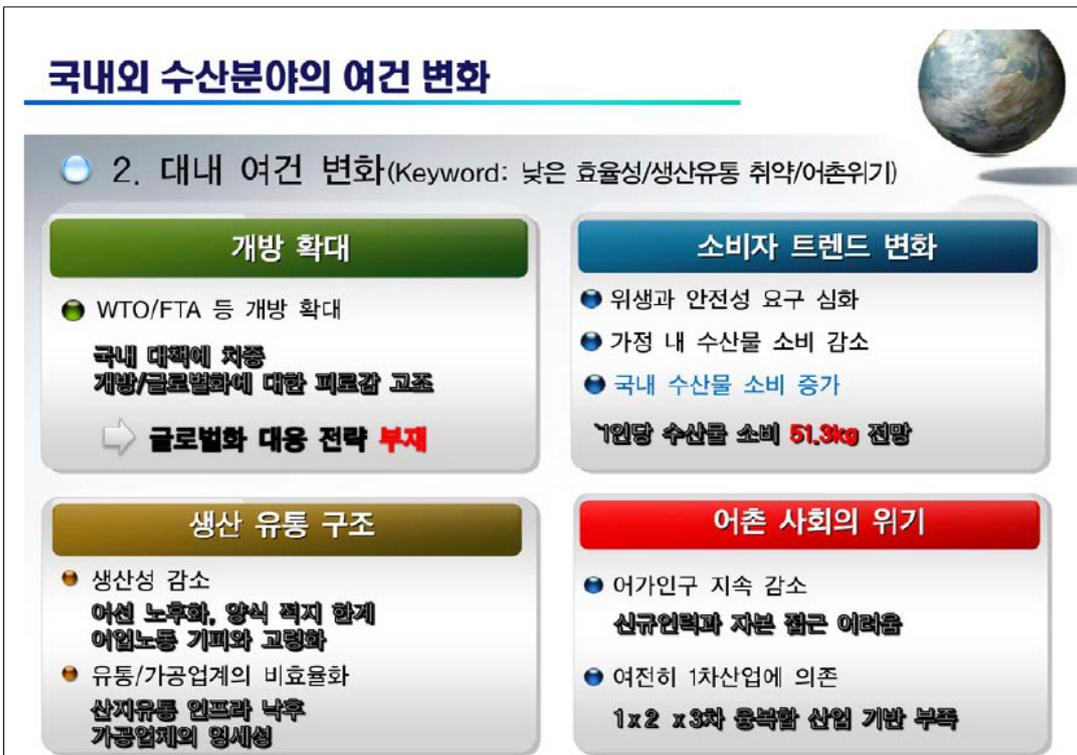
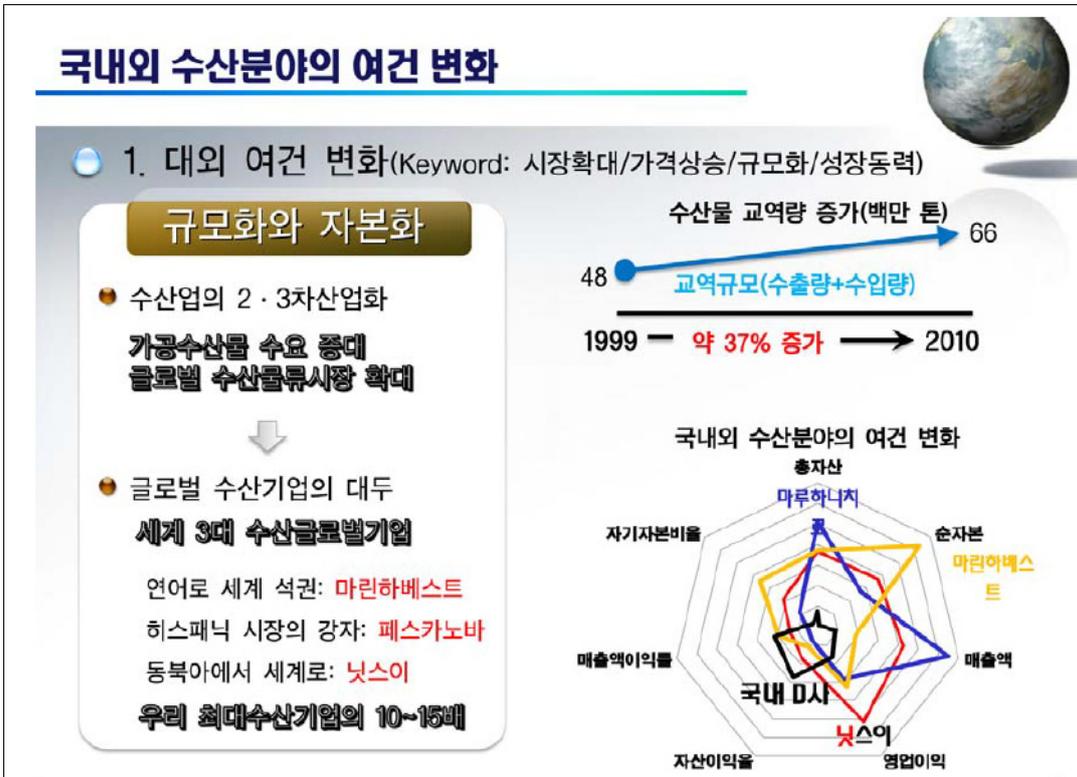


1. 대외 여건 변화(Keyword: 시장확대/가격상승/규모화/성장동력)

자원감소와 가격상승

- 수산자원의 감소
 - 잡는 어업 대상 수산물 감소
 - 극제지역수산기구의 경고들
- Fishflation의 대두
 - 수산물 생산량 증가에도 불구하고
 - 수산물 교역가격은 지속 상승
 - 양식수산물 가격 상승
 - ⇒ 수산물 교역가격 상승





New Impact



1. 세계 수산물 생산 전망과 한국

1 생산: 11년 대비 21년 15% 증가

- 1.5억 톤(09-11, 평균)에서 1.7억 톤(21년)
- 양식 수산물 증가가 주도
어로어업: 0.90 → 0.93(3% 증가)
양식어업: 0.58 → 0.78(33% 증가)
- 개도국 중심의 생산 증가
OECD : 0.32→0.33(3% 증가)
Non-OECD: 1.5→1.7(18% 증가)



2 한국은 오히려 1.5% 감소(해조류 제외)

- 생산량: 227만 톤 → 223만 톤

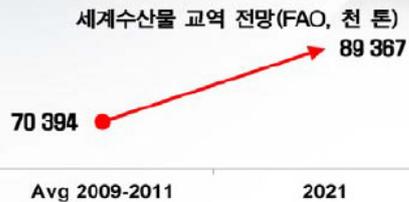
New Impact



2. 세계 수산물 교역 전망과 한국

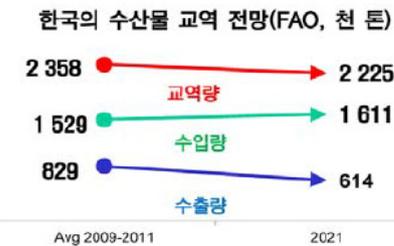
1 교역규모: 11년 대비 21년 27% 증가

- 세계 수산물 총교역량 27% 증가
수입량: 35백만 톤→45백만 톤(29% 증가)
수출량: 36 → 45(25% 증가)
- OECD국은 수입 중심
수입량: 20 → 24(21% 증가)
수출량: 12 → 15(21% 증가)
- 개도국은 수출 중심
수입량: 14 → 20(38% 증가)
수출량: 24 → 30(26% 증가)



2 한국의 수산물 교역량 6% 감소

- 교역량: 24 → 22 (6% 감소)
- 수출량: 0.8 → 0.6 (26% 감소)
- 수입량: 15 → 16 (5.4% 증가)



New Impact

2. 세계 수산물 교역 전망과 한국

3 세계 수산물 수출 Share 감소

- 한국의 세계 수산물 수출 비중 0.4%p 감소
글로벌 수출 비중: 1.9%(09~11년평균)→1.5%(21년)

4 세계 수산물 수입 Share 증가

- 한국의 세계 수산물 수입 비중 0.2%p 상승
글로벌 수입 비중: 3.7% → 3.9%

5 1차 산업, 100억 불 수출 정책에 적신호

- 12년 현재, 수산물 약 20억 달러 수출
21년 가도 약 23억 불 수출에 그쳐

세계 수산물 수출액 전망
(FAO 자료 재분석, 억 달러)

74% 증가

891 → 1 553

AVG 09-12 → 2021

한국의 수산물 수출액 전망
(FAO 자료 재분석, 억 달러)

35% 증가

17 → 23

글로벌 비중(1.9%) → 글로벌 비중(1.5%)

AVG 09-12 → 2021

New Impact

3. 중국 수산업의 대두 : 수산물 소비시장으로서의 가치

1 중국 성장과 G2(미·중) 체제의 등장

- OECD '장기 세계 전망 보고서'
4년 안에 G1 = 중국!!
- 1인당 국민소득: 60년 미국 소득 수준
중국 1인당 GDP: 2002년 대비 5배 증가
16년 미국의 16% 수준, 60년 선진국의 60%

2 중국의 경제정책: 내수시장 진작

- 15년까지 내수시장 약 6조원 목표
2010년 대비 2배
- 중국 소비자 씀씀이도 커질 듯
소비지출 증가율: 2000년대 연평균 16%
2020년 일본 소비자 제치고 세계 2위

주요국가의 GDP(2011년)

(억 달러)

국가	GDP (억 달러)
미국	150,648
중국	69,884
일본	56,553
독일	36,286
프랑스	28,082
브라질	25,179
영국	24,809
이탈리아	22,457

자료: International Monetary Fund

중국 국내 총생산과 민간소비 전망

(조 원)

연도	중국 GDP	중국 민간소비
2011	~45	~15
2012	~55	~20
2013	~65	~25
2014	~75	~30
2015	~85	~35
2016	~95	~40
2017	~105	~45
2018	~115	~50
2019	~125	~55
2020	~135	~60

자료: IMF, 현대경제연구원 전망
주: 명목 가치임

New Impact



3. 중국 수산업의 대두 : 수산물 소비시장으로서의 가치

3 중국 수산물 소비 급증세

- 2000-2010년: 28% 증가
2000년 24kg/인 → 2009년 31kg/인
- 중국 1인당 수산물 소비 1kg 증가 = 150만 톤
한국의 연근해 수산물 생산량 수준



4 잘 살수록 수산물 더 먹어

- 연안 대도시에서 수산물 소비 급증
북경, 상해 등: 고급수산물(전복/해삼/참치) 늘어
- 고급식재료로서의 수산물 시장 존재
전복스테이크(1인분, 70만 원)
건해삼(500g, 200만 원)
- 약보(藥保)보다 식보(食保)

중국 대련 건해삼



12,999위안
= 221만 원

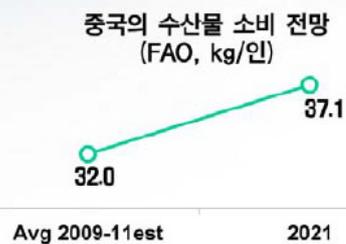
New Impact



3. 중국 수산업의 대두 : 수산물 소비시장으로서의 가치

5 중국의 수산물 소비 전망(FAO)

- 2021년 37.1kg/인 전망
Avg 09-11년(31kg/인) 대비 16% 성장
- 2011년 대비 2021년 약 800만 톤 더 필요
한국의 수산물 생산량의 3.2배(해조류 제외)



6 중국, 수산물 전방위적 수입 늘 듯

- 수산가공 원료(원어) 수입 증가
중계가공무역 중심의 중국 수산업
- 고급 식자재 공급을 위한 수입 증가
전복, 해삼, 참치, 연어 등
이미, 한국에 해삼 생산기지 진출 예정(진도)
- 연안지역의 수산물 소비: 황해 수산물

세계 수산업의 위기



1. 세계 수산전망에서 본 공급부족 2천만 톤

1 FAO의 세계 수산전망이 주는 메시지

- 지금의 생산규모로는 21년 2천만 톤 부족
149,267천 톤(Avg 09-11) - 71,511천 톤(21) = 22,213천 톤
- FAO의 전망대로 간다면, 중국 시장이 최대
2021년 중국 수산물 추가 수요는 800만 톤

2 한국, 지금의 생산구조로는 글로벌화 무리

- FAO 전망, 지금의 구조로는 생산 감소
227만 톤(Avg 09-11) → 223만 톤(21, 해조류 제외)
- 글로벌 시장에서 수산업은 도태
- 연안지역의 수산물 소비: 황해 수산물

글로벌화를 위한
한국 수산업의 최대 과제

**공급력을
늘려라!**

세계 수산업의 위기



1. 2021년 세계 수산물 부족 위기, 국제협력으로 넘어야

1 세계가 힘을 합쳐 극복해야 할 문제

- 단백질 원천인 수산물 부족은 식량 위기
- 세계 다수국가가 힘을 합쳐야

2 글로벌 공급부족 해결이 내수시장 안정화

- 한국의 현재 생산구조로는 한계
자원 재생산 능력 한계, 천해양식 적지 한계
원양어업 여건 악화
- 그러나 글로벌 공급 안정화 = 내수 안정
- 수산선진국과 개도국 협력으로 공급력 강화

글로벌화를 위한
한국 수산업의 최대 과제

**국제수산협력
강화 통한
공급력 확대**

세계와 우리 수산업의 방향



1. 글로벌 수산 전략, 부족한 2천만 톤을 누가 생산?

1 향후, 수산분야 글로벌 경쟁의 향방

- 초과수요에 의한 **공급부족 2천만 톤**
예상 공급부족 2천만 톤: 누가 이 Share를 더 가져갈 것인가?
- FAO 전망대로라면, **그 누가? 는 개도국?**
인도네시아, 인도, 러시아, 남아공, 남미국, 베트남, 필리핀

2 한국의 공급력 증대, 국내에서 가능?

- 잡는어업의 생산량 증대는 한계
자원 재생산 능력의 한계에 도달
- 친해 양식 적지의 개발 한계점 도달
- 원양어업의 생산 여건 악화

글로벌화를 위한
한국 수산업의 최대 과제

**현, 한국의
수산업 구조
2천만 톤의 Share에
참여 난관**

세계와 우리 수산업의 방향



2. 간접 생산력 증대로 글로벌 공급력 확대에 기여

1 공급력 확대의 기회는 양식어업

- 국내: 외해양식과 육상양식
외해양식: 내파 기술과 관리 기술의 육성 통한 양식 적지 확대
육상양식: 육상양식 가능한 어종의 개발, 빌딩양식 비용 절감 등
- 해외 공급력의 확대
해외양식거점: 해외수산자원 확보 위한 양식거점 활성화

2 공급력 유지를 위한 노력

- 연근해 어업의 생산성 증강/유통 효율 개선
자원관리 하에서의 생산성 증강 도모(어선 갱신, 신규진입 확대)
유통 과정에서의 손실률 'Zero' 화, 위생관리 철저 등
- 원양어업의 유지와 확대
연안국과의 수산협력 강화
신어장 개척을 위한 시도(북극해, 브라질 어장 등)

글로벌화를 위한
한국 수산업의 최대 과제

**양식어업으로
생산량 증대
모색**

세계와 우리 수산업의 방향



3. 수산물 수출 100억 불 달성은 증산 정책 필요

1 2021년 세계 수산물 수출 비중 6.4%

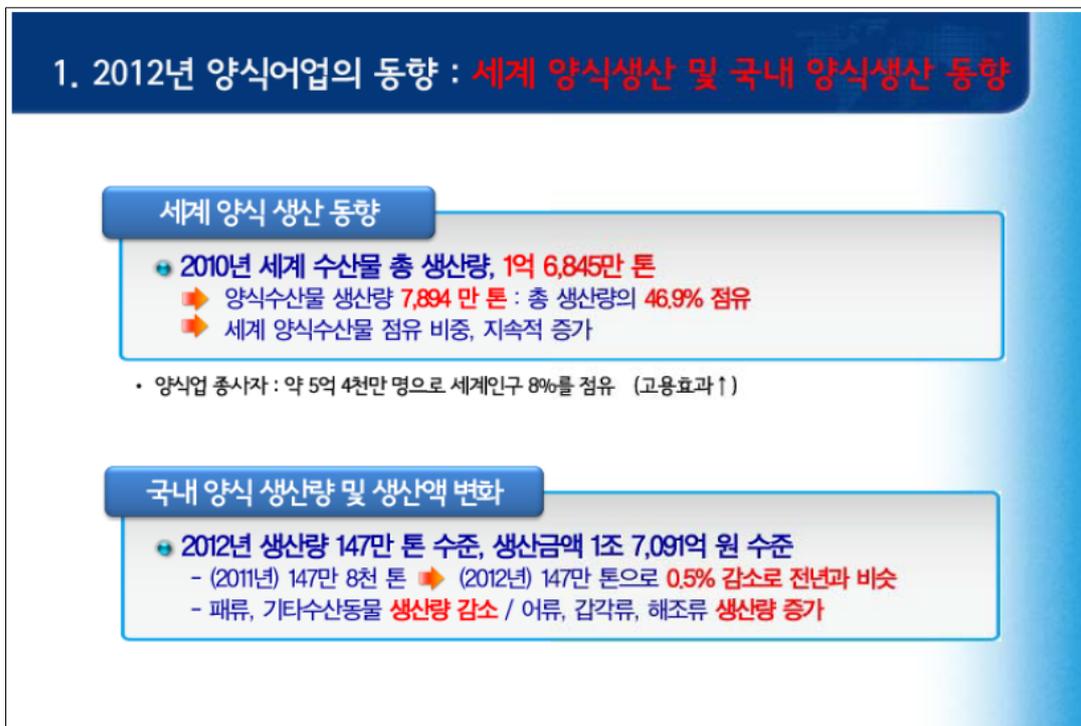
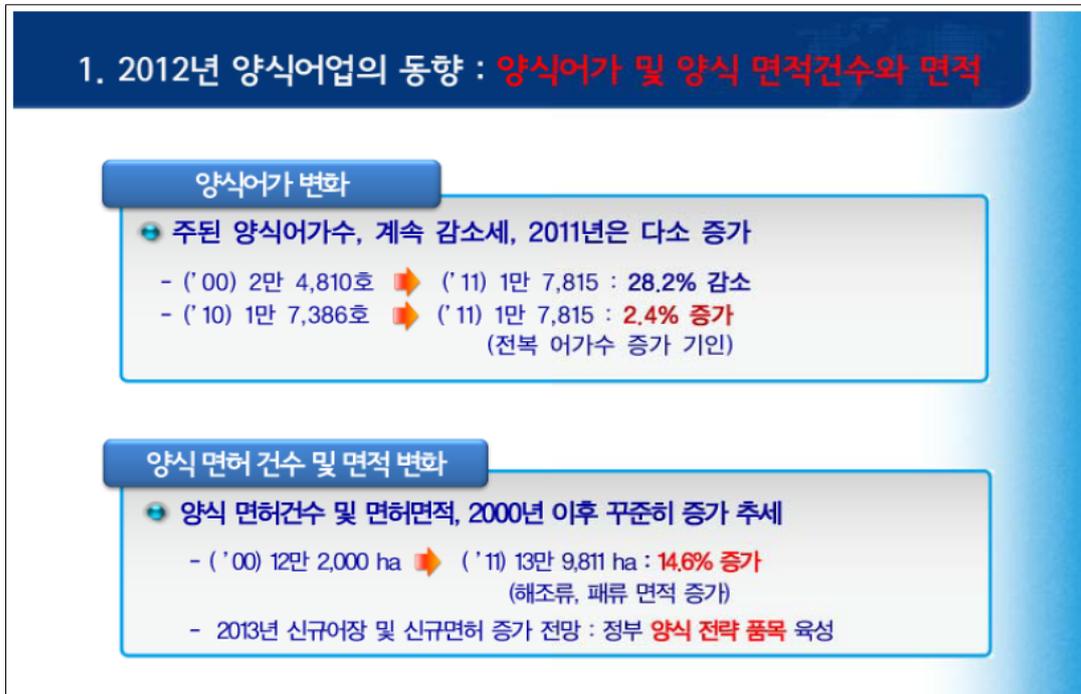
- 2021년(FAO) 세계 수산물 수출액: 1,553억 불
우리 목표는 100억 불 : 세계 수산물 수출 비중 6.4%
현재 우리의 위치: 17억 불(Avg 09-11), 세계 비중 1.9%
- 수출 증대를 위한 추가 생산량 약 200만 톤
현재 약 83만 톤(Avg 09-11)에 약 17억 불
2021년 100억 달성 위해 288만 톤 필요

2 수출 100억 불 달성 위해 별도 전략 필요

- 국내 수산물 공급력 확대 정책
- 주요 수출 시장은 “중국”
일본: 수산물 소비 침체
미국: 한인 중심의 수산물 수출
중국: 잠재적 수산물 수요의 현실적 팽창

글로벌화를 위한
한국 수산업의 최대 과제

100억 불
수출목표
추가 공급력
200만 톤 필요

6) 국내 양식업 동향²⁹⁾

29) 남종오, 양식어업 전망과 생산능력 확충 방안, 2013 수산전망대회, 한국해양수산개발원

1. 2012년 양식어업의 동향 : 국내 양식수산물 가격 및 수출입 동향

국내 양식수산물 생산가격 변화

- 2000년 이후 12년간 평균 양식 수산물 생산가격 변동률 1.8% 상승
 - 세계 경기불황 → 수산물 수요 부진 → 낮은 가격 변동률
- 2011년 대비 2012년, 해조류, 갑각류 가격 상승, 어류, 패류, 기타수산물 가격하락

주요 양식 수산물 수출입 동향

- 2012년 수출량, 5만 6천 톤 (8.9% 감소), 수출금액, 4억 9천만 달러 (3.3% 증가)
 - 수출량 감소 : 패류 수출 중단 주 원인, 수출액 증가 : 패류 수출단가의 상승 영향
- 2012년 수입량, 6만 2천 톤 (3.3% 증가), 수입금액, 1억 3천만 달러 (3.8% 감소)
 - 바지락 등 패류 수입 증가, 해조류 수입단가의 하락 영향

1. 2012년 양식어업의 동향 : 대내외 양식 환경

해수온 변화

- 1990년 이후 주요 양식지역의 수온, 등락을 보이고는 있으나 전반적 상승세
 - 2011년 대비 2012년, 제주 0.3 °C 상승, 포항 0.6 °C 상승
 - 고수온, 적조, 등 → 어류, 패류, 해조류 작황에 악영향 초래

면세유 가격 변화

- 국제유가 인상의 영향으로 2009년 이후 상승세 지속
 - 어가 경영 부담 심화

자연 재해

- 잦은 태풍으로 인한 양식어가 시설 피해 증가
 - 완도 전복, 제주 육상수조 등 태풍 불라벤, 덴빈, 산바로 인한 대규모 양식 피해 발생

2. 2013년 전망 : 천해양식 생산량 전망

- 2013년 천해양식 수산물 생산량, 증가세 지속 전망
 - 2012년 대비 3~5% 증가한 **약 150만 톤** 수준
 - 김, 미역 등 해조류와 굴, 전복 등 패류 생산 증가 예상

	김	<ul style="list-style-type: none"> 전남 슈퍼김 시설량 증가 - 5~10% 증가한 1억 3,100만 속 ~ 1억 3,800만 속 예상
	미역	<ul style="list-style-type: none"> 시설량 증가와 수온 및 해황 여건 양호 - 0~5% 증가한 43만 8,000톤 ~ 46만 톤 예상
	광어	<ul style="list-style-type: none"> 하반기 양성물량은 증가하나, 경기 침체로 인한 소비 부진 - 2012년과 비슷한 3만 8,000톤 ~ 4만 1,000톤 예상
	우럭	<ul style="list-style-type: none"> 입식량 부족과 경기 침체로 인한 소비 위축 - 2012년과 비슷한 2만 8,000톤 전후 예상
	송어	<ul style="list-style-type: none"> 양성물량 및 축제 수요 고려 - 1~4% 증가한 3,000톤 ~ 3,100톤 예상
	전복	<ul style="list-style-type: none"> 입식량은 적으나, 작년과 같은 태풍만 없다면 출하 증가 - 5% 증가한 9,200톤 수준 예상
	굴	<ul style="list-style-type: none"> 잔여시설량, 평균 알굴 생산량, 예상 율하량 등 고려 - 0~9% 증가한 3만 4,000 ~ 3만 7,000톤 예상

2. 2013년 전망 : 주요 양식수산물 수출입량 전망

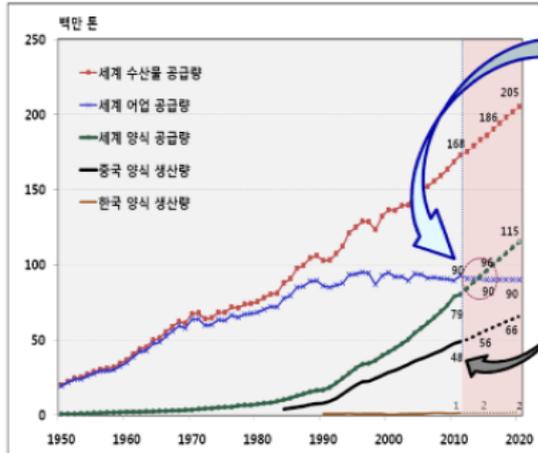
- 2013년 주요 양식수산물 수출량, **5만 8천 톤 ~ 6만 2천 톤**으로 증가 전망
- 수입량, 경기불황으로 인해 **6만 3천 톤 ~ 6만 5천 톤**으로 작년과 비슷 전망

	김	<ul style="list-style-type: none"> 조미김 수출국 다변화 영향 - 5~10% 증가한 3,900만 속 ~ 4,300만 속 수출 예상
	미역	<ul style="list-style-type: none"> 일본으로의 수출 감소 - 13~18% 감소한 9만 4,000만 속 ~ 9만 9,000톤 수출 예상
	광어	<ul style="list-style-type: none"> 일본의 한국산 광어에 대한 검역 강화 등 - 4~8% 감소한 2,900톤 ~ 3,300톤 수출 예상
	우럭 (수입)	<ul style="list-style-type: none"> 국내산 우럭가격 여전히 낮아 - 수입량 없거나 소량 수입 예상, 수출은 10톤 내외 예상
	송어 (수입)	<ul style="list-style-type: none"> 칠레 수급 시장에 변화가 생기지 않는 경우 - 0~3% 감소한 880톤 전후 수입 예상
	전복	<ul style="list-style-type: none"> 일본의 활전복 수요 증가 영향 - 10% 증가한 1,550톤 전후 수출 예상
	굴	<ul style="list-style-type: none"> 대미 수출 중단 재개 시점에 따라 변동 달라 - 11%~38% 변동가능한 1만 2,000톤 ~ 1만 5,000톤 수출 예상

1. 여건분석 : 세계 양식 공급 전망

중장기 공급 전망 : 양식 의존 확대

- ('20) 세계 : 총공급 (2억 500만 톤), 어업 (9천만 톤), 양식 (1억 1,500만 톤)
- ('20) 중국 : 총생산 (8천 300만 톤), 어업 (1천 700만 톤), 양식 (6천 600만 톤)
- ('20) 한국 : 총생산 (370만 톤), 어업 (195만 톤), 양식 (175만 톤)



2014~15 : 세계 양식공급량, 어로어업공급량 추월 전망

- 세계 어업 공급량, 지속적 정체 내지 감소 예상

2020 중국, 세계 양식 공급 55~60% 이상 점유 전망

- 세계 양식 공급 증가, 중국 양식이 주도적으로 견인

2010 한국 양식, 세계 양식 공급의 1.7% 점유

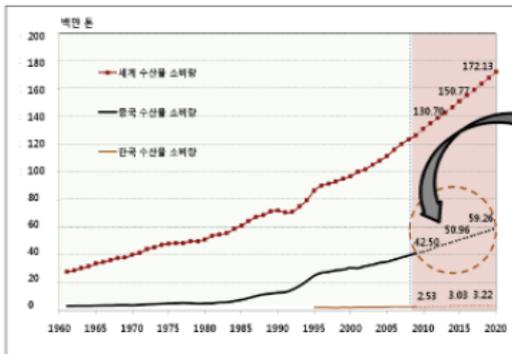
- 한국 양식, 잠재성에 비해 세계양식 점유율 저조

자료 : FAO statistic, 수산정보포탈 (단, 전망은 추세분석)

1. 여건분석 : 세계 수산물 소비 전망

중장기 소비 전망 : 지속적 증가

- 식용 세계수산물 소비량 : ('10) 1억 3,000만 톤 → ('20) 1억 7,000만 톤 (31% ↑)
- 중국수산물 소비량 : ('10) 4,250만 톤 → ('20) 5,930만 톤 (40% ↑)
- 한국수산물 소비량 : ('10) 253만 톤 → ('20) 320만 톤 (25% ↑)



2015 이후 : 세계 수산물 소비, 양식 의존 가속화

- 수산물 소비 대응, 양식공급 증대가 유일한 대책

2020 중국, 세계 수산물 소비의 35% 이상 점유 전망

- 중국, 세계 수산물 최대 소비국 입지 강화 예상

2010 한국, 세계 수산물 소비의 1.9% 점유

- 한국, 수산물 소비 지속적 증가 전망
- 한국, 수산물 소비 점유율, 국별 인구 대비 높은 수준

자료 : FAO statistic, World Bank (단, 전망은 추세분석)

1. 여건분석 : 1인당 수산물 소비 전망

증장기 1인당 수산물 소비 전망 : 중국 소비 급증

- 세계 1인당 수산물 소비량 : ('10) 18.9kg → ('20) 22.4kg (18.5% ↑)
- **중국 1인당 수산물 소비량 : ('10) 31.8kg → ('20) 41.4kg (30.1% ↑)**
- 한국 1인당 수산물 소비량 : ('10) 51.3kg → ('20) 61.9kg (20.7% ↑)



2020 세계 1인당 수산물 소비, 지속적 증가 전망

- 세계 수산물 소비규모 : 약 700조 원 (guesstimate)

2020 중국 1인당 수산물 소비량, 증가율 강세 전망

- 중국, 수산물 소비액 : 약 190조 원 (guesstimate)

2010년대 후반, 한국 1인당 수산물 소비, 일본 추월 전망

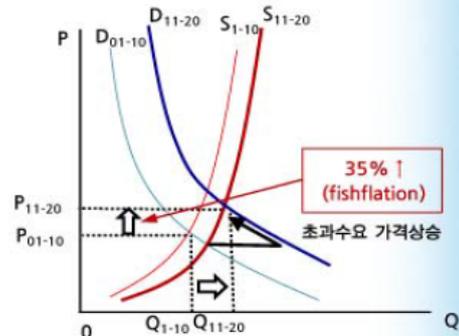
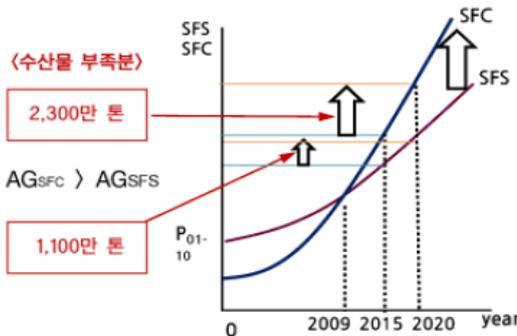
- 한국, 수산물 소비액 : 약 23조 원 (guesstimate)

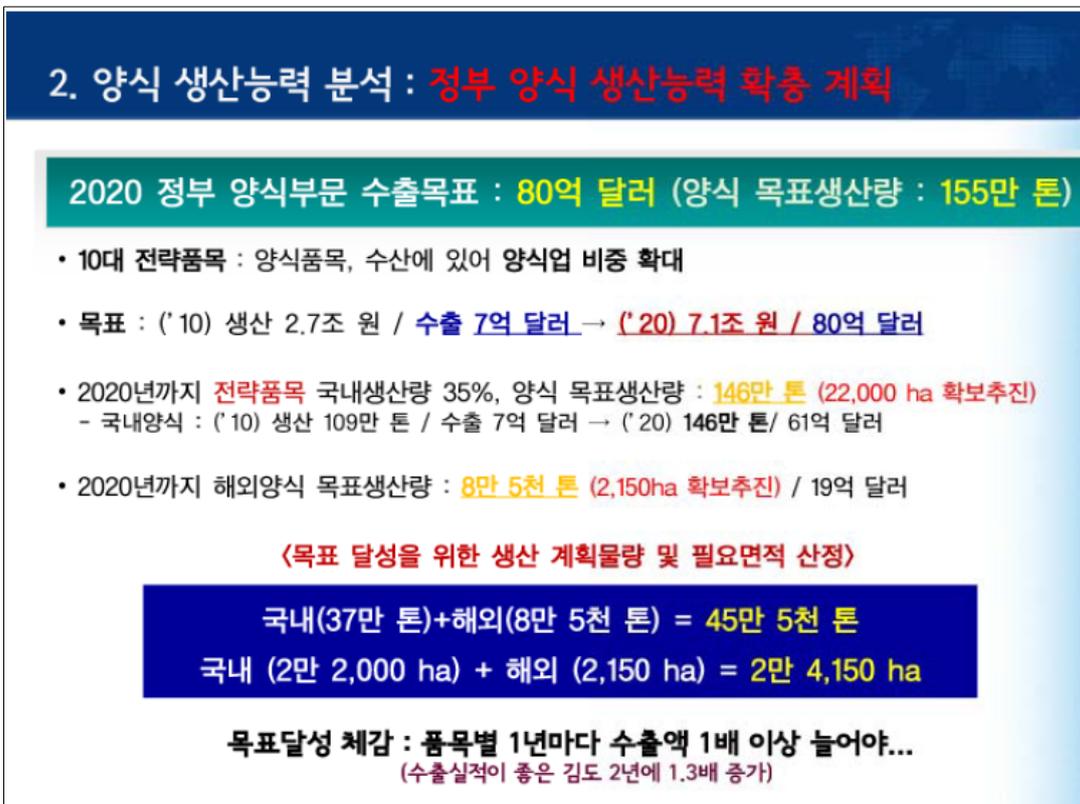
자료 : FAO statistic, World Bank (단, 전망은 추세분석)
 ※ 세계 수산물 소비액 : 1인당 연간 소비량 (kg) × 가격 (kg) × 세계 인구수
 ※ 가격 = 생산가격 × 1.5(가공, 판매가격상승분) × 1.35(가격상승분) × 1,100원(원/달러환율)

1. 여건분석 : 세계 수산물 수급 전망

식용 수산물 수급 균형 : 초과수요 가속화

- 2009년 식용 수산물, 공급량 부족으로 소비 부족분 발생
 - FAO, 2015년 1,100만 톤(= 44조 원), 2020년 2,300만 톤(= 94조 원)의 수급부족 전망
 - 수급 부족분은 2011년 한국 수산물 총생산금액 (8조원)의 5.5배, 11.8배에 해당
- 2010년 중반 fishflation 가시화 전망 : 수요 > 공급
 - FAO, OECD : '11-'20 세계수산물 가격, '01-'10 대비 명목가격 기준 35% 상승 전망





2. 양식 생산능력 분석 : 국내 양식 최대 생산능력 추정

시계열 자료에 기초한 최대 생산량 및 생산면적 전망치 추정

- 양식 생산량 전망 : ('10) 135만 톤 → ('17) 168만 톤 → ('20) 175만 톤 (29.6% ↑)
- 양식 면적 전망 : ('10) 14만 1,015ha → ('17) 14만 8,244ha → ('20) 15만 2,370ha (8.1% ↑)
- 양식 생산성 전망 : ('10) 9.6톤 → ('17) 11.3톤 → ('20) 11.5톤 (19.8% ↑)

가정 1 : 시계열 자료에 기초한 2020년 양식 생산량 및 생산면적 추정 (정상적 흐름)
 가정 2 : 항공영상판독자료에 기초한 양식 미시설 비율 : 15% (실제시설 85%)

최대 양식생산량 산정 = 175만 톤 + @ = 200만 톤 수준



국내 추가 생산 가능 물량 : 200만 톤 - 172만 톤 = 28만 톤

[어장공간부족 : 신규어장개발 및 기존 유희어장 활용]

세계 수산물 수급 부족에 선제적으로 대응할 수 있는 양식생산기반 부족

- 신성장동력 양식산업 중장기 육성을 위한 미래양식 생산능력 확충에 관한 연구 필요 -

3. 양식 생산능력 확충방안 : 양식 생산능력확충 전략

TT-TW (two tracks and two ways) 진출 전략

(단위 : 백만톤, %)

구분 (2020년 기준)	어업생산량	양식생산량	수산물 소비량	수산물 부족분
세계 (A)	90	115	170	23
중국 (B)	17	66	59.3	-
한국 (C)	1.95	1.75	3.2	-
B/A	0.19	0.57	0.35	-
C/A	0.02	0.015	0.018	0.09
목표비율	0.02	0.03	0.02	0.09
목표량	1.95	3.45	3.40	(초과공급) 2.0 (0.28 + 1.72)

- TT-TW : 국내 - 어장확보/기술집약 전략을 통해 부족한 양식 생산능력 확보 추진
 해외 - 어장확보/기술·자본협력 전략을 통해 부족한 생산능력 해외 확보 추진

국내 - 생산성 개선 방향

해외- 시장개발 방향

3. 양식 생산능력 확충방안 : 국내 생산능력 확충 방안 (1)

국내 양식 생산능력 15만 톤 확충



- 허용가능면적 내 미시설 15%(4,571 ha)의 50% 이용 : 2만 6,300톤 (15%) : 국내-어장확보
 - 김, 미역, 전복, 어류 가두리, 굴 등에서 추가 생산
- 유휴 마을어장의 양식장 전환 : 4만 2,000톤 (30%) : 국내-어장확보
 - 마을어장 행사계약 범위 확대, 어촌계 또는 조합원의 법인(어업회사, 영어조합) 참여 유인 - 생산성 제고
- 외해 양식시설 50ha 신규 확보 : 1만 6,500톤 (10%) : 국내-어장확보·기술집약
 - 참치 등 외해 양식 추가 설치, 종묘생산 기술개발, 중간종묘 양성기술, 배합사료 개발

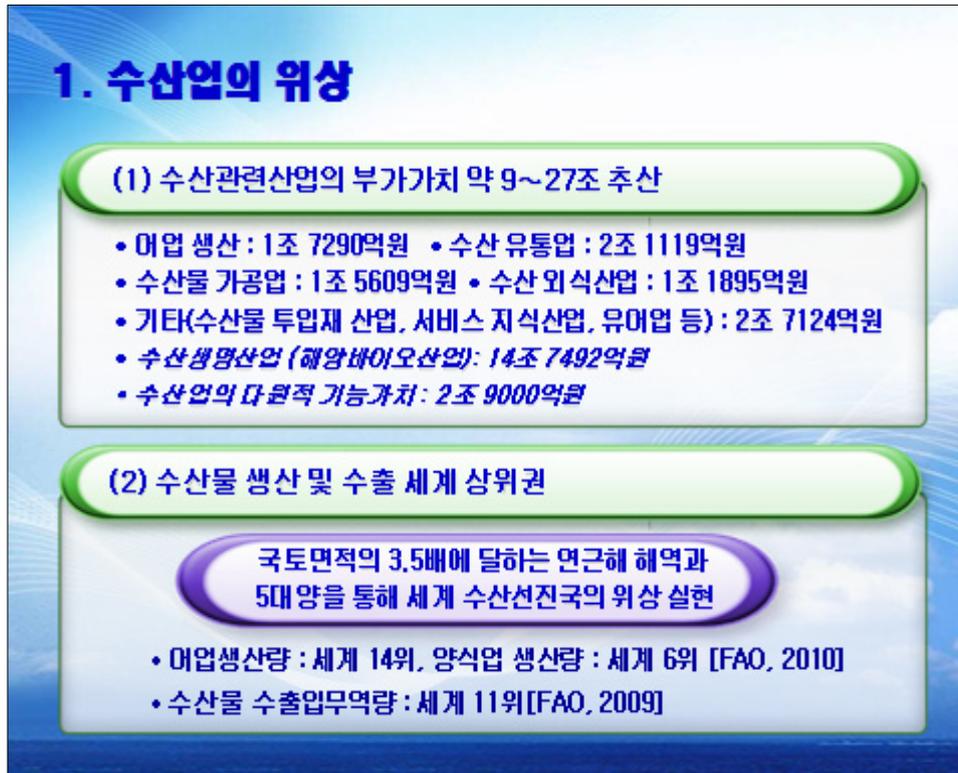
3. 양식 생산능력 확충방안 : 국내 생산능력 확충 방안 (2)



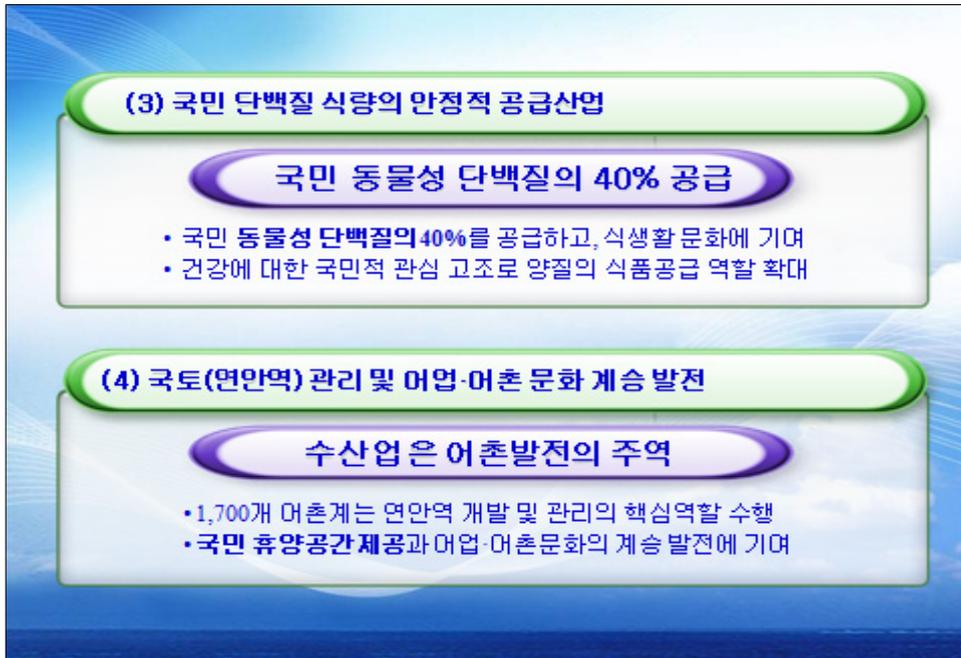
- 수출 양식단지 1,800ha 신규조성 : 8,000톤 (5%) : 국내-어장확보·기술집약
 - 전복, 해삼 등 수출지향형 양식어장 개발 : 중화권 겨냥 건전복 및 건해삼 수출 주력
 - 생산 규모화, 양식시설 현대화, 경영 조직화 추진 - 원스톱 수출전용 비즈니스모형 개발 (기업양식 - 가공 - 수출 : 수직적통합시스템)
- 다단계 고도화 육상 양식장 30ha 조성 : 7,200톤 (5%) : 국내-기술집약
 - 광어, 가자미 등 육종 개발 및 다단계 고도화 양식시설 구축
- 고부가가치 친환경 갯벌 양식 500ha 확충 : 5만 톤 (35%) : 국내-어장확보·기술집약
 - 해삼, 갯벌참굴, 조개류 등 친환경 양식생산 및 가공을 통한 부가가치 증대

2. 수산업의 경제적 가치

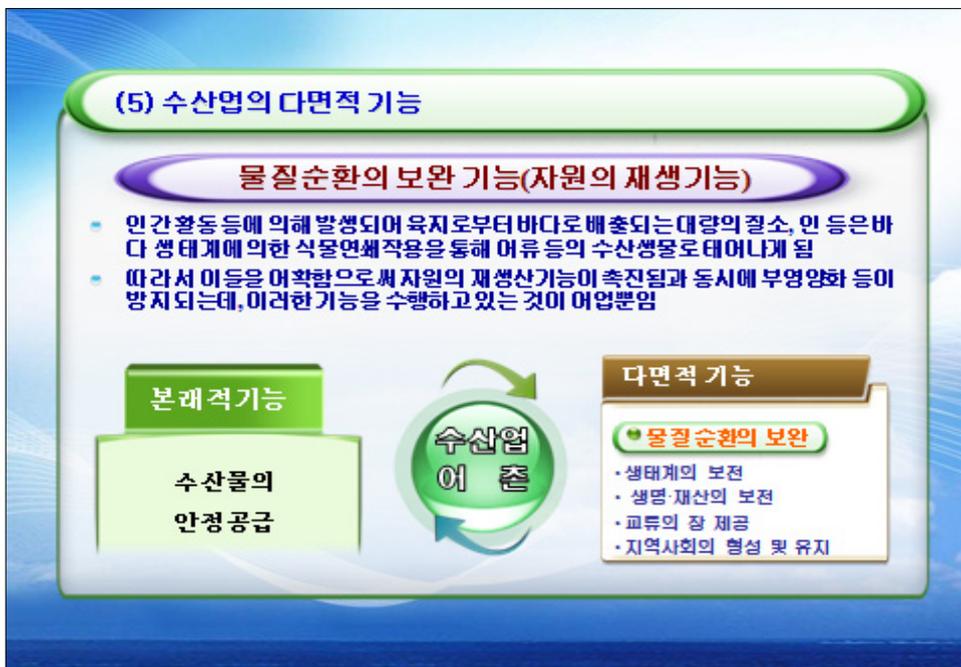
1) 수산업의 산업적 가치 및 역할



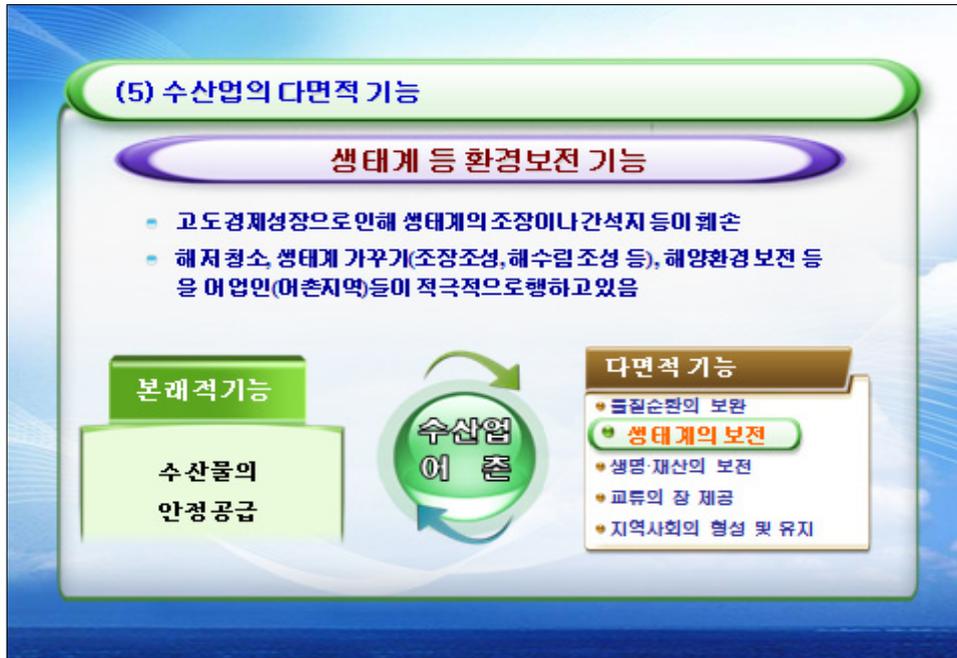
<그림-16> 수산업의 부가가치 및 산업적 위상



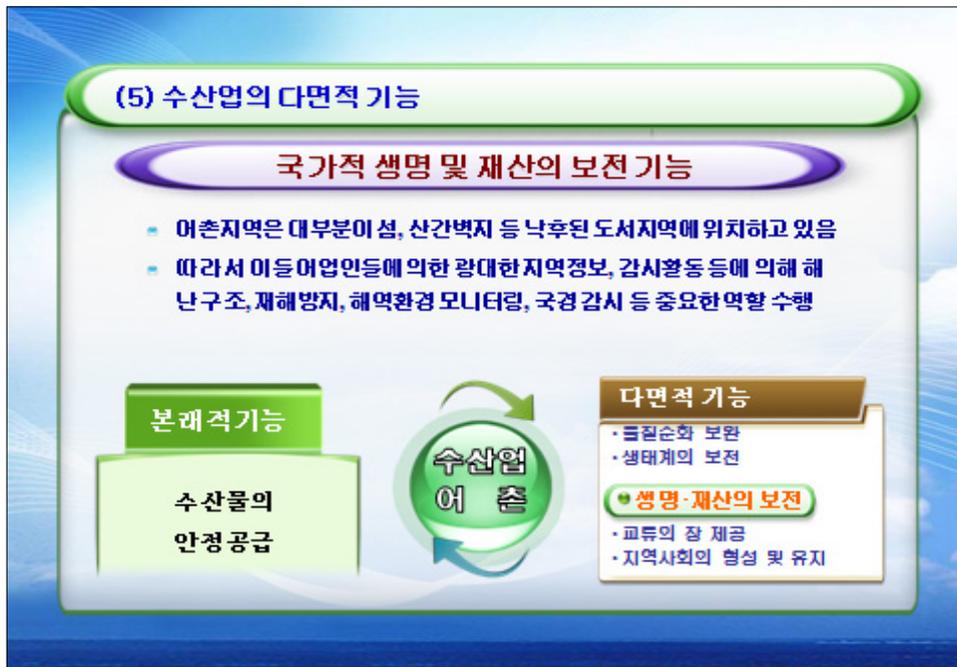
<그림-17> 수산업의 산업적 역할 : 단백질 공급원+국토(연안역) 관리



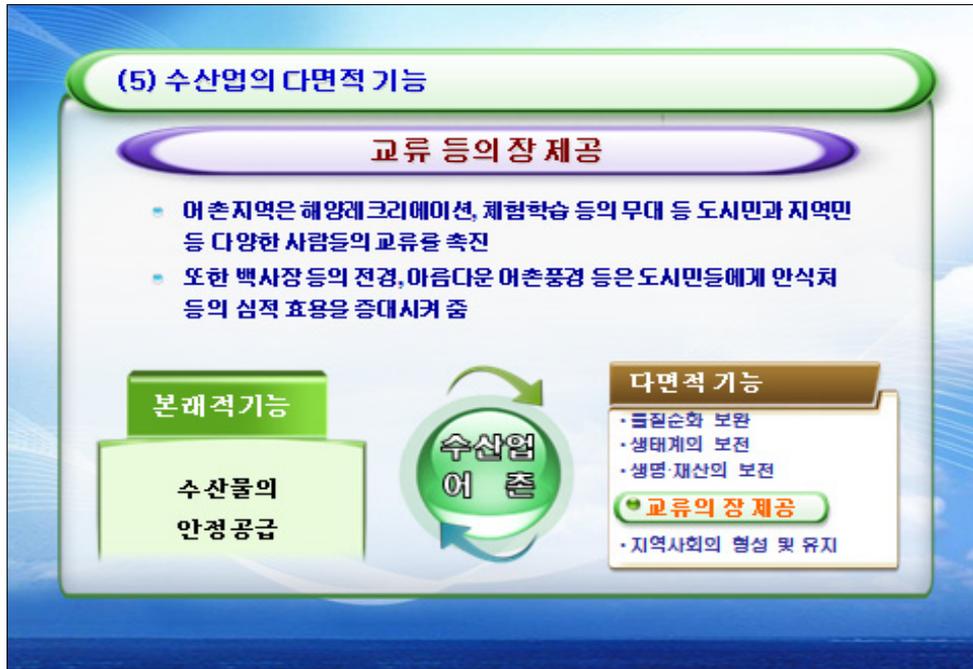
<그림-18> 수산업의 다면적 기능 : 물질순환의 보완 기능(자원의 재생기능)



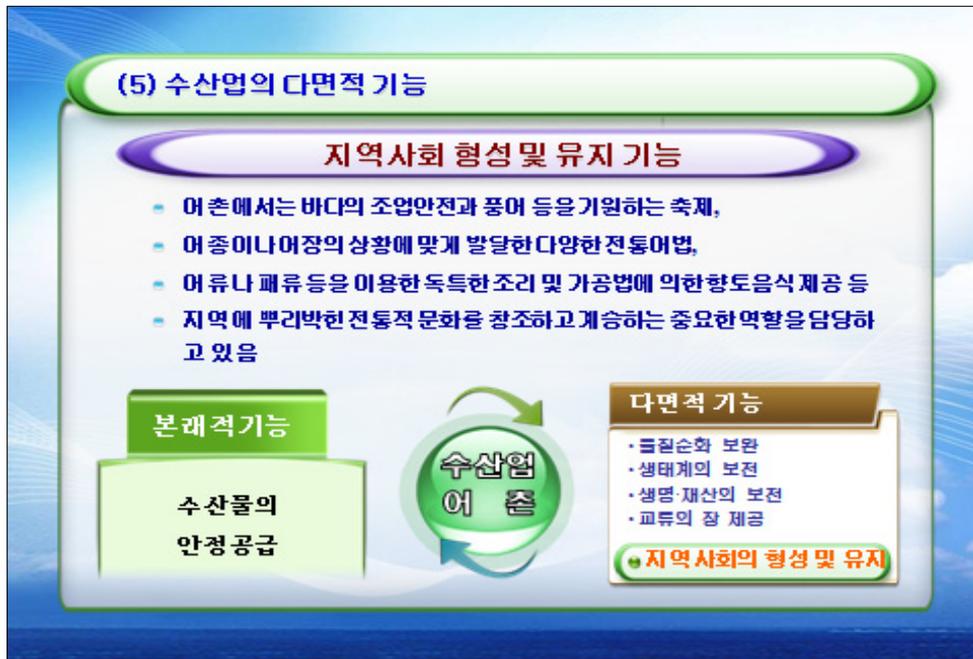
<그림-19> 수산업의 다면적 기능 : 생태계 등 환경보전 기능



<그림-20> 수산업의 다면적 기능 : 국가적 생명 및 재산의 보전 기능



<그림-21> 수산업의 다면적 기능 : 교류 등의 장(場) 제공



<그림-22> 수산업의 다면적 기능 : 지역사회 형성 및 유지 기능

3. 어류 양식업의 경제적 가치

1) 제주 넙치 양식업의 경제적 가치³⁰⁾

(1) 서론

제주도는 전남 완도 등 국내 다른 지역과 달리 청정 지하해수를 활용한 연중 양식이 가능하여 넙치 생산을 위한 최적의 환경이 조성되어 있다. 이러한 자연, 환경적 이점으로 제주넙치 양식 산업은 지난 1980년대 중반에 육상수조방식에 의한 양식기술이 도입된 이후 2008년 말 현재 연간 조수익이 2,200억 원에 달할 정도로 성장하여 지역경제에 기여해 왔다. 특히 2006년 7월에 넙치 양식어업인의 식품안전성을 높이기 위한 자구 노력과 더불어 제주특별자치도의 수산물방역 및 안전성검사에 관한 조례 제정에 의하여 출하 이전 안전성 검사를 의무화함으로써, 전국 소비자들로부터 제주산 양식넙치 신뢰를 구축하게 되어 전국 양식넙치 생산량의 53% 이상을 차지하고 국내 전체 넙치 수출량의 95.4%를 점하게 되었다. 이와 같은 제주산 넙치는 국내 다른 지역에서 생산되는 넙치와 차별화되어 세계일류상품으로서 국내외 시장에서 확고한 지역과 국가 경쟁력을 확보하고, 지역경제에 기여해 왔다.

이와 같이 제주넙치 양식 산업은 정부의 수산업 고도화 정책에 발맞추어 지역경제뿐만 아니라 국가 경제에도 중요한 역할을 해왔다. 그러나 제주넙치 양식 산업이 지역경제와 국가경제에 어느 정도 기여하고 있는지를 계측하고 계량화하지 않아 제주넙치 양식 산업의 지역경제 생산유발, 부가가치창출, 고용창출 등 경제파급 효과를 간과해 온 것이 사실이다. 따라서 본 연구에서 계량모델인 투입산출모형(Input Output Model)을 이용하여 제주넙치 양식 산업이 생산, 부가가치, 고용 측면에서 지역 및 국가경제에 어느 정도 기여하고 있는지를 계측하고 평가하고자 한다.

이러한 연구의 결과는 제주넙치 양식 산업이 제주 지역경제의 부가가치와 고용을 창출하는데 크게 기여하는 고도화된 1차 산업임과 동시에 지역 브랜드를 벗어나 국가 브랜드 품목으로 육성시킬 산업임을 적극적으로 알리고, 지방 또는 중앙 정부의 1차 산업 고도화 전략결정에 유용한 정보로 활용되기를 기대한다.

(2) 제주넙치 양식 산업의 현황

30) 김진옥, 강석규, 제주넙치 양식산업의 경제파급 효과분석, 수산경영론집, 42(1), 2011. pp. 85-96

1. 양식 어가수

넙치는 해상가두리, 육상수조식, 축제식 방법에 의하여 양식되어 있다. <표 1>은 양식방법에 따른 넙치 양식어가 현황을 나타내고 있다. 국내 넙치 양식 어가수는 2008년 현재 642개로 추산되고 있으며, 2008년 기준으로 하여 볼 때, 지역별로는 제주도 229개, 전남 완도군 199개 등으로 집중 분포되어 있고, 경북, 경남, 부산 등에 일부 산재되어 있음을 알 수 있다. 특히 제주는 전국 넙치 양식 어가수에 대비하여 35.7%를 점하고 있어 넙치 양식이 대부분 제주도에서 이루어지고 있음을 확인할 수 있다.

한편 전국 넙치양식의 어가수는 2007년 652개에서 2008년 642개로 감소하고 있는데, 제주지역의 경우 오히려 어가수가 늘어나고 있어 양식 입지면에서 경쟁력이 있음을 보여주고 있다.

<표 1> 넙치 양식어가 현황

시도	2007년				2008년			
	소계	해상	육상	축제	소계	해상	육상	축제
전국	652	5	637	10	642	4	629	9
부산광역시	18	0	18	0	17	0	17	0
울산광역시	9	0	9	0	9	0	9	0
강원도	4	0	4	0	5	0	5	0
전라남도	264	5	259	0	255	3	252	0
(완도군)	(204)	(0)	(204)	(0)	(199)	(0)	(199)	(0)
경상북도	77	0	68	9	74	0	65	9
경상남도	56	0	55	1	53	1	52	0
제주도	224	0	224	0	229	0	229	0

자료 : 어류양식현황조사(<http://fs.fips.go.kr/fc/main.jsp>)

2. 양식 면적과 양식업체의 분포

<표 2>는 넙치 육상수조식 양식장의 면적을 나타내고 있다. <표 2>에 의하면, 육상수조식 넙치 양식장의 면적은 2008년 현재 전국적으로 237.1ha에 달하고 있으며, 이 중 제주도의 육상수조식 넙치 양식장 면적은 104.29ha이며, 제주도 다음으로 전남 완도군의 수조식 넙치 양식장의 면적은 80.38ha이다. 이와 같이 제주지역의 육상수조식 넙치 양식장 면적은 전국 수조식 넙치 양식장의 면적 대비

하여 44.0%를 점하고 있어 넙치 양식의 주산지라고 할 수 있다. 연도별로 보면, 전국 육상수조식 넙치 양식장의 면적은 2007년 230.21ha에서 237.1ha로 늘어나고 있으며, 특히 제주도의 경우, 96.21ha에서 104.29ha로 크게 증가하고 있어 넙치 양식의 주산지로서 자리매김을 하고 있다.

<표 2> 넙치 육상수조식 양식장의 면적

구분	2007년		2008년	
	면적(ha)	구성비(%)	면적(ha)	구성비(%)
전국	230.21	(100.0)	237.1	(100.0)
부산광역시	3.26	(1.4)	2.86	(1.2)
울산광역시	2.21	(1.0)	2.14	(0.9)
강원도	2.12	(0.9)	0.97	(0.4)
전라남도 (완도군)	102.06 [80.31]	(44.3) (34.9)	100.92 [80.38]	(42.6) (33.9)
경상북도	13.43	(5.8)	14.69	(6.2)
경상남도	10.91	(4.7)	11.22	(4.7)
제주도	96.21	(41.8)	104.29	(44.0)

자료 : 어류양식현황조사(<http://fs.fips.go.kr/fc/main.jsp>)

3. 제주산 넙치의 생산 비중

제주지역의 넙치 생산량은 <표 3>에 제시되는 바와 같이, 2003년 16,195M/T에서 이후부터 지속적으로 증가하여 2008년에는 25,027M/T를 생산하고 있으며, 국내 넙치 생산량의 53.9%를 점하고 있는 것으로 나타난다. 제주지역의 넙치 생산금액 역시 2003년 1,721억 원에서 2008년 2,240억 원으로 30.2%라는 큰 폭의 신장을 가져왔으며, 국내 넙치 양식 생산금액의 54.9%를 차지하고 있다.

<표 3> 제주지역의 넙치 생산량, 생산금액 및 구성비

단위 : M/T, 억 원, %

연도	생산량			생산금액		
	전국	제주	기타	전국	제주	기타
2003년	34,533	16,195(45.9)	18,338(54.1)	3,671	1,721(46.9)	1,950(53.1)
2004년	32,141	17,915(55.7)	14,226(44.3)	3,309	1,777(53.7)	1,532(46.3)
2005년	40,075	20,371(50.8)	19,704(49.2)	3,536	1,743(49.3)	1,793(50.7)
2006년	43,852	21,910(50.0)	21,920(50.0)	4,589	2,235(48.7)	2,354(51.3)
2007년	41,171	18,559(45.1)	22,648(55.0)	4,389	2,203(50.2)	2,186(49.8)
2008년	46,432	25,027(53.9)	21,405(46.1)	4,083	2,240(54.9)	1,843(45.1)

주 : ()는 구성비를 나타냄.

자료: 어업생산통계시스템, 각년도(<http://fs.fips.go.kr>)

4. 제주산 넙치의 수출 비중

국내에서 생산되는 넙치의 총 수출량은 <표 4>에 나타나는 바와 같이, 2003년 4,038톤, 2004년 4,534톤, 2005년 5,574톤으로 급격히 증가하다가 2006년 3,778톤, 2007년 3,116톤으로 수출량이 급감하고 있다. 그러나 제주지역에서 생산되는 제주산 넙치의 수출량은 국내 총수출량 대비 2003년 86.2%를 차지한 이후 계속해서 비중이 늘어나고 있으며, 2007년 현재 국내 전체 수출량의 95.4% 비중을 차지하고 있다.

<표 4> 지역별 넙치 수출량과 구성비

연도	전국 (M/T, a)	제주 (M/T, b)	구성비 (%, b/a)
2003년	4,038	3,481	(86.2)
2004년	4,534	4,087	(90.1)
2005년	5,574	5,306	(95.2)
2006년	3,778	3,641	(96.4)
2007년	3,116	2,972	(95.2)

자료 : 농림수산물부, 『어업생산통계』

5. 제주넙치 양식업의 산업비중

<표 5>는 제주지역 총생산(GRDP)과 넙치양식산업의 비중을 나타내고 있다. 2007년 제주지역 총생산(GRDP)은 69,490억 원이고, 이 중 농림어업이 12,231억 원으로 17.6%의 비중을 차지하고 있다. 농림어업 주에서 감귤산업에 뒤이어 제주넙치 양식산업은 제주 양돈산업의 조수입 2,050억 원보다 높은 2,200억 원의 조수입을 창출하고 있다. 관련 산업의 경제파급효과까지 고려하면, 제주지역 총생산에 미치는 영향이 지대하다고 볼 수 있어 1차 산업 고도화 정책에 있어 우선시해야 할 산업임을 확인할 수 있다.

<표 5> 제주지역 총생산(GRDP)과 넙치 양식산업의 비중

단위 : 십억 원, %

구분	2003년		2004년		2005년		2006년		2007년	
	금액	비중	금액	비중	금액	비중	금액	비중	금액	비중
도내총생산	6,193.80	100%	6,276.80	100%	6,501.20	100%	6,574.4	100%	6,949.1	100%
산업구조										
농림어업	1,123.70	18.1%	982.6	15.7%	1,107.20	17.0%	1,061.50	16.0%	1,223.7	17.6%
(감귤)	(470.4)	(41.9%)	(610.5)	(62.1%)	(600.6)	(54.2%)	(660.3)	(62.2%)	431.9	(35.3%)
(양돈)	(150.4)	(13.4%)	(199.4)	(20.3%)	(206.5)	(18.7%)	(212.8)	(20.0%)	205.9	(16.8%)
(활넙치)	(172.1)	(15.7%)	(177.7)	(20.0%)	(174.3)	(15.2%)	(223.5)	(19.3%)	220.3	(18.0%)
광업	28	0.5%	20.8	0.3%	20.8	0.3%	16.8	0.3%	20.9	0.3%
제조업	169.9	2.7%	180.9	2.9%	180.7	2.8%	164.0	2.5%	175.0	2.5%
전기가스	72	1.2%	70	1.1%	90.2	1.4%	102.2	1.6%	98.5	1.4%
건설업	668.5	10.8%	706.2	11.3%	664.1	10.2%	633.7	9.6%	639.8	9.2%
도소매업	405.4	6.5%	396.7	6.3%	411	6.3%	419.8	6.4%	436.3	6.3%
기타업	3,726.4	60.2%	3,919.60	62.4%	4,027.20	61.9%	4,176.4	63.5%	4,354.9	62.7%

자료 : 1) 한국은행 제주본부, 「제주지역 경제동향」, 2009년 7월 호

2) 한국은행 제주본부·제주발전연구원, 「제주지역 산업연관표를 이용한 제주지역 경제구조분석」, 2008년 7월

3) 제주특별자치도감귤출하연합회, 감귤유통처리분석, 각년도(<http://www.citrus.or.kr>)

4) 어업생산통계시스템, 각년도(<http://fs.fips.go.kr>)

(3) 산업연관 분석모형

제2차 세계대전 이후 레온티에프(W.Leontief)에 의해 발전된 산업연관분석 또는 투입산출분석(Input-output analysis)은 일반균형이론(theory of general equilibrium)의 발전적 응용사례로서 가장 괄목한 것이라 할 수 있다. 본 논문

서는 제주지역과 타 지역 산업부문을 각각 28개 부문으로 한 지역 산업연관표를 가지고 제주지역의 넙치산업부문을 외생화하여 산업연관분석을 시도하였다. 지역 간 산업연관표의 기본양식은 <표 6>과 같다.

<표 6> 지역 간 산업연관표

구분		중간수요		최종수요		총산출액
		제주	타지역	제주	타지역	
중간 투입	제주	Z_{11}	Z_{12}	Y_{11}^d	Y_{12}^d	X_1
	타지역	Z_{21}	Z_{22}	Y_{21}^d	Y_{22}^d	X_2
수입투입		M_1	M_2	Y_1^m	Y_2^m	
부가가치		V_1	V_2			
총투입액		X_1	X_2			

주 : 1) 각 ALPHABET의 밑 첨자 1은 제주지역을, 2는 타 지역을 나타냄.

2) Z 는 국산품 중간투입액 행렬, Y^d 는 국산품 최종수요 벡터, X 는 산출액 벡터, M 은 수입 행렬, V 는 부가가치 행벡터임.

지역 간 산업연관표는 여러 지역을 대상으로 생산물의 산업간 거래관계와 더불어 지역 간 거래관계를 나타낸 표로 지역 간 생산과급효과를 분석하기 위해서 작성된다. 지역 간 산업연관표의 투입구조 및 배분구조는 단일지역 산업연관표와 유사하다. 단지 거래내역을 생산물이 생산·사용된 지역에 따라 구분하여 작성한 것이다.

투입구조는 지역 간 산업연관표의 열을 따라 나타나지는데 특정지역 특정 산업이 생산 활동을 하기 위해 사용된 중간재 및 본원적 생산요소 등의 구입내역이 나타나 있다. 이 경우, 각 지역의 산업들에서 생산된 생산물이 중간재로 어떻게 투입이 되었는지를 알 수 있다.

본 연구에서는 제주넙치 산업부문이 각 산업에 미치는 파급효과를 분석하기 위해 제주넙치의 투입구조 부문을 최종수요항목으로 분리하였다. <표 7>에 보이는 바와 같이 넙치부문을 중간수요에서 최종수요(외생부문)로 처리하도록 산업연관표를 수정하여 투입계수를 산출하였다. 특히 연관효과분석은 각 산업부문간 생산계수를 파악하고자 하는 것이므로 화물운임이나 유통마진(margin)을 제외한 생산자 가격표를 사용하였다.

<표 7> 산업연관표의 구조

구분	내생부문	넙치부문	최종수요	수입(공제)	총산출
중간투입부문	(X_{ij})	(X_{ih})	F_i	M_i	X_i
넙치부문 부가가치	X_{hj} V_j	X_{hh} V_h	F_h -	M_h -	X_h V
총투입	X_j	X_h			

위 표에서 중간투입부문 행(row)에 표시된 투입산출의 구조로부터 산업별 재화의 배분구조를 행렬로 표현하면 다음과 같다.

$$A \cdot X + A_f \cdot X_f + F - M = X, \quad (1)$$

A : 산업별 투입계수 행렬,
 A_f : 넙치부문 투입계수 행렬,
 X : 산업별 총 산출 행렬,
 X_f : 넙치부문의 산출,
 F : 최종 수요 행렬,
 M : 해외 수입 행렬.

산업별 투입산출계수와 넙치부문의 투입산출계수는 다음과 같이 계산된다.

$$A_{ij} = \frac{X_{ij}}{X_j}, \quad A_{if} = \frac{X_{if}}{X_f}$$

X_{ij} : j 부문의 산출을 위해 투입되는 i 부문의 중간 투입액,
 X_j : j 부문의 총 투입액(산출액),
 X_{if} : 넙치부문의 산출을 위해 투입되는 i 부문의 투입액,
 X_f : 넙치부문의 산출.

식 (1)로부터 생산량과 투입산출계수 행렬 그리고 최종재 수요와의 관계를 나타내면 아래와 같다.

$$X = (I - A)^{-1} A_f \cdot X_f + (I - A)^{-1} (F - M) \quad (2)$$

본 연구에서 최종재 수요의 변화는 없는 것으로 전제하므로 넙치부문의 생산액 변화에 따른 경제 내 각 산업의 변화는 아래와 같이 표현된다.

$$\Delta X = (I - A)^{-1} A_f \cdot \Delta X_f \quad (3)$$

또한 위의 식으로부터 넙치부문의 생산량 변화에 따른 변화를 나타내는 생산유발계수(Q_f), 부가가치 유발계수(V_f), 그리고 고용유발계수(E_f)는 아래 식에 의해 계산된다.

$$Q_f = (I - A)^{-1} A_f, \quad V_f = A_v (I - A)^{-1} A_f, \quad E_f = A_e (I - A)^{-1} A_f \quad (4)$$

$$A_v = \text{diag}(a_{v1}, a_{v2}, \dots, a_{v56}) \text{ 여기서, } a_{vj} = \frac{V_j}{X_j},$$

$V_j = j$ 부문의 부가가치

$$A_e = \text{diag}(a_{e1}, a_{e2}, \dots, a_{e56}) \text{ 여기서, } a_{ej} = \frac{E_j}{X_j},$$

$E_j = j$ 부문의 고용된 고용자의 수

(4) 분석 결과

1. 분석을 위한 데이터의 구축

본 연구는 제주지역의 넙치산업이 제주지역산업(28개 부문)과 타 지역 산업부문(28개 부문)에 미치는 경제 파급효과를 추정하는 데 있다. 한국은행 제주지역 본부에서 작성한 2003년 기준으로 한 2008년도 제주지역 산업연관표를 기본으로 하여 넙치의 투입계수를 간접적으로 구축하였다. 넙치의 투입계수를 구축하기 위한 직접적인 방법은 제주지역 산업들 또는 타 지역 산업들에서 넙치 생산에 어떻게 투입되는 지를 추적하는 것이다. 이것은 현실적으로 많은 인력과 비용이 투입되어야 하는 어려움이 있다. 이를 피하기 위해서는 간접적인 방법을 택할 수밖에 없다. 즉 제주지역 넙치생산을 위한 중간생산물 투입구조는 제주지역의 수산물을 생산하기 위한 중간생산물 투입 구조를 따른다고 가정하는 것이다. 이러한 가정 하에 넙치의 2003년도 매출액과 부가가치 데이터를 활용하여 넙치의 투입계수를 구축하였다. 넙치 양식산업 투입계수에 필요한 자료는 제주조해수어류양식수산업협동조합으로부터 구하였다. 넙치생산을 위한 중간생산물 투입구조는 <표 8>에 제시하였다.

<표 8> 넉치생산을 위한 중간생산물의 투입

단위 : 백만 원

부문명칭	제주	부문명칭	제주
지역	넉치	지역	넉치
넉치	-	넉치	-
농림수산물	7,019	도소매	4,398
광산품	-	음식점및숙박	-
음식료품	934	운수및보관	2,652
섬유및가죽제품	162	통신및방송	77
목재및종이제품	1,033	금융및보험	24
인쇄,출판및복제	49	부동산및사업서비스	1,400
석유및석탄제품	18	공공행정및국방	-
화학제품	389	교육및보건	329
비금속광물제품	21	사회및기타서비스	126
제1차금속제품	9	기타	-
금속제품	18	중간투입계	33,961
일반기계	270	농림수산물	416
전기및전자기기	96	광산품	-
정밀기기	3	음식료품	737
수송장비	155	섬유및가죽제품	393
가구및기타제조업제품	6	목재및종이제품	12
전력,가스및수도	2,902	인쇄,출판및복제	-
건설	609	석유및석탄제품	3,371
도소매	3,986	화학제품	93
음식점및숙박	-	비금속광물제품	21
운수및보관	6,202	제1차금속제품	8
통신및방송	1,099	금속제품	5
금융및보험	9,847	일반기계	132
부동산및사업서비스	9,939	전기및전자기기	77
공공행정및국방	865	정밀기기	54
교육및보건	1,528	수송장비	246
사회및기타서비스	130	가구및기타제조업제품	12
기타	6,916	전력,가스및수도	1
중간투입계	54,204	건설	-
농림수산물	1,857	도소매	-
광산품	2	음식점및숙박	-
음식료품	2,288	운수및보관	403
섬유및가죽제품	3,915	통신및방송	2
목재및종이제품	2,869	금융및보험	33
인쇄,출판및복제	107	부동산및사업서비스	62
석유및석탄제품	6,548	공공행정및국방	792
화학제품	3,603	교육및보건	-
비금속광물제품	42	사회및기타서비스	-
제1차금속제품	191	기타	284
금속제품	137	중간투입계	7,154
일반기계	974	피용자보수	16,747
전기및전자기기	774	영업잉여	46,796
정밀기기	142	고정자본소모	13,955
수송장비	342	생산세(보조금공제)	3,489
가구및기타제조업제품	21	부가가치계	80,987
전력,가스및수도	1,005	총투입액	176,306
건설	140		

2. 분석 결과

투입산출표로부터 각 유발 승수를 계산한 결과는 <표 9>에 제시하였다. <표

9>는 2003년을 기준으로 한 2008년도 제주지역 산업연관표를 이용하여 넙치부문 생산에 따른 제주지역 28개 부문, 타 지역 28개 부문의 부문별 생산유발계수, 부가가치유발계수, 그리고 고용유발계수를 산출한 결과를 나타낸 것이다.

우선 생산유발계수의 산출결과를 보면, 제주산 양식 넙치의 수요가 1단위 증가할 때 제주지역 28개 부문의 생산은 0.7098단위 증가하며, 타 지역 28개 부문의 생산은 0.6283단위 증가하는 것으로 보여주고 있어 국가전체의 총생산유발 계수는 1.3381단위를 증가시키는 것으로 나타나고 있다. 즉, 제주산 넙치의 수요가 1단위 늘어날 때, 제주를 포함한 국가 전체 산업의 생산유발계수는 1.3381단위를 증가시키는 것으로 예측되고 있다. 부문별로 보면, 제주지역의 경우 금융 및 보험, 부동산 및 사업서비스, 농림수산물, 운수 및 보관, 전력, 가스 및 수도 부문 등의 순으로 생산유발효과가 나타나고 있음을 보여주고 있다.

다음으로 부가가치 창출계수를 살펴보면, 제주산 양식 넙치의 수요가 1단위 증가할 때 제주지역 28개 부문의 부가가치는 0.3146단위 증가하며, 타 지역 28개 부문의 부가가치는 0.2033단위 증가하는 것으로 보여주고 있어 국가 전체의 총 부가가치창출효과는 0.5179단위를 증가시키는 것으로 나타나고 있다. 즉, 제주산 넙치의 수요가 1단위 늘어날 때, 제주를 포함한 국가 전체 산업의 부가가치창출 계수는 0.5179단위를 증가시키는 것으로 예측되고 있다.

그리고 고용유발계수는 제주지역의 넙치수요가 1단위 증가할 때 제주지역의 농림수산물업의 고용을 0.0002단위 유발시키는 것으로 나타나 있으며, 제주지역 28개 부문의 총고용을 0.0048단위 증가시키는 것으로 나타나 있다. 또한 타 지역 28개 부문의 고용을 0.0031단위 증가시키는 것으로 나타나 있다. 제주를 포함한 국가 전체 산업의 고용유발계수를 0.0080인 것으로 예측되었다.

<표 9> 투입산출 유발계수

부문명칭	넵치투입계수	생산유발계수 $(I-A)^{-1}A_f$	부가가치유발계수 $A_v(I-A)^{-1}A_f$	고용유발계수 $A_E(I-A)^{-1}A_f$	
제 주	농림수산물	0.039811	0.054725	0.033501	0.0002189
	광산물	0	0.0068321	0.0049398	4.10E-05
	음식료품	0.0052976	0.023829	0.0071277	7.15E-05
	섬유및가죽제품	0.00091886	0.011364	0.0035558	0.00011364
	목재및종이제품	0.0058591	0.034924	0.0098323	0.0001397
	인쇄,출판및복제	0.00027793	0.027956	0.011494	0.0004473
	석유및석탄제품	0.0001021	0.019593	0.0017227	0
	화학제품	0.0022064	0.031345	0.0082563	6.27E-05
	비금속광물제품	0.00011911	0.0068352	0.002177	3.42E-05
	제1차금속제품	5.10E-05	0.0061482	0.00068363	6.15E-06
	금속제품	0.0001021	0.006045	0.0018166	5.44E-05
	일반기계	0.0015314	0.010643	0.0028222	7.45E-05
	전기및전자기기	0.00054451	0.0068038	0.0022339	3.40E-05
	정밀기기	1.70E-05	0.013203	0.0041374	0.00018484
	수송장비	0.00087915	0.011539	0.0041276	3.46E-05
	가구및기타제조업제품	3.40E-05	0.010875	0.0042028	5.44E-05
	전력,가스및수도	0.01646	0.045889	0.019164	9.18E-05
	건설	0.0034542	0.0064959	0.0029407	6.50E-05
	도소매	0.022608	0.032694	0.019896	0.00062118
	음식점및숙박	0	0.028153	0.012672	0.00039415
	운수및보관	0.035177	0.049833	0.02115	0.00054817
	통신및방송	0.0062335	0.025856	0.015346	0.00010342
	금융및보험	0.055852	0.078944	0.053977	0.00078944
	부동산및사업서비스	0.056374	0.073479	0.052933	0.0003674
	공공행정및국방	0.0049062	0.0061199	0.0046075	7.34E-05
	교육및보건	0.0086667	0.010015	0.0071166	0.00017026
	사회및기타서비스	0.00073735	0.0040124	0.0021996	5.62E-05
기타	0.039227	0.065666	0	0	
합계	10.507345	0.709817	0.314633	0.004852	
타 지역	농림수산물	0.010533	0.032295	0.019174	0.00012918
	광산물	1.13E-05	0.0092386	0.0059813	4.62E-05
	음식료품	0.012977	0.030584	0.0095374	9.18E-05
	섬유및가죽제품	0.022206	0.03533	0.011205	0.00028264
	목재및종이제품	0.016273	0.044345	0.012775	0.00022172
	인쇄,출판및복제	0.0006069	0.017027	0.0060559	0.00013622
	석유및석탄제품	0.03714	0.052695	0.018426	0
	화학제품	0.020436	0.038408	0.0098137	0.00015363
	비금속광물제품	0.00023822	0.0065559	0.0020386	2.62E-05
	제1차금속제품	0.0010833	0.0071401	0.0014447	1.43E-05
	금속제품	0.00077706	0.009104	0.0032897	6.37E-05
	일반기계	0.0055245	0.0097794	0.0030012	4.89E-05
	전기및전자기기	0.0043901	0.006559	0.0018529	2.62E-05
	정밀기기	0.00080542	0.0053111	0.0015912	3.72E-05
	수송장비	0.0019398	0.0037353	0.00098765	1.12E-05
	가구및기타제조업제품	0.00011911	0.01036	0.0034815	8.29E-05
	전력,가스및수도	0.0057003	0.019464	0.0088985	3.89E-05
	건설	0.00079407	0.0021064	0.00095095	2.32E-05
	도소매	0.024945	0.034503	0.020787	0.00055205
	음식점및숙박	0	0.0465	0.019561	0.0006045
	운수및보관	0.015042	0.024944	0.011173	0.00024944
	통신및방송	0.00043674	0.011122	0.0067371	4.45E-05
	금융및보험	0.00013613	0.010082	0.0071627	8.07E-05
	부동산및사업서비스	0.0079407	0.016282	0.011061	8.14E-05
	공공행정및국방	0	0.00098283	0.00068469	1.18E-05
	교육및보건	0.0018661	0.0042917	0.0028932	6.44E-05
	사회및기타서비스	0.00071467	0.0053297	0.0027449	6.93E-05
기타	0	0.13429	0	0	
합계	1.322625	0.628365	0.20331	0.003192	
전국 총합계	11.82997	1.338182	0.517943	0.008044	

고성보(2006)는 제주지역 전체의 평균 생산유발계수는 1.29079이고, 감귤산업의

생산유발계수는 1.11208로 계측한 결과를 보여 주었다. 연구방법 등의 차이로 인해 단순 비교에 유의할 필요가 있지만, 본 연구의 결과와 비교해 볼 때, 제주넙치 양식 산업의 생산유발계수는 1.3381로써, 감귤산업의 생산유발계수 1.11208뿐만 아니라 제주지역 전체의 평균 1.29079보다 높게 나타나고 있다.

한편, <표 10>은 2003년도 제주넙치 양식 산업의 총매출액을 기준으로 계측한 생산유발 효과, 부가가치 창출 효과 및 고용 창출 효과를 나타내고 있다. <표 10>은 2003년도 제주넙치 양식 산업의 총매출액은 176,306백만 원인데, 이 총매출액에 상응하는 만큼 수요증대가 일어날 때의 생산유발 효과, 부가가치 창출 효과, 그리고 고용 창출 효과를 나타낸다.

우선 생산유발 효과를 살펴보면, 제주지역 28개 부문의 생산유발 효과는 125,145백만 원이며, 타 지역 28개 부문의 생산은 110,784백만 원으로 나타나고 있어, 제주를 포함한 국가 전체 산업에 미친 생산유발 효과는 235,929백만 원으로 나타나 있다. 다음으로 부가가치 창출 효과를 보면, 제주지역 28개 부문에 미친 부가가치 유발효과는 55,471백만 원이고, 타 지역 28개 부문에 미친 부가가치 유발효과는 35,844백만 원으로 국가 전체 산업에 미친 부가가치 창출 효과는 91,316백만 원으로 계측되었다.

그리고 고용 창출 효과를 보면, 제주지역 28개 부문에 미친 고용효과는 885명이고, 타 지역 28개 부문에 미친 고용효과는 562명으로 국가 전체 산업에 발생한 고용 창출 효과는 1,418명인 것으로 계측되었다.

<표 11>은 제주넙치 양식 산업의 구성이나 산업내 파급효과가 단기적으로 변동하지 않는다고 가정하여 실제 2008년도 제주넙치 양식 산업의 총매출액 224,000백만 원을 기준으로 계측한 생산유발 효과, 부가가치 창출 효과, 고용 창출 효과를 나타낸 것이다.

<표 10> 생산유발, 부가가치 창출 및 고용 창출 효과

(단위 : 백만 원, 명)

부문	생산효과	부가가치효과	고용효과
농림수산물	9648.346	5906.427	38.59338
광산물	1204.54	870.9164	7.228546
음식료품	4201.196	1256.656	12.60588
섬유및가죽제품	2003.541	626.9089	20.03541
목재및종이제품	6157.311	1733.493	24.62995
인쇄,출판및복제	4928.811	2026.461	78.86167
석유및석탄제품	3454.363	303.7223	0
화학제품	5526.312	1455.635	11.05439
비금속광물제품	1205.087	383.8182	6.029665
제1차금속제품	1083.965	120.5281	1.084282
금속제품	1065.77	320.2775	9.591046
일반기계	1876.425	497.5708	13.1348
전기및전자기기	1199.551	393.85	5.994404
정밀기기	2327.768	729.4484	32.5884
수송장비	2034.395	727.7206	6.100188
가구및기타제조업제품	1917.328	740.9789	9.591046
전력,가스및수도	8090.506	3378.728	16.18489
건설	1145.266	518.4631	11.45989
도소매	5764.148	3507.784	109.5178
음식점및숙박	4963.543	2234.15	69.49101
운수및보관	8785.857	3728.872	96.64566
통신및방송	4558.568	2705.592	18.23357
금융및보험	13918.3	9516.469	139.183
부동산및사업서비스	12954.79	9332.405	64.77482
공공행정및국방	1078.975	812.3299	12.94086
교육및보건	1765.705	1254.699	30.01786
사회및기타서비스	707.4102	387.8027	9.908397
기타	11577.31	0	0
합계	125,145.0872	55,471.7068	855.480814
농림수산물	5693.802	3380.491	22.77521
광산물	1628.821	1054.539	8.145337
음식료품	5392.143	1681.501	16.184890
섬유및가죽제품	6228.891	1975.509	49.83113
목재및종이제품	7818.29	2252.309	39.09057
인쇄,출판및복제	3001.962	1067.692	24.0164
석유및석탄제품	9290.445	3248.614	0
화학제품	6771.561	1730.214	27.08589
비금속광물제품	1155.845	359.4174	4.619217
제1차금속제품	1258.842	254.7093	2.521176
금속제품	1605.09	579.9938	11.23069
일반기계	1724.167	529.1296	8.621363
전기및전자기기	1156.391	326.6774	4.619217
정밀기기	936.3788	280.5381	6.558583
수송장비	658.5558	174.1286	1.974627
가구및기타제조업제품	1826.53	613.8093	14.61577
전력,가스및수도	3431.62	1568.859	6.858303
건설	371.371	167.6582	4.090299
도소매	6083.086	3664.873	97.32973
음식점및숙박	8198.229	3448.722	106.577
운수및보관	4397.777	1969.867	43.97777
통신및방송	1960.875	1187.791	7.845617
금융및보험	1777.517	1262.827	14.22789
부동산및사업서비스	2870.614	1950.121	14.35131
공공행정및국방	173.2788	120.715	2.080411
교육및보건	756.6525	510.0885	11.35411
사회및기타서비스	939.6581	483.9423	12.21801
기타	23676.13	0	0
합계	110,784.523	35,844.7365	562.80052
전국	235,929.61	91,316.44	1418.281334

<표 11> 제주넙치 양식산업의 경제파급 효과

단위 : 백만 원, 명

구분	생산유발 효과	부가가치 창출 효과	고용 창출 효과
제주지역	158,999	70,477	1,086
타 지역	140,753	45,541	715
국가경제	299,752	116,018	1,801

2008년도 제주지역 넙치 양식 산업의 총매출액 224,000백만 원에 상응하는 수요증대가 일어날 때, 제주지역에 미칠 생산유발 효과는 158,999백만 원이고, 타 지역에 미칠 생산유발 효과는 140,753백만 원으로써 국가경제 전체에 영향을 주는 총 생산유발 효과는 299,752백만 원으로 나타나고 있다. 그리고 제주지역에 미칠 부가가치 창출 효과는 70,477백만 원이고, 타 지역에 파급되는 부가가치 창출 효과는 45,541백만 원으로써, 국가경제에 파급되는 총 부가가치 창출 효과는 116,018백만 원임을 보여주고 있다. 더욱이 제주지역에 창출되는 고용효과는 1,086명이며, 타 지역의 고용 창출 효과는 715명으로, 제주넙치 양식 산업에 의한 총 고용 유발 효과는 1,801명으로 나타나고 있다.

이러한 결과는 실지조사가 아닌 간접기법으로 작성된 “2003년 제주지역 산업연관표”를 이용하여 제주지역 넙치산업의 지역 내 경제적 위상 및 경제적 파급효과를 분석한 결과이다. 한국은행 제주본부와 제주발전연구원이 간접기법으로 작성한 “2003년 제주지역 산업연관표”의 투입 및 배분구조 내역과 제주해수어류양식수협이 추정한 넙치 양식산업의 투입 및 배분구조 내역을 비교하여 볼 때, “2003년 제주지역 산업연관표”의 투입 및 배분구조 금액이 적거나 낮게 산정되어 있는 것으로 나타났다. 이는 실제에 있어서 제주넙치 양식 산업의 경제파급효과가 현재 계측된 경제파급효과보다 더욱 크게 나타날 수 있음을 의미하는 것이다.

(5) 요약 및 결론

본 연구에서 계량모델인 투입산출모형(Input Output Model)을 이용하여 제주넙치 양식 산업이 생산, 부가가치, 고용 측면에서 지역 및 국가경제에 어느 정도 기여하고 있는지를 계측하고 평가하고자 하였다.

투입산출모형(Input Output Model)을 이용하여 지역 및 국가경제에 어느 정도 기여하고 있는지를 계측한 결과, 제주넙치 양식 산업의 구성이나 산업 내 파급

효과가 단기적으로 변동하지 않는다면, 2008년도 제주지역 넙치 양식 산업의 총 매출액 224,000백만 원에 상응하는 수요증대가 일어날 때, 제주지역에 미칠 생산 유발 효과는 158,999백만 원이고, 타 지역에 미칠 생산유발 효과는 140,753백만 원으로써 국가경제 전체에 영향을 주는 총 생산유발 효과는 299,752백만 원인 것으로 나타났다. 그리고 제주지역에 미칠 부가가치 창출 효과는 70,477백만 원이고, 타 지역에 파급되는 부가가치 창출 효과는 45,541백만 원으로써, 국가경제에 파급되는 총 부가가치 창출 효과는 116,018백만 원임을 보여 주었다. 더욱이 제주지역에 창출되는 고용효과는 1,086명이며, 타 지역의 고용 창출 효과는 715명으로, 제주넙치 양식 산업에 의한 총 고용 유발 효과는 1,801명에 달하였다.

이상의 결과를 종합해 볼 때, 제주넙치 양식 산업은 제주 지역경제뿐만 아니라 국가 경제적으로 생산을 유발하고 부가가치와 고용을 창출하는데 크게 기여하는 산업인 것으로 분석되었다. 이러한 결과가 지방 또는 중앙 정부의 1차 산업 고도화 전략결정에 유용한 정보로 이용되기를 기대한다.

2) 강도다리 양식의 경제성분석³¹⁾

(1) 분석방법

강도다리 양식업의 경제성 분석을 위해서 강도다리 시험양식이 행해지고 있는 제주지역의 강도다리 양식업 운영 실태를 조사하고, 관련 자료를 수집하였다. 경제성 분석에 있어서는 제주지역 강도다리 양식운영 결과로부터 도출된 생물학적 자료(생존율, 사료계수, 중량 등)와 경제적인 자료(시설투자비 등의 고정비용, 운영경비 등의 변동비용, 시장가격 등)를 이용하였다. 또한 강도다리 양식운영 결과로부터 도출된 이러한 생물학적 자료와 경제적인 자료를 투입하여 향후 최대 10년 기간 동안의 강도다리 양식경영 수익성을 분석하였다.

구체적인 경제성 분석에 있어서는 수익성 분석과 동시에 경제성 분석기법으로 널리 활용되고 있는 순현재가법(net present value method, NPV), 내부수익률법(internal rate of return method, IRR), 그리고 편익비용비율법(benefit/cost ratio method, BCR) 등을 사용하였다. 각 분석기법의 내용을 간단히 살펴보면 다음과 같다.

우선 순현재가법(NPV)은 화폐의 시간적 가치를 고려하여 투자안들을 평가하는 방법인 현금흐름할인법(discounted cash flow method)의 일종으로서 순현재가는 투자의 결과 발생하는 현금유입(cash inflow, CI)의 현재에서 현금유출(cash outflow, CO)의 현재를 차감한 것을 의미한다. 즉, 순현재금유입(net cash flow)의 현재가치 합계액이 순현재가인데, 투자안의 순현재가를 정의하면 다음과 같다. 여기서 투자안의 선택기준은 순현재가가 영(0)보다 크면 투자안을 선택하게 된다.

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

내부수익률법(IRR)에서 내부수익률이란 투자에 소요되는 현금유출액(CO)의 현재가치 합계액과 투자로 인해 예상되는 현금유입액(CI)의 현재가치 합계액을 일치시켜 주는 할인율로서 투자안의 평균 투자수익을 의미하는데, 내부수익률은 다음과 같이 계산된다.

31) 김도훈, 강도다리 양식업 경제성분석, 2010 한국양식학회 발표자료.

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

식에서 k 가 내부수익률이 되며, 투자안 선택기준으로서 내부수익률(k)이 최저 기대수익률보다 크면 투자안을 선택하게 된다. 그리고 편익비용비율법(BCR)에서 편익/비용 비율은 투자로 인하여 발생하는 편익흐름의 현재가치를 비용흐름의 현재가치로 나눈 비율을 의미하며, 수익성 지수법(profitability index method)이라고도 불린다.

$$\text{편익/비용(BC) 비율} = \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} / \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

여기서, B_t 는 t 시점의 편익, C_t 는 t 시점의 비용, 그리고 r 은 사회적 할인율을 의미한다. 투자안의 선택기준으로서 $B/C > 1$ 이면 경제적 타당성이 있음을 의미한다. 즉, B/C 비율은 어떤 투자안의 경제적 타당성을 절대적 금액으로 측정하는 NPV법과는 달리, 투자안의 상대적 수익성을 비율로 측정한다. 이에 따라, 투자사업에 대한 B/C 비율이 1 이상이면 그 사업은 투자의 타당성을 가지며, B/C 비율이 높을수록 투자사업의 효과가 큰 것으로 판정한다.

(2) 분석자료

1. 강도다리 양식생산 분석

제주지역 강도다리 양식업의 생산 분석에 있어서는 육상수조식 500평 기준, 12개월 양성기간을 기준으로 하였다. 분석 결과, Table 2-7에서 보는 바와 같이, 평균 입식수량은 15만미였다. 또한 생물학적인 변수로서 생존율은 평균 90%, 사료계수(FCR)는 평균 1.4, 그리고 출하중량은 평균 250~350g 정도로 나타났으며, 출하가격은 kg당 평균 170,000원 수준인 것으로 조사되었다.

Table 2-7. 제주지역 강도다리 양식업 생산 분석

입식미수	15만미
생존율	90%
사료계수(FCR)	1.4
평균 출하중량	250~350g

2. 강도다리 양식비용 분석

제주지역 강도다리 양식업의 운영경비(육상수조식 500평, 양성기간 12개월 기준)는 Table 2-8에서와 같이, 평균 448,388천원으로 나타났는데, 이 중에서는 치어구입비(33.5%), 사료비(23.2%), 인건비(12.8%) 등이 가장 많은 비중을 차지하는 것으로 나타났다. 인건비의 경우 고정인부 2명에 대한 임금이 포함되었으며, 경영주 1명에 대한 인건비도 기회비용으로 포함되었다.

강도다리 육상수조식 양식시설 설치를 위한 초기 투자비용은 Table 2-9에서 보는 바와 같이 사육동, 사육수조, 배관 및 여과시설, 발전기, 인수로시설 등을 포함하여 약 5억 4천 4백만 원 정도 소요되는 것으로 나타났다. 또한 각 시설물들의 내용연수는 사육 수조, 사육동 배관, 변전 및 배전 등의 경우 평균 20년, 여과시설, EP 배합기, 액화산소 등은 약 10년, 그리고 양수기 및 진공펌프 등은 약 5년 정도인 것으로 조사되었다. 그리고 시설물들의 연간 감가상각비는 각각 총액에 대한 내용연수를 나누는 정액법(straight-line depreciation method)으로 계산되었다(Table 2-9 참조).

Table 2-8. 제주지역 강도다리 양식업 운영비용 분석

운영비용	단위 (unit)	단위당 비용 (원/unit)	총비용 (천원)	비중 (%)
치어비	미	1,000	150,000	33.5
사료비	kg	2,200	103,950	23.2
전기료	월	2,859,167	34,310	7.7
약품비	월	899,292	10,792	2.4
유류비	월	1,245,000	14,940	3.3
수선유지비	연	-	11,131	2.5
인건비	월	1,600,000	57,600	12.8
주부식비	월	500,000	6,000	1.3
자재비(부품류,소모품)	연	-	500	0.1
잡비	월	1,500,000	18,000	4.0
감가상각비	연	-	36,575	8.2
판매수수료			4,590	1.0
합 계			448,388	100.0

Table 2-9. 제주지역 강도다리 양식업 초기 투자시설비용 및 연간 감가상각비

시설물	내용연수	단위	단가 (원)	수량	금액 (원)	감가상각비 (원)	%
사육동	10	평	40,000,000	1	40,000,000	4,000,000	7.4
사육수조(I)	20	개	7,500,000	14	105,000,000	5,250,000	19.3
사육수조(II)	20	개	2,625,000	4	10,500,000	525,000	1.9
사육동배관	20	식	25,000,000	1	25,000,000	1,250,000	4.6
여과시설	10	식	30,000,000	1	30,000,000	3,000,000	5.5
관리사	20	평	50,000,000	1	50,000,000	2,500,000	9.2
냉동창고	20	평	70,000,000	1	70,000,000	3,500,000	12.9
지하수개발	20	식	12,000,000	3	36,000,000	1,800,000	6.6
변전 및 배전	20	식	50,000,000	1	50,000,000	2,500,000	9.2
발전기	15	대	30,000,000	1	30,000,000	2,000,000	5.5
전기인입	20	식	10,000,000	1	10,000,000	500,000	1.8
EP배합기	10	대	6,000,000	1	6,000,000	600,000	1.1
액화산소	10	대	3,000,000	1	3,000,000	300,000	0.6
인수로시설	20	식	45,000,000	1	45,000,000	2,250,000	8.3
양수기	5	대	5,000,000	6	30,000,000	6,000,000	5.5
진공펌프	5	대	30,000,000	1	3,000,000	600,000	0.6
합계			389,125,000		543,500,000	36,575,000	100.0

(3) 결과

제주지역 강도다리 양식업의 경제성분석 결과에 있어서는 Table 2-10에서 보는 바와 같이, 향후 10년 기간동안 발생할 이익을 8%의 사회적 이자율로 할인한 순현재가치(NPV)의 값이 평균 522.3백만 원으로 나타났다. 또한 향후 10년 기간동안의 현금흐름에 따른 내부수익률(IRR)은 평균 26.6% 정도로 평가되었다. 그리고 양식기간에 따른 연간 양식이익은 125.4백만 원으로 추정되어, 수익률(매출액 이익율)은 약 21.9%로 높게 평가되었다.

이러한 경제성 분석 결과를 바탕으로, 특히 비용부분 중 가장 많은 비중을 차지하고 있는 치어비, 사료비, 그리고 인건비 등이 절감된다면 강도다리 양식업의 수익성은 더욱 높아질 수 있을 것으로 예상된다. 하지만 향후 양식생산 및 시장 환경 변화로 생존율이나 시장가격 등이 하락한다면 강도다리 양식업의 수익성 및 경제성은 오히려 크게 저하될 수도 있을 것으로 판단된다.

Table 2-10. 제주지역 강도다리 양식업 경제성분석 결과

단위 : 백만 원

순현재가치 (NPV)	522.3
내부수익률 (IRR)	26.6%
연평균(Average Annual)	
수익	573.8
비용	448.4
이익	125.4

보다 구체적으로 중요 변수에 따른 불확실성을 고려하고, 이러한 불확실성에 따른 경제성 분석 결과의 검토를 위해 강도다리 양식업에서 가장 중요한 생물학적 그리고 시장환경적 변수 중의 하나로 판단되는 생존율과 시장가격에 대한 민감도 분석을 실시해 보았다. 민감도 분석에서는 생존율과 시장가격 변화에 따른 NPV와 IRR 변화를 살펴봄으로써 강도다리 양식업의 경제성 변화를 평가해 보았다.

우선 생존율에 대한 민감도 분석에 있어서는 생존율이 70%에서 최대 99% 수준까지 변화할 때 IRR과 NPV 변화를 살펴보았다. 분석 결과, Table 2-11에서

보는 바와 같이, 생존율이 현 수준보다 높아질 경우 강도다리 양식업의 경제성은 더욱 높아지는 것으로 나타났지만, 양식환경 등의 변화로 생존율이 하락할 경우 경제성은 크게 저하하는 것으로 평가되었다. 예를 들어, 현재 생존율 90% 수준에서 80%로 낮아질 경우 NPV는 무려 66.4%나 감소하는 것으로 분석되었다. 그리고 생존율이 70%대 수준으로 감소할 경우 NPV는 마이너스가 될 것으로 추정되었다.

Table 2-11. 생존율 변화에 대한 민감도 분석 결과

생존율	IRR (%)	NPV (백만원)
70%	0.3	-171.4
80%	14.8	175.5
90%	26.6	522.3
95%	32.0	695.7
99%	36.3	834.5

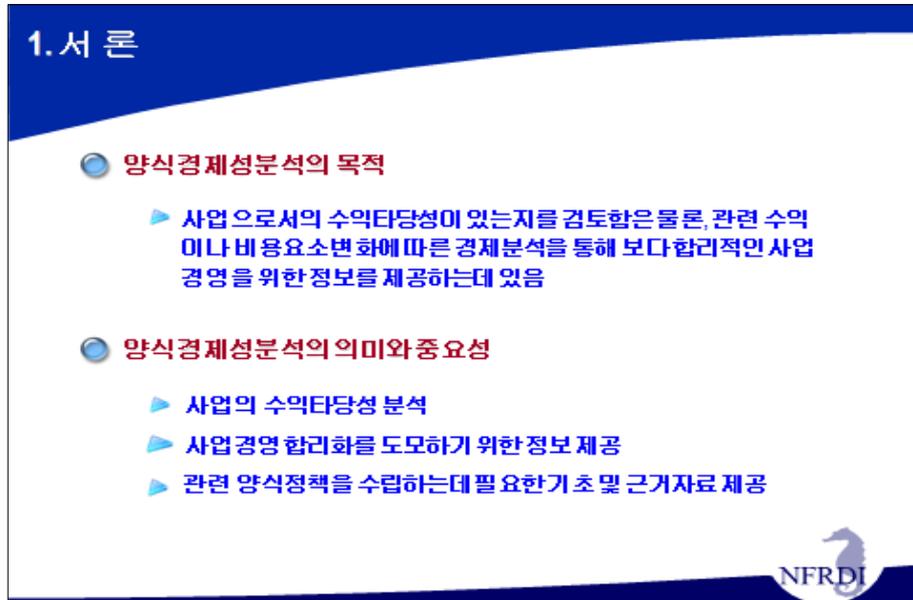
다음으로 시장가격에 대한 민감도 분석에 있어서는 시장가격이 kg당 최소 14,000원 수준에서 최대 19,000원 수준까지 변화할 때 IRR과 NPV 변화를 살펴 보았다. 분석 결과, Table 2-12에서와 같이, kg당 시장가격이 현 수준보다 높아질 경우 강도다리 양식업의 경제성은 더 크게 높아지는 것으로 나타났지만, 현 수준보다 시장가격이 떨어질 경우 생존율의 경우에서와 같이, 강도다리 양식업의 경제성이 크게 하락하는 것으로 평가되었다. 예를 들어, 생산 및 시장환경 변화에 따라 현재 kg당 시장가격 17,000원 수준에서 16,000원으로 하락할 경우 NPV는 43% 정도 감소하는 것으로 분석되었다. 그리고 시장가격이 더욱 하락하여 14,000원대가 될 경우 NPV는 마이너스가 되는 것으로 추정되어 강도다리 양식업의 경제성이 크게 저하될 수 있을 것으로 나타났다.

Table 2-12. 시장가격 변화에 대한 민감도 분석 결과

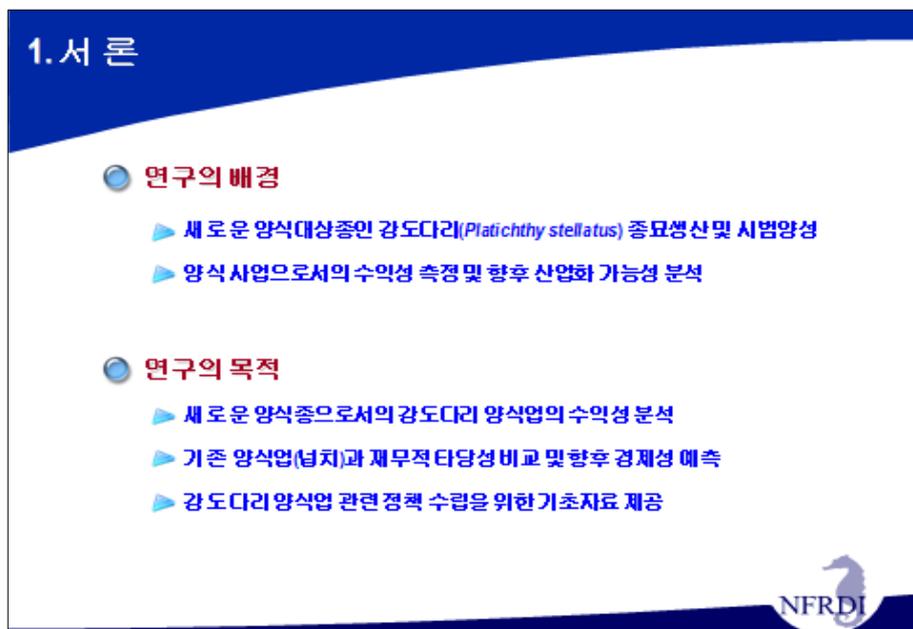
시장가격	IRR (%)	NPV (백만원)
14,000원	1.3	-151.6
15,000원	10.9	73.0
16,000원	19.1	297.7
17,000원	26.6	522.3
18,000원	33.6	747.0
19,000원	40.4	971.6

현재의 강도다리 양식업 경제성 분석은 제주지역의 강도다리 시험양식 결과를 바탕으로 한 기초연구이다. 즉, 제주지역이라는 지역적 특수성 아래에서 도출된 자료만을 이용하였고, 그리고 시험양식 기간이 얼마 되지 않아 주요 변수들, 특히 적정 입식수량, 생존율, 시장가격 등에 대한 보다 구체적인 추정이 불가능한 어려움 등이 있었다. 따라서 본 연구의 결과를 강도다리 양식업의 최종적인 경제성분석 결과 혹은 제주지역 이외의 다른 지역에서의 강도다리 양식업 경제성 분석 결과로 일반화하여 적용하기에는 한계가 있다. 향후에는 제주지역에 있어서 강도다리 양식생산 등에 대한 장기적인 조사와 구체적인 자료 수집을 통해 보다 정확한 경제성분석이 이루어져야 하며, 다른 지역에 대한 강도다리 양식업의 전개에 있어서는 지역적 특성에 따른 경제성분석이 새로이 요구된다.

3) 강도다리 양식업과 넙치 양식업의 경제성 비교 분석



<그림-1> 양식경제성분석의 목적



<그림-2> 강도다리 양식업과 넙치 양식업의 경제성 비교 분석 : 서론

2. 경제성분석

- 분석 방법
 - ▶ 제주지역 육상수조식 넙치 양식업과강도다리양식업의 수익성 비교
 - ▶ 육상수조식 넙치와강도다리 양식업의 경제성 지표로서 10년간의 순현재가(NPV)와 내부수익률(IRR)을 추정하고 이 값들을 비교
 - ▶ 장래 불확실성을 고려하기 위해 몬테카를로 시뮬레이션(Monte Carlo Simulation) 기법을 이용
 - 각 변수별 민감도분석도 병행하여 강도다리 양식업의 경제성분석 실시



<그림-3> 강도다리 양식업과 넙치 양식업의 경제성 비교 분석 : 분석방법

2. 경제성분석

- 분석 자료
 - ▶ 육상수조식 넙치 양식업의 경우 선행연구(박영병, 2005; 해양수산부, 2006 등)를 이용하여 제주지역의 표준화된 자료(양식시설, 수익자료 등) 이용
 - ▶ 육상수조식 강도다리 양식업의 경우 양식시설 관련자료는 넙치 자료를 이용한 반면, 양식생산(생존율, 사료계수, 성장률 등) 및 경영실태(양식비용, 가격 등) 자료는 양식업체를 대상으로 직접 조사한 것을 이용



<그림-4> 강도다리 양식업과 넙치 양식업의 경제성 비교 분석 : 분석자료

2. 경제성분석

● 주요 생산 및 경영 자료

(목상 수조석 500평, 12개월 양식 기준)

		강도다리양식	넙치 양식
생산 자료	Survival Rate	90%	80%
	FCR	1.4	1.2
	Market Size	250-300g	850g
경영 자료	Market Price	17,000원/kg	9,000원/kg
	Cost Components	- Fingerling cost : 33.5% - Feed cost : 23.2% - Labor cost : 12.8% - Electricity cost : 7.7%	- Feed cost : 35.3% - Labor cost : 16.3% - Electricity cost : 9.7% - Fingerling cost : 6.9%



<그림-5> 강도다리 양식업과 넙치 양식업의 경제성 비교 분석 : 분석자료

2. 경제성분석

● 분석 결과 (1) : Baseline Results

(Unit : million won)

	강도다리양식	넙치 양식
Net Present Value (NPV)	522.3	165.6
Internal Rate of Return (IRR)	26.6%	14.4%
Average Annual		
Cash Receipts	573.8	425.3
Cash Production Cost	411.8	316.6
Net Cash Income	162.0	108.7

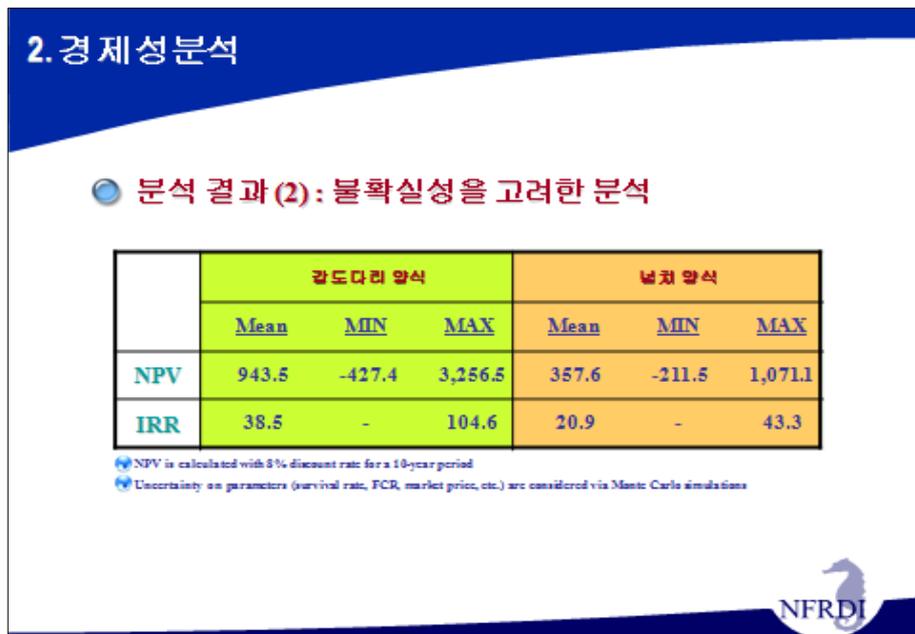
● NPV is calculated with 8% discount rate for a 10-year period



<그림-6> 강도다리 양식업과 넙치 양식업의 경제성 비교 분석 : 분석결과



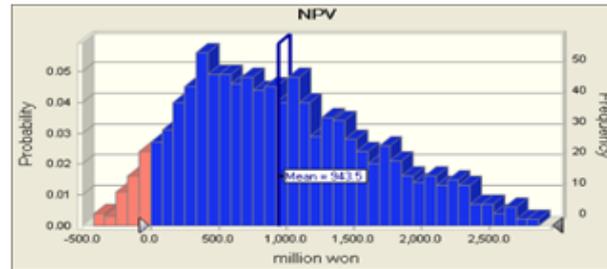
<그림-7> 강도다리 양식업과 넙치 양식업의 경제성 비교 분석 : 분석결과



<그림-8> 강도다리 양식업과 넙치 양식업의 경제성 비교 분석 : 분석결과

2. 경제성분석

● 분석 결과 (2): NPV - 강도다리 양식



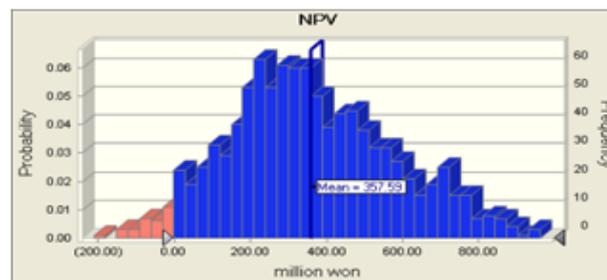
*Certainty Level is 94% from 0.00 to +Infinity



<그림-9> 강도다리 양식업과 넙치 양식업의 경제성 비교 분석 : 분석결과

2. 경제성분석

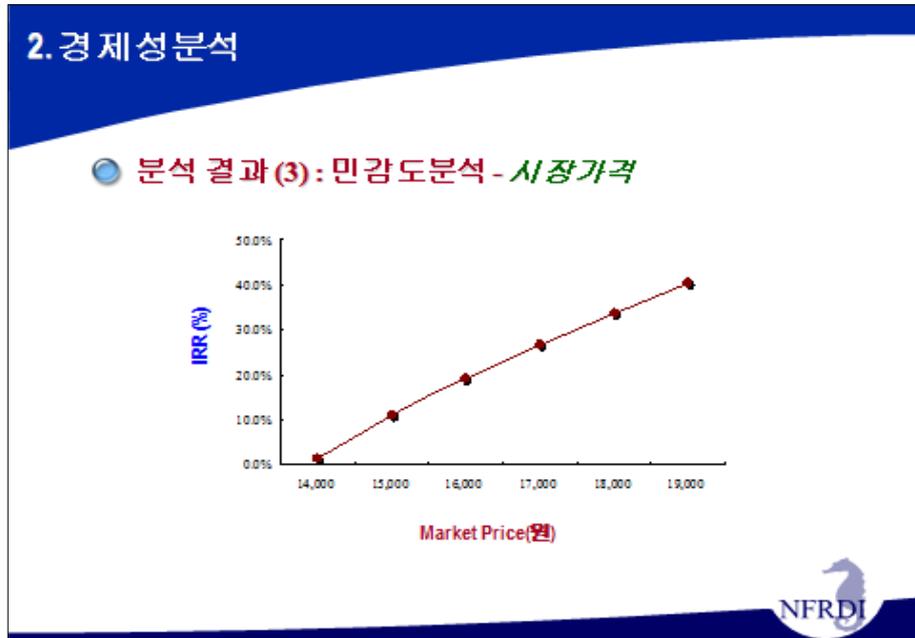
● 분석 결과 (2): NPV - 넙치 양식



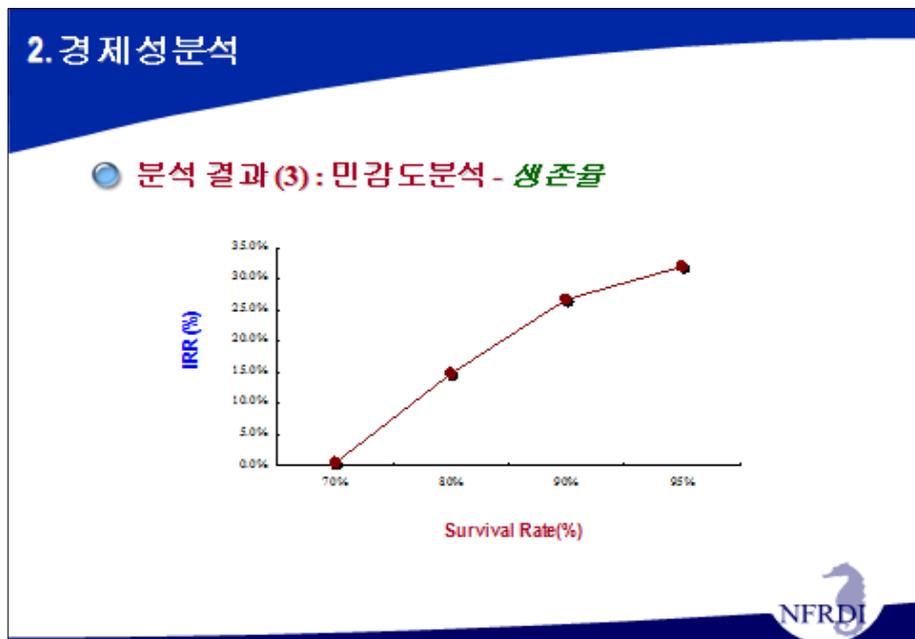
*Certainty Level is 96.7% from 0.00 to +Infinity



<그림-10> 강도다리 양식업과 넙치 양식업의 경제성 비교 분석 : 분석결과



<그림-11> 강도다리 양식업과 넙치 양식업의 경제성 비교 분석 : 분석결과



<그림-12> 강도다리 양식업과 넙치 양식업의 경제성 비교 분석 : 분석결과

4) 돌돔 양식의 경제성 분석³²⁾

(1) 분석 방법

○ 제주지역 외해가두리 양식업 경제성분석에 있어서는 2005~2006년 기간동안 (17개월: 2005.8-2006.12) 제주 표선지역 외해가두리양식 운영결과로부터 도출된 생물학적 자료(생존율, 사료계수, 중량 등)와 경제적인 자료(시설투자비 등의 고정비용, 운영경비 등의 변동비용, 시장가격 등)를 수집하여 경제성분석을 위한 기초 자료로 이용하였음.

○ 분석모델에 있어서는 Monte Carlo 기법을 이용하여 주요 투입요소에 대한 불확실성을 고려함으로써 보다 예측 가능하고, 신뢰할 수 있는 분석결과를 얻을 수 있도록 하였음.

○ 이러한 주요 변수별 불확실성을 바탕으로 외해가두리양식 운영결과로부터 도출된 생물학적 자료와 경제적인 자료를 투입하여 향후 최대 10년 기간동안의 양식경영 생산성과 수익성을 분석하였음.

(2) 분석 자료

1. 양식수입

○ 제주지역 외해가두리양식 경제성분석에 있어서 우선 생산결과는 2개의 외해가두리시설에서 총 400,000마리의 돌돔 치어를 입식하여 17개월 동안 (2005.8-2006.12) 양식한 결과 약 108톤 정도가 생산되었음.

<표-1> 제주도 외해가두리 돌돔양식 생산 분석

양식기간	17(개월)
입식마리수	40만(마리)
생존율	90%
사료계수	1.2~1.5
평균 중량	270~300(g)

○ 생물학적인 변수로서 생존율은 평균 90%, 사료계수(FCR)는 1.35, 그리고 시장가격은 kg당 평균 20,000원으로 나타났음(<표-1> 참조).

32) 김도훈, 돌돔 외해가두리양식 경제성분석, 2008 MCP 과제, 국립수산물과학원

2. 양식비용

○ 제주지역 외해가두리양식의 양식기간별 운영경비는 평균 970,396천 원으로 나타났는데, 이 중에서는 치어구입비(12.4%), 사료비(16.7%), 인건비(34.7%) 등이 가장 많은 비중을 차지하는 것으로 분석되었음.

○ 외해가두리 양식시설 설치(2개조)를 위한 초기 투자비용은 수조, 그물, 스쿠버장비 등을 포함하여 약 6억 7천만 원 정도 소요되는 것으로 나타났는데, 각 시설물들의 내용연수는 수조 및 그물의 경우 평균 8년, 스쿠버장비 등은 약 5년 정도로 조사되었음.

<표-2> 제주도 외해가두리 돌돔양식 운영비용 분석

운영비용	단위 (unit)	단위당 비용 (원/unit)	총비용 (천원)	비율 (%)
치어대	마리	300	120,000	12.4
사료대	kg	1,110	161,838	16.7
전기료	월	90,000	1,530	0.2
유류대	월	850,000	14,450	1.5
수선비	월	2,000,000	34,000	3.5
인건비(상시)	명/월	2,200,000	336,600	34.7
인건비(임시)	-	-	15,385	1.6
기타	월	6,100,000	103,700	10.7
감가상각비	-	-	121,056	12.5
보험료	월	200,000	3,400	0.4
임대료	-	-	58,438	6.0
합 계			970,396	100.0

(3) 분석 결과

○ 제주지역 외해가두리양식 경제성분석에 있어서는 생물학적 변수(생존율, 사

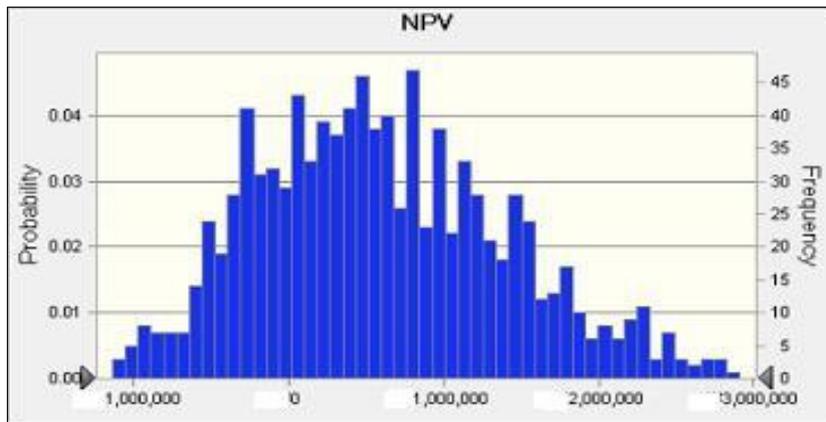
료계수, 평균중량)와 경제적인 변수(시장가격)에 대한 불확실성이 <표-3>과 같이 고려되었음[정규분포(Normal Distribution) 가정]

<표-3> 주요 생물학적 및 경제적 변수별 불확실성 수준

변수	평균값	최소값	최대값
생존율	90%	85%	95%
사료계수(FCR)	1.35	1.2	1.5
평균 출하중량	0.3kg	0.23kg	0.45kg
판매가격	20,000원	15,000원	25,000원

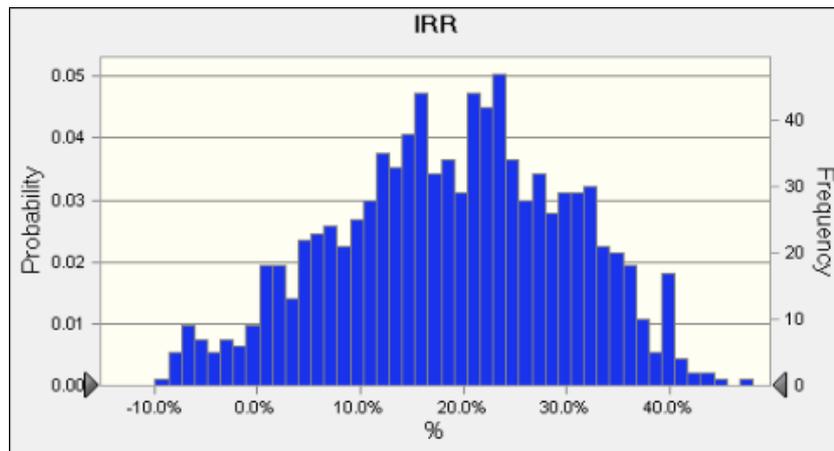
○ 주요 변수별 불확실성을 고려한 외해가두리양식 경제성분석 결과에 있어서는 <그림-1>에서 보는 바와 같이, 향후 10년 기간동안 발생할 이익을 8%의 사회적 이자율로 할인한 순현재가치(NPV)의 값이 주요 변수들의 불확실성 수준에 따라 평균 610.6백만 원(최소 -1,135.5백만에서 최대 3,517.8백만 원 범위)으로 나타났음.

단위 : US\$



<그림-1> 순현재가치(NPV)의 분포

○ 또한 주요 변수들의 불확실성 수준에 따라 내부수익률(IRR)은 <그림-2>에서 보는 바와 같이, 평균 18.6%(최소 -18.3%에서 최대 48.0%)로 평가되었음.



<그림-2> 내부수익률(IRR)의 분포

○ 이상과 같이 2005~2006년 기간 동안의 생산기준으로 제주지역 돌돔 외해가 두리양식업의 경제성은 평균 NPV나 IRR의 값을 기준으로 할 경우 다소 높은 것으로 나타났음.

○ 비용부분 중 많은 비중을 차지하고 있는 치어구입비, 사료비, 그리고 인건비 등이 절감되고, 원활한 먹이공급 등으로 인한 양식생물의 성장촉진과 양식기간이 단축된다면 외해가두리양식업의 수익성은 더욱 높아질 수 있을 것으로 분석되었음.

○ 하지만 경제성분석에 있어서 주요 변수들, 특히 생존율, 평균 출하중량, 시장가격 등의 변화에 따라 외해가두리양식업의 경제성 평가결과는 크게 달라질 수 있는 것으로 나타났는데, 만약 향후 생존율이나 특히 시장가격 등이 하락할 경우 외해가두리양식업의 수익성이 크게 저하될 수 있을 것으로 판단됨.

5) 돌돔 외해양식과 연안양식의 경제성 비교 분석³³⁾

(1) 서론

한국에 있어서는 현재 연안가두리양식(inshore aquaculture)에 따른 어장환경오염이 가중되어 어장생산성이 저하되고 있다(Choi and Kim, 2003). 그리고 외국 양식수산물과의 시장경쟁력이 약화됨에 따라 양식업에 대한 구조조정의 필요성

33) Kim and Lipton, A comparison of the economic performance of offshore and inshore aquaculture production systems in Korea, *Aquaculture Economics and Management*, 15(2), 2011. pp. 103-117.

이 크게 대두되고 있는 실정이다(Ok et al., 2006; Kim et al., 2002). 이러한 양식업 구조조정사업의 일환으로 특히 연안가두리양식의 대체 안으로 외해가두리양식(offshore aquaculture)에 대한 정책적 관심이 증가하고 있다. 이는 외해가두리양식의 경우 연안가두리양식에 비해 해양환경에 대한 오염 영향이 다소 적을 것으로 기대되기 때문이다(Kalantzi and Karakassis, 2006). 또한 적조나 태풍 발생 시 수심이 깊은 외해에서 가두리를 침하시킴으로써 생존을 향상 등 안정적인 생산이 가능할 것으로 기대되기 때문이기도 하다(Hoagland et al., 2003; Kite-Powell et al., 2003).

외해가두리양식업의 본격적인 산업화를 위해서는 무엇보다 기술적 요인, 제도적 요인, 해양환경적 요인, 그리고 사회경제적인 요인 등에 대한 검토가 신중히 행해져야 한다. 이 중에서 경제적인 요인의 경우 사업투자평가를 통해 수익사업으로서의 타당성 여부를 판단해야 한다. 특히 외해가두리양식의 경우 앞서 언급한 바와 같이, 해양환경에 대한 긍정적인 효과가 연안가두리양식에 비해 클 수 있지만, 이러한 기대효과는 높은 투자비용과 운영경비, 그리고 운영상 위험과 불확실성의 경제적 비용에 의해 상쇄될 수 있으므로 사전적인 사업타당성분석은 아주 중요하다. 특히 Knapp(2008)이 외해가두리양식과 연안가두리양식의 장단점 비교를 언급한 바와 같이, 현재 한국 정부와 양식업자들도 외해가두리양식의 높은 투자 및 운영비용과 위험요소들로 인해 기존 연안가두리양식과 비교해서 수익성이 높을 것인지에 대한 관심과 정책적 우려가 제기되고 있다.

이러한 배경 하에서 본 연구는 같은 종을 사육하고 있는 외해가두리양식과 연안가두리양식의 수익성을 비교해 보고자 하였다. 구체적인 분석에 있어서는 우선 2005년부터 한국 제주도에서 돌돔(*Oplegnathus fasciatus*)을 대상으로 한 외해가두리 시범사업으로부터 도출된 자료를 활용하여 외해가두리양식의 수익성을 분석하였다.³⁴⁾ 그리고 외해가두리양식과 동일한 규모로 같은 종을 사육하고 있는 여수지역 연안가두리양식의 수익성을 분석하고, 분석 결과를 비교함으로써 외해가두리양식업의 사업타당성을 평가해 보았다.

(2) 방법 및 자료

1. 분석 방법

34) 한국 제주도 돌돔 외해가두리양식 시범사업(6개월 양식)의 제1차 생산결과에 대한 경제성 분석은 이미 Lipton and Kim(2007)에 의해 수행되었다. 본 연구에 있어서는 이후 보다 본격적으로 시범사업이 진행된 제2차 돌돔 양식생산 자료를 이용하여 외해가두리양식의 수익성을 평가하였다.

돌돔을 대상으로 한 외해가두리양식과 연안가두리양식의 경제성 분석에 있어서는 일반적으로 양식업 경제성 분석(Liu and Sumaila, 2007; Fong et al, 2005; Sathiadhas and Najmudeen, 2004; Brown et al., 2002; Goode et al., 2002; Adams et al., 2001 등)에서 널리 적용되고 있는 개별 양식기업의 재무적 타당성(financial feasibility) 평가를 중심으로 하였다. 즉, 각 양식방법별로 수집된 자료를 바탕으로 양식기간 동안의 양식수입과 비용을 계산하고, 향후 10년 기간동안의 현금흐름(cash flow)에 대한 net present value(NPV)를 계산함으로써 각 양식방법별 수익성을 평가하고 비교하였다.

하지만 양식방법별로 확정적인 변수들로만 경제성을 추정할 경우 각 변수의 변화에 따른 불확실성을 고려할 수 없게 된다. 그 결과 추정된 분석결과가 정확한 현실적 의미를 가지기 어렵게 될 수 있다. 이에 따라 본 연구에서는 이러한 불확실성을 최대한 고려하기 위해 Jin(2008), Kazmierczak and Soto(2001), Valderrama and Engle(2001), and Zucker and Anderson(1999) 등에서 사용된 방법과 같이, 몬테카를로(Monte Carlo) 시뮬레이션 기법을 이용하여 주요 변수들을 확률 변수화하고, 수집된 자료를 바탕으로 각 변수의 최대치와 최소치를 범위로 설정하여 분석함으로써 보다 현실적인 분석결과가 도출될 수 있도록 하였다. 그리고 이를 바탕으로 각 양식방법별 수익성 평가지표인 NPV, 매출액이익율(return on sale), kg당 생산비 등을 추정하고, 비교해 보았다. 또한 Baseline model에 대한 주요 변수별 민감도 분석을 추가적으로 실시하여 각 양식방법 하에서의 수익성 변화를 추정하고, 서로 비교해 보았다. 민감도 분석에 있어서는 다른 외해가두리양식 경제성 연구(Jin, 2008; Kam et al, 2003)에서 가정되었던 변수들을 고려하여 생존율, 출하중량, 시장가격, 그리고 생산비 중에서 가장 많은 비중을 차지하는 사료비와 종묘비를 주요 변수로 하였다.

2. 분석 자료

(1) 돌돔 외해가두리양식

한국 외해가두리양식 시범사업은 2005년부터 국가연구소와 민간기업이 공동으로 참여하여 제주도 표선지역에서 행해지고 있다. 정부에서 표선지역 3.5km 해역에 대한 3년간(2005.05~2008.05) 시범사업 면허를 허가하였고, 미국으로부터 외해가두리시설(Seastation 3000TM)을 도입하여 운용해 오고 있다. 양식대상종으로는 돌돔(*Oplegnathus fasciatus*)이 선정되어 입식·사육되고 있는데, 이는 기존

양식대상종(bastard halibut, rockfish 등)과 시장경합성을 피할 수 있을 뿐만 아니라 사육성과 시장가치가 비교적 높은 어종으로 기대되었기 때문이다.

시범사업으로부터 수집된 자료에 따르면 2005년 8월 총 400,000마리의 돌돔 치어(5~10g)가 입식되어 2006년 12월까지 약 17개월 사육되었다. 우선 생물학적인 변수로 생존율은 평균 90% 그리고 사료계수(FCR)는 평균 1.35로 나타났다. 생존율의 경우 양식 기간동안 한두 차례 정도의 태풍과 적조 발생이 있었지만 비교적 높은 것으로 평가되어 외해가두리시설이 태풍이나 적조 등에 비교적 안정적인 것으로 나타났다. 또한 연안가두리양식에서와 같이 질병(Irido virus 등)이 발생하지 않아 높은 생존율이 유지될 수 있었다. 양식 기간 이후의 출하중량은 평균 300g로 조사되었고, 이에 대한 시장가격은 평균 US\$20이었다.

양식기간 동안 외해가두리양식업의 생산비용은 <표-1>에서 보는 바와 같다. 총 생산비용은 US\$970,396으로, 이 중에서는 인건비의 비중이 약 35%로 가장 높고, 다음으로 사료비 16.7%, 감가상각비 12.5%, 그리고 치어비(fingerling cost) 12.4%였다. 인건비의 경우 양식시설을 관리하는 다이버들과 사무실 직원의 임금이 포함되었으며, 양식시설의 경영주 3명의 인건비도 기회비용으로 포함되었다. 그리고 외해가두리 양식시설 설치(2개조)를 위한 초기 투자비용은 아래 <표-2>에 정리된 바와 같이, 가두리, 그물, 스쿠버장비 등을 포함하여 총 US\$673,208 소요되었다. 이 중에서는 각종 부속품(예를 들어, anchors, buoys, regular fish nets, harvest/stocking bin, spar, and rims 등)을 포함한 가두리(cages)의 비용이 US\$613,038로, 전체 초기 투자비용의 약 91%로 가장 많다. 각 시설물들의 내용연수는 가두리 및 그물의 경우 평균 8년, 스쿠버 장비 등은 5년, 그리고 차량(트럭)은 10년으로 평가되었다. 그리고 시설물들의 연간 감가상각비는 각각의 총액에 대한 내용연수를 나누는 정액법(straight-line depreciation method)으로 계산되었다(<표-1> 참조).

<표-1> Operating expenses for offshore aquaculture during the farming period

Item description (units)	Cost (US\$/unit)	Total (US\$)	% of total
Fingerlings (piece)	0.3	120,000	12.4
Feed (kg)	1.1	161,838	16.7
Electricity (monthly)	90	1,530	0.2
Fuel (monthly)	850	14,450	1.5
Repair/maintenance (monthly)	2,000	34,000	3.5
Full-time labor (mo/person)	2,200	336,600	34.7
Part-time labor		15,385	1.6
Supplies and others (monthly)	6,000	102,000	10.5
Insurance (monthly)	200	3,400	0.4
Depreciation		121,056	12.5
Accounting and legal fee (monthly)	100	1,700	0.2
Lease rent		58,438	6.0
Total		970,396	100.0

<표-2> Initial capital outlay and annual depreciation cost for offshore culture

Item	Useful life (yr)	Unit cost (US\$)	Quantity	Cost (US\$)	% of outlay	Annual cost (US\$)
Cages	8	306,519	2	613,038	91.1	76,630
Nursery nets	8	8,085	2	16,170	2.4	2,021
Warehouse	5	4,000	1	4,000	0.6	800
Scuba gear	5	20,000	1	20,000	3.0	4,000
Truck	10	20,000	1	20,000	3.0	2,000
Total		358,604		673,208	100.0	85,451

(2) 돌돔 연안가두리양식

한국의 돌돔 연안가두리양식은 외해가두리양식 시범사업이 진행 중인 제주지역에서 행해지지 않고 전남 여수지역에서 일부 행해지고 있다. 양식 규모도 현재 외해가두리양식시설의 수면적과 유사한 1ha 내외의 비교적 소규모 양식으로 행해지고 있다. 본 연구에서는 2006년 여수지역 12개 돌돔 연안가두리 양식경영체를 대상으로 조사하여 수집한 자료를 이용하여 수익성 분석을 실시하였다.

여수지역 연안가두리양식에서는 겨울철 월동을 행하기 어렵기 때문에 통상 5월에 돌돔 치어를 입식(ha당 평균 300,000마리)하여 11월까지 약 7개월 정도 사육하고, 12월부터 판매를 시작하는 형태를 띠고 있다. 양식 후 출하중량은 평균 200g로 제주지역 외해가두리양식에 의한 출하중량보다는 적다. 그리고 생존율은 평균 60% 정도로 나타났는데, 특히 이리도 바이러스(Irido virus) 질병에 의한 폐사로 인하여 양식장(farms)마다 생존율에 큰 차이(최소 30%에서 최대 83%)를 보였다. 사료계수(FCR)는 평균 1.8로 분석되어 외해가두리양식에서보다 약간 높았으며, 시장가격은 200g 기준 평균 US\$10으로 외해가두리양식에서의 300g 기준 US\$20의 절반 수준이었다.

양식기간 동안 돌돔 연안가두리 양식업의 총 생산비용은 US\$301,495로 조사되었다. 생산비용 중에서는 사료비가 약 39% 정도로 가장 많은 것으로 나타났으며, 다음으로 치어비 약 30% 그리고 인건비가 16.6% 수준이었다. 인건비의 경우 양식 기간동안 평균 3명 정도를 고용하여 월 임금을 지불하고, 출하 무렵에 일부 보너스를 지급하는 형태를 취하고 있다. 그리고 인건비에는 경영주 1명의 인건비도 기회비용으로 포함되었다. 외해가두리양식과 비교하여 연안가두리양식에서는 수리비 등이 훨씬 적게 드는 반면, 바이러스 질병예방을 위한 약품비가 추가적으로 소요되는 것으로 나타났다(<표-3> 참조).

연안가두리 양식시설 설치(8m×8m, 32 cages)를 위한 초기 투자비용(initial investment cost)은 아래 <표-4>에 정리된 바와 같이, 총 US\$159,705로 나타나 외해가두리양식 시설투자비에 비해 약 1/5 수준이다. 초기 투자비용 중에는 가두리의 비용이 US\$48,000으로, 전체 투자비용의 30%를 차지하고 있으며, 다음으로 양식어선(18.8%), 작업장 건물(15.6%), 그리고 그물(15.0%) 순이었다. 각 시설물들의 내용연수는 가두리, 작업장 건물, 작업대 등의 경우 10년, 전기시설 및 어선의 경우 20년, 그리고 그물은 약 6년으로 평가되었다. 시설물들의 연간 감가상각비는 외해가두리양식의 분석에서와 마찬가지로 정액법을 이용하여 계산되었다.

<표-3> Operating expenses for onshore aquaculture during the farming period

Item description (units)	Cost (US\$/unit)	Total (US\$)	% of total
Fingerlings (piece)	0.3	90,000	29.9
Feed (kg)	1.8	116,640	38.7
Electricity (monthly)	40	280	0.1
Fuel (monthly)	500	3,500	1.2
Repair/maintenance (monthly)	1,000	7,000	2.3
Full-time labor (mo/person)	1,500	50,000	16.6
Supplies and others (monthly)	2,000	14,000	4.6
Drugs (yr)	4,000	4,000	1.3
Depreciation		16,075	5.3
Total		301,495	100.0

<표-4> Initial capital outlay and annual depreciation cost for offshore culture

Item	Useful life (yr)	Unit cost (US\$)	Quantity	Cost (US\$)	% of outlay	Annual cost (US\$)
Cages	10	1,500	32	48,000	30.0	4,800
Nets	6	300	80	24,000	15.0	4,000
Anchors	10	300	30	9,000	5.6	900
Anchor wires	10	300	30	9,000	5.6	900
Electronic facility	20	5,000	1	5,000	3.1	250
Managing office	10	25,000	1	25,000	15.6	2,500
Working table	10	1,500	3	4,500	2.8	450
Vessel (FRP)	20	30,000	1	30,000	18.8	1,500
Net cleaner	10	1,500	1	1,500	0.9	150
Floaters	6	15	250	3,750	2.3	625
Total		65,415		159,750	100.0	16,075

(3) 주요 변수의 확률분포 가정

앞서 언급한 바와 같이, 각 양식방법별 경제성 분석에 있어 불확실성을 최대한 고려하기 위하여 주요 변수에 대한 확률분포를 가정하고 이에 대한 몬테카를로 시뮬레이션 분석을 실시하고자 한다. 특히 연안가두리 양식장들에 대한 조사 결과 주요 변수(예를 들어, 생존율, 출하중량 등)에 대한 차이가 다소 큰 것으로 파악되었다. 따라서 보다 정확한 경제성 분석을 위해서는 이러한 변수들에 대한 차이를 최대한 고려해야 할 것으로 나타났다.

확률분포를 가정할 주요 변수로는 생존율, 사료계수, 출하중량, 그리고 시장가격을 중심으로 하였다. 생산비 부문의 변수에 대해서는 확률분포를 가정하지 않았는데, 이는 외해가두리양식의 경우 한 개 업체로 비용을 다른 업체와 비교할 수 없었기 때문이다. 그리고 연안가두리양식의 경우 생산비용은 거의 비슷한 수준으로 나타나 경제성 분석결과에 큰 영향을 미치지 않을 것으로 기대되었기 때문이다. 하지만 사료비와 치어비에 대한 민감도 분석을 실시하여 이들 비용 변화에 따른 수익성 변화를 고려하였다.

외해가두리양식에 있어서는 사육기간별 주요 생물학적 변수들의 편차와 판매가격의 최소치와 최대치를 고려하여 확률분포의 범위를 설정하였다. 구체적으로 생존율의 경우 평균 90%에서 $\pm 5\%$ 로 가정하였으며, FCR은 평균값 1.35를 중심으로 1.2~1.5, 출하중량은 평균 300g 기준 230g~450g, 그리고 시장가격은 US\$20을 평균으로 최소 US\$15, 최대 US\$25로 설정하였다(<표-5>). 연안가두리 양식에 있어서는 양식장별 편차를 고려하여 주요 변수별 확률분포의 범위를 설정하고, 판매가격의 경우 출하가격의 최소치와 최대치를 고려하여 설정하였다. 구체적으로 생존율의 경우 평균 60%를 중심으로 최소 30%에서 최대 83%까지 넓은 편차를 보였으며, FCR은 평균값 1.8을 중심으로 1.6~2.0, 평균출하중량은 평균 200g를 중심으로 180g~230g, 그리고 시장가격은 US\$10을 평균으로 최소 US\$9, 최대 US\$11로 가정하였다. 그리고 각 변수들에 대한 확률분포형태는 Triangular distribution을 가정하였다. 이는 본 연구에서와 같이 표본수가 적을 경우 Triangular distribution이 측정치를 가장 잘 반영할 수 있기 때문이다 (Valderrama and Engle, 2001; Taha, 1988). 각 양식방법의 Baseline model에서는 Triangular distribution에 <표-5>에서의 각 변수별 평균값을 중심으로 최소값과 최대값을 범위로 설정하였다.

<표-5> Parameter Ranges for Uncertainty Analysis

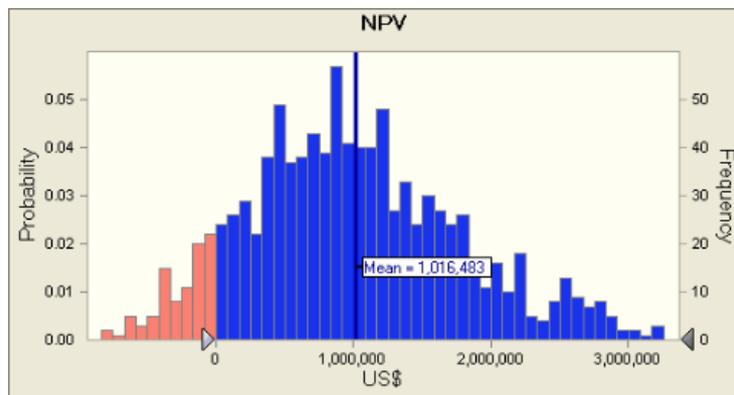
Parameter	외해가두리양식			연안가두리양식		
	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max
Survival Rate (%)	85	90	95	30	60	83
FCR	1.2	1.35	1.5	1.6	1.8	2.0
Average Market Size (g)	230	300	450	180	200	230
Sale Price (US\$)	15	20	25	9	10	11

3) 결과

1. 돌돔 외해가두리양식

(1) Baseline model 결과

불확실성 변수를 고려하여 돌돔 외해가두리양식에 대한 Baseline model 분석 결과, 평균값을 기준으로 볼 때 향후 10년 기간의 수익성은 상당히 높은 것으로 나타났다. 즉, 7.5%의 할인율³⁵⁾로 향후 10년간 현금흐름에 대한 NPV를 계산한 결과 <그림-1>에서 보는 바와 같이, 평균 US \$1,016,483으로 나타났다. 그리고 양식기간에 따른 매출액이익률(return on sale)도 평균 55.1%로 아주 높게 평가되었다.



<그림-1> 돌돔 외해가두리양식 Baseline model의 NPV 결과

35) 한국개발원(Korea Development Institute)의 예비타당성조사 수행을 위한 일반지침(A Guideline for Preliminary Economic Analysis)(2004)에 따라 본 연구에서는 할인율 수준을 7.5%로 가정하였다.

하지만 주요 변수들의 변화에 따라 수익성은 크게 달라질 수 있는 것으로 나타났다. NPV의 경우 평균값을 중심으로 -US\$1,014,241 ~ US\$4,316,307의 범위(NPV가 영(0) 이상일 Certainty Level은 90.8%)를 보임으로써 주요 변수들의 상황이 좋으면 수익성이 크게 향상될 수 있을 것으로 나타났다. 그러나 상황이 악화되면, 즉 생존율, 시장가격, 출하중량이 저하할 경우 수익성(profitability)은 마이너스로도 떨어질 수 있는 것으로 나타났다.

(2) 생존율에 대한 민감도 분석

연안가두리양식과 비교하여 외해가두리양식의 경우 생존율이 아주 높은 것으로 나타났다. 이는 시범사업기간 동안 태풍과 적조의 발생이 있었지만, 그래도 높은 생존율을 보여줌으로써 해양환경 변화에 대한 외해가두리양식의 안정성이 어느 정도 입증되었다고 볼 수 있다. 하지만 연안가두리양식에서 자주 발생하여 폐사를 일으키는 바이러스성 질병은 아직 외해가두리양식에서 발생하지 않았고, 이에 대한 안정성도 시범사업 초기단계에서 아직 검증되지 않은 상태이다. 따라서 바이러스성 질병 등의 발생으로 폐사가 일어날 경우를 가정하여 생존율에 대한 민감도 분석을 실시해 보았다. 분석에서는 현재 연안가두리양식에서의 생존율(30~83%)을 감안하여 두 가지 시나리오를 가정하였다. 시나리오 1은 현재 외해가두리양식에서의 평균 생존율 90%를 중심으로 최소값 30% 그리고 최대값 95%의 범위를 설정하였고, 시나리오 2에서는 평균 83%를 설정하고 최소값 30% 그리고 최대값 90%의 범위로 설정하여 민감도 분석을 실시하였다.

분석 결과, <표-6>에서 보는 바와 같이, 생존율 하락에 따라 외해가두리양식의 수익성은 크게 떨어지는 것으로 나타났다. 시나리오 1의 평균 NPV는 US\$80,548로 Baseline model의 평균 NPV에서 무려 92%나 감소하였다. 이에 따라 Certainty level도 Baseline model의 90.8%에서 51.5%로 감소하였다. 그리고 생존율이 보다 크게 감소한 것으로 가정한 시나리오 2에서의 수익성은 시나리오 1보다 더 크게 감소한 것으로 나타났는데, 평균 NPV는 US\$-147,643으로 마이너스가 되었다.

<표-6> 외해가두리양식의 생존율에 대한 민감도 분석 결과

	NPV (US\$)			
	Min	Mean	Max	CL
시나리오 1	-2,508,145	80,548	3,723,067	51.5%
시나리오 2	-2,515,635	-147,643	2,908,611	42.5%

(3) 출하중량에 대한 민감도 분석

제주지역 외해가두리양식의 경우 여수지역의 연안가두리양식에 비해 월동이 가능하기 때문에 시장가격이 높은 보다 큰 사이즈로 사육이 가능하다. 하지만 시범사업 결과 겨울철 해양환경이 나쁠 경우 먹이공급 등의 문제 등으로 성장이 느린 단점이 있는 것으로 나타났다. 이에 따라 자동먹이공급기를 설치하거나 다이버들의 정기적인 먹이 공급 노력을 통해 출하사이즈를 증대시키는 방안이 강구되고 있다. 출하중량에 대한 민감도 분석에서는 이러한 점을 고려하여 출하중량이 현재 수준에서 10%와 20%씩 증가하는 2가지 시나리오를 가정해 보았다.

분석 결과, 출하중량 증가에 따라 외해가두리양식의 수익성은 크게 향상되는 것으로 나타났다. 시나리오 1의 평균 NPV는 US\$1,512,959로 Baseline model의 평균 NPV에서 약 49%정도 증가하였다. 이에 따라 CL도 Baseline model의 90.8%에서 98.7%로 되었다. 출하중량 증가를 더 크게 가정한 시나리오 2에서의 평균 NPV는 US\$2,012,412로 나타나 Baseline model의 평균 NPV보다 98% 증가되었고, CL도 99.8%로 향상되었다(<표-7>).

<표-7> 외해가두리양식의 출하중량에 대한 민감도 분석 결과

	NPV (US\$)			
	Min	Mean	Max	CL
시나리오 1	-402,389	1,512,959	4,485,906	98.7
시나리오 2	-101,403	2,102,412	5,865,440	99.8

(4) 시장가격에 대한 민감도 분석

향후 돌돔 생산량 증가에 따른 시장가격의 변화 효과를 살펴보기 위하여 시장 가격에 대한 민감도 분석을 실시해 보았다. 민감도 분석에서는 현재 평균 시장 가격 기준으로 -30%~20%의 범위를 설정하고 이에 대한 각각의 효과를 평가하였다. 분석 결과, 시장가격의 변화에 따라 평균 NPV 변화율이 큰 것으로 나타났다. 시장가격이 현재 평균 수준(US\$20)에서 17.5%(US\$16.5) 이하로 감소할 경우 평균 NPV는 마이너스로 되었다. 이에 반해 가격이 현 수준에서 10% 증가할 경우 평균 NPV는 Baseline model에서 약 38% 정도 증가하는 것으로 나타났다. 그리고 만약 시장가격이 20% 증가할 경우에는 평균 NPV가 85% 증가되었고, CL도 100%로 되었다(<표-8>).

<표-8> 외해가두리양식의 시장가격에 대한 민감도 분석 결과

가격변화	NPV (US\$)			
	Min	Mean	Max	CL
US\$14(-30%)	-1,571,832	-670,280	569,495	7.8%
US\$16(-20%)	-1,227,335	-146,233	1,229,830	36.5%
US\$18(-10%)	-923,571	337,666	1,970,144	69.0%
US\$20	-828,482	1,016,483	4,000,911	90.8%
US\$22(10%)	-98,242	1,400,042	3,333,458	99.6%
US\$25(20%)	208,057	1,880,651	3,956,044	100.0%

(5) 사료가격 및 종묘가격에 대한 민감도 분석

외해가두리양식 운영비용에서 많은 비중을 차지하고 있는 사료비(16.7%) 및 종묘비(12.4%)에 대해서 민감도 분석을 실시해 보았다. 특히 사료비의 경우 Shamshak and Anderson(2008), Pike(2005) 등이 지적한 바와 같이, 국제적 수급 문제 등 양식업 경영에 있어 그 중요성이 날로 증대되고 있다. 사료비에 대한 민감도 분석 결과, 사료비가 Baseline model의 평균 가격에서 10% 상승할 경우 평균 NPV는 US\$964,681로, Baseline model의 평균 NPV에서 약 5% 정도 감소하였다. 그리고 kg당 생산비용은 Baseline model의 US\$6.05에서 US\$6.10으로 증가하였다. 만약 사료비가 20% 상승할 경우에는 평균 NPV는 US\$958,753으로,

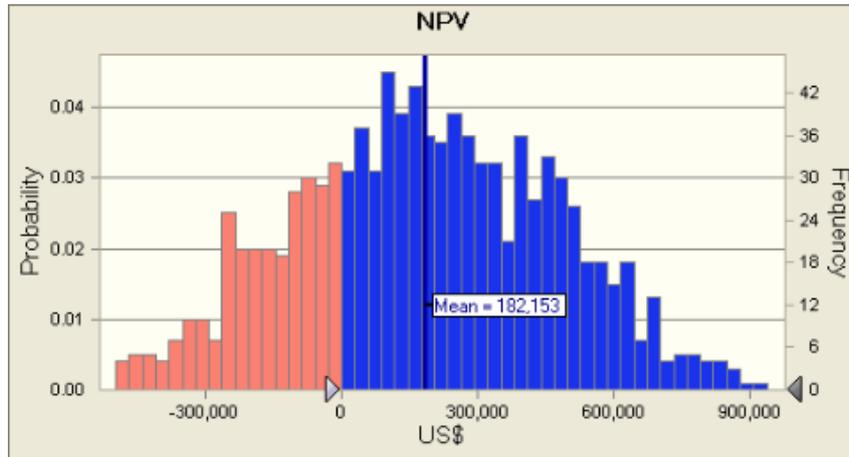
Baseline model에서보다 5.7% 감소하였다. 그리고 생산비용은 US\$6.14/kg으로 증가되었다. 반대로, 사료가격이 10% 감소하게 되면 평균 NPV는 US\$1,102,211로 Baseline model에서 약 8% 정도 증가하고, 생산비용은 US\$6.01/kg로 감소하였다.

다음으로 종묘비에 대한 민감도 분석에 있어서는 종묘비가 10% 증가할 경우 평균 NPV는 Baseline model에서 약 1% 정도 감소하였다. 이에 따라 생산비용은 Baseline model의 US\$6.05/kg에서 US\$6.16/kg으로 증가되었다. 또한 종묘비가 20% 상승하게 되면, 평균 NPV는 US\$967,548로, Baseline model 하에서보다 5% 감소한 반면, 생산비용은 US\$6.27로 4% 증가되었다. 이에 반해, 만약 종묘비가 10% 감소하게 되면 평균 NPV는 US\$1,106,163으로 Baseline model에서 약 9% 정도 증가하였다. 그리고 생산비용은 Baseline model의 US\$6.05에서 US\$5.94로 감소하였다.

2. 돌돔 연안가두리양식

(1) Baseline model 결과

변수별 불확실성을 가정한 돌돔 연안가두리양식의 Baseline model 분석 결과, 7.5%의 할인율로 향후 10년간 현금흐름에 대한 NPV는 <그림-2>에서 보는 바와 같이, 평균 US\$182,153으로 계산되었다. 이를 외해가두리양식의 분석결과와 비교해 보면, 평균 NPV는 약 18%이다. 하지만 주요 변수들의 변화에 따라 수익성(profitability)은 크게 달라질 수 있는 것으로 나타났는데, NPV의 경우 평균값을 중심으로 -US\$499,053~US\$939,607의 넓은 편차를 보임으로써 NPV가 영(0) 이상 될 확률, 즉 CL은 72.5%로 외해가두리양식의 경우(90.8%)보다 훨씬 낮은 것으로 분석되었다. 즉, 생존율, 출하중량, 시장가격이 하락함에 따라 NPV가 마이너스로 될 확률이 훨씬 높다. 그리고 양식기간에 따른 매출액이익률(return on sale)은 평균 16.3%로, 외해가두리양식의 평균 55.1%의 약 30% 수준이었다. 그리고 kg당 평균 양식비용(production cost per kg)은 US\$8.73으로 나타나, 외해가두리양식의 평균 비용(US\$6.1)보다 다소 높았다.



<그림-2> 돌돔 연안가두리양식 Baseline model의 NPV 결과

(2) 생존율에 대한 민감도 분석

돌돔 연안가두리양식에서는 양식장마다 생존율의 편차가 큰 것으로 나타났다. 주로 바이러스성 질병이 발생함에 따라 생존율이 크게 달라지고 있는데, 경우에 따라서는 양식장별로 대량 폐사가 일어나기도 한다. 돌돔 연안가두리양식에 대한 생존율 민감도 분석에 있어서는 생존율 변화에 따른 수익성을 보다 구체적으로 살펴보기 위해 생존율을 10%~90%의 범위로 설정하고, 이에 대한 효과를 분석하였다. 분석 결과, <표-9>에서 보는 바와 같이, 생존율 변화에 따라 수익성에 큰 차이가 있는 것으로 나타났는데, 생존율이 51% 이하가 될 경우 평균 NPV는 마이너스로 되었다. 그리고 생존율이 64% 이상부터 CL은 100%가 되었다.

<표-9> 연안가두리양식의 생존율에 대한 민감도 분석 결과

생존율	NPV (US\$)			
	Min	Mean	Max	CL
10%	-1,017,474	-960,392	-897,584	-
30%	-639,725	-486,972	-306,639	-
50%	-271,552	-12,866	280,137	42.2%
70%	108,188	459,630	913,184	100.0%
90%	468,524	946,245	1,445,299	100.0%

(3) 출하중량에 대한 민감도 분석

돌돔 연안가두리양식에 있어서 출하중량에 대한 민감도 분석에 있어서는 현재 평균 출하중량에서 -10%와 +10%의 각각 2가지 시나리오를 가정해 보았다. 출하중량이 10% 감소한 시나리오 1에서는 평균 NPV가 US\$27,748로 Baseline model의 평균 NPV에 비해 약 85% 감소하였다. 이에 따라 CL도 Baseline model의 72.5%에서 53.8%로 더욱 낮아졌다. 이에 반해, 출하중량이 10% 증가할 것으로 가정한 시나리오 2에서의 평균 NPV는 US\$305,617로, Baseline model에 비해 68% 증가하였다. 그 결과, CL도 80.9%로 증가되어 사업의 안정성이 높아질 수 있을 것으로 분석되었다.

<표-10> 연안가두리양식의 출하중량에 대한 민감도 분석 결과

	NPV (US\$)			
	Min	Mean	Max	CL
시나리오 1	-569,837	27,748	779,291	53.8%
시나리오 2	-481,952	305,617	1,217,155	80.9%

(4) 시장가격에 대한 민감도 분석

돌돔 연안가두리양식의 시장가격에 대한 민감도 분석에서는 향후 시장가격 증감에 따른 수익성 변화를 보다 구체적으로 분석하기 위해 외해가두리양식에서 가정한 범위와 같이 평균 시장가격 기준으로 -30%~20%의 범위로 설정하여 각각의 효과를 살펴보았다. 분석결과, 시장가격 변화에 따른 평균 NPV와 CL의 변화율이 큰 것으로 나타났다(<표-11>). 시장가격이 현재 평균 수준에서 8% 감소한 US\$9.2/kg 이하로 될 경우 평균 NPV는 마이너스로 되었다. 그리고 시장가격이 10% 증가할 경우 평균 NPV는 US\$369,484로 되어, Baseline model의 평균 NPV보다 무려 104% 증가하였다. 또한 시장가격이 현재 평균에서 45% 증가한 US\$14.5 이상일 경우 CL은 100%로 되었다.

<표-11> 연안가두리양식의 시장가격에 대한 민감도 분석 결과

가격변화	NPV (US\$)			
	Min	Mean	Max	CL
US\$7(-30%)	-832,552	-441,685	-38,563	-
US\$8(-20%)	-711,047	-227,391	302,981	11.5
US\$9(-10%)	-615,409	-15,272	613,040	48.7%
US\$10	-499,052	182,153	939,607	72.5%
US\$11(10%)	-374,319	369,484	1,150,921	87.4%
US\$12(20%)	-322,516	566,158	1,541,305	94.1%

(5) 사료가격 및 종묘가격에 대한 민감도 분석

돌돔 연안가두리양식의 생산비용 중에서는 사료비와 종묘비가 각각 38.7%와 29.9%로 가장 많은 비중을 차지하고 있다. 이에 따라 이들 비용에 대한 향후 변화는 연안가두리양식의 수익성에 크게 영향을 미칠 것으로 예상된다. 이를 고려하기 위한 민감도 분석 결과, 우선 사료비가 10% 증가하게 되면, 평균 NPV는 US \$ 110,584로 Baseline model의 평균 NPV보다 약 39% 정도 감소되었다. 그리고 생산비용은 Baseline model의 US \$ 8.73/kg에서 US \$ 9.05/kg으로 증가되었다. 하지만 사료비가 10% 감소하게 되면 평균 NPV는 US \$ 219,620으로 Baseline model에서보다 21% 증가하였다. 그리고 kg당 생산비용도 Baseline model의 US \$ 8.73에서 US \$ 8.4로 감소하였다.

종묘비에 대한 민감도 분석에 있어서는 종묘비가 10% 증가할 경우 평균 NPV

는 US \$ 127,424로, Baseline model의 평균 NPV에서 30% 감소하였다. 그리고 생산비용은 US \$ 8.73/kg에서 US \$ 8.98/kg으로 증가되었다. 하지만 종묘비가 10% 감소하게 되면 평균 NPV는 US \$229,506으로 Baseline model 하에서보다 26% 증가하였다. 그리고 생산비용은 US \$ 8.73/kg에서 US \$ 8.48/kg으로 감소되었다.

4) 요약 및 결론

주요 변수에 대한 불확실성을 고려하여 돌돔 외해가두리양식과 연안가두리양식에 대한 수익성을 분석하고 비교한 결과, 7.5%의 할인율로 향후 10년간 현금흐름에 대한 NPV는 외해가두리양식과 연안가두리양식에서 각각 US\$1,016,483(CL=90.8%)과 US\$182,153(CL=72.5%)으로 나타나 외해가두리양식에서 훨씬 높았다. 그리고 양식기간별 매출액이익률에 있어서도 외해가두리양식(17개월)의 경우 평균 55.1%로 나타난 반면, 연안가두리양식(7개월)에서는 16.3%로 외해가두리양식에서 높았다. kg당 생산비용에 있어서는 외해가두리양식의 경우 US\$6.1인 반면, 연안가두리양식에서는 US\$8.73으로 외해가두리양식에 비해 43%(US\$2.63) 정도 높은 것으로 분석되었다.

두 양식방법에 있어서는 생존율에 큰 차이가 있었는데, 외해가두리양식의 경우 태풍과 적조가 발생했음에도 불구하고, 평균 90%의 비교적 높은 생존율을 유지하였다. 이에 반해 연안가두리양식에서는 바이러스성 질병으로 인한 폐사가 자주 발생하여 양식장별로 생존율에 큰 차이(30~83%)를 보였다. 외해가두리양식에 있어 연안가두리양식의 생존율을 가정하여 민감도분석을 실시한 결과, 생존율이 낮아짐에 따라 수익성은 크게 감소하였다. 그리고 연안가두리양식에 있어 생존율 변화에 대한 민감도 분석에서는 생존율이 51% 이하가 될 경우 평균 NPV는 마이너스로 되었다.

두 양식방법에 대한 시장가격의 민감도 분석에서는 출하사이즈 차이에 따른 시장가격의 차이가 있었지만, 향후 생산량 증가 등에 따라 시장가격이 하락할 경우 두 양식방법에서 모두 수익성이 크게 감소하였다. 외해가두리양식의 경우 시장가격이 현 수준에서 17.5% 이하로 감소할 경우 평균 NPV는 마이너스로 되었고, 연안가두리양식에서는 시장가격이 8% 정도만 하락해도 평균 NPV는 마이너스로 되어 수익성이 없게 된다.

사료비와 종묘비에 대한 민감도 분석에 있어서는 향후 국제 곡물가격 증대 등으로 사료비가 10% 증가할 경우 외해가두리양식의 생산비용은 kg당 US\$6.05에

서 US\$6.10으로 증가하였고, 평균 NPV는 약 5% 감소하였다. 이에 비해, 연안가두리양식에서의 생산비용은 US\$8.73에서 US\$9.05로 증가하였고, 평균 NPV는 무려 39%나 감소하여 사료비 변화에 대한 연안가두리양식의 영향이 보다 큼을 알 수 있었다. 종묘비에 있어서도 향후 생산증가에 따른 종묘비가 10% 상승할 경우 외해가두리양식의 생산비용은 US\$6.05/kg에서 US\$6.16/kg으로 증가하였고, 평균 NPV는 약 1% 감소하였다. 이에 반해 연안가두리양식에서의 생산비용은 US\$8.73에서 US\$8.98로 증가하고, 평균 NPV는 30%가 감소하여 종묘비 변화에 따른 연안가두리양식의 수익성 변화가 큰 것으로 나타났다.

평균 NPV 기준으로 외해가두리양식의 수익성이 연안가두리양식보다 훨씬 큰 것으로 나타났다. 하지만, 투자비용이나 운영경비 등에 있어 차이가 크기 때문에 단순히 평균 NPV로만 비교하는 것에 무리가 있을 수 있다. 이에 따라 수익성지수법(profitability index method)을 이용하여 각 양식방법 하에서 평균 편익-비용 비율(benefit/cost ratio)을 구해보면, 외해가두리양식은 1.210인 반면, 연안가두리양식은 1.115로 나타나 외해가두리양식의 수익성이 보다 큰 것으로 나타났다. 이러한 수익성 측면 외에도 연안가두리의 경우 바이러스성 질병 등으로 인한 폐사의 위험이 크기 때문에 이에 따라 경영의 안정성을 유지하는 것이 다소 어렵다. 그리고 가격의 변화나 생산요소들의 비용변화에도 보다 민감하게 반응하여 안정적인 생산과 경영을 유지하는 것이 외해가두리양식보다는 어려울 것으로 예상된다.

외해가두리양식의 경우, 아직 시범사업단계이지만, 태풍이나 적조 등의 발생에도 불구하고 비교적 높은 생존율을 유지할 수 있는 장점이 있고, 매출이익률 등의 수익성이 높게 나타났다. 하지만 Baseline model과 민감도 분석에서 살펴본 바와 같이, 향후 생산량 증가 등에 따라 시장가격이 하락할 경우 수익성은 크게 저하될 수 있다. 그리고 향후 잠재적인 바이러스 질병 발생에 따라 폐사율이 증가할 경우에도 수익성은 크게 낮아질 수 있으므로 완전히 안정적이라고 말하기는 아직 어려운 실정이다. 향후 시장가격이나 생산비의 변화, 그리고 질병발생 등에 따른 수익성 변화에 대해서는 점진적으로 관찰해 가야할 것으로 생각된다.

그리고 현재 제주도 지역은 한국에서 유일하게 월동이 가능한 양식의 최적지이다. 따라서 본 연구에서 분석한 외해가두리양식의 수익성 결과를 다른 지역으로 확대하여 일반화하기에는 무리가 있다. 다른 지역에 대한 외해가두리양식의 전개에 있어서는 지역적 특성과 대상어종 등에 따른 수익성 분석이 새로이 요구된다.

6) 참돔 양식의 경제성 분석³⁶⁾

(1) 서론

최근 한국에 있어서는 연안가두리양식(inshore aquaculture)에 따른 어장환경오염 문제와 외국 양식수산물과의 시장경쟁력 약화에 따라 양식업에 대한 구조조정의 필요성이 정책적으로 크게 제기되어 오고 있다(MIFAFF, 2010). 이러한 양식업 구조조정사업의 일환으로 특히 외해가두리양식(offshore aquaculture)에 대한 정책적 관심이 증가하고 있다. 이는 외해가두리양식의 경우 연안가두리양식에 비해 해양환경에 대한 오염 영향이 다소 적을 것으로 기대되고, 적조나 태풍 발생 시 수심이 깊은 외해에서 가두리를 침하시킴으로써 생존율 향상 등 안정적인 생산이 가능할 것으로 기대되기 때문이다(Hoagland et al., 2003; Kalantzi and Karakassis, 2006; Kite-Powell et al., 2003; Knapp, 2008).

한국의 외해가두리양식은 2005년부터 시범사업으로 시도되었는데, 이 시범사업에는 국가연구소와 민간기업이 공동으로 참여하여 제주도 표선지역에서 행해졌다. 한국 정부에서 제주도 표선지역 3.5km 해역에 3년간(2005.05~2008.05) 시범사업 면허를 허가하였고, 미국으로부터 외해가두리시설(Seastation 3000TM)을 도입하여 운용해 오고 있다. 초기 양식대상종으로는 돌돔(*Oplegnathus fasciatus*)이 선정되어 입식·사육되었는데, 최근에는 참돔, 넙치 등에 대한 양식생산이 이루어지고 있으며, 향후에는 참다랑어 양식까지도 고려되고 있다.

외해가두리양식의 본격적인 산업화를 위해서는 다양한 요인 등에 대한 검토가 행해져야 하지만 사업투자평가를 통해 수익사업으로서의 타당성 여부는 중요한 요인 중의 하나이다. 이는 외해가두리양식의 경우 해양환경에 대한 긍정적인 효과가 연안가두리양식에 비해 클 수 있지만, 이러한 기대효과는 높은 투자비용과 운영경비, 그리고 운영상 위험과 불확실성의 경제적 비용에 의해 상쇄될 수 있기 때문에 하나의 산업으로서 그리고 경쟁력 있는(economically viable) 양식기업의 육성을 위해서는 사업적 타당성에 대한 분석이 아주 중요하다.

외해가두리양식의 경제성분석에 대한 선행연구는 제한적이지만, Jin et al(2005)과 Kam et al(2003)이 각각 미국의 뉴잉글랜드 Atlantic cod(*Gadus morhua*)와 하와이 Pacific threadfin(*Polydactylus sexfilis*) 외해가두리양식에 대한 경제적 타당성을 분석하였다. 그리고 국내 연구로는 Lipton and Kim(2007)이 돌돔 외해가

36) Kim et al., Analyzing the economic performance of the red sea bream *Pagrus major* offshore aquaculture production system in Korea, Fisheries Science, 78(6), 2012. pp. 1337-1342.

두리양식 시범사업에 대한 경제성 분석을 행했으며, 또한 Kim and Lipton(2011)은 돌돔을 대상으로 한 외해가두리양식과 연안가두리양식의 경제성을 비교 분석하였다. 본 연구에서는 향후 외해가두리양식 주요 대상종으로 대두되고 있는 Red sea bream(Pagrus major)을 대상으로 2006년 12월부터 2009년 3월 기간 동안 제주도 외해가두리 양식생산에서 도출된 생물학적 자료와 양식비용 및 시장 자료를 이용하여 경제적 효과를 분석해 보았다.

(2) 방법 및 자료

1. 분석 방법

참돔을 대상으로 한 외해가두리양식의 경제성 분석에 있어서는 일반적으로 양식업 경제성 분석(Brown et al., 2002; Goode et al., 2002; Lipton and Kim, 2007; Liu and Sumaila, 2007; Sathiadhas and Najmudeen, 2004)에서 널리 적용되고 있는 개별 양식기업의 재무적 타당성(financial feasibility) 평가를 중심으로 하였다. 즉, 수집된 자료를 바탕으로 양식기간 동안의 양식수입과 비용을 계산하고, 향후 10년 기간 동안의 현금유입액(cash inflow, CI)과 현금유출액(cash outflow, CO)에 대한 식 (1)의 Net Present Value(NPV)와 식 (2)의 Internal Rate of Return(IRR)을 추정함으로써 참돔 외해가두리양식의 경제적 타당성을 평가하였다.

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

(1)

여기서, k 는 할인율(discount rate)을 의미한다.

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

(2)

여기서, r 은 현금유입액과 현금유출액의 현재가치 합계액을 일치시켜주는 할인율로서, 내부수익률(IRR)을 의미한다.

선행연구에서는 양식생산 조건 및 시장환경의 변화 등 불확실성을 최대한 고려

하기 위해 몬테카를로(Monte Carlo) 시뮬레이션 기법을 이용하여 수집된 자료를 바탕으로 주요 변수의 최대치와 최소치를 범위로 설정하여 분석함으로써 보다 현실적인 분석결과가 도출될 수 있도록 하였다(Jin et al, 2005; Kazmierczak and Soto, 2001; Lipton and Kim, 2007; Zucker and Anderson, 1999). 하지만 참돔 외해가두리양식이 처음으로 시도되었고, 한번의 양식생산 주기에 의해 도출된 자료를 사용하는 본 연구의 특성상 주요 변수를 확률변수로 가정하고, 시뮬레이션 기법을 적용하는 것이 불가능하였다. 따라서 본 연구에서는 수집된 자료를 바탕으로 한 Baseline model을 우선 분석하고, 주요 변수별 민감도 분석을 통해 양식생산 조건 및 시장환경의 변화 등 불확실성을 고려한 참돔 외해가두리양식의 수익성 변화를 추정하였다. 민감도 분석에 있어서는 선행연구에서 가정되었던 변수들을 고려하면서 생존율, 사료계수, 출하중량, 시장가격, 사료비 및 종묘비 등을 주요 변수로 하였다.

2. 분석 자료

참돔 외해가두리양식에서는 2006년 12월 외해가두리 수조 1개(a 3000-m³ biconical sea cage)에 총 150,000마리의 참돔 치어가 입식되어 2009년 3월까지 약 27개월 동안 사육되었다. 양식생산 결과, 생물학적인 변수로 생존율은 평균 90% 그리고 사료계수(FCR)는 1.23으로 조사되어 연안가두리양식의 평균 생존율 60~80% 수준보다 높은 것으로 나타났다. 양식기간 이후의 출하중량은 평균 1.2kg으로 조사되었고, 출하된 참돔의 시장가격은 kg당 평균 US \$ 8.93이었다.

양식기간 동안 참돔 외해가두리양식의 생산비용은 <표-1>에서 보는 바와 같다. 총 생산비용은 US \$ 921,719로, 이 중에서는 고정인부와 임시인부의 인건비를 합한 인건비의 비중이 약 36.6%로 가장 높고, 다음으로 사료비 22.1%, 치어비(fingerling cost) 14.5% 그리고 감가상각비 11% 순으로 나타났다. 고정인건비의 경우 사료 급이와 양식시설을 관리하는 다이버들과 사무실 직원의 임금이 포함되었으며, 경영주 2명의 인건비도 기회비용으로 포함되었다. 그리고 임시인건비에는 초기 참돔 입식과 출하 그리고 가두리 수리 시 고용된 인부들의 인건비가 포함되어 있다.

외해가두리 양식시설 설치(1개조)를 위한 초기 투자비용은 아래 <표-2>에 정리된 바와 같이, 가두리, 그물, 스쿠버장비 등을 포함하여 총 US\$359,554 소요되었다. 이 중에서는 각종 부속품(예를 들어, anchors, buoys, regular fish nets, harvest/stocking bin, spar, and rims 등)을 포함한 가두리(cages)의 비용이

US\$310,921로, 전체 초기 투자비용의 약 87%로 가장 많은 비중을 차지하고 있다. 각 시설물들의 내용연수는 가두리 및 그물의 경우 평균 8년, 스쿠버 장비 등은 5년, 그리고 차량(트럭)은 10년으로 가정하였다. 그리고 시설물들의 연간 감가상각비는 각각의 총액에 대한 내용연수를 나누는 정액법(straight-line depreciation method)으로 계산되었다.

<표-1> Operating expenses for offshore aquaculture during the farming period

Item description (units)	Cost (US\$/unit)	Total (US\$)	% of total
Fingerlings (piece)	0.89	133,929	14.5
Feed (kg)	1.18	203,569	22.1
Electricity (monthly)	134	3,616	0.4
Fuel (monthly)	446.4	12,054	1.3
Repair/maintenance (monthly)	744.1	20,089	2.2
Full-time labor (mo/person)	2,232	313,393	34.0
Part-time labor		24,107	2.6
Supplies and others (monthly)	558.04	15,067	1.7
Insurance (monthly)	1,339.3	36,161	3.9
Depreciation (annually)	45,101	101,476	11.0
Lease rent (annually)	25,893	58,259	6.3
Total		921,719	100.0

<표-2> Initial capital outlay and annual depreciation cost

Item	Useful life (yr)	Unit cost (US\$)	Quantity	Cost (US\$)	% of outlay	Annual cost (US\$)
Cages	8	310,921	1	310,921	86.5	38,865
Nursery nets	8	22,741	1	22,741	6.3	2,843
Warehouse	5	3,571	1	3,571	1.0	714
Scuba gear	5	4,464	1	4,464	1.2	893
Truck	10	17,857	1	17,857	5.0	1,786
Total		359,554		359,554	100.0	45,101

(3) 결과

1. Baseline model 결과

돌돔 외해가두리양식에 대한 Baseline model 분석 결과, 양식기간에 따른 매출액이익률(return on sale)은 평균 34.1%로 높게 평가되었다. 그리고 양식생산에 따른 장기적 수익성 역시 양호한 것으로 나타났는데, 다양한 기준의 할인율로 향후 10년간 현금흐름에 대한 NPV와 IRR을 계산한 결과는 <표-3>에서 보는 바와 같다. 참돔 외해가두리양식의 IRR은 18.1%로 나타났는데, 이는 수익성이 높은 것으로 평가된 돌돔 외해가두리양식의 IRR 값 18%~20%(Lipton and Kim, 2007)과 비슷하고, 넙치 육상수조식양식의 IRR 값 11%(Hwang and Kim, 2009)보다도 상당히 높은 것으로 분석되었다. NPV 역시 할인율을 4% 기준으로 할 경우 US\$659,522로 높게 나타났다. 그리고 할인율이 증가할수록 NPV는 감소하는 것으로 분석되었다.

<표-3> Results of the baseline model

	Discount rate				
	2%	4%	6%	8%	10%
NPV (US\$)	836,880	659,522	511,558	387,550	283,190
IRR (%)	18.1				

2. 생존율에 대한 민감도 분석

양식생산으로부터 도출된 참돔 외해가두리양식의 생존율은 90%로 연안 가두리양식에 비해 아주 높은 것으로 나타났다. 이는 시범사업기간 동안 크고 작은 태풍이 있었지만, 그래도 높은 생존율을 보여줌으로써 해양환경 변화에 대한 외해가두리양식의 안정성이 어느 정도 입증되었다고 볼 수 있다. 하지만 연안가두리양식에서 자주 발생하여 폐사를 일으키는 바이러스성 질병은 아직 외해가두리양식에서 발생하지 않았고, 이에 대한 안정성도 양식사업 초기단계에서 아직 검증되지 않은 상태이다. 분석에서는 현재 참돔 연안가두리양식에서의 평균 생존율(60~80%)을 감안하여 생존율을 최소 60%에서 최대 95%의 범위로 설정하여 민

감도 분석을 실시하였다.

분석 결과, <표-4>에서 보는 바와 같이, 생존율 하락에 따라 참돔 외해가두리양식의 수익성은 크게 떨어지는 것으로 나타났다. 특히 생존율이 70% 미만으로 하락할 경우 참돔 외해가두리양식의 NPV와 IRR은 마이너스(-)가 되어 수익성이 없는 것으로 나타났다. 반대로 생존율이 향상될 경우 수익성은 크게 높아지는 것으로 나타났는데, 현재 90% 수준보다 생존율이 95% 수준으로 향상될 경우 NPV는 US\$805,212 그리고 IRR은 20.9%로 증가할 것으로 추정되었다.

<표-4> 생존율에 대한 민감도 분석 결과

생존율	NPV (US\$)	IRR (%)
60%	-214,621	-
70%	76,760	5.7
80%	368,141	12.2
90%	659,522	18.1
95%	805,212	20.9

3. 사료계수에 대한 민감도 분석

참돔 외해가두리양식에서 사료는 참돔용 배합사료를 공급하고 있고, 양식생산 결과 사료계수(FCR)는 1.23으로 상당히 양호한 것으로 분석되었다. 향후 외해가두리양식의 생산 및 경영안정을 위해서는 사료값을 줄이고, 보다 친환경적인 급이를 위한 효율적인 사료 공급방안이 마련되어야 한다. 분석에서는 현재 참돔 외해가두리양식에서의 평균 사료계수를 중심으로 -30%~+30%의 범위로 설정하여 민감도 분석을 실시하였다.

분석 결과, <표-5>에서 보는 바와 같이, 사료계수 감소에 따라 참돔 외해가두리양식의 수익성은 크게 증대되는 것으로 나타났다. 반대로 사료계수가 증가할 경우 사료소비량이 증가하고 이에 따른 생산비용 증가로 인해 수익성은 감소하는 것으로 나타났는데, 만약 현재 수준보다 사료계수가 30% 증가할 경우 NPV는 US\$414,658로 현 수준 NPV보다 약 37% 감소하는 것으로 분석되었다.

<표-5> 사료계수에 대한 민감도 분석 결과

사료계수(FCR)	NPV (US\$)	IRR (%)
0.86(-30%)	904,386	22.8
0.98(-20%)	824,971	21.3
1.11(-10%)	738,937	19.7
1.23	659,522	18.1
1.35(10%)	580,107	16.5
1.48(20%)	494,073	14.8
1.60(30%)	414,658	13.2

4. 출하중량에 대한 민감도 분석

제주지역 외해가두리양식의 경우 양식생산 결과 겨울철 해양환경이 나쁠 경우 먹이공급 등의 문제(다이버들이 직접 사료를 공급하는데 해양환경이 나쁠 경우 주기적인 공급이 불가능) 등으로 성장이 다소 느린 단점이 있을 것으로 우려되고 있다. 이에 따라 자동먹이공급기를 설치하거나 다이버들의 정기적인 먹이 공급 노력을 통해 출하중량을 증대시키는 방안이 강구되고 있다. 출하중량에 대한 민감도 분석에서는 현재와 같은 문제점을 고려하여 출하중량을 현재 수준에서 -20%~+20%의 범위로 설정하였다.

분석 결과, 출하중량에 따른 수익성 변화는 큰 것으로 나타났는데, 특히 출하중량이 감소할 경우 참돔 외해가두리양식의 수익성은 크게 줄어드는 것으로 나타났다. 예를 들어, 출하중량이 10% 감소할 경우 NPV는 무려 약 40% 정도 감소하는 것으로 분석되었다. 반대로 출하중량이 증가할 경우 수익성은 크게 개선되는 것으로 나타났는데, 출하중량이 10% 증가할 경우 10% 감소 시와 마찬가지로 NPV는 약 40% 정도 증대되는 것으로 추정되었다. 따라서 주기적인 먹이 공급과 사육 관리를 통해 출하중량을 증대시킬 수 있다면 참돔 외해가두리양식의 수익성은 크게 개선될 수 있을 것으로 전망된다.

<표-6> 출하중량에 대한 민감도 분석 결과

출하중량(kg)	NPV (US\$)	IRR (%)
0.96(-20%)	135,036	7.1
1.08(-10%)	397,279	12.8
1.20	659,522	18.1
1.32(10%)	921,765	23.0
1.44(20%)	1,184,008	27.5

5. 시장가격에 대한 민감도 분석

향후 참돔 외해가두리양식 생산량 증가에 따른 시장가격의 변화 효과를 살펴보기 위하여 시장가격에 대한 민감도 분석을 실시해 보았다. 민감도 분석에서는 현재 평균 시장가격(US\$8.93) 기준으로 -30%~30%의 범위를 설정하고, 시장가격 변화에 따른 수익성 변화를 평가하였다.

분석 결과, 시장가격의 변화에 따라 NPV의 변화율이 큰 것으로 나타났는데, 시장가격이 하락할수록 수익성은 저하하는 것으로 나타났다. 특히 참돔의 kg당 가격이 US\$7.54 이하로 되면 NPV는 마이너스(-)가 되어 수익성이 없는 것으로 분석되었다. 이에 반해 시장가격이 10% 증가할 경우 NPV는 약 65% 증가하는 것으로 나타났고, 시장가격이 20% 증가할 경우에는 NPV가 약 129%나 증가하는 것으로 나타나 시장가격 상승으로 인한 수익성 증대효과가 큰 것으로 분석되었다.

<표-7> 시장가격에 대한 민감도 분석 결과

시장가격	NPV (US\$)	IRR (%)
US\$6.25(-30%)	-615,698	-
US\$7.14(-20%)	-190,625	-
US\$8.04(-10%)	234,449	9.7
US\$8.93	659,522	18.1
US\$9.82(10%)	1,084,595	25.0
US\$10.72(20%)	1,509,660	31.0
US\$11.61(30%)	1,934,742	36.4

6. 사료가격 및 치어가격에 대한 민감도 분석

참돔 외해가두리양식 운영비용에서 많은 비중을 차지하고 있는 사료비(22.1%) 및 종묘비(14.5%)에 대해서 민감도 분석을 실시하였다. 특히 사료비의 경우 국제적 수급문제 및 원재료 가격의 상승 등 양식업 경영에 있어 그 중요성이 날로 증대되고 있다. 사료비에 대한 민감도 분석 결과, 사료비가 상승하면 참돔 외해가두리양식의 수익성은 감소하는 것으로 나타났는데, Baseline model의 사료가격에서 10% 상승할 경우 NPV는 US\$578,121로, 약 12% 정도 감소하고, 20% 상승할 경우에는 NPV가 약 25% 감소하는 것으로 분석되었다. 반대로 사료가격이 감소하면 수익성은 증대되는 것으로 나타났는데, 사료가격이 10% 감소하게 되면 NPV는 약 12% 정도 증가하고, 20% 그리고 30% 감소할 경우에는 NPV가 각각 25%와 37%씩 증가하는 것으로 나타났다.

다음으로 치어가격에 대한 민감도 분석에 있어서는 치어비가 상승하면 참돔 외해가두리양식의 수익성은 감소하는 것으로 나타났는데, Baseline model의 사료가격에서 10% 상승할 경우 NPV는 US\$615,321로, 6.7% 정도 감소하고, 20% 상승할 경우에는 NPV가 13.4% 감소하는 것으로 분석되었다. 반대로 치어비가 감소하면 수익성은 증대되는 것으로 나타났는데, 치어가격이 10% 감소하게 되면 NPV는 약 7% 정도 증가하고, 치어가격이 20% 그리고 30% 감소할 경우에는 NPV가 각각 13%와 20%씩 증가하는 것으로 나타났다.

<표-8> 사료가격에 대한 민감도 분석 결과

사료가격	NPV (US\$)	IRR (%)
US\$0.83(-30%)	903,725	22.8
US\$0.94(-20%)	822,324	21.3
US\$1.06(-10%)	740,923	19.7
US\$1.18	659,522	18.1
US\$1.30(10%)	578,121	16.5
US\$1.41(20%)	496,720	14.9
US\$1.53(30%)	415,319	13.2

<표-9> 치어가격에 대한 민감도 분석 결과

치어가격	NPV (US\$)	IRR (%)
US\$0.63(-30%)	792,126	21.2
US\$0.71(-20%)	747,925	20.1
US\$0.80(-10%)	703,723	19.1
US\$0.89	659,522	18.1
US\$0.98(10%)	615,321	17.1
US\$1.07(20%)	571,119	16.1
US\$1.16(30%)	526,918	15.1

(4) 요약 및 결론

참돔 외해가두리양식에 대한 경제성 분석 결과 현재의 생산 및 시장조건 하에서 수익성이 아주 높은 것으로 분석되었다. 이는 생존율이 비교적 높은 수준으로 평가되었으며, 사료계수는 상대적으로 낮게 나타나고, 현재의 시장가격 수준 또한 양호한 것으로 나타나 수익성이 높게 나타난 것으로 분석된다. 이를 통해 외해가두리양식시설이 해양환경의 변화에 잘 대응하고, 참돔 양식생산이 효과적으로 이루어지고 있는 것으로 평가할 수 있다.

하지만 주요 변수별 민감도 분석에서와 같이, 생산조건과 시장 환경의 변화에 따라 참돔 외해가두리양식의 수익성은 크게 좌우될 수 있는 것으로 나타났다. 특히 시장가격의 변화에 따른 수익성 변화의 폭이 아주 큰 것으로 분석되었는데, 과잉생산이나 다른 어종들과의 시장경합으로 시장가격이 하락할 경우 수익성은 크게 하락할 수 있을 것으로 우려된다. 따라서 참돔 연안가두리양식 생산과 다른 어종들의 생산 변화를 고려하면서 적정 시장가격을 적절히 유지해 나갈 필요성이 크다.

이 외에도 생존율 하락이나 출하중량 및 사료효율이 감소할 경우에도 수익성 저하가 우려되므로 효과적인 먹이공급과 양식생산 관리가 적절히 이루어져야 하고, 향후 외해양식기술개발에 있어서도 생존율과 성장률 증대에 대한 연구가 보다 집중적으로 이루어져야 할 것이다. 양식비용적 측면에서 사료비와 치어비의 비중이 높은 것으로 나타났다. 사료비의 경우 국제적 원재료 가격의 상승 및 국제수급 문제 등으로 향후 가격이 증가할 수 있을 것이다. 하지만 치어비의 경우 참돔 양식이 증대됨에 따라 치어생산의 증대와 기술개발에 따라 가격을 낮출 수 있는 여지가 있을 것이다.

본 연구는 제주도 외해양식 시범사업으로부터 도출된 자료를 바탕으로 하였다. 제주도가 가진 해양환경적 특성상 본 연구결과를 다른 지역으로까지 일반화하기에는 많은 한계점이 있을 것이다. 향후에는 참돔 연안가두리양식과의 생산 및 경제성 비교 연구가 필요하며, 이러한 연구결과들은 향후 외해가두리양식 전개를 위한 정책수립에 큰 시사점을 제공해 줄 수 있을 것으로 기대된다.

7) 양식 넙치의 유통 및 소비구조³⁷⁾

(1) 서론

수산물의 수급측면에서 보면 우리나라의 어류양식업은 처음 시작될 당시에는 어선어업의 보조적인 위치에 머물렀으나 오늘날에는 독자적인 수산물 공급영역으로 자리매김하고 있다.

양식 넙치의 연간 생산량은 1990년 1,037톤에 비해 2005년에는 38배나 증가한 40,059톤으로 전체 양식 어류의 절반가량을 차지하고 있다. 이러한 공급측면에서의 양적증가로 인해 수요측면에서는 다양한 소비행태의 변화가 나타나고 있다. 그 예로 싱싱회(또는 선어회), 스시전문점의 확산 등과 같은 새로운 회 소비문화의 등장을 꼽을 수 있다. 또한 양식 넙치는 다른 어종에 비해 품질이나 가격에 있어 대내·외 경쟁력을 갖춘 어종으로 최근에는 일본뿐만 아니라 미국으로도 수출되고 있다.

김성귀·홍장원·이승우(2003)는 “수산물의 시장 개방으로 인한 외국산 활어수입 급증과 국내산 해산어류의 과잉생산 등으로 국내 어류양식업계는 위기상황에 처해 있으나 수요는 전혀 늘지 않고 있다”고 지적하였는데, 이러한 활어류의 수요에 대한 연구는 홍성걸·정명생(1999)과 정명생·임경희(2003) 외에는 그 중요성에 비해 연구가 미흡한 실정이다.

홍성걸·정명생(1999)은 식습관에 입각하여 어류가격, 대체재 가격, 소득 등의 시계열 변수를 독립변수로 하여 넙치, 조피볼락 등의 어종에 대한 수요를 추정하였다. 정명생·임경희(2003)는 활어의 수급불균형에 대한 문제를 소비측면에서 풀어보고자 넙치, 조피볼락, 농어, 방어, 도미 등의 어종에 대한 소비자의 선호도, 구매행태, 소비패턴 변화 등을 설문조사를 통해 분석하였다. 또한, 활어류의 가격탄성치 및 상호 연관성을 분석하기 위해 준이상수요모형(AIDS)을 이용하여 수요함수를 추정하였다.

37) 이남수, 양식 넙치의 유통 및 소비구조에 관한 연구, 수산경영론집, 37(2), 2006. pp. 61-83.

1990년 이후 기르는 어업의 장려정책으로 넙치를 중심으로 한 활어류의 공급이 꾸준히 증가하여 최근에는 공급과잉상태로 인해 가격이 폭락하는 사태가 빈번히 발생하고 있다. 이러한 가격폭락은 어류양식어가의 연쇄도산을 초래하여 어류양식어업의 위기론까지 제기되고 있다.(정명생·임경희, 2003). 앞으로는 소비 변화를 고려하지 않은 일방적인 생산은 무의미한 작업이 될 가능성이 높으며 소비에 대응하지 못하는 생산 공급이란 있을 수 없으므로 소비에 대한 분석을 통한 구조적 대응이 대단히 중요하다(장영수,2000).

앞서 살펴본 연구들은 시계열자료나 소비자 설문조사를 통해 넙치, 조피볼락 등 활어류의 어종별 수요함수를 추정하였으나 본 연구는 양식어류 중 가장 대표적인 어종인 넙치만을 대상으로 유통 및 소비구조를 파악하고자 하였다. 이를 위하여 산지활어 유통인, 유사도매시장 및 활어수출업체와의 면담조사를 통해 양식 넙치의 유통구조를 파악하였으며, 소비자의 선호도, 구매형태 등의 소비행태를 설문조사를 통해 분석하였다. 또한, 싱싱회 가공업체, 수협 별해별미 및 스키전문점 등의 조사를 통해 새로운 회 소비문화의 변화를 파악하였다.

본 연구에서는 넙치의 생산, 유통, 소비구조에 관한 현황을 분석하고 그에 관한 문제점 및 시사점을 도출하고자 한다. 우선 II장에서는 넙치의 생산규모 및 동향에 관해 간단히 살펴보고, III장에서는 넙치의 국내유통 및 시장거래 그리고 수출의 특성에 관해 살펴본다. 그리고 IV장에서는 넙치의 소비행태와 새로운 회 소비문화의 변화에 관해 살펴보고, 마지막 V장에서는 본 연구의 요약과 시사점을 제시하고자 한다.

(2) 넙치의 생산동향

1. 생산구조

2005년 양식 수산물의 총생산량은 104만톤이었고 생산금액은 1조 3,483억원이었다. 이 중 양식산 넙치는 4만톤, 3,535억원으로 양식 수산물 생산량의 3.8%, 생산금액의 26.2%를 차지하는 대표적인 어종이다³⁸⁾. 또한 양식 넙치는 양식 수산물 중에서 가장 부가가치가 높은 품목으로 2005년 수산물 총생산량 중 11번째로 많고, 생산금액으로는 두 번째로 많다<표1>.

38) 2005년 수산물 총생산은 213만 8,099톤, 4조 543억 원이며, 양식 수산물은 전체 생산량의 48.7%인 104만 1,058톤이고 생산 금액의 33.3%인 1조 3,483억 원이었다. 또한 양식 미역은 양식 수산물 생산량의 27.1인 28만 톤(생산 금액의 3.0%인 402억 원), 굴은 24.2%인 25만 톤(생산금액의 9.7%인 1,309억 원), 김은 19.0%인 20만 톤(생산 금액 14.2인 1,913억 원)이다. 즉 양식 넙치의 생산량은 양식 수산물의 3.8%에 불과하지만 생산 금액으로는 26.2%로 가장 많은 어종이다.

<표1> 주요수산물 생산 순위(2005년 기준)

구분	생산량				구분	생산금액			
	어종	물량	점유율	순위		어종	생산금액	점유율	순위
양식	미역	281,871	13.2	1	해면	오징어류	405,949	10.0	1
양식	굴류	251,706	11.8	2	양식	넙치류	353,489	8.7	2
해면	멸치류	249,001	11.6	3	해면	멸치류	286,773	7.1	3
양식	김	197,610	9.2	4	해면	갈치	225,004	5.5	4
해면	오징어류	189,126	8.8	5	양식	조피볼락	197,335	4.9	5
해면	고등어류	135,596	6.3	6	양식	김	191,255	4.7	6
양식	다시마류	108,327	5.1	7	해면	고등어류	167,382	4.1	7
해면	갈치	60,086	2.8	8	양식	굴류	130,894	3.2	8
양식	홍합류	43,953	2.1	9	해면	가지미류	107,694	2.7	9
해면	전갱이류	42,608	2.0	10	해면	붕장어	94,087	2.3	10
양식	넙치류	40,059	1.9	11	양식	전복류	92,813	2.3	11
	기타어류	538,156	25.2	-		기타어종	1,801,590	44.5	-
	합계	2,138,099	100.0	-		합계	4,054,267	100.0	-

주 : 내수면어업과 원양어업의 생산은 제외하였음

자료 : 해양수산부 어업생산통계(2005년)

양식 넙치의 생산규모는 2005년 양식 어류 생산량(81,421톤)의 49.2%로 가장 많았으며, 조피볼락은 21,297톤으로 26.2%, 기타 어종은 20,065톤으로 24.6% 순이었다. 한편, 1984년 넙치 종묘 생산기술이 도입되고, 1990년대 초 대량양식기술이 보급된 이후 생산량이 급속히 증가하였다. 1990년대 초반에 1천 여톤이었던 넙치 생산량은 2002년에는 2 만톤을 상회하였고 지난 2005년에는 1990년에 비해 무려 38배가 많은 4 만톤을 넘어섰다<표2>. 이처럼 양식 넙치의 생산량은 급속히 증가하였으나 최근 들어 제주 지역을 중심으로 넙치에서 다른 어종으로 전환하는 사례도 일부 일어나고 있는 추세이다.

<표2> 양식 어류의 어종별 생산량

구분	단위 : M/T, %							
	1990년	1995년	2000년	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년
넙치	1,037 (39.0)	6,733 (80.5)	14,127 (54.4)	16,426 (56.1)	23,343 (48.6)	34,533 (47.7)	32,141 (49.8)	40,059 (49.2)
조피볼락	386 (14.5)	985 (11.8)	8,626 (33.2)	9,330 (31.8)	16,634 (34.6)	23,771 (32.8)	19,576 (30.4)	21,297 (26.2)
기타어류	1,233 (46.4)	642 (7.7)	3,233 (12.4)	3,541 (12.1)	8,096 (16.8)	14,089 (19.5)	12,759 (19.8)	20,065 (24.6)
합계	2,656 (100.0)	8,360 (100.0)	25,986 (100.0)	29,297 (100.0)	48,073 (100.0)	72,393 (100.0)	64,476 (100.0)	81,421 (100.0)

주 : 1) 2005년 기타어류의 생산량 비율은 참돔 7.1%, 송어 6.8%, 감성돔 3.3%, 농어 3.2%, 기타 4.2%임

2) ()안은 합계에 대한 어종별 백분율임

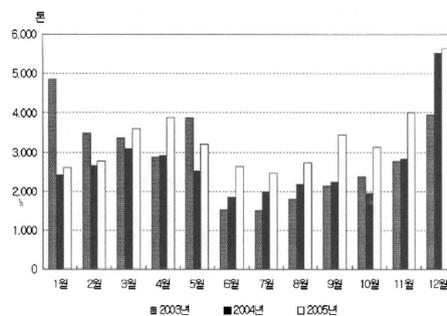
자료 : 해양수산부 어업생산통계, 각 년도

2. 생산동향

국내에 넙치를 양식하는 업체 수는 700여개로 추산된다. 지역별로는 제주에 280여개, 완도에 240여개가 분포되어 있으며, 나머지는 동해안 및 경남지역에 산재되어 있다. 전국 수조식 넙치 양식장의 총 수조면적은 248.3ha로 추정되며, 그중 제주와 완도의 면적이 200.8ha로 전체의 약 81.0%를 차지하고 있다.³⁹⁾ 이처럼 넙치 양식업은 제주와 완도지역에 집중되어 있기 때문에 이 두 지역이 국내 넙치수급을 좌우한다고 해도 과언이 아니다.

다음 <그림1>은 최근 3년 동안의 넙치 출하량을 연도별·월별로 나타낸 것이다. 연도별로 출하된 넙치의 물량은 2003년 34,533톤에서 2004년에는 32,141톤으로 6.9% 감소한 반면, 2005년에는 출하량이 전년보다 24.6% 증가한 40,059톤이었다.

지역별 출하량을 보면, 제주가 전체 출하량의 42.8%를 차지하는 17,158톤, 완도는 32.3%인 12,952톤, 기타 지역은 24.8%인 9,949톤이 각각 출하된 것으로 나타났다. 따라서 제주와 완도의 두 지역을 합한 출하량은 전체 생산량의 75.2%이다.



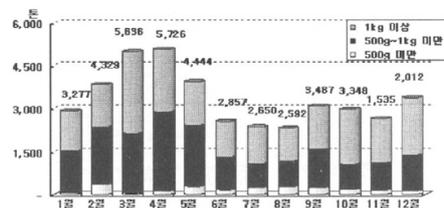
자료: 해양수산부 어업생산통계, 각 연도

<그림 1> 연도별·월별 넙치의 출하량 추이

월별로는 3~4월과 11~12월 4개월간의 출하량이 평균 42.7%로 가장 많다. 특히 연말인 11~12월에 출하가 집중되는 경향을 보이는데, 이는 양식어가들이 각종 양식경비에 대한 결제자금을 충당하기 위한 목적과 겨울철 저수온기의 성장 저하를 우려하여 출하량을 늘리는 경향 때문이다. 또한 3~4월에 출하량이 많은 것은 5월의 집중 치어 입식에 대비하여 수조를 비우기 위해 출하 물량을 늘리기 때문이다.

39) 한국해양수산개발원 수산업관측센터 「넙치 관측월보」. 넙치 관측월보는 2005년 7월에 창간되었으며, 매월 초 어업인, 유통인, 지자체 등 관계기관에 무료로 배포되고 있다(<http://www.foc.re.kr>)

크기별 출하량을 보면, 2005년도 총 넙치 생산량 중에서 500g~1kg 미만의 출하량이 18,808톤이었고 1kg 이상은 21,251톤이었다. 특히, 완도지역의 500g 미만 ‘뼈채썰기용’(일명 세꼬시) 출하량이 증가하였다. 이는 제주에 비해 후발산지인 완도지역의 양식어가들이 경영상태가 취약하여 양성기간이 짧고 자금회전이 빠른 작은 크기의 넙치 출하를 선호하기 때문이다. 이로 인해 양성물량의 크기별 분포에 상당한 불균형이 나타나고 있다. 이러한 불균형은 집중출하로 이어져 가격하락의 주된 요인으로 작용한다.



자료: KMI 수산업관측센터, 넙치 양식업체 설문조사 결과(2005년 각월)
 <그림 2> 넙치의 월별·크기별 출하량(2005년)

<그림 2> 넙치의 월별·크기별 출하량(2005년)

(3) 넙치의 유통구조 및 시장거래

1. 유통경로 및 시장거래

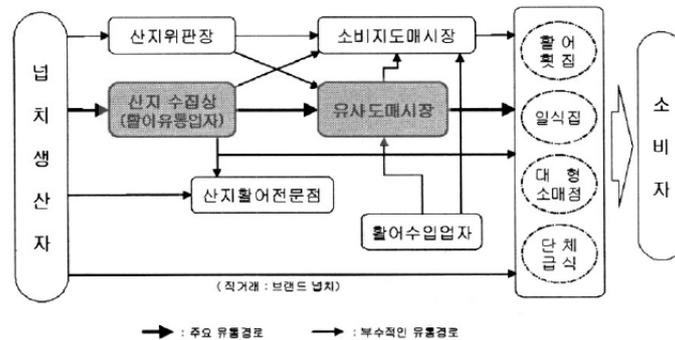
1) 국내 유통경로

일반적인 수산물 유통경로는 주로 ‘생산자→수협 위판장→소비지도매시장→소매시장→소비자’에 이르는 전통적인 유통경로와 ‘생산자→중간 유통업자→소매시장→소비자’의 두 가지 유통경로가 기본이 된다. 최근에는 대형소매점을 통한 생산자와 소비자를 직접 연결시키는 경로가 두각을 나타내고 있다.

넙치는 일반적인 수산물 유통경로를 따르지 않는다. 넙치는 여타 활어와 마찬가지로 수협에 위판하는 비율이 낮고, 소비지도매시장에 상장하는 비율도 선어에 비해 아주 낮다. 또한 소비지도매시장과 거래하는 경우에도 생산자가 도매시장에 직접 출하하는 경우는 거의 없다. 이러한 원인은 활어 수조를 두어야 하고 특정 시설을 갖춘 물차를 이용해야 한다는 물류상의 원인도 작용하지만 가장 큰 원인은 유통 시간과 장소 이동에 따른 상품성의 저하 때문이다.

완도와 고흥수협 등 일부 산지수협의 경우 활어위판장을 갖추고 있으나 주로

자연산 활어가 위판되며 양식산 넙치의 경우 활어유통업자를 통한 거래가 대부분이다. 단, 제주산 양식 넙치의 경우에는 2006년 7월 1일부로 제주특별자치도 출범과 동시에 시행되는 수산물 관련 조례⁴⁰⁾에 따라 계통출하를 명문화 하였다. 수출을 제외한 넙치의 주된 유통경로는 <그림3>과 같이 하남 및 인천활어시장 등의 유사도매시장을 경유하거나 산지수집상 등의 활어유통업자가 횃집에 직접 판매하는 형태가 일반적이다.



<그림 3> 넙치의 국내 유통경로

전국의 주요 활어도매시장으로는 노량진수산물시장과 가락동농수산물시장 등 2개의 소비지도매시장이 있으며, 인천 연안부두의 인천활어도매업조합, 하남시의 하남활어유통조합, 부산 민락동의 부산활어도매업조합 등 3개의 유사도매시장이 있다⁴¹⁾. 이 중 소비지도매시장의 시장점유율은 10% 미만이며, 나머지는 유사도매시장에서 유통되고 있는 것으로 추정된다. 유통단계 중 산지의 경우, 해수어류 양식수협을 통해 위탁판매가 이루어지기도 하지만 그 양이 미미하고, 대부분이 산지수집상(산지 활어유통업자)이나 유사도매시장의 중·대형 활어유통업자를 통한 장외 거래가 이루어진다.

넙치의 출하형태는 활어차로 유통하는 경우가 대부분으로 최근에는 싱싱회와 같이 가공하여 판매하는 경우도 있으나 이 또한 도매시장에 상장하는 경우는 거의 없다. 또한 활넙치의 유통은 살아있는 상태로 수송하므로 손실률(감모율)이 크다는 특징이 있다. 이러한 활어 수송상의 손실률에 대한 손실보전의 형태로 출하자가 일정부분(보통 3%)를 덤⁴²⁾으로 주는 것이 일반화되어 있다. 과잉출하 시기에는 이러한 덤이 많아지고 따라서 가격은 더욱 하락하는 악순환이 발생하

40) 제주특별자치도의 수산물 관련 조례로는 「제주특별자치도 농·임·축·수산업의 수급안정에 관한 조례」와 「제주특별자치도 수산물방역 및 안전성검사에 관한 조례」가 있다.

41) 그 외 유사도매시장으로는 중서부권의 활어유통을 담당하는 '대전활어시장'이 있다.

42) '덤'이란 제 값어치의 물건 외에 더 없어 주고 받는 일 또는 물건을 말하며, 마케팅의 트렌드로 주로 대형마트의 식품을 중심으로 '1+1 행사'와 같은 덤 마케팅이 판매전략으로 많이 이용되고 있다.

기도 한다.

2) 활어시장 거래동향

(1) 도매시장

활어유통의 대부분을 점하고 있는 주요 활어도매시장(유사도매시장 포함)의 어종별 거래량을 보면, 넙치의 거래 비중이 평균 40% 이상으로 가장 많다. 다음으로 조피볼락, 농어, 돔 등의 순서이다. 이 두 품목(넙치, 조피볼락)의 거래비중을 시장별로 보면, 하남과 인천이 각각 78.9%, 75.0%로 높은 반면, 부산은 61.0%로 상대적으로 낮게 나타났다<표3>.

<표3> 주요 활어시장별 · 어종별 거래 비율

구분	단위 : %					계
	넙치	조피볼락	농어	돔	기타	
가락농수산물도매시장	45.0	17.5	15.0	15.0	7.5	100.0
노량진수산시장	53.4	15.0	12.7	11.2	7.7	100.0
인천활어도매시장	50.0	25.0	7.5	7.5	10.0	100.0
하남활어도매시장	45.0	33.9	11.5	7.1	2.5	100.0
부산활어도매시장	38.0	23.0	10.0	14.0	15.0	100.0

주 : 기타 어종으로는 점성어, 민어, 노래미 등이 있음

자료 : KMI 수산업관측센터, 「넙치관측월보」, 2005년 9월호

한편, 전국 활어도매시장(유사도매시장 포함)의 주요 산지별 넙치 거래비율을 보면, 부산, 서울, 인천시장에서 제주산 넙치의 거래비율이 각각 65.0%, 62.0%, 55.0%에 이르는 것으로 나타난 반면, 하남시장에서는 완도산 넙치가 87.5% 거래되는 것으로 나타났다 <표4>. 즉, 하남활어도매시장은 완도산 넙치를 주로 이용하며, 그 외 시장에서는 제주산 넙치를 주로 이용하고 있음을 알 수 있다.

<표4> 주요 활어시장의 산지별 넙치 거래 비율

구분	단위 : %			
	노량진수산시장	인천활어도매시장	하남활어도매시장	부산활어도매시장
제주	62.0	55.0	10.0	65.0
완도	24.0	43.8	87.5	13.0
기타	14.0	1.2	2.5	22.0
계	100.0	100.0	100.0	100.0

주 : 부산활어도매업조합의 경우에는 포항(구룡포)산 넙치의 거래 물량이 15.0%임

자료 : KMI 수산업관측센터, 「넙치관측월보」, 2005년 9월호

활어시장의 산지별 넙치 거래비율의 차이가 생기는 이유는 물류형태의 차이에 기인한다고 볼 수 있다. 즉, 인천과 부산활어시장의 경우 선박을 통한 해상수송이 유리하기 때문에 제주산의 거래비율이 높고 하남활어시장은 내륙에 위치하기 때문에 완도산의 거래비율이 높다. 또한 노량진수산시장은 다음 <표5>에서도 알 수 있듯이 주로 인천활어시장에서 넙치를 공급받기 때문에 제주산 넙치의 거래비율이 높다.

주요 활어도매시장에서 거래되는 넙치의 판매처별 거래량 비율을 보면, '일반횃집'이 가장 높으며, 다음으로는 '타 시장'과 '일식집'인 것으로 나타났다 <표5>. 각 시장별로 보면, 부산활어도매시장은 일반횃집과 자갈치시장에 넙치를 판매하는 비중이 높고, 노량진수산시장은 일반횃집과 일식집의 비중이 높았다. 그러나 인천시장은 일반 횃집보다는 노량진시장과 가락시장 등 타 시장에 판매하는 비중이 가장 높은 것으로 나타났다.

특히, 노량진수산시장의 경우 일식집의 거래비율이 상대적으로 높게 나타났는데 이는 다른 활어시장에 비해 한 단계의 유통과정이 더 필요하며 지대 또는 임대료의 부담이 더 크기 때문에 고급 넙치 위주의 거래를 하고 있는 것으로 분석된다.

<표5> 주요 활어 도매시장의 판매처별 넙치 거래비율

구분	단위 : %					
	일반횃집	일식집	백화점	대형할인점	타 시장	계
노량진수산시장	46.5	42.4	5.0	6.1	0.0	100.0
인천활어도매시장	37.5	16.3	0.0	3.7	42.5	100.0
하남활어도매시장	75.7	13.5	1.4	1.3	8.1	100.0
부산활어도매시장	59.0	3.0	8.0	0.0	30.0	100.0

주 : '타 시장'이란 인천 및 수도권 활어시장은 노량진수산시장과 가락시장을 말하며, 부산은 자갈치시장임. 단, 활어도매시장 중 가락시장은 응답률이 낮아 제외하였음

자료 : KMI 수산업관측센터, 「넙치관측월보」, 2005년 10월호

마지막으로 수도권 활어도매시장에서 거래되는 넙치의 지역별 판매 비율을 보면, 노량진수산시장의 경우 넙치 거래물량의 86.1%, 하남시장은 66.2%, 인천시장은 40.0%가 서울지역에 판매되는 것으로 나타났다. 즉, 수도권 활어도매시장은 주로 서울에 판매하고 있음을 알 수 있다.

또한 활어시장의 입지적 여건 때문에 하남활어시장의 경우에는 경기권 판매 비율이 32.6%로 타 시장에 비해 상대적으로 높은 반면, 인천활어시장은 인천지역 내 판매 비율이 40.0%로 서울과 동일하였다. 따라서 노량진수산시장은 '서울'을 하남 활어도매시장은 '서울'과 '경기', 인천 활어도매시장은 '서울'과 '인천'에 넙치를 주로 판매하고 있음을 알 수 있다.

<표6> 수도권 활어시장의 넙치 판매지역별 거래 비율

단위 : %

시장 \ 판매지역	서울지역				인천 지역	경기지역			계
	강남	강북	강동	강서		경기북	경기남	기타	
노량진수산시장	38.3	24.5	9.5	13.8	7.0	4.6	2.3	0.0	100.0
인천활어도매시장	13.3	13.3	3.4	10.0	40.0	10.0	10.0	0.0	100.0
하남활어도매시장	12.5	27.5	25.0	1.2	1.2	13.8	13.8	5.0	100.0

자료 : KMI 수산업관측센터, 「넙치관측월보」, 2005년 11월호

(2) 소매시장

소매시장은 일부 횡집 체인점을 제외하면 대부분 단일 전포의 대형 횡집이거나 중소형 횡집들이 주류를 이룬다. 최근에는 저렴한 가격을 무기로 한 선어횡집(ex. 스시990 등)이나 해산물 주점 체인점들이 수도권을 중심으로 급격히 증가하고 있는 경향을 보이고 있다.

지난 2005년 10월 수도권 횡집 체인점의 현황을 조사한 결과, 일부 대형 횡집을 중심으로 횡집 체인화가 실시되었으나, 인력관리 및 영업관리의 매뉴얼화가 곤란하다는 이유 때문에 수협 바다마트를 제외하고는 횡집 체인점이 거의 없는 것으로 조사되었다⁴³⁾.

한편, <표7>과 같이 대형 횡집인 청해수산과 횡집 체인점인 바다마트에서 판매되는 활어 중 넙치의 판매량 비율이 각각 60%, 34%로 가장 높았으며, 회 무침 전문점인 강릉집은 조피볼락을 주로 이용하는 것으로 나타났다. 여기에서 재미있는 것은 청해수산의 경우 “○○수산”이라는 동일 상호를 사용하고는 있지만 소유주가 다른 개별업체이며, 이러한 형태가 수도권을 중심으로 다수 존재하고 있다⁴⁴⁾.

<표7> 수도권 대형 횡집 및 체인점의 현황

구분	청해수산	바다마트	강릉집
점포수	45개(동일상호 사용)	17개(직영 13, 위탁14)	10개(개별사업자)
업태	대형횡집	체인점	체인점
주요식단	활어회	활어회	회무침(100%)
	모듬회(70%), 개별어종(30%)	활어회(78%), 선어회(22%)	

43) 수산업관측센터, 「넙치 관측월보」 2005년 11월호

44) 대형 횡집 중에서는 ‘청해수산’이라는 상호를 사용하는 경우가 많다. 이는 1990년대 후반부터 서울 신림동의 청해수산이 각 지역에 분점형식의 점포를 개점하였는데, 이를 모방(동일 상호 사용)한 횡집들이 동시다발적으로 생겨나면서 청해수산이 대형 횡집의 대명사처럼 인식되고 있다. 운영형태는 동일상호의 모방사용 이외에는 체인점이나 본사 직영과는 다른 각 점포 간에는 독립적인 개별운영을 하고 있다.

어종별 판매비율	넙치(60%),조피볼락(10%), 농어(10%),돔(10%)점성어 등(10%)	넙치(34%),조피볼락(6%),농어(7%),돔(10%),놀래미 등(43%)	조피볼락(90%),넙치(5%),돔(3%),민어 등 기타(2%)
주거래산지	완도(넙치)	제주,완도(넙치)	포항(조피볼락)

자료 : KMI 수산업관측센터, 「넙치관측월보」,2005년 11월호

대형소매점에서 활어회를 판매하기 위해서는 일반 공산품, 농산물 및 냉장·냉동 수산물에 비해 활어 수조와 활어 조리 전문인력(일명 칼잡이)이 필요하다는 점에서 추가 비용이 발생한다. 이러한 부담 때문에 대형소매점 중 일부만이 매장 내에서 활어회를 취급하고 있는 실정이다.

2. 수출경로 및 물류형태

1) 수출경로

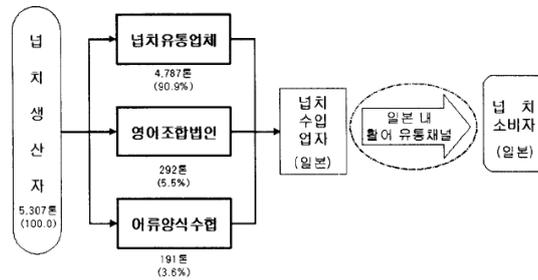
2005년 제주지역의 넙치 수출량은 5,307톤으로 전체 넙치 수출량의 95.2%를 점유하고 있다. 따라서 본고에서는 제주지역의 대일 넙치 수출경로를 중심으로 살펴보고자 한다.

제주지역의 대일 넙치 수출은 <그림4>와 같이 90% 이상이 활어수출업체를 통해 이루어지지만, 최근 들어 제주해수어류양식수협이나 영어조합법인⁴⁵⁾의 점유율이 높아지고 있는 것이 주요 특징이다. 특히, 금년 7월 1일부로 시행되는 제주해수어류수협의 ‘중도매인제’의 도입으로 제주산 넙치의 수출경로에 있어 대폭적인 변화가 예상되며, 제주특별자치도 수산관련 조례에 명시된 검사제도⁴⁶⁾의 강화로 넙치 수출뿐만 아니라 국내유통에 있어서도 변화가 예상된다.

45) 영어조합법인은 2005년 1월에 제주지역 14개의 넙치 생산자 수출단체로 발족하였으며, 수출 단가를 출하가격수준으로 책정할 수 있어 향후 넙치 수출 비중이 높아질 것으로 예상된다. 또한 제주해수어류양식수협은 2006년 7월 1일부터 ‘중도매인제’를 실시함에 따라 넙치 수출 비중이 높아질 것으로 예상된다.

46) 제주특별자치도 조례에 명시된 검사제도는 ‘방역검사’와 ‘안전성검사’가 있다. 방역검사는 양식 및 방류용 친어에 대한 수산 질병의 감염여부를 검사하는 것을 말한다. 안전성검사는 식용목적의 양식 수산물의 유해물질 잔류검사를 하는 것을 말하며, 식용 양식 수산물(활어만 해당)을 제주도 내외에 반입·반출하거나 도내에서 유통하고자 하는 자는 반드시 안전성검사를 받아야 한다. 일본도 내수용에는 안전성검사를 면제하고 있는 데 반해 제주산 양식넙치는 더 엄격한 기준을 적용받게 되었다. 검사 항목은 세균감염증의 치료제로 널리 알려져 있는 옥시테트라사이클린(OTC)으로 잔류기준은 대일 수출 검사기준과 동일한 0.2ppm 미만이다.

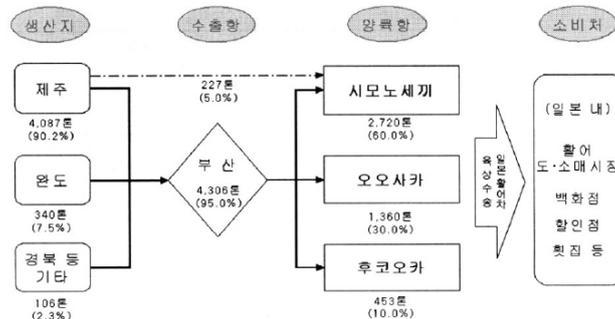
양식 넙치의 유통 및 소비구조에 관한 연구



주 : 영어조합법인은 2005년 1월, 수협은 2005년 3월부터 넙치 수출을 시작하였음
 자료 : KMI 수산업관측센터, 「수산물 수급정보」, 2006년 1월호

<그림 4> 제주지역 활넙치 대일 수출경로

대일 넙치 수출의 물류흐름을 보면, 넙치 수출물량 중 95% 이상이 부산항을 통해 일본의 시모노세끼항 등에 양륙되고 육상수송은 일본 활어차를 이용하여 소비자에게 전해진다. 제주도에서 직접 수출되는 경우도 일부 있긴 하지만 그 물량은 미미하다. 또한 일본측 주요 양륙항별 물량비율을 보면, 시모노세끼항이 60%, 오오사카항 30%, 후쿠오카항 10% 정도이다.



주 : 활넙치 수출 물량은 2004년도 관세청 자료를 기준으로 하며, 제주-시모노세끼간의 '점선'은 부정기선을 통한 수출임
 자료 : KMI 수산업관측센터, 「넙치 관측월보」, 2005년 12월호

<그림 5> 활넙치의 대일 수출 물류 흐름도

넙치의 대일 수출 시 시모노세끼항의 이용 비율이 높은 이유는 시모노세끼항이 다른 양륙항에 비해 한국과 지리적으로 가까워서 물류비가 상대적으로 저렴하다는 점 <표9>과 선박의 귀항시간에 여유가 있어 일본 내 활어(돔, 멧게 등)를 다시 활어차에 싣고 올수 있다는 점 때문이다. 즉, 시모노세끼항의 경우 활어차의 공차율이 낮다는 장점이 있다.

최근 들어 오오사카항의 넙치 양륙물량이 증가하고 있는 추세이다. 부산에서 오오사카항까지의 해상 운송시간이 시모노세끼항에 비해 1.8배 이상 많이 소요되며 물류비도 2배 이상 높다는 단점은 있으나, 소비지시장이 인접해 있어 육상

물류비용이 절감되는 장점이 있다47).

<표8> 넙치 수출 시 양륙항별 물류비 차이

구분	부산→시모노세끼	부산→오오사카	적재량
4.5톤 활어차	9만엔	18만엔	2톤
9.5톤 활어차	10만엔	20만엔	3톤
11.5톤 활어차	11만엔	22만엔	4톤

주 : 1) 양륙항별 물류비는 2005년 10월 자료이므로 현재 물류비와는 차이가 있을 수 있음
 2) 일본과 한국은 활어차 적재량에 차이가 있음. 즉, 한국 활어차의 경우 4.5톤 차량의 넙치 적재량이 3톤인데 반해 일본 활어차의 경우 25톤 차량의 적재량이 2.7톤~3톤 정도임
 자료 : 활넙치 수출업체 면담조사(2005.11.15~17) 결과임

2) 물류형태

넙치의 대일 수출 시 주요 물류형태는 수출 선박에 활어차를 싣고 운반하는 해상운송 형태가 대부분이다. 넙치 수출 선박의 운항주기는 주 3회(화, 목, 일) 운항하는 정기선을 주로 이용하는데, 회항시간이 촉박하여 거의 빈차로 돌아오는 경우가 많다. 넙치의 해상운송은 활어운반선이 담당하고 육상운송은 활어차가 담당하는 형태로, 한국 활어차가 일본 양륙항까지 운송하고 일본 내에서는 일본 활어차로 운송하는 것이 일반적이다. 이처럼 한국 활어차가 일본 내 운송을 하지 못하는 것은 일본의 활어차 기준을 갖추지 못했기 때문인데, 이는 물류비 상승에 영향을 미쳐 한국산 넙치의 가격을 상승시키는 요인으로 작용하고 있다.

넙치가 대량생산되기 이전에는 한국산 넙치를 수입하기 위해 일본 활어차가 직접 국내에 들어와서 물량을 수집하고 운송하는 경우가 많았으나, 최근에는 대부분 위에서 설명한 바와 같이 한국 활어차로 일본 양륙항까지 운송하고 일본 국내운송은 일본 활어차가 담당하고 있다. <표9>는 넙치의 대량생산 전과 후의 대일 넙치 수출에 있어서의 물류형태 변화를 보여주고 있다.

<표9> 대일 넙치 수출에 있어 물류형태의 변화

구분	대량생산 전	대량생산 후
양륙항	시모노세끼항 위주	시모노세끼, 오오사카, 후쿠오카 등 다양
대금결제	선지급(T/T 형식)	외상거래(20~30일 후 결제)
운송수단	일본 활어차	한국 활어차
주산지	제주, 완도, 포항 등 다양	제주 위주의 수출

47) 여기서 주의해야 할 점은 넙치 수출의 경우 물류비 부분에 대한 부담이 가장 큰 요인으로 작용한다. 따라서 활어차의 공차율을 낮추는 것이 가장 중요한 문제 중의 하나이다. 이러한 물류비 절감을 위해 일부 활어 수출업체를 중심으로 일본 전자제품 수출 선박을 이용한 동경 직항 수출 경로를 새로운 대일 넙치 수출경로로 검토 중이다. 이 방안은 일본 전자제품 수출 선박이 평택항에 입항한 후 빈 배로 동경항으로 회항하는 경우가 많은데 이 선박을 이용해서 넙치를 수출할 경우 물류비 절감 및 일본 내 대표적인 소비지장인 동경항으로의 양륙이 가능하므로 획기적인 수출경로가 될 것으로 예상된다. 만약 넙치 수출의 동경 직항로가 개설된다면 부산항 위주의 수출에 큰 변화가 가해질 것으로 예상된다.

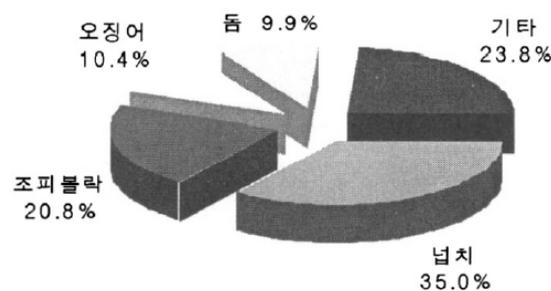
(4) 넙치의 소비구조

지금까지 살펴본 바와 같이 넙치의 생산은 지속적으로 증가해 왔다. 활어의 경우 다른 제품과는 달리 재고의 개념이 없기 때문에 수출을 제외한 출하량은 곧 소비량이라고 보아도 무방하다. 따라서 본 장에서는 넙치의 소비행태와 최근 활어회에 대한 식문화의 변화에 관해 살펴보고자 한다.

1. 넙치의 소비행태

1) 소비자 선호도

일반소비자를 대상으로 활어회 선호도를 조사한 결과, 소비자들은 모듬회(27.1%)보다는 어종별회(62.9%)를 더 선호하는 것으로 나타났다. 가장 선호하는 어종으로는 넙치가 35.0%로 가장 높았으며, 다음으로는 조피블락이 20.8%, 오징어가 10.4% 등의 순이었다. 또한 소비자들이 횡감용 어종을 선택할 때 가장 중요하게 여기는 기준으로 꼽은 '맛'과 '신선도'는 높게 나타난 반면, '가격'과 '자연산 여부' 및 '원산지' 등은 상대적으로 낮게 나타났다.



주 : 기타 어종에는 농어9.2%, 도다리6.9%, 송어3.5%, 방어1.7% 등이 포함
 자료 : KMI 수산업관측센터, 「넙치 관측월보」, 2005년 7월호

<그림 6> 소비자의 어종별회 선호도 분포

연령대별로는 모든 연령층에서 넙치를 가장 선호하는 것으로 나타났으나, 나이가 젊을수록 넙치에 대한 선호도가 상대적으로 높았다. <표10> 이는 다른 연령층에 비해 회를 먹을 기회가 적은 젊은층의 경우 보통 '광어', '우럭'으로 불리는 넙치와 조피블락에 대한 인지도가 높기 때문이다.

또한 넙치와 조피볼락은 제외한 어종별회 선호도로는 20~30대는 '오징어'를, 40대 이상은 '농어'를 가장 선호하는 것으로 조사되었다.

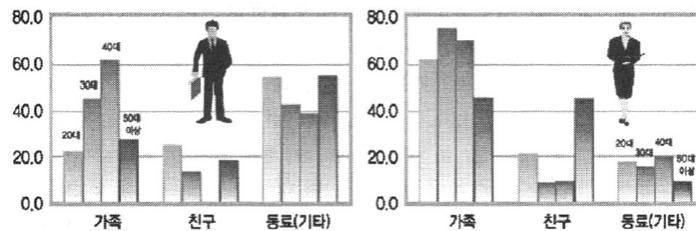
<표10> 연령별 어종별 생선회 선호도

구분	넙치	조피볼락	돔	농어	오징어	도다리	기타	계
21~30세	40.7	16.7	10.0	7.3	11.3	5.3	8.7	100.0
31~40세	32.9	25.0	9.2	5.9	13.2	5.9	7.9	100.0
41~50세	30.9	21.8	10.9	16.4	3.6	9.1	7.3	100.0
51세 이상	28.3	19.6	10.9	17.4	6.5	13.0	4.3	100.0

단위 : %
 자료 : KMI 수산업관측센터, 「넙치관측월보」, 2005년 7월호

2) 소비행태

활어회의 소비행태를 성별·연령대별로 조사한 결과, 활어회를 '누구와 함께 먹는가'라는 질문에 대해 남성 응답자 중 47.2%가 '직장동료'라고 응답한 반면, 여성은 64.2%가 '가족'이라고 응답하였다. 특히, 남성의 경우 '가족과 함께'라는 응답은 40대가 61.5%로 가장 많았으며, '동료와 함께'는 50대와 20대가 각각 54.4%, 54.1%로 가장 많은 것으로 나타났다. 여성의 경우에는 '가족과 함께'라는 응답이 모든 연령층에서 높게 나타났으나 '친구와 함께'라는 응답자 중 50대 이상 여성응답자의 비율이 유난히 높게 나타났다 <그림7>.



자료 : KMI 수산업관측센터, 「넙치 관측월보」, 2005년 8월호

<그림 7> 성별·연령대별 활어회를 함께먹는 대상

식품소비에 있어 외부화 지향이 강해지고 있는 것과 같이 활어회 소비의 경우에도 주로 외식으로 섭취하는 경우가 높게 나타났다. 즉, 활어회를 외식으로 섭취한다는 응답이 52.8%로 가장 높았으며, 23.7%는 직접 산지에 가서 먹는 것으로 조사되었다⁴⁸⁾. 또한 최근 들어 대형마트 및 스시전문점 등의 가세(加勢)로 인

48) 정명생·임경희(2003)의 연구결과, 활어의 외식 비율이 72%로 이번 조사와는 차이가 있다. 그러나 본고의 조사 결과인 '산지'라는 응답을 외식의 범주에 포함시키면 활어회의 외식비율이 76.5%로 거의 비슷한 결과를 보인다.

해 가정 내 소비도 증가하는 추세이다.

활어회를 가정 내에서 소비하는 경우에 주요 구매처로는 '도·소매시장'이 35.3%로 가장 많았으며, 그 외에는 '일반횃집' 26.5%, '대형마트' 21.0%, '백화점' 7.1% 등의 순서인 것으로 나타났다. 이러한 구매처를 선택하는 이유로는 '거리'와 '가격'이 각각 31.2%로 가장 높았으며, 다음으로는 '신선도/맛'이 27.1% 등의 순서인 것으로 조사되었다. 여기서 주의할 점은 활어회를 가정 내에서 먹을 경우 '대형소매점(대형마트, 백화점 등)'에서 구입한다는 응답이 27.1%로 '일반 횃집'보다 더 높다는 것이다.

2. 새로운 회 소비문화

1) 싱싱회

최근 들어 식품안전성에 대한 국민적 관심이 고조됨에 따라 수산물의 위생문제 해결과 활어회 소비촉진을 위해 정부, 수협 및 일부 유통업체 등을 중심으로 활어회 소비의 다양화가 시도되고 있다.

이러한 새로운 회 소비문화의 대표적인 사례로는 활어회를 숙성 가공한 싱싱회⁴⁹⁾와 함께 선어회 위주의 횃집 프랜차이즈인 수협의 별해별미 그리고 최근 급속히 확대되고 있는 스시전문점에 관해 살펴보고자 한다.

2005년 11월 전국 싱싱회 가공업체를 조사한 결과, 싱싱회 가공원어로 넙치를 이용하는 비율이 최소 65% 이상인 것으로 나타났다. 다음으로는 조피볼락, 돔, 농어, 송어 등의 순이다. 한편, 싱싱회의 주요 판매처로는 '직거래(전화 또는 인터넷)', '싱싱회 전문점', '대형소매점' 등이 있지만, 판로가 일정치 않고 유동적이다. 따라서 각 업체별 싱싱회 가공능력은 연간 300~400톤 이상, 크게는 연간 1,000톤 이상임에도 불구하고 공장 가동률은 아직 미진한 실정이다.

<표11> 주요 싱싱회 가공업체의 현황

구분	A 社	B 社	C 社
최대 가공능력	1,000톤/년	350~400톤/년	400~500톤/년
입지 유형	산지 입지형	소비지 입지형	독립형
공장 가동률	3~5%	10~13%	45~50%
가공원어의	넙치(80%),돔(12%),조피볼	넙치(70%),조피볼락(10%),	넙치(65%),조피볼락(25%),

49) 싱싱회는 활어를 가공한 후 진공 포장하는 선어회의 일종으로 해양수산부가 활어류의 소비촉진과 구조개선을 위해 지원하고 있다. 국내 싱싱회 가공업체는 기존에 4곳(한국빙은, 거제수협, 대양수산, 향도수산)이 운영 중이던 것이 2006년 1월에 신규로 1곳(청풍양식영어조합법인)이 가동을 시작하여 총 5곳이 운영 중이다. 싱싱회는 주로 회의 순살 무게를 기준으로 거래되기 때문에 '수율'이 높은 넙치가 가장 선호되는 어종이다. 따라서 조피볼락과 같이 수율이 낮은 어종은 주로 탕용으로 많이 이용된다.

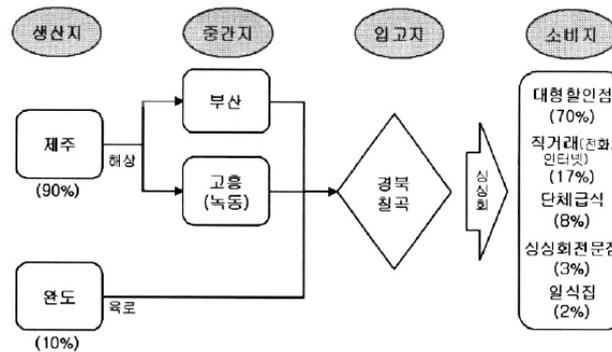
어종별 비율	락(5%),숭어(3%)	돔(10%),농어(4%),숭어(4%), 점성어(2%)	돔(4%),농어(3%),숭어(2%), 민어(1%)
주요 판매처별 판매 비율	직거래(70%),싱싱회전문점(20%),일식집(5%),일반횃집(5%)	싱싱회전문점(35%),일식집(20%),일반횃집(20%),직거래(15%),일반음식점(10%)	대형할인점(70%),직거래(17%),단체급식(8%),싱싱회전문점(3%),일식집(2%)
산지별 구매 비율	거제산(100%)	제주산(75%),완도산(25%)	제주산(90%),완도산(10%)

자료 : 전국 싱싱회 가공업체 면담조사(2005.11.7~14) 결과임

한편, 싱싱회를 가공하고 난 후의 부산물 중에서 내장이나 껍질은 폐기하고 뼈와 머리 등은 탕용으로 주문자에게 무상 제공한다. 특히 단체급식용 싱싱회는 횃감용이 아닌 미역국 등의 '탕용'으로 유통되는 경우가 많으며, 싱싱회 전문점이나 일식집의 경우에는 '초밥용'과 '횃감용'으로 유통된다. 이처럼 싱싱회는 활어의 소비문화를 바꾸고 시장구조를 개선하기 위해서 출발하였지만, 많은 장점에 불구하고 아직 소비자에게 크게 인식되지 못해 시장규모는 크지 않은 편이다.

싱싱회는 주로 '발주'→'가공'→'숙성'→'유통'→'소비'의 단계를 거친다. C사의 경우에는 싱싱회의 원어로 제주산 넙치를 많이 이용하므로 <그림8>과 같이 중간지(국내 양륙항)를 거치는 것이 특징이다. 또한 타 업체와는 달리 싱싱회의 고정거래처를 확보하고 있어 직거래나 싱싱회 전문점보다는 대형소매점과의 거래비율이 높다는 것이 특징이다.

소비자들은 수조에서 살아 움직이는 고기를 직접 눈으로 확인하고 싶어 하고 씹히는 맛을 선호하는 한국인의 활어회 문화에 익숙하기 때문에 아직까지는 싱싱회의 보급이 부진한 것이 사실이다. 기존에는 활어회를 먹기 위해서는 횃집에 가야만 했다. 그러나 싱싱회(또는 선어회)는 집이나 사무실, 야외 등 언제 어디서나 먹을 수 있다는 장점이 있으므로 '소비자의 인식전환'과 '대국민 홍보'가 뒷받침 된다면 활어회 소비의 일익을 담당할 것으로 예상된다.



<그림 8> C사의 싱싱회 유통경로

2) 별해별미

수협중앙회에서 추진 중인 싱싱회 프랜차이즈 사업인 “별海별味”를 꼽일 수 있다.⁵⁰⁾ 별海별味는 2004년 10월 여의도점을 시작으로 우선 수도권을 중심으로 확대하고 있으며, 2006년 6월 현재 13개(6월 14일 13호점인 교대점 오픈)의 가맹점을 개설하였다. 사업초기인 2005~2006년에는 프랜차이즈 관리시스템 도입과 기반 구축을 위한 메뉴 및 서비스 개발 등을 위해 노력하고 있으며, 향후 전국 주요 도시로 확대하여 600개의 점포 개설을 목표로 하고 있다<표12>.

<표12> 별海별味 사업의 단계별 사업추진 계획

구분	1단계	2단계	3단계
점포 수(누적)	50개 (50개)	160개 (210개)	390개 (600개)
시기	2005~2006년	2007~2008년	2009~2012년
개점지역	서울, 수도권	전국 대도시	전국 주요도시
비고	· 프랜차이즈 관리시스템 도입 · 사업초기 안정적 기반 구축	· 상점별· 지역별 관리시스템 도입 · 표준화(재료, 메뉴, 서비스 등)	· 전국상권의 세분화 · 안정적 물류체계 구축

자료 : 수협중앙회 특관사업부 내부자료

2006년 현재 별海별味 가맹점을 통해 점포당 월 평균 900kg 정도의 활어가 소비되고 있으며, 그 중 넙치가 약 50%를 점하고 있다. 만약 이 사업계획이 차질 없이 수행된다면 현재 넙치 생산량의 8.1%인 약 3,240톤의 물량이 본 사업을 통해 소비될 수 있을 것으로 예상된다. 이는 넙치 소비에 있어 거대 소비시장의 등장을 의미한다. 단, 기존 활어유통을 통한 소비와의 관계는 향후에 심도(深度)

50) ‘별海별味’의 경우에는 활어회의 가공과정에서 일정 시간동안의 숙성과정을 거치지 않으므로 엄격히 말해서 ‘싱싱회’라기보다는 ‘선어회’라고 하는 것이 합당하다(본 내용은 연구자의 견해임).

있는 연구가 필요하다.

<표13> 별해별미 사업을 통한 넙치의 예상소비량

점포 수		10개	50개	100개	200개	600개
넙치의 예상소비량	월간	4.5	22.5	45	90	270
	연간	54	270	540	1,080	3,240
생산량 대비 비율(%)		0.1	0.7	1.3	2.7	8.1

단위 : 톤, %

주 : 1) 넙치의 예상소비량은 별해별미 가맹본부의 관계자 면담결과를 바탕으로 추정된 것임
 2) 생산량 대비 비율은 2005년 어업생산통계의 양식 넙치 생산량인 40,509톤에 대한 비율임

3) 스시전문점

최근에는 앞서 설명한 별해별미와 같은 싱싱회 프랜차이즈를 통한 활어회의 소비뿐만 아니라 스시전문점⁵¹⁾들이 급속히 확산되고 있다. 스시전문점의 주요형태로는 초밥의 주재료와 가격 및 점포규모에 따라 가공 냉동 처리된 회를 이용하는 '소형 스시전문점'과 활어회나 선어회를 주로 이용하는 '대형 및 뷔페형 스시전문점'이 있다.

스시전문점은 2002년 이후에 급속히 증가하고 있으며 현재 전국적으로 1천여개 이상이 있는 것으로 추정된다. 특히 A사와 같은 소형매장의 프랜차이즈형 스시전문점이 급증하는 추세이다. 이러한 스시전문점은 '저렴한 가격'과 함께 '저칼로리 식품'이라는 특성과 함께 '저렴한 가격'과 일반 패스트푸드점과 같은 '고급스러운 내부 인테리어' 때문에 젊은 여성을 중심으로 확산되고 있다. 특히, 소형 스시전문점은 주로 영하 40℃ 이하로 급속 냉동한 냉동수산물을 이용하기 때문에 저렴한 가격대의 생선초밥을 제공하고 있어 대학생이나 젊은층의 유동인구가 많은 도심을 중심으로 증가하고 있다.

<표14> 주요 스시전문점의 현황

구분	A 사	B 사	C 사
주요 형태	소형 스시전문점	대형 스시전문점	뷔페형 스시전문점
점포 수	200여개	5개	단일점포
점포당 면적	8~15평	70~100평	300평
개점 시기	2003년	2003년	2002년
메뉴수	50~60개	100여개	40~50개
생선초밥용 재료 상태	가공 냉동회	활어 회	-
초밥가격(넙치초밥 1개 기준)	700원	1,500~2,000원	정액제(중식 1인 19,000원)

51) 대표적인 스시전문점으로는 전국 200여개 가맹점을 보유하고 있는 '스시990', '스시히로바'(수도권 중심 13개점) 등이 있다. 이러한 스시전문점은 다양한 메뉴와 고급 인테리어 및 서비스를 주무기로 하고 있다. 최근 건강에 대한 관심이 고조됨에 따라 패스트푸드점을 주로 이용하던 젊은층들이 간단한 식사대용으로 스시전문점을 많이 이용하고 있다.

주요 고객층(1회 고객 수)	대학생, 직장인(1~3인)	가족 및 연인(4~6인)	단체손님(15~30인)
주 : 스시전문점의 현황은 소형 10개 업체, 대형 4개 업체, 뷔페형 1개 업체를 대상으로 인터넷 조사한 후 각 형태별 스시전문점 중 1개 업체씩을 선택하여 전화 조사한 결과를 바탕으로 작성하였음			

이러한 스시전문점의 확산과 함께 E-마트나 롯데마트 등의 대형마트를 통한 생선초밥 판매도 최근 2~3년 전에 비해 대폭 증가하고 있는 추세에 있다<표15>.

<표15> 주요 대형마트의 활어 중 생선초밥의 판매 현황

구분	E-마트	롯데마트
연간 활어 판매량	약 800톤(넙치 700톤)	약 300톤(넙치 180톤)
생선초밥용 판매비율	15~20%	17~22%
주요특징	<ul style="list-style-type: none"> · 2~3년 전의 생선초밥용 판매비율은 10% 이내였음 · 초밥용어종 순위 : 넙치, 도미, 농어 순 	

대형마트의 연간 활어 판매량의 약 15~22%가 생선초밥용으로 판매되고 있으며, 이는 2~3년 전의 10% 이내에 비해 대폭 증가한 것이다. 대형소매점의 생선초밥은 앞서 설명한 스시전문점과는 달리 참치나 새우 등 일부 품목을 제외하고 전량 활어회를 숙성시켜 사용하며 어종은 넙치를 주로 사용하고 있다. 따라서 대형마트의 생선초밥용 회 소비는 스시전문점의 확산과 함께 새로운 회 소비문화로 대두되고 있다.

(5) 결론 및 시사점

국내에서 생산되는 양식어류 중 가장 효자상품인 넙치의 경우 종묘 및 생산기술은 일본이나 중국과는 비교가 안 될 정도로 탁월한 기술력을 보유하고 있다. 또한 자연환경도 좋아서 넙치의 양식기술이 보급된 이래 생산량은 지속적으로 증가하고 있다. 그러나 넙치 생산기술의 비약적인 발전과는 반대로 넙치 가격은 하락세를 면치 못하고 있다. 따라서 현재의 넙치 생산은 공급과잉 상태에 도달했다고 해도 과언이 아닐 것이다. 그러나 생산량이라는 정량적 측면만으로 모든 것을 판단하고 예측하기에는 부족한 부분이 많다. 따라서 본 연구에서는 넙치의 국내·외 유통과 소비자들의 소비행태에 대해 간략하나마 현황을 분석하고 향후 전망을 제시하였다.

조피볼락과 함께 가장 중요한 어류이며, 일반적인 수산물의 유통경로와는 달리 거래의 90% 이상이 인천, 하남 및 부산 활어도매시장과 같은 유사도매시장을 통해 거래된다. 넙치 수출은 넙치의 전체 생산량의 13.9%를 점하고 있으며, 대부분 일본으로 수출되고 있다. 넙치는 주로 횃집 등에서 외식으로 소비되는 것이 일반적이지만 싱싱회의 개발과 함께 별海별味, 스시전문점 등의 등장으로

Take-Out용 회 소비문화도 점차적으로 확대되고 있다. 또한 일부 대형소매점에서 활어회 코너를 운영함으로써 이러한 소비문화를 부추기고 있다. 이와 더불어 일부 횡집에서는 비용부담이 큰 부요리(일면 쓰키다시)를 없애고 순수한 활어회만을 판매하는 새로운 업태도 등장하고 있다.

양식 넙치는 지난 몇 년간의 생산량 급증으로 가격하락과 함께 제한적 판로의 문제점이 그대로 드러나고 있다. 따라서 최근에는 이러한 문제를 극복하기 위해 제주도 넙치 생산자 중 일부는 넙치에서 돌돔으로 양식 어종을 변경하는 경우도 있는 반면, 브랜드 넙치⁵²⁾와 같은 제품 및 가격차별화를 통한 적극적인 수요창출의 노력도 있다. 특히, 브랜드 넙치의 경우 주로 일본으로 수출하고 있으며, 국내 유통은 주로 대형소매점에서 판매하는 경우가 많다. 넙치의 해외 수요인 수출측면에서 볼 때, 일본뿐만 아니라 중국에서도 개방화와 경제발전으로 회 소비문화가 점차 확산되고 있으며 미국으로의 넙치 수출을 위한 판로개발로 향후 넙치 수출이 다양화 될 것으로 예상된다. 또한, 대형소매점을 중심으로 한 초밥용 활어회 수요가 증가하고 있고 스시전문점이나 회뷔페 등의 확산으로 회 소비문화의 다양화가 예상된다.

이와 같이 양식 넙치의 경우 과잉공급이라는 진단도 있으나, 생산측면에서의 자율적인 구조조정과 함께 수출의 다변화와 새로운 회 소비의 창출에 노력을 가한다면 향후 전망은 밝을 것으로 예상된다. 본 연구는 나열식 현황분석의 한계점은 있으나 특정 품목인 양식 넙치의 생산, 유통, 소비에 관한 전반적인 현황을 분석함으로써 실제적인 넙치 유통의 현황분석과 함께 소비행태를 분석함으로써 시사점을 도출하고자 하였으며, 미흡하나마 향후 전망을 제시하였다는데 의미가 있다고 볼 수 있다.

4. 넙치 수출 확대 방안⁵³⁾

1) 넙치 양식의 생산비용

넙치 양식의 경우 기본적으로 다른 양식에 비해 규모화가 이루어져 종사인원도 많은 편이며 해조류와는 달리 생육기간이 1년 이상으로 먹이 급이, 수조 환경조절 등 지속적인 관리가 필요하여 연간 작업일수가 많은 품목에 속한다.

표에서 보는 바와 같이 넙치 양식어업의 생산비용은 사료비가 43.2%로 차지하

52) 1993년 사조CS(주) 제주양식장의 인삼넙치를 시작으로 버섯넙치, 한방넙치, 백년초넙치와 같은 브랜드 넙치 등이 있다. 브랜드 넙치는 주로 표고버섯, 한약재료, 녹차, 유자 등의 지역 특산물을 사료 첨가물로 이용하고 있다. 특히, 버섯넙치와 한방넙치의 경우 특허등록 및 상표등록을 하였으며, 기존 넙치에 비해 kg당 500~1,500원 높은 가격대를 형성하고 있다.

53) 김우경, 송경은, FTA 대응 양식수산물 수출확대 방안, 수협중앙회 수산경제연구원. 2010.

는 비율이 가장 높게 나타났으며, 관리비가 19.6%, 인건비가 12.8% 순으로 나타났다. 그리고 관리비 중 비중이 높은 항목은 전기료로서 11.7%의 수치를 보이고 있다. 따라서 앞으로 수출확대를 위한 수출원가를 줄이는 차원에서는 여기서 제시하는 높은 생산비용 항목의 관리가 필요하다 하겠다. 수출확대 방안의 대내적 측면에서 다시 다루기로 한다.

2) 수출 장애요인

(1) 높은 사료비 비중

먼저 넙치 생산비용 중 가장 높은 비중을 차지한 항목이 사료비 비중이었다. 2008년에서 2009년에 걸친 조사에서 경영체의 사료비 비중은 43.2%나 되는 아주 높은 비중을 차지하고 있어 향후 넙치생산 및 수출에 있어 가장 큰 걸림돌이 되고 있다. 특히 사료비의 경우 생사료의 비중이 높는데 사료용 생선가격이 상승할 경우 사료비 전체 비중이 높아지고 결국 넙치의 가격경쟁력이 떨어지는 결과를 가져오게 된다. 따라서 이를 해결할 수 있는 배합사료 개발에 초점을 맞추는 것이 향후 넙치 양식생산에 있어 해결해야 할 과제라 하겠다.

<표 3-35> 넙치 양식어업 생산비용

단위 : 천원, %

구 분	해상		구 분	해상			
	금액	구성비		금액	구성비		
종 목 비	96,866	17.4	관 리 비	주 부 식 비	9,140	1.6	
사 료 비	240,991	43.2		후 생 비	2,347	0.4	
시 설 유 지 비	로 프 대	-		0	사 무 비	560	0.1
	부 자 대	-		0	유 류 비	7,066	1.3
	소 모 품 비	5,067		0.9	전 기 료	65,197	11.7
	기 타 자 재 대	26,344		4.7	기 타 관 리 비	14,739	2.6
	수 리 비	5,303		1.0	감 가 상 각 비	10,327	1.9
	소 계	36,714		6.6	소 계	109,376	19.6
인 건 비	급 료	66,398	11.9	가 공 비	가 공 자 재 비	-	0
	일 용 노 임	4,904	0.9		포 장 비	-	0
	소 계	71,301	12.8		소 계	-	0
				관 매 비	2,382	0.4	
어 업 비 용 계					557,631	100.0	

자료 : 2009년 양식어업경영조사, 수협중앙회

2009년 한해 어종별 사료급이량⁵⁴⁾을 보면 넙치의 경우 생사료의 비중이 94.8%나 된다. 이는 여타 어류보다 가장 높은 수치이다. 우럭은 85.3%, 참돔은 81.2%, 농어는 68.5%, 송어는 0.7%에 불과하다. 생사료의 급이율이 높은 것은 배합사료 급이시 성장이 부진하다는 이유로 넙치양식 어가에서 MP사료⁵⁵⁾와 생사료를 선호하기 때문이다. 하지만 배합사료와 생사료의 경제성 비교분석⁵⁶⁾ 결과에 따르면 사료형태에 따른 생물학적 성장차이는 없는 것으로 나타났고 연안 어류양식 어장의 생사료 사용으로 인한 환경악화를 막기 위해서는 배합사료로의 전환이 필요하다고 하겠다.

(2) 높은 종묘비 비중

넙치 생산에 있어서 사료비와 함께 종묘비 또한 비중이 높은 것으로 나타났는데 2008년부터 2009년에 걸친 조사결과에서 17.4%의 비중을 차지하고 있어 이 또한 넙치 생산에 있어 해결해야 할 문제이다. 특히 어류종묘 생산장의 경우 봄철 수온상승기에 입식되는 양식물은 통상 겨울에 가온하여 종묘를 생산하게 되는 경우가 있는데 이때 소모되는 유류비용의 비중이 높은 것으로 보인다. 따라서 유류비 절감을 통한 경영개선이 필요한 것으로 판단되며 유류절감형 가온시설 등의 설비확대가 그 예가 되겠다.

(3) 높은 전기료 비중

넙치생산에 있어 생산비용 중 다소 높은 비중을 차지한 것이 전기료이다. 앞서 분석한 넙치양식경영체의 지난 1년간 전기료의 비중은 11.7%를 차지하였다. 다른 품목에 비해 전기료가 작은 비중은 아니며 여기서는 전기료의 비중을 다른 각도에서 다루어 보고자 한다. 다른아닌 농업과 수산업에 달리 적용되고 있는 전력요금의 체계를 지적하고 싶다.

다시 말하면, 농업의 경우 양곡생산을 위한 양수 및 배수펌프에 사용하는 전력에 대하여는 농사용전력(갑)을 적용받고 있으나 양식어업에서 육상수조식 양식장의 양배수 펌프는 농사용전력(병)을 적용받고 있다⁵⁷⁾. 양곡생산을 위한 양배수나 어류생산을 위한 양배수는 전혀 다를 바가 없다. 다만 사용량의 차이가 있을

54) 통계청, 어류양식동향조사, 2009

55) 생사료와 분말사료를 혼합한 습사료

56) 황진욱·김도훈(2009), 넙치 배합사료 및 생사료의 경제성 비교분석

57) 김현용, 농사용 전력의 수산업 확대적용 방안, 월간 해양정보 2010년 9월호, pp. 50~56.

<농사용 전력 사용요금표>

뿐이다. 따라서 잘못된 전력요금의 적용으로 어민들에게 돌아오는 상대적인 피해는 바로 잡을 필요가 있다. 한편 전기료를 줄일 수 있는 방안으로 정부나 에너지관리공단과 협의를 통한 태양광발전시설 지원으로 전력비를 감소시킬 수 있을 것이다.

(4) 활넙치 수출에 의존

우리나라 넙치의 수출은 최근 미국 등 다른 국가로의 수출이 점차 확대되고는 있지만 아직까지 일본이 주요 수출시장이다. 그런데 수출되는 품목이 활넙치 형태라는 점이다. 2009년 한해 동안 일본으로 활넙치의 91.3%가 집중되어 있다. 또한 일본 넙치소비시장동향에서 살펴본 바와 같이 수산물 소비형태 중 최근 추세에 맞게 생선회로 소비하는 비중이 높아 활넙치에 대한 수요가 많기는 하지만 활넙치 이외의 품목 전환도 계속해서 고민할 필요가 있을 것이다.

(5) 고급활어에 대한 브랜드 홍보부족

현재 우리나라에서 생산되는 넙치의 경우 안전성에 있어서 문제가 없을 뿐만 아니라 이제는 기능성 광어까지도 생산하며 부가가치를 높이고 있는 실정이다. 그리고 생산현장을 확인하고 넙치를 수입해가는 일본 바이어와 현지 판매자들에게도 인지도는 높은 것으로 알려졌다. 다만 고급 활어에 대한 브랜드 홍보부족으로 일본 소비자들에게는 한국산 넙치에 대한 인식은 낮은 편이라 판단된다. 따라서 일반 소비자들을 대상으로 다각적인 홍보를 실시하여 한국산 넙치의 브랜드 인지도를 제고시킬 필요가 있겠다.

3) 수출 확대 방안

(1) 생산비용 절감을 위한 육종 넙치 지속개발

앞서 장애요인에서 밝힌바와 같이 넙치 생산에 있어서 사료비의 비중이 다른 수산양식물에 비해 매우 높기 때문에 이 문제를 해결하기 위해서는 품종개발을

구분	갑	을	병	평균
기본요금(원/kW)	340	930	1,070	780
전력량 요금(원/kWh)	20.6	26.3	36.4	27.8

지속적으로 진행하여야 할 것이다. 빠른 성장과 내병성이 강한 품종을 계속해서 개발하는 수밖에 없다.

이 문제는 국립수산물과학원의 지속적인 육종 연구에 힘입어 많은 진전이 있었으나 또 다른 새로운 질병에 대한 치료를 위해 계속 연구를 진행하여야 할 것으로 보인다. 또한 넙치의 생존율이 50% 내외까지 떨어진 문제를 해결하기 위해서도 반드시 필요한 부분이다. 이 문제가 해결되지 못하면 생존율이 저하될 경우 과도한 종묘 입식이 이루어지거나 계속해서 종묘를 입식하게 되는 등의 문제가 되풀이되기 때문에 양식어가 입장에서는 큰 문제가 아닐 수 없다.

(2) 고효율 배합사료 개발, 보급 확대

앞서 제시한 어업경영비 자료에서 보았듯이 넙치의 경우 사료비 비중이 다른 수산물 양식에 비해 43.2%의 높은 비중으로 나타났다. 이 수치가 보여주듯이 넙치 수출에 있어서 높은 사료비 비중을 낮추는 것이 해결해야 할 핵심과제 중의 하나이다. 최근 넙치 배합사료가 생사료에 비해 생육차가 없고, 어장 오염물질 농도가 더 낮을 뿐만 아니라 이제는 기능성물질을 첨가한 기능성 배합사료가 개발됨에 따라 수산용 항생제를 사용하지 않고도 안전한 수산물을 생산하는 것이 가능하게 되었으며, 이것이 하루빨리 보급되는데 역점을 두어야 할 것이다.

문제는 넙치양식에 있어서 생사료에서 배합사료로 먹이가 전환되어야 한다는 인식은 어느 정도 확산이 되고 있으나 실제 양식하는 대부분의 어민들에게 배합사료와 생사료의 생육차이가 없음을 검증하기까지 상당한 시간이 소요될 것으로 예상된다. 또한 현재 생사료 사용으로 야기되는 연안 양식어장의 환경악화 및 자원 남획을 방지하고 어류양식의 국제경쟁력 제고를 위해 실시하고 있는 환경친화형 배합사료 사용에 대한 보조금을 확대 실시할 필요가 있다. 배합사료와 생사료에 대한 성장차이가 없음이 검증된 상황에서 어민들의 배합사료 사용비중을 높이기 위해서는 정부의 보조금 확대실시가 필요하다 하겠다.

(3) 질병에 의한 양식장 피해 최소화를 위한 백신개발 확대

넙치의 경우 2005년 이후 입식량은 매년 약 1억 2천만마리 정도이며 질병 및 자연재해에 의한 폐사량은 4천 8백만 마리로 폐사율은 40%에 달한다. 이 문제의 주된 원인은 세균성 질병과 바이러스성 질병 등이다. 우량 넙치 생산과 함께 해결해야 할 큰 과제이다. 안전하고 건강한 양식넙치를 생산하기 위해 고효능 백

신개발과 함께 백신 인프라구축에도 노력이 필요하다.

(4) 수요 반영 활넙치 생산 및 새로운 가공제품 개발

이 문제는 기능성 배합사료개발과도 연계된 내용으로서 일본뿐만 아니라 세계의 모든 국가들이 이제는 양보다는 질을 선택하는 시대이다. 단순한 수산물이 아닌 특별한 기능이 포함된 수산물을 섭취하기를 원한다. 바로 기능성 넙치가 예가 될 수 있겠다. 뿐만 아니라 생산수산물에 대한 이력제 도입을 확대하여 상품을 고부가가치화시킬 필요가 있을 것이다. 수산물 이력제의 경우 유통경로의 투명성 확보와 효율적인 품질관리를 통해 소비자와 생산자간의 신뢰관계를 구축하여 안전한 수산물 먹거리를 소비할 수 있는 장점이 있기 때문에 수출확대에 큰 기여를 할 것이라 생각한다. 일본은 현재 굴, 방어, 활넙치, 김, 은어, 재첩, 다시마, 어육, 수산가공품 등에 이력추적제를 실시하고 있다⁵⁸⁾.

그리고 지금까지 일본으로의 넙치 수출은 활어 형태가 대부분이었는데 일본인들의 수요를 파악하여 새로운 형태의 수출가능 품목에 대한 투자도 필요하다고 판단된다. 예를 들면 고급 냉동회 등의 가공 신제품 기술개발이 필요하다 하겠다. 이는 장기적으로 접근해야 할 문제라고 보여진다.

(5) 현지시장 홍보사업의 규모화, 다양화

그동안 광어에 대한 홍보는 생산자들이 가입한 조합의 자조금 조성사업을 통해 계획을 세워 홍보를 하고 있으나 조합에 따라서는 차이가 날 수 밖에 없는 실정이다. 따라서 정부나 관련기관에서는 안전성 기준 등 특정기준 이상 충족 시에 국가차원에서 수출을 지원할 수 있는 대책이 필요할 것으로 보인다. 그리고 대외적으로 일본에 대한 홍보는 일부 있었지만 TV광고, 시식회 등 일시적인 경우가 많았다. 현지에서의 홍보를 기관단체 또는 협의체를 중심으로 확대 실시할 필요가 있을 것이다. 그리고 앞서 소개했듯이 일본의 식사문화가 외식형태로 많은 소비가 이루어지고 있는 점을 감안하여 고유브랜드를 내세워 현지 점포개설도 고려해 볼만 하다.

(6) 수출에 대한 안전성 검사기능 강화

58) 농림수산식품부 : 수산물이력제 자료

안전성 검사는 넙치 뿐만 아니라 많은 수산물에 적용되어야 할 내용이기도 하다. 현재 우리나라 주요 넙치 생산에 있어서는 안전성검사를 실시하고 있다. 우리나라에서 가장 많이 생산되고 있는 제주산 활넙치의 경우 2005년 지식경제부 지정 세계일류상품으로 선정된 이후 2006년 7월부터 제주특별자치도 출범을 계기로 안전성 검사를 위한 조례 추진 및 결정에 따라 양식중인 광어에 대해 유통 전 검사를 함으로써 넙치의 안정성을 확보하게 되었다. 그리고 전라도 지역의 완도 광어의 경우에도 2010년도 8월부터 지리적 표시제와 연계하여 자율적으로 시행하게 되며, 안전성검사 합격품에 한하여 출하하는 것으로 하였다⁵⁹⁾. 이러한 안전성 검사는 수출뿐만 아니라 국내소비용으로도 차별화됨으로써 향후 브랜드 가치를 높이고 상품경쟁력을 유지하는데 그 몫을 다할 것이다.

59) 전남서부어류양식수협 자료(2010. 08)

2. 노르웨이의 양식산업과 어류 육종기술 그리고 한국의 어류 양식업의 미래 (Contribution of Selective Breeding Technology to the Norwegian Aquaculture and the Future Perspectives of Korean Aquaculture)

노르웨이 양식산업의 발전 과정

양식의 역사

어류의 생산이 통제 가능한 환경에서 이루어지기 시작한 것은 이미 5천 년 전 중국에서 시작한 것으로 역사의 기록에 나타나지만, 인류 역사에서 양식 산업이 획기적으로 발전하고 생산량이 증가한 것은 1980년대이다. 이는 어류 양식에서 새로운 기술이 도입되고 기업적 정신이 접목된 결과라 할 수 있다.

노르웨이 양식업의 역사는 1850년에 바다 송어를 부화 시킨 것이 최초의 역사이며 1900년대에 무지개송어가 덴마크에서 수입되고 연못에서 양성하기 시작했다. 그 이후 1960년에 최초로 바다에 키울 수 있게 되었으며 이 시기에 대서양 연어의 바다양식이 이루어지기 시작했다. 기술적인 발전은 1970년에 처음으로 바다 가두리를 디자인하고 생산하게 됨으로써 대량생산의 기초를 마련하게 되었다. 연어양식에서 있어서 가두리 생산은 육상수조 시스템과 비교하면 월등하게 우수한 환경을 제공하게 되었고 많은 섬과 피요르드 등으로 구성된 긴 해안선을 가진 노르웨이 자연환경과 맞물려 최적의 양식조건을 갖추게 되었다. 또한, 곁프 해류는 안정적인 해수 온도를 유지하여 집중적인 양식 환경 조성에 이바지했다. 이러한 하드웨어적인 발전과 함께 가장 획기적인 발전은 육종이라는 개념을 양식에 도입함으로써 이루어지게 된다.

가계 정보를 이용한 첫 번째 육종 프로그램이 노르웨이에서 대서양 연어와 무지개 송어의 양식에 처음 도입된 것이 1970년대이다. 현재 세계에 양식어종 중 약 20종에 대한 60여 개의 육종 프로그램이 운용되지만 여전히 전 세계의 생산량 중 5% 미만의 적은 생산량만이 육종에 의해서 생산된다는 사실은 앞으로도 육종 프로그램이 양식어종의 생산성 향상에 미칠 영향이 많다는 것을 말해준다. 더구나 대부분 육종 프로그램은 초보적 수준에 머물며 가장 기본적인 성장이나 회수율 등 한두 개의 형질을 선발하고 더구나 가계의 정보를 이용하지 않음으로 인해서 장기적인 측면에서는 매우 불완전한 육종프로그램을 운용하고 있다. 지금까지 노르웨이의 대서양 연어와 대서양 송어의 양식에서만 거의 100%의 모든 생산이 다양한 형질들을(최대 10개) 선발하는 육종 프로그램에 의해서 발전된

친어집단에 의해서 생산된다.

노르웨이는 1970년대 후반부터 양식 산업을 국가 경쟁력을 위한 산업으로 육성하기 위하여 끝없는 노력을 기울여 왔다. 정부가 주도하는 각종 연구개발 프로젝트에 능동적으로 참여한 민간 기업들의 노력으로 현재의 수산양식 선진국으로 설 수 있었다. 육종 프로그램이 처음 도입되던 시기에는 개인 양식업자들이 많은 투자를 할 수 없었고 시장 또한 지금과 같이 개척되지 않은 상황이었다. 따라서 대부분의 연구와 투자는 정부 주도로 이루어질 수 밖에 없었고 개인 기업에서는 정부의 정책에 맞는 운영과 적극적인 참여로 육종이 정착하고 발전하는데 기여하였다.

현재 50~60%의 노르웨이산 연어와 송어는 유럽에 판매 되고 있고 나머지는 전세계에 판매되고 있다. 현재 양식으로 생산되는 연어는 노르웨이 경제의 지속 가능한 기여를 하고 있으며 아직도 많은 성장 가능한 국가 경제분야의 하나이다. 현재는 연어 이외의 다른 어종에 대한 양식을 확대하여 더 많은 생산성과 이익을 창출하고자 노력하고 있다. 아직까지 연어와 무지개송어가 가장 많은 생산량을 차지하고 있지만, 대서양 대구나 할리벳 등 다른 해수 어종으로 관심이 돌려지고 있는 것 또한 고무적인 일이다.

노르웨이의 높은 인건비로 때문에 양식업의 운영은 현실적으로 변해 가게 되는데 이것은 곧 양식업에 종사하는 사람들의 숫자로 가늠할 수 있다. 1995년 이후에 연어와 송어의 생산량은 2배가 되었지만, 종업원 수는 4,500명에서 3,000명으로 오히려 급감하게 되었다. 같은 현상이 가공공장에서도 나타나게 되었다. 하지만 기타 서비스 분야 즉 사료생산이나 기타 기술적인 공급업체들의 고용률이 늘어나면서 고용기회에 대한 균형이 잡혀가게 되었다.

양식어종의 선택

회귀 어종인 대서양연어는 노르웨이의 토속 어종으로서 부화와 변태기간을 노르웨이 강에서 보내고 성장기간을 바다에서 보내는 전형적인 회귀 어종의 특징을 지닌다. 자연산 연어나 할리벳은 노르웨이 해안선을 따라서 전통적으로 잡히던 어종으로서 가장 주민들에게 중요한 어종이었다. 태평양연어와는 달리 잡히는 양은 연간 수 천톤이 넘지 않을 정도로 작은 양이었으므로 대량생산에 대한 꾸준한 노력이 있게 된 원인이 되었다.

무지개송어는 노르웨이의 토속종이 아니고 1900년대에 노르웨이에 수입된 것으로 알려진다. 1960년대까지는 오직 민물호수에서만 소규모 양식이 이루어졌으며 이후 바다로 옮겨 양식이 가능하게 됨에 따라서 2~6 kg까지 키울 수 있게 되면

서 대중적인 어종이 되었다. 대서양연어와 송어는 노르웨이 전해안선을 따라 생산이 되고 있으며 1975년 이후 정부에 의해서 양식허가를 받아야 하는 제도적 정비를 통해서 양식면허의 숫자 잘 조정하여 환경적으로 모범적인 운용을 하고 있다. 바다에서 양성은 100% 가두리에서 이루어지며 가두리는 사각형 구조이거나 원형 플라스틱 구조이다.

노르웨이 연어의 육종 효과

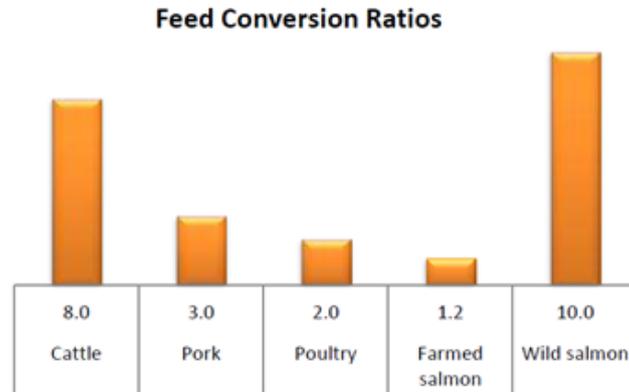
1975년에 가계 혈통을 기본으로 하는 연어의 육종프로그램이 시작되어서 첫 두 세대는 성장률이 유일한 선발 형질이었다. 그 이후 세대부터는 현재의 육종에서 적용되는 여러 가지 형질들 즉, 성숙시기, 병에 대한 내성 등 상업적으로 중요한 형질들이 선발되기 시작했다. 처음 6세대 동안에는 성장률의 증가는 세대별 평균 14%였는데 이것은 일반적으로 다른 어종에서 보인 결과와 일치하는 증가율이었다. 첫 5세대 선발 후 육종되지 않은 자연산 연어와 비교했을 때 성장률은 두 배 이상 증가하였고 사료 소화 흡수량은 40% 이상 증가하였으며 단백질과 열량의 보존율은 각각 9%와 14% 증가하였다. 사료계수는 20% 이상 효율적으로 변한 것을 확인하였다. 더욱 중요한 것은 육종에 의하여 각종 세균성 질병과 바이러스성 질병에 대한 저항력이 급격하게 증가하였다는 것이다. IPN 바이러스의 감염에 의한 폐사율은 거의 90% 이상 줄었다는 것이 증명되었다.

어류육종이 양식 산업에 차지하는 중요성

세계 인구는 연간 1,7% 증가하는 데 반해서 연간 양식생산량은 3,1%에 달해서 약 1,4% 인구 증가율을 넘게 생산하고 있다. 그런데 연간 일 인당 생선 소비량은 1960년대에 9,9kg 이던 것이 2009에는 18,4kg 으로 늘었다. 하지만 대부분의 선진국에서는 평균 30kg 이상을 소비하고 있다. 예를 들어서 미국은 25kg, 프랑스 35kg, 노르웨이 50kg, 일본 60kg, 그리고 한국도 일본과 비슷한 일인당평균 60kg의 생선 (폐류 포함)을 소비하고 있다.

연간 식용 가능한 생선의 총생산량은 1억 3천만 톤 정도이나 아시아에서 약 65%가 소비되고 있다. 인구증가율과 생선 소비량의 증가 추세로 보면 2030년경에는 2300만 톤 정도가 추가로 생산되어야만 원활한 공급이 이루어질 수 있을 것으로 보인다. 자연산 어획량이 정체된 가운데 FAO에서는 2030년에는 양식생산량이 현재 4천5백만 톤에서 8천5백만 톤으로 증가 할 것으로 예상하고 있다. 이러한 숫자에서 보면 대서양연어의 생산량이 1980년에 비하면 600% 정도 증가

하였다고 하여도 전체 생선 생산량으로 보면 아주 조그만 부분이고 흰색 살코기 생선이 10배나 많이 생산되며 또한 많은 어종이 여기에 포함된다.



Source: Marine Harvest, article in Fiskaren March 20 2009, British PIG BPEXX Yearbook 2007, www.pork.org

단백질 생산 효율성 증가

주된 동물단백질 공급원은 소, 돼지, 닭 그리고 해산물이 된다. 소, 돼지, 닭은 전량 가축으로 사육되는 종이며 해산물 또한 점점 더 많이 양식으로 공급되고 있다.

동물단백질을 얼마나 효율적으로 생산하는지에 측정하는 방법 중의 하나가 사료계수 (feed conversion rate, FCR)를 계산하는 것인데 이것은 간단하게 말해서 동물들의 체중이 1kg 증가하는데 몇 kg 사료를 먹여야 하는지를 측정하는 것이다. 여기서 연어양식에서 FCR 를 다른 3종과 비교했을 경우 연어양식이 가장 효율적이며 (1,2) 소가 가장 비효율적 (8,0)이란 것을 알게 된다. 연어의 FCR이 가장 효율적인 이유는 냉수성 어류로서 에너지를 몸을 따뜻하게 하는 데 사용하지 않는 데 있다. 그런데 분명한 차이는 자연산 연어의 경우 FCR이 10.0 이상이란 것이다. 이렇게 극명한 차이는 어디에서 오는 것인가 생각해 볼 필요가 있다. 다시 말하면 양식연어는 육종기술에 의해서 사료효율이 그만큼 효율적으로 증가한 것이다. 다른 가축에 비해서 어류 양식이 체계적으로 수행될 때에 가장 효율적인 단백질 공급원이 된다는 것을 보여준다.

회수율 (Fillet yield) 증가 - 연어의 경우 체중의 70% 달성

회 혹은 포(Fillet)는 기계나 손으로 뜨게 되는데 손으로 하는 방법은 인건비가 많이 들고 시간이 오래 걸려서 노르웨이에서는 거의 기계를 이용한다. 회수율은 포를 떼을 때 무게와 전체 물고기의 무게의 비율을 말하고 다시 말하면 전체 물

고기에서 먹을 수 있는 부분을 나타내게 된다. 따라서 양식어종의 경제성의 척도로 이용된다. 연어의 경우 최고 78%의 회수율을 이룩함에 따라서 경제성이 급상승하였다.



회수율은 연어양식에서 가장 중요하고 값어치 나가는 부분이어서 경제적인 중요성이 가장 높은 부분이다. 일반적으로 회수율은 어종이나 물고기의 해부학적인 특징에 따라 달라지는데 머리가 크고 뼈가 굵고 많은 어종은 회수율이 떨어지는 경향이 강하다. 회수율이 낮은 어종은 30% 이하인 경우도 있지만, 연어의 경우 자연산의 경우 50% 이하이지만 양식산의 경우 지속적인 선발로 인하여 78% 까지도 달성한다. 이것은 가게 간의 회수율에 대한 변이가 아직도 많다는 것으로 유추하면 지속적인 회수율의 증가가 가능하다는 것을 나타낸다.

세대주기(Life Cycle)의 단축과 생산량의 조절

세대주기의 단축은 양식 산업에서 육종기술이 기여하는 부분을 극대화할 수 있는 부분이고 또한 시장의 요구에 맞는 생산량을 조절하는 구조를 갖추는 것은 이익의 극대화에 반드시 필요한 부분이다. 육종과 함께 양식 기업은 보다 탄력적으로 생산 시스템을 운용함으로써 능동적인 시장 대처가 가능하게 되었다.

2000년 초기에 칠레의 연어 생산이 가파르게 상승하였으나 2007년에 ISA 바이러스의 창궐로 인하여 2009-2011까지 거의 생산량이 전무한 상황이 되었다. 2011년 이후 칠레의 연어양식 산업은 총체적인 리빌딩이 시작되었다. 반면 영국과 캐나다의 생산량은 지난 5년간 안정적이었지만 미래의 성장에 대한 잠재력은 제한적인 것이 현실이다. 그 외 여러 지역에서 연어를 생산하지만, 시장에 미치는 영향력은 거의 없는 실정이다. 미래의 생산량에 미치는 가장 중요한 요소는 현재 가두리에 자라고 있는 물고기양과 사료 판매량 그리고 가두리에 넣은 종묘의 숫자이다. 이 3가지 요소가 향후 3~5년간 생산량을 추정할 수 있는 가장 정확하고 중요한 요소가 된다. 향후 1~2년간 생산량을 추정하려면 현재 입식 되어 자

라고 있는 물고기의 숫자를 크기별로 파악하는 것이 제일 현명한 방법이 된다. 출하되는 연어의 크기는 보통 4kg 이상인데 이들의 숫자가 단기간의 생산량을 결정하게 된다. 실제로 물고기의 숫자를 파악하기 힘들 경우에는 판매된 백신의 양으로 추정할 수 있다. 왜냐하면, 종묘를 바다 가두리에 입식할 때는 대부분 백신 접종을 하기 때문이다. 이것은 향후 2~3년 후에 수확량을 가늠해 볼 수 있는 좋은 지표가 된다. 생산량에 영향을 줄 수 있는 또 다른 요소는 바다 수온이다. 해수 온도가 높으면 다음 해에는 생산량이 증가하는 패턴을 보이기 때문이다. 또 다른 중요한 요소는 질병의 발병이다. 질병은 치사율을 증가시킬 뿐 아니라 성장률에도 많은 영향을 미치기 때문이다.

역사적으로 연어 양식업은 소규모 업체들이 모여서 이루어졌는데 스코틀랜드나 칠레도 그런 측면이 있었지만, 노르웨이는 더 작은 업체가 전국에 산재해 있었다. 칠레보다는 노르웨이 연어 양식장들이 더 소규모로 진행이 되었는데 그것은 정부의 정책에서 비롯된 것이다. 노르웨이 정부는 연어 양식장을 전국에 걸쳐 유치하고 한곳에 집중되는 것을 막았다. 하지만 칠레 정부는 양식업의 발전을 빨리 진행시키기 위해서 대규모 양식 단지를 만들고 한곳에 집중적으로 양식장을 유치하였다. 그리하여 질병에 아주 취약한 구조가 되었고 작은 업체들은 도산을 피할 수가 없었다. 하지만 지난 10년간 모든 나라에서 연어 양식업은 인수 합병의 거대한 바람이 불고 지나갔고 이런 추세는 지속해서 진행될 것으로 생각된다. 칠레에서는 특정 지역에 집중적으로 양식장을 유치했지만, 양식장 소유는 조그만 개인 양식 업체였는데 지난 ISA 질병이 만연한 이후에는 대기업이 합병 인수를 해서 이제 기업화가 되어가고 있다. 연어 양식장을 운영하기 위해서는 어느 나라든지 반드시 면허를 획득해야 하는데 면허에는 한 회사가 생산할 수 있는 최대 생산량과 특정지역 전체에서 생산할 수 있는 최대량을 정해서 발급이 된다.

연어의 라이프 사이클은 3년이 대부분인데 첫해는 알을 생산하고 부화하여 스폴트 (바다에 입식 되는 종묘)가 약 100g 정도까지 통제 가능한 민물 수조에서 자라게 된다. 그 이후 바다 가두리에 입식이 되어 4~5kg까지 자라는 데 필요한 14~25개월의 양성시기를 거치면 수확이 된다. 양성시간은 지역과 연간 기후 변화에 따라 많은 차이가 있는 수온에 따라 많은 영향을 받는다. 수확 시기가 되면 1차 가공공장으로 옮겨지게 되는데 여기서는 도살과 내장의 제거가 동시에 이루어진다. 대부분의 연어는 내장이 제거된 상태에서 얼음에 채워져 시장으로 나가게 된다.

가을에는 친어들이 다음 세대 생산을 위해서 알을 생산하게 되는데 이 과정에

서는 어미들의 배를 열어서 알을 받고 인공수정으로 부화를 시킨다. 부화된 치어들은 광주기 조절을 통하여 성장을 촉진시키며 변태과정을 촉진시켜 바다 가두리에 옮겨지는 시기를 최대 6개월 단축할 수 있다. 광주기 조절된 치어를 S0라고 부르며 정상 치어들은 S1이라 불리게 된다. 노르웨이에서 S0 치어는 일 년에 2번 바다로 입식이 되는데 수정 후 12개월 안에 이루어지는 반면 S1은 18개월 내에 바다에 입식이 된다. 일부는 S11/2 처리를 하는데 이 경우에는 약 24개월 정도 걸리게 된다. 수확은 연중 지속적으로 이루어지며 주로 S0 들은 1~6월에 S1은 7-12월에 이루어진다. 여름에는 시장으로 공급이 다른 계절에 비해서 현저히 달라지는데 이것은 S0과 S1이 겹치는 시기로 대형 S0 과 소형 S1이 동시에 출하되는 시기가 되는 것이다. 수확인 된 가두리는 2~ 6개월간 비워서 유지하며 다음 세대 스몰트는 같은 지역에 입식이 될 수도 있지만 같은 지역에는 2년간만 할 수 있다. 예를 들면, 제1세대 (G1)이 제1장소 (L1)에 입식되고 G2가 L2에 입식이 된다면 G3는 G1이 수확되고 비어 있는 L1에 입식이 된다. 따라서 지난 4분기에 성장이 빨라서 수확이 가장 많이 되었다면 대부분은 S1이 수확된 것이고 약간의 마지막 S0와 더불어 S11/2 수확이 가능하다.

위와 같은 탄력적인 생산 시스템이 가능하게 된 것은 육종 프로그램을 보다 다이나믹하게 운용하여 보통 4개의 육종 핵집단을 갖고 탄력적으로 운용하기 때문인데 각 핵 집단은 시장예측에 따라서 생산용 교배지침을 탄력적으로 제공하게 된다.

수정란 생산 및 공급

노르웨이 연어양식업계에 몇 개의 수정란 공급업체가 있다. 그중에서도 Aqua Gen, Fanad, Lakeland, 그리고 Salmobreed 가 대표적인 업체이다. 수정란 공급 업체는 다음 시즌에 얼마나 출하를 할지 예상하여 치어들의 교배를 조절하여 과잉공급이 되지 않도록 조절한다. 알 생산은 쉽게 조정이 가능하며 국제적인 마켓을 가지고 있기 때문에 이들 업체는 전 세계로 수정란을 공급한다.

스몰트 (바다에 입식하는 종묘) 공급

대부분의 스몰트는 수직적으로 통합된 가치사슬을 갖고 있는 양성기업이 자체적으로 생산한다. 자체 생산된 스몰트는 대부분 자체 양성에 사용되고 일부 잉여분은 외부에 판매도 하지만 그 양은 아주 극소수에 불과하다. 스몰트 생산은 수정란에서부터 6-12개월이 소요되지만 60-100g 이 되면 성숙하게 된다. 양성장이 있는 바다 수온의 변이가 심하기 때문에 스몰트의 성장에 많은 영향을 준다.

대부분의 북반구 연어생산국은 1~3월까지 해수 온도가 낮고 가을에는 10도 가까이 차이가 나는 것에 반하여 칠레는 연중 10~14도 정도로 매우 안정적이다. 칠레는 평균적으로 높은 온도가 12도 정도이며 아일랜드는 11도, 노르웨이와 캐나다는 10도 정도이다. 냉수어종인 연어는 수온에 민감한 반응을 보이며 성장률에도 많은 차이를 보인다. 연어 성장에 가장 적당한 수온은 8-14도 정도인데 칠레는 수온으로 인하여 가장 경쟁력 있는 생산조건을 갖고 있어서 다른 지역에 보다 3~4개월 빨리 수확을 할 수 있는 조건을 갖고 있다. 높은 온도에서는 성장도 빠르지만, 질병이 발병할 가능성 또한 높다. 수온이 0도 이하로 내려가면 폐사율이 급상승한다. 이러한 온도에 대한 민감성을 완화하는 방법이 가두리 깊이를 가능한 깊이 하여 물고기가 수직으로 움직여 적당한 온도를 찾을 수 있게 하는 것이다.

생산단가 절감 요소

사료: 모든 단백질 생산과정에는 사료가 가장 큰 비용을 차지한다. 국가마다 사료값이 차이가 나는 이유는 사료 생산에 어떤 것을 쓰는가와 운송 그리고 FCR(사료계수)에 원인이 있다. 양식 산업에서 생산단가 중에 가장 많은 큰 부분을 차지하는 사료비를 줄일 수 있는 가장 중요한 것은 FCR을 보다 효율적으로 낮추는 것이다. 연어의 경우는 현재 1.2 정도를 유지하고 있는데 해상 가두리에서 볼 수 있는 최고의 효율이라 생각된다.

스몰트: 스몰트 생산은 민물 호수에서 이루어지거나 혹은 순환 여과 시스템을 갖춘 육상수조에서 이루어진다. 스몰트는 민물에서 100g까지 자라서 바다 가두리에 옮겨지는 과정인데 영국에서는 생산량이 적기 때문에 어떤 방식으로 생산을 하던 가장 높은 생산비가 들고 칠레는 대부분 호수에서 생산을 하는데 싼 인건비 덕분에 가장 저렴하게 생산할 수 있다. 노르웨이는 호수에서 생산하는 시스템에서 대량 생산 가능한 육상수조 생산 시스템으로 바뀌고 있어서 생산비 대비 보다 효율적인 생산을 하려고 한다. 스몰트의 생산에서 가장 중요한 것이 부화율과 질병에 대한 내성으로 집단폐사를 방지하는 것인데 이 부분에서 선발형 질들을 꾸준히 선발하여 생산효율을 증가시키고 있다.

인건비: 인건비는 나라마다 차이가 크지만 많은 자동화 시스템으로 전체적으로 총 생산비에 미치는 영향은 아주 적다.

운송선과 가공: 가두리에서 가공공장까지의 활어 운송과 도살 그리고 가공 과정에 들어가는 비용은 생산량과 운송 시스템 그리고 자동화 여부에 따라 많이 달라진다.

기타 비용: 직간접 생산 비용과 운영비 그리고 보험료 같은 것이 필요하다. 위의 생산단가 절감을 육종기술이 기여할 수 있는 부분은 생산가에서 가장 많은 부분을 차지하는 사료에 대한 것이다.

육종 프로그램이 제공한 부작용: 탈출연어의 환경교란 문제

항상 어떤 연구나 시도는 순기능이 있으면 부작용도 있는 것이 일반적인 현상이다. 노르웨이 육종연어집단이 상업적인 면에서는 많은 발전과 함께 노르웨이를 수산강국으로 이끌고 있지만, 한편으로는 지금 몇 가지 문제점들이 지적되고 있다. 이러한 문제점은 미리 알고 대처를 할 수 있고 현재의 노력으로 많은 해결책이 제시되고 있다.

가장 큰 문제점은 탈출연어의 문제이다. 위에서 언급한 바와 같이 육종연어들은 자연 토속종에 비하여 모든 면에서 우월하며 FCR과 소화력 역시 자연산에 비해서 월등하게 우위에 있다. 따라서 바다 가두리에서 탈출한 연어들은 자연상태의 토속종과 경쟁에서 우위를 점하게 되고 결과적으로 자연산 연어들의 자연환경을 파괴함으로써 자연산이 멸종하는 결과로 이어진다.

탈출연어들은 우선 자연서식지를 점령하게 되고 자연종들과 교배로 인하여 유전적으로 섞이게 되며 실제적으로 자연종에 비해서 월등히 넓은 지역으로 이동하여 노르웨이의 거의 모든 강으로 회귀하며 2008년 조사에서 거의 35% 이상이 양식산 탈출어로 밝혀졌다. 이것은 또한 자연종으로 각종 질병의 전이와 함께 자연종의 생존에 큰 위협으로 작용한다. 양식산의 부화 성공률은 자연 상태에서 40% 이상을 유지하는 데 비해 자연종은 1-24% 정도를 유지하여 세대가 거듭 할수록 탈출어의 숫자는 많아질 수밖에 없다. 따라서 이에 대한 대책으로 노르웨이 정부에서는 강력한 법령을 마련하여 양식 기업들이 탈출어가 발생하지 않도록 대책을 강구하게 하고 탈출어가 발생할 경우 강력한 제재를 하고 있다. 강으로 회귀하는 양식산 연어가 총 5%가 넘지 않도록 조정한다는 목표로 노력하고 있다. 탈출어가 발생했을 경우 탈출어의 포획에 필요한 경비를 양식 기업에서 부담해야 하며 탈출어의 양에 따른 강력한 벌금제도가 정착되어 있다. 최근 노르웨이 정부에서는 자연종과 양식 탈출어를 구별 할 수 있는 방법을 개발 확보하여 보다 근본적인 대책을 수립하고 있다.

육종기술과 사료비 절감

역사적으로 사료생산에 가장 중요한 두 가지 성분이 어분과 어유이다. 이 두 가지 해양 생물질은 양식사료 생산에 필수적인 성분이었지만 이제는 많은 부분

이 농업 생산물로 대체가 된다.

일반적인 농산물로는 대두, 해바라기, 밀, 옥수수, 완두콩, 그리고 양계사업의 부산물 (캐나다, 칠레)이다. 그리고 어유는 유채유가 대체를 하고 있다. 이러한 대체는 바다 생태계의 고갈로 어분과 어유의 공급이 제한되고 가격이 상승함에 따라서 이루어지고 있다. 하지만 어분과 어유에는 농산물에서 나오는 기름보다 농축되고 완벽한 핵산이 많이 포함되어 있어서 완전한 대체를 이룩하기 위하여 더 많은 연구결과가 필요하다.

양식 산업의 초기에는 연어사료는 습식으로서 수분이 많이 함유되어 있었고 해양단백질 60% 그리고 지방이 10% 정도 포함되어 있었다. 기술의 발달로 인해서 건식 사료가 개발되면서 보다 많은 연구가 단백질과 지방의 함유비율에 집중될 수 있었다. 전형적인 1990년대 초기 사료에는 약 45%의 해양단백질이 포함된 사료를 생산했는데 지금은 해양단백질원의 공급부족에 따른 가격상승으로 해양단백질의 함유량은 지속해서 줄어들고 있다. 가장 중요한 발전은 지방산의 함유율이 점점 높아지고 있다는 것인데 이것은 사료생산 기술의 발달과 함께 사출식 사료생산이 가능해진 결과이다. 시장의 요구와 신설된 규정 그리고 해산 단백질의 이용 가능성에 따라서 국가마다 생산되는 사료의 성분이 다르다. 캐나다와 칠레의 경우 더 유연한 법을 적용하여 사료생산이 더욱 쉽게 이루어지고 다양한 성분이 들어갈 수 있으며 가격에도 많은 영향을 준다. 사료 생산의 일차적인 목표는 저렴한 사료로 가장 건강하고 효율적인 양식 어류의 성장을 이룩하는 것이다. 따라서 가장 이상적인 사료는 가장 저렴한 가격으로 생산하는 사료이지만 아직도 최고급 사료도 일부 지역에서는 사용된다. 이 경우는 특별한 성장률이 더 많은 이익을 가져다준다는 보장이 있어야 가능하다. 또한 자동 급식 시스템은 사료의 낭비를 막아 주고 물고기가 성장에 필요한 충분한 사료를 공급받게 도와준다. 일반적으로 빨리 자라는 물고기는 사료효율도 가장 높은 경우가 많다.

사료생산가격 상승에 따른 양식 산업의 한계

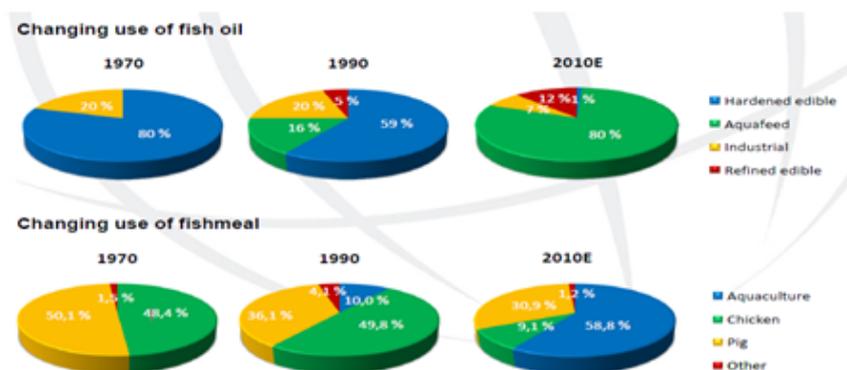
최근 양식업계에서는 지속성 (sustainability)이란 말이 자주 언급이 되고 비중 있게 다루어지고 있는데 그것은 크게 두 가지의 의미가 있다. 하나는 환경보호 측면에서 육식성 사료인 어분(fish meal)의 원료로 쓰이는 해양생물 종(anchovy와 blue whiting 등)들의 고갈과 이에 따르는 생태계의 혼란을 방지하자는 것이고 또 다른 하나는 결과적으로 그런 해양생물 종들이 고갈되었을 경우에 현재의 방법으로는 양식 산업의 지속성이 불가능하므로 이것을 미리 준비하자는 것이다. 이와 같은 주장은 노르웨이나 기타 수산 선진국에서 더 심각하게 다루어지

고 논의되고 있는데 그 이유는 그만큼 사료의 공급이 양식업계에 미치는 영향이 점점 커지고 있다는 것을 의미하며 또한 양식 산업이 국가 경제에 중요한 부분을 차지하고 있기 때문이다.

우선 양질의 사료를 생산하는 생산기술은 사료생산 기업들이 많은 노력을 하고 또 정부에서도 가능한 규제를 허용하여 양식 사료의 생산단가를 낮추는데 많은 노력을 하고 있다. 하지만 사료의 생산과 함께 물고기의 습성을 바꿔주는 연구는 생물학적인 연구로서 육종분야에서 많은 노력을 기울이고 있다. 사료생산과 그 사료를 소비하는 물고기의 생리 생태적 변화에 대한 공동노력이 없이는 성공할 수 없기 때문이다.

우선 육종에서 할 수 있는 일은 전적으로 육식성 습성을 가진 연어를 채식성 습성 혹은 혼합형 습성으로 변환하여 동물성 사료에 대한 의존율을 대폭 감소하거나 혹은 완전히 제거하여 기를 수 있도록 유도하는 일이다. 통계에 의하면 어류 양식이 본격적으로 시작된 1980년대에는 총 어분 생산량의 10%만에 양식 사료에 쓰였으나 2008 이후에는 약 60% 이상이 양식 사료로 사용이 된다. 실제로 연어나 할리벳 대구 등 육식성 어종을 양식하는 업계의 가장 큰 위협이 어분의 공급 부족으로 인한 사료 가격의 인상과 그에 따르는 경쟁력 약화와 생산량 저하에 있다는 것을 쉽게 느낄 수 있다. 따라서 그 위협을 극복하는 여러 가지 방안들이 연구기관과 사료업계 그리고 양식업계에서 십수년 동안 수행되어 왔고 그 노력으로 인하여 많은 긍정적인 결과가 나오고 있다.

(다음 그림은 FAO에서 발표한 어분과 어유가 각종 사료에 사용되는 비율을 연도에 따라 표시한 것이다.)



바다 가두리나 혹은 육상 수조에서 기르는 양식업은 1970년대부터 연간 약 9% 이상 증가하고 있고 전체 생선 생산량의 거의 반을 차지하고 있는 반면 자연 상

태에서 가능한 어획량은 앞으로 20~30년 이내에 심각하게 줄어 들것이라고 전망하고 있다. 결과적으로 생선의 공급에서 양식업의 중요성은 더욱 커지게 될 것이지만 양식어종 생산가격의 60~70%에 해당하는 사료비는 어분 공급이 한계에 달함에 따라 사료가격은 폭등하고 있고 양식 산업의 지속성은 더욱 위협받고 있다.

어유: 2012년에 어유의 가격은 톤당 1400 USD 였다. 그러나 2013년 1월에는 2300 USD로 급등하였다. 2009년 이후에 어유의 가격은 지속해서 상승했으며 앞으로도 식물성 기름과 상관없이 가격이 지속해서 상승할 것으로 예상된다.

유채유: 유채유의 가격도 어유와 같은 추세로 상승하고 있다. 바이오 오일에 대한 수요 증가로 인해서 다른 식물성 기름과 마찬가지로 지속해서 상승할 것으로 예상된다.

어분: 2012년에는 어분 가격이 2011년에 비해서 예상과 달리 소폭 하락하였다 (2011년 1800 USD/ton, 2012년 1300 USD/ton). 그러나 이러한 추세가 2012년 하반기부터 급변하여 2013년 1월 현재 톤당 1900 USD를 넘어서고 있다. 이러한 지속적인 상승 추세가 지속될 것으로는 생각한다.

대두: 2008년 중순에 대두 가격이 34년 만에 가장 많이 오른 이후에 지속해서 하락하여 몇 년간은 안정된 가격을 유지했다. 2008년에 대두의 값이 급등한 이유는 많은 나라에서 대두에서 옥수수로 작물을 바꾼 것과 일반적으로 식물성 기름의 수요가 급증한 것이 원인이었다.

옥수수의 수요가 급증한 원인은 바이오에탄올 생산증가로 인해서고 따라서 전에 대두를 심던 곳에 옥수수를 심은 원인이 되었다.

식물성 단백질: 콩과 옥수수는 전통적으로 양식 사료의 중요한 성분이었다. 감소한 대두의 작황과 옥수수의 에탄올 수요 증가에 따라 가격이 지속해서 상승하고 있다. 이것에 더해서 한편으로는 유전자 변형으로 생산되는 대두와 옥수수가 지속해서 증가하고 있다. 정상적인 대두와 옥수수의 가격은 더 비싸서 사료가격이 더 비싸지고 있다.

밀: 밀의 가격은 2010년 이후로 더욱 안정된 가격을 보이고 있다.

위에서 보는 바와 같이 사료 대체 성분들의 가격도 지속적으로 상승하고 있어서 사료생산 가격에 대한 압박은 계속될 것으로 보인다. 하지만 어분의 수요는 계속하여 급증하는 반면 공급은 정체 혹은 감소함에 따라 사람들이 소비할 수 있는 저가의 생선들을 어분으로 가공하여 양식 사료로 공급하게 되었다. 결과적으로 사료가격의 인상으로 양식업계의 수익성에 타격을 주는 동시에 일부 양식

어종의 생산가가 비싸짐에 따라 생선 소비자는 점점 선진국의 부유층으로 한정되는 결과를 낳았고 3세계의 많은 저소득층 인구의 식생활에 영향을 주면서 인종 문제로 까지 비화되었다. 따라서 양식업계와 양식선진국들은 수익성 악화뿐만 아니라 유엔 등 국제기구나 NGO들의 도덕적 비난에 직면하여 왔다. 대부분의 어분을 만들던 청정지역의 anchovy 나 blue whiting 는 남획으로 더는 공급이 늘어나지 않자 열악한 환경에서 자라는 잡어 등 저가 어종으로 어분을 만들게 되었다. 이런 저가 어종은 다이옥신 등 환경 호르몬에 오염이 된 경우가 많고 더욱이 어획 후 관리 부실로 인한 부패 등으로 양식어종의 건강을 심각하게 위협하고 있다. 실제로 어분 (fish meal)과 어유 (fish oil)가 정상적으로 배합된 사료와 식물성 사료를 구분하여 먹었을 경우 어분과 어유가 정상적으로 함유된 사료로 키운 연어에서 다이옥신이 가장 많이 검출되었다. 또한, 몇 년간 일어난 광우병이나 돼지 인플루엔자 등의 영향으로 생선에 대한 수요는 급증하는 가운데 어분의 공급 부족이 생산량 증가에 결정적인 병목으로 작용하는 어려움에 직면하게 되었다. 이것은 곧 어분과 어유를 대체하는 식물성 사료로 양식하는 연구가 되었고 결과적으로 사료의 환경 호르몬 양을 줄일 수 있으며 생선 소비자들의 요구에도 부응하는 것이 되었다. 이러한 연구는 유럽 여러 나라에서 이미 10여 년 전부터 양식어류를 위한 완전한 식물성 사료를 만들기 위한 노력을 다방면에서 기울여 왔으며 식물성 사료로 대체 했을 경우에 일어날 수 있는 여러 가지 문제점을 진단하고 기술을 발달시켜 왔다. 이러한 연구가 우선으로 대서양 연어와 대서양 송어 양식에 적용되고 있다.

만약 식물성 사료의 개발이 실패할 경우 어분의 원료로 사용되는 어종의 고갈에 따라 어분의 공급부족과 가격상승으로 양식업의 발전을 기대할 수 없을 뿐만 아니라 생선가격의 급등으로 더 이상 일반 소비자들에게 저렴한 생선의 공급이 어려워질 것이고 그러면 우리 식탁에서 흔히 볼 수 있는 생선회나 생선구이는 일부 부유층들만이 먹을 수 있을 것이다. 하지만 현재까지의 연구 결과는 상당히 긍정적이며 우리에게 희망을 전해주고 있는데 이러한 좋은 결과를 얻는 근본적 이유는 물고기들은 고유의 먹이 습성에 상관없이 새로운 먹이에 적응하는 능력이 뛰어나기 때문인데 이러한 물고기의 특징이 연어나 송어뿐만이 아니라 다른 어종에도 똑같이 적용될 것이라 믿는다.

육식성 어류의 습성과 소화능력에 의하여 어분 (fish meal)이나 어유 (fish oil)에 포함된 동물성 단백질과 지방산 그리고 핵산과 필수아미노산 등을 매우 효율적으로 흡수하기 때문에 양식을 시작한 이후로 어분과 어유를 사료의 주성분으로 사용해 왔다. 2000년에는 사료에서 어분의 함량이 50%를 넘었는데 지속적인

연구의 결과로 최근 몇 년간 어분의 함량은 급속하게 줄어들어 연어의 경우 2006년에는 사료의 어분 함유량은 35% 그리고 어유는 30% 정도를 차지하였다. 하지만 최근 어분의 공급 부족으로 인한 높은 가격과 환경요인과 경제적 지속성의 요구에 대응한 결과 최근에는 사료의 어분 함량이 10% 정도이고 최소한 3~4년 내에는 어분과 어유의 함량을 거의 0%까지 낮출 수 있을 것으로 보고 있다. 따라서 몇 년 뒤에는 어분이 양식 사료에서 중요하게 거론되는 경우는 지금보다 훨씬 줄어들 것이라는 것이 대체적인 예상이다.

육종기술이 기여할 주된 분야

육식성 어종을 식물성 어종으로의 변환은 초기 연구를 통하여 대상 어종이 식물성 단백질과 식물성 지방 등을 소화할 수 있는지에 대한 사전 연구가 필요하며 어류의 소화 능력에 따라서 사료원료의 가격과 구매 난이도 등을 고려하여 어분과 어유를 대체 할 식물성 단백질과 지방의 소스를 결정해야 한다. 최근까지 어분을 대체하는 식물성 단백질의 종류로는 대두, 루핀, 유채씨, 완두콩, 해바라기, 옥수수, 밀, 그리고 가축부산물에서 얻은 단백질 등이다. 식물성 단백질을 대체 단백질로 할 경우 양식 어류의 소화력 증강이 가장 중요한 문제이다. 따라서 식물성 단백질이나 가축동물의 부산물에서 얻는 단백질을 양식 사료에 사용하기 위해서는 어류가 필요로 하는 영양분의 균형과 흡수율 그리고 사료로서의 식품 안전성에 대한 더 많은 연구가 이루어지고 위생적이면서 과학적인 최신 가공방법의 개발이 선행되어야 하겠다. 그리고 무엇보다도 사료를 바꾸었을 때 일어날 수 있는 어류의 생리학적 변화에 따라 소비자에게 미치는 영향 즉, 소비자들이 생선으로부터 얻을 수 있는 중요한 영양소들의 변화에 대한 심도 있는 연구와 관찰이 중요하다.

식물성 어류를 만들기 위해서 사료개발에서 반드시 극복해야 할 몇 가지 중요한 관건이 있다. 첫째, 식물성 사료를 섭취한 후 어류의 생산성에 부정적 영향이 없어야 하며 둘째, 육식어종이 대체사료를 섭취했을 경우에 생길 수 있는 생리학적 학대가 없어야 하며 셋째, 어류가 섭취하는 사료가 갖고 있는 영양분의 변화로 인한 소비자들이 생선으로부터 섭취하는 영양에 부정적 변화가 없어야 하며 넷째, 대체 사료로 인한 사료효율의 저하가 없어야 한다.

최근의 연구 결과를 보면 연어의 경우 연어 스스로 체내에서 합성할 수 없는 그러나 정상적인 대사 작용에 필요한 omega-3 나 EPA 그리고 DHA 등 반드시 필요한 지방산 (fatty acids)만 공급해 준다면 75%의 식물성 사료로 키운 연어의 성장률이나 운동량 그리고 저온에 대한 내성 등에서 전혀 부정적인 현상을 발견

하지 못했다고 한다. 즉 대부분 식물성 사료를 투여하여도 생산성에는 부정적인 변화는 발견되지 않았다. 하지만 어류가 생리학적으로 어떠한 어려움에 처하는지는 보다 오랫동안 관찰이 필요하지만 일단 긍정적인 것은 생산성이 유지 되는 것으로 유추할 때 일단 어류의 생리학적 학대도 심각한 수준은 아닌 것으로 판단되고 있다. 결론적으로 식물성 사료가 연어의 건강이나 성장 등 상업적으로 중요한 형질들에 미치는 영향은 아주 적고 소비자들에게는 친환경적이며 생산가격의 하락으로 경쟁력도 증가되는 긍정적 효과가 있다.

하지만 간과해서는 안 되는 중요한 문제가 있다. omega-3는 사람에게도 심장병이나 암 당뇨병의 예방에 매우 중요한 불포화 지방산이다. 또한, omega-3는 신생아의 신경계와 시신경의 생성과 발달에 매우 중요한 역할을 한다. 이러한 omega-3의 유용성과 상업성에 의하여 최근 세계적으로 많은 기업이 omega-3의 생산에 관여하며 시장규모도 점점 커지고 있다. 양식 사료에서 omega-3와 같은 지방산은 식물성 기름으로 어느 정도 대체 할 수는 있지만, 어류의 근육 생성 등에 중요하게 관여하기 때문에 현재까지 전적으로 대체하기는 불가능하다. 또한, 생선 소비자들은 생선에 있는 불포화 지방산을 섭취함으로써 심장병과 기타 순환계 질병으로부터 더욱 강해질 수 있다는 것을 알고 있다. 이러한 생선의 영양가는 어류가 어떤 사료를 먹었느냐에 따라 달라질 것이고 적절한 비율의 불포화 지방산 (n-3 fatty acids) 을 포함하고 있는 사료를 먹인 어류에서는 더욱 양질의 지방산과 기타 영양분을 가진 육질을 갖고 있다는 것은 당연하다 할 것이다. 식물성 사료가 값싸고 한편으로 소비자들에게 친환경적으로 강한 호감을 줄 수 있는 장점이 있는 반면에 식물성 사료에 대한 우려는 omega-3, EPA 그리고 DHA 등 불포화 지방산이 대부분 식물성 사료에는 포함되어 있지 않다는 것이다. 따라서 식물성 사료로 성장한 연어에는 필연적으로 이러한 중요한 지방산의 양과 질의 변화가 따른다는 것이다.

노르웨이에서 행한 의학적 연구결과를 보면 이와 같은 가정은 더욱 확실해진다. 이 연구에서 순환계 문제가 있는 환자를 상대로 정상적인 어분과 어유로 만들어진 사료로 키운 연어에서 추출한 omega-3와 식물성 사료로 키운 연어에서 추출한 omega-3를 투여한 후의 예후를 비교한 결과 정상적인 사료로 키운 연어에서 추출한 omega-3가 훨씬 효과가 좋은 것으로 나타났다. 쉽게 비교해서 어류나 돼지고기만 먹인 소에서 얻은 우유를 마실 경우 어떤 결과가 나타날 것인지를 생각해 보면 된다.

그러면 이러한 문제점을 극복하는 방안은 없는 것인가? 이에 대한 여러 가지 연구결과가 있다. 초기 2 kg까지 완전한 식물성 사료로 양성한 후에 6개월 동안

정상적인 동물성 사료를 양식할 경우에 omega-3등 필요한 fatty acids들은 회복이 되고 다이옥신 등 환경 호르몬의 양은 현저하게 줄어드는 것을 확인할 수 있었다. 많은 양의 어유가 양식어류를 위한 사료의 생산에 사용되고 있는데 이러한 어유를 대체 할 수 있는 식물성 지방산은 지구상에서 어유의 100배 이상 많은 양이 생산되고 있다. 이러한 식물성기름이 사용되어도 물고기의 성장률이나 사료효율 그리고 생식기능의 저하가 발견되지는 않지만, 생선에서 발견되는 n-3 불포화지방산의 양이 현저히 줄어드는 문제는 최근에 일부 식물의 씨앗이나 이스트 등에서 EPA와 DHA를 추출 생산함으로써 미래에는 이러한 불포화 지방산을 위한 어유의 의존도에서 어느 정도 벗어날 수 있을 것으로 보인다.

핵심적 육종기술 요소

위에서 언급한 것 같이 지금까지의 연구결과를 보면 최소한 대서양 연어 (Atlantic salmon)와 대서양 송어 (Rainbow trout)는 대부분의 식물성 지방을 소화할 수 있고 성장률이나 기타 생리학적 문제가 뚜렷하게 발생하지 않는다. 그것은 이미 점차적인 적응기간과 사료가 포함하는 어분과 어유의 양을 적절히 조절하면서 긴 시간의 연구가 병행되었기 때문이다. 다시 말하면 해당 종에 대한 육종기법이 적용되어 긴 시간 동안 어류의 식물성 사료 소화 능력을 발전시켜 왔기 때문이다.

같은 관점에서 새로운 종을 식물성으로 바꾸려고 한다면 그 종의 소화능력을 외형적 형질의 측면에서 우선 확인해야 할 것이다. 그리고 그 소화능력에 대한 유전적 특성을 확인하여 특정된 유전적 특징을 가진 가계 (family)를 만들어 집중적인 선발육종 (selective breeding)을 통하여 그 선택된 유전적 특성이 모든 물고기에 보편화 되도록 해야 한다. 그렇게 하려면 사료 개발은 반드시 육종을 통한 특정 유전적 형질의 보편화 작업과 함께 수행되어야 할 것이다. 특정 어류의 식물성 지방이나 단백질에 대한 초기 소화 능력은 쉽고 간단하게 찾아낼 수가 있다. 하지만 그 사료의 효율을 높이고 물고기와 생선 소비자들의 웰빙에 잘 맞는 최적의 사료와 양식업의 경쟁력을 극대화할 수 있는 어종을 만들기 위해서는 반드시 선발육종기술이 적용되어야 한다.

육종이 시작되기 위해서는 가장 쉽게 얻을 수 있는 식물성 사료를 소화할 수 있는 유전형질을 갖고 있는 친어집단을 구성해야 하며 그 친어집단의 다른 중요한 형질들, 즉 성장, 외형, 그리고 내병성 등 일반적으로 양식어종이 갖추어야 할 형질들에 대한 유전적 특성도 동시에 확인해야 한다. 이때 유전적 다양성을 유지해야 하며 그러기 위해서는 육종에서 초기 친어집단을 구성할 때 따라야 하는

일반적인 방법과 더불어 식물성 사료에 쉽게 적응할 수 있는 유전형에 대한 분석도 병행해야 한다.

그 과정으로서 친어집단의 모집은 유전적 다양성 확보를 위하여 지리적으로 격리된 지역으로부터 이루어져야 하며 그들의 유전적 거리에 따라서 어미집단의 규모를 과학적으로 결정하여야 한다. 이런 과정을 거쳐 충분한 어미집단의 형성이 이루어지면 여러 가지 식물성 사료를 투여하여 각각 사료에 대한 소화 능력을 다시한번 확인하고 또한 어분에 대한 식물성 단백질과 식물성 지방의 배합률을 달리한 다양한 사료를 투여하면서 물고기들의 생리적 변화에 따른 최적의 초기 사료를 찾아야 한다. 이러한 목적을 비교적 단기간에 달성하기 위해서는 초기 친어집단과 유전적으로 동일한 여러 소집단이나 full-sib 집단을 만들어서 연구 기간을 단축하는 기법을 이용할 수 있다.

다음 단계는 각기 다른 사료에 대한 생리적 그리고 형태적 반응을 관찰하여 그 소화력에 대한 유전력 (heritability)을 계산해야 한다. 다양한 종류의 식물성 사료를 유전적으로 동일한 다른 그룹의 물고기에 투여한 후 소화력에 대한 충분한 유전력이 있다고 판단되면 그 형질에 대한 적절한 선발강도를 결정하여 다음 세대를 구성할 어미들을 선발한다. 이때 주의할 것은 유전력과 함께 각 개체의 다른 선발 형질들에 대한 선발가 (breeding value)를 계산하여 다음 세대를 구성하도록 해야 한다. 또한 당연히 소화력에 대한 유전력은 다른 주요형질들과의 유연관계 (correlation 혹은 regression)를 계산해서 각 형질의 선발 강도를 결정해야 한다. 그렇지 않으면 소화력이 다른 형질과 마이너스(-) 관계일 경우에는 선발의 효과가 상호 반감되며 최악의 경우 선발 효과를 전혀 볼 수 없을 뿐 아니라 오히려 역효과가 날 수 있기 때문이다. 친어 집단의 규모나 선발 강도 등은 허용할 수 있는 근친도와 이용 가능한 어미들의 숫자에 따라 달라질 것이며 전체적인 육종 프로그램의 규모는 경제성과 효율성의 측면에서 결정할 수 있다.

식물성 사료의 선발 방법도 환경과 주어진 조건에 따라 최고의 결과를 낼 수 있는 방법을 선택해야 한다. 주로 사용되는 간접선발, 개체선발, 가계선발 등의 방법에서 가장 효율적으로 운용할 수 있는 적당한 방법을 선택해야 할 것이다. 다음 세대에서 형질들의 유전적으로 획득된 (genetic gains) 양을 평가하고 허용한 근친도에서 나타날 수 있는 현상과 기타 생리적 현상 등을 자세하게 관찰하여 그다음 세대를 위한 어미집단을 구성할 때 적극 반영하면 세대를 거듭 할수록 표적 형질들이 더 강하게 발현하는 친어집단이 만들어질 것이다. 육종 과정에서 사료효율이나 특정 식물성 사료에 대한 육질의 변화나 영양소의 변화 등의 형질 반응도를 파악하기 위해서는 어렵고 시간이 오래 걸린다. 따라서 이러한

형질들은 간접적인 방법으로 기록하고 분석함으로써 단기간에 선발 효과를 얻는 방법을 강구해야 할 것이다. 결론적으로 이 과정에서 물고기들이 허용하는 범위에서 또한 물고기들이 요구하는 다양한 사료를 먹이면서 유전적 획득을 최대한 높이는 것이 짧은 시간 내에 식물성 사료로 대체하는 기술의 관건이 될 것이다.

연구개발의 능력과 모든 여건이 허용한다면 전통 육종기법에 더하여 분자유전학적 분석을 통하여 더 효과적이고 신속한 유전적 획득을 얻을 수 있는 유전자표식 (genetic markers)을 찾아서 이용하는 방법도 이용하면 좋을 것이다. 이미 많은 결과를 육종에 이용하고 있는 유전자표식을 찾는 방법으로는 QTL 맵핑이나 bioinformatics 를 통한 유전자 정보를 분석하여 여러 개의 유전자 후보군을 만들어서 확인해서 육종에 적용하면 될 것이다.

이러한 과정을 거쳐서 현재 연어의 경우 70~80% 식물성 사료를 먹이는 시도가 진행 중이며 머지않아 100%의 식물성 사료를 사용할 수 있을 것으로 보인다. 따라서 사료비용이 생산단가에 차지하는 비율을 60~70%에서 약 30~40%로 낮출 수 있을 것이다. 이러한 연구가 더 중요한 의미를 갖는 이유는 친환경적인 양식과 지속 가능한 양식이라는 최근의 과제에 들어맞는다는 것이다. 이러한 기술의 발달을 도외시하고는 앞으로 양식 산업의 정체 혹은 후퇴는 피할 수 없을 것이기 때문이다. 이제 식물성 사료를 이용할 수 있느냐의 문제를 떠나서 중점적으로 해결해야 하는 문제는 식물성 사료를 이용하면서 생선이 고유하게 갖고 있던 영양분을 유지하게 하는 기술의 발전이다. 이 문제는 어떤 면에서는 이중적으로 보일 수도 있는 소비자들의 요구 즉, 환경적인 문제와 함께 영양적인 요구를 해결하는 것이다. 이 문제를 다른 대체 지방산이 충분히 개발될 때까지 가장 효율적으로 해결하는 방안은 물고기가 요구하는 최소한의 동물 단백질 및 지방과 필수 영양소를 파악하여 사료에 그 필요량만 첨가하는 방법과 일정 기간은 완전 식물성 사료로 양식한 뒤에 출하 전 일정 시간 동안 제한적인 동물성 사료를 먹이는 방안이 있을 수 있을 것이다.

현재 한국에서 대표적으로 양식되는 광어(넙치)가 우선으로 후보 어종이 될 수 있을 것이다. 이는 이미 상당한 일반 양식 기술과 육종에 대한 인식과 지식이 축적되어 있어서 더욱 쉽게 시작할 수 있을 것이기 때문이고 시장성도 좋으므로 사료업계와 양식업계가 크게 투자하지 않아도 원-원이 가능하기 때문이다. 한국의 양식업계 상황이 많은 초기 투자와 전문 인력이 필요한 이러한 연구 과제를 스스로 수행하기는 불가능한 것이 현실이다. 따라서 국가기관이나 전문연구기관에서 기초연구를 수행하고 업계에서는 그 연구 결과를 이용하여 양식업에 적용하는 모델이 가장 좋을 것이다.

한국에서의 양식어류가 소비하는 어분의 양은 연간 35,000톤으로서 가격으로는 350억 원에 달한다. 이중 일차적으로 70~80% 정도를 식물성 사료로 대체 한다면 250억 원의 일차적인 비용 절감 효과가 있을 것이고 아울러 넉치 생산가의 절감에 따른 국내외 가격경쟁력 또한 획기적으로 회복 될 수 있을 것이므로 이차적인 수익효과까지 고려하면 실로 엄청난 효과가 있는 것이다. 이제는 어떤 어종이라도 국내 시장에서 경쟁하는 마케팅에서 탈피하여 국제 시장으로 눈을 열어야 하며 그러기 위해서는 외국으로부터 수입되는 같은 어종의 가격뿐만 아니라 외국 시장에서 다른 어종과의 가격 경쟁력이 양식 산업의 미래를 결정한다 할 수 있다.

육종기술과 어병의 극복

양식 산업에서 가장 큰 부분을 차지하는 비용은 위에서 설명한 바와 같이 사료와 어병으로 인한 폐사문제이다. 폐사는 대부분 질병으로 인한 것이 대부분으로 육종기술이 또한 질병 문제에 많은 노력을 하고 또 좋은 결과를 얻어 왔다. 질병의 위험성을 낮추고 건강한 상태를 유지하기 위해서는 일차적으로 어류의 생육상태를 깨끗하게 하고 위생 상태를 좋게 유지하는 것이다. 병원균에 대한 접촉을 최소화 하고 잠재적인 전염병 확산을 통제하며 일반적인 스트레스를 줄이는 것이 중요하다. 성공적인 어류 건강유지 관리 사례가 여러 차례 입증되었고 일반적으로 연어의 건강유지에 많은 기여를 하고 있다. 어류 건강 유지 관리 대책, 수의학적 건강 대책, 생물 안정성 대책, 질병 완화 대책, 돌발사건에 대한 대책, 소독 관리, 감독 대책 등은 모두 질병에 대한 방지 대책으로 질병의 발병 관리에 중요한 요소들이다. 대부분의 연어 질병들은 생산의 이른 단계에서 백신으로 예방한다. 백신은 현재 광범위하게 많은 질병에 대하여 상업적으로 이용 가능하다. 백신의 개발로 많은 세균성 질병은 통제가 가능해져서 항생제의 처방은 상대적으로 최소한으로 줄어들게 되었다. 일반적으로 세균성 질병의 발병은 환경의 문제가 많은 영향을 미치고 잘 관리되는 환경과 세균발병 가능성에는 많은 유연관계가 있다. 하지만 아직도 바이러스성 질병에 대한 백신은 성공적으로 개발 되지 않고 있고 효과적인 질병 치료가 없는 상황이어서 많은 경우에 유전학적인 접근이 시도되고 있다. 대량 폐사를 발생시키는 질병은 다음과 같다.

Infectious Pancreatic Necrosis (IPN)



IPN은 IPN 바이러스에 의해서 발병하며 광범위하게 보고가 되어 있다. 이 질병은 접촉성이 매우 강하며 폐사의 원인이 된다. IPN은 대서양연어의 치어, 스폴트, 그리고 바다 가두리에 입식된 큰 물고기에도 감염이 된다. 어느 정도 백신으로 예방이 가능하지만 아직 좋은 효과를 볼 수 없었고 대부분 청결한 환경을 유지하고 바이러스의 침투를 예방하는 생물 안전성 대책을 따르는 방안밖에는 없다. 추가적으로 현재는 QTL 분석 결과에 따른 유전적 선발이 가장 효율적인 방법으로 나타난다.

Pancreas Disease (PD)

PD는 연어의 알파 바이러스에 의해서 발병하며 전 유럽에 존재한다. 이것 또한 접촉성 감염이 되며 연어의 식욕을 저하 시키고 근육과 체장을 용해 시키며 결국에는 연어의 대량 폐사의 원인이 된다. PD는 대서양연어의 양식장에 대부분 존재하며 관리와 질병 완화 대책으로 통제를 하지만 백신은 아직까지도 큰 효과를 발휘하지 못하고 있다.

Heart and Skeletal Muscle Inflammation (HSMI)

HSMI는 Piscine reovirus (PRV)와 관련이 있는데 현재 노르웨이에서도 보고가 되고 있으며 다른 연어 생산국에서도 발견이 되고 있다. 증상으로는 식욕을 저하 시키며 매우 비정상적인 행동을 하게 만들고 결국에는 폐사에 이르게 한다. 하지만 대량 폐사에 이르는 경우는 드물고 바다에 입식하여 첫해에 대부분 발병을 한다. 대부분 위생관리를 철저히 하는 것으로 방지하는 것이 최선이다.

Infectious Salmon Anaemia (ISA)

ISA는 ISA virus에 의하여 발생하며 광범위하게 보고되고 있다. 이것도 매우 접촉성이 강한 바이러스에 의해서 발병하며 빈혈과 함께 대규모 폐사에 이르게 한다. 관리는 감염된 고기의 폐기와 함께 위생관리를 강화하는 방법밖에는 없다. 백신은 아주 위험성이 높은 지역에서 이용되고 있다.

Salmonid Rickettsial Septicaemia (SRS)

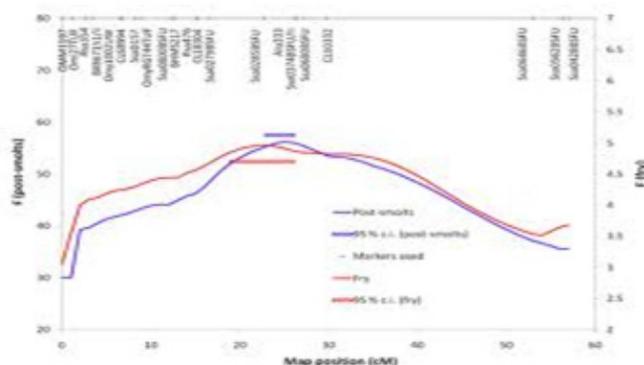
SRS는 세포 간 세균에 의해서 발병되며 대부분 칠레에서 관찰되고 있지만, 소규모로 노르웨이와 영국에서도 발견된다. 역시 접촉성 질병이며 소중규모의 폐사의 원인이 된다. SRS는 항생제로 치료를 유도하고 칠레에서는 백신이 개발되어 사용되고 있다.

Gill Disease (GD)

GD는 바다에서 아가미에 발병하는 질병들을 통칭하는 단어이다. 이런 질병은 세균이나 아메바 혹은 바이러스에 의해서 원인이 되며 일부분은 해조류나 해파리에 의해서 발병이 되기도 한다. 하지만 많은 경우 원인을 알지 못하며 아가미에 손상을 입을 경우 결국에는 폐사로 이어지게 되고 가끔은 대량폐사의 원인이 된다. 현재로는 효과적인 치료방법이 없다.

Sea lice

Sea lice는 몇 가지 바다 기생충에 의해서 발생이 된다. 이들은 연어의 표피에 침투하여 치료하지 않을 경우 깊은 상처로 인해서 이차감염에 의해서 폐사에 이르게 된다. 역시 좋은 위생환경을 유지하여 통제를 하며 감염 시에는 해상 수조에서 염소 소독과 기생충을 먹는 작은 물고기를 동시에 방생하여 관리하는 것이 유일한 방안이다. 이 질병 역시 유전적인 연구가 많이 진행되고 있으며 가까운 장래에 결과를 이용할 수 있을 것으로 생각된다.



노르웨이의 연어생산이 증가한 1980년대에 질병의 발병도 증가하여 폐사율 또한 증가하였다. 효과적인 백신의 개발이 이루어지지 않았고 유전육종에 의한 질병에 대한 내성 또한 갖춰지지 않은 시기에는 항생제 사용이 최고로 달해서

1987년 한해에 50톤의 항생제를 처방하기도 했다.

이어서 다양한 방법으로 (육종효과와 더불어 백신개발) 예방조치가 가능해짐에 따라 1994년에는 항생제 처방이 1,4톤으로 줄었다. 그 이후에는 더욱 줄어서 현재는 거의 항생제 처방을 하지 않는다. 이러한 환경관리와 더불어 질병에 대한 대책으로 연어양식 산업의 지속적인 팽창과 생산량 증가를 이룩하게 되었다. 여기에는 항생제와 같은 의학약품과 백신의 개발도 중요한 역할을 하였지만, 무엇보다 지속적인 내병성 강화로 인해 어류가 병을 이길 수 있는 능력을 갖추게 된 것이 가장 중요한 요소라 생각한다.

지난 20년 동안 노르웨이 연어양식에서 폐사율은 일반적으로 매우 안정적이었으며 이는 위에서 언급한 여러 가지 원인이 있다. 그러나 아직도 바다에서 폐사율은 상당히 높은 편이어서 지난 몇 년간 이 부분에 대한 집중적인 연구가 진행되고 있다. 칠레에서는 수년 전 ISA 발병으로 전체 양식 산업이 붕괴된 이후 리빌딩을 통하여 긍정적인 발전을 이룩하고 있다.

질병에 대한 일반적인 대책들은 다음과 같다. 하지만 보다 전문적인 기술을 요하는 유전학적인 접근이 친환경적이고 보다 근본적인 대책이란 점에서 많은 연구가 이루어지고 있다.

- ① 특정 질병에 대한 포괄적 방지 대책 수립
- ② 백신개발과 백신 효과 증진
- ③ 기생충(sea lice)에 대한 효과적인 약 개발
- ④ 기생충 천적 물고기 양식 및 보급 확대
- ⑤ 유전학 및 면역학적 접근
- ⑥ 연어의 건강과 성장을 촉진하는 육종 프로그램 개발
- ⑦ 특정 질병에 내성을 갖는 친어집단 개발
- ⑧ 어분과 어유를 대체하는 성분으로 연어의 정상 성장 유지
- ⑨ 기능성 먹이 개발로 건강성 향상
- ⑩ 뼈의 강도를 증가하는 형질 선발
- ⑪ 특정 영양소 체내 축적을 증가하는 형질 선발

대부분의 연어양식에 사용되는 현대기술은 글로벌화 되었고 노르웨이는 이 분야에서 리더의 역할을 수행해 왔다. 현재도 노르웨이의 양식 기업들과 제품을 만들고 공급하는 많은 기업들이 세계의 양식업계에 같은 기술과 제품을 공급하고 있다. 노르웨이 특허청에 따르면 양식 기업들이 출원하는 특허가 지난 20년

동안에 급증하였는데, 그 중에서도 특이할 만한 성과는 유전육종기술과 백신개발 그리고 사료의 개발기술이다. 하지만 많은 수의 이러한 연구개발을 하는 단체나 회사는 아주 영세한 작은 회사여서 독자적으로 모든 연구개발을 수행하기 어려운 점이 많아서 기업의 합병이 지속적으로 이루어질 가능성이 존재한다.

육종기술과 한국 양식산업의 발전방향

한국도 최근에 수산양식 분야에 관심을 갖고 연구개발뿐만 아니라 수산업의 선진화를 위하여 많은 노력을 하고 있다. 수산 선진국인 노르웨이의 발전 과정과 관리에 대하여 간단하게나마 살펴보는 것은 한국의 수산업을 효율적으로 발전시키는데 많은 도움이 될 것으로 생각한다.

노르웨이는 한국과 마찬가지로 긴 해안선을 갖고 있고 깨끗하고 차가운 해수를 갖고 있어서 지속 가능한 (sustainable) 양식을 하는데 있어서 좋은 조건을 갖추고 있다. 지난 40년 동안 노르웨이는 이러한 천혜의 자연환경을 가장 효율적으로 이용하여 양식업을 국가의 주요산업의 하나로 만들었다. 특히 양식업은 해안선을 따라 고용과 부를 창출함으로써 전국을 균형 있게 발전시키고 도시로 인구가 유입되는 것을 방지할 수 있었다. 양식업에 의한 연간 총 생산량은 백만 톤에 이르고 수입은 2조 원에 이른다. 노르웨이는 무지개 송어와 대구등 여러 가지 어종을 양식하지만, 대서양 연어의 경우 세계 최대의 생산량을 가지고 있고 세계 130여 국에 수출을 하고 있다. 또한 수산양식업에서 나온 경험이나 운영 그리고 기술과 연구개발에 세계의 리더 역할을 하고 있다.

정부의 수산양식 정책

우리나라의 초기 수산정책에서 환경과의 조화를 간과한 것과 달리 노르웨이에서 수산 양식은 무엇보다도 환경적으로 지속 가능한 형태로 해야 한다는 것을 가장 염두에 두었다. 환경 지속적 혹은 환경 친화적 양식이란 것은 양식업이 장기간 발전하고 성장하기 위한 필요조건인 것이다. 따라서 노르웨이에서 양식업은 수산양식법, 식품안전법, 환경오염방지법 등의 규제를 받아서 허가에서부터 지속해서 실질적인 감독과 규제를 받는다. 그리고 양식업계와 연구기관 그리고 행정당국이 유기적으로 협조하여 양식어류와 자연산 어류 간의 문제 그리고 해양 생태계에 부정적인 효과가 발생하지 않도록 최대한 노력하며 문제 발생을 근본적으로 차단하려고 노력하고 있다. 해양환경 오염의 가장 직접적인 문제는 모든 수산물에 독성을 남기는 결과를 초래한다는 것이다. 바다에서 생산되는 거의 모든 어패류는 인류의 동물 단백질 공급원으로서 중요한 기여를 하는데 여기에

유해 물질들, 미생물들, 그리고 기생충들이 포함될 경우 소비자들에게 어떤 악영향을 주는지 알아야 하며 조건 없이 소비자들에게 안전하고 건강한 수산물이 공급되어야 한다는 것을 가장 중요한 정책으로 생각한다.

그 예로 노르웨이에서는 수산물의 감시는 사료나 생선 혹은 다른 수산생산물에 대하여 여러 가지 방법으로 실시간 수행되고 있다. 예를 들어, 어떤 갑각류나 어패류에 대한 독성물질이나 병원균 혹은 유해 조류 등이 발견되는지를 실시간 관찰하여 소비자들에게 그 정보가 인터넷이나 신문을 통해 제공된다. 그리고 어떤 경로와 기작을 통하여 원하지 않는 물질들이 사료에서 물고기로 그리고 궁극적으로 소비자들의 웰빙을 해치는지에 대한 연구가 진행되고 있다.

양식 산업 허가와 관리

양식업에 관한 규정은 1975년 처음으로 만들어졌는데 그때는 기존의 양식장들을 허가제도로 편입시키는 것이 기본적인 목적이었으며 그 이후 모든 양식 기업은 스스로 책임을 지고 관리하는 시스템으로 변하게 되었으며 이러한 일련의 과정을 거쳐 현재의 규정을 만드는데 영향을 미쳤다. 현재 약 850개의 바다 가두리 허가 (license) 와 250여 개의 민물 부화장 및 스몰트 (smolt, 바닷물로 이동하는 단계) 단계까지 초기 성장을 위한 허가가 운영 중이며 양성은 거의 모두가 바다 가두리에서 운영되고 있다. 지난 10여 년간은 양식장의 난립을 막기 위하여 새로운 허가를 거의 발급하지 않고 있다. 일반적으로 한 장소에서 몇 개의 허가가 동시에 운영되는데 이는 대부분의 양식장이 주식회사 형태나 혹은 조합 형태로 운영되고 있기 때문이다.

양식장을 운영하기 위해서는 양식허가와 별도로 양식장이 위치할 곳에 지역사용권에 대한 허가를 별도로 취득해야 한다. 이는 양식허가는 총 양식장의 숫자를 통제하기 위한 것이고 지역 사용권은 대당 지역의 환경오염이나 특정 지역에 양식장의 밀집을 방지하기 위함이다. 지역 사용권은 1~2년 단위로 허가되며 이는 다른 말로 하면 올해에 어떤 특정지역에 있는 가두리에 연어 스몰트를 입식했다면 그 연어들이 성장하여 수확하는 1~2년 내에는 어떤 다른 연어는 같은 지역에 입식을 하지 못한다는 뜻이다. 그리고 기존에 입식한 연어가 출하되고 난 뒤 다음 스몰트가 입식되기 전에 최소한 6개월은 비워 두어야 한다. 이 의미는 한 양식회사가 양성기간이 12~30개월인 연어 양식장을 운영하여 매년 출하를 하기 위해서는 최소한 3개 이상의 양성에 필요한 지역 이용권을 확보해야 한다는 것이다. 이는 환경의 오염과 밀집으로 인한 질병의 전이를 막기 위한 사전 조치이다.

부화장들은 양질의 민물이 위치한 지리적 조건에 따라 여러 개의 부화장이 같은 곳에 모여 있는 경우도 있지만 대부분 해안선을 따라 위치해 있고 하나의 허가로 최대 250만 마리의 스몰트를 생산할 수 있다.

1985년 이후 양식 산업은 수요의 급증과 양식 기술의 발전으로 인하여 획기적으로 발전하고 팽창하게 되었는데 이때 기업구조나 소유지분의 변화 그리고 양식에 필요한 각종 기술이나 운영방식 또한 급격한 변화를 맞게 되었다.

노르웨이 양식 산업에는 다양한 종류의 관리 시스템이 성공적으로 정착되어 있다. 양식 산업의 규모가 지방 현지의 소비를 위한 가족규모의 작은 것에서부터 국제 거래를 목적으로 하는 대기업 형태에 이르기까지 다양한 규모가 있어서 일반적으로 만든 한가지의 관리시스템이 모든 규모의 양식 기업에 다 적용될 수 없는 것이 오히려 자연스러운 것이다. 양식장 규모에 따라 방식은 다르지만, 체계적이고 과학적인 관리시스템은 장소의 선택에서부터 양식장의 설계와 시공 등 시설에 관한 것뿐만 아니라 생육에 육종을 통한 친어 관리와 종묘생산 그리고 어병 관리와 마케팅 등 많은 과정의 value chain을 효율적으로 관리할 수 있게 된다. 관리 시스템의 더욱 중요한 기능은 단순한 감독과 간섭이 아니라 이처럼 다양한 규모의 양식업계에서 얻은 정보와 지식 경험 등을 연구기관이 발표하는 연구 결과들과 공유하고 실용화하는 것이 가능하게 한다는 것이다.

양식어종의 선택

노르웨이 정부와 민간 양식업계에서는 양식어종의 선택에 가장 중요하게 생각한 것이 자연과의 조화이며 노르웨이 자연환경에 가장 적합한 어종을 선택하여 집중적인 투자와 연구를 진행하여 현재의 수산양식 강국으로 만들 수 있었다.

회귀 어종인 대서양연어는 노르웨이 토종 자연산 어종으로서 양식에 성공한 경우이다. 부화와 바다로 돌아가는 시기 (smolt)까지 초기성장은 민물에서 하고 최종 성장은 바다에서 한 뒤 다시 민물로 와서 부화를 한다. 자연산 연어는 고대서부터 활리벳과 함께 노르웨이의 연안에서 잡히는 대표적인 생선이었고 가장 고가의 어종이었다. 자연산은 그 양이 많지 않아서 연간 잡히는 것이 몇천 톤을 넘지 않았다. 토종어종의 life cycle을 양식에 맞도록 바꾸어서 성공한 대표적인 경우이며 고가의 어종을 양식에 성공함으로써 수익 또한 극대화할 수 있었다.

무지개송어는 노르웨이에서 양식되는 어종 중 유일하게 노르웨이 토종 어종이 아니고 1990년경에 노르웨이에 처음으로 들어왔으며 1960년까지 민물에서만 양식이 되었다. 그 후 연어와 같은 life cycle 로 만드는데 성공하여 부화와 초기 성장은 민물에서 최종 성장은 바다 가두리에서 하게 되었다. 따라서 지금은 대

서양연어와 무지개송어 모두 민물과 바닷물의 양식 단계가 모두 필요한 어종이다.

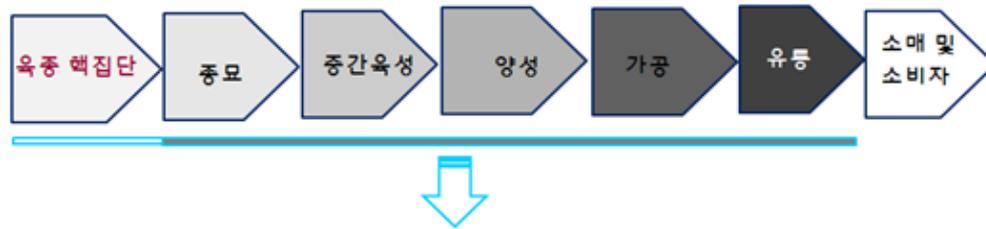
대서양 대구와 같은 전 life cycle을 바다에서 보내는 순수 바닷고기는 한국의 넙치와 마찬가지로 부화 단계는 바닷물을 이용하는 육상수조에서 이루어지고 있고 집중적인 양성은 연어와 마찬가지로 바다 가두리에서 이루어진다. 그 외 할리벳 등이 노르웨이의 중요한 어종으로서 양식이 시도되고 있으며 많은 연구가 진행하고 있다.

이러한 양식 어종의 선택에서는 우선 시장의 요구와 자연환경을 고려하여 가장 적절한 어종을 선택해야 한다는 것을 알 수 있다.

양식 가치사슬(value chain) 관리

양식 산업은 여러 개의 Value chain이 있어서 어떻게 보면 각각의 value chain은 독립적으로 움직이는 것 같지만 실제로는 매우 유기적인 연관관계에서 상호 의존하면서 공동의 목표를 향하여 노력하고 있는 것이다. 노르웨이에서 양식 산업은 국가 경제에 상당한 영향을 미치고 아직도 성장할 수 있는 여력이 많은 산업분야이기 때문에 정부나 민간에서 지속적인 투자를 하고 있고 연어 이외의 어종에서 수익이 날 수 있도록 양식 산업을 다양화하는 것과 지속적으로 양식 산업이 발전할 수 있도록 하는데 필수적인 양질의 사료를 만들기 위하여 어분과 어유의 안정적인 공급이나 이들을 대체할 수 있는 방법을 찾는 것에 매진하고 있다.

인건비가 비싼 노르웨이에서 양식업이 경쟁력을 유지하기 위하여 매우 효율적으로 발전 유지해 왔는데 1995년 이래 연어와 무지개송어의 생산량이 두 배로 늘었지만 총 종업원 수는 오히려 1995년의 4,500명에서 2005년 3,000명으로 줄었다. 이와 같은 현상은 생산 현장뿐만이 아니라 가공 단계에도 마찬가지로 나타났다. 한국의 양식 산업이 효율성을 높이고 생산단가를 낮추기 위하여 관심을 기울여야 하는 분야도 마찬가지이다. 이는 각종 장비의 자동화 그리고 사료의 효율화 등을 통한 노력이 수반되어야 한다. 특히 사료 분야는 생산비의 50~60% 이상을 차지함으로써 더욱 중요하다. 각 value chain에서 특기할 만한 것들을 간단히 기술하고자 한다.



- 각 단계의 가치사슬만으로는 기업 이익창출 불가능
- 가치사슬의 통합이 기업화의 가장 중요한 이슈

육종수정란 생산

노르웨이 양식 산업이 획기적으로 발전할 수 있었던 계기가 과학적이고 체계적인 육종기술 개발과 실제 양식에 그 기술의 적용이 성공한 것이라 할 수 있다. 육종의 효과와 가치는 돈으로는 환산하기 어려운 많은 의미를 내포하고 있는데 우선 노르웨이가 어떤 수산국가보다 우월감을 갖고 수산선진국으로 자부심을 품는 근본적인 이유가 여기에 있다.

양식의 첫 단계인 친어 관리를 육종의 개념에서 체계적으로 관리하는 것은 양질의 수정란 생산을 통해서 양식 산업의 효율성을 극대화할 수 있기 때문이다. 육종의 핵심은 친어들의 과학적인 수집과 체계적인 관리다. 육종기술도 과학기술의 발전에 따라 이제는 유전정보를 이용한 육종프로그램으로 관리하며 대서양 연어의 경우 초기 육종단계에서 친어들은 노르웨이 강이나 호수에서 포획한 자연산 연어로부터 시작되어서 현재 약 10세대의 선발육종이 시행되고 있다. 이 과정에서 2배 이상의 성장률과 내병성 그리고 각종 중요한 형태적 유전적 형질들을 선발하여 생산성 향상에 가장 많은 기여를 한 분야이고 노르웨이 양식업이 다른 나라에 비해서 우월감을 가지고 획기적으로 발전할 수 있었던 동기가 되었다. 이 육종 기술은 현재에도 지속적으로 발전하고 있으며 다른 모든 양식어종을 대상으로 시행하고 있다.

부화 및 양성

수정란 생산 이후의 value chain에서도 육종의 효과는 지속적으로 양식업의 발전에 영향을 준다. 어류의 life cycle을 양식조건에 맞게 바꾸는 일은 육종 프로그램이 이를 수 있는 많은 것 중의 하나다. 육종을 통하여 부화 시기를 조정하여 무지개송어의 부화는 매년 2~4월에 이루어지는 것에 비해 대서양 연어의 부화는 10월과 1월 중순에 이루어진다. 수정란은 인공부화기에서 부화를 하고 치어에게 적합한 사료를 먹으면서 집중관리를 받게 된다. 광주기를 인공적으로

조절하여 스몰트 과정이 8월경에 이루어지며 약 10개월 후인 다음 해 6월에 바다 가두리로 옮겨지게 된다. 친어를 관리하는 곳에서는 민물과 바닷물의 이용이 용이한 지리적 환경이 필요하지만, 치어를 구입하여 양성을 하는 양식업체는 부화장 시설이 필요 없이 바로 스몰트 과정으로 진입하게 된다.

양성은 바다 가두리에서 집중적으로 이루어지는데 사료는 100% EP사료이며 거의 모든 EP는 일정 시간 표면에 떠 있어야 하는데 그 이유는 물고기로 하여금 먹이를 시간적 여유를 주어 바다의 오염을 방지하고 사료 효율을 높이기 위함이다. 양성은 대개 15~30개월이 걸리며 한 장소에서 한 세대에 약 800~4,000톤의 생산량을 유지하고 있다. 초기 가두리는 3~400m³의 규모로 나무로 만든 직사각형이나 원형의 가두리를 사용했으나 현재는 매우 견고한 철제나 알루미늄 프레임에 플라스틱 제품을 입힌 것으로 규모는 약 3,000~4,000m³정도이며 수면적은 400m²~1,100m²정도이며 가두리의 깊이는 10~40m 정도이다. 정부에서는 하나의 허가로 설치할 수 있는 총 가두리의 규모는 2,800m³정도로 제한하고 있으나 업계에서는 가두리 시설의 종류에 따라 더 많은 규모를 요구하기도 한다.

가공

가공 단계에서 가장 중요하게 다루는 문제는 엄격한 위생 관리이다. 따라서 가두리에서 가공공장까지의 출하는 가두리의 살아 있는 물고기를 배에 옮겨 싣고 가공공장으로 옮긴다. 배(well-boat)는 약 20-200톤의 물고기를 살아 있는 상태로 옮길 수 있으며 가공공장은 물고기에 최소한의 고통을 주며 가공 후 최고의 품질을 보장하는 입지조건을 갖춘 곳에 설치되어 있다. 가공공장에서 생기는 어떠한 부산물도 다시 바다에 버려지는 것이 없으며 반드시 전량 다른 사료나 기타 어유 생산에 사용된다. 약 70%의 연어는 내장만 제거된 상태에서 선어 상태로 수출되며 나머지 30%는 필레나 훈제연어 혹은 냉동상태로 가공이 된다.

마케팅과 수출

노르웨이는 양식 총생산량의 90~95%를 130여 개 국가에 수출하고 있다. 대서양 연어와 무지개송어가 대표적인 어종으로 그의 상당 부분을 차지하고 있으며 EU, 일본 그리고 러시아 등이 주요 수입국이다. 유럽에서는 덴마크와 프랑스에 가장 많이 수출하고 있고 가장 빠르게 성장하는 시장은 러시아와 동유럽 국가들이다.

대구와 홍합 등 폐류 또한 새로운 양식 종으로 주목받고 있으며 대구의 경우 자연산의 증가에도 2010년에 4만 톤의 생산량을 달성할 것으로 보인다.

정부의 관리 시스템

양식업을 관리하는 정부기관은 수산부 (Ministry of Fishery) 산하의 수산청 (Directorate of Fisheries)에서 한다. 수산청에서는 각종 행정과 관리 감독을 책임지고 있으며 본부는 베르겐에 있고 각 해안 지역에 사무실을 두고 있다. 해안청 (Norwegian coastal administration)은 해안선을 따라 이루어지는 각종 행위에 대한 감독과 관리를 맡고 있으며 농업부 (Ministry of Agriculture)의 식품안전청 (Norwegian Food Safety Authority)에서는 물고기의 질병과 물고기 확대 그리고 식품 안전성에 대한 감독과 지도를 한다. 그 외 환경부 (Ministry of Environment)에서는 환경오염과 관련된 일체를 관리 감독한다. 이러한 조직들이 유기적으로 혹은 독립적으로 양식과 관련된 모든 것을 관리 지도해서 노르웨이의 양식업은 획기적으로 발전하게 되었다.

연구개발과 교육시스템

노르웨이의 양식업은 기업과 연구기관 간의 매우 긴밀한 협조체제로 발전했다. 연구는 거의 전적으로 정부기관에서 주도적으로 지원하였고 거의 모든 대학에서 양식에 관한 학문적인 연구와 강의가 이루어지고 있다. 그 중 가장 활발한 연구 활동을 하는 대학은 트롬쇠와 베르겐 대학, 노르웨이 농과대학 그리고 노르웨이 수의과대학 등이며 소수의 지방 소규모 대학에서도 강의를 이루어지고 있다. 그리고 다수 공립연구기관과 사료개발을 위한 개인기업의 연구기관들도 활발히 연구에 기여를 하고 있다. 연구비는 정부 연구비와 개인 연구비로 나누어지지만 대부분이 정부 연구비로 충당되며 개인연구비는 매년 수산생산품의 총 수출비에서 0.3%씩을 적립하여 연간 천만 불 정도의 연구비를 적립하여 지원하고 있는 것이 대표적이다. 양식업의 발전은 2차 세계대전 이후 빠르게 증가하는 수산물에 대한 수요 증가에 자연산의 공급이 따라가지 못하여 발전하였는데 앞으로도 지속적인 수요의 증가에 부응하려는 조치들이 이루어져야 원활한 수산물의 공급이 이루어질 수 있을 것이다. 이러한 발전을 이루기 위해서는 연구개발에 보다 많은 투자를 해야 한다는 것을 노르웨이 양식업 발전 단계를 보면 확실히 알 수 있다. 연구개발의 가장 핵심적인 목적은 식품안전성과 양식업의 효율성을 극대화하기 위한 것에 맞추어 있어야 한다. 현재 소비자들은 수산물의 선택 기준으로 질과 안전성 그리고 신뢰도를 가장 중요시하는데 자연산은 이러한 요구에 대응하기 쉽지 않기 때문이다.

대서양 연어를 집중 양식하기 시작한 후에 가장 처음 대두된 문제가 여러 가지

세균성 질병들의 출현이었고 항생제로 대처가 가능했지만 1987년에는 최고 연간 50톤이라는 항생제를 사용했다. 그 후 전반적인 양식 환경에 대한 재고가 이루어져 가능한 발병을 유발하는 원인을 제거하고 육종을 통한 건강한 종묘를 생산함과 동시에 백신을 개발하여 1996년 이후 항생제의 사용은 연간 1,000kg을 넘지 않는다. 현재 노르웨이의 양식업은 질병을 잘 조절하고 대처함으로써 건강한 사업이 되었고 환경오염도 획기적으로 줄어들었다. 이제 바이러스성 질병에 관한 연구가 적극 진행되어서 많은 성과가 나타남에 따라서 어병에 대한 문제보다는 환경적으로 문제가 되는 가두리에서 양식어류의 유출방지 대책과 소비자들이 원하는 원산지 확인 문제에 더욱 많은 관심과 노력을 기울이고 있다. 이제 남은 과제는 지속성 (sustainability) 을 유지하기 위한 사료의 개발에서 어유와 어분을 대체하고 식물성 사료로 양식하는 것을 적극 개발하고 노력해야 할 것이다.

양식사료 생산자의 관리

노르웨이 식품 안전국에서는 양식 사료의 생산과 관련하여 매년 노르웨이와 EU의 규정을 준수하는지에 대한 검열을 1996년 매년 불시에 시행하고 있으며 이는 3가지 단계에서 이루어진다.

1. 사료생산자들의 자체 검사 시스템의 등록과 허가 과정
2. 사료생산 회사의 자체 검사 시스템의 수정 과정
3. 검사 할 사료 샘플들이 취해지는 현장 검열

사료의 성분을 검열하는 것은 사료와 그 사료를 먹은 어류의 영양 상태와 직결되며 출하되는 물고기를 먹는 소비자들의 영양 상태와 직결된다는 점에서 매우 중요하다. 즉, 양질의 영양소를 고루 갖춘 사료를 먹은 어종의 살과 근육에는 그 사료의 영양 상태와 비슷한 영양분이 발견된 사료의 샘플은 매년 사전에 만들어진 계획에 따라서 취해지며 한 개의 샘플은 매 100톤의 사료에서 취해진다. 그 무작위로 선택된 사료는 가축들의 뼈나 피 그리고 GMO에 의하여 생산된 식물류 등 금지된 유해 물질이 포함되어 있는지를 확인하며 또한 해로운 세균이나 중금속들이 포함되어 있는지 확인 한다. 또한 인공 첨가물이 얼마나 포함되어 있는지 확인한다. 실험실에서 아주 세밀한 분석이 진행되고 매년 그 결과에 따라 조치가 행해지며 결과는 발표된다.

노르웨이에서 생산되는 양식 사료는 단백질 33~56% 지방 12~40% 탄수화물 12~15% 물 5~10%의 비율을 지켜야 한다. 그리고 위에서 언급한 유해물질이나 첨가물의 비율을 확인한다. 유해물질들은 납이나 카드미움, 그리고 수은과 환경호르몬의 허용 수치 범위를 넘는지 확인한다. 특히 살모넬라 같은 유해 세균은

수시로 허용치를 넘는 경우가 많기 때문에 생산회사들이 자체적으로 더 엄격한 관리를 하도록 유도한다.

전체적으로 노르웨이에서 생산되는 사료는 이러한 규정에 매우 적합한 것으로 판명이 되고 있으며 생선 소비자들의 건강에 미치는 유해 요소는 거의 없다고 볼 수 있다. 또한, 어종에 따라 사료가 가라앉는 속도를 규정함으로써 잔여 사료에 의한 환경 파괴를 최대한 방지한다. 연어의 경우 밀도는 580~600g/l이다. 만약 이러한 규정에 맞지 않거나 허용치를 넘는 유해성분이 발견될 경우는 판매가 중단되는 것과 동시에 이미 시장에 나가 있는 것은 전부 회수되면 국제적으로 신속하게 경고문을 발표하여 소비자의 피해를 차단한다.

또한, 지속 가능한 양식 사업을 유지하기 위하여 사료에 포함되는 모든 생사료는 관리 가능한 어종에서 얻어야 하며 이러한 조치는 고갈 어종의 멸종을 방지하고 생태계를 보호하는 차원에서 이루어진다. 이러한 규정은 불법 어획을 근본적으로 차단하게 된다.

우리나라는 삼면이 바다와 접하고 또한 일인당 생선 소비량으로 볼 때 세계적인 생선 소비국이다. 이러한 조건은 양식업을 선도하는 기업이나 양식업 종사자들에게는 아주 좋은 기회를 제공하고 있으며 또한 소비자들의 수요에 부응하고 한국의 양식업이 국제적 경쟁력을 갖도록 노력해야 하는 특별한 사명감을 부여 받은 것으로 인식해야 한다. 한국에서는 우선 대표적인 동물성 양식어종을 선택하여 위에 언급한 단계와 방법으로 연구를 시작하고 기초 연구 자료가 축적되고 선택된 어종의 습식이나 환경적인 특징에 대하여 알게 되면 그 어종에 대한 보다 집중적인 선발육종이 이루어지는 것이 중요하다. 아무리 특정 어종에 대한 식물성 사료를 개발한다 하더라도 물고기들의 유전적 획득을 위한 과학적 프로그램이 만들어지지 않고 획득된 유전적 특성을 과학적이고 체계적으로 관리하지 않으면 곧 그 친어집단은 상업성을 갖지 못할 것이고 도태되고 말 것이다.

한국 수산양식 상품의 해외진출

한국의 대표적인 양식어종의 국외수출은 현재 꾸준히 증가하고 있다. 하지만 생산량의 정체로 인한 수출의 증가는 한계가 있고 가격 또한 내수시장과 비교하여 높지 않은 편이다. 그 이유는 첫째 수출량의 한계에 있고 시장의 다변화에 적극적이지 못하기 때문이다. 이것은 다시 말하면 넙치의 경우 수출시장 개척이 절대적으로 필요하지 않고 내수시장을 중심을 생산 유통이 유지되어 왔기 때문이기도 하다. 하지만 앞으로 양식기술의 발달로 인한 생산량이 증가하면 필연적으로 수출시장 개척이 없이는 넙치생산 업계의 발전은 어려운 상황이 될 것이

다. 이러한 관점에서 지금부터 국외시장 진출을 위한 준비를 위한 정부의 정책적 뒷받침이 우선 되어야 할 것으로 생각된다.

전 세계 수산물 소비량은 연간 1억 5천만 톤을 웃돌고 있고 이것은 한 사람 평균 소비량이 17kg이다. 매년 소비량이 백만 톤 이상 증가하고 있고 유럽은 가장 많은 어류를 소비하는 시장으로 연간 일 인당 소비량이 평균 30kg 정도이다. 이렇게 소비량이 증가하는 주된 이유는 어류에 대한 일반 소비자들의 인식이 바뀌었기 때문이기도 하지만 양식에 의하여 생산량이 많아져 공급이 원활해진 것도 있다. 총 소비량 중 양식어류가 50%를 감당하고 있는 현실이 양식기술 발전이 인류의 식생활에 미치는 영향과 더 많은 발전이 절대적으로 필요하다는 것을 말해준다. 문제는 이러한 소비증가 추세가 지속될 가능성이 있지만 최근 생산량은 정체되거나 느리게 증가하기 때문에 이러한 수요의 증가에 공급이 절대적으로 부족 할 것으로 보인다는 것이다. 심지어 중국 등 아시아 일부 국가에서는 급격한 소비 증가 추세에 있기 때문에 양식환경이 좋은 한국에서는 어류의 공급 차원에서 많은 가능성을 대비하여 준비하는 것이 필요하다. 이러한 관점에서 보면 한국의 대표적인 양식어류인 넙치의 유럽시장 진출 노력이 반드시 필요하고 성공할 좋은 기회라고 할 수 있겠다.

수출 대상 어류가 갖추어야 할 조건

위의 통계에서 보듯이 수산물이 전 세계적으로 인기가 높고 소비량이 증가하는 것은 분명하고 소비자들도 어종의 다변화를 통하여 새로운 어종에 대한 호기심이 높아지고 있다. 그렇다면 제주도산 넙치가 유럽시장에 진출하기 위해서는 우선 소비자들이 요구하는 요건을 알고 그것을 갖추는 것이 수출 성공을 위하여 무엇보다 중요하다. 세계 시장의 수산물 소비자들은 무엇을 가장 중요하게 생각하고 구매하는가를 알아야 한다.



두말할 필요 없이 소비자들의 첫째 요구 조건은 신선도이다. 신선한 수산물은

맛과 육즙이 그대로 보존되어 있지만 변질된 수산물은 건강에 심각한 영향을 준다. 따라서 홍보에 어떻게 제주도 넙치가 다른 어종이나 다른 지역의 어류보다 신선하며 어떤 과정을 거쳐서 가공이 되는지 그리고 신선도 유지에 결정적인 영향을 주는 운송 방법 등 소비자들에게 제주도산 넙치의 신선도를 확신시키는 것이 가장 중요하다.

많은 소비자는 새로운 것을 먹는 것을 좋아한다. 왜냐하면, 대중적이지 않은 희소한 것을 먹는다는 것은 자신이 특수하다는 감정을 느끼게 하기 때문이다. 따라서 비교적 생소한 한국의 제주도에서 생산한 생선이라는 것을 나타낼 때에 소비자들은 새로운 호기심으로 대할 것이다. 홍보물에는 제주도 해역과 양식 환경을 잘 나타내는 특징적인 것과 넙치생산 역사와 지역에서 가장 인기 있는 조리법 등 소비자들이 새롭게 느낄 만한 것을 추가하는 것이 필요할 것이다.

또한, 소비자들은 한 지역에서 생산되고 같은 지역에서 가공된 것을 좋아한다. 즉 여러 지역이 혼재된 상황은 그 수산물의 생산과 가공 등 모든 과정을 책임질 소재가 분명하지 않다는 뜻이고 소비자들은 그것을 믿지 못하는 경향이 있기 때문이다. 따라서 예를 들어 제주 지역의 환경적 특징을 잘 홍보하고 제주에서 모든 공정을 마쳤다는 것을 홍보하여 오염된 다른 지역과의 차별성을 강조해야 한다.



수출시장 개척 준비

수출은 내수 시장에 판매하는 것보다 어렵고 위험도도 가중된다. 반면에 일정한 양의 수출은 내수 시장을 안정시킬 뿐 아니라 고정된 수입으로 생산 어가가 내외부적인 충격에 한층 견고한 내실을 다질 수 있도록 한다. 무엇보다 일단 성공하면 그 보상은 훨씬 크고 장기적으로 안정된 수익이 보장되므로 양식 기업이 성장할 수 있는 확실한 동력이 보장된다. 따라서 수출은 대규모 양식업이 성공

하기 위한 필요조건이며 반드시 해야 한다. 수출이 성공하기 위해서는 시작하기 전에 전략을 잘 세워야 하며 때 단계마다 성공한다는 확신과 자신감이 있어야 한다.

우선 수출을 할 준비가 되어 있는지 판단해야 한다. 단순하게 내수 시장에서의 마케팅과 같은 것으로 생각하고 수출을 시도하면 실패하기 쉽다. 내수 시장은 이미 특정 제품에 대한 경험과 소비자들의 인식으로 거부감이 없는 반면 같은 제품을 처음 대하는 국외 소비자들은 호기심과 함께 의심을 먼저 한다는 것을 알아야 한다. 그래서 수출을 시작하기 전에 많은 사람과 의논하여 과연 제주 넙치가 국외 시장에 진출할 준비가 되어 있는지를 스스로 확인해야 한다. 준비라는 것은 수출하기에 충분한 생산량과 가공 능력 그리고 운송 방법 등을 말한다.

깊은 고찰과 전문가의 의견도 없이 단순하게 문제없이 잘 되겠지 하는 생각으로 수출을 시도하면 대부분 실패하게 된다. 가장 좋은 방법은 수출 사업계획을 면밀하게 분석하고 가능한 범위 안에서 수출 전략을 세워야 한다. 수출 전략은 수출을 시작하기 위한 초기 자금력 그리고 외국어 구사 능력을 갖춘 인력 등 가용한 재원을 재점검해야 한다. 수출에는 마케팅에 필요한 현지 방문과 컨설팅 그리고 박람회 참석과 홍보 등 직접비용이 많이 들어간다. 그리고 수출을 어떻게 시작할 것인지 현 단계에서 정말로 수출을 할 필요성이 있는지 등을 면밀하게 검토해야 한다.

수출을 시작할 때는 가능한 많은 정보를 얻어야 한다. 인터넷이나 가용한 네트워크 그리고 정부 조직 등을 이용하여 필요한 정보를 얻을 수 있을 것이다. 대부분 수산물 수출을 시작하는 회사들은 국외 마케팅에 충분한 자금을 투입하기 어려운 상황이고 직접 구축한 네트워크가 없으므로 가능한 무료로 얻을 수 있는 자료와 정보를 구하고 국외 마케팅에 필요한 홍보물을 발행하는 것 또한 가능한 무료로 할 수 있는지를 면밀하게 조사하고 이용하여 불필요한 곳에 자금을 낭비하는 일이 없어야 할 것이다.

또한, 어류시장 외적인 문제에 대한 대비도 충분히 해야 한다. 가축이나 생선에 예상하지 못한 질병으로 인하여 소비형태가 급격하게 바뀔 경우에 대한 대비와 자연재해로 인한 운송 차질에 대한 소비자들의 불편에 대한 대비도 가능한 범위에서 대비해야 한다.

그 외 한 가지 중요한 것은 국외 시장 개척에 실패할 경우 언제 어떻게 포기를 할 것인지 대한 출구전략도 세워야 한다. 출구전략은 더 큰 피해와 한국 수산물에 더 나쁜 이미지를 주지 않는 선에서 현명하게 결정해야 한다.

국외 어류 시장의 현실

유럽에서 판매되고 있는 대표적인 넙치류 어종으로서 한국산 넙치가 경쟁해야 할 어종은 할리벗과 가자미 (plaice) 그리고 터봇 등이 있다. 이들 어종의 도매시장 가격은 공급 상황에 따라 바뀌지만 할리벗은 대략 1만 3천 원~1만 5천 원 정도이고 가자미는 2~3천 원 선이다. 그리고 터봇은 3~4천 원 수준이다. 이들의 가격은 물고기의 크기와 생산지 그리고 신선도에 따라서 가격 차이가 많이 나지만 한국의 넙치가 냉동이 아닌 선어 혹은 활어 상태로 수출을 한다면 이들 넙치류와 경쟁력을 갖는 가격을 유지하는 것이 필수적이다. 그렇다면 현재 한국에서 넙치 가격을 비교했을 때 수출이 가능 할지에 대한 판단을 해야 한다.

아직까지 정확한 통계는 없지만, 유럽의 생선소비 형태는 기존의 스테이크나 구이 위주에서 회나 초밥 등 활어 혹은 선어 형태로 소비하는 비율이 급격하게 늘고 있음을 쉽게 볼 수 있다. 그에 따른 타 어종들의 판매 전략에도 상당한 변화가 있다. 따라서 유럽시장 진출을 위해서는 다양한 소비형태와 최근의 소비형태에 부응하는 전략을 세워야 할 것이다.

국외 시장에 진출하기 위해서는 믿을 수 있는 파트너를 결정하는 것이 매우 중요하다. 시장 개척 초기에 모든 것을 스스로 할 수 없기 때문에 거의 모든 경우에 직접 소비자나 소매 시장에 공급하기는 불가능하다. 이것은 판매망이나 운송 수단 등 여러 가지 인프라가 구축되어 있지 않은 상황이기 때문이고 대규모의 기업형 수출이라고 해도 이러한 인프라를 구축하기 위해서는 많은 시간과 비용이 필요하기 때문이다. 따라서 이러한 유통망을 구축하고 있는 중간 유통업을 하는 기업들이나 큰 체인점을 보유하고 있는 기업들과 공급계약을 해야 하는데 이때 믿을 수 있고 오랜 경험이 있는 일정규모 이상의 기업과 계약하는 것이 매우 중요하다. 이 경우 대부분 공급물량의 규모에 따라 유통기업의 규모가 결정되며 그 유통기업의 규모는 대부분 그 기업의 신뢰도를 대변하게 된다. 이는 기업의 규모가 크면 클수록 신뢰도는 높아지며 비정상적인 유통과 거래를 하지 않는다는 것을 말한다.

결과적으로 수출물량이 적으면 신뢰도가 낮은 중소 유통업자들과 계약을 하게 되고 그 업자들의 신뢰도는 아주 낮아서 수출 물량에 대한 결재나 유통의 투명성이 보장 되지 않는다. 실제로 영세 유통업자들은 양질의 생선에 오염되고 값싼 제품을 섞어서 유통을 하는 경우가 많으며 제품의 원산지나 생산자를 고의적으로 허위로 기재하여 유통하는 경우가 많다. 이는 양질의 수산물에 대한 소비자의 인식이 급격하게 추락하게 되고 시장에서 퇴출당하는 경우도 있으며 수입 자체가 금지되는 경우가 많다. 따라서 신뢰할 수 있는 유통업자를 선택하여 거

래를 시작하는 것이 무엇보다 중요한데 이것은 수출 공급 물량이 일정 수준 이상이어야 한다는 것을 의미한다.

신뢰도가 높은 규모 있는 유통기업들은 자기들의 고객에 대한 신뢰도를 유지하기 위하여 반드시 안정적인 공급을 요구하게 된다. 그것은 그들의 소비자나 고객에 대한 믿음을 유지하기 위함이다. 따라서 공급자는 반드시 안정적으로 계약 물량을 공급하고 유지해야 한다는 것이다. 수출에 대한 무조건적인 기대로 초기에 너무 무리한 계약을 하면 공급에 차질이 생길 수 있기 때문에 생산량이 줄거나 어떤 이유로 물량 확보가 어려울 경우를 가정해서 매우 안정적인 물량을 공급하기로 계약을 해야 한다.

이제는 북미국가(미국, 캐나다) 뿐만 아니라 유럽에서도 생산지가 확인되지 않는 수산물인 시장 진출이 불가능하다. 지금까지 관계 기관이 요구하는 것은 정확한 어종과 원산지가 표기된 서류와 포장 박스에 표기하는 방식이지만 이와 같은 방식이 충분하지 않다는 것은 많은 경우에서 확인할 수 있다. 미국에서 판매되는 수산물의 30~50%가 심지어 어종이 잘못 표시되거나 원산지가 허위로 표기된 것이라는 이야기에 놀랄 일이 아니다. 최근에 실례로 확실한 원산지 표시와 엄격한 양식 및 가공 관리로 생산된 수산물이 캐나다 세관에 도착하여 검역을 거치는 과정에서 사용이 금지된 화학약품과 항생제가 발견되어 통관이 거절된 경우가 있었다. 이 회사에서는 모든 가치 사슬(value chain)에서 유전자 검사를 통한 확인 가능한 시스템을 구축하고 있었기에 생산자 입장에서는 도저히 있을 수 없는 일이었고 억울한 사건이었다. 생산 과정과 가공 과정을 엄격히 다시 검사하였으나 문제점이 발견되지 않았다. 그래서 문제가 된 어류의 제품을 다시 수거하여 유전자 검사를 통하여 어느 value chain에서 문제가 된 것인지 밝혀본 결과 문제의 제품이 외부에서 들어 온, 즉 자기 회사 제품이 아니라는 것이 확인되었다.

결론적으로 유통업자가 값싼 외부 제품을 비싼 제품과 혼합하여 통관시키고 유통하려는 의도였다는 것이 밝혀졌다. 이와 같은 경우에 생산자가 스스로 방어할 수 있는 수단을 강구 하지 않으면 위의 예와 같은 억울한 일을 당해도 확인할 수 없고 모든 책임을 다 감수해야 한다는 것이다. 생산자는 어떤 경우에도 확고한 자기 방어 수단을 마련하고 엄격한 관리를 통하여 생산하여 시장에 진출해야 한다는 것을 잊지 말아야 한다. 수출 후 시장에서 우수한 평가를 받으면 많은 유사품이 시장에 나오게 되는데 이때 유사품들과 차별화되고 그것을 확인하는 방법을 구축해 놓아야 억울한 피해를 방지할 수 있다는 것을 보여주는 일례라 할 수 있다.

수출 추진 전략

수출을 위한 시장개척의 첫 번째 순서는 한국산 넙치가 유럽에서 점유할 수 있는 시장의 성격과 규모가 우선 파악되어야 한다. 이것은 개척 대상 소비자층을 결정하고 그 시장규모를 계산하여야 수출 목표량을 설정할 수 있을 것이다. 그리고 시장규모에 따른 생산량과 수출량의 비율을 결정하여 안정된 공급이 가능한 선에서 목표치를 정하여 시장개척을 시작하는 것이 일반적인 순서이다.

외국에서는 소비자들이 생선 육질의 색깔에 따라 어류를 구분하는 것이 일반적이는데 한국산 넙치의 생산량은 연간 약 5만 톤으로 같은 색의 육질을 가진 다른 어종에 비해 생산량이 많다고 할 수 없다. 따라서 수출 물량 또한 생산량을 급격하게 늘리지 않는 이상 많을 수 없기 때문에 초기에 무리한 계약을 추진하면 지속적인 공급에 어려움이 있을 수 있다. 따라서 적정 수준의 물량 공급을 추진해야 한다. 결과적으로 대형 슈퍼마켓 체인이나 기업형의 큰 유통회사와의 계약 추진은 쉽지 않을 것이다. 이 말은 제주도산 넙치가 유럽시장에서 일반적인 생선으로 소비자에 접근하기는 어렵다는 것을 의미한다. 그렇다면 제주도산 넙치가 차지할 수 있는 시장은 특별한 소비계층으로 한정될 수밖에 없다는 것을 의미한다.

위에서 언급한 제주도 넙치의 고유 상표로(exotic species) 제주 넙치가 가진 장점과 많지 않은 생산량 등을 홍보하고 일부 가능성 있는 시장을 집중적으로 공략해야 성공할 수 있을 것이다. 넙치는 유럽에서 소비되고 있는 다른 어종에 비해서 육질이 탄력이 좋고 백색 육질로서 고유의 강한 향이 없으면서 육즙이 담백하고 풍부하므로 다양한 요리가 가능한 어종이다. 하지만 유럽인들이 즐겨 먹는 스테이크나 구이는 일반적으로 기름기가 넙치보다 월등히 많고 특유의 향이 있기 때문에 이미 고정된 소비자층을 확보하고 있다.

넙치가 가장 개척하기 쉬운 시장은 타 어종과 가격 경쟁을 피하면서 고유의 맛과 정서를 그대로 나타낼 수 있는 소비자층이다. 즉, 스테이크와 같은 요리문화는 동양적인 감정 보다는 서양적인 것이 강하고 문화를 이끄는 소비자층 역시 서양인들이다. 반면에 회나 초밥 등은 동양적인 음식으로서 동양적인 신비감을 가진 한국산 넙치가 공략할 시장은 역시 회시장 이라고 할 수 있다. 회 등 동양 음식 추세가 세계적으로 급속하게 확산되는 이 시점에는 동양적인 것이 우선적이고 또한 동양인들이 문화를 주도하고 있다. 이것은 대부분 회 식당의 최고 요리는 동양인이라는 것으로 증명되며 회를 소개하고 자부심을 느끼고 먹는 소비자층 역시 동양인들이다.

현재 유럽에서는 터봇이나 가자미를 넙치(광어)라고 팔고 있는 곳이 많고 소비자들도 그 차이를 알지 못하고 있기 때문에 이 시장에서 경쟁하기 위해서는 한국산 넙치가 가진 고유의 특징과 정서를 적절하고 효율적으로 홍보할 필요가 있다. 또한, 생산량이 많지 않아 대규모 수출이 불가능한 상황에서 유럽 전역을 대상으로 홍보와 판매 전략을 수립하는 것은 효율적이라고 할 수 없다. 따라서 한 두 개의 도시를 대상으로 시장규모를 파악하고 전략을 수립한 후 집중 홍보를 하고 판매를 하는 것이 더욱 효율적일 뿐만 아니라 이 경우에는 직접 공급도 가능하여 가격 경쟁력을 갖출 수도 있을 것이라 생각한다. 이 과정에서 한국의 특정 생산 지역만이 가진 환경적 장점과 넙치의 장점을 집중적으로 부각하고 동양적인 고유 정서를 그대로 보여 줄 수 있는 홍보 전략을 세워야 한다.

수출은 내수 시장의 안정을 위해서도 필수적으로 해야 한다. 내수 시장은 여러 가지 요인에 의하여 많은 영향을 받고 이에 따라 가격 또한 많은 변동폭을 보일 수밖에 없다. 일정량의 수출은 외화 획득을 통한 넙치 생산 어가의 소득증대라는 장점 이외에 내수 시장에 더욱 능동적으로 대처하고 더 값싼 외국산 어류와의 차별화를 통한 소득증대에도 이바지할 것이다. 하지만 수출을 하기 위해서는 반드시 정확한 정보를 바탕으로 효율적인 전략을 수립하고 자신감 있게 추진해야 한다. 제주산 넙치는 시장경쟁에서 가격 경쟁력은 생산원가의 절감과 효율적인 유통구조 개선을 통하여 갖추어야 할 것이며 동양적인 정서와 음식문화의 변화를 바탕으로 현명하게 추진한다면 충분히 국외시장 진출에 성공할 것으로 보인다.

한국 육종넙치의 산업화 방안

국립수산과학원에서는 넙치의 육종을 2006년에 시작하여 현재 제4세대의 선발을 마친 상태이다. 하지만 그 육종넙치의 체계적인 산업화 방안이 마련되지 않고 있어서 넙치 육종의 실질적인 부가가치를 만들지 못하는 실정이다. 이것은 정부의 단독연구와 추진에 따른 필연적인 결과이기도 하지만 무엇보다 산업화의 필연성을 깊이 인식하지 못하기 때문이다. 세계 어디에서도 육종을 국가 기관이 민간의 참여 없이 주도하여 양식 기업을 만든 역사가 없다. 따라서 속히 육종으로 얻은 가치를 시장에서 인정받고 부가가치를 창출하는 것이 한국의 양식업을 발전시키는 지름길이라는 것을 강조하고자 한다.

어류 육종이 빨리 상업적으로 적용이 안 되는 이유

아직도 전 세계 양식으로 생산되는 생선의 약 10% 정도만이 잘 관리되는 육종

에 의하여 생산되고 있을 만큼 육종이 양식업계로 전파되는 속도가 매우 느리다. 그 이유는 발전된 어류육종의 고도의 발전된 기술에도 육종으로 얻은 유전 획득률을 증명하는 문서로 만들기 어렵기 때문이다. 다시 말하면 성공적인 육종 프로그램이 이룩한 성과를 계량화하는데 어려움이 있다는 것이다. 가장 이상적인 것은 육종프로그램의 초기부터 이런 계량화를 추진하고 문서로 만드는 일을 시작해야 한다는 것이다. 잘 정리된 육종결과는 생산물의 마케팅에 중요하게 쓰일 수 있지만 정확한 유전적 획득을 측정하기 어렵다는 문제가 있다. 실제로 더 중요한 것은 시뮬레이션이나 구체적인 수식으로 계산한 만큼 육종결과가 나타나지 않을 때에는 양식기업의 전체 운용에 문제가 있다는 것을 알고 문제를 찾아 고치려는 노력을 할 수 있도록 하나의 지표를 제공하는 역할을 한다는 것을 알아야 한다. 그리고 형태적 형질들이나 전체적인 생산성의 변화가 있을 경우 그것은 유전적인 것과 환경적인 영향의 혼합된 결과이고 또한 한두 세대의 측정으로 정확한 유전적 발전 정도를 파악할 수 없는 이유는 세대 간 유전적 획득률이 일정하지 않을 수 있기 때문이다. 그러나 여러 세대를 거쳐서 측정할 경우에는 더욱 안정된 결과를 얻을 수 있을 것이고 육종의 효과는 과학적인 결과이기 때문에 불변하는 결과를 얻을 수 있다는 것이다.

육종넙치 상업화 방안

한국에서 넙치의 생산량은 연간 4만 톤이고 시장규모는 4천억 원에 달하지만 지난 10년간 더 이상의 발전 없이 정체된 상황이다. 그것은 시장의 확대가 되지 않고 생산량의 증가 또한 현재의 포화된 시장의 수요에 맞추는 상황이어서 더 이상 발전이 되지 않는 상황이다. 하지만 이웃에 일본과 중국의 거대 시장이 있는 우리나라의 지리적 여건으로 볼 때 시장규모는 훨씬 더 커질 것으로 생각된다.

일단 내부적으로 갈수록 악화되는 한국의 수산양식사업의 돌파구를 찾기 위하여 시작된 수산과학원에서 추진하고 있는 넙치육종사업이 순조롭게 진행되고 있다. 현재 제4세대의 넙치가 생산되었고 곧 제5세대의 육종넙치가 생산될 예정이다. 이 물고기들의 성장률과 양식환경(질병 및 기타 자연조건)에서의 적응력이 그전의 양식어류 집단보다 월등하게 뛰어날 것으로 예상된다. 따라서 육종된 넙치의 상업화가 더 이상 미래의 이야기가 아니고 현실적으로 빨리 추진해서 국가 이익으로 유도해야 한다.

노르웨이는 우리나라와 비슷한 지형학적인 조건을 가지고 있고 또 긴 해안선을 따라 형성된 수산업에 의존하여 온 전통적인 해양수산국이다. 다른 나라에 앞서

1970년대 후반부터 어류육종사업에 집중적인 투자와 연구개발을 지원해 왔다. 노르웨이의 자연조건에 가장 적합하고 경제성이 높은 노르웨이(대서양) 연어의 육종사업은 노르웨이가 자랑하고 또한 세계적으로 성공한 어류육종 사업이며 막대한 경제적 이익을(연간 1조 6천만 원) 누리고 있다. 노르웨이에서 초기 육종사업은 국가의 주도로 이루어졌지만 많은 민간 기업들이 많은 투자 여력은 없었지만, 사명감으로 참여하였다. 이는 연구개발의 성격이 강한 사업에 민간 기업들이 쉽게 투자를 결정하고 시작할 수 없었고 민간의 기술력 또한 종합적인 육종사업을 스스로 할 수 있는 수준이 되지 못했다. 이런 상황은 현재 우리나라의 수산업 상황과 아주 비슷한 상태임을 알 수 있다.

그 당시 노르웨이 연어 육종사업의 주체는 AQUAGEN이라는 회사였는데 이 회사는 노르웨이정부가 투자하여 설립한 양식회사였다. 그리고 육종사업에 필요한 모든 연구개발은 국가가 지원하는 공기업 성격의 연구단체가 맡아서 추진했다. 그 후 육종의 효과가 나타나고 시장의 호응이 좋아짐에 따라서 AQUAGENE의 시장점유율이 빠르게 상승되었고 이때 연어의 육종 핵집단이 노르웨이 수산업의 핵으로 부상하게 되었다. 이 단계에서 사업성이 인정받게 되자 민간 자본이 투자되고 민관이 50:50의 지분으로 사업을 수행하게 되었다. 이때부터 노르웨이에서는 이 연어집단을 '황금 집단' 라고 부르게 되었다. 현재는 이 연어 육종 핵집단에 대한 소유권이 100% 개인 기업에 있지만, 직간접적인 국가의 지원은 계속되고 있다. 현재 노르웨이에서는 개인 기업들이 독자적인 가치사슬의 통합을 위해서 육종 핵 집단을 보유하기 시작하여 3~4개의 전문 육종 프로그램이 운용되고 있다. 후발 육종 핵집단이 선발육종집단의 유전적 획득률을 따라갈 수 있는 이유는 최근에 개발되고 있는 최신 육종법을 도입하여 육종 효과를 월등하게 빨리 낼 수 있는 능력이 있기 때문이다. 예를 들어 마린하베스트의 육종 핵집단 (mowi)는 약 10년 전에 최신 육종기술을 도입하여 육종프로그램을 시작한 이래 약 4세대 만에 Aquagen 의 육종 핵집단의 모든 형질에서 동등한 성과를 얻었다. 결과적으로 육종기술도 지속적으로 발전하고 진화함으로 현재의 육종기술에 만족하지 말고 지속적인 관심과 연구개발이 중요한 것이다. 현재 노르웨이 연어는 10세대를 생산하고 있고 틸라피아는 23세대를 생산하고 있지만, 지속적인 연구개발을 하고 새로운 기술의 도입을 시도하고 있다.

한국에서도 정부의 적극적인 관심과 지원이 어류육종의 성공에 큰 부분을 차지할 것으로 생각된다. 하지만 빠른 시간에 다년간의 양식기업 운영 경험과 노하우가 있고 한국 양식 사업에 사명감이 있는 민간업체를 선정하여 활발한 생산 및 시장 확장을 하게하고 정부는 지속적인 연구개발 지원을 하여 효율성의 극대

화를 이루는 것이 경쟁력을 확보하는 지름길이 될 것이다. 결과적으로 민간에게 상업 활동을 할 수 있도록 여건을 제공하고 가치 사슬의 통합을 통하여 대한민국의 대표 수산양식 기업이 탄생할 수 있도록 하는 것이 시급한 과제이다.

참고문헌

1. Selective breeding in Aquaculture: An introduction. Gjedrum and Baranski. Springer Science, 2009.
2. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) statistics. 2010
3. Salmon farming industry handbook, Marine Harvest. 2010
4. Introduction to Quantitative Genetics, 4thed., Falconer and Mackay. LongMan Press, 1996.
5. Genetics and Analysis of Quantitative Traits, Lynch and Walsh, Sinauer Associates, Inc USA. 1997.
6. Tilapia Biology, culture and Nutrition, Lim and Webster, Food Product Press, 2006.
7. Fillet quality and yield of farmed Atlantic salmon (*salmo salar* L.): variation between families, gender differences and the importance of maturation. Deependra Acharya. Norwegian University of Life Sciences Master Thesis, 2011.

3. 염색체공학기법을 활용한 어패류의 불임화 기술 보고서

1. 생명자원을 활용한 생물공학기술

학문의 역사에서, 과학과 기술은 확연하게 구분되어 있었다. 과학에서 발견한 법칙이나 원리 또는 기술로 활용하여 즉, 기술화하여 인간생활에 응용한다고 하는 것이 정설로 되어 있었다. 시간이 조금 흘러 기술이 고도로 발전하면서 기술의 영향을 인정하게 되어 과학과 기술이 서로 자극하고 있다고 생각하게 되었다. 그러나 과학은 기술적 응용을 필연적으로 예상하는 것은 당연한 일이며, 나아가 현대의 기술은 응용적인 면을 통해서 과학적 이론을 연구하게 되고, 급속도로 발전하고 있는 Bio 기술과 같은 첨단 기술(High technology)에 있어서는 새로운 기술 개발을 위하여 동시에 새로운 이론적 측면을 추구하지 않을 수 없게 되었다. 오늘날 과학연구의 실험대상은 고도의 기술을 이용한 소산으로, 순수한 자연현상만으로 국한되지 않는다. 예를 들면, 고에너지의 거대가속기를 사용해야만이 비로소 실험대상으로 할 수 있는 소립자와 같이 또, 단백질 공학이나 특정 부위 돌연변이 기술에 의해서 만들어진 새로운 기능과 구조를 가진 효소와 같이 과학과 기술은 그 구분을 정확히 나누기 어렵게 되었다. 단백질 공학의 바이오 기술은 효소단백질의 구조와 기능의 상관관계를 구명하는 최대의 수단이며 이 연구 성과는 효소 공학 자체의 발전일 뿐만 아니라 효소화학(Enzyme chemistry)과 효소물리학(Enzyme physics) 그리고 효소생물학(Enzyme biology) 등 효소 과학의 엄청난 발전을 가져올 것이다. 생물체가 가지는 우수한 기능을 구명하는 것은 순수 기초 연구인 동시에 바이오 기술에 있어서 Bioprocess의 상류(Upstream)에 속하는 연구다. 이러한 의미에서 오늘날 과학과 기술은 일체의 관계라 하여 과학기술이라고 표현하고 있다.

가. 생물공학의 본질

생물의 새로운 기능을 이용하는 바이오 기술은 신비한 생명에 관한 지식을 탐구하는 동시에 그것을 응용하고 기술화하여 첨단과학 기술을 급속히 발전시켜 나가고 있다. 바이오 기술 즉, 생물공학 기술의 획기적인 발전의 계기가 된 것 중의 하나는 1973년 미국의 S. COHEN 등이 개발한 유전자 재조합 기술이었다. 시험관내(In vitro)에서 이종의 DNA를 결합시켜서 만들어진 재조합 DNA 분자(Recombinant DNA)를 생세포 내에 도입하는 실험(Recombinant DNA

experiment) 기술을 이용하는 유전자 조작(Gene manipulation) 기술은 인슐린 등 유용물질을 대량으로 합성하는 등의 응용 부분을 강조한다는 의미에서 유전자 공학(Genetic engineering) 이라고 한다. 그런데 재조합 DNA를 만드는 것이 가능해 지자 생물과학의 기초 및 응용의 양면 연구에 비약적인 진전을 가져왔다.

이들 바이오 기술은 DNA 정보의 해석을 중심으로 기초 유전학(Genetics)뿐만 아니라 세포생물학(Cytogenetics) · 발생생물학(Developmental biology) · 면역학(Immunology) · 바이러스학(Virology) 등 광범위한 분야의 기초 연구에서부터 유전자 산물의 공업 생산이나 식물 육종 등의 실용화와 결부된 응용 연구에 이르기까지, 광범위한 범위에서 획기적인 발전을 가져오게 했다.

바이오 기술은 분자생물학 40년의 성과를 응용하고 미생물학(Microbiology), 생화학(Biochemistry), 면역학 등의 발전에 힘입어 유전자공학이나 세포공학 등의 기술이 개발되었지만, 반대로 바이오 기술의 발전은 여러 분야의 이들 학문을 참신하게 발전시키기도 했다. 생물공학 기술은 생명 현상을 탐구하는 연구 기술이며 생명에 관한 지식을 생산하는 기술이기도 하다.

실제로 유전자 재조합 실험(Recombinant DNA experiment)의 혁명적 연구 기술의 등장은 의학과 생물학을 크게 변모시키고 있다. 동식물 세포의 특정 유전자의 클로닝(Cloning; 균일한 DNA 분자의 집단을 대량으로 얻는 것), 구조 해석, 정보 발현등의 연구를 통해서 기초학문 분야에서는 발생, 분화, 면역, 발암등의 기구(Mechanism)가 유전자 수준에서 해명되고 있고, 산업적 응용면에서는 인슐린(Insulin), 사람의 성장호르몬, 인터페론(Interferon)등의 약품, 치즈(Cheese) 제조에 사용되는 응유효소 Chymosin 등의 제조, 육종면에서는 형질전환(Transgenic; 외래 유전자를 도입한) 동물이나 형질전환(Transgenic) 식물 등의 육성 등 이미 많은 실험 사례가 발표되고 있다. 또한 의학 분야에서는 유전자 진단, 유전자 치료 등이 시작되고 있다.

생물공학의 본질을 이해하는 데에 있어서 중요한 사실은 새로운 생명공학 연구에는 생명현상과 생물기능을 연구하는 순수 기초과학 연구가 포함되어 있으며, 이러한 순수 기초 연구를 통해서 기술 개발의 원리를 스스로 추구해 나가야 한다는 것이다. 새로운 생물공학을 연구하는 사람(Biotechnologist)은 생물의 기능과 생명현상에 대한 기초 연구를 동시에 수행하여야 첨단 바이오 기술의 발전과 개발이 가능하며 미지의 생명현상, 생물기능의 탐구는 과학자나 기술자가 똑같이 추구하고 연구하지 않으면 안 될 공동의 과제다.

나. 생물산업(Bioindustry)

생물공학에 관련된 모든 분야의 산업을 생물산업 또는 바이오 산업이라고 한다. 생물공학은 이학, 의학, 약학, 공학, 농학, 등의 각 분야에 관련되는 광범위한 학제적 분야 이므로 생물공학의 큰 발전은 기초적·학문적 분야에서 뿐만 아니라 의약품, 화학품, 농림·수산·축산업, 식품공업, 에너지, 환경정화 등의 폭넓은 생물산업 분야에 대해서도 혁명적 변화를 가져오고 있다. 바이오 산업은 일반적으로 바이오 기술을 이용한 공업적 유용물질의 생산 등을 가리키는데 바이오 기술에 사용되는 장치·기구 등 주변의 산업까지도 포함하여 가리킬 때가 있다.

21세기에 접어들면서 사람 게놈(Genome)이 해독 되었을 뿐만 아니라 벼의 게놈도 해독도 종료되는 등, 각 생물종의 게놈 배열 데이터가 축적되면서 바이오 기술을 둘러싼 상황은 크게 변하고 있다. 이와같은 새로운 기술혁신의 상황 속에서 21세기 바이오 산업의 비전(Vision)도 새롭게 검토할 필요가 있다.

포스트 게놈 연구(Post genome research) 계획으로서 게놈 연구의 중점은 DNA 배열이 Code하는 단백질의 구조·기능 해석(프로테옴 해석 또는 프로테오믹스라고 함)이나 질병 관련 유전자의 해석(동정)등으로 옮겨가고 있다. 이와 관련된 사업 영역을 게놈 비즈니스(Genome business)라고 하는데, 세계 시장규모는 약 300억 달러에 달하는 것으로 예측하고 있다.

현재 우리나라에서도 다양한 분야에서 바이오 기술의 공업화가 진전되고 있다. 이 시점에서 화학공업(아미노산, 공업용 알코올, 공업용 효소 등), 전기·전자 산업(바이오센서 등), 자원 에너지 산업, 환경정화, 의약품 공업, 농림·축수산업, 식품 공업 등 각 분야별로 바이오 기술이 어떠한 영향을 미치는가를 검토하고 바이오 산업의 미래상을 제시할 필요성이 높아지고 있다. 한국의 바이오 산업이 발전하여 국제 경쟁력이 있는 분야로 성장하기 위해서는 무엇보다도 고도의 연구개발을 촉진하고 산업기반을 정비하는 한편, 이 분야의 선진국과 국제 협력 및 교류를 활발히 추진하여야 할 것이다.

바이오 기술은 기초 연구의 성과가 즉시 실용화나 공업화에 반영되기 쉽다는 특징을 가지고 있다는 점에서 앞으로 기초 연구의 충실화를 도모하는 것이 중요하다. 또한 기초 연구를 충실화하기 위해서는 모든 사업 기술과 제휴하여 바이오 기술의 기초 연구를 촉진하는 것이 역시 중요하다. 이를 구체적으로 실현하기 위해서 산학연의 연구 교류를 활성화하고 바이오 기술의 기초 연구를 추진할 필요가 있다.

또한 산업기반을 정비한다는 관점에서 세계 각국에서는 현재 바이오 기술의

개발과 공업화가 추진되고 있는데, 바이오 산업제품에 관한 정보가 바이오 기술을 연구개발하는 사람과 바이오 산업제품을 생산하는 사람들에게 확실하고 신속하게 제공될 수 있도록 데이터 베이스를 정비해야 할 필요가 있다. 즉, 내외의 각 분야 연구 성과에 일원적으로 동시에 접속할 수 있는 통합 데이터 베이스(Date base)가 구축되어야 한다.

또한 연구 개발의 효율화를 위해서라도 국제 협력과 교류를 추진해야 한다. 인재교류·정보교류의 추진은 가장 기본적이며 효과적인 국제 협력 및 교류 수단이다. 바이오 산업은 첨단 기술산업의 새로운 미개척 분야(Frontier)를 개척하고 확대하는 데에도 기여할 것으로 기대된다. 이러한 기대에 부응하기 위해서 기초 연구를 적극적으로 추진하고, 착실하게 공업화를 추진함으로써 바이오 기술의 가능성을 실현하고 한국과 세계의 바이오 산업의 발전에 기여할 수 있을 것이다.

다. 생물공학에 대한 사회적 수용성(Public acceptance)

사회적 수용성은 사회에 큰 영향을 주는 문제에 관하여 주민이 동의를 표시하는 것을 가리킨다. 바이오 기술은 이미 많은 분야에서 실용화가 진행되고 있고, 바이오 제품이 이미 우리 생활 주변에 가까이 위치하게 되면서 'Bio'에 대한 이미지가 범람하고 있는 것도 사실이다. 바이오 기술의 실용화에 있어 최대의 문제점은, 사회적 수용(Public acceptance), 즉 일반 대중이 이들 제품이나 연구 결과의 실용화를 받아 들이느냐, 그렇지 않으면 거부하느냐 하는 것이다.

현재 급속도로 전개되고 있는 바이오 기술연구의 정보가 정확하게 일반인들에게 까지 전달되고 있다고 보기는 어렵다. 그저 바이오 제품이 실용화 되면서 바이오 기술에 의해 만들어진 제품을 꺼리고 거부하는 움직임이 일부 소비자 단체를 중심으로 일고 있는 정도다. 컴퓨터처럼 눈에 보이는 전자공학(Microelectronics)등 첨단 기술의 경우는 일상생활에서는 물론 여러 분야에서 활용되고 있어서 이 기술의 유연성과 안정성에 대하여 이해를 얻는 일이 비교적 쉬웠다. 그러나 바이오 기술은 일상생활에서 그 성과가 눈에 띄는 기회가 적고, 바이오 기술에 대한 일반인들의 이해가 부족한 것이 현재의 실정이다. 그러므로 바이오 기술의 유용성과 안정성 등에 대해서 구체적이고 확실한 정보를 알기 쉽게 제공하거나 보급하기 위해서는, 강연회 같은 계몽활동을 전개하여 바이오 기술에 대한 시민의 이해를 깊게 하는 것이 앞으로 바이오 산업의 건전한 발전을 위하여 필요 불가결하다.

외래유전자를 도입한 식물 또는 동물을 형질전환(Transgenic) 식물 또는 형질

전환(Transgenic) 동물이라 부르고 있는데, 동물에 비하여 식물을 대상으로 한 유전자조작이 좀더 실용화 단계에 와 있다. 외래유전자의 도입으로 식물의 성질을 바꾸어 신품종을 창조하려는 시도가 활발하다. 미국에서는 1994년부터 이미 유전자 재조합 토마토(Tomato)가 슈퍼마켓에서 판매되고 있다. 캘리포니아(California)주에 있는 벤처 기업인 칼진(Calgene)사가 개발하여 판매하고 있는 것이다.

토마토에는 과실을 완숙시켜 연하고 무르게 하는 작용을 하는 효소(Pectinase 또는 Polygalacturonase)가 있는데, 다른 유전자를 도입하여 이 효소의 유전자가 작용하지 못하게 만드는 것이다. 그 결과 이 형질전환 토마토(Transgenic tomato)는 장기간 단단함과 신선도를 유지할 수 있어서 토마토가 완숙한 후에 수확해서 유통시킬 필요가 없음은 물론, 오래 보존할 수 있어서 소매 단계에서의 폐기율이 눈에 띄게 줄어든다. 당초 바이오 식품에 대한 안전성에 의문을 제기했던 소비자 단체들을 주축으로 판매를 반대하는 목소리가 높았으나, 1994년 5월 미국 식품의약국(FDA)이 안전성에 문제가 없다고 인정함으로써 미국 내에서 판매가 개시되었다. 이 토마토가 유전자 재조합을 한 것으로는 처음 시판되는 농작물의 제 1호다.

세계의 각 국가들은 소비자 단체와 농작물 수출국 등의 의견을 포괄하여 각국 실정에 맞는 특별 지침을 마련했다. 유전자재조합 기술로 개량한 농작물의 안전성 평가에 대한 특별 지침이 그것이다. 이 지침은 유전자재조합 작물을 먹어도 건강에 영향을 주거나 알레르기 반응(Allergic reaction)을 일으키는 일이 없도록, 안전성 부분을 검사(Check)할 시험 항목을 의무화한 것이다.

유전자재조합 미생물이 만들어낸 효소(Chymosin 또는 rennin)로 만든 치즈(Chesse)등 바이오 식품에 대해서는 그 이전부터 안전 지침이 있었다. 다만 바이오 식품의 경우는 외부에서 도입한 유전자가 사람의 입으로 직접 들어가지 않는 것에 비하여, 바이오 작물은 재조합체(Recombinant) 그 자체를 먹는 것이므로 안전성 조사 기준은 바이오 식품보다 한층 더 엄격하게 적용하여 안전이 가장 중요하다는 자세를 견지해야 할 것이다.

생명공학의 혁신기술이 시장에 마찰이나 거부반응 없이 받아들여질 것인지 아닌지의 문제는, 시민의 이해와 신뢰를 얻어낼 수 있는가의 여부에 달려있다. 바이오 기술이 위험한 기술이 아니라는 것을 받아들이게 하는 것, 즉 바이오 산업의 사회적 수용(Public acceptance) 획득의 중요성은, 바이오 식품의 안전성에 대한 연구와 함께 더욱 인식되어야 할 것이다.

라. 생물공학에 대한 기술적 평가와 전망

생물체의 기능을 이용하여 유용물질을 생산하는 등 인류사회에 기여하는 과학 기술 체계를 통틀어 말하는 생물공학은, 생물체를 이용한 새로운 산업기술로 21세기를 개척하고 지탱하는 혁신기술로 기대되고 있다. 생물공학이 21세기의 인류 복지를 위한 최후의 신기술로 기대되고 있고 젊은 학생들에게 이르기까지 관심과 흥미의 대상이 되며 더불어 인기를 모으고 있는 이유를 생각해 보면 다음과 같다.

첫째, 생명공학은 첨단과학 기술로서 급속도로 발전하고 있는데 그 발전을 가능케 하는 것은, 생명공학이 한 분야의 학문 영역의 전문지식 만으로는 연구 및 개발을 할 수 없는 학제적 분야(Interdisciplinary field)이므로 다양한 학문 영역을 포괄하고 있어서 서로 다른 분야의 전문가와 학제적 협력을 통해서 혁신적으로 발전시키고 있기 때문이다.

바이오 기술의 경우 미생물학, 생화학, 효소화학, 분자생물학, 유전학, 동물학, 식물학, 면역학, 생물물리학, 화학, 화학공학, 전자공학, 기계공학 그리고 의학, 약학, 농학, 식품학 등 광범위한 분야에서 각각 자기 전공분야의 입장에 서서 접근할 수 있다. 즉 각 분야의 누구나 생물공학으로 접근이 가능하며(Interdisciplinary approach), 또한 공동으로 연구하는 학제적 연구(Interdisciplinary research)의 엄청난 위력을 발휘할 수 있다. 이러한 조건을 바탕으로 전에 없었던 혁신적 연구 성과를 발표하고 혁명적 기술을 계속 개발해내고 있다. 바이오 기술 분야의 연구 역사를 살펴 보더라도 유전자 공학(유전자 조작 기술)의 신기술이 대두된 1970년대 초에는 상상할 수 없었던 새로운 개념, 새로운 바이오 기술이 끊임없이 연구, 발표되고 있다. 단백질 공학(Protein engineering), 당쇄 공학(Glycotechnology), 대사 공학(Metabolic engineering), 발생 공학(Developmental engineering), 분자진화 공학 또는 진화분자 공학(Evolutionary molecular engineering) 그리고 새로운 단백질의 결정구조를 해석하는 구조생물학(Structural biology)등등 혁신적 바이오 기술을 끊임없이 발전시켰다. 그것은 학제분야가 경계가 없는(Borderless) 속성을 가지고 있어서, 필연적으로 지금까지 없던 새로운 학문 체계나 기술 체계를 가지고 앞으로도 계속 나타날 것이다.

반대로 생각해 보면 생물공학의 여러 바이오 기술의 발전은 학제분야의 학문 발전에도 그대로 공헌하여 서로 재확인하고 재해석하면서 발전의 계기가 되고 근거가 될 것이다. 바이오 기술의 생물공정(Bioprocess)을 하나의 흐름으로 볼 때에 미생물과 동식물 세포의 품종개량(=육종) 또는 배양기술의 개량 등이 이루

는 상류기술(Upstream technology)과 이후의 모든 생산공정과 분리정제 등의 하류기술(Downstream technology)이 있다. 여기서 상류(Upstream)는 사실상 순수 기초과학 연구와 구별할 수 없다. 현대의 생물공학은 그 학문의 속성상 미지의 생명현상 또는 생물의 기능을 추구하고 해명하면서 생명과학의 기초연구도 동시에 진행하는 한편, 새로운 바이오 기술을 바로 개발하고 있다. 생물공학의 발전은 기초학문 분야의 발전뿐만 아니라 의료, 건강, 식품, 자원, 에너지, 환경 등의 폭넓은 산업분야에 대해서도 선도적 기술로서 혁신적인 변화를 가져오고 있다. 지금까지 대학 수준의 연구 발표에 덧붙여 기업 연구팀의 발표도 증가하고 있는 추세를 보인다. 앞으로는 대학과 기업체가 사람 게놈 프로젝트에서 보여준 것과 같이 서로 선의의 경쟁을 펼치며 연구활동을 진행하는 추세다. 현대의 첨단 바이오 기술은 본질상 생물과학(Bioscience)의 발전 자체를 동반하며, 또한 자연과학의 첨단기술이 과학 자체를 발전시키는 양상을 나타내고 있다. 이러한 요소가 젊은 과학도를 끌어들이고 있는 이유 중의 하나다.

둘째로는 현대의 생물공학 과학기술 체계는 그 성과가 바로 공업화 되고 있다는 점이다. 현대의 바이오 기술의 생명공정(Bioprocess)은 품종개량 기술인 상류공정(Upstream processing)과 생산기술인 하류공정(Downstream processing)을 포함하며 이 두 가지는 밀접한 관계를 유지하고 있다. 상류기술은 그대로 하류기술로 연결되어 그 성과가 공업화되며, 그 공업화는 바이오 기술의 학제분야의 모든 산업분야에도 폭넓게 확대 적용되는 데에 기여할 것이다. 현대과학 특징의 하나로 과학이론 및 연구 결과의 기술화까지의 시간 단축을 꼽고 있는데, 바이오 기술이 그 대표적 예라 할 수 있다.

유전자조작 기술(유전자 재조합 기술)이나 세포융합 기술을 기반으로 하는 넓은 뜻의 유전자 공학은 그 자체로는 독립된 생산체계가 아니지만, 발효법, 효소법 등의 제조 또는 생산 기술을 통해서 실용적인 상품가치를 만들어낼 수가 있다.

셋째는 바이오 기술이 현대사회가 요구하는, 즉 인류가 직면한 문제들은 해결하는 데에 이상적인 기술에 가깝다는 점이다. 이미 1970년대에 석유수출기구(OPEC)에 의한 원유 가격의 대폭 인상으로 제 1차 석유파동을 겪으면서 현대 산업구조의 취약성이 드러나게 되었다. 그와 동시에 자원과 에너지 낭비에 대해서 반성하는 기회를 인류에게 제공했다. 유한 자원인 석유에 의존하는 불안정한 체질을 개선하는 방법은, 참신한 에너지 절약형 생산기술로의 전환 밖에는 없다는 것을 알았다. 이러한 요청에 부응하여 차세대 기술로 등장한 것이 자원절약·에너지절약형의 효율적인 생산 체계인 바이오 기술이다.

또한 최근, 지구 환경의 급속한 악화는 인류의 생존을 위협하는 긴급한 과제로

급부상 했다. 그런데 바이오 기술은 환경오염 방지에 유효한 차세대 혁신기술로도 주목받고 있다. 석유 등 화석 연료의 낭비를 억제하고, 자원절약·에너지절약형 생산 체계의 확립이 원래 생물공학의 목표였지만, 21세기를 지향하는 생물공학의 전개는 환경오염의 방지를 또 하나의 새로운 목표로 하지 않으면 안 된다.

또한 세계 인구는 여전히 증가 추세를 고수하고 있을 뿐 아니라, 일부 지역에서는 인구 폭발 현상까지 나타나고 있다. 지구 온난화 현상 등의 영향 때문에 경지 면적은 줄어들고 있어서, 이대로 방치하면 가까운 장래에 식량이 부족해질 것은 불을 보듯 뻔한 일이다. 심각한 식량 부족문제를 해결하기 위해서는 곡물의 품종개량이 현재의 진행 속도보다 빠르게 진척되어야 하는데, 이때 바이오 기술의 응용 외에 다른 방법은 현재로서는 생각하기 어렵다. 바이오 기술은 앞으로 더 중요한 문제로 자리잡게 될 환경 문제나 식량 문제 등의 해결에 있어서도 필수적인 기술로 평가되고 있다.

인류는 생물의 기능을 이용하는 바이오 기술에 있어서 현재 생물의 기능을 어디까지 알고 있는 것일까? 미지의 생명현상, 생물의 기능에 관한 지식은 우리가 알고 있는 지식보다 훨씬 많고 심오하다는 것을 연구자들은 크게 깨닫고 있다.

사람의 게놈 염기배열의 해독이 끝난 다음 단계의 연구는, 유전자의 기능이나 단백질의 작용을 해명하고 새로운 의약품 개발 등 실용과 연결시키는 포스트 게놈 연구가 과제이다. 게놈에 관한 학문을 Genomics 라고 하고, 어떤 특정 게놈에 의해 발현되는 단백질 규명을 목표로 하는 학문을 Proteomics 라고 부르고 있다. 21세기 포스트 게놈 시대의 연구는 유전자발현 해석, 단백질기능 해석의 Proteomics 연구가 중심 과제의 하나가 되리라고 전망된다. 여기서 바이오테크놀로지(Biotechnology)는 유전자조작 등 기반 기술과 주변 기술을 포괄하는 넓은 개념이며, Process 기술, 화학 및 고전적 공학을 크게 활용하는 학문이라는 것을 강조해 두고 싶다.

과학사적으로 볼 때에 18세기의 물리학 발전에 자극을 받아 영국에서 산업혁명이 일어났고, 19세기 말에는 화학이 크게 발전하면서 근대적 화학공업이 발전하게 되었다. 20세기 중엽인 1950년경 부터는 분자생물학이 대두되면서 급격한 발전을 이루었다. 분자생물학(Molecularbiology)이 생명 현상을 해명하는 생화학, 생물물리학(Biophysics) 등과 함께 크게 발전하면 거기에 촉발되어 새로운 바이오 산업도 크게 발전하리라는 것은 예측이 가능한 일이었다.

이미 1970년대에 대두된, 새로운 생물종의 이용을 목적으로 하는 유전자 공학과 효소의 고도 이용을 목적으로 하는 효소 공학의 두가지 새로운 바이오 기술은 당시에는 세계의 주목을 집중 시키기에 충분했다. 최근 20여년 동안 이 두

바이오 기술의 발전은 산업계에 엄청난 영향(Impact)을 주었다. 21세기가 되자 생물공학은 포스트 게놈 시대에 접어들면서 그 중심이 Proteomics 내지 단백질 공학 기술 분야로 옮겨가고 있는 양상을 보인다. 앞으로 예상을 뛰어넘을 만한 발전은 기초 학문 분야뿐만 아니라 모든 분야의 Bio산업 기술도 한층 더 혁신적이 되어서 일상 생활의 모든 양상을 바꾸어 놓고, 생활의 Style을 변혁시킬 것이란 하나의 새로운 혁신(Innovation)을 전망하는 것은 그렇게 어려운 예측이 아니다.

인류사회에 있어서 새로운 바이오 기술은 무엇일까? 새로운 생물공학이 원래 지향하는 바는 생명현상과 생물의 기능을 탐구하고 이용하여 생명과 생활의 질을 높이는 인류의 복지였다. 그런데 생물의 게놈 정보가 범람하고 클론 인간 등이 시도되면서, 인간의 존엄성과 생명의 안전성이 위협받는 가능성이 제기되 새로운 문제가 여러 가지로 대두되고 있다. 이제 인류는 겸허하게 생물에서 배우고 생물을 이용하는 기술인 생물공학에 대해서 여러 측면에서 근본적으로 이해하도록 해야하고 이것은 과학자에 국한된 이야기가 아니라, 비과학자에게도 모두 똑같이 중요한 문제라는 점이 인식 되어야 한다. 인간의 생명은 모든 학문의 공통적인 연구 테마(주제)이므로 생명과학, 생물공학과 인문과학, 그리고 사회과학 등은 고전적 학문 영역의 경계를 넘어 인간의 생명과 생활 그리고 인류의 복지와 문화를 위해서, 학제적 접근과 학제적 연구를 추진해야 하는 것이 현대사회가 요구하는 생명 탐구일 것이다.

한편 국제사회에 있어서 바이오 기술 개발은 둘러싼 현실은, 같은 바이오 기술이라도 세계에서 가장 먼저 개발한 최첨단 기술이 아니면 연구 개발의 독창성이나 기술의 지적소유권을 인정받지 못하는 것이 현실이다. 2003년 일본 정부는 21세기 COE Program을 발표하였다. 여기서 COE는 Center of Excellence로서 하나의 연구 분야에 대해서 세계에서 최첨단을 연구하고 있는 연구 Team, 말하자면 세계 최고 수준의 연구 교육 거점(중핵적 연구 거점)을 말한다. 한국이 일본, 미국, 독일, 영국, 프랑스 등과 같이 국제 경쟁력을 가지고 생물공학 기술과 생물산업을 통해서 국제적 바이오 기술 사회의 질서를 창조하는 데 공헌하고, 한국민과 인류의 복지사회에 기여하기 위해서는 바로 우리나라가 국제적 기술 경쟁에서 승리하게 위한 최첨단 바이오 기술을 개발할 전략을 가지는 것이며, 우리 국민의 우수한 연구 역량을 발휘하게 하는 것이다.

2. 수산에서의 생명공학적 이용(육종학적 가치측면에서)

20세기 초반, 그리고 20세기를 걸쳐 해양을 물리적으로 지배하는 민족이 세계를 지배하였다. 반면, 21세기는 한정된 각국의 배타적 경제수역(EEZ) 내에서 무한한 생산 잠재력을 지닌 해양을 어떻게 잘 관리하고, 어느정도 잘 개발하고자 노력하려는 해양의 세기가 될 것이다. 아울러 「제 3의 물결」로 널리 알려진 앨빈 토플러는 해양 개발, 생명공학, 지식 정보화 및 우주 개발을 제 3의 물결을 주도할 4대 핵심 산업이라고 언급한 바 있다. 이들 21세기 4대 핵심 산업중 생명공학 기법을 도구로 한 해양개발인 해양생명공학(Marine biotechnology)은 육상에서 이루어졌던 생명공학적 기법들을 해양생물을 대상으로 적용, 개발하여 「청색혁명(Blue revolution)」을 이루고자 하는 분야이다. 따라서 해양생명공학의 궁극적인 목적은 단지 그 연구 대상을 해양생물에 국한한다는 것 뿐, 생명공학의 궁극적인 목적과 마찬가지로, 물질과 에너지원 으로서의 자원 개발, 인간에 의해 야기된 환경 오염의 제거 및 경제적으로 유용한 생화학적 과정을 통한 생산이라고 대별할 수 있다. 해양생명공학의 적용 범위는 대체로 건강, 식품, 환경, 에너지 및 화학 분야이며, 해양생명공학의 정의는 '인간의 복지를 위하여 해양생물의 System process, 나아가 생물 그 자체를 이용하는 기술'이라고 할 수 있다.

수·해양은 고급 단백질원 제공과 인류 최후의 식량 보고라는 측면에서 그 중요성이 점차 증대되고 있으나, 최근들어 어업 여건의 국제적 악화 및 연안역의 오염과 매립 및 환경 오염으로 인해 그 수급에 있어서 큰 차질이 예상되고 있어 이미 잡는 어업(Fishery)만으로는 수산물의 수급 충족에 한계를 나타내고 있다.

더욱이 우리나라의 수산물 산업은 최근 WTO 체제의 출범으로 인한 본격적인 농수산물의 국제화, 개방화 시대로 돌입과 동시에 무한 경쟁 체제하에 놓이게 되었다. 이에 수산업의 국제 경쟁력 확보, 국민 복지 증진의 요구 수렴, 국가 식량 문제에 기여할 수 있는 기술의 전략적 개발과 세계시장의 진출을 통한 수산물 산업의 수출 전략이 매우 중요시되고 있다.

이러한 범세계적 추세와 국민적인 요구를 충족시키기 위해서는 집약적 첨단 기술 개발에 의한 생산성 향상의 극대화와 양식(기르는 어업, Aquaculture) 생산량의 증대가 절실히 요구되고 있다. 양식 생산을 위한 기본 요건중, 종묘(치어, Seed)의 생산은 생산물의 원료 확보라는 측면에서 가장 중요시 되며, 더욱이 우량 종묘의 생산은 양식 생산성 향상의 극대화를 꾀할 수 있는 첩경으로 여겨지고 있다.

최근들어 단기간에 걸쳐 단위 노력당 생산성을 극대화 하기위해 유전공학 기

법을 이용한 고부가 가치의 우량 품종을 생산하고자 하는 노력이 전 세계적으로 이루어지고 있으며, 특히 수산물중 가장 경제적 가치가 높은 어류에 많은 연구들이 집중되고 있다.

1971년에 세계식량농업기구(FAO)에 의해 수산양식 산업에서 생명공학적인 연구의 필요성이 대두된 이래, 해양생물을 대상으로한 수산유전육종학(Aquatic Genetics and breeding, Aquatic Genetic improvement, Aquatic applied Genetics) 연구는 어류(Fish), 패류(Shellfish), 수산동물(Aquatic animal)과 해조(Sea weed)를 대상으로 최근까지 질적, 양적으로 꾸준히 증가 되어왔고, 현재 4년 단위로 “양식에서의 유전학(Genetics in aquaculture)”이라는 명제하에 국제심포지움이 개최되고 있다. 이와 더불어 수산양식 산업에서의 수산유전육종학적 기법 및 그 산물에 대한 수요 요구가 점차 증가 추세에 있다. 수산유전육종학이 비록 이와같은 30년이라는 비교적 일천한 연구 역사에 비해 현재 활발히 연구되고 실용화되고 있는 이유는, 그 연구 대상인 해양생물이 포유류와 조류가 주축을 이루는 가축에 비하여 첫째, 대부분 체외수정으로 생식을 하므로 배우자와 접합자(수정란)의 조작이 수월하며 둘째, 개체 크기가 가축과 비교시 매우 작고 그 생활사가 비교적 짧아서 연구 결과와 연구 효과를 단기간내에 집단적으로 확인 할 수 있고 셋째, 성염색체가 거의 미분화 상태여서 배수체(Polyploid)의 생존력이 정상이며, 성(Sex)을 자유로이 기능적으로 전환 시킬 수 있는 등의 장점에 기인된 것이다. 수산유전육종학의 산물은 방향성과 목적성(예컨대, 빠르고 고른 성장)이 있어야 하며, 수산유전육종 결과 신기능(신품종) 생물의 형성이나 우량 품종으로의 개량으로 인하여 양식 산업성 증가에 효과가 있어야 할 것이다.

가. 수산유전육종학의 역사적인 연구배경

1971, FAO(세계식량농업기구): Working partly on genetic selection and the conservation of genetic resources of fish → Fish farming (Aquaculture, 양식)에 있어서 Genetic study의 필요성 역설: 보고서(1972)

1975, FAO: Technical conference on aquaculture → Moav, Fish Genetics(유전학)의 상황 review: 보고서(1979)

1982, FAO, World Mariculture Soc., European Mariculture Soc.: “Ireland”, 최초의 수산동물을 대상으로한 International symposium, Special issue:

"Genetics in aquaculture", 7 Session(분과):

1. 유전표식(Genetic markers) and 집단유전학(Population Genetics)
2. 잡종(Hybrid) and 잡종화(Hybridization)
3. 수자원 분석(Quantitative Genetics) and 유전(Inheritance)
4. 통계교배(Inbreeding)
5. 성전환(Sex reversal)
6. 가축화(Domestication)
7. 세포유전학(Cytogenetics)

1986, Marine biotechnology 분과: "Honolulu", Pacific congress on marine biotechnology

1988, The institute of aquaculture reserch and the international association for Genetics in aquaculture: "Norway", The third international symposium on Genetics in aquaculture (3 session: 1, Biotechnology; 2, Breeding plans; 3, New fish species)

1989, 일본: 제 1회 해양생물공학 국제학회

1993, 한국: 부산수산대학교 해양산업개발연구소, 생명공학 기법을 이용한 어류의 유전육종(염색체공학, 성전환, 잡종화, 유전자이식)

나. 양식산업과 수산생물육종

우리나라 어류 양식의 역사를 보면 1980년대부터 산업으로 성립이 되었다. 1990년대부터는 생활수준의 향상에 따른 소비확대와 생산량 증대 위주의 기술 개발에 힘입어 어류 양식 생산량은 비약적인 증가를 보였다. 그러나 2000년대부터 중국산 활어의 수입이 증가되면서 양식업계의 경영 수지는 악화되고 있다. 최근에는 질병에 의한 폐사가 빈번하게 일어나 질병 치료에 소요되는 경비 및 인건비 등의 증가도 문제지만 더 큰 어려움은 양식 수산물에 대한 국민들의 불신이 가중된다는 것이다.

또한 양식은 산업인 만큼 경영하는 측면에서 보면 수익이 발생하여야 한다. 수익은 판매하는 가격이 높으면 해결되지만 중국에서 값싼 수산물이 계속하여 들어오기 때문에 판매 가격 상승은 기대하기 힘들다. 따라서 양식 생산 단가를 절감하여 이익을 늘려야 한다. 이러한 상황을 타파하기 위해서는 사육시설의 개선,

좋은 배합사료의 개발, 어병 예방 등 여러 가지가 있겠지만 근본적인 해결책은 육종 기술을 이용하여 소비자가 원하는 고급 품질의 어류를 생산할 수 있는 기술을 개발하여야 하며, 이를 바탕으로 국내 소비를 확대시키고 외국 수출량도 늘려야 한다.

이미 미국에서는 염색체 공학을 이용한 참굴의 3배체 및 차넬메기의 3배체와 4배체가 생명물질 특허를 취득한 바 있으며, 염색체공학, 성전환, 잡종화 뿐만 아니라 근래 급속한 발전을 보이고 있는 분자생물학에 힘입어 어류를 대상으로 유용유전자의 이식이 시도되고 있다.

우리나라의 경우 몇 종의 어류에 대해 이미 3배체, 4배체, 잡종 및 잡종3배체, 성전환 등이 유도되었고, 무지개송어의 경우는 전암컷 3배체 종묘가 일부 양식업자에 의해 대량 사육되고 있는 등 점차 관심이 높아지고 있는 실정이다. 또한 외래유전자의 이식 연구에서도 model 어종인 송사리를 대상으로 인간의 성장호르몬 유전자를 이식하여 제3대까지 전달되는 것을 확인한 바 있으며 몇몇 양식어종에서 외래 유전자의 삽입이 확인되어 유전자 발현 및 다음 세대로의 전달 여부를 조사하고 있다.

금후 양식업은 육종 기술을 이용하여 기존의 양식 품종을 성장 및 생존율이 높고, 환경에 대한 저항력이 강하며, 내병성이나 사료효율이 높을 뿐 만 아니라, 맛과 외부형태 등이 우수한 품종으로 개량하여 고급 양식 수산물을 국민에게 공급하는 쪽으로 나아가야 한다. 수산 생물을 대상으로 여러 가지 생명공학 기법이 시도되고 있으나 현재 국내 및 외국에서 주로 사용되고 있는 유전육종 기법은 염색체공학, 성전환, 잡종형성, 선발육종, 유전자이식 등이다(김동수 등, 1993a). 특히, 국내에서는 어류에 대한 유전육종 연구가 집중적으로 이루어지고 있다.

1) 염색체공학(Chromosome Engineering)

염색체를 조작함으로써 염색체수를 증가시키거나 양친 중 요구되는 한쪽 성의 유전물질만으로 개체를 유도하는 방법이다. 이를 통해 양적, 질적 증가와 아울러 유전적 순계의 확립이 가능하다. 현재 수산동물의 육종에 적용되는 염색체공학 기법은 세포분열을 억제하여 그 염색체조 또는 염색체를 증가시키는 배수체 유도와 양친 중 한쪽 성(性)만의 유전물질로부터 개체를 유도해 내는 자성발생성 2배체, 응성발생성 2배체를 들 수 있다. 육종 기술을 적용하기 위해서는 사전에 대상 생물의 생애 및 생리에 관한 것은 물론이고, 유전학적 및 세포생물학적 특

성을 알아야 하기 때문에 이들에 대한 연구가 선행되어야 한다. 이들에 대한 연구는 여러 어종에서 보고되고 있으나 그중에서 중요한 양식대상 어종에 대한 것을 보면 넙치의 염색체 수는 48개의 acrocentric 이고 1쌍의 염색체에서 secondary constriction 이 관찰되었고(김동수 등, 1988a), 틸라피아 염색체 수는 $2n=44$ 이고 heteromorphic 한 성염색체는 나타나지 않았다고 보고하였다(김동수 등, 1990a). 범가자미의 경우 염색체 수는 $2n=46$ 개로 모두 acrocentric 였으며 heteromorphic 한 성염색체는 없음이 밝혀졌다(김경길 등, 1993).

ㄱ) 배수체(Polyploidy)

배수체 유도는 염색체(chromosome) 또는 염색체조(chromosome set)의 수준에서 반수체(haploid) 또는 이배체(diploid)를 넣어 주거나 제거하는 조작을 뜻한다. 배수체 유도를 위해서는 유용 수산동물의 난자와 정자를 수정시킨 후 제2극체의 방출을 억제하거나 수정난의 제1난할을 억제한다. 이러한 세포분열 억제를 위해서는 수정난에 온도충격, 수압과 같은 물리적인 처리와 cytochalasin B, colchicin, colomid 등의 세포분열 억제 화합물의 처리가 이용되고 있다.

ㄴ) 3배체

3배체는 정상 2배체 개체보다 반수체 만큼의 염색체 조를 더 갖고 있는 개체를 뜻한다. 유도된 3배체는 정상적인 감수분열을 수행하지 못하므로 대부분 기능적인 불임이다. 성숙기에 난자와 정자의 형성에 필요한 영양분을 빼앗기지 않고 체세포의 성장으로 전환시킬 수 있어 빠른 성장률, 육질증가, 사료 효율 향상, 내병성 증가효과 등이 보고된 바 있다(Lincoln and Bye, 1984). 우리나라 유용 어패류를 대상으로 3배체 유도 및 특성을 연구한 종을 보면 참굴(유명숙 등, 1990; 박미선 등, 1999), 차넬메기(Kim et al, 1990), 넙치(김동수 등, 1994a), 무지개송어(kim. et al, 1988), 나일틸라피아(김동수 등, 1990b), 참전복(지영주 등, 1995, 1997), 산천어(박인석 등, 1994), 미꾸라지(Kim et al, 1994)가 있다. 또한 김봉석 등(1995)은 유도된 3배체 미꾸라지의 생식소 발달을 2배체와 비교한 결과 3배체 난소는 제1차 성장기의 난모세포가 나타났을 뿐 더 이상은 발달하지 않았고, 3배체 수컷의 정소 발달 및 정자 형성은 2배체와 비슷하였지만 생식소 발달 단계는 지연되었다. 정창화 등(1995)은 전암컷 3배체 무지개송어의 조기산란에 대하여 조사하였고, 김동수 등(1994c)은 넙치 암컷과 유도된 자성발생성 2

배체 수컷 넙치를 교배시켜 전암컷 2배체를 생산한 후 전암컷 수정란에 저온처리하여 전암컷 3배체 넙치를 생산하였다. 김응오 등(2002)은 자연산 붕어에 관한 유전학적 동정을 실시하여 자연에서 붕어 집단은 3배체이며 DNA fingerprinting 분석한 결과 유전적인 구성이 동일한 클론 집단인 것을 밝혔다. 최근에는 방류나 양식장 사고 등으로 인한 자연수계의 유전자 오염 방지와 과다 번식의 방지를 위한 일환으로 3배체가 이용되는 경우도 있다.

ㄷ) 4배체

4배체의 유도는 대부분 온도 및 수압 처리를 통해 수정란 발생과정중 제 1난할을 억제하여 염색체수를 정상 이배체의 2배화 시키는 것이다. 4배체 연구는 3배체가 산업적 가치를 갖는 경우 필요시 마다 3배체를 유도하기 번거롭기 때문에, 4배체를 만들면 이들과 정상적인 2배체와의 단순 교배를 통해 보다 간편한 방법으로 3배체를 생산할 수 있다. 그러나 4배체 유도 연구는 기술적으로 어려우며, 유도된 4배체가 본래의 목적과는 달리 대부분 감수분열 시 상동 염색체가 제대로 짝을 짓지 못하여 불임이거나 초기 폐사하는 경향을 보인다. 우리나라에서는 미꾸라지 4배체를 생산하기 위해 수정란에 여러 범위의 자극 온도와 수정 후 부터의 경과시간 그리고 처리시간에 따른 효율을 조사하였다(김동수 등, 1993b).

ㄹ) 자성발생성 2배체(Gynogenetic diploid)

암컷의 유전 물질만으로 생산되는 개체를 뜻하며 수컷 정자를 이온화 또는 비이온화 방사선 처리를 하여 정자의 핵 물질을 불활성화시켜 난자와 수정시킨 후 물리 또는 화학적 처리를 통해 유도한다. 유도된 자성발생성 2배체는 개체의 유전 인자의 재조합 정도에 따라 50% 이상의 inbreeding이 된다.

따라서 이들은 모계의 형질만을 지니게 되고 만일 모계의 형질이 매우 우수하다면 그 형질을 1대에서 고정시킬 수 있어 우량 친어의 확보에 기여할 수 있다. 성 결정 양식이 암컷 동형접합(female homogamety)일 경우 유도된 모든 개체는 암컷이 된다. 따라서 넙치와 같이 암컷의 성장이 수컷보다 빠를 경우 이와 같은 기법으로 쉽게 우량 암컷만을 생산함으로써 양식에 획기적인 양적 증가를 가져올 수 있다. 그러나 유도된 자성발생성 2배체가 종에 따라서는 100% 암컷이 유도되지 않은 경우도 있어 수산동물의 성 결정 기작에 대한 연구가 병행 되어야

만 한다. 또한 자성발생성 2배체의 제1난할을 정지시켜 유도하면 이 개체는 염색체의 모든 유전자 좌위에서 동형 접합자를 이루게 되고 이러한 개체에서 얻은 난자로 자성발생성 2배체를 만들면 유전적으로 완벽한 개체 수준의 동형 접합성 클론(homozygote clone)을 만들 수 있어 복제 생물체의 대량 생산이 가능하게 된다.

우리나라에서 자성발생성 2배체 유도와 특성을 연구한 어종으로는 넙치(김윤 등, 1993), 메기(박인석 등, 2000), 대농갱이(박상용 등, 2007)가 있다. 한현섭(2000)은 은어의 자성발생 2배체와 clone 의 생리적 형질에 대한 유전적 변이성 등을 보고하였다. 한편, 김봉석 등(1994)은 유도된 넙치 자성발생성 2배체의 생식소 발달 및 생식능력을 조사한 결과 발생능력의 차이는 없음을 밝혔으며, 방인철 등(1996)은 성전환된 자성발생성 2배체 수컷의 자손검정을 위하여 성전환된 자성발생성 2배체 수컷의 정액을 보통 암컷 및 자성발생성 2배체 암컷의 성숙난과 인공수정 시킨 후 자손의 성비를 분석하여 자성발생성 2배체 수컷은 생식능력이 있음을 밝혔다. 정창화 등(1996)은 유도된 자성발생성 2배체 넙치를 양식어업인에게 보급하고 유전적 동형접합체를 생산하기 위해 제2세대 자성발생성 2배체를 유도하였다. 김경길 등(1999)은 전암컷 넙치를 생산하기 위하여 자성발생성 2배체 암컷과 pseudo-male과의 자연산란을 유도하였다.

ㄱ) 웅성발생성 2배체(Androgenetic diploid)

수컷의 유전 물질만으로 생산하는 개체를 뜻하며 난에 감마선을 조사하여 유전인자를 불활성화 시킨 후 정상 정자와 수정시킨다. 그 후 제1난할을 억제를 통해 2배체를 유도한다. 유도된 웅성발생성 개체는 수컷의 성결정 양식이 이형 접합형(male heterogamety)일 경우 반수는 성 염색체가 XX인 암컷, 그리고 반수는 YY형의 성 염색체를 갖는 초수컷(super male)이 만들어 진다. 따라서 초수컷과 암컷을 교배시키면 그 자손은 모두 수컷이 생산되므로 텔라피아와 같은 수컷이 산업적으로 중요한 경우 이용될 수 있다. 상기 기법에 의한 개체는 이제까지 극히 소수의 어류에서만 성공된 보고가 있으나, 앞으로 정자의 동결 보존과 연관지어 산업적으로 매우 중요시 될 가능성이 있다. 더욱이 이 웅성발생성 2배체들은 미토콘드리아 DNA를 갖지 않으므로 앞으로 이의 연구에 획기적인 기여를 할 것으로 기대된다. 웅성발생성 2배체 연구는 대단히 어려운 것으로 국내에서는 미꾸라지 웅성발생성 처녀생식 기술을 개발하기 위해 미꾸라지 난 유도 물질의 불활성화와 이에 따른 웅성발생성 반수체 유도 조건을 최적화 하였으며(남윤

권 등, 2006a), 유도된 미꾸라지 응성발생성 2배체의 생존능력을 평가하였다(남윤권 등, 2006b).

2) 성전환(Sex Reversal)

암컷과 수컷 간의 성장에 차이가 나는 종의 경우 또는 어느 한쪽 성이 성숙 시 양식산업에 바람직하지 못한 영향력을 끼칠 때 성전환을 시켜 한가지 성만을 양식함으로써 같은 기간 동안 생산량을 증대시키는 방법이다.

생물체에 있어 성(sex)은 생리학적 성과 유전학적 성으로 크게 나눌 수 있다. 생물체들이 진화과정을 통해 얻어진 성 유전자(sex gene)에 의해 결정되는 성을 유전학적 성(genetic sex)이라 하며, 유전 인자의 지배 하에서 개체 발생 시 생화학적인 기작을 통해 형성되는 성을 생리학적 또는 생화학적 성(physiological sex)이라 한다. 성전환에 의한 유전 육종은 수산동물의 어떤 종이 성장률, 성숙시기, 체색, 모양 또는 습성 등이 암컷과 수컷 간에 차이가 커 한 가지 성만을 양식(monosex culture)하는 것이 경제적이거나 사육관리가 쉬운 경우 시도한다.

ㄱ) 생리학적 성전환(physiological sex reversal)

개체 발생 과정 중 성 호르몬을 처리하여 성을 전환시키는 방법으로 여러 종의 어류에서 보고되고 있다. 이는 실제적인 측면에서 어류의 성전환에 의한 유전 육종이 쉽지 않다는 것을 암시한다. 또한 어류 중 일부는 성분화 시기의 사육 환경 특히, 수온에 따라 성비가 변한다. 넙치의 경우, 저수온보다 고수온에서 수컷의 비율이 높다(김경길 등, 1996). 일부 어종에서는 성분화 과정에서 호르몬 처리로 성전환이 비교적 쉽게 이루어 진다. 그러나 호르몬 처리 시에는 적절한 호르몬의 선택이 필요하며, 선택된 호르몬이라도 적정 농도로 처리를 해야 한다. 또한 적당한 처리 시기 및 그 기간이 필요하며, 그 처리 방법도 매우 주의를 해야 한다. 호르몬 처리에 의한 성전환 연구로는 미꾸라지(Nam et al, 1998), 넙치(방인철 등, 1995), 나일틸라피아(김동수 등, 1988b; 노충환 등, 1996) 등이 있다.

ㄴ) 유전학적 성전환(genetic sex reversal)

염색체 공학에서 서술한 것과 같이 정자와 난자가 수정될 때 전 집단의 암컷 또는 수컷화 할 수 있는 교배를 하거나 이들의 3배체를 유도하여 모든 집단을

암컷, 수컷 또는 그들을 불임으로 만들어 양식에 사용하는 방법이다. 어떤 종은 생리학적인 성 전환이 된 개체로부터 정자나 난자를 얻으면 이러한 정자와 난자는 유전적으로 본래의 성 유전자를 갖고 있으므로 이들과 정상 정자 및 난자와 교배시키면 그 자손은 모두 암컷 또는 수컷인 집단을 얻을 수 있다. 노충환 등(2000)은 유전학적 성전환 및 염색체공학 기법을 이용하여 나일틸라피아 초수컷 및 초암컷의 자손 생산능력을 비교하였다.

3) 잡종형성(Hybridization)

두 종간의 교잡에 의해 두 종이 가지고 있는 중간 형질을 가진 잡종을 생산하여 양친의 우량형질을 고정하고 나쁜 형질을 제거하도록 하는 방법이다. 한 정자의 전핵과 다른 종의 난자가 가지고 있는 전핵과의 인위적인 수정에 의해 개체를 생산하는 것 뿐만 아니라 한 종의 난자에 다른 종의 정자를 투입시키는 것 (heterospecific insemination) 모두를 잡종 또는 잡종화라고 한다. 최근의 잡종화는 인공수정을 시키기 전후에 정자 및 난자의 전핵에 여러 종류의 처리를 함으로써 유전적으로 변화된 정자나 난자를 서로 교배시키는 방법 등을 사용한다. 유전 육종학적 기법에 의해 만들 수 있는 가능한 잡종화 기작들은 중간 잡종, 자성발생성 개체 및 음성발생성 개체는 물론 잡종 3배체와 잡종 4배체의 유도도 가능하다.

잡종을 산업적인 측면에서 고려할 때 대체로 발생 초기 단계에는 매우 생존력이 약한 것이 특징이다. 이러한 잡종 개체의 높은 초기 치사율은 유전적 불안정성 때문일 것으로 추정되나 아직 연구가 미비한 실정이다. 한편, 성장 단계에서 잡종은 부모로 사용된 종들이 갖지 않는 특징이 나타나는 경우가 있다. 예컨대, 무지개송어와 은연어의 잡종은 IHN virus에 매우 강하며, 브라운 송어와 브룩송어의 잡종은 해수 순치가 매우 쉬운 잡종강세(heterosis)의 경향을 보이기도 한다. 그러나 성장률에 있어서는 거의 모든 잡종이 부모로 사용된 두 종의 중간 정도의 성장률을 보이므로 잡종을 만들 때 단지 성장률만을 유전 육종의 대상으로 함은 잡종 개체의 초기 발생 단계에서의 생존율이 낮은 점을 고려할 때 매우 위험한 일이다. 성숙기가 되면 대체로 거의 모든 잡종 개체는 불임이기 때문에 양식에 있어 불임의 이득을 얻을 수 있다. 그러나 수산 동물의 경우 어떤 종들은 잡종 개체일지라도 성 성숙이 이루어지는 개체가 있으므로, 잡종 개체들의 성숙기에 있어서의 경제성은 생식소 형성, 배우자 형성 및 접합자의 형성 유, 무에 따라 결정된다.

국내에서 연구된 잡종 유도 및 특성 연구로는 말전복과 까막전복 잡종(An et al, 2007), 참돔과 감성돔 잡종(Kim et al, 2005), 방사무늬김과 참김 교잡(Shin, 1999), 넙치와 범가자미 잡종(Kim et al, 1996), 잉어와 붕어 잡종(남윤권 등, 1998) 등이 있다.

인공적인 잡종 유도 외에 자연에 서식하는 잡종도 관찰되었다. 민미숙 등(1992)은 자연에 서식하는 버들개 및 버들치에서 일부 잡종이 있음을 확인하였다. 또한 잡종유도와 염색체 조작기술을 혼합한 연구가 일부 수행되었는데 무지개송어와 은연어의 잡종 3배체 연구에서 잡종 3배체 염색체 수는 Robertsonian 형의 전좌에 의한 염색체 다형 현상을 보였다(박인석 등, 1996). 박인석 등(1997)은 무지개송어와 산천어의 잡종 3배체를 대상으로 성비조사와 형태학적 계측형질을 조사하였고, 박인석 등(2000)은 미꾸라지와 미꾸리간의 잡종 및 잡종 3배체 연구에서 일부 조직의 핵과 세포크기를 조사하여 잡종 및 잡종 3배체의 판별 및 배수화 수준 평가의 한 방편으로 사용 가능성을 제시하였다.

4) 선발육종(Selective Breeding)

육종은 유전적 변이에 의해 얻어진 좋은 형질을 가진 개체를 계속 선발 및 교배하여 우량 형질들을 가진 개체만 선발해 내는 방법이다. 생물체는 형태학적, 생리학적 및 생화학적 등의 다양한 변이를 가지고 있다. 이러한 변이들은 유전이 가능한 것과 단순히 환경 요인에 의한 것으로 크게 나눌 수 있다. 물론 유전이 가능한 것이라도 외부 환경 요인에 크게 영향을 받는 형질은 개량하기가 어렵다.

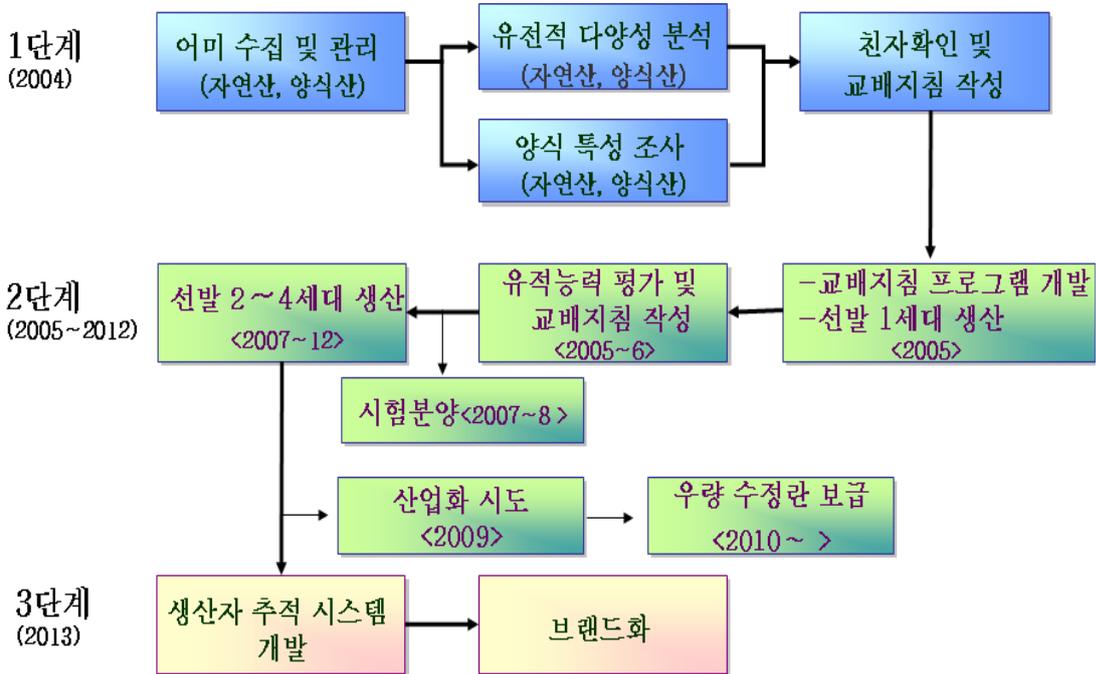
육종 프로그램은 우수한 생산 효과 및 이익을 얻을 수 있는 생물을 효율적으로 육종하기 위한 것으로 생산, 브랜드화, 소비까지를 포함하는 것이다. 육종 계획은 목표의 설정에서 시스템의 최적화까지의 광범위한 문제를 포괄적으로 검토해야 한다. 육종 목표의 설정 시에는 어떠한 형질을 개선하는가를 결정하여야 하고, 그 다음에는 어떠한 집단에서 실시하는 가를 정해야 한다.

현대의 육종 프로그램은 양적 유전학적 육종 방법(고전적인 선발육종)과 최근 발전하고 있는 분자생물학적 분야를 접목하여 지금까지 생각하지 못했던 우량 형질의 선택을 가능하게 만들면서 양식업에 획기적인 변혁을 일으키고 있다. 양적 유전학적 육종의 근본원리는 가장 우수한 형질을 가진 것끼리의 교배를 통해서 우량형질들을 계속해서 선발하는 것이며, 우량 암수를 선택하기 위해서는 각 개체의 양적 표현형(무게, 길이 등)을 1차적 근거로 하여 그 개체 뿐 만 아니라

그 개체의 근친 정도 등을 조사하여야 한다. 만약 선택하기를 원하는 양적 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 수산생물에 있어 세대간 증가율은 10~15% 정도가 일반적이다. 이러한 증가율을 얻기 위해서는 아무리 좋은 양적 형질을 가진 개체라도 그들의 유전적 유연관계를 알아서 근친교배를 방지해야 가능하다.

최근에는 유전자 지문을 이용한 교배방법을 육종에 적극 이용하고 있다. 육종을 위해서는 환경적인 요인(수조, 수온, 밀도, 먹이)을 가능한 동일하게 하여야 하므로 전 개체를 부화자어부터 가능한 동일한 환경 조건에서 관리해야 한다. 이럴 경우 개체 및 부모의 구분은 유전자 지문을 통한 친자확인으로 가능하다. 따라서 과거와는 달리 훨씬 많은 개체와 가계(family)를 한정된 수조에서 키울 수 있게 되었으며, 결과적으로 선택할 수 있는 개체의 수가 많아져 선발강도를 강하게 함과 동시에 각 개체에 대한 정확한 유전능력이 파악되므로 유전적 획득율도 이전의 방법보다 증가한다. 또한 가계별로 구분하기 위하여 실시하였던 물리적 표시에 들어가는 막대한 비용도 절감할 수 있게 되었다.

선발육종에 대한 체계적이고 과학적인 연구는 우리나라의 경우, 국립수산과학원에서 넙치를 중심으로 육종 프로그램을 수립하여 2004년부터 본격 추진하고 있으며, 육종 방법으로는 유전자 표지를 이용한 선발육종이다. 단계별 추진 전략을 보면 1단계인 2004년도에는 유전적 다양성 확보를 위한 넙치 어미 집단 수집 및 유전학적 분석(kang et al, 2006)을 실시하여 육종을 위한 어미 집단을 확정하였다. 2005~2006년의 2단계에서는 선발 1세대(F1)를 생산하여 유전능력을 평가하였으며, 2007년도에는 2005년도에 생산된 F1 넙치를 이용하여 F2 넙치를 생산하였으며, 2009년에는 육종 3세대(F3)를 생산하였다.



ㄱ) 어미 집단의 유전학적 평가

우리나라 넙치양식은 1980년대 일본으로부터 수입된 양식산 집단으로부터 시작되어 국내에서만 25년 동안 양식이 이루어져 왔다. 그동안 수정란을 판매하는 양식업자들이 나름대로의 기준(외형적으로 성장이 우수한 개체)에 의하여 어미를 선발하여 수정란을 공급해 왔다. 또한 어미집단의 유전적 다양성을 확보하기 위하여 자연산을 수집하여 양식산 어미와의 교배를 시도하였지만 실제로 교배가 이루어졌는지는 확실하지 않다. 이처럼 양식업자들은 나름대로 우량한 친어를 확보하였지만 과학적인 근거가 없이 외형적인 것을 기준으로 어미를 선발하였기 때문에 현재 우리나라 넙치 어미집단의 유전적 다양성은 자연집단에 비하여 좁아진 상태이다. 그 결과 양식 넙치는 성장속도는 점차 둔화되고 생존율이 낮아지는 등 여러 가지 문제점이 노출되고 있다.

이론적으로는 실내에서 한정된 어미를 이용하여 양식할 경우 1세대만 지나도 눈에 확연하게 띄지는 않지만 유전적 다양성이 축소되는 것으로 나타났다. 또한 이러한 유전적 다양성이 계속 축소되어 어느 한계에 도달하면 성장의 저하, 질병 발생률 및 기형을 증가, 환경내성 저하, 생존율 하락, 원인 모를 대량 폐사 등의 현상이 나타난다. 따라서 우리나라에서 관리되고 있는 넙치 어미 집단의 유전적 다양성을 넓히기 위해서는 자연산을 육종을 위한 기초집단에 포함시켜야 하며, 이들 자연산을 양식산과 교배시켜 유전적 다양성을 최대한 크게 하여야

한다. 육종을 위한 넙치 어미집단의 유전적 다양성이 부족할 시 육종 사업은 그 효과가 미비할 것이며, 역으로 좋지 못한 결과까지도 초래한다(노재구 등, 2008).

ㄴ) 교배지침 및 가계생산

넙치의 육종을 위해서는 유전적으로 우수한 개체를 이용하여야 하며, 그러한 개체를 선발하기 위해서는 유전적 다양성이 큰 집단에서 육종을 시작하여야 한다. 따라서 유전적 다양성이 최대한 확보되는 교배지침을 2004년도에 만들었다. 이 교배지침에는 양식산(암컷)×양식산(수컷), 양식산(암컷)×자연산(수컷), 자연산(암컷)×양식산(수컷), 자연산(암컷)×자연산(수컷) 등이 모두 포함되어 있다.

2005년도에는 동 교배지침대로 인공수정을 실시하여 많은 가계를 생산한 후 유전능력을 평가하였다. 이때 혼합 사육한 넙치의 가계 및 개체 구분을 위하여 지느러미 일부를 절취하여 DNA를 분리한 후 유전학적 방법에 의한 친자확인을 실시하였다. 다음세대를 생산하기 위한 교배지침은 전 세대의 유전능력 평가 및 개체간의 유전적 유연관계를 고려하여 작성하였다.

ㄷ) 성장 및 유전능력 평가

자연산과 양식산 어미를 서로 교배하여 생산된 종묘를 대상으로 상품크기까지 양성 실험을 실시하였다. 그 결과 자연산 어미로 생산된 넙치는 양식산에 비하여 성장이 느린 것으로 나타났다. 그러나, 색택이나 체형에서는 양식산 보다 우수하였다. 따라서 이들 자연산을 양식산과 교배시키면 성장은 기존의 양식산에 비하여 떨어지나 체형이나 색깔에서는 기존의 양식산보다 우수한 개체를 만들 수 있을 것으로 판단되었다.

넙치 육종을 하기 위해서는 우리가 개량하고자 하는 대상형질의 유전력을 먼저 알아야 한다. 대상형질의 유전력이 낮을 경우 육종 효율을 얻기까지는 장기간이 필요하므로 효율적인 면에서 떨어진다. 넙치의 경우 성장에 대한 유전율을 조사한 결과 0.3~0.4였으며, 체형(체고/전장)에 대한 유전력은 이 보다 조금 낮은 0.2~0.3으로 조사되어 일반적인 다른 어류의 유전력과 거의 비슷하였다.

5) 분자육종 기술개발

분자육종 연구는 기존 선발육종이 갖는 한계를 극복할 수 있다는 점에서 매우 효율적인 육종 방법으로 각광받고 있다. 즉, 유전율이 낮은 형질에 대한 개선도 가능하며, 육안으로 확인하는 표현형과 그와 관련된 유전정보를 통합하여 선발을 하기 때문에 선발의 정확도가 향상된다. 또한 사육 초기에 해당 형질의 발현양상을 파악할 수 있으므로 사육의 효율을 높여 준다. 즉, 유전학적 마커를 이용하여 경제형질과 관련이 있는 유전자 위치를 찾아내어 이를 기존의 선발육종에 이용하는 것으로 '마커에 의한 선발(MAS)'이라고 한다. 이를 위해서는 유전자 마커 개발(Kim et al, 2003), 유전자 지도 작성(Kang et al, 2008), 유전자의 기능 연구 등 경제형질과 관련된 유전자의 위치를 파악하는 것이 중요하다. 그러나 MAS는 세계적으로 볼 때 아직 초보적인 수준에 머물러 있다. 노르웨이에서는 담수에 사는 틸라피아의 염분내성 유전자를 이용하여 틸라피어를 해수에서 사육하고 있으며, 대서양연어의 경우 육질 색을 더 붉게 하기 위하여 관련 유전자를 육종에 이용하고 있다. 우리나라에서는 넙치 질병과 관련된 유전자를 이용하여 질병에 강한 품종을 개발하는 연구를 진행 중에 있다.

6) 유전자 이식(Gene Transfer)

유전자 이식에 의한 육종은 유용 유전자의 수정란 내 이식과 함께 필요한 유전 인자를 증폭시키거나 더욱 활성화 시키는 방법이다. 수산동물에 있어 유전자 이식은 주로 수정란의 1세포기 또는 난할 초기에 유용 유전인자를 직접 수정란의 핵 속에 넣어 그것이 발현되게 함으로써 궁극적으로 chimeric 동물을 생산하고자 하는 것이다. 성장 호르몬의 경우에 같은 종의 것이 아니더라도 복강 주사 시 성장 증가를 가져온다는 것이 밝혀진 후 1984년 최초로 무지개송어를 대상으로 시도된 이래 몇몇 어류에 대한 유전자 이식이 보고되어 있다.

상기의 연구는 최근 어류에 있어 유용 유전자의 클로닝(cloning)과 그의 염기서열 분석(sequencing)이 활발히 이루어지게 되어 큰 발전을 보고 있다. 예컨대, 무지개송어의 C-myc 발암 유전자, 송사리류의 미토콘드리아 DNA를 비롯하여 산업적으로 중요시되는 인슐린 유전자, 성장 증가에 관여하는 성장 호르몬 유전자 그리고 병점하에서도 체액을 병점 이하로 강하시켜 생물체의 생존이 가능케 하는 항동결(antifreeze) 유전자 및 생체에 독성이 강한 중금속의 독성을 불활성화 시키는데 기여하는 methallothionin 유전자, 눈의 수정체 형성에 관여하는

crystallin 유전자 및 농약의 독성을 제거하는 것으로 알려진 esterase 유전자 등이 그것이다. 이들 중 특히 무지개송어의 성장호르몬 유전인자는 실험실에서 합성되어 대장균에 삽입됨으로 이를 대량 생산하는 단계에까지 도달하였으며, 이렇게 생산된 성장호르몬을 무지개송어에 복강 주사하면 성장이 매우 빠른 결과가 보고되어 있다. 앞으로, 이 분야는 급속히 발전하는 분자생물학 및 유전공학 분야의 도움을 받을 것으로 예상되므로 큰 기대를 걸어 볼 만한 분야이다.

어류에 이식한 유용 유전자는 주로 인간, 쥐 또는 소의 성장 호르몬 유전자나 세균에서 분리된 약제 내성 유전자가 대부분을 차지하였다. 그 이유는 지금까지 어류에 있어 유전자 동정 및 이식 등 어류를 위한 분자생물학적인 방법론이 확립되지 못하였기 때문으로, 주로 reporter gene을 사용한 몇 종, 예컨대 무지개송어, 잉어, 틸라피아 그리고 채널메기를 제외하면 모두 실험 동물로 개발된 어종이거나 관상어종이었다(Maclean & Penman, 1990).

수정난내 유용유전자 이식은 주로 1세포기 이전에 micromanipulator를 이용하여 유전자를 미세주입 하였다. 그러나 어류의 난은 그 크기가 다양하고, 핵을 직접 관찰할 수 없으며, 강력한 난각을 가지고 있어 injection이 포유류보다 매우 어려운 단점이 있다. 특히, 난각은 microinjection용 needle이 뚫기가 매우 어려워 화학적으로 이를 제거하는 방법이 개발되었으나 이것이 모든 종에 통용되지 못하는 어려움이 있다. 이에, 난의 발생과정 중 매우 효율적으로 유전자를 다량의 수정난에 주입하기 위한 연구가 이루어져 정자를 vector로 사용하는 방법, electroporation이나 lipofection을 이용하는 방법 등이 제안되고 있다.

ㄱ) 형질전환 어류 생산

우리가 원하는 경제형질을 비교적 단기간에 달성하기 위하여 수산생물로부터 이용 가능한 유용 유전자를 직접 추출하여 목적하는 수산생물에 이식하는 형질전환 연구가 진행 중에 있다. 1983년 인간의 성장호르몬 유전자를 마우스에 이식하여 수퍼 마우스를 개발한 이후, 1980년 중반부터 어류에서도 형질전환을 통한 신품종 개발 연구가 이루어지고 있다. 형질전환 기술 초기에는 활용 가능한 유전자가 한정되어 있는 점 등 여러 가지 기술적인 문제가 있었으나, 점차 다양한 유전자가 발굴되고 유전자 발현 및 유전자 전달 기술이 발달하면서 저온내성, 질병내성, 대사효율 개선 등의 다양한 형질전환 어류들이 개발되고 있다. 예로서 대만과 미국 등지에서는 제브라피쉬에 붉은 형광단백질 유전자를 이식(Hsiao et al, 2001; Gong et al, 2003)하여 전혀 다른 체색의 신품종 제브라피쉬

를 개발하여 판매하고 있다.

형질전환 어류 개발로서 가장 대표적인 어종은 캐나다에서 개발한 형질전환 대서양연어이다(Devlin et al,1994). 이것은 왕연어의 성장호르몬유전자를 Ocean pout(냉수성어류)의 항동결유전자 프로모터와 조합하여 연어의 알에 이식한 것으로, 같은 기간에 일반 양식 연어에 비하여 약 30배 이상 성장이 빠르다.

국내에서는 김동수 등(1994b, 1995)은 미꾸라지에 외래 유전자 이식을 위한 lacZ의 report 유전자로서의 유용성을 검토하였고, 미꾸라지 성장호르몬 유전자 이식을 위하여 미꾸라지 정자에 electroporation 처리를 통해 난과 인공수정시킨 후 수정을 및 부화율 등 유전자 이식효율을 조사하였다. 또한 남윤권 등(1997)은 외래유전자(pFV4CAT)를 미꾸라지에 이식하여 transgenic 미꾸라지를 생산하였으며 이식된 외래 유전자는 미꾸라지 세포내에서 비교적 높은 빈도로 발현하였음을 국내에서는 최초로 밝혔다. 형질전환 어류의 성장 및 유전자 특성에 관한 연구로는 미꾸라지를 대상으로 성장효과(대조군에 비해 약 30배)와 불임 여부를 조사하였다(Nam et al, 2000, 2001; Kim et al, 2004).

30종이 넘는 다양한 수산생물을 대상으로 형질전환 연구가 이루어지고 있으며, 형질전환 생물은 기존의 생물이 가지고 있지 않은 새로운 유전자를 가진다. 이로 인해 생태계로 방출될 경우, 자연 도태될지 일정한 수역에 서식하게 될지, 또는 점점 서식지를 확대하면서 생태계를 교란시킬 지 예측하기 힘들다. 또한 이식된 재조합 유전자가 생물의 어느 계층 위치에 안착할지 예측할 수 없으며, 어떤 해로운 물질을 생성할 수도 있다. 이러한 이유로 유전자변형생물체를 이용하기 위해서는 안전성을 확보하기 위한 다양한 노력이 필요하다.

유전자변형생물체의 안전성을 확보하기 위해서는 도입된 유전자의 특성, 유전자변형생물과 동종의 비유전자변형생물의 차이에 대한 평가 등이 중요하다. 따라서 도입유전자의 특성 및 발현의 안전성 등에 관련된 분자생물학적 기술과 세포 및 개체수준에서 대사변화, 환경내성, 질병내성 및 독성물질 축적 등 생리학, 병리학, 독성학 등 다양한 분야의 기술이 요구된다.

잠재적 활용가치가 큰 유전자 변형생물의 중요한 관리 방안은 탈출방지 시스템 구축이다. 생태계 내에서 야기될 수 있는 여러 가지 상황이 예측하기 어렵다면, 유전자변형생물이 생태계로 탈출하지 못하도록 고안된 육상 기반의 하이테크 양식장이 필요할 것이다. 또한 유전자변형생물을 3배체 및 잠종화시켜서 환경에 방출되더라도 번식을 못하게 하거나 처음부터 번식을 못하는 유전자변형생물을 만들어서 환경에서 자연 소멸되도록 하는 생물학적 밀폐 기술도 필요하다. 이미 이런 연구가 진행되고 있는데 대서양연어를 개발한 'AquaBounty

Technologies'사는 메기 및 잉어를 대상으로 관련 연구를 수행한 적이 있다. 또한, 지속적인 모니터링을 통해 장기간에 걸친 문제가 없는지 평가가 필요하며 유해 유전자변형생물이라 판단되면 해당 생물을 제거하는 기술 연구도 필요하다.

3. 어류의 발생

가. 감수분열(생식세포분열, Meiosis)

동물들은 무성생식(Asexual reproduction)이나 유성생식(Sexual reproduction)으로 번식을 한다. 일부 하등 무척추동물들은 교배없이 무성생식으로 증식하여, 유전적으로 부모와 동일한 자손을 탄생시킨다. 반면에 대부분의 동물들은 유성생식을 통하여 자손을 증가시킨다. 유성생식은 부모의 두 게놈유전자를 반씩 혼합하여 유전적으로는 부모와는 다른 자손을 만든다. 이 유성생식은 환경에 유리한 새로운 유전자군을 가진 자손을 태어나게 하여 환경변화에 대한 생존능력을 향상시키므로, 진화적으로 모든 고등생물들이 채택해왔다.

유성생식을 하는 동물들은 일생의 대부분을 이배체(Diploid) 상태로 살아가나, 번식을 위한 특수한 상황이 되면 자손을 만들기 위해 일부 이배체 세포들이 감수분열하여 반수체(Haploid) 세포가 된다. 반수체는 서로 융합하고 분열하여 새로운 개체로 태어난다.(그림 3-1-1). 이와같이 유성생식을 위해 염색체수가 반감된 반수체 세포를 배우자(Gamete)라 부르며, 2종류가 있다. 하나는 비교적 크고 운동성이 없는 것으로 난자(Oocyte) 혹은 난, 알(egg)이라하고, 다른 하나는 작고 활발하게 움직이는 것으로 정자(Sperm) 혹은 정충(Spermatozoon)이라 불리운다. 두 배우자가 융합한 후 체세포분열을 통하여 이배체 개체를 형성하며, 이 중 일부는 앞으로 감수분열하여 배우자될 운명을 가지고 있다. 배우자를 포함하여 이러한 모든 세포를 생식주(Germ line) 혹은 생식세포(Germ cells)라 한다. 그리고 이 생식세포에서 배우자인 정자와 난자를 형성하는 과정을 각각 정자형성과정(Spermatogenesis) 및 난자형성과정(Oogenesis)이라 부르며, 이 두 과정을 포함하는 모든 과정을 생식세포형성과정(Gametogenesis)이라 한다.

생식세포(Germ cells)에 관한 연구는 발생생물학 및 생식생리학의 중요한 한 분야로서 최근에 매우 활발하게 진행되고 있다. 생식세포에 관한 연구는 정자로부터 시작되었으며, 정자의 생리에 관한 기초연구와 더불어 인공수정의 보급 등 새로운 응용기술이 속속 개발되어 왔다. 그러나 1960년대에 접어들면서 난자의 생리에 관한 기초연구와 함께 난자의 산업적 응용에 관한 연구도 활발하게 진행되어 난자시대라고 할만큼 각종 동물의 난자에 관한 연구가 다각적인 측면에서 추진되어 왔다. 이와 더불어 1970년대 말부터 최근에 이르기까지 분자생물학적 연구 방법의 발달에 힘입어, 생식세포형성과정의 분자생물학적 연구와 이의 응용에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

정자와 난자가 될 초기 생식세포(원생식세포, 시원세포, Primary germ cells)는 생식소(Gonad)에서 체세포분열을 계속하여 수 백만 개로 증식을 한다. 이 세포는 앞으로 정자와 난자로 되기 위해 이배체인 염색체수를 반수체로 감소 시켜야만 한다. 이배체에서는 각 염색체를 2개씩을 갖지만 반수체에서는 1개만을 가지게 된다. 이러한 염색체 반감 과정을 감수분열(생식세포분열, Meiosis)이라 한다.

초기 생식세포가 마지막 체세포분열을 한 후, DNA 복제를 통하여 DNA 양은 정상 세포보다 2배로 증가된다. 이때 각 자매염색체(Sister chromatid)는 동원체(Centromere)에 서로 연결되어 있다. 그림 3-1-2에서 보여 주듯이 감수분열은 체세포분열과는 달리 2번의 세포분열을 수행한다. 첫번째 분열에서 각 자매염색체는 서로 모여 4배체(Tetrad)인 상동염색체(Homologous chromosome)를 형성한 후 다음 서로 다른 세포로 나누어진다. 즉 제1 감수분열은 생식세포가 가지고 있는 상동염색체가 2개의 딸세포(Daughter cells)로 각각 나누어지며, 각각의 딸세포는 한종류의 자매염색체만을 가지게 된다. 두번째 분열은 보통 체세포분열처럼 각 자매염색체가 반으로 나누어지게 된다. 결과적으로 감수분열과정을 통하여 1개의 생식세포는 4개의 세포로 분열하고, 각 세포는 모계나 부계의 염색체 중에서 1개씩(반수체)만을 가지게 된다.

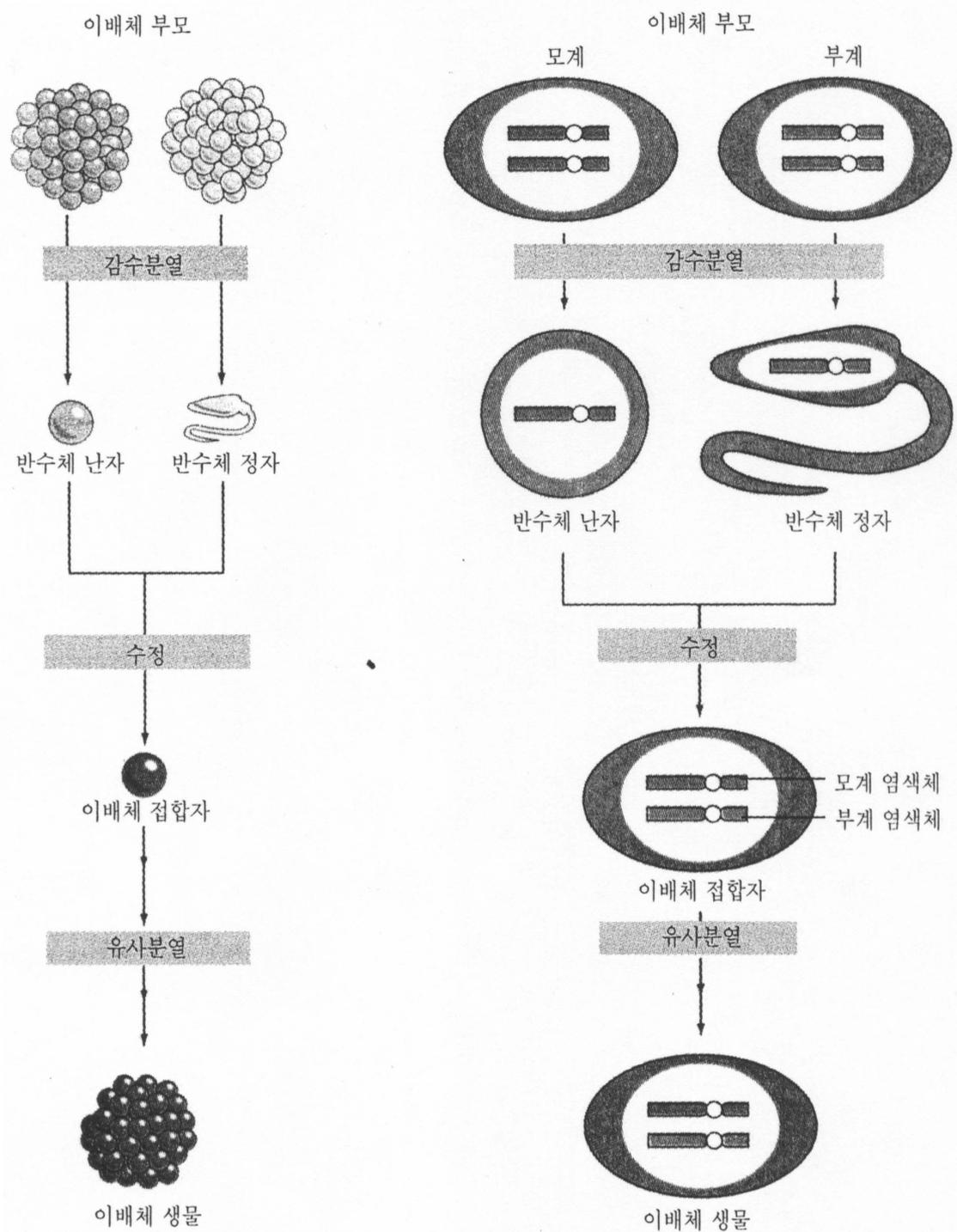


그림 3-1-1. 유성생식에 있어서 이배체와 반수체의 주기.

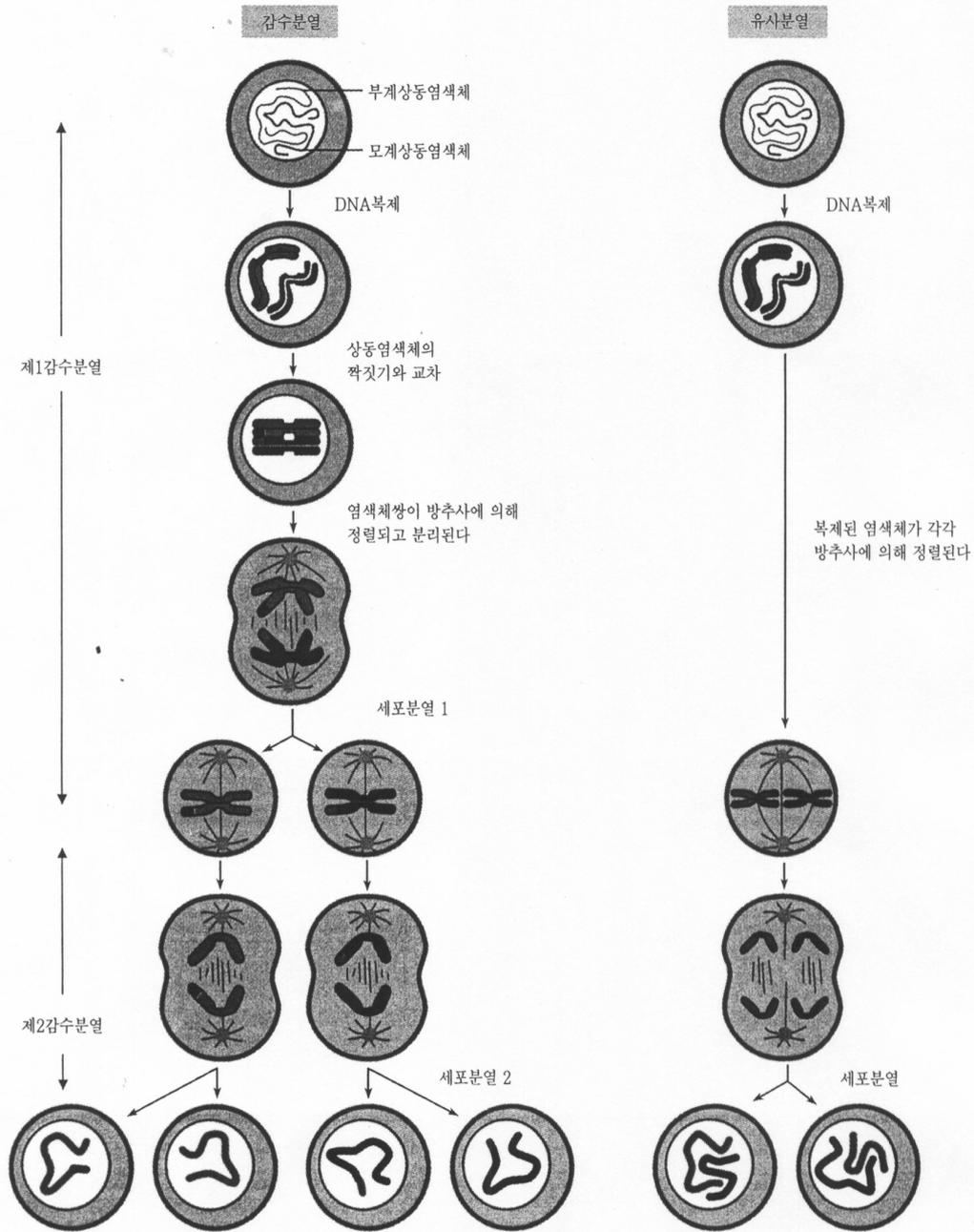


그림 3-1-2. 감수분열과 체세포분열의 비교.
 감수분열은 2번의 분열을 하여 반수체인 4개의 세포를 형성한다.

감수분열은 염색체수의 반감뿐 아니라 유전학적으로 대단히 중요한 2종류의 유전자 재구성이 일어나게 된다. 하나는 그림 3-1-3에서 보여주는 것처럼, 모계와 부계의 염색체를 자유롭게 선택하여 새로운 염색체의 조합을 감수분열된 반수체 딸세포에게 전해주는 것이다. 그 결과 딸세포는 모계와 부계의 염색체가 혼합된 염색체를 가지게 된다. 두 번째는 염색체교차(Chromosome

crossing-over)라 불리우는 자매염색체 사이에 유전자 교환을 하여 새로운 유전자조합을 탄생시킨다. 상동염색체에서 이러한 교차가 일어나는 부위를 키아즈마(Kiasma)라 불리운다(그림 3-1-4).

제1 감수분열은 전기(Prophase), 중기(Metaphase), 후기(Anaphase), 그리고 말기(Telophase)로 구분하며 제 2감수분열도 마찬가지로 4단계로 진행된다. 2번의 감수분열 사이에는 휴지기 즉 중단없이 연속적으로 진행하고, 보통 대부분의 동물들에서 제 1감수분열 후 제 2감수분열의 전기는 관찰되지 않는다. 특히 제 1 감수분열은 전기는 매우 길고 복잡하여 다섯 단계로 나누어진다. 즉 세사기(Leptotene stage), 접합기(Zygotene stage), 태사기(Pachytene stage), 복사기(Diplotene stage), 마지막으로 이동기(Diakinesis stage)이다. 이 과정 후에 제 1차감수분열의 중기로 넘어가게 된다.(그림 3-1-5와 3-1-6).

세사기(Leptotene stage)에서는 모계에서 온 염색사와 부계에서 온 염색사가 응축을 시작하며, 각각의 염색사는 짝을 짓지 않고 흩어져 있는 상태로 실처럼 관찰된다. 접합기(Zygotene stage)에서는 모계와 부계염색사가 각각 자매염색체(Sister chromosome)끼리 짝을 맞추므로써 비로소 상동염색체(Homologous chromosome)를 이루는 시기이다. 이런 짝짓는 과정을 접합(Synapsis)이라 한다. 이런 짝짓기(Pairing)는 염색사의 어느 한쪽의 끝에서 시작되어 끝부분 짝짓기(Terminal pairing)로 일어나거나 혹은 중심의 어느 부분 사이에서 일어날 수 있다. 어느 한쪽 염색사의 일부분이 없거나 혹은 소실된다면 없어진 부위에 해당되는 부분이 짝짓기가 되지 않음으로써 고리(Loop)를 형성하게 된다. 감수분열에서 이 2시기는 비교적 짧은 시간에 끝나게 된다.

다음으로 태사기(Pachytene stage)가 따르게 되는데 이 시기는 비교적 긴 시간에 일어나며, 감수분열과정의 또 다른 특징인 모계와 부계의 자매염색체 사이에 유전자교환인 교차(Crossing-over)가 일어나는 시기이다. 상동염색사는 그 길이가 짧아지고 염색사의 꼬여있는 나선구조도 아주 두텁게 되고, 4개의 염색체는 나란히 배열을 하게 된다. 이때의 염색체를 4배체염색체(Tetrad chromosome) 혹은 2가염색체(Bivalent chromosome)라 하며, 서로 마주보는 자매염색체끼리 접합복합체(Synaptonemal complex)를 형성하여 모계와 부계의 염색체를 서로 교환한다. 그 다음으로 복사기(Diplotene stage)에 들어가면 이들 염색사 끼리 서로 반발이 일어나 2가염색체는 교차가 일어난 지점인 키아즈마 부위를 제외하고는 서로 분리되는 과정이 일어난다.(그림 3-1-4). 염색체교환이 끝난 상동염색체는 이동기(Diakinesis stage)를 거쳐 적도판에 배열하게 된다.

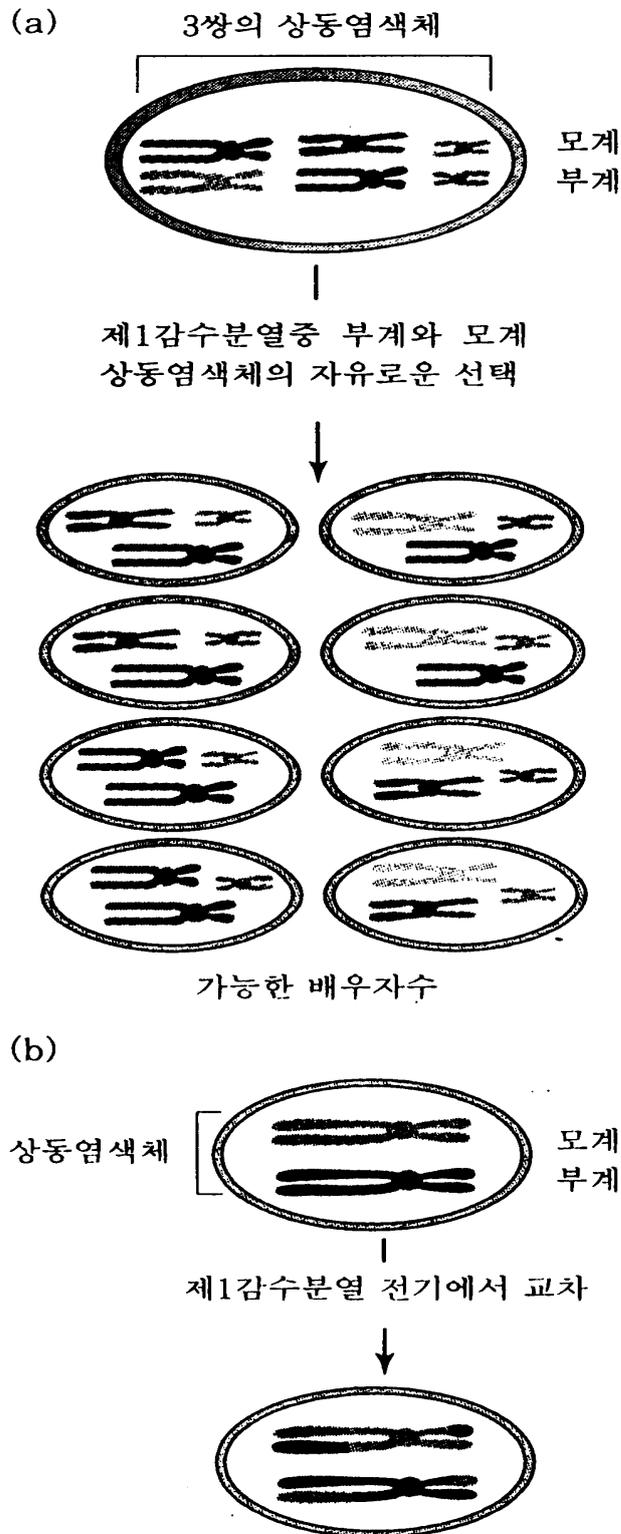


그림 3-1-3. 감수분열 중 일어나는 2가지의 중요한 유전자 재구성기작

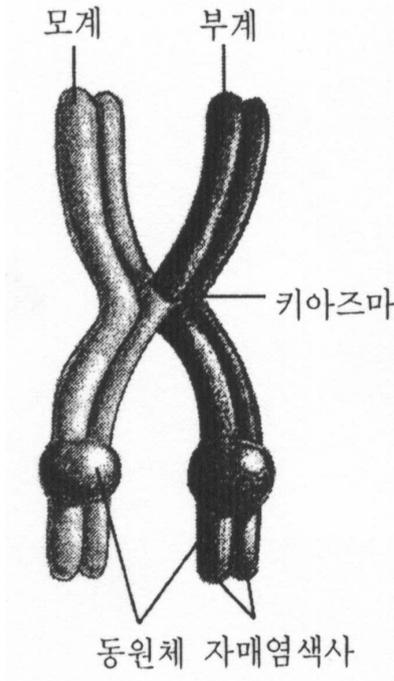


그림 3-1-4. 한 번의 교차에 의한 하나의 키아즈마를 형성한 상동염색체.

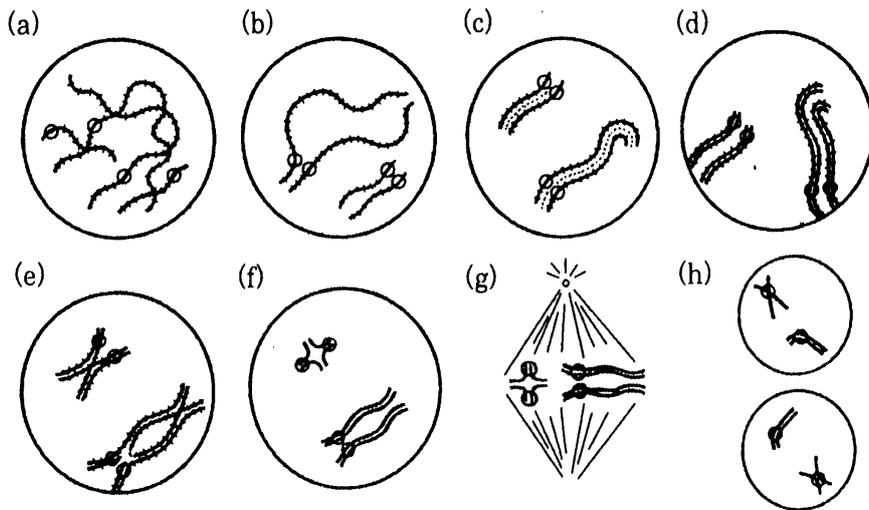


그림 3-1-5. 제 1감수분열 전기에서 염색체의 모습을 보여주는 모식도.

(a) 세사기 (b) 접합기 (c) 태사기 (d) 후기 태사기 (4배체 염색체 구조를 보여주고 있다)
 (e) 복사기 (f) 이동기 (g) 중기 (h) 분열된 2개의 딸세포.

제1 감수분열의 전기는 전체 감수분열시기의 대부분인 약 90%를 차지하게 된다. 제 1감수분열 중기에 상동염색체의 적도판 배열은 체세포분열과는 반대로 일어나 각각의 상동염색체가 나누어지게 된다. 곧이어 제2 감수분열의 중기에 들어가 각 상동염색체는 다시 자매염색체 반으로 나누어져 최종 4개의 반수체가

완성된다. 보통 정자형성과정의 감수분열은 중지없이 연속적으로 일어나는 반면에 난자형성과정에서는 종에 따라 차이는 있으나 2번의 중지 시기가 있다. 포유류와 양서류 난자에서는 첫 번째 감수분열 중지는 복사기에 일어나며, 배란시까지 지속된다. 이 기간은 짧게는 수십 시간, 길게는 몇십년(40~50세 여자의 마지막 배란 때)이 걸린다. 그래서 이 복사기는 거의 모든 동물에서 공통적으로 제일 긴 기간이다. 두 번째는 제2 감수분열 중기에서 관찰되며, 수정에 의해 감수분열이 완성된다.

나. 생식세포의 구조

1) 정자의 구조

정자는 형태적으로 두부, 중부와 편모라 불리우는 꼬리의 3부분으로 나누어지며, 기능적으로 반수체의 핵, 핵을 이동시키는 추진체 그리고 난자에 들어갈 때 필요한 효소주머니로 되어 있다. 일반적으로 정자의 크기는 동물에 따라 다소 차이를 보이는데, 사람의 경우는 약 60 μm 이고 햄스터의 정자는 약 250 μm 의 크기를 가진다.

정자 구조에서 보듯이 대부분의 세포질은 상실하고 정자 기능 수행에 필요한 기관만을 가지게 된다. 정자의 두부는 핵과 첨체구(Acrosomal vesicle)로 구성되어 있다. 반수체의 핵은 고도로 농축된 DNA를 가지며, 그 앞쪽 부위에 첨체구가 위치한다. 첨체구는 골지체(Golgi body)에서 유래했으며, 난자의 난막(Egg membrane)을 뚫고 들어가는 데 필요한 단백질과 다당류를 분해하는 효소를 함유하고 있다. 성계를 포함하는 여러 종에서는 첨체와 핵 사이에 둥근 형태의 액틴분자(Globular actin molecules)가 존재하는데, 이는 수정과정에서 종 특이적인 인식에 사용되는 첨체돌기(Acrosomal process)라 불리우는 손가락 같은 돌기를 형성하는 데 사용된다.

정자의 운동력은 편모에서 나오는데 편모는 비교적 복잡한 구조로 축사(Axoneme)라고 하는 운동기관을 가지고 있다. 축사는 정자핵의 아래 부위에 위치한 중심체(Centriole)에서부터 뻗어나온 미세소관(Microtubule)으로 구성된다. (그림 3-2-2). 축사의 핵심은 '9+2' 미세소관 구조라 불리우는 구조로 중심부에 2개의 미세소관과 이들을 둘러싸고 있는 9개의 2중 미세소관(Microtubule doublet)으로 구성되어 있다. 2중 미세소관은 13개의 튜불린(Tubulin)단백질로 이루어진 완전한 관의 바깥쪽에 11개의 튜불린단백질이 C자형으로 붙어있는 구조이다.

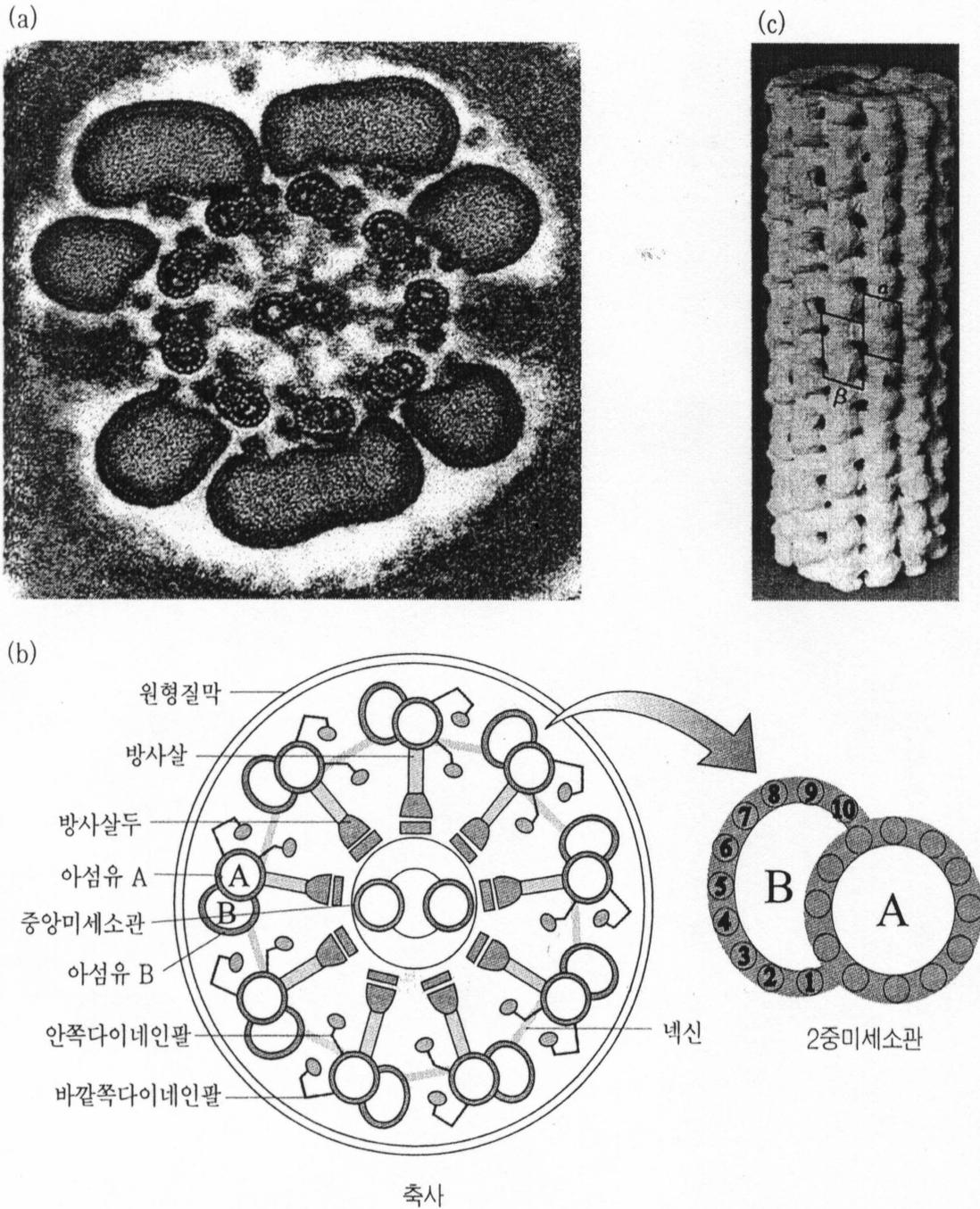


그림 3-2-2. 정자의 편모구조. (a) 편모 단면의 전자현미경 사진 (b) 축사의 모식도. 미세소관의 '9+2' 배열을 보여주고 있다. 2중 미세소관의 A는 13개의 튜불린 분자로 구성된 완전한 관을 이루고, B관은 10~11개의 튜불린 분자로 구성되어 C자형으로 A관에 붙어있다. (c) 미세소관의 3차구조 모델. α 와 β 튜불린 분자가 중합하여 관을 형성한다.

이 미세소관에 다이네인(Dynein)이라 불리는 단백질이 붙어있는데, 정자에 추진력을 제공한다. 다이네인은 ATP를 가수분해하여 화학적 에너지(Chemical energy)를 기계적 에너지(Mechanical energy)로 바꾸는 효소이다. 다이네인의 중요성은 유전적으로 다이네인이 없는 환자의 불임에서 관찰된다. 이 환자의 정자는 운동력을 상실하여 수정능력이 없다. 또 다른 편모의 단백질로는 히스톤 H1(Histone H1)이 있는데, 이 단백질은 보통 핵에서 염색체 응축에 사용되지만, 편모에서는 편모의 미세소관 구조를 안정화시키는 데 사용된다. 이처럼 편모의 축사에서 발견되는 '9+2' 미세소관의 구조는 매우 효율적인 운동기관으로 모든 동물계에서 발견된다. 미토콘드리아는 축사주위를 나선형으로 감싸고 있어, 편모의 추진력에 필요한 에너지인 ATP를 생성, 공급한다. 미토콘드리아를 포함하는 부위의 바깥쪽은 섬유성 막으로 둘러싸여 있으며, 꼬리부위는 편모로만 이루어져 있다.

2) 난자의 구조

성숙한 알(Egg 또는 Ovum)은 수정 후 배아의 성장과 발생에 필요한 대부분의 물질을 함유하고 있다. 난자(Oocyte)라고 하는 발생중 혹은 성숙중인 알은 적극적으로 많은 물질을 합성하며 저장한다. 그래서 가장 작은 알이라 하더라도 체세포에 비해서 매우 큰 크기이며, 새의 알처럼 많은 난황을 가진 매우 큰 세포가 존재하게 된다. 성계의 경우 알의 크기는 $2 \times 10^{-5} \mu\text{m}^3$ 으로 정자보다 약 10,000배 정도 크다. 그림 3-2-3은 성계 알의 구조와 정자와의 상대적인 크기를 보여주고 있다.

난자의 세포질은 많은 물질을 축적 저장하고 있는데, 그 대표적인 내용물은 다음과 같다.

단백질: 초기 배아는 스스로 먹이를 얻거나, 모체로부터 공급받을 때까지 저장된 아미노산을 필요로 한다. 대부분의 종에서 난황(Yolk)이 이러한 역할을 맡고 있으며, 난자 부피의 대부분을 차지하게 된다. 난황은 간과 다른 기관에서 합성되어 혈관을 따라 난자로 운반 저장된다.

리보솜(Ribosome)과 tRNA: 수정 후 배발생을 위해서 배아는 새로운 단백질을 합성하는 데 필요한 성분이다. 양서류 난자는 약 1012개의 리보솜을 가지고 있다.

mRNA: 대부분의 동물들은 초기 발생에 필요한 단백질의 유전정보를 mRNA로 난자에 저장하고 있다. 성계의 경우 약 25,000~50,000개 종류의 mRNA를 가

지고 있으며, 수정때까지 휴면상태로 보관된다.

형태결정 인자(Morphogenetic factors): 발생과정에서 특정 세포로 발생과 분화를 유도하는 인자들이다. 난자는 특정 부위에 위치하고 있다가 난할과정에서 서로 다른 할구나 세포로 나누어지게 된다.

알의 세포질은 많은 양의 세포질과 함께 생식핵(Germinal vesicle: GV)이라 불리는 큰 핵을 가지고 있다. 포유류를 포함하는 대부분 동물들의 난자핵은 이배체 상태이며, 배란 전후에 감수분열이 완성되어 반수체로 된다. 난자의 핵시기 즉 성숙단계에 따른 정자의 관입시기는 그림 3-2-4에 나타나있다.

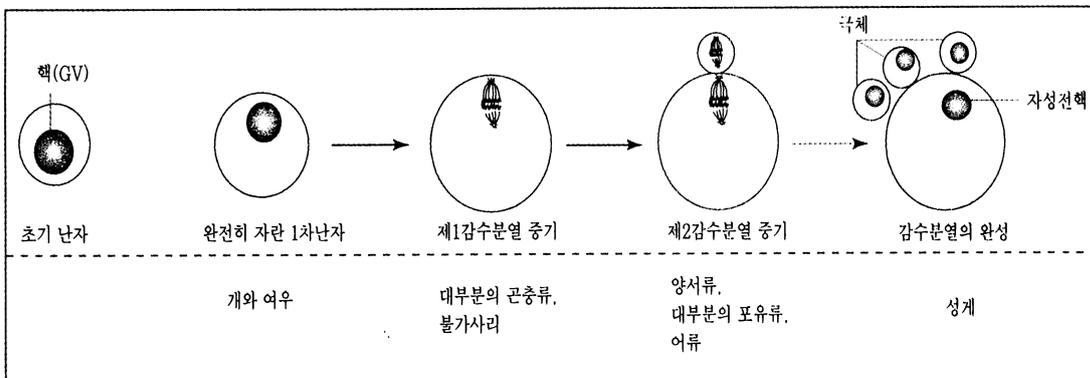


그림 3-2-4. 여러 동물에서 정자관입시기에 따른 난자의 성숙단계.

알에서 세포질을 직접 둘러싸고 있는 막은 원형질막(Plasma membrane)이라 하며, 이 막의 바깥쪽에 난황막(Vitelline membrane)이 존재한다. 난황막의 주요 성분은 당단백질과 단백질성 용모로 형성된 섬유성 매트릭스로, 알의 보호와 수정시 종 특이적으로 정자와의 결합을 유도한다. 포유류에서는 이 난황막을 투명대(Zona pellucida)라고 하며, 두꺼운 세포외 기질(Extracellular matrix)로 이루어져 있다. 포유류 난자는 투명대 바깥쪽에 난구세포(Cumulus cells)라 부르는 세포층으로 둘러싸여 있다(그림 3-2-5). 난구세포는 난자에 영양분을 공급하던 난포세포들(Follicle cells)의 일부로 배란시 난자와 함께 방출된다.

성계 알에서 원형질막 안쪽 바로 아래에 있는 세포질을 피질(Cortex)라 한다. 피질은 젤(Gel)같은 성질을 보이고 많은 액틴분자와 피질과립(Cortical granule)을 가지고 있다. 액틴분자는 수정시 중합하여 미세필라멘트(Microfilament)를 만든다. 성계 알은 피질에서 약 15,000개 정도의 많은 피질과립을 가지고 있으며, 이 과립은 수정시 피질반응에 필요한 효소와 물질을 함유하고 있다. 난황막의 바깥층은 젤리층(Jelly layer)이 존재한다. 이 젤리층은 당단백질의 망구조로 되

어 있으며, 정자의 유인이나 활성화 같은 다양한 기능을 가지고 있다.

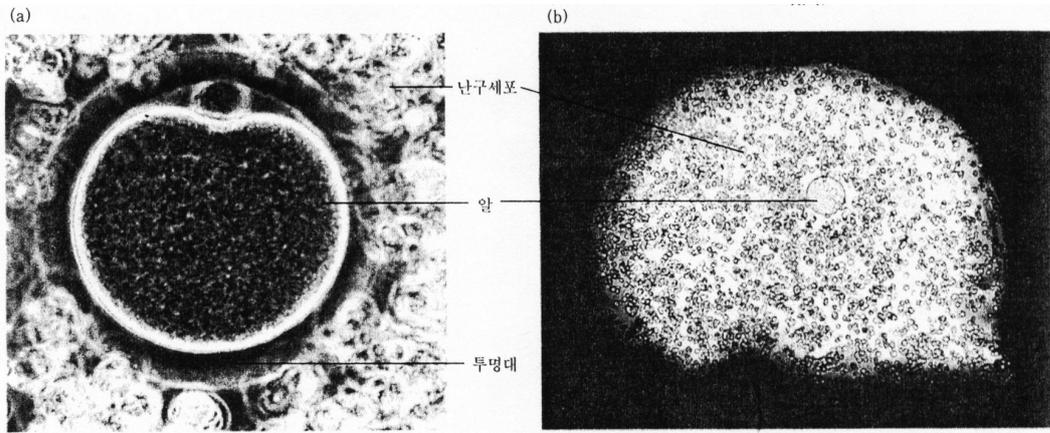


그림 3-2-5. 배란된 햄스터 알의 모습.

(a) 투명대와 극체를 보여주고 있다. (b) 저배율사진. 많은 난구세포들이 난자를 둘러싸고 있다.

다. 생식세포의 형성과정

1) 정자 형성과정

정자는 정자형성과정(Spermatogenesis)에 의하여 정소의 세정관(Seminiferous tubule)에서 만들어진다. 정자의 형성과정은 크게 2가지 단계로 구분되는데, 첫 번째는 세정관의 상피에서 일어나는 정자형성과정(Spermatogenesis)으로 일련의 체세포분열과 감수분열 결과 반수체인 정세포(Spermatid)를 생성한다. 두 번째는 세정관의 강소에서 세포모양의 정세포가 이동 할 수 있는 꼬리를 가진 정자 모양으로 바뀌는 과정인 정자완성과정(Spermiogenesis)이다. 완성된 정자는 세정관을 지나면서 운동성과 수정 능력을 획득하게 된다.

ㄱ) 정자 형성

배아 발생의 초기에 초기생식세포(Primordial germ cell)는 미분화된 생식소(Undifferentiated gonad)인 생식융기(Gonadal ridge)에 도달 후 생식관(Sex cord)에 흡수된다. 생식관이 세정관으로 발달하고, 관 내부의 상피세포가 서톨리(Sertoli)세포로 분화하게 되면 이때 생식세포는 자신의 표면에 있는 N-cadherin 분자와 서톨리 세포막에 존재하는 Galactesyltransferase에 의해 서톨리세포와 결합하게 된다. 서톨리세포는 정세포를 보호할 뿐 아니라 영양분 공급을 담당하게 된다. 따라서 정자형성과정은 서톨리세포의 밀접한 도움 하에 일어나게 된다(그림 3-3-1).

정자형성과정은 많은 종에서 상세하게 연구 되었지만 여기에서는 포유류를 중심으로 다루고자 한다. 그림 3-3-2는 세정관에 일어나는 정자형성의 전과정을 보여주고 있다. 생식관에 흡수된 초기생식세포는 수차례 분열을 거쳐 A1형 정원세포(Type A1 spermatogonia)가 된다. A2형 정원세포는 체세포분열을 반복하여 A3형 및 A4형 정원세포로 발달한다. A4형 정원세포는 다시 분열하여 중간형 정원세포(Intermediate spermatogonia)와 B형 정원세포 (Type B spermatogonia)로 발달한다. 즉 A1형 정원세포는 스스로 재생할 수 있는 근원세포(Stem cells)일 뿐 아니라 새로운 정원세포를 만들게 됨으로 지속적인 정자 생산이 가능해진다.

한편 B형 정원세포는 1번 이상의 분열과정을 거쳐, 제1 정모세포(Primary spermatocyte)가 되며, 그 후 감수분열에 들어가게 된다. 제1 정모세포는 제1 감수분열 후 제2 정모세포(Secondary spermatocyte)로 되고, 제2 감수분열 후 반수

체의 염색체를 가진 정세포(Spermatid)가 된다. 동시에 정자형성과정에서 세포들은 세포질분열이 불완전하게 일어나게 된다. 그 결과 각 시기의 세포들은 세포질다리(Cytoplasmic bridge)를 통해 서로 연결되어 있는 일종의 다핵세포(Syncytium)이다. A1형 정원세포에서 정세포로 분열 중 각 세포는 정세포관의 기저막에서 점점 떨어져 중심 부위로 향하게 된다(그림 3-3-1). 그 결과 각 특정 형의 세포는 정세포관의 특정 부위에서 발견할 수 있다. 정세포는 정세포관의 중심 부근에 위치하며, 서로의 세포질 연결이 느슨해지며 편모를 가진 정자로 분화하게 된다.

ㄴ) 정자 완성과정

반수체의 정세포는 보통 정자와는 다른 둥글고, 편모가 없는 세포이다. 따라서 정세포는 정자완성(Spermiogenesis)이라는 형태적 변화과정 즉 핵 염색사(Nuclear chromatin)의 농축, 운동 기관인 편모의 형성, 첨체(Acrosome)의 발달 등을 통해 정자가 된다(그림 3-3-3).

핵은 중심에서 주변부로 이행하며, 염색사는 응축하며, 구형이던 핵은 길어지고 편평해진다. 첨체과립이 정세포의 핵표면에 확산되어 핵표면을 감싸게 된다. 이때 2개의 중심체(Centrioles)가 첨체과립의 반대쪽 핵막에 접근하여 위치하여, 이 부위에서 축사(그림 3-3-2)가 발생한다. 세포질 내에 분산되어 있던 미토콘드리아는 축사 주변에 집결하여 나선형으로 미토콘드리아를 배열한다. 정자완성과정의 후기에는 정자를 형성하고 남은 세포질, 즉 잔류체(Residual body)라고 불리는 타원형 소엽(Spheroidal lobule)을 만든다. 이들은 세포질의 약한 실(Thread)에 의해 정자세포에 부착되어 있다(그림 3-3-1). 일단 잔류체가 형성되면 정세포는 최종 성숙단계를 거쳐 정세포관내로 유리된다.

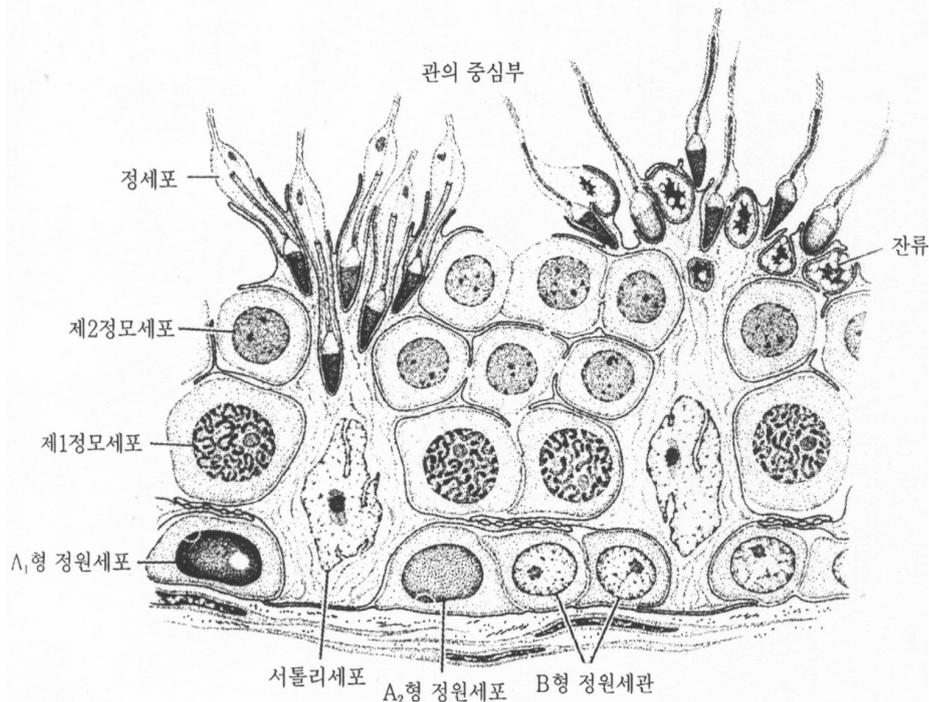


그림 3-3-1. 발달중인 정세포와 서톨리세포와의 관계를 보여주는 세정관의 단면.

생쥐의 경우 정원세포에서 정자로 만들어지는 기간은 약 34.5일이 걸린다. 정원세포 기간은 약 8일이며 감수분열은 13일 동안 진행되며, 정자완성기간은 13.5일이 소요된다. 사람은 전 과정이 약 74일 정도 걸리게 된다. 사람의 정소에서는 하루에 약 1억개 정도의 정자를 만들며, 이중 약 2억개가 체외로 사정된다. 나머지 정자는 오줌을 통해 배설되거나 체내로 다시 재흡수 된다.

ㄷ) 정자의 이동과 성숙

서톨리세포에 의지하여 성숙한 정세포(Spermatid)는 세정관 강소(Seminiferous lumen)로 유리되어 정자가 된다. 이때는 운동성이 결여되어 세정관의 수축, 정소액의 분비 압력 및 정소 수출관(Efferent duct)에 배열된 섬모의 작용 등에 의하여 부정소(Vas deference)로 운반된다. 부정소를 통과하는 동안 정자는 성숙(Maturation)하여 운동 능력을 획득하게 되는데, 그것은 정자의 유연성과 운동 형태가 개선되기 때문이다. 부정소는 내강이 비교적 넓어 배출관내에 존재하는 전체 정자의 70%가 저장되어 있다. 부정소는 대사를 정지하고 있는 정자의 생존에 매우 알맞은 조건을 구비하고 있기 때문에 소의 정자는 부정소 내에서 60일 간이나 생존하며 수정능력(Fertilizability)을 유지한다. 그러나 일정한 기간이

지나면 우선적으로 수정 능력을 상실하고, 이어 운동성을 잃은 다음 드디어 정관내에서 분해된다.

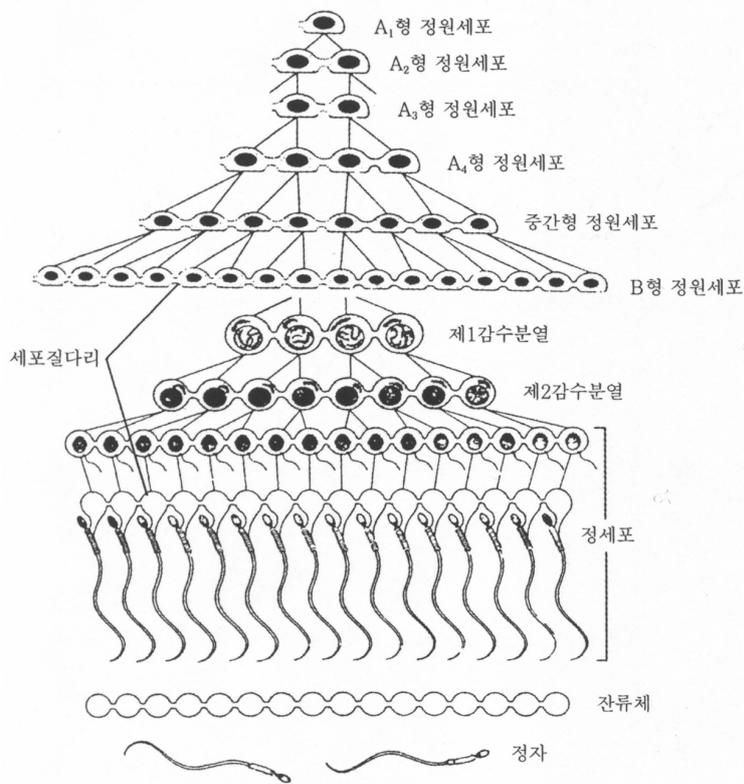


그림 3-3-2. 정자형성의 전과정. A1형 정원세포는 계속 분열하여, 다핵세포를 형성한 상태로 감수분열을 마친 정세포가 된다.

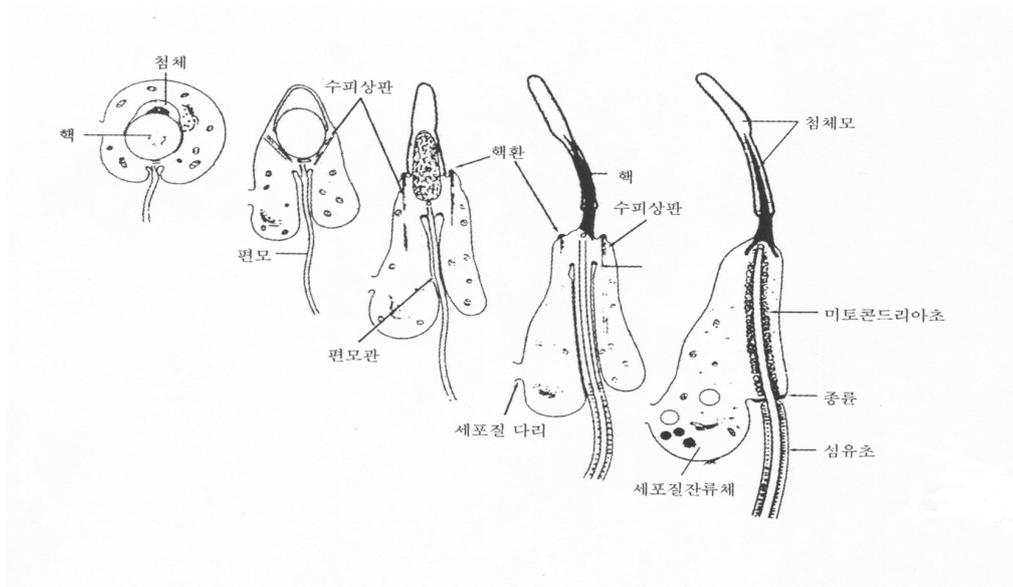


그림 3-3-3. 포유류의 정자완성과정. 정세포에서 정자로의 발달과정을 보여준다.

2) 난자 형성과정

난자형성과정은 몇가지 면에서 정자형성과정과는 다르다. 정자는 운동성이 필요한 핵만을 가지고 있지만 난자는 발생과 대사의 시작과 유지에 필요한 모든 것을 갖추어야 한다. 그래서 난자형성기작은 독특한 특징이 있으며, 종에 따라 많은 차이를 낸다. 어류를 위시한 성계나 개구리의 경우, 암놈은 한번에 보통 수백 개에서 수천 개의 알을 낳지만, 포유류는 단지 제한된 수의 알을 일생동안 만들어 배란한다. 알을 많이 낳는 종은 난원세포(Oogonia)가 일생을 통해 계속하여 알을 생성하지만, 알을 적게 낳는 종은 한정된 수의 난원세포를 가진다.

사람의 난원세포는 임신 7개월 무렵에 빠르게 분열하여 약 700백만 개 정도로 증가한다. 그 후 이 난원세포의 수는 더 이상 증가하지 않고 계속 감소하기만 한다. 출산 전후에 대부분의 난원세포는 죽고, 남아있는 약 100만 개의 난원세포는 모두 제1 감수분열의 전기에 들어간다. 이처럼 감수분열을 시작한 세포를 1차 난자(Primary oocyte)라 하며, 이들 난자는 복사기(Diplotene stage)까지 제1 감수분열의 전기를 진행하고 멈추게 된다. 그후 사춘기 이후, 일부 난자들은 주기적으로 감수분열이 재개되어 배란한다. 따라서 여성의 경우 난자의 감수분열은 태아때 시작하여 적게는 십수년에서 많게는 50년이 넘게 걸쳐 끝나게 된다. 또한 일생을 통해 단지 400~500개 미만의 난자만이 제1 감수분열을 마치고 배란을 하게 된다.

난자형성에서 감수분열 과정은 정자와는 달리 독특한 면을 보인다(그림3-4-2). 1차 난자는 생식핵(Germinal vesicle)이라 불리는 큰 핵을 가지고 있으며, 이 핵의 핵막이 붕괴되어(핵막 붕괴, Germinal vesicle breakdown; GVBD) 염색체는 적도판에 배열된다. 이때 배열된 염색체는 난자의 가장자리로 이동하여 분열하게 된다(그림3-4-3). 그 결과 하나의 딸세포는 대부분의 세포질을 가지게 되지만, 다른 하나의 딸세포는 세포질이 거의 없게 된다. 이 작은 딸세포를 제1 극체(First polar body)라 하며, 큰 세포를 2차 난자(Secondary oocyte)라 부른다. 제2 감수분열 역시 불균등한 세포질 분열이 일어난다. 대부분의 세포질은 알 혹은 난자라 부르는 큰 세포가 차지하고, 제2 극체(Secondary polar body)에는 세포질이 거의 없다. 이처럼 난자 형성과정의 감수분열은 1개의 알이 될 세포에 에너지원으로 사용하는 단백질, 지방, 탄수화물을 난황 즉, 세포질에 몰아주어 축적시키고, 나머지 3개의 반수체 딸세포에는 세포질을 거의 주지 않는다(그림 3-4-2).

난자형성과정은 발생에 필요한 난황(Yolk)의 축적 현상을 반드시 수반한다. 이

러한 난황의 축적 현상은 난자의 성장(Growth)과 함께 일어나게 되는데, 난황의 합성 및 축적 과정을 난황형성과정(Vitellogenesis)이라 한다. 난황의 양이 많이 필요하지 않는 포유류의 난자에도 난황 성분이 전혀 없는 것은 아니며 미량이라도 존재한다. 난황형성과정은 난자의 성장과 관련되어 나타나는 현상으로 전기(Previtellogenesis), 형성기(Vitellogenesis) 및 후기(Postvitellogenesis)로 나눌 수 있다. 난자의 성장과정은 대체로 난황 형성기와 함께 일어나며 난황형성 후기에서는 난자의 감수분열 재개(Meiotic maturation)가 일어날 수 있는 능력을 획득하게 된다.

난자의 바깥층은 투명대(Zona pellucida)라 불리는 투명한 보호막이 존재한다. 투명대는 ZP1, ZP2 및 ZP3라 부르는 당단백질(Glycoprotein)로 구성되어 있다. 이 단백질은 난자에서 합성 분비되어 만들어지며, 수정시 난자의 피질과립(Cortical granule)에서 분비되는 단백질 분해효소에 의해 투명대 반응(Zona reaction)을 일으켜 추가적인 정자 관입을 방지한다.

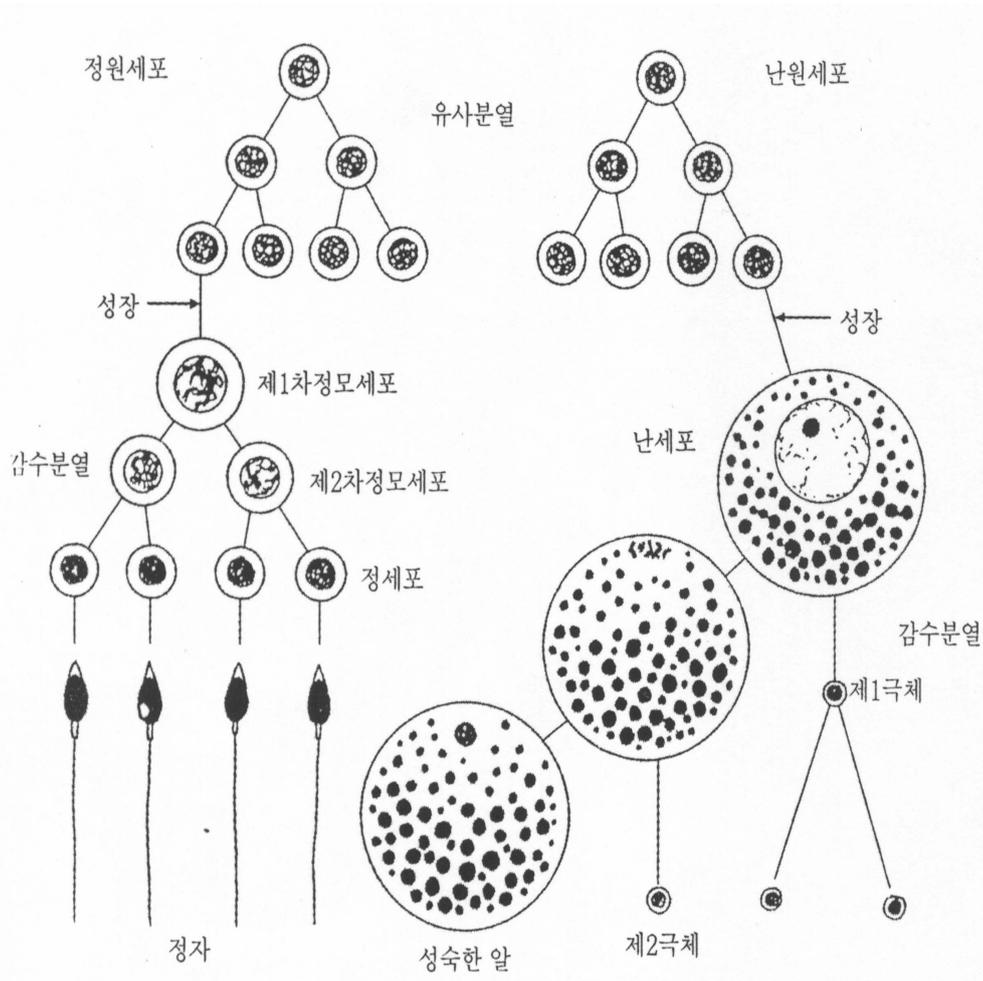


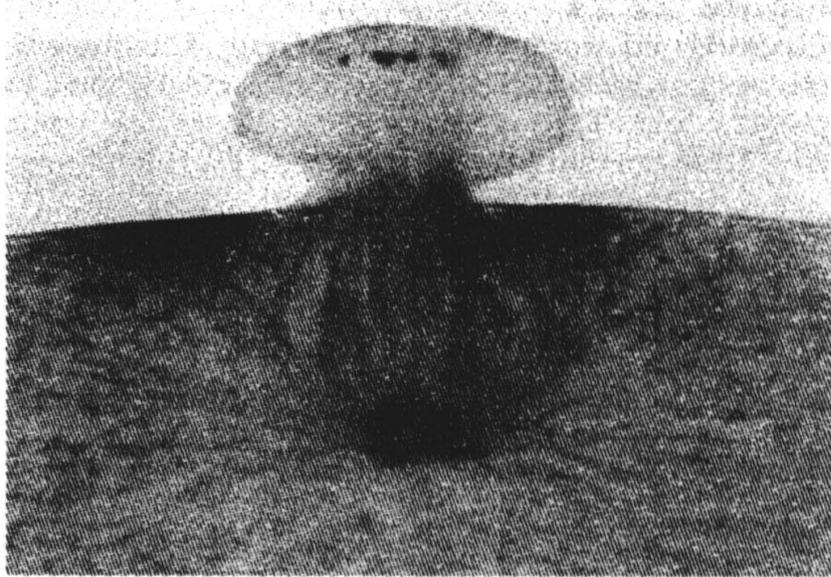
그림 3-4-2. 난자형성과정과 정자형성과정의 비교.

감수분열 결과 정자형성과정에서는 4개의 반수체 세포가 모두 정자가 되지만, 난자형성과정은 대부분의 세포질을 가진 1개의 커다란 알과 세포질이 거의 없는 3개의 극체를 형성한다.

3) 수정

수정(Fertilization)이란 반수체(Haploid)의 두 배우자, 즉 난자와 정자가 융합하여 배수체(diploid)의 접합자(Zygote)가 되는 것을 말하며, 이로서 접합자(수정난자)는 개체발생을 시작하게 된다. 수정 현상이 갖는 발생학적 의미는 반감되었던 염색체수가 원래대로 복원하여 자연스럽게 양친의 유전형질이 혼합되어 자손에게 유전되는 현상이며, 성염색체의 조합에 따른 배아의 1차 성결정(Primary sex determination)이 이루어지는 것이다. 또한 수정의 중요한 의미는 물질대사와 세포분열에 있어서 불활성 상태인 난자가 새로운 개체로의 발생을 시작하도록 활성화(Activation)되는 것이다.

(a)



(b)

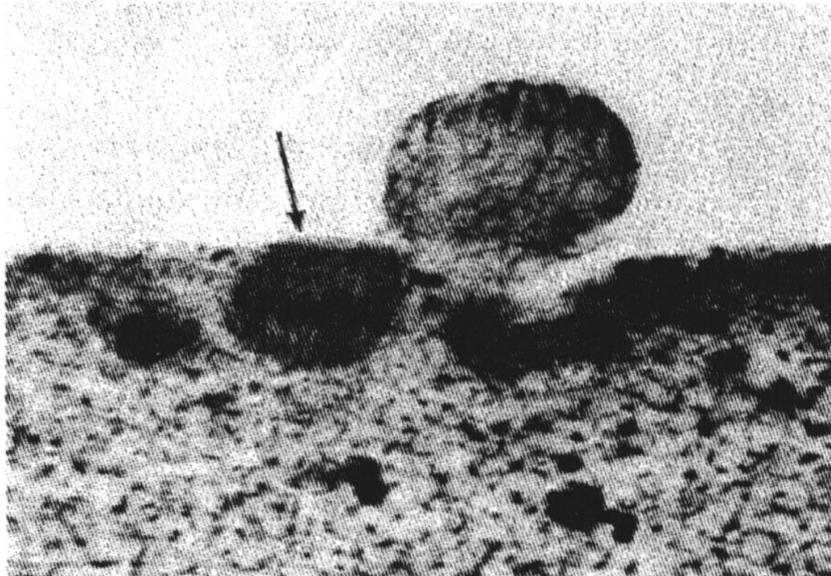


그림 3-4-3. 난자에서 극체의 형성.

(a) 제1 극체의 방출을 보여주는 제1 감수분열의 말기 (b) 제2 감수분열의 말기. 제2 극체는 화살표로 표시되어 있다. 보통 제1 극체는 분열하지 않는 경우가 많다.

수정의 기작은 종에 따라 많은 차이를 보여주나 일반적으로 다음의 4단계로 나누어진다.

- ① 정자와 난자의 만남과 인식
- ② 정자의 난자관입 조절
- ③ 정자와 난자의 유전물질 융합
- ④ 발생 시작을 위한 난자의 활성화

일반적으로 수중생활을 하는 동물들은 체외수정을 하고 육상생활을 하는 동물들은 체내수정을 한다. 그러나 어느 경우든 정자와 난자가 만나는 최종단계의 환경은 액체상태이다. 그러므로 정자는 난자에 접근하기 위하여 일반 세포와는 달리 운동성을 가진 특수한 형태로 분화되는 것이 보통이다. 체내수정과는 달리 체외수정의 경우, 각 개체는 어떻게 정자와 난자는 서로 만날 수 있을까, 어떻게 이종간의 수정을 방지할 수 있을까 하는 문제에 직면한다. 따라서 동물들은 정자의 종 특이성(Species specific) 유도과 정자의 활성화로 이 문제로 극복하도록 진화되어 왔다.

ㄱ) 정자유도

정자가 난자에 접근하는 데에는 능동적인 유영운동 뿐만 아니라, 체외수정의 경우 물의 흐름이나 파도에 의한다든지, 체내수정의 경우 생식수관의 연동운동에 의한 피동적인 방법으로도 도움을 받는다. 체외수정 동물에서는 정자가 난자 쪽으로 접근하도록 유도하는 화학물질의 유도작용(Chemotaxis)이 있음이 알려졌다. 종 특이성 정자의 유도는 성계의 알에서 매우 잘 연구되었으며, 이는 화학적 유도물질의 분비와 시기를 조절함으로써 이루어진다. 제2 감수분열이 완성되고 수정준비가 완료된 난자만이 이러한 능력을 가진다.

성숙한 성계의 알을 해수에 담그고 거기에 정자를 넣으면 정자의 머리에 점성이 생겨서 난자에 결합하거나 정자들끼리 머리를 맞대고 엉겨붙는 현상(결집, Agglutination)을 볼 수 있다(그림 3-5-1). 화학적 유도물질은 성계알의 젤리에서 처음 분리되었으며, 14개 아미노산으로 구성된 리색트(Rsact)라 명명되었다. 리색트는 바닷물에 쉽게 확산되며, 낮은 농도에서도 정자에 큰 영향을 준다. 그림 3-5-1에서 보듯이, 성계 정자가 있는 바닷물에 한방울의 리색트를 떨어뜨리면 몇

초 후 정자는 리색트가 떨어진 지점으로 모여들고 서로 뭉치게 된다. 리색트 확산이 계속되면 더 많은 정자가 모여들어 점점 덩어리는 커지게 된다. 이러한 리색트 종 특이성을 보여주며, 다른 종간에는 아무런 영향을 주지 못한다. 리색트 정자활성 물질(Sperm activating peptide)로 작용한다. 즉 리색트는 정자의 표면에 있는 수용체에 작용하여 정자의 운동성과 산소소비량을 증가시켜, 난자에 도달할 때까지 높은 농도쪽으로 정자를 빠르게 헤엄치게 한다.

ㄴ) 정자와 난자의 만남

난자 젤리층을 통과한 정자의 침체돌기(Acrosomal process)는 난자의 난황막과 접촉한다. 가장 중요한 종 특이성 인식은 이 단계에서 일어난다. 그림 3-5-2a에서 보듯이, 성계 정자 머리의 침체표면에는 빈딘(Bindin)이라는 물질을 갖고 있는데, 빈딘은 정자를 가열, 냉동과 해빙 혹은 산성용액으로 추출할 수 있다. 빈딘은 분자량이 약 30,500Da인 분자로서 산성단백질의 특징을 가지고 있다.

이 빈딘과 난자의 반응은 종 특이적으로만 일어난다. 난자의 난황막에는 빈딘 수용체(Bindin receptor)가 존재하며, 약 1,300개의 아미노산으로 구성된 막 당단백질(Membrane glycoprotein)이다. 이처럼 빈딘과 수용체가 결합하는 것은 마치 항원항체반응(Antigen-antibody response)과 같이 종 특이성을 나타낸다(그림 3-5-2b). 그러나 어떤 자물통은 그 자물통을 열 수 있는 열쇠와 비슷한 것으로 어쩌다 열릴 수 있듯이 유연관계가 매우 가까운 종간에는 난자와 정자가 결합할 수도 있다. 빈딘과 빈딘수용체의 유사성 때문에 어떤 난자가 다른종의 정자와 결합할 경우가 있으나, 그 가능성은 매우 희박하다. 이와같이 성계에서 정자와 난자의 종특이적 인식은 정자 유인 단계, 정자 활성화 단계 그리고 마지막으로 난자의 표면에 정자의 접촉 단계에서 일어난다.

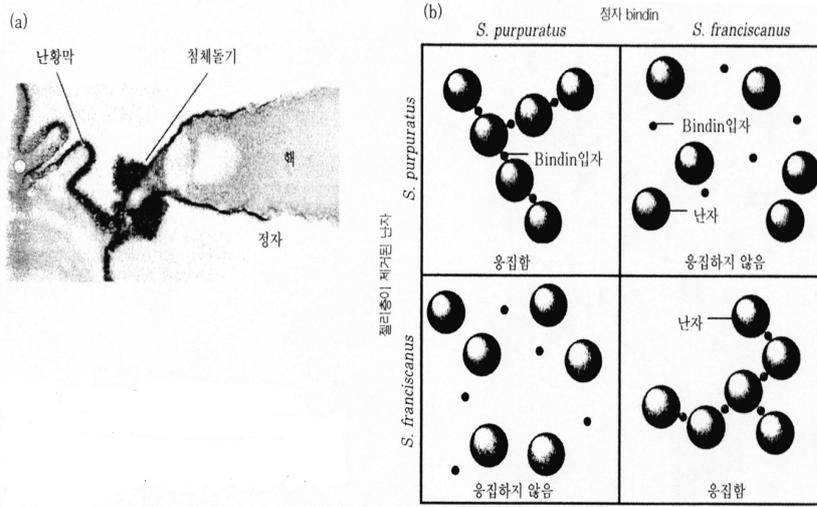


그림 3-5-2. 종 특이성을 보여주는 빈딘의 역할.

(a) 침체돌기에서 빈딘의 위치와 난자의 난황막과의 접촉 모습. (b) 성계의 두 종인 *S. purpuratus*와 *S. franciscanus*에서 빈딘은 종특이적으로 난자의 난황막에 접합한다.

ㄷ) 정자의 난자 관입과 다수정 방지

난자의 원형질막에 도달한 정자는 침체반응 후 정자의 적도 부위에서부터 원형질막 융합이 일어나면서 서서히 침입해 들어간다. 정자의 관입과정은 종에 따라 다른 특징을 보이나 근본적으로 원형질막의 융합과정이 수반된다. 성계에 있어서 정자의 침체사가 난자의 원형질막에 접촉하면, 그 부분에서 난자의 세포질 돌기가 올라와 수정구(Fertilization cone)를 형성한다. 이 수정구는 여러 개의 불규칙한 허죽 같은 원추상 돌기로써 어떤 때는 침체사 주변을 감싸 올라 원통 형태를 보이기도 한다. 그 후 정자와 난자의 원형질막은 융합하고 두 세포질이 섞여 하나가 된다(그림 3-5-3).

포유류에서 정자와 난자의 융합은 그림 3-5-4에서 묘사되어 있듯이 비스듬이 접근한 정자 두부의 침체 끝부위에서 시작되며, 전체적으로 성계와 비슷한 과정으로 진행된다. 포유류 정자의 원형질막에서 발견되는 퍼틸린단백질(Fertilin protein)은 정자와 난자의 막융합에 필수적인 물질이라고 알려져 있다. 생쥐의 퍼틸린은 세포막 융합을 야기하는 센다이(Sendai) 바이러스의 F 단백질처럼 융합 유도성(Fusogenic) 단백질과 비슷한 특징을 보이고 있으며, 난자의 원형질막에 존재하는 인테그린 분자(Integrin molecule)와 결합한 후 융합 기작을 유도한다고 한다. 융합 후 정자의 핵, 미토콘드리아, 중심체 그리고 꼬리도 함께 난자 내로 들어간다.

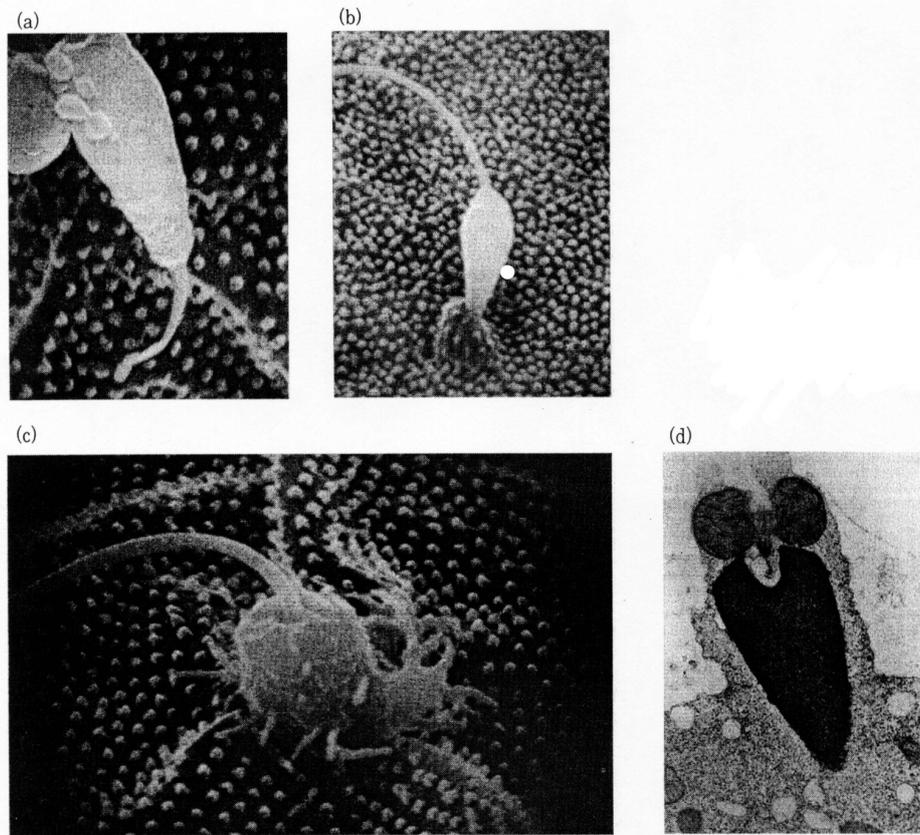


그림 3-5-3. 성계의 난자에 정자관입을 보여주는 전자현미경 사진.
(a), (b)와 (c) 주사전자현미경 사진, (d) 수정구에 들어간 정자의 투과전자현미경 사진.

ㄷ) 다수정 방지(Prevention of polyspermy)

보통 많은 동물에서 단 하나의 정자에 난자가 수정되는 것이 정상이다. 단 하나의 정자로 수정이 일어나는 경우 단수정(Monospermy)이라 하고, 어떤 비정상적인 조건에서 여러 개의 정자가 동시에 하나의 난자에 수정되는 현상을 다수정(Polyspermy)이라 한다. 다수정은 난할중 비정상적인 염색체 분리로 인하여 결국 발생 도중에 배아는 죽게된다. 따라서 동물들은 다수정을 방지하는 기작을 진화시켜 왔다. 이 기작은 2가지가 알려져 있으며, 첫번째는 정자 하나가 난자와 만난 후 빠르게 다른 정자의 진입을 차단(Fast block)하기 위하여 난자의 원형질막 전위를 변화시키는 것이고, 둘째는 느린차단(Slowblock)으로 수정 후 난자의 피질과립(Cortical granule)이 방출되어 수정막(Fertilization membrane)을 형성하는 피질반응(Cortical reaction) 혹은 투명대반응(Zona reaction)이다. 성계처럼 체외수정 하는 동물은 2기작을 모두 사용하나, 체내수정 하는 포유류의 경우는 느린 차단기작을 사용한다.

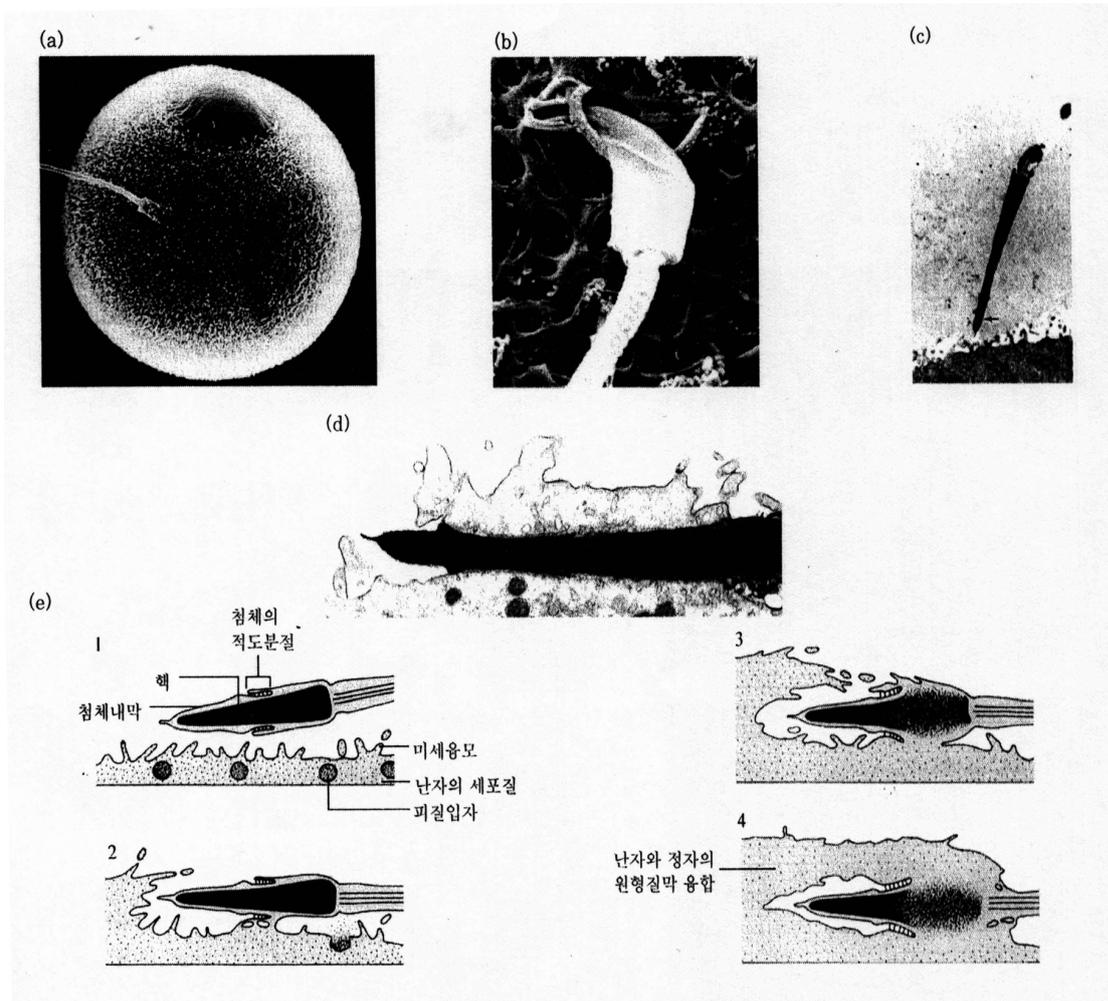


그림 3-5-4. 포유류인 햄스터에서 정자의 관입.
 (a), (b) 주사전자현미경 사진 (c); (d) 투과전자현미경 사진; (e) 정자의 침체와 난자의 원형질막과의 융합 모습을 보여주는 모식도

ㄱ) 정자와 난자의 유전물질 융합

수정 후 정자의 핵이 어떻게 이동하고 난자의 핵과 융합하느냐는 수정시 난자의 성숙 단계가 어떤 시기에 있는가에 달려 있다. 성계 알은 감수분열을 완성하여 두 극체(Polar body)가 방출된 후에 배란되고 수정이 된다. 그러나 척추동물에서는 제1 감수분열을 마치고 제2 감수분열의 중기시기에서 더 이상 진행되지 않고 휴지 상태에서 수정된다. 제2 감수분열은 정자에 의해서 수정되거나 어떤 다른 방법 즉 단성생식(처녀생식, Parthenogenesis) 등에 의하여 활성화되어야만 완성된다.

그림 3-5-5는 성계에서 수정시 전핵(Pronucleus)의 이동과 융합을 보여주고 있

다. 정자가 난자의 세포질과 융합하면 침체가 앞에 있고 핵과 중심체가 뒤에 있는 구조가 180° 정도 회전하여 중심체가 앞이 된 다음 핵과 중심체의 연결이 떨어지고 모양이 점점 변하여 핵은 정자의 전핵(Male pronucleus, 응성전핵)으로 된다. 난자 내에서 정자의 전핵은 큰 변화를 겪는데, 즉 전핵막은 팽대되고, 정자의 염색사와 결합하고 있는 정자 특이적 히스톤(Sperm-specific histone)(포유류의 경우 프로타민)은 난자의 히스톤 단백질로 교체된다. 전핵 형성은 포유류에서는 약 12시간 정도로 비교적 긴 시간 동안 일어나지만 성계에서는 1시간 미만 내에 완료된다.

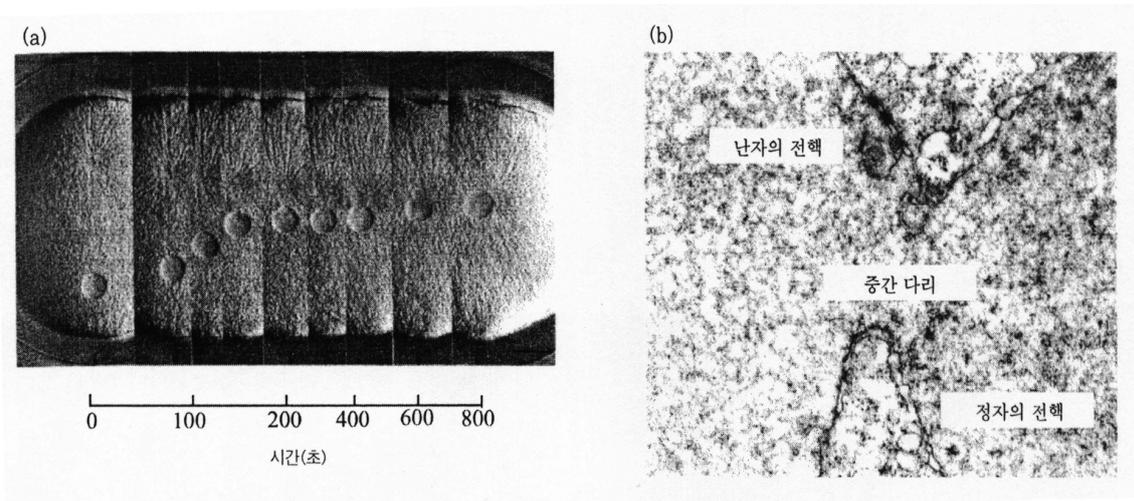


그림 3-5-5. 성계에서 수정시 전핵의 융합모습.

(a) 난자 전핵과 정자 전핵의 시간에 따른 이동과 융합 모습, 정자의 전핵은 성상체에 둘러싸여 있음.

(b) 전핵융합 장면을 보여주는 전자현미경 사진.

이와 동시에 중심체는 성상체(Aster)에 싸여 일반 세포분열 초기의 중심체와 유사하게 접합핵(Syngamy) 쪽으로 이동하며 분열을 준비한다. 이 동안 정자의 전핵은 등황난의 경우 난자의 전핵과 융합하는 세포질의 중앙으로 이동한다. 개구리 난자에서는 정자의 두부가 세포질내로 들어갈때 피질이나 세포질을 함께 뚫고 들어가기 때문에 들어간 경로에 피질색소 입자의 잔적을 남기는데 이것을 침투경로(Penetrating path)라고 한다.

수정시 난자의 핵은 제1 감수분열 후 극체를 방출한 뒤 그 피질 부위에 머물러 있다가 수정후 때로는 핵분체(Karyomeres)라고 하는 여러개의 소낭으로 되기도 한다. 난자의 전핵(Female pronucleus, 자성전핵)이 되면서 하나의 소낭으로 융합한 후 부풀어 커지면서 정자의 전핵 쪽으로 접근하게 된다. 나중에 두 전핵이 융합하여 1개의 접합핵(Zygote nucleus)으로 된다. 핵이 서로 접촉하는 점에서 붕괴되어 핵물질이 합쳐지면 하나의 공동핵막이 형성된다.(그림 3-5-5b). 성계

의 수정란은 1차 난할을 하면서 접합핵의 핵막이 붕괴되고 양친의 염색체는 적도판에 배열된다. 포유류 수정란에서는 정자와 난자의 전핵은 융합하지 않고, 전핵 상태에서 DNA를 복제하고 핵막이 붕괴되어 염색체는 적도판에 배열하여 제 1분열에 들어간다. 따라서 진정한 의미의 2배체 접합핵(Diploid zygote nucleus)은 수정란에 존재하지 않으며, 첫번째 난할 후 2세포기 배아에서 처음으로 나타난다(그림 3-5-6).

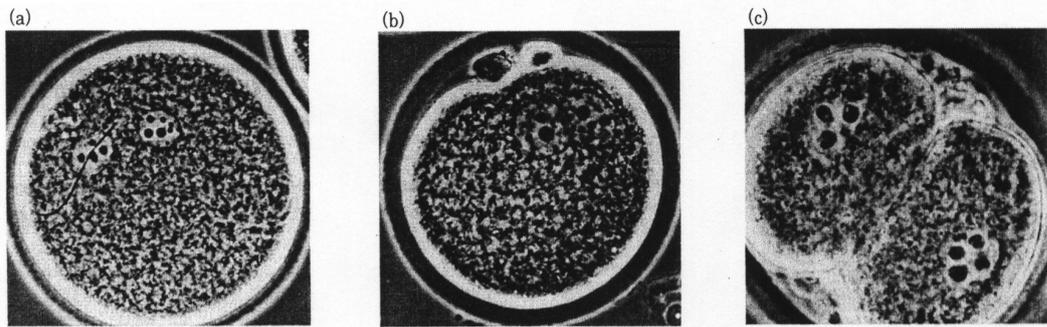


그림 3-5-6. 햄스터에서 수정시 전핵의 이동.

(a) 정자 관입 후 팽창된 난자 및 정자 전핵과 정자 꼬리의 모습, (b) 융합 직전 두 전핵이 마주보고 있는 장면, (c) 분열된 2세포기 배아.

5) 난할 및 발생

동물발생의 특징 중 하나는 단세포인 수정란(Fertilized egg)에서 복잡한 체제를 갖춘 다세포의 성체로 발생하는 것이다. 이 단세포에서 다세포로의 전환은 발생 초기에 연속적인 빠른 체세포분열(Mitosis) 방법에 의해 이루어진다. 수정된 난자의 일련의 세포분열을 난할(Cleavage)이라 한다.

난할은 일반 세포분열과 다른점은 다음과 같다.

- ① 난할은 체세포분열에 의해 다세포 복합체(Multi-celled complex)로 전환된다.
- ② 성장은 일어나지 않는다. 즉 딸세포(Daughter cell)인 할구(Blastomere)의 크기는 계속 작아지게 된다.
- ③ 내부에 포배강(Blastocoel)을 형성하는 것을 제외하고는, 배아의 일반적인 형태는 변하지 않는다.
- ④ 화학적 조성의 질적 변화는 제한되어 일어난다(국부적 화학조성 변화).
- ⑤ 세포질은 난할의 시초에는 난자에서와 같은 위치에 남아있게 된다.

⑥ 핵과 세포질의 비율은 난할의 초기에는 매우 낮으나, 결국 체세포와 같은 정도가 된다.

ㄱ) 난할의 특성

난할은 일반적인 세포분열과 같이 핵분열(Karyokinesis)에 이어 세포질분열(Cytokinesis)이 일어나게 된다. 분열에 의해 새롭게 형성된 딸세포(Daughter cell)를 할구(Blastomere)라 한다. 할구의 분열은 전형적인 체세포분열이다. 그러나 난할은 후기 발생단계나 성체에서의 분열과는 큰 차이가 있다. 후기 발생단계나 성체에서 세포들은 분열 후 성장해서 크기가 거의 배가 되었을때, 또 다시 분열하는 반면에, 난할은 각 할구들은 성장하지 않고 계속해서 분열하게 된다. 그러므로 난할의 결과로 생긴 할구들은 난할 전 할구 크기의 1/2이 된다(핵질은 그대로 이나, 세포질은 1/2 감소). 그래서 난할은 하나의 큰 세포에서 시작해서 많은 수의 세포들로 끝나는데 그 할구들은 성체에서 볼 수 있는 조직세포들의 크기 보다는 크다.

초기 난할세포들의 핵은 같은 동물의 체세포들에 비해 현저하게 큰데, 그 이유는 유전물질이 더 많은 것이 아니라 핵액(Nuclear sap)의 존재 때문이다. 성장없이 분열하기 때문에 세포질의 부피는 핵에 비해 점차적으로 감소된다. 예를 들면 성계 난자의 경우 성숙 난자에서 세포질이 핵의 550배이던 것이 난할이 끝날 때 쯤 되면 단지 6배 밖에 안되며, 개구리 알은 43시간 동안 37,000개 세포로 분열한다.

그림 3-6-1에서 보여주듯이 세포수의 증가속도는 난할이 끝나고 낭배시기에 도달하면 현저하게 감소된다.

난할이 일어나는 동안 성장은 없어도 생리적 변화는 일어난다. 난할 중 가장 분명한 변화는 유전물질인 DNA의 지속적 증가이다. 핵의 수는 할구들의 새로운 분열이 있을때 마다 배가 되는데 이는 DNA의 복제 결과이다. 난할 중 두 번째로 중요한 대사현상은 RNA 합성이다(그림 3-6-2).

개구리에서 rRNA는 난할이 끝날때까지 전혀 합성되지 않으며 단지 낭배가 시작되는 핵에서 rRNA 합성이 시작된다. mRNA와 tRNA는 난할시 형

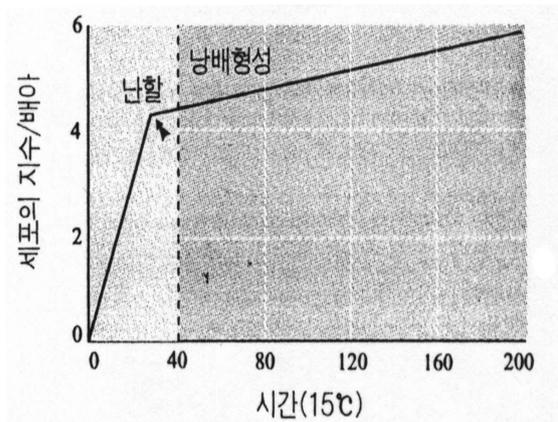


그림 3-6-1. 개구리 난자의 초기 발생중 세포수 증가.

성되거나 난할의 후기에 형성된다.

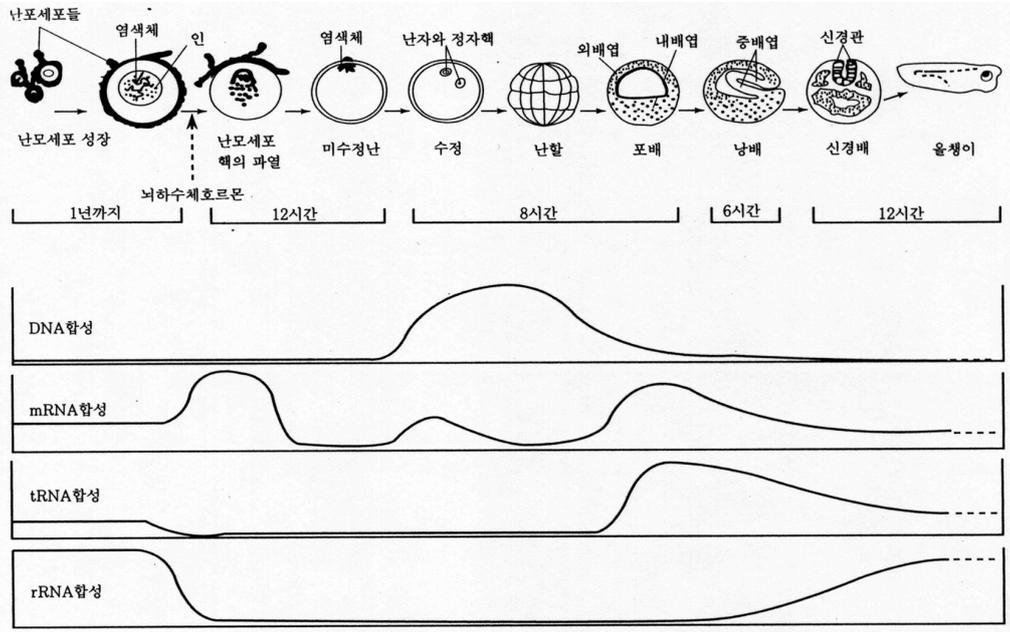


그림 3-6-2. 개구리의 난자 형성 시기와 수정 시기, 그리고 초기 배아발생 시기에 있어서 핵산의 합성 변화.

나) 난할의 유형

난할 방식은 일반적으로 아주 규칙적이다. 대체적으로 첫번째 난할은 동물극과 식물극을 잇는 난축 방향에 수직으로 일어난다(경할, Meridional cleavage 또는 Vertical cleavage). 두번째 난할면은 난축을 통하는 수직면으로 첫번째 난할면을 직교한다. 그 결과 4개의 할구들은 서로 옆으로 놓이게 된다. 세번째 난할면은 처음 두 난할면의 직교 즉 동물-식물극의 난축에 대한 직교 방향으로 일어난다(위할, Equatorial cleavage 또는 Horizontal cleavage). 즉 동물반구쪽에 4개, 식물반구쪽에 4개가 놓이게 된다. 일반적으로 난할 양식은 2가지 요인에 의해 결정된다. 첫째는 유사분열의 도구와 이의 형성시기에 영향을 주는 난자의 세포질 성분이고, 둘째는 난황의 양과 분포이다. 난황의 양과 분포에 따른 난할의 유형을 정리하면 표 3-6-1과 같다.

표 3-6-1. 난할 형태의 분류

난할 형태	난황의 위치	난할 대칭성	대표적인 동물
전할, 완전난할 (Holoblastic)	등황란(Isolecithal 또는 Oligolecithal): 적고 균등하게 분포함	방사형(Radial) 나선형(Spiral) 좌우상칭형(Bilateral) 회전형(Rotational)	극피동물, 창고기, 대부분의 연체동물, 환형동물, 멧게류, 포유류
불완전난할 (Meroblastic)	중황란(Mesolecithal): 적당한 양의 난황을 가지고, 대부분이 식물극쪽으로 분포	방사형(Radial)	양서류
	단황란(Telolecithal): 알의 식물극쪽에 모든 난황이 분포	좌우상칭형(Bilateral) 원반형(Discoidal)	두족류(연체동물), 어류, 파충류, 조류
	등황란(Centrolecithal): 알의 중심부에 난황과 적은 세포질이 균등 분포	표할(Superficial)	절지동물, 곤충류

난황의 양이 적으면서 고르게 분포되어 있는 난자를 등황란(Isolecithal egg 또는 Oligolecithal egg 또는 Homolecithal egg) 이라고 하며, 극피동물과 같은 무척추동물과 창고기와 같은 척색동물, 그리고 포유류에서 관찰된다. 등황란에서는 난황이 균등하게 일어나서 난황구의 크기가 같은 난할 즉, 완전난할 혹은 전할(Complete cleavage 또는 Holoblastic cleavage)을 한다. 그러나 몇몇 연체동물의 등황란 중에는 불균등(Unequal)하게 난황이 일어나는 경우가 있다.

다량의 난황 물질이 식물극쪽에 편재해 있고 동물극쪽에 세포질을 다량 갖는 난자, 즉 양서류의 중황란(Mesolecithal egg)이나 연체동물의 두족류, 어류와 조류의 단황란(Telolecithal egg)에서는 난황면이 난황이 있는 식물극까지 침투하지 못하여 불완전한 난할을 하게 된다. 그 결과 할구들은 배반 형태로 동물극 근처 세포질에 국한되어 존재한다. 이 형태의 난할을 불완전난할 혹은 부등할(Incomplete cleavage 또는 Meroblastic cleavage)이라 한다. 또 다른 형태는 불완전난할이며 곤충의 중황란(Centrolecithal egg)에서 관찰되는 표할(Superficial cleavage)이다.

어류 난자 역시 단황란인데 난황의 분포와 양이 다른 단황란과는 다르다. 경골어류(Teleost fishes)에서 세포질은 난황과 분리되어 있고 중앙에 밀집된 난황 덩어리 주의를 둘러싸는 얇은 층으로 제한되어 있다. 동물극 쪽은 세포질이 두꺼운 배반을 형성하며 그 속에 핵이 존재한다. 난황면이 난황 물질을 통과하지 못하기 때문에 제1 난할은 불완전난할이다. 그림 3-6-3의 어류 난황의 전자현미경

사진에서 보듯이, 적어도 12번째 분열까지는 매우 빠르고(매 15분마다 분열) 규칙적으로 난할이 진행되어 커다란 난황세포(York cell) 위에 세포 덩어리를 형성한다.

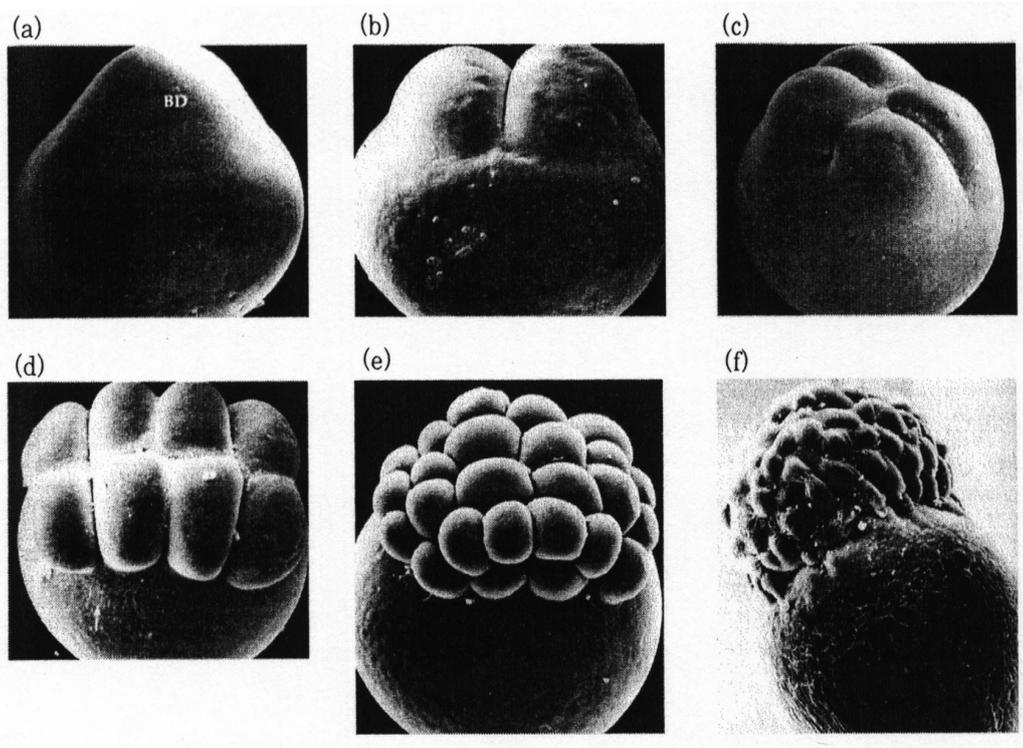


그림 3-6-3. Zebra fish의 난할을 보여주는 전자현미경 사진.

ㄷ) 상실배와 포배의 형성

수정란은 난할을 거쳐 상실기(Morula stage)에 이른다. 이 시기의 할구((Blastomere)들의 배열은 동물의 종류에 따라 다르다. 예를들면 강장동물에서는 난할하지 않는 난자가 차지했던 모든 부분을 할구들로 채우는 경고한 세포들의 덩어리가 된다. 상실기 이후 배아는 난할이 계속됨에 따라 할구들은 접촉이 강화되어 한 층으로 배열되어 모든 할구들은 배아의 표피(Epithelium)를 이루는데 이 세포층을 포배엽(Blastoderm) 이라하고, 이 세포층으로 둘러싸인 강소를 포배강(Blastocoel cavity 또는 Segmentation cavity) 이라한다(그림 3-6-4). 이 시기의 배아를 포배(Blastocyst)라 한다.

할구들은 난할 초기부터 여러 형태의 결합(Junction)에 의해 서로 차츰 밀착된다. 첫번째 형성되는 것이 옆 할구 사이에 외부 환경과 접하는 부위에 형성되는

밀착결합(Tight junction)인데 때때로 2세포기 시기에 이미 형성되는데, 포배시기에 이 결합이 내부를 보호해준다. 성계의 경우 이 결합은 결막결합(Septate junction)의 형태를 취하고, 일련의 띠(Bars)로 나타난다. 동시에 할구들 사이에 간극결합(Gap junction)이 형성되어 배아세포들간의 물질교환 통로가 되며 포배기에 널리 퍼진다.

전할(Complete cleavage)을 하며 소량의 난자를 포함한 배아의 경우 할구들의 크기가 식물극쪽이 동물극쪽 보다 약간 크다. 식물극 세포들이 동물극 세포들보다 크기 때문에 식물극쪽이 동물극 보다 두껍다. 그래서 난자의 극성(Polarity)은 포배의 극성을 유지시킨다. 전할을 하지만 난황이 식물극쪽에 좀 더 많은 개구리 알(Telolecithal)에서는 16~64 할구를 가진 배아를 상실배(Morula)라 부르며, 128 세포기 쯤 되었을 때 포배강(Blastocoel)이 출현하며, 이 시기부터 포배기로 간주한다. 포배기 세포들의 크기는 현저하게 다르다. 내부 포배강을 둘러싼 세포들도 식물극쪽이 동물극 쪽보다 훨씬 두꺼우며 포배강이 동물극쪽에 치우치게 된다(그림 3-6-4b).

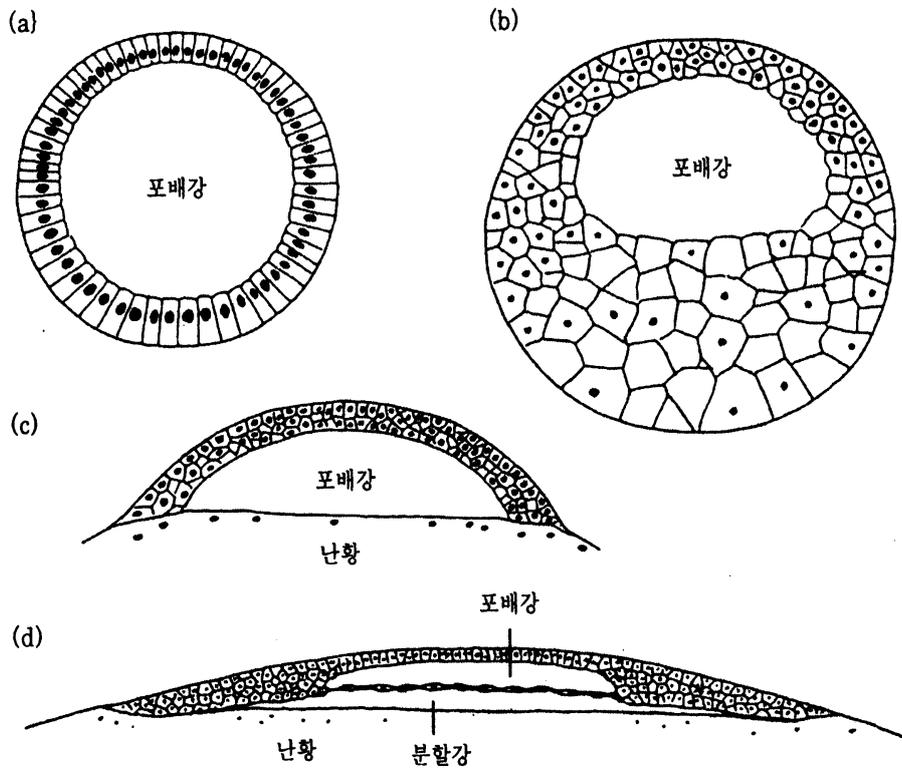


그림 3-6-4. 여러 동물들의 포배기 배아의 비교.
(a) 극피동물, (b) 개구리, (c) 경골어류, (d) 조류.

불완전난할(Incomplete cleavage)을 하는 경골어류나 조류에서 초기 할구들은 구의 형태로 서로 느슨하게 연결되어 있으나, 나중에 할구들이 서로 견고하게 연결되며 표피가 된다. 난할이 동물극쪽 세포질에 제한되어 있기 때문에 포배는 동물극쪽에만 일어나는데 이러한 포배를 배반(Blastoderm)이라 한다. 그 후 포배는 난황과 분리하여 배엽하강(Subgerminal cavity)를 형성하며, 포배세포는 난황에서 영양분을 흡수하기 시작한다.

표할을 하는 곤충의 알인 중황란(Centrolecithal egg)은 포배강에 해당하는 장소가 없다. 그러나 핵이 바깥쪽으로 이동한 후 배아 표면에 완전한 세포막의 형성을 포배 형성이라 할 수 있다. 이 표면의 세포층을 포배엽(Blastoderm)이라 하며, 이 시기의 배아는 포배강이 난황으로 채워진다.

난할을 거쳐 포배시기까지 발생한 배아는 전체적으로 수정란의 형태를 유지하고 난자의 물질들은 난할 후에도 그 이전과 같은 위치에 남아 있고 난황은 식물극 가까이에 존재한다. 난할 중에는 배아의 화학적 조성의 질적 변화가 아주 극한되어 있는 것으로 지적되고 있다. 그러나 극히 적은 새로운 물질들이 난할 중에 나타나고, 동시에 난할 중에 난자내에 존재하던 물질이 재분포가 일어나, 앞으로 발생에 근본적으로 중요한 역할을 하게 된다.

ㄷ) 세포뼈대의 역할

난할은 보통 핵분열(Karyokinesis)과 세포질분열(Cytokinesis)의 2과정으로 이루어진다. 핵의 체세포분열을 의미하는 핵분열은 미세소관(Microtubule)(그림 3-2-2의 C)으로 구성된 방추사(Mitotic spindle)의 힘에 의해 일어나며, 세포질분열은 액틴(Actin)으로 이루어진 미세필라멘트(Microfilament)의 수축환(Contractile ring)의 기계적인 힘에 의존한다(표 3-6-2). 난할 중 이러한 2과정의 일치성과 상관관계는 성체의 첫번째 분열을 예로 그림 3-6-5에 도식화 되어 있다. 방추사와 수축환은 서로 수직으로 배열하며, 방추사가 안쪽에 위치하게 된다. 궁극적으로 수축환에 의해 만들어지는 난할홈(Cleavage furrow)은 체세포분열 면을 반으로 분할함으로써 유전적으로 동등한 2개의 할구를 만든다. 액틴 미세필라멘트는 수정란의 안쪽 세포질 보다는 표면쪽에 위치한다. 전자현미경에서 관찰하면 수축환은 $0.1\mu\text{m}$ 의 액틴 필라멘트로 이루어지며 약 $8\sim 10\mu\text{m}$ 의 독특한 피질대(Cortical band)를 형성, 배아의 중심 부위를 압박하여 배아를 2개의 할구로 쪼개지게 만든다.

보통 핵분열과 세포질 분열은 일치되어 일어나지만, 종종 분리되어 관찰되기도

한다. 곤충 알의 초기 난할에서 핵분열은 세포질분열 없이 일어나며, 실험적으로도 난할중인 배아에 사이토크라신 B(Cytochalasin B)를 처리하면 세포질 분열은 일어나지 않는다. 사이토크라신 B는 액틴분자의 미세필라민트로 중합을 억제하여 수축환 형성을 방해함으로써, 핵분열의 중단없이 세포질분열을 일어나지 못하게 한다. 이와같이 세포질분열이 중지 되더라도 핵분열은 계속되며 동시에 난할에 필요한 발생 특이적 단백질은 계속 합성된다.

ㄱ) 낭배 형성

낭배형성(Gastrulation) 과정의 일반적인 특징은 난할과 포배과정을 거쳐 다세포화된 세포들이 성체의 기본 체제를 갖추기 시작하는 것으로 포배를 이루고 있는 단일층의 세포들이 위치를 바꾸어 새로운 위치를 이루어 생물체의 다세포층의 기본 체제가 형성되는 과정이다. 1층의 세포로 구성된 포배에서 더 분화해서 후생동물(Deuterostomes)의 특징인 3배엽층(Three layer)의 체제로 변하는 것은 배아세포들의 활발한 분열과 움직임에 의해 달성된다. 결국 내배엽(Endoderm), 중배엽(Mesoderm), 외배엽(Ectoderm)의 3가지 배엽을 갖춘 배아를 이루며 내배엽에 둘러싸인 새로운 장소가 나타나는데, 이를 초기 소화관(Primitive gut) 혹은 원장(Achenteron)이라고 하며, 이것이 외부와 통하는 입구를 원구(Blastopore)라고 한다.

낭배형성 과정은 매우 복잡하며 내배엽, 외배엽, 중배엽이 모두 완성되어야 그 과정이 끝나는 것으로 먼저 내배엽층과 외배엽층이 완성된 후 마지막으로 중배엽층이 만들어진다. 낭배형성 방법은 동물의 종류에 따라서 즉, 포배의 모양, 난황의 양과 분포 상태에 따라 몇 가지 방식에 따르게 된다. 낭배형성은 대체적으로 형태 형성을 위해 다음과 같은 세포의 분열과 움직임이 있게 한다.

외적(Epiboly): 세포들 하나하나가 개별적이 아니라 하나의 단위로서 배아의 안쪽 부위를 감싸며 이동하는 바깥쪽 세포들의 움직임.

함입(Invagination): 부드러운 고무공을 손가락으로 쑥 밀어 넣는 것처럼 세포층이 안으로 접히는 현상.

회절(Involution): 확장된 바깥층이 안으로 접혀서 남아있는 바깥쪽 세포들이 안쪽으로 말려 들어가는 이동.

이입(Ingression): 배아의 표면층에서 안쪽으로 개별적인 세포의 이동.

분층(Celamination): 하나의 세포층이 그와 평행된 2층의 세포층으로 분리.

표 3-6-2. 핵분열과 세포질분열의 비교

과 정	기계적인 분열도구	세포뼈대와 단백질 성분	분열도구의 위치	주요 억제제
핵분열 (Karyokinesis)	방추사 (Mitotic spindle)	미세소관, 튜불린수축환 (Microtubule, Tubulin)	세포질 중심부	콜히친(Colchicine) 노코디졸(Nocodazole)
세포질분열 (Cytokinesis)	수축환 (Contractile ring)	미세필라멘트, 액틴 (Microfilament, Actin)	세포질의 피질	사이토케라신 B (Cytochalasin B)

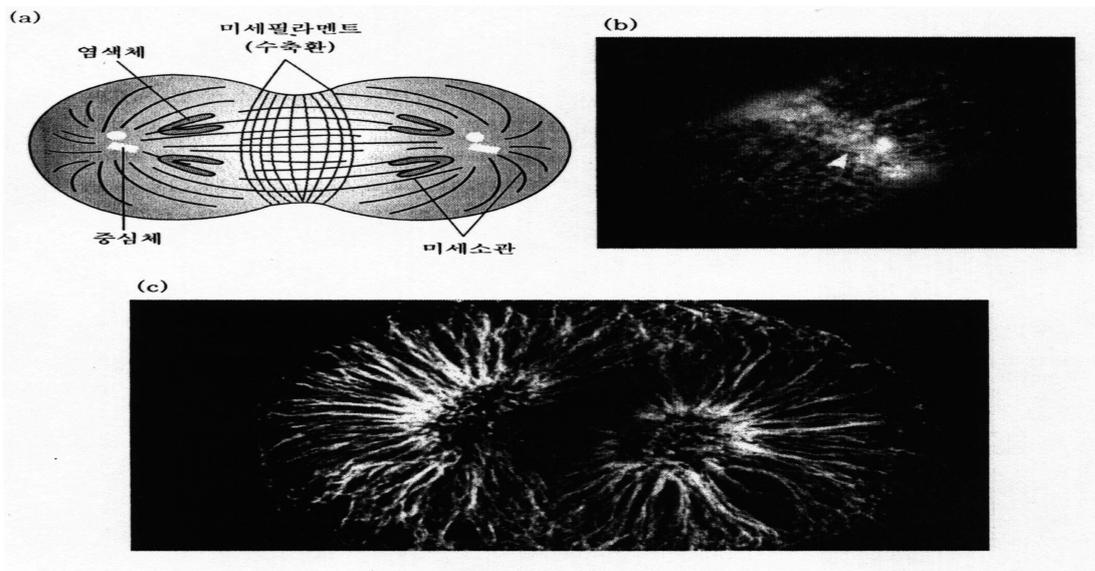


그림 3-6-5. 성게 수정란에서 첫 번째 난할시 미세소관과 미세필라멘트의 역할.
(a) 첫번째 분열 말기의 미세소관과 미세필라멘트 분포의 모식도, (b) 액틴필라멘트의 위치. 화살표는 형광물질로 된 염색된 액틴분자를 표시하고 있다. (c) 형광물질로 표지된 튜불린을 이용하여 미세소관 성장체를 보여주는 사진.

나) 기관 형성

배의 발생이 진행됨에 따라 배엽의 각 부분(배역)은 그 예정에 따라서 특정하게 분화(Differentiation)된다. 각각의 배역은 다른 배역과 상호작용으로 조직화되어 기관으로서의 기능을 나타낸다. 즉 분화된 기관은 그 기능을 효율적으로 수행할 수 있도록 몇 가지 종류의 세포가 질서있게 모인 집합체로서, 세포의 조직형성과정(Histogenesis)에서 배역상호간, 그리고 배역을 구성하는 세포상호간의 협력으로 이루어진다. 동물의 기관들은 상피조직, 결합조직, 근육조직, 신경조직 등으로 구성된다. 발생과정에서는 난할 후 3배엽이 나뉘어지고 이들의 조합으로 많은 기관이 유래된다. 발생과정중 기관이 발생되어가는 과정을 기관형성(Organogenesis)이라고 하며, 모든 조직(Tissue) 및 기관(Organ)의 분화과정이 포함된다.

배아의 낭배형성 후 외배엽이 광범위하게 여러종류의 기관과 조직으로 분화해 나간다. 신경관이 형성된 후 외배엽성 세포들은 형태와 장차 분화될 운명으로 보아 3가지 부류로 구분 할 수 있다. 첫째는 신경관(Neural tube)을 구성하는 세포들로써 중추신경계를 구성하는 신경세포와 신경교세포 그리고 내피막층세포들로 분화하게 되며, 이 세포들 중 일부는 분화하여 감각기관으로 발생하게 된다. 둘째는 표피와 신경관 사이에 존재하는 신경제(Neural crest)세포들로써, 배아의 각 부위로 이동한 후 분화되어 말초신경계, 색소세포, 부신수질 그리고 특정 부위의 연골 등으로 분화하게 된다. 셋째는 표피 부분으로 귀와 코 등의 감각기관, 털과 깃털, 비늘, 여러 종류의 분비선과 체표면의 보호조직으로 분화해간다.

중배엽은 느슨하고 영기성기 배열된 세포들의 결합체로 구성되어 이동과 분화하기가 쉽다. 중배엽의 분화는 등쪽 중배엽(Dorsal mesoderm)인 체절(Somite)과 중간 중배엽(Intermediate mesoderm)인 신절(Nephrotome), 측판(Lateral plate), 머리 중배엽(Head mesoderm) 등의 세포덩어리 형성으로 시작된다. 이 세포 덩어리들은 간충조직(Mesenchyme)이라는 불완전한 태생기 결합조직으로 분화되고 이러한 조직에서 중배엽성 기관이 형성된다.

간충조직의 세포들은 단백질로 구성된 유동성 세포간 기질(Intercellular matrix) 속에 묻혀 있으며 이동 능력을 가지고 있다. 또한 이들은 각종 결합조직으로 분화할 수 있는 능력을 가진 미분화세포들로서 섬유아세포(Fibroblast), 근아세포(Myoblast), 연골아세포(Chondroblast), 골아세포(Osteoblast), 혈아세포(Hemocytoblast)등으로 분화되어 결합조직을 형성한다.

중배엽은 배엽 중에서 기관형성에 가장 많이 참여하고 있는 층으로 체절, 신절, 측판에서 각각의 중배엽성 기관들이 발생한다. 이 중 체절은 경절(Sclerotome), 근절(Myotome), 진피절(Dermatome)로 분화되어 각각 골격계, 근육계, 진피 등을 형성한다. 신절에서는 생식기와 비뇨기 계통이 발생하고 신절과 연속되어 있는 측편은 배내체강(Intraembryonic coelom)형성 후에 장벽(Visceral mesodermal membrane)과 체벽(Parietal mesodermal membrane)으로 나누어진다. 이외에도 중배엽은 내배엽과 외배엽의 기관형성에도 참여하여 지지조직과 결합조직을 제공하는 역할을 수행하고 있어 모든 기관형성에 있어 없어서는 안 될 중요한 부위이다.

내배엽에서 발생하는 주된 기관은 소화관(Alimentary canal)으로서 소화관의 발생은 완전난할(Holoblastic cleavage)를 하는 하등 척추동물과 불완전난할(Meroblastic cleavage)을 하는 고등 척추동물이 서로 다른 양상으로 나타난다. 완전난할을 하는 경우 낭배형성(Gastrulation)시 내배엽 부위가 포배강

(Blastocoel) 안으로 회절(Involution)하여 생기는 강(Cavity)이 원장(Archenteron)을 형성하고 원장에서 소화관이 형성된다. 불완전난황을 하는 경우에는 원장 형성 없이 판(Sheet) 모양의 배판(Germ disc)이 접힘(말림, Folding)에 의해 중앙이 빈 원통 모양의 관을 형성하는데, 이 관이 소화관으로 발생한다.

초기의 소화관은 전장(Foregut), 중장(Midgut), 후장(Hindgut) 부위로 구분되고 중장은 난황낭(Yolk sac)과 연결되어 있다. 소화관 발생에서 내배엽은 장의 안쪽에 상피를 형성하며 상피세포는 주변의 조직으로 발달하고, 분화하여 다양한 소화관의 부속물과 부속선을 만든다. 소화관상피의 바깥에는 중배엽에서 유래된 결합조직, 지지조직, 혈관, 근막이 발달하고 외배엽에서 유래된 신경이 소화관의 벽에 도달한다.

구강상피에서 분화된 미뢰(Taste bud)와 타액선, 인두낭(Pharyngeal pouch)에서 분화되는 흉선(Thymus), 부갑상선(Parathyroid), 갑상선(Thyroid) 및 부레(Swim bladder), 전장(Foregut)의 관이 돌출(Evagination)하여 발생하는 호흡기관과 소화기 부속기관 그리고, 후장의 총배설강(Cloaca)에서 유래되는 방광(Urinary bladder)이 내배엽에서 발생하는 기관들이다.

4. 염색체공학(Chromosome engineering)

생물의 모든 활동과 기능은 세포 핵 내의 유전자(DNA)에 물리적인 기반을 두지만, 핵 DNA는 이미 정해진 영역마다 염색체라는 구조로 조직되어 있다. 이들 염색체의 수와 형태로 나타나는 생물학적 특징(핵형)은 일반적으로 종마다 일정하다. 어류를 비롯해 유성생식을 하는 생물에서는 모친(난)으로부터 1세트(계놈이라 한다), 부친(정자)으로부터 1세트, 합계 2세트의 염색체를 수정을 통해 갖게 된다(이 상태를 2배체라고 하며 $2n$ 으로 나타낸다). 이후, 세포가 증식될 때 모든 염색체가 복제되고, 이들이 2개의 낭세포로 나누어 진다(체세포분열). 그러나, 배우자를 형성할 때는 배우자(난, 정자)의 염색체는 1세트(n)로 반감된다(감수분열).

염색체 이상(Chromosome abnormality)에는 염색체상 숫적 이상인 배수체(Euploidy)와 이수체(Aneuploidy)가 있고, 구조적 이상인 유전자 돌연변이(Gene mutation, Point mutation: Position effect)가 있다. 염색체 상의 숫적 이상에서 배수체 만이 현재로서는 유도 가능하며 이러한 배수체는 염색체공학(Chromosome engineering) 혹은 염색체조작(Chromosome manipulation)에 의해 유도될 수 있다. 염색체공학은 염색체 또는 염색체 조의 수준에서 염색체나 염색체의 반수체 또는 이배체를 넣어 주거나 제거하는 조작하는 것으로써 이의 조작은 배란과 수정 사이에 난자의 핵분열(Meiosis시의 Karyokinesis), 또는 수정란의 난할(Cleavage) 제1 분열시 이들을 억제함으로써 용이하게 조작할 수 있다.

어류에서는 잉어에서 제 2감수분열을 저지하여 염색체의 배수화에 성공한 것이 최초의 예이다. 최근, 이 기술은 특히 육종의 관점에서 주목을 받아 많은 성과가 얻어짐과 동시에 그 대상은 패류, 갑각류로 계속 넓혀지고 있다. 수산생물을 대상으로 한 이러한 염색체공학의 적용은 3배체(Triploid), 잡종 3배체(Hybrid triploid, Allotriploid), 4배체(Tetraploid), 자성발생성 2배체(Gynogenetic diploid) 및 웅성발생성 2배체(Androgenetic diploid)로 나타나고 있다. 세포분열의 억제를 위하여는 물리, 화학적인 처리를 하여야 한다. 이때 물리적 처리는 수정란을 저온처리, 또는 고온처리하거나, 강력한 수압을 가함으로써 가능하며, 화학약품을 처리하는 경우도 있다.

가. 배수체(Ploid)

게놈(Genome)은 생물들의 생활 기능의 조화를 갖기 위해서 빼놓을 수 없는 유전정보가 들어있는 염색체의 한 조(Set)를 의미한다. 예를 들어, 세균 등의 원핵생물(Prokaryote)의 염색체는 커다란 환상의 DNA에 들어있기 때문에 이것이 세균의 게놈이다.

동물, 식물 등의 진핵생물(Eukaryote)에서는 유전정보가 복수의 염색체로 나누어 지는데, 진핵생물에 있어서 게놈은 그 생물의 생식세포(배우자)가 갖고있는 염색체 혹은 유전자 전체를 가리킨다. 진핵생물은 양친의 생식세포(동물에서는 알과 정자, 각각의 염색체 수 n)가 융합하는 것에 의해 만들어지는 것이기 때문에, 그 몸체를 구성하는 세포는 $2n$ 의 염색체, 즉 2배의 게놈을 갖는 2배체가 그 기본이 된다.

염색체 수가 n 의 생물은 반수체로, 동물에서는 어류의 자성발생처럼 유전정보를 반밖에 갖지 않기 때문에 발생이 시작되어도 결국 죽어버리는 경우가 많다. 그러나 벌 또는 개미와 같은 생식과 노동의 역할 분담이 분명하게 구별되어 있는 사회성 곤충은 역할에 따라 Parthenogenesis(처녀생식, 단위생식, 불수정생식)에 의해 2배체와 반수체의 양쪽이 존재한다.

배수체라는 것은 기본이 되는 2배체 보다 많은 게놈을 갖는 생물도 있을 수 있다. 이러한 생물은 게놈의 중복 정도에 의해 3배체(Triploid), 4배체(Tetraploid, Amphidiploid), 5배체(Pentaploid), 6배체(Hexaploid), 7배체(Heptaploid), 8배체(Octaploid), . . . 라고 부른다. 자연계에도 이렇게 게놈을 중복하여 갖는 생물이 존재하는데 주로 식물이며, 어류(잉어과 연어과 어류는 현재는 2배체이나 진화적으로 4배체화한 것임), 파충류, 양서류에도 있다. 식물에서는 육종을 목적으로 인위적으로 배수체를 만들어내는 일이 이루어지고 있다.

일반적으로 세포의 크기는 배수성에 비례하는 것이기 때문에, 배수체는 2배체에 비교하면 개개의 기관과 몸 전체가 커지는 경우가 많다. 그러나 배수성을 높이면 얼마든지 커질 수 있는 것이 아니라 4~6배체 까지이며, 그 이상이 되면 거꾸로 감소한다. 따라서 배수체는 기본이 되는 게놈이 3배, 4배라는 것으로 개체의 크기가 3배, 4배가 된다는 것은 아니다.

나. 3배체(Triploid)

수산양식 산업에서 3배체는 이미 1956년에 영국의 Swarup에 의해 어류 수정

난에 간단한 저온(cold shock)처리로 유도 하였으며, Purdom은 1972년에 Plaice (*Pleuronectes platessa*)를 대상으로 해산어에서는 최초로 3배체를 유도한 이래, 현재까지 주요 양식어류를 대상으로 염색체공학에 관한 연구와 기술이 급속히 진전되고 있다. 어류에서 3배체 유도는 현재까지 300사례 이상 보고되고 있으며, 연어과 어류 중 무지개송어가 70사례 이상, 잉어과 어류 중 초어가 15사례 이상 보고되고 있다.

3배체 유도시 기본 개념인 양성혼합(Amphimixis)에서 수정시 정자 침입 시기를 난모세포에서의 감수분열 단계로 알아보면 다음과 같다. 첫째, 제1 난모세포가 제1 감수분열 후 제1 극체 방출을 완료하고 이후, 제2 감수분열의 중기에서 그 이상의 난자형성과정은 중지됨과 동시에 배란이 일어나 난모세포가 수정한 후에야 비로소 제2 감수분열이 완료되어 제2 극체가 방출하는 유형(척추동물); 둘째, 난모세포가 제1 감수분열의 중기에 수정하는 유형(피낭류, 연체동물 및 일부 환형동물); 셋째, 난모세포가 제1 감수분열을 시작하기 전에 수정하는 유형(환형동물, 유형동물 및 모악동물)이다.

결론적으로 말해서 암·수의 배우자가 각각의 감수분열에 의해 염색체 수를 반감시켜 양친의 상동염색체간의 교차에 의한 유전인자의 재조합이라는 변이성을 일으켜 각 생물 개체들이 환경 변화에서 살아갈 수 있는 기회를 증가시키는 과정을 거치게 되는 것이다. 또한 이러한 과정을 통해서 만들어진 수 천만개의 정자 중 단 하나만이 한 난자의 국부를 자극시켜 발생하여 난자를 활성화 시켜 정자의 응성전핵과 난자의 자성전핵이 융합하여 염색체 수는 $2n$ 의 복상의 되는 수정난을 방출하게 되는 것이다.

1) 3배체 유도법

그림 4-1-2에서와 같이 어류인 경우 수정후 제2 감수분열을 하여 난에서 제2 극체가 방출되므로, 어류 3배체는 이러한 제2 극체의 방출을 억제하여 유도한다 ($3n = \text{난자 전핵 } n + \text{정자 전핵 } n + \text{제2 극체 } n$). 패류인 경우 수정후 제1 감수분열을 하여 난에서 제1 극체가 방출되고 이후 제 2 감수분열을 하여 난에서 다시 제2 극체가 방출되므로, 패류 3배체는 제1 극체 방출 저지형 3배체(Meiotic I arresting triploid)와 제2 극체 방출 저지형 3배체(Meriotic II arresting triploid)가 있을 수 있다.

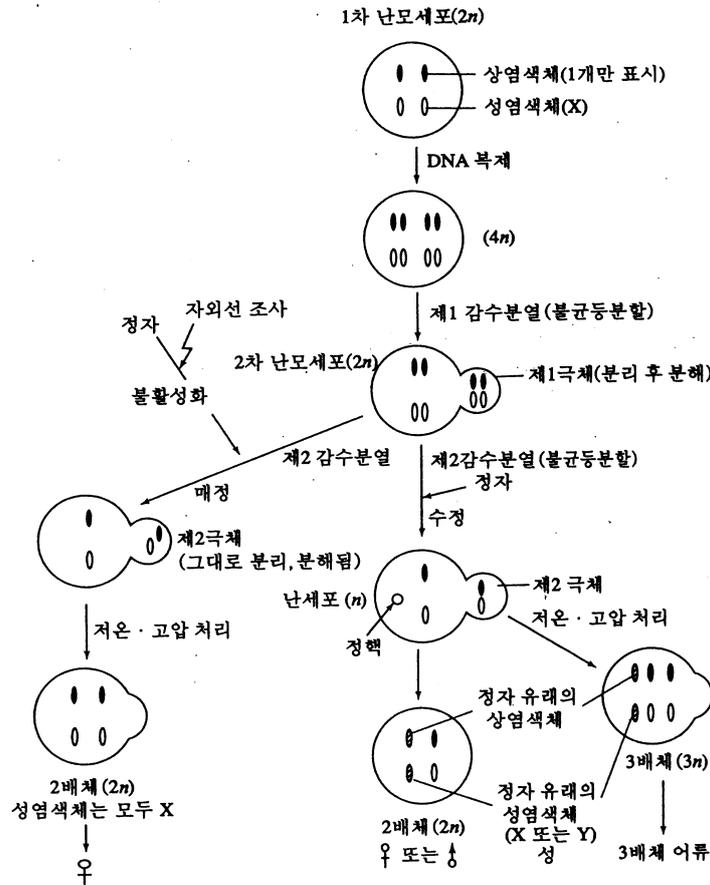


그림 4-1-2. 자성발생 및 3배체의 유도방법.

3배체 유도시 제 1, 2극체 방출 저지법으로는 여러가지 처리(Treatment)·충격(Shock)법이 있으며, 이들은 물리적 처리인 저온처리(Cold treatment), 고온처리(Heat treatment), 와 화학적처리(Chemical treatment) 및 수압처리(Hydrostatic pressure treatment)이다. 이들 모든 처리들은 방추사(Tubulin)(그림 3-2-2의 C) 형성을 억제하여 극체 방출을 저지시킨다. 저온처리는 친어 산란시 사육수온 보다 약 10℃ 아래로 처리하며 온수성 어류와 열대성 어류에서는 -2~4℃, Tilapia는 15℃, 차넬메기에서는 5℃로 처리된다. 고온처리는 친어 산란시 사육수온 보다 약 10℃ 이상 높게 처리하며 냉수성 어류인 경우 치사온도 이상인 26~30℃ 로도 처리되며, 이때는 저온처리시의 처리시간 보다 짧게 처리한다.

화학적처리시 사용되는 화학물로는 Colchicine, Colcemid이 있으며 이들은 세포독성(Cytotoxicity)이 있으며, 카페인, Velvan, Cytochalasin B (CB)도 사용된다. 특히 Cytochalasin B는 패류에서 제1, 2 극체 방출 저지에 사용되며, 이때 Cytochalasin B는 Microfilament를 억제하여 세포함입(Cell furrow; 세포질분열, Cytokinesis)이 일어나지 않게 한다. Nitrous oxide (N₂O, 흡입 마취제)와 11기

압의 수압을 수정후 30~60분에 병행 처리하여 90%의 무지개송어 3배체를 유도한 바 있으며(Shelton 등, 1986), Freon 22를 사용하여 3배체 대서양연어를 유도한 바 있다(Johnstone 등, 1989).

수압처리(Hydrostatic pressure)에 의한 수정란의 압축은 제1, 2 극체 방출 저지는 물론 제1 난할(Mitosis, 체세포분열)에도 효과적이다. 보통 500~700 kg/cm², 9000 psi (pressure per square inch)이 사용되고 있으며, 이러한 수압을 위하여는 수압처리 Cylinder 단면적이 커질 수 없어 Cylinder 크기 제한에 따른 처리 난수가 적은 단점이 있다.

저온, 고온 및 수압처리와 Cytochalasin B를 제외한 화학적 처리에 의한 핵분열의 저지는 중심체, 정상체 및 방추체 등의 핵분열 장치의 기본구조인 Tubulin의 중합체인 미세소관(Microtubule)의 파괴로 염색체의 양극이동을 저지시킨다.

3배체 유도시 제1, 2 극체 방출 저지를 위한 이러한 여러가지 처리법으로 처리시 고려사항으로는 첫째, 극체의 생성시기 포착으로 이러한 사항은 최초처리시간(Initial treatment time; Anaphase, 후기 이전)을 결정한다는 측면에서 중요하다(수정후 몇 분에 처리); 둘째, 사용되는 처리법의 종류 및 처리강도(수온, 압력, 약품농도)로, 이는 가장 중요한 요소이다; 셋째, 처리법에 따른 처리시간(Treatment time; Duration of treatment, 처리지속시간)이다. 그러므로 3배체 유도시 제1, 2 극체 방출 저지를 위한 조건은 「수정후 ○분에 ○처리로 ○분간 처리」로 표현된다. 극체 방출 시간은 수온 의존적이므로, 최초 처리시 이전기간에서의 사육수온도 고려할 사항이다.

처리시간을 결정하기 위해서는 미리 일정 수온조건에서 제 1, 제 2극체 방출에서부터 난할에 이르는 시간과 세포학적 과정을 미리 조사해두면 유익하다. 그러나 3요서의 적정 조건을 결정하는 것은 쉽지 않기 때문에 어종마다 시행 착오적인 실험을 반복하여 3배체의 유도율이 가장 높고, 아울러 사망, 기형 등의 부작용이 적은 조건을 택할 필요가 있다.

주요 어패류에 있어서 3배체 유도 사례 많으며, 이들은 이미 몇몇 총설, 자료에 정리 되어 있으나, 여기에서는 최신 보고를 포함해 그 주요한 것만을 표 4-1-1에 나타냈다. 압력처리에서는 French press의 Chamber 내에 분리비부착난은 직접, 혹은 부착성 난의 경우에는 난을 유리판에 붙여 유리판을 넣어 압력을 가한다. 온도처리 경우에는 수온을 일정하게 유지한 수조(Water bath) 안에 수정란을 넣는다. 연어, 송어류에서는 고온 또는 압력이, 은어, 잉어, 미꾸리에서는 저온도 효과적이다. 굴을 비롯한 이매패에서는 Cytochalasin B 용액에 처리 후에 세척하는 것이 효과적이다. 그 외에 화학처리와 압력 혹은 온도와의 이중처

리가 시도된 사례도 있다. 이상의 처리를 한 후의 염색체의 거동은 특히 패류에서 자세히 관찰되어 있으며, 제 1감수분열을 저해한 경우, 삼극분열이나 2개의 2극분열 등 비정상적인 분열이 일어나는 것이 굴에서 보고되었다. 마찬가지로 제 1감수분열의 저지가 비정상적 분열을 일으켜 예상외의 4배체, 5배체가 출현하는 현상이 진주조개에서도 관찰되었다. 또 제 2감수분열을 압력으로 저지한 진주조개의 수전란에서는 2n의 자성(♀) 전핵이 나타나지만, Cytochalasin B 처리에서는 2개의 자성(♀) 전핵(n)이 생긴 바 있다.

표 4-1-1. 주요 어패류에 있어서 인위 3배체 유도과 처리조건과 배수체 유도

어종	처리 ¹⁾	처리시간 (분)	처리시기 ²⁾ (수정후,분)	배수체 판정시기/방법	(%)
연어	압력650kg/cm ²	6	6	배/염색체	90-100
연어	고온29℃	10	10	배/염색체	70-100
은연어	고온29℃	10	-	치어/flow-cytometry	50-70
곰사연어	고온29℃	10	10	유어/flow-cytometry	72
왕연어	고온29℃	10	10	유어/flow-cytometry	60
무지개송어	압력500kg/cm ²	4	40	배, 치어/염색체	100
무지개송어	고온26℃	20	25	배, 치어/염색체	100
무지개송어	고온29℃	10	10	배/염색체	94
무지개송어	고온28℃	10	10	-	90<
무지개송어	일산화질소가스 11atm	30	0	치어/현미농도측광	100
브라운송어	고온29℃	10	5-45	배/염색체	77-91
브라운송어	고온28℃	10	10	배/염색체	100
대서양연어	고온32℃	5	20	치어/적혈구 크기	100
대서양연어	압력730kg/cm ²	3,6	20	치어/적혈구 크기	100
대서양연어	고온28℃	10	10,20	치어/현미농도측광	100
태평양연어	일산화질소가스 11atm	30	0	치어/현미농도측광	80
태평양연어 ³⁾	압력580kg/cm ²	5	30	5개월/flow-cytometry	92
바위송어	압력650kg/cm ²	7	15	배/염색체	63-72
강송어	고온28℃	10	10	배/염색체	100
강송어	압력700kg/cm ²	6	10	배/염색체	90
강송어	고온29℃	10	30	배/염색체	100
강송어	고온28℃	10	15	7-8개월/flow-cytometry	100

<계속>

어종	처리 ¹⁾	처리시간 (분)	처리시기 ²⁾ (수정후,분)	배수체 판정시기/방법	(%)
은어	저온0-1℃	60	2-5	유어/적혈구 크기	97
은어	저온0-0.5℃	30,60	4-6	3개월/염색체	100

은어	저온0℃	30	5-6	-	90-100
은어	압력650kg/cm ²	6	5-6	-	70
잉어	저온0-2℃	45	1-9	-/현미농도측광, 염색체	100
잉어	저온0-0.2℃	30,60	5	6-8개월/염색체	92
비단잉어	저온0-0.5℃	60	10-15	2년/적혈구 크기	69
잉어	고온40℃	2	5-7	3년생/적혈구 크기, 동위효소	100
Big head	압력500kg/cm ²	1.5	4	배/염색체	100
초어	압력 500-580kg/cm ²	1.2	4	치어/적혈구 크기	100
초어	고온42℃	1	4	치어/적혈구 크기	100
흰줄납줄개	저온0-0.2℃	60	1	성어/염색체	95
미꾸리	저온1℃	60	4-5	1년생/적혈구 크기, 염색체	84
미꾸리	저온1℃	30,40	5	치어/현미농도측광	100
미꾸라지	저온2℃	60	5	성어/적혈구 크기, 염색체	98
나일틸라피아	저온9℃	30	7	자어/염색체	100
나일틸라피아	저온41℃	3.5	5	자어/염색체	100
나일틸라피아	압력580kg/cm ²	2	9	자어/염색체	100
참돔	저온2-3℃	15	3	2년생/적혈구 크기	30
넙치	저온0℃	45	3	배/염색체	100
참굴 ⁴⁾	CB 0.5-1.0µg/l	20	20-30	기재되지 않음	-
참굴	CB 1.0µg/l	10	20-30	담륜자/염색체	81-84
참굴	저온0℃	10	40-50	담륜자/염색체	62
참굴	고온37℃	10	40-50	담륜자/염색체	62
참굴	CF 10mM+고온34℃	12	8	담륜자/염색체	90
참굴	CF 10mM+고온34℃	12	23	담륜자/염색체	94
버지니아굴	CB 0.25µg/l	10,15	50%1PB ⁵⁾	D상유생/flow-cytometry	96
버지니아굴	CB 1.0µg/l	20	50%2PB ⁶⁾	Sopt/flow-cytometry	72
진주조개	CB 0.5µg/l	30	20	유영유생/미농도측정	100
진주조개	CF 13mM+고온31.5℃	8	12-10	유영유생/미농도측정	36
<계속>					
홍합	CB 1.0µg/l	15	20	담륜자/현미농도측정	86
홍합	고온 30℃	15	20	담륜자/현미농도측정	81
홍합	CA 0.1M	15	20	담륜자/현미농도측정	7.5
홍합	CF 15mM	15	20	담륜자/현미농도측정	71
홍합	CA 0.1M+고온30℃	15	20	담륜자/현미농도측정	73

혼합	CF 15mM+고온30℃	15	20	당류자/현미농도측정	81
전복	저온3℃	15	12	당류자/염색체	70-80
전복	저온3℃	15	32	당류자/염색체	70-80
마대오분자기	저온9℃	10	5	당류자/염색체	60
마대오분자기	저온9℃	10	15	당류자/염색체	70

- 1) CF는 카페인, CB는 사이토칼라신 B, CA는 칼슘을 나타냄.
- 2) 수정란 배양온도는, 연어 송어류는 10℃ 전후, 잉어는 17-28℃, 미꾸리는 26℃, 참굴은 20-26℃, 버지니아굴은 27-29℃, 진주조개는 26℃ 전후.
- 3) 대형 가압기 사용.
- 4) 매뉴얼.
- 5) 수정란의 50%가 제 1극체 방출 시기.
- 6) 수정란의 50%가 제 2극체 방출 시기.

3배체 유도를 위한 또다른 시도로는 Polythyleneglycol (PEG)이나 높은 pH, 고농도의 칼슘처리로 정자를 융합 혹은 접착시켜 이정(Dispermy)수정 시키는 방법이 있으나, 그 실용성에는 제한이 있다. 유도된 4배체로 부터의 2배체 배우체와 정상 2배체로 부터의 상대 반수체 배우체의 수정($2n + n \rightarrow 3n$) 만으로 3배체를 유도 시킬 수 있다.

2) 배수체 판별법

염색체는 진화상 각 종마다 그 수나 형태에서 고유하다(Cytotaxonomy). 염색체공학에 의해 도출된 신종(New fish species), 신기능 어류(New functional fish)는 염색체 조사로 파악될 수 있으며, 염색체 banding법에 의해서 더욱 면밀히 구명될 수 있다. 이 방법에 의하면, 처리의 성공 여부 외에 이수성 등의 수적, 구조적 비정상의 유무를 파악하기 쉽다. 염색체 관찰의 기법은 여러가지가 개발되어 직접 조직적으로부터 만드는 방법과 세포배양을 이용하는 방법이 있다. 현재, 배, 자치어, 성체의 서로 다른 발육단계에서의 분석이 가능하다. 그러나 염색체 표본의 제작과 관찰에는 노력과 시간을 필요로 하는 점에서 문제가 있다. 그림 4-1-3에서 나타나듯이 3배체 각 염색체 번호는 3조(Set)의 염색체로 구성되어 있다. 각 염색체 번호의 염색체들 중 1조는 부계 기원, 1조는 모계 기원 그리고 나머지 1조는 극체 기원이다. 특히 염색체(거대염색체, 부수체염색체)나 염색체의 banding시 2배체에서 나타나는 특정 band는 3배체 확인을 손쉽게 하기위한 표식(marker)으로도 사용될 수 있다.

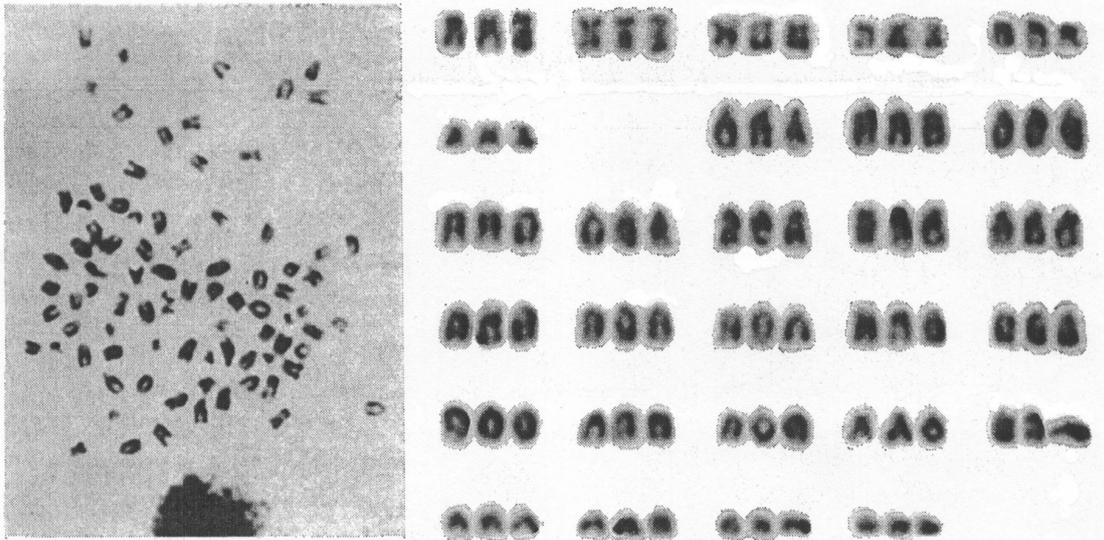


그림 4-1-3. 3배체 은어의 중기상과 핵형도.

3n=84(18개의 Metacentrics-submetacentrics과 66개의 subtelocentrics로 구성).

사람의 적혈구는 무핵인 반면 어류는 유핵으로서, 어류 혈액의 채혈 후 Slide 상에서 염색에 의해 적혈구 세포와 핵 크기를 현미경 하에서 측정할 수 있다. 적혈구의 세포, 적혈구 핵에서의 장경(Major axis)(a)과 단경(Minor axis)(b)을 사용하여 표면적($S=1/4ab\pi$) (Sezaki and Kobayashi, 1978)과 부피($v=4/3\pi(a/2)(b/2)^2$) (Lemoine and Smith, 1980)를 계산할 수 있다. 간단한 채혈후 어체를 죽이지 않고 간편하게 배수화 파악 강점이 있으나, Slide 혈액 도말시의 오차가 있을 수 있어 통계적으로 많은 계측이 요구되며, 오차가 큰 세포에서 보다는 핵에서의 계측이 더욱 정확하다(그림 4-1-4).

유동세포측정기(Flowcytometry)는 조직이나 적혈구를 사용하여 염색 종류에 따라 자외선 lamp나 laser lamp로 배수체를 파악한다. 발광된 형광을 자동적으로 측정하는 방법으로 수만개의 세포를 단시간에 측정할 수 있기 때문에 최근에 많이 이용되고 있다. 어체를 죽이지 않고 파악할 수 있으며 세포가 갖는 모자이크 개체도 간단히 검출할 수 있고 단위 세포당 정확한 DNA 함량을 측정할 수 있어, 반수체 판별법 중 가장 확실한 방법이다.

현미형광 측광법은 부유액에서는 안되고, 슬라이드글라스에 도말한 세포에 대해 각 세포의 형광량측정으로 부터 DNA의 상대치를 얻어 배수성을 판정한다. 과정이 약간 번거롭지만, 직접 세포를 관찰하면서 측정할 수 있는 잇점이 있다.

질산은($AgNO_3$)과 젤라틴을 사용하여 인형성부위(NORs: Nuclear organizer regions) 파악은 어체는 죽이지 않고도 아가미를 비롯한 일부 조직만 떼어내어 배수화를 파악할 수 있는 방법이다. 이 방법의 적용은 2배체에서 2개 이하의 인

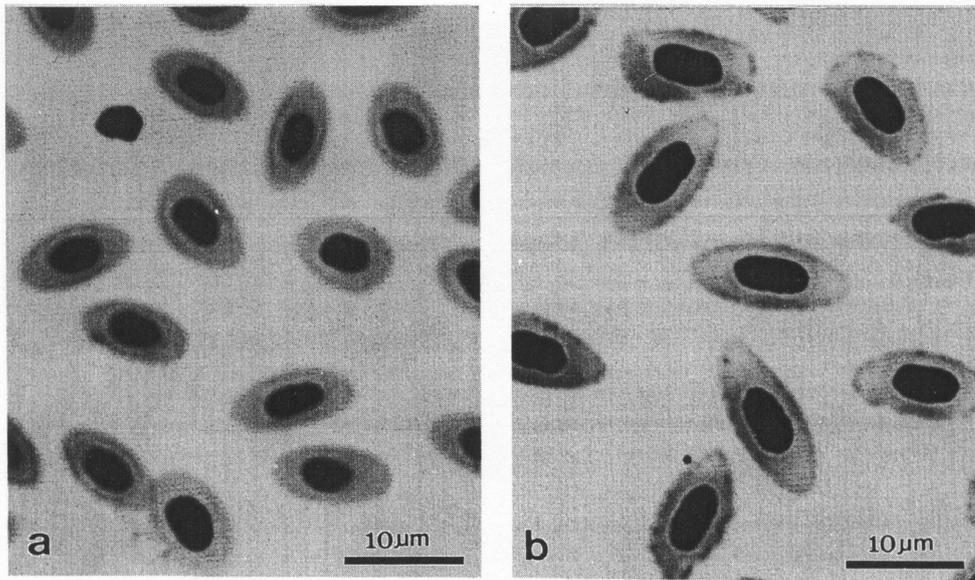


그림 4-1-4. 나일틸라피아의 적혈구 외형. a: 2배체; b: 3배체.

형성부위가 있는 경우 가능하며, 3배체와 4배체는 Slide 상 인형성부위의 중복 여부에 따라 각각 1개, 2개, 3개 및 1개, 2개, 3개, 4개의 인형성부위를 나타낸다.

3배체의 판정은 Allozyme 표현형에 의해서도 가능하다. 2배체에서는 2개의 대립유전자의 산물이 같은 양으로 발현하고, 대칭적인 표현형으로 되지만, 3배체에서 대립유전자의 양의 비율이 바뀐 경우는 유전자형에 따른 농도차를 관찰할 수 있다. 그러나 이형접합의 유전자좌가 표본중에 없으면 판정할 수 없어서 분석에 걸리는 노력도 적지 않다.

3) 3배체의 산업성

3배체 어류도 여타 동·식물과 마찬가지로 개체 크기가 증가하면 이에 비례하여 세포의 크기가 증가하나, 개체 발생과정에서 일반적으로 각 기관의 세포수를 감소시켜 세포크기 증가가 개체 크기에 영향을 주는 효과를 상쇄 시키므로, 염색체 조 증가에 따른 어류 3배체에서의 거대화(Giantism)는 불가능하다. 비록 어류 3배체에서 거대화는 일어나지 않지만 성숙시 3배체는 감수분열(Meiosis) 이상에 기인되어 불임을 보이고 있다(적어도, 3배체 암컷에서는 100% 불임을 보임). 이러한 3배체 어류의 생식시 불임은 어류 체중 30% 까지도 이르는 생식소 발달을 위한 체 에너지(Gonadosomatic index, 생식소중량지수)가 생식소로 전환되지 않고 체내에 그대로 유지되므로, 2배체에 비해 산란기에 성장, 육질 및 사료효율이 월등히 뛰어나다. 그림 4-1-5에서 나타난 바와 같이 산란기 은어에서 3배체는

2배체에 비해 복강두께가 두껍게 보이고 있다. 이것은 산란기 3배체 은어가 불임으로서 난소와 정소 형성 체내 에너지를 그대로 유지함을 시사한다.

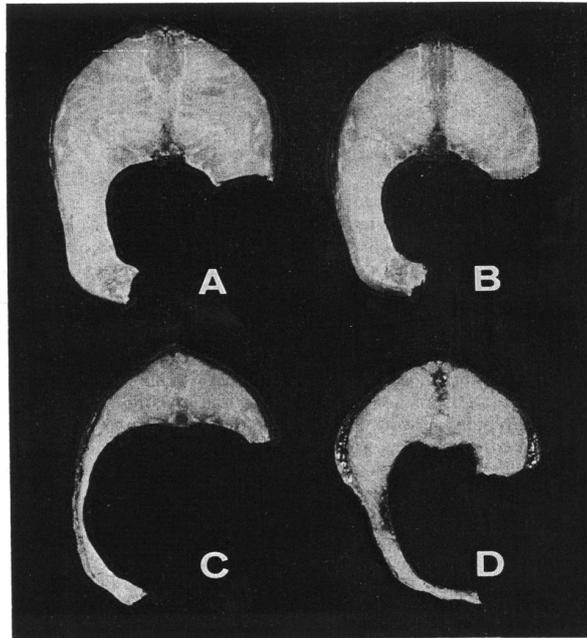


그림 4-1-5. 2배체 은어와 3배체 은어에서의 복강 중간부위에서의 횡단절단. A: 3배체 암컷, B: 3배체 수컷, C: 2배체 암컷, D: 2배체 수컷

틸라피아 3배체는 틸라피아의 과도한 생식을 막을 수 있으며, 수중 식생 조절용으로 사용되는 초어의 과도 생식에 따른 생태계 교란을 방지하기 위해서도 초어 3배체가 유도되고 있다. 차넬메기 3배체는 어체에 비해 머리 크기가 작아져 육질부비(Dressing %)가 증가 되기도 한다. 아울러 1회 산란후 죽는 은어 및 연어속 어류를 대상으로한 3배체는, 이들 어류의 불임화를 야기하므로 산란후 대량폐사를 방지하고 생명을 연장시킬수 있는 방안이다(그림 4-1-6).

굴의 경우 산란기에 심한 독성을 지녀 상품 가치가 하락하는 단점이 있어 불임성 배수체 유도와 그 실용화는 굴 양식산업에 획기적 전환을 가져오리라 기대되고 있다. 실제로 미국에서 참굴 3배체는 그 육질(Glycogen)과 맛으로 인해 산업화 되고 있고, 수산생물에서는 최초로 생명물질 특허를 취득한 바 있다. 3배체 화시 문제점은 앞서 언급한 바와 같이, 세포 크기는 커지나 세포수의 감소로 인하여 개체 크기 증가가 상쇄된다는 점 이외에도 세포주기(Cell cycle)의 지연, 물질대사 감소, 호흡능력 감소가 나타나며 3배체 자체의 유전적 불안정(mutation)으로 인하여 초기 생존율이 낮고, 초기(치어기에서 유어기까지)성장이 2배체의 성장 보다 다소 낮게 된다는 점이다.

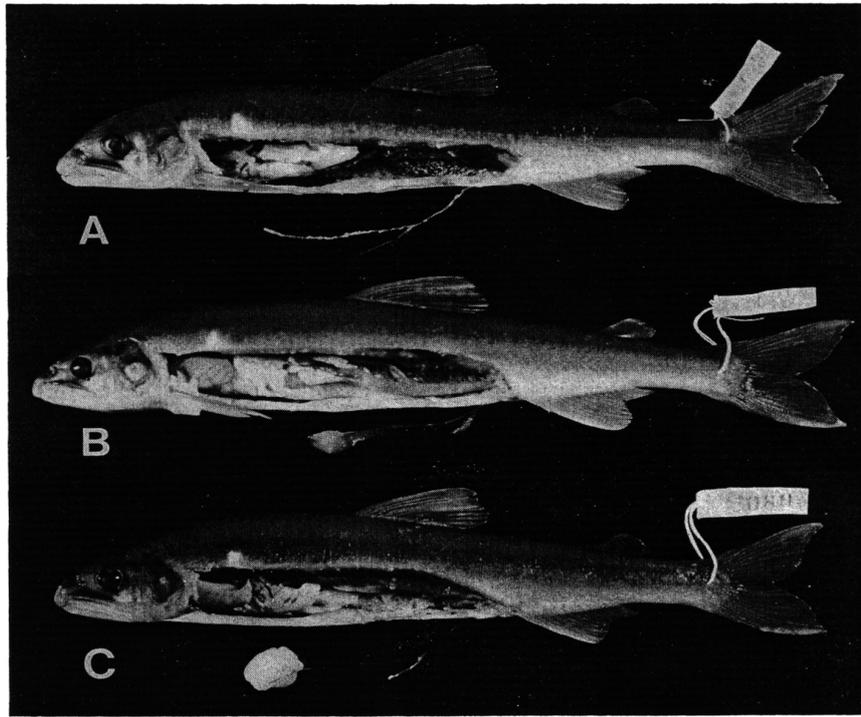


그림 4-1-6. 3배체 은어의 외형 및 생식소.

A, B: 난소; C:정소; 3배체 은어는 암·수 모두에서 생식소가 끈모양으로 불임을 보임.

3배체 유도는 적어도 최초 산란후 출하되는 어종을 대상으로 시도 되어야만 3배체 유도의 그 산업적 의미가 있으며(3배체 처리종 선택이 중요), 3배체는 온순(Shy)하여 가축화(Domestication), 순화에 유리하나, 2배체와 먹이경쟁에서 뒤떨어 지므로 3배체 생산율 즉, 3배체 유도율 \times (3배체 생존율 / 2배체 생존율)을 고려하여야 하며, 여기서 3배체 유도율은 최소한 90% 이상이 되어야 바람직하다.

다. 4배체(Tetraploid)

정상 정자의 침입 후 난에서는 감수분열의 완료와 함께 일련의 수정현상을 거쳐 자성(♀) 전핵과 응성(♂) 전핵이 융합되어 제 1난할이 일어나지만, 세포분열에 앞서 염색체가 복제되는 시기가 있다. 이때 감수분열 저지와 마찬가지로 처리를 하여 염색체를 배화시켜, 4배체를 유도하는 것이 가능하다. 배회된 염색체가 복제하여 분열을 일으키면, 4배체의 낭세포가 2개가 만들어져 거둬 발생을 진행하게 된다. 그러나 3배체와 비교하면 4배체의 유도는 아주 어렵고, 발생초기에 4배체를 확인한 예는 적지만 보고는 되어 있으며, 성체까지 사육하여 그 특

성을 해석한 예는 어류의 경우 송어류에 한정되어 있다. 이 밖에 차넬메기, 툴리피아에서 생존능력이 있는 4배체 유도가 보고 되었다(표 4-2-1).

표 4-2-1. 인위적으로 유도된 어류 4배체

종 명	처리방법	저 자(년도)
차넬메기	고온처리	Bidwell <i>et al.</i> (1985)
무지개송어	고온처리	Chourrout (1984)
무지개송어	수압처리	Chourrout (1986)
툴리피아	저온처리	Don & Avtalion (1989)

4배체 유도가 곤란한 이유는 처리 후 방추체의 재생, 체세포에서 미소관과 방추체 발달의 현저, 처리의 부작용에 의한 염색체의 손상, 세포질만의 분열에 의한 무핵세포의 출현으로 추측된다. 그러나, 소수에 불과하지만 4배체 성어를 유도한 예가 있으므로, 4배체 유도가 어렵긴 하나 이론적으로 뿐만 아니라, 실제적으로도 불가능한 것은 아니다. 일단 4배체가 얻어지면, 이들은 2n의 배우자를 형성하므로, 4배체 집단의 유지 · 증식은 물론, 2배체와의 교배에 의해 효율적으로 3배체를 유도할 수 있다.

패류의 경우도 4배체 유도는 어려우며, 굴에서는 제 1난할 처리에 의하여 얻어진 유생에서 4배체가 확인 되었지만, D형 유생 이후 생존하는 개체는 없었다. Guo and Allen는 2배체가 출산한 난의 크기에서는, 4배체는 대형화된 핵을 가지기 때문에, 충분한 세포수를 가진 유생으로 발생되지 않을 가능성을 생각하여 인위 3배체가 낮은 빈도로 생산하는 대형의 난에 주목하였다. 그래서 이러한 3배체의 난을 2배체의 정상 정자로 수정시킨 후, 제 1감수분열을 저지하여 생존성이 있는 4배체를 얻었다. 한편, Scarpa 등은 홍합에서 제 1, 제 2감수분열을 저지한 실험군 중에서 생존성의 4배체를 발견했다. 이론적으로는 이 두 감수분열을 저지하면, 5배체가 생기게 되지만, 5배체는 초기 유생에서 관찰되었다고 한다.

이상의 조작은 모두 동종 내의 동질배수체(Autopolyploid)의 유도지만, 어류에서는 종이 다른 이종간에도 교잡이 가능한 경우가 많다. 따라서 전술의 조작법에 의하여 종이 다른 이종에서 유래한 염색체를 포함한, 잡종 3배체, 4배체를 만드는 것이 가능하다. 이러한 종이 다른 이종에서 유래하는 비상동 염색체를 가지는 배수체를 이질배수체(Allopolyploid)라 총칭한다. 이들에서는 동질배수체와는 다른 효과가 기대된다.

라. 자성발생성 2배체(Gynogenetic diploid)

1) 자성발생성 2배체 유도기작

몇몇 동물에서 감수분열은 크게 변형되는데, 이런 종의 배우자는 이배체로서 발생을 위한 수정이 필요 없다. 이러한 발생을 처녀생식, 동정생식, 단성생식(Parthenogenesis)이라 부른다. 일부 초파리(*Drosophilla mangabeirai*)는 극체의 하나가 정자 역할을 하여 제2 감수분열 후에 난자와 수정한다. 어떤 곤충(*Moraba virgo*)과 파충류(*Cnemidophorus uniparens*)는 감수분열 전에 난원세포의 염색체 수를 배가하여 염색체의 반감에도 불구하고 난자에서는 이배체로 복구된다. 메뚜기(*Pycnoscelus surinamensis*)의 생식세포는 다 함께 감수분열을 생략하고 두 번의 체세포분열을 하여 이배체의 알을 생성한다. 이들 종은 전적으로 암컷만으로 구성된다. 한편 다른 종에서는 반수체 단성생식이 보편적으로 일어나 번식과 성결정의 수단으로 이용된다. 예를 들어, 꿀벌, 말벌 및 개미 등이 속하는 벌목에서 미수정란은 수컷으로 발생하며, 이배체인 수정란은 암컷이 된다. 반수체인 수컷은 제1 감수분열을 생략하고 제2 감수분열을 통해 두 개의 정자를 형성한다.

자성발생은 동정생식(Pathenogenesis)의 일종으로 정자는 난자와 수정(Fertilization)은 하지만 관통(Penetration)은 하지 않고, 단지 난을 활성화시켜 난을 발생하게 하는 생식기작이다. Gynogenetic의 접두사 Gyno는 암컷을 의미한다. 자성발생성 2배체를 유도하기 위해 우선 정자를 화학물질(Toluidine blue, Ethylene urea, Dimethylsulfate), 이온화 방사선(^{60}Co , ^{137}Cs 의 r-ray, x-ray) 및 자외선(Ultraviolet ray, UV-ray) 등으로 불활성화 시켜야 한다(그림 4-1-2). 1911년에 Hertwig는 개구리(*Rana fusca*) 정자에 r-선을 쬐어주어 발생시 생존율을 조사한 결과, 정자는 유전적으로 부분적 불활성시 보다는 완전히 불활성시 저항성이 있음을 발견하였다(Hertwig effect).

그림 4-3-1은 은어 자성발생성 2배체 유도시 정자 불활성을 위한 적정 자외선(UV) 농도 결정을 위한 실험 결과이다. 단위 자외선 농도를 시간(초)별로 정자에 쬐어, 각 농도별로의 정자를 수정시켰다. 그리고 발란 이후부터 부화전까지의 일 정시기에 생존율과 자외선을 쬐어 주어서 나타나는 여러가지 복합기형 반수체증후군(눈, 배체의 기형 및 난황 기형)을 조사하였다. 본 실험에서 자외선 농도 9000 erg 이상에서는 9000 erg 미만의 자외선 농도에 비해 생존율과 반수체증후군이 높게 나타나고 있다. 본 결과는 충분한 자외선 농도는 정자를 불활성화 시

킴과 동시에 생존율을 향상시켜, 자성발생성 2배체 유도를 위해 적절함을 보이고 있다.

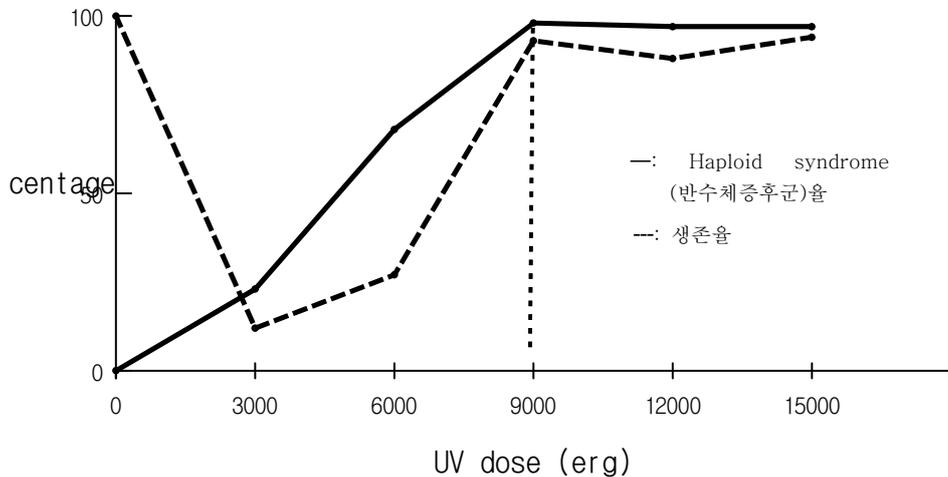


그림 4-3-1. 자외선 각 농도에서의 은어 정자에 의한 발안난 시기 (Eyed-stage)의 생존율과 반수체 증후군율.

이후 파악된 9000 erg 자외선으로 불활성화 시킨 정자를 사용하여 난에로의 자성발생을 시킨다. 이와같은 자성발생성 반수체는 유전물질 부족(n)으로 인하여 부화하지 못하고 죽어버린다. 이러한 점을 극복하기 위하여 자성발생성 2배체화를 시켜야 한다. 자성발생성 반수체의 유전물질 배가를 위하여 제 2극체 방출을 저지하거나, 제1 난할을 저지시킨다. 제2 극체 방출 저지, 제1 난할 저지와 더불어 패류에서는 제1 극체 방출 저지도 자성발생성 2배체 유도가 가능하다(그림 4-3-2).

극체 방출 저지와 제1 난할 저지에 사용되는 처리는 3배체 유도나 4배 유도시 사용되는 처리방법과 동일하다. 송어와 잉어 자성발생성 반수체인 경우 1% 이하 생존인 반면 자성발생성 2배체인 경우 송어는 30%의 생존율, 잉어는 10%~30%의 생존율을 보이고 있다. 극체 방출 저지 자성발생성 2배체는 감수분열 억제성 자성발생 2배체(Meiotic gynogenetic diploid), 제1 난할 저지형 자성발생성 2배체는 체세포분열 억제성 자성발생성 2배체(Mitotic gynogenetic diploid)라 명명된다. 표 4-3-1에는 인위적으로 유도된 양식 산업성 있는 종을 대상으로 한 자성발생성 2배체이다.

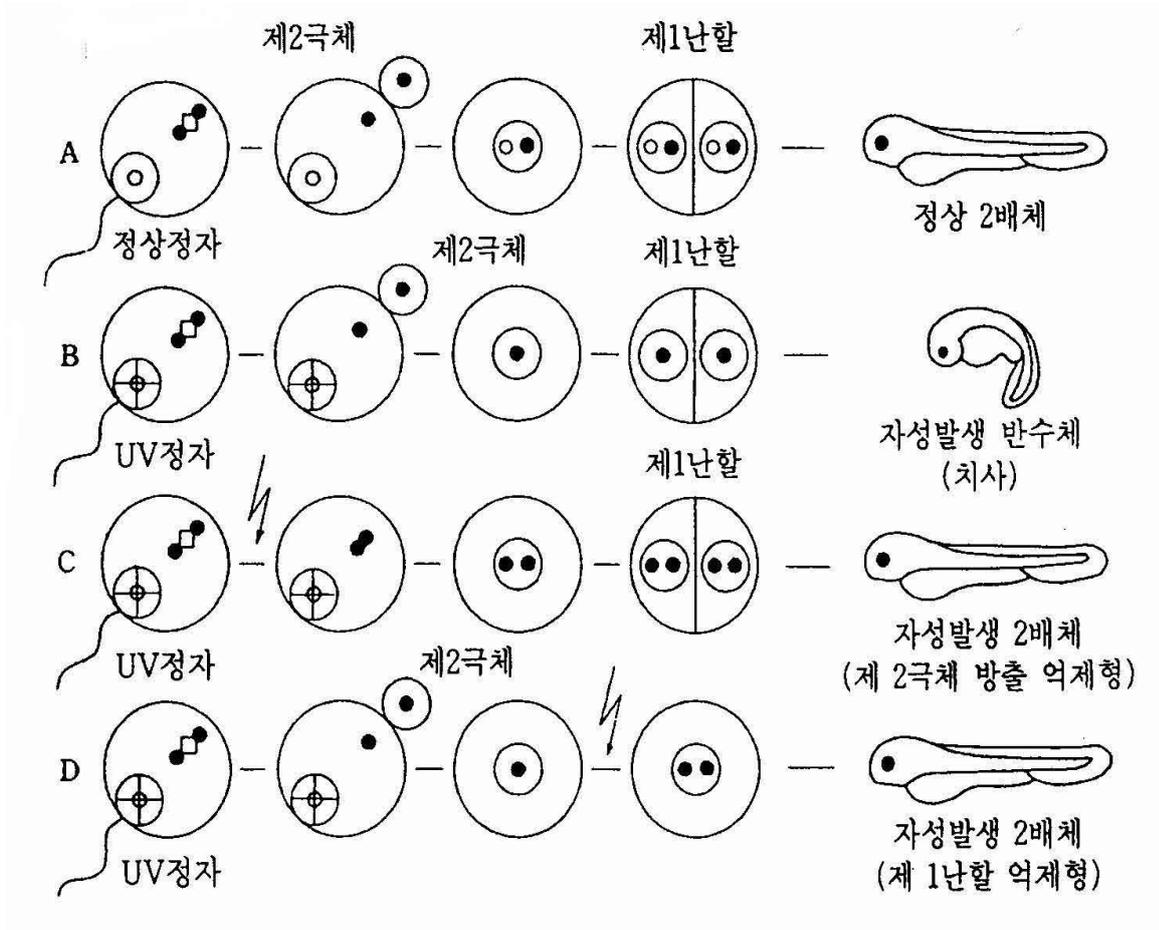


그림 4-3-2. 어패류에 있어서 자성발생 2배체 유도 원리.

A. 정상 2배체. B. 자성발생 반수체 치사. C. 제 2감수분열(제 2극체 방출) 저지형 자성발생 2배체. D. 제 1난할 저지형 자성발생 2배체. 검은 동그라미, 흰 동그라미는 각각 모계, 부계의 염색체 1세트를, 화살표는 배수화 처리시기를 나타냄.

현재까지 많은 어종에서 온도 또는 압력처리에 의해 제 2감수분열(제 2극체 방출) 저지형의 자성발생 2배체를 높은 빈도로 생산할 수 있게 되었다.

표 4-3-1. 인위적으로 유도된 어류의 자성발생 2배체

어종	정자의 유전적 불활성화	제 2극체 방출 저지			제 1난할 저지		
		처리	처리시간 (분)	처리시기 (수정후·분)	처리	처리시간 (분)	처리시기 (수정후·분)
무지개송어	UV(은연어 외)	고온 26℃	20	20	-	-	-
무지개송어	Υ선	고온 26℃	20	20	-	-	-
무지개송어	Υ선	압력500kg/cm ²	4	40	압력500kg/cm ²	3	350
무지개송어	UV	압력500kg/cm ²	10	40	압력580kg/cm ²	10	480
무지개송어	UV	고온 28℃	10	30-60	고온 28℃	10	270-300
무지개송어	UV	-	-	-	고온 30℃	9	180-240
무지개송어	UV	-	-	-	고온 31℃	5	180-240
무지개송어	UV	-	-	-	고온 32℃	4	180-240
무지개송어	UV	고온 26℃	20	20	고온 31.5℃	5	210
산천어	UV	압력650kg/cm ²	6	5	압력650kg/cm ²	6	270,300
왕연어	UV(무지개송어)	고온 25℃	20	8-24	-	-	-
곱사연어	UV	고온 26℃	20	-	-	-	-
Biwa trout	UV(무지개송어)	-	-	-	압력650kg/cm ²	6	330
바위송어	UV	압력700kg/cm ²	6	10-30	압력700kg/cm ²	6	270-300
바위송어	UV	고온 29℃	10	10-50	고온 29℃	10	270-300
은어	UV	저온 0-0.5℃	60	4-6	-	-	-
은어	UV	압력600kg/cm ²	6	6	압력700kg/cm ²	6	70,80,90
은어	UV(무지개송어)	고온 32.5℃	5	5	압력650kg/cm ²	6	80
잉어	Υ선	저온 0-4℃	60	5,15	-	-	-
잉어	UV	고온 0-0.5℃	60	2.5-12.5	-	-	-
잉어	UV	저온 0℃	45	1-2,7-9	-	-	-
잉어	UV	-	-	-	고온 40℃	2	28-30
미꾸리	UV(잉어)	저온 1℃	60	4,5	-	-	-
미꾸리	UV(잉어 외)	압력700kg/cm ²	1	5	압력800kg/cm ²	1	30,35
Zebra fish	UV	압력580kg/cm ²	4.5	1.5-6	압력580kg/cm ²	5.5	22.5
Medaka	UV	고온 41℃	3	2-3	고온 41℃	3	85-95
Medaka	UV	압력400kg/cm ²	10	2-3	압력700kg/cm ²	10	85-95
Minnow	UV	저온 0℃	40	7	-	-	-
나일틸라피아	UV	고온 41.1℃	3.5	5	고온 41.1℃	3.5	30-35
나일틸라피아	UV	-	-	-	압력630kg/cm ²	2	40-50
나일틸라피아	UV	-	-	-	고온 41℃	3.5	27.5-30
참돔	UV	고온 35℃	2.5	3	고온 35℃	2.5	50,55
자주복	UV	저온 0℃	45	5-30	-	-	-
문치가자미	UV	저온 -2℃	60	5	-	-	-
넙치	UV	저온 0℃	45	-	-	-	-
넙치	UV	-	-	-	압력650kg/cm ²	6	60
참전복	UV	저온 3℃	15	32	-	-	-
참굴	UV	CB 0.5µg/l	25	25	-	-	-

마찬가지 조작을 통해 전복에서도 자성발생 2배체의 유도에 성공했으며, 굴에서는 화학처리에 의하여 제 2감수분열 저지형의 자성발생 2배체가 얻어졌다. 제 1난할 저지에 의한 자성발생 2배체 유도도 비교적 많은 어류에 대하여 검토되었지만, 생존율은 현저하게 낮고, 성체까지 성장하는 개체는 극히 소수이다. 난할 저지형의 자성발생 2배체 유도가 곤란한 이유는, 4배체와 같은 양상으로 처리 자체의 문제와 함께 동형접합화에 의한 악성의 열성 유해 유전자의 발현을 생각

할 수 있다. 배수화 되지않은 반수체는 치사적이어서 자성발생 2배체 유도의 성공 여부는 일반적으로 정상적인 자치어의 반수체 증후군 출현에 의해 판정되지만, 이 확인에는 다른 종의 정자를 이용하는 것이 효과적이다. 예를 들면 미꾸리의 자성발생의 경우, 잡종은 반드시 치사되는 잉어 등의 정자를 사용하면, 자외선조사로부터 벗어난 정자가 있다고 할지라도 이러한 정자로부터의 수정란은 치사 잡종이 되어 제거할 수 있다. 또한 Albino 등의 색체에 관한 열성 형질도 좋은 표식이 된다. 이러한 방법을 사용할 수 없을 때는 동위효소 또는 핵 DNA Marker의 분석에 의해 부친의 유전적 관여의 유무를 검토할 필요가 있다.

2) 자성발생성 2배체의 산업성

자성발생성 2배체는 완벽한 자성생식에 의한 개체이므로 수컷의 유전인자가 완전히 제거된 모계 형질만을 지니게 되어 만약, 모계에 우수한 형질이 있다면 이를 짧은 세대에 고정할 수 있다. 뿐만 아니라 성결정이 암컷 동형접합형(Female homogamety)일 경우 이러한 방법으로 유도된 개체는 모두 암컷으로 단일성(Mono-sex)의 집단을 이루게 된다.

일반적으로 어류에서는 암컷이 수컷 보다 성장이 빠르므로, 청어, 연어, 대구, 철갑상어와 같이 알을 즐겨먹는 것들은 암컷에 대한 경제적 의미가 크다. 인공 부화와 병행시켜서 생각한다면 암컷 어류의 비율이 높은 것은 치어(종묘생산)의 수를 늘리는 데에도 바람직하다. 현재 우리나라에서 양식되고 있는 넙치나 무지개송어 등은 암컷이 성장이 빠르므로 이러한 자성발생기법에 의한 그 종묘생산이 기대된다. 외래 도입종이나 수계에 방류시 생태계 교란이 예상되는 종에서 불임화를 시키지 못할 경우 암컷 단성집단만을 생산하여 생식을 조절 할 수도 있다(초어). 어류의 성도 육상동물과 마찬가지로 1:1의 성염색체 조합으로 결정된다. 그러나 어류에서는 체외수정을 하며, 연어와 송어는 1,000~10,000개, 잉어는 20,000~500,000개의 알을 낳기 때문에 가축과 같은 방법으로 성을 조절할 수 없다. 그래서 개발된 것이 단위생식을 응용한 자성(암컷)발생 기술이다.

수컷 이형(XX 암컷-XY 수컷)의 성결정 기구를 가지는 종의 경우, 어떤 타입의 자성발생일지라도 Y 정자의 관여가 없었으므로 자식은 유전적으로 XX 암컷만 나타난다. 이것을 이용하여 우선 자성발생으로 유도된 XX 암컷을 옹성호르몬 처리로 성전환하여 생겨난 기능적 수컷(XX 수컷)을 다음 세대에서 정상 암컷(XX 암컷)과 교배하여 전암컷 집단을 유도한 사례가 많이 보고 되었다. 암컷 이형(ZW 암컷-ZZ 수컷) 어종의 제 1난할 저지형의 자성발생 2배체에서는 자식은

ZZ 수컷과 WW 암컷(Super female)으로 분리되어, WW가 치사하는 경우는 암컷만으로 된다. 또한 제 2감수분열 저지형 자성발생 2배체에서는 성염색체에 재조합이 있으면, ZW 암컷이 재조합으로서 나타난다.

어류의 경우 형태적으로 구별이 되는 성염색체를 가지는 종은 적기 때문에 성결정기구는 실험적으로 검토할 수 밖에 없지만, 무지개송어, 잉어, 미꾸리 등의 종에서는 자성발생 개체가 전부 암컷이 되기 때문에 수컷 이형으로 판명되었고, 일련의 실험에서 가시납자루는 암컷 이형으로 판명되었다. 또한 잉어에서는 자성발생 실험 결과, 동형접합인 XX 암컷에서 정소 형성을 유발하는 열성유전자 Mas-1의 존재가 확인되었다. 마찬가지로, 패류에 있어서도 자성발생으로 성결정기구를 판명한 예가 있다.

어류에서 성의 문제는 성염색체만으로 설명할 수 없는 경우가 많다. Zebra fish, 금붕어에서는 자성발생어류 중에서 수컷 출현율에 계통간의 차이 혹은 친어간의 차이가 나타난다. 또한 성분화 기간 동안의 수온이 성비에 영향을 미치는 것이 넙치, 금붕어, 미꾸리의 자성발생으로 밝혀졌다.

제2 감수분열기에 유도한 자성발생성 2배체는 순계(pure line)를 만들 수 있으며 제1 난할기에 유도한 자성발생성 2배체는 모두 유전적으로 완벽한 개체수준의 동형접합성클론(Homozygote clone)이 된다. 제1 난할 저지에 의한 동형접합성클론인 자성발생성 2배체는 유전학적으로 매우 중요한 의미를 지닌다. 즉 반수체가 체세포분열을 통해 2배체를 형성한 것이므로, 모든 염색체의 유전자좌위에서 동형접합자를 이뤄 결국 이들에서 얻은 난자로 자성발생성 2배체를 만들면 유전적으로 완벽한 복제 어패류의 생산이 가능하게 된다.

제 1난할 저지형의 자성발생 2배체에서는 모든 유전자좌가 동형접합이 되므로, 같은 모친에서 태어난 형제간의 변이는 크지만, 한 개체가 만든 배우자는 유전적으로 균일하다. 그러므로, 이 개체로부터 다음세대로 자성발생을 반복하면, 불과 2대에서 자식은 모친의 복사가 되고 형제는 유전적으로 동일한 클론이 된다. 완전동형접합체에서는 재조합이 일어나도 같은 유전자의 교환이 되기 때문에, 두 번째의 자성발생은 제 2감수분열 저지형으로도 클론 생산에 전혀 지장이 없다. 이와같은 기법으로 현재까지 Zebra fish, Medaka, 은어, 잉어, 넙치, Biwa trout 등에서 클론(Clone)이 생산되었다.

이와 같은 방법으로 생산한 클론은 완전 동형접합성을 가지기 때문에 호모클론(homo zygous clone, homo-clone)이라 하지만, 이들 중 일부개체를 인위적으로 성전환해서 유전적으로 다른 clone의 개체와 교배함으로써 이형접합의 헤테로클론(heterozygous clone, hetero-clone)을 만들수도 있다. 한편, homo클론 내

의 일부 개체를 성전환해 두면, 매년 염색체 조작을 하지 않아도, 성전환 수컷과 클론 암컷의 교배의 의해 효율적으로 클론집단의 유지하고 증식 할 수 있다. 넙치에서는 동일 클론의 암수를 산란용 수조 내에서 자연 산란시켜서 대량의 클론 종묘의 생산에 성공하였다.

클론 어류 생산의 성공 여부는 부모와 자식간, 형제간 조직이식 실험(거부반응의 존재 여부)으로 조직 접합성 유전자의 일치 여부에 따라 확인된다. 잉어에서는 지느러미, 은어 및 Biwa trout에서는 아가미덮개의 이식편의 수용 여부에 따라 클론성이 확인되었다. 또한 핵 DNA 중의 Minisatellite의 반복 회수의 다형성에 관해서 해석하는 DNA fingerprint법에 따라 클론성을 확인할 수 있다. 이 방법은 조직이식 실험과 비교하면, 간편하고 동시에 단시간에 결과를 얻을 수 있어 신뢰성이 높다. 그 외에 복수의 동위효소 유전자좌의 분석 및 복수의 Random primer를 이용한 RAPD (Random amplified polymorphic DNA)-PCR 법으로도 클론의 확인은 어느 정도 가능하다고 생각된다.

자성발생으로 얻어진 자성개체를 남성호르몬으로 성전환 시키면 X정자만을 생산하는 가짜수컷(Pseudo male, 위웅)이 된다. 이러한 가짜수컷을 암컷과 교배시켜 암컷만을 만드는 것도 가능하다. 또한 수컷을 여성호르몬으로 성전환 시키면 X난자, Y난자를 만드는 가짜암컷(Pseudo female, 위자)이 된다. 이러한 가짜암컷으로 부터의 난자를 자성발생 시키면 XX인 암컷과 YY인 초웅성이 1:1로 생산된다. 생산된 YY 초웅성으로 부터의 모두 Y정자와 정상 암컷인 XX 개체를 서로 교배시키면 모두 XY인 수컷이 생산된다. 틸라피아인 경우 수컷이 암컷에 비해 성장이 좋으므로, 성결정 기작이 XX-XY형(Female homogamety, 암컷 동형접합체-Male heterogamety, 수컷 이형접합체)인 틸라피아 종에서 이러한 방법 또한 유용하게 적용될 수 있다.

마. 웅성발생성 2배체(Androgenetic diploid)

1) 웅성발생성 2배체 유도기작

웅성발생성 2배체(Androgenetic diploid)에서 Androgenetic의 접두사 Andro는 수컷을 의미한다. 난핵을 완전히 파괴하여 난을 영양원만으로 한 정자 유래의 웅성핵 만의 발생을 웅성발생(Androgenesis)이라 한다. 웅성발생을 유도하기 위해서는 핵을 파괴한 난과 정상 정자를 수정시킬 필요가 있다. 난핵의 불활성화에는 Y선, X선이 사용되며, 선량과 발생률 간에는 자성발생과 마찬가지로

Hertwig 효과가 나타난다. 어중에 따라 최적 조사량이 다른 경향이 나타나는데, 이는 난질의 차이라고도 생각되지만, 분명한 것은 하나도 밝혀지지 않았다. 알 크기가 작은 납자루, 잉어, 미꾸리에서는 자외선 조사에 의한 웅성발생이 성공적으로 유도 되었다는 보고가 있다. 웅성발생 2배체의 유도는 제 1난할 저지방방법이 이용되지만, 일반적으로 유도율은 매우 낮다. 그밖에 2개의 정자를 융합시켜, 2배체 정자를 자외선이 조사된 난과 수정시키는 방법, 4배체 어류에서 얻어진 2배체 정자와 자외선이 조사된 난을 수정시키는 방법이 보고되어 있다. 현재까지 인위적으로 유도된 웅성발생성 2배체는 2% 미만의 낮은 부화율을 보이고 있다.

2) 웅성발생성 2배체의 산업성

제 1난할을 저지하여 유도한 웅성발생성 2배체는 완전 동형접합이 된다. 따라서 이들의 성숙한 후에 수컷으로 웅성발생 2배체 유도를 반복하거나 암컷으로 자성발생 2배체를 유도하면 클론이 얻어진다. 웅성발생 제 2세대는 무지개송어, Biwa trout, 잉어에서 보고되었다. 수컷 이형의 어류의 웅성발생 2배체에서는 이론적으로는 XX 암컷과 YY 수컷(Super male)이 1:1의 비로 분리된다. 따라서 YY 수컷을 정상적인 XX 암컷과 교배하면, 다음 세대에서는 전 수컷 집단을 만들 수 있을 것이지만, 실제로는 소수의 암컷이 출현하기도 하고, 전암컷이 되는 경우가 알려져 있으나, 그 이유는 현재까지 밝혀지지 않았다. 웅성발생성 2배체 유도 기법을 정자동결보존 기법과 병행 사용시 산란수가 적은 어종의 산란수 증가 방편이 될수 있으며, 멸종된 종의 부활 즉, 종보존 및 유전자 은행(Gene bank) 기능도 할 수 있다(그림 4-4-1).

다른 종의 난을 자외선으로 조사하여, 웅성발생을 유도할 수 있으나 이 경우, 세포질은 다른 종에서 유래하였기 때문에 핵-세포질 잡종이 된다. 연어과, 미꾸리과에서는 다른 속의 종으로 부터 난을 얻어 웅성발생 유도가 가능한 것으로 나타났다. Y선을 조사한 산천어 난에 Biwa trout의 정자를 수정시킨 후, 배수화시킨 것으로 산천어의 난에서 발생한 부친인 Biwa trout의 형질을 갖춘 이종간의 핵-세포질 잡종의 생산을 보고했다. 이와같은 개체는 발생에 있어서 핵-세포질 상호효과와 함께 핵외 유전자(미토콘드리아 DNA)의 기능 해명을 위한 실험계통으로서 이용할 수 있다.

염색체조작은 원리가 간단하고, 또한 실험시 고도의 기계시설을 필요로 하지 않기 때문에, 대부분의 어패류를 대상으로 연구가 진행되어, 현재까지는 일부 어종에서는 불임 3배체, 자성발생 클론, 전암컷 집단 등, 원래 목적으로 한 성과

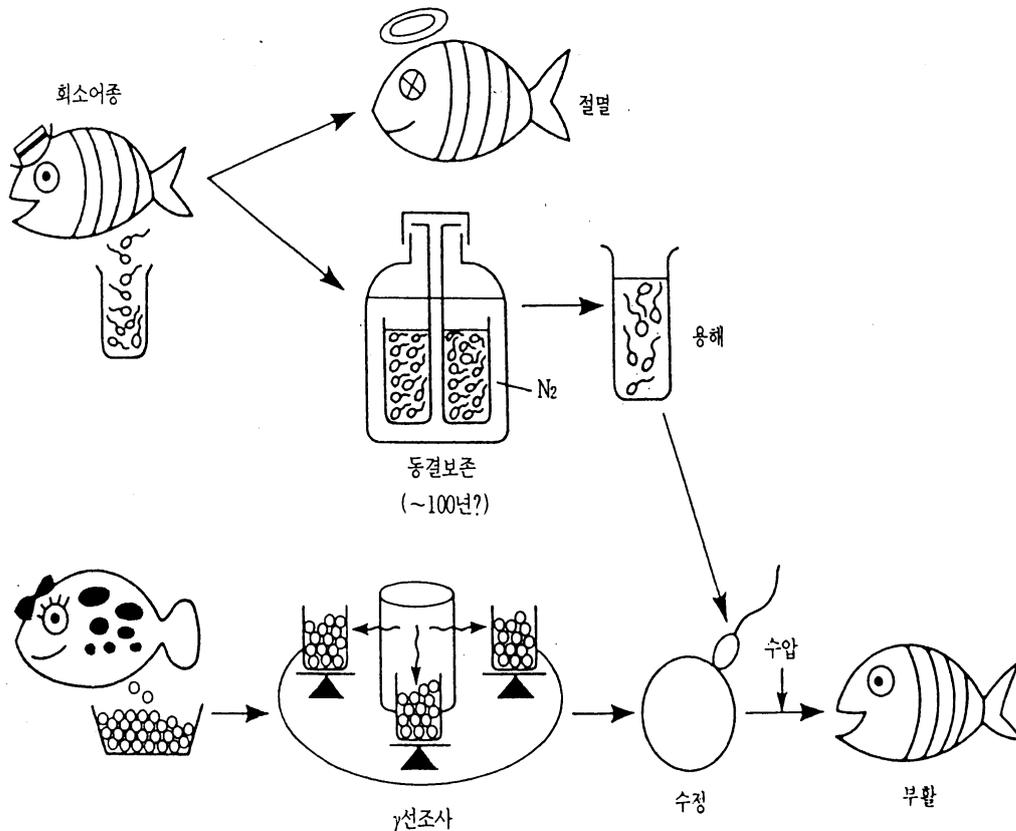


그림 4-4-1. 음성발생성 2배체 유도 기법과 정자동결보존 기법을 병행사용시 종보존 및 유전자 은행 기능.

가 얻어졌다. 염색체조작은 이미 고전이 된 것 같은 인상도 있지만, 그 유효성, 응용성은 매우 크다. 앞으로 염색체조작에 의해 생산되는 소재는, 분자유전학뿐만 아니라, 유전학 각 분야의 실험계통 혹은 문제 그 자체로서 연구되어, 기술 자체도 다른 기법과 병행하여 새롭게 전개될 것으로 예상된다.

현재 염색체조작 등의 수산·증양식에 응용이 계속 실현되고 있지만, 이러한 GMO(Genetically modified organisms, 유전자변형 생물)는 앞으로 일정한 법적 제도 안에서의 이용이 요구된다.

5. 참고문헌

- 김경길, 김윤, 남윤권, 김동수. 1993. 범가자미에 대한 유전학적 동정. 한국양식학회지, 6(3): 221-233.
- 김경길, 방인철, 김윤. 1996. 넙치 전암컷 집단 생산을 위한 연구. IV. 성분화 기간중 수온에 의한 성 결정. 한국양식학회지, 9(4): 429-435.
- 김동수, 정성채, 박승렬, 이종관. 1988a. 넙치에 대한 세포유전학적 및 유전생화학적 연구. 수진연구보고 42: 135-142.
- 김동수, 박인석. 1990a. 양식 틸라피아에 대한 유전학적 동정. 한국양식학회지, 3(1): 31-37.
- 김동수, 남윤권. 1993a. 어류의 유전육종과 산업에의 응용에 관하여. 제주대 해양연보, 17 : 129-136.
- 김동수, 노충환, 남윤권. 1993b. 4배체 미꾸리(*Misgurnus anguillicaudatus*) 유도. 한국양식학회지, 6(1): 55-62.
- 김동수, 정창화, 이영돈, 노섭. 1994a. 3배체 넙치(*Paralichthys olivaceus*)의 유도에 관한 연구. 한국양식학회지, 7(1): 55-61.
- 김동수, 문영봉, 정창화, 김봉석, 이영돈. 1994c. 전암컷 2배체 및 3배체 넙치(*Paralichthys olivaceus*)의 생산. 한국양식학회지, 7(3): 159-164.
- 김봉석, 문영봉, 정창화, 김동수, 이영돈. 1994. 유도된 자성발생성 2배체 숫컷 넙치(*Paralichthys olivaceus*)의 생식능력 평가. 한국양식학회지, 7(3): 151-158.
- 김봉석, 안철민, 김동수. 1995. 2배체와 3배체 미꾸라지(*Misgurnus mizolepis*)의 생식소 발달. 한국양식학회지, 8(4): 327-341.
- 김 윤, 김경길, 방인철, 이종관. 1993. 넙치 전 암컷 집단의 생산을 위한 연구. I. 자성발생성 이배체 유도 및 성장. 한국양식학회지, 6(4): 285-293.
- 김응오, 이종윤, 남윤권, 노재구, 이상윤, 김동수. 2002. 자연산 3배체 붕어(*Carassius auratus*) 클론 집단에 대한 유전학적 동정. 한국수산학회지, 35(6): 589-594.
- 남윤권, 김철근, 김동수. 1997. 외래 유전자가 이식된 동형접합성 미꾸라지 생산. II. pFV4CAT이 이식된 F0 생산. 한국양식학회지, 10(1): 33-37.
- 남윤권, 노충환, 김동수. 2006a. 미꾸라지(*Misgurnus mizolepis*)의 웅성발생성 처

- 녀생식. I. 형질전환 유전자 표지를 이용한 웅성발생성 반수체 유도
의 최적화. 한국양식학회지, 19(3): 166-172.
- 남윤권, 노충환, 김동수. 2006b. 미꾸라지(*Misgurnus mizolepis*)의 웅성발생성 처
녀생식. II. 웅성발생성 2배체 유도 및 생존능력 평가. 한국양식학회지,
19 (4): 281-287.
- 박미선, 임현정, 이태식, 1999. 참굴(*Crassostrea gigas*) 3배체의 생물, 화학적 특
성. 수진연구보고, 55 : 31-40.
- 박상용, 이윤아, 남윤권, 방인철. 2007. 대농갱이 *Leiocassis ussuriensis* (Siluri-
formes) 자성발생성 이배체 생산. I. 자성발생성 이배체 유도 처리 조건의
최적화. 한국양식학회지, 20(3): 184-189.
- 박인석, 김형배. 1994. 3배체 산천어 (*Oncorhynchus masou*) 유도. 한국양식학회
지, 7 (4): 207-223.
- 박인석, 김병기, 김종만, 최경철, 김동수. 1996. 무지개송어(*Oncorhynchus*
mykiss)와 은연어(*O. kisutch*)간의 잡종 및 잡종 3배체 생산. 한국양식학
회지, 9 (2): 133-140.
- 박인석, 최경철, 김동수. 1997. 무지개송어, *Oncorhynchus mykiss*와 산천어, *O.*
masou 간의 잡종 및 잡종 3배체 생산. II. 성비 및 계측. 한국양식학회
지, 10(1): 49-54.
- 박인석, 임재현, 방인철, 노충환. 2000. 체세포분열 억제성 자성발생 2배체 메기,
Silurus asotus 유도. 한국양식학회지, 13(4): 359-362.
- 유명숙, 이정미, 김일봉, 1990. 참굴의 3배체 생산에 관한 연구. 수진연구보고, 44
: 127-136.
- 정창화, 안재현, 김봉석, 김동수. 1995. 염색체 조작에 의한 전 암컷 3배체 무지
개송어 조기난의 대량생산. 한국양식학회지, 8(2): 141-148.
- 정창화, 문영봉, 박인석, 김동수. 1996. 자성발생성 2배체 넙치의 제2세대 생산.
한국양식학회지, 9(3): 287-291.
- 지영주, 장영진. 1995. 참전복, *Haliotis discus hannai*의 3배체 유도와 생물학적
특성에 관한 연구. I. 3배체 유도. 한국양식학회지, 8(3): 159-170.
- 지영주, 장영진. 1997. 참전복, *Haliotis discus hannai*의 3배체 유도와 생물학적
특성에 관한 연구. III. 3배체 성장. 한국양식학회지, 10(2): 123-131.
- Kim, D.S., I.B. Kim and Y.G. Baik, 1988. Early growth and gonadal
development of triploid rainbow trout, *Salmo gairdneri*. J. Aquat., 1:

41-51.

Kim, D.S., G.C. Choi and J.Y. Jo, 1990. Induced triploid in channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Teleostomi: Siluriformes). Korean J. Genetics, 12(3) : 229-235.

Kim, D.S., Y.Y. Jo and T.Y. Lee, 1994. Induction of triploidy in mud loach (*Misgurnus mizolepis*) and its effect on gonad development and growth. Aquaculture, 120 (3-4): 263-270.

Lincoln, R. and V. Bye, 1984. Triploid rainbows show commercial potential. Fish Farm., 7 : 22-26.

4. 치어 및 패류의 수출의 제한 또는 금지

[시행 2013.1.4] [농림수산식품부고시 제2013-1호, 2013.1.4, 일부개정]

농림수산식품부(양식산업과), 044-201-2743

제1조(목적) 이 고시는 수산자원관리법 제35조제1항제4호의 규정에 따라 치어 및 치패의 수출의 제한 또는 금지하여 국내 수산자원의 번식보호와 양식어업의 진흥을 도모함을 목적으로 한다.

제2조(제한대상) ① 다음 각호의 어느 하나에 해당하는 체장 또는 각장이하의 산 것은 수출하지 못한다.

1. 방어 20센티미터
2. 농어 20센티미터
3. 쥐노래미 20센티미터
4. 볼락 15센티미터
5. 능성어 10센티미터
6. 고막 2센티미터

② 다음 각호의 어느 하나에 해당하는 기간 중 해당 체중의 뱀장어 산 것은 수출하지 못한다.

1. 1월1일부터 6월30일까지 : 100그램이하
2. 7월1일부터12월31일까지 : 4그램이상부터 100그램이하

제3조(제한 제외대상) ①제2조제1항 및 제2항의 규정에 불구하고 인공부화생산한 치어와 양식종묘의 특성상 수출이 필요한 치어 및 치패는 수산자원관리법 시행령 제18조의 규정에 의거 국립수산과학원장의 승인을 받아 수출할 수 있다.

②제2조제2항에서 규정하지 않은 뱀장어의 수출에 대하여 농림수산식품부장관이 수출요건 확인이 필요하다고 인정하는 때에는 별도 지정하는 기관, 단체 또는 양만수산업협동조합장으로 하여금 이를 확인토록 할 수 있으며, 수출자는 확인에 응하여야 한다.

부칙 <제2013-1호, 2013.1.4>

제1조(시행일) 이 고시는 공포한 날로부터 시행한다.

제2조(재검토기한) 이 고시는 2016년 1월 3일까지 “「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」(대통령훈령 제248호)” 제7조제3항제2호에 따라 재검토되어야 한다.

5. 수출입 수산생물 지정검역물의 검역방법 및 기준 등에 관한 고시

농림수산물검역검사본부 고시 제2012-157호

「수산물질병 관리법 시행규칙」 제29조에 따라 「수출입 지정검역물의 검역방법 및 기준 등에 관한 고시」(농림수산물검역검사본부 고시 제2012-117호)을 다음과 같이 개정 고시합니다.

2012년 10월 4일

농림수산물검역검사본부장

수출입 수산생물 지정검역물의 검역방법 및 기준 등에 관한 고시

- 제정 2009. 2. 2 국립수산물품질검사원 고시 제2009-1호
- 개정 2009. 3. 2 국립수산물품질검사원 고시 제2009-4호
- 개정 2010. 9. 9 국립수산물품질검사원 고시 제2010-2호
- 개정 2011. 6. 15 농림수산물검역검사본부 고시 제2011-92호
- 개정 2011. 9. 29 농림수산물검역검사본부 고시 제2011-106호
- 개정 2012. 3. 26 농림수산물검역검사본부 고시 제2012-117호
- 개정 2012. 10. 04 농림수산물검역검사본부 고시 제2012-157호

제1조(목적) 이 고시는 「수산물질병 관리법 시행규칙」(이하 “시행규칙”이라 한다) 제29조에 따라 수출입 지정검역물의 검역방법 및 기준 등에 관하여 필요한 세부사항을 규정함을 목적으로 한다.

제2조(정의) 이 고시에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.

1. 삭제<2011.9.29>
2. 삭제<2011.9.29>
3. 삭제<2011.9.29>
4. “여행자 휴대품 검역”이란 여행자가 입국시 휴대하여 반입하는 지정검역물(이 식용 수산생물은 제외한다)에 대하여 검역하는 것을 말한다.

5. “유해물질”이란 인체의 건강을 해치거나 해칠 우려가 있는 것을 말한다.

6. “이식용 수산생물”이란 「수산자원관리법 시행규칙」 제18조제2항에 따라 이식 승인을 받은 수산생물을 말한다.<신설 2011.9.29, 개정 2012.10.04>

제3조(서류검사 및 그 대상) 서류검사란 신청서류 등을 검토하여 그 적합여부를 판단하는 검사를 말하며, 다음의 지정검역물을 대상으로 한다.<개정, 2011.9.29>

1. 시행규칙 제26조제5항에 따라 수입허가를 받은 지정검역물<개정, 2011.9.29>
2. 삭제<2010.9.9>
3. 「수산생물질병 관리법」(이하 “법”이라 한다) 제26조에 따른 수출국 정부기관이 발행한 검역증명서를 첨부한 관상용, 시험·연구조사용 지정검역물 중 최근 2년간 연 10회 이상 정밀검사 결과 불합격 발생이 없어 농림수산검역검사본부장(이하 “본부장”이라 한다)이 공고한 국가에서 수입하는 지정검역물 <개정, 2011.9.29>

제4조(임상검사 및 그 대상) 임상검사란 검역물의 유형·행동, 외부 및 해부학적 소견을 종합하여 그 적합여부를 판단하는 검사로서 서류검사를 포함하며, 다음의 지정검역물을 대상으로 한다.<개정, 2011.9.29>

1. 법 제26조에 따른 수출국 정부기관이 발행한 검역증명서를 첨부한 이식용 지정검역물 중 최근 2년간 연 10회 이상 정밀검사 결과 불합격 발생이 없어 본부장이 공고한 국가에서 수입하는 지정검역물
2. 시행규칙 제28조제1항제5호 및 제9호에 해당하는 지정검역물. 다만, 이식용 지정검역물로서 제9호에 해당하는 경우에는 제외한다.
3. 시행규칙 제31조에 따라 여행자가 신고한 휴대 지정검역물
4. 시행규칙 제32조제4항에 따라 파견검역 증명서를 첨부한 지정검역물
5. 정밀검사 대상으로 지정되지 아니한 지정검역물<개정, 2011.9.29>

제5조(정밀검사 대상 및 방법) ① 정밀검사란 병리조직학·분자생물학·혈청학 및 생화학적 분석방법 등에 따라 실시하는 검사로서 서류검사와 임상검사를 포함하며, 다음의 지정검역물을 대상으로 한다.<개정, 2011.9.29>

1. 최초로 수입하는 수출국·품종(학명)·생산시설의 지정검역물. 다만, 제3조제1호의 서류검사 대상 지정검역물은 제외한다.

2. 정밀검사 결과 불합격 처분을 받은 후 수입검역 신청횟수를 기준으로 5회까지 재수입되는 동일국·동일품종(학명)·동일 생산시설의 지정검역물
3. 이식용으로 수입하는 지정검역물
4. 임상검사 결과 이상 징후가 나타나는 지정검역물<개정, 2011.9.29>
5. 법 제26조제1항 단서에 따라 수산생물 검역을 담당하는 정부기관이 없는 국가를 본부장이 정하여 공고한 국가에서 수입하는 지정검역물
6. 제3호부터 제5호까지에 해당되지 아니한 지정검역물 중 무작위로 선정한 지정검역물
7. 제3조제3호 및 제4조제1호에 해당하는 지정검역물 중 무작위로 선정한 지정검역물
8. 이식용으로 수입하는 지정검역물 중 유해물질 검사가 필요하다고 판단되는 지정검역물
9. 수출국에서 수산생물전염병이 발생하여 긴급하게 검역강화가 필요하다고 판단되는 지정검역물<신설, 2011.9.29>

② 제1항제1호부터 제5호의 지정검역물은 매건 정밀검사를 실시하고, 제6호부터 제9호까지의 지정검역물은 본부장이 수립하는 정밀검사 계획에 따라 정밀검사를 실시하여야 한다. 이 경우 국내외 질병발생 동향 및 방역상황, 검역인력 및 장비 등을 고려하여 다르게 실시할 수 있다.<개정, 2011.9.29>

제5조의2(검사방법의 전환) ① 제3조제3호에 따른 서류검사 대상 중 무작위 정밀검사 결과 불합격 판정을 받은 때에는 판정을 받은 날부터 임상검사를 실시하여야 한다.

② 제4조제1호에 따른 임상검사 대상 중 무작위 정밀검사 결과 불합격 판정을 받은 때에는 판정을 받은 날부터 제5조제2항 전단에 따라 매건 정밀검사를 실시하여야 한다.

제6조(검역방법 및 기준 등) 지정검역물의 검역방법, 기준 및 이식용 수산생물의 확인방법 등은 별표와 같다. 다만, 수출 지정검역물의 경우 상대국이 별도의 검역기준을 요구하는 때에는 그 기준에 따라 검역을 실시할 수 있다.<개정, 2011.9.29>

제6조의2(불합격품의 처분 등) ① 지역본부장 또는 사무소장은 검사결과 법 제25조제1항의 수입금지물건 및 법 제34조제1항에 따른 불합격품에 대하여는

별지 제4호서식의 불합격 통보(보고)서를 검역신청인·관할세관장·국립수산물과학원장(이하 “과학원장”이라 한다) 및 수입대행사와 보관업소 등에 지체없이 통보하고 본부장에게 보고하여야 한다.

② 검역관(검역관리인 포함)은 불합격품에 대하여 별지 제5호서식인 불합격품의 표시를 부착한 후 반송 또는 폐기 시까지 이동금지 등의 조치를 취하여야 한다.<신설, 2011.9.29>

제6조의3(검역 결과보고서의 작성) 검역관은 검역을 집행한 때에는 별지 제6호서식의 검역결과보고서 및 별지 제7호서식의 질병검사 기록부를 작성하여 전산기록·관리하여야 한다.

제7조(검역증명서 발급기관 인정범위) ①시행규칙 제30조제1항제2호의 검역증명서는 다음 각 호의 어느 하나에 해당되는 기관에서 발급하는 것이어야 한다.

1. 수출국의 중앙정부(연방정부를 포함한다) 수산물 검역기관
2. 중앙정부에서 인정하는 수산물 검역기관

②제1항의 검역증명서에는 지정검역물의 품종을 확인할 수 있는 학명이 기재되어야 한다.

③제1항에 따른 수출국 검역증명서가 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 때에는 유효한 검역증명서로 인정할 수 있다.

1. 검역증명서에 기재된 수량이 잘못 기재되어 수입자가 제1항의 수출국 검역증명서 발행기관으로부터 실제 수입량과 동일한 수량이 기재된 검역증명서를 다시 발급받아 제출하는 경우
2. 하나의 검역증명서로 증명된 화물이 하나의 운송수단으로 수송되어 2개 이상의 항구 또는 공항으로 분할 하역되는 경우
3. 선적일 이후에 발급된 검역증명서 중 선적 이전에 검사하였다는 사실이 검역증명서에 기재되어 있거나 수출국의 검역기관이나 대사관 등 국가기관에서 선적 이전에 검사하였다는 사실이 서면으로 통보된 경우

④ 검역증명서에 기재된 내용이 명확하게 확인되지 아니하는 경우 한국어 또는 영어로 번역하여 제출하게 할 수 있다.

제8조(검역관 지명) 시행규칙 제30조 및 제34조에 따라 검역신청서를 접수한 농림수산물검역검사본부 지역본부장 또는 사무소장은 수산물검역관(이하 “검역관”이라 한다)을 지명하여 검역을 실시하여야 한다.

제9조(여행자 휴대품 검역) ① 삭제<2010.9.9>

② 시행규칙 제31조에 따른 여행자 휴대 지정검역물은 임상검사를 실시하여야 하며, 임상검사 결과 이상이 없는 때에는 시행규칙 별표4의 여행자 휴대품인 지정검역물 검역결과표지를 휴대 지정검역물에 붙여서 내주어야 하며, 검사결과를 별지 제2호서식의 여행자 휴대품 수산생물 검역관리대장에 전산기록·관리하여야 한다.

③ 제2항에 따른 임상검사 결과 이상 징후가 발견된 때에는 여행자 휴대품을 신고한 자(이하 “휴대자”라 한다)에게 별지 제1호서식의 정밀검사·반송 대상 여행자 휴대품 운송증 서식(보관용, 여행자용, 검역장소 제출용)을 내주고 정밀검사를 하기 위하여 검역시행장 또는 검역시행장 외의 검역장소(이하 “검역장소”라 한다)로 운송하게 하여 보관하도록 하여야 한다.

④ 검역관은 제3항에 따른 조치한 결과를 별지 제2호서식의 여행자 휴대품 수산생물 검역 관리대장에 기록하고 전산관리하여야 한다.

제10조(자가소비용 범위) 시행규칙 제31조의 규정에 따라 검역증명서 첨부를 면제하는 여행자 휴대 자가소비용은 총중량 5킬로그램 이하이고 해외 총 취득 가격 10만원 이하로 한다.

제11조(여행자 휴대품 처분) ① 검역관은 여행자가 휴대한 수산생물이 다음 각호의 어느 하나에 해당하는 경우 반송하거나 소각 또는 매몰 등을 하도록 구두로 명령하고 명령을 받은 자는 이에 따라야 한다.

1. 여행자가 신고를 하지 아니한 휴대 지정검역물을 검색과정에서 발견한 때
2. 법 제24조제1항에 해당하는 경우
3. 법 제34조제1항에 해당하는 경우
4. 이식용 또는 이식용 지정검역물로 추정되는 경우
5. 품명 확인이 곤란하여 여행자에게 관련 자료를 요구하였으나 제출하지 못할 경우
6. 여행자가 자가 휴대품을 반송하거나 폐기를 희망할 경우

② 제1항에 따라 처분명령을 받은 자는 명령을 받은 날부터 15일 이내에 방역 또는 공중위생상 위해가 없는 방법으로 반송하거나 소각 또는 매몰 등을 하여야 하며, 제1항제6호 여행자 희망에 따른 처분의 경우 별지 제2호서식 여행자 휴대품 수산생물검역 관리대장에 여행자 동의서명하여 기록·관리하여야 한다.

③ 휴대자가 반송을 희망한 때에는 휴대자에게 별지 제3호서식의 반송대상 수산생물 여행자 휴대품 확인증을 내주어야 한다. 다만, 휴대자가 즉시 반송하기 어려워 검역장소에 보관을 희망하는 경우 별지 제1호서식의 정밀검사·반송 대상 여행자 휴대품 운송증(보관용, 여행자용, 검역장소 제출용)을 내주고 검역장소로 운송하게 하여야 한다.

④ 제2항 및 제3항에 따라 발생하는 보관료와 반송, 소각·매몰 또는 운반 등에 따른 비용은 휴대자가 부담한다. 다만, 자가소비용 범위에 해당하는 경우 등 검역관이 부득이하게 처리하는 때에는 그 비용을 국고부담으로 한다.

부 칙 (2009. 2. 2)

제1조(시행일) 이 고시는 2009년 2월 24일부터 시행한다. 다만, 지정검역물중 이 식용은 2009년 2월 2일부터 시행한다.

제2조(경과조치) 종전의 국립수산물품질검사원고시 제2007-2호(2007.10. 10) 「이 식용 수입수산물 임상검사 대상 국가 및 품종고시」에서 정한 대상국가 및 품종은 제4조제1호에 따른 지정검역물로 본다.

제3조(다른 고시의 개정) ①수산물·수산가공품 검사기준 및 이식용수산물 검역기준 고시 일부를 다음과 같이 개정한다.

“수산물·수산가공품 검사기준 및 이식용수산물 검역기준”을 “수산물·수산가공품 검사기준”으로, 제1조 “이식용수산물”을 “이식용수산식물”로 하고, 제5조를 삭제한다.

② 이 고시 시행과 함께 다음 각 호의 국립수산물품질검사원 고시는 2009년 2월 2일부터 폐지한다.

1. 「이식용수입수산물원산지증명서제출면제대상국가및품종고시」
2. 「이식용 수입수산물 임상검사 대상 국가 및 품종고시」

부 칙 (2009. 3. 2)

이 고시는 고시한 날부터 시행한다.

부 칙 (2010. 9. 9)

제1조(시행일) 이 고시는 고시한 날부터 시행한다. 다만, 제3조제3호, 제4조제1호

및 제5조제1항제6호의 개정규정과 별표의 3. 지정검역물에 대한 수산동물전염병 항목 및 기준 1. 유행성조혈기괴사증(Epizootic haematopoietic necrosis, EHN)의 *Salmo salar*, 2. 잉어봄바이러스병(Spring viraemia of carp, SVC)의 *Oncorhynchus mykiss*, 3. 바이러스성출혈성패혈증(Viral haemorrhagic septicaemia, VHS)의 *Oncorhynchus tshawytscha*, *Oncorhynchus kisutch*, *Oncorhynchus keta*, *Oncorhynchus nerka*, *Coregonus lavaretus*, *Coregonus clupeaformis*, *Esox masquinongy*, *Clupea harengus*, *Clupea pallasii*, *Dorosoma cepedianum*, *Lota lota*, *Pleuronectes yokohamae*, *Hippoglossus hippoglossus*, *Solea senegalensis*, *Ictalurus nebulosus*, *Ictalurus punctatus*, *Neogobius melanostomus*, *Micropterus dolomieu*, *Lepomis macrochirus*, *Pomoxis nigromaculatus*, *Ambloplites rupestris*, *Lepomis gibbosus*, *Aplodinotus grunniens*, *Perca flavescens*, *Sander vitreus*, *Morone chrysops*, *Morone saxatilis*, *Morone americana*, *Sparus aurata*, *Moxostoma anisurum*, *Moxostoma macrolepidotum*, *Pimephales notatus*, *Notropis atherinoides*, *Notropis hudsonius*, *Chondrostoma polylepis*, *Danio rerio*, *Percopsis omiscomaycus*, *Lampetra fluviatilis*, *Onos mustelus*, 4. 전염성연어빈혈증(Infectious salmon anaemia, ISA)의 *Oncorhynchus kisutch*, 5. 참돔이리도바이러스병(Red sea bream iridoviral disease, RSIVD)의 *Epinephelus akaara*, *Epinephelus septemfasciatus*, *Epinephelus malabaricus*, *Epinephelus bruneus*, *Epinephelus coioides*, *Epinephelus awoara*, *Epinephelus tauvina*, *Epinephelus fuscoguttatus*, *Epinephelus lanceolatus*, 6. 잉어허피스바이러스병(Koi herpesvirus disease, KHD)의 *Cyprinus carpio* × *Carassius carassius*, *Carassius carassius* × *Cyprinus carpio*, 7. 유행성궤양증후군(Epizootic ulcerative syndrome, EUS)의 *Acanthopagrus berda*, *Ambassis agassizii*, *Ameiurus melas*, *Amniataba percoides*, *Arius* sp., *Aseraggodes macleayanus*, *Barbus paludinosus*, *Barbus poechei*, *Barbus thamalakanensis*, *Barbus unitaeniatus*, *Brycinus lateralis*, *Clarias gariepinus*, *Clarias ngamensis*, *Glossamia aprion*, *Glossogobius* sp., *Hepsetus odoe*, *Hydrocynus vittatus*, *Ictalurus punctatus*, *Kurtus gulliveri*, *Labeo cylindricus*, *Labeo lunatus*, *Leiopotherapon unicolor*, *Lepomis macrochirus*, *Lutjanus argentimaculatus*, *Marcusenius macrolepidotus*, *Melanotaenia splendida*, *Micralestes acutidens*, *Nematalosa erebi*, *Oreochromis andersoni*, *Oreochromis macrochir*,

Oxyeleotris lineolatus, *Petrocephalus catostoma*, *Sargochromis carlotta*, *Sargochromis codringtonii*, *Sargochromis giardi*, *Schilbe intermedius*, *Schilbe mystus*, *Scleropages jardinii*, *Selenotoca multifasciata*, *Serranochromis angusticeps*, *Serranochromis robustus*, *Strongylura kreffti*, *Tilapia rendalli*, *Tilapia sparrmanii*, *Toxotes lorentzi*, 13. 보나미아 익시티오사 감염증(Infection with *Bonamia exitiosa*)의 *Ostrea edulis*, 14. 마르테일리아 레프리젠스 감염증(Infection with *Marteilia refringens*)의 *Ostrea denselammellosa*, *Solen marginatus*, *Chamelea gallina*, 15. 퍼킨수스 마리누스 감염증(Infection with *Perkinsus marinus*)의 *Crassostrea corteziensis*, 16. 제노할리오티스 캘리포니엔시스 감염증(Infection with *Xenohaliotis californiensis*)의 *Haliotis diversicolor*, Genus *Haliotis*, 17. 전복 바이러스성폐사증(Abalone viral mortality)의 *Haliotis laevigata* × *Haliotis rubra*, 18. 가재전염병(Crayfish plague)의 *Cambaridae*, *Astacidae*, *Parastacidae*, 22. 노랑머리병(Yellow head disease, YHD)의 지정검역물 *Litopenaeus vannamei*은 2011년 1월 1일부터 시행한다.

제2조(적용례) 제3조제3호, 제4조제1호의 적용기준은 개정규정 시행 전 제5조에 따라 정밀검사를 실시한 것에 대하여도 적용한다.

제3조(재검토 기한) 이 고시는 2013년 9월 8일까지 “「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」(대통령훈령 제248호)” 제7조제3항제2호에 따라 재검토하여야 한다.

제4조(경과조치) 이 고시 시행 당시 진행 중인 사항에 대하여는 종전의 규정을 적용한다.

부 칙

제1조(시행일) 이 고시는 2011년 6월 15일부터 시행한다.

제2조(재검토기한) 이 고시는 2014년 6월 14일까지 “「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」(대통령훈령 제248호)” 제7조제3항 제2호에 따라 재검토하여야 한다.

부 칙(2011년 9월 29일)

제1조(시행일) 이 고시는 고시한 날부터 시행한다.

제2조(재검토기한) 이 고시는 2014년 9월 28일까지 “ 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」 (대통령훈령 제248호)” 제7조제3항제2호에 따라 재검토하여야 한다.

부 칙(2012. 3. 26)

제1조(시행일) 이 고시는 3월 26일 부터 시행한다.

제2조(재검토기한) 이 고시는 2015년 3월 25일까지 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」 (대통령훈령 제248호) 제7조제3항제2호에 따라 재검토하여야 한다.

부칙(2012. 10. 4)

제1조(시행일) 이 고시는 10월 4일부터 시행한다.

제2조(적용례) 제5조제1항제1호 및 제2호의 적용기준은 개정규정 시행전 제5조에 따라 정밀검사 실시한 것을 기준으로 한다.

제3조(재검토기한) 이 고시는 2015년 10월 3일까지 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」 (대통령훈령 제248호) 제7조제3항제2호에 따라 재검토하여야 한다.

[별표]

지정검역물의 검역 방법 및 기준 등(제6조 관련)

1. 지정검역물 검역방법

가. 임상검사

1) 유명 및 행동의 정상 여부

가) 삭제<2010.9.9>

나) 삭제<2010.9.9>

다) 삭제<2010.9.9>

2) 외부소견

가) 채색, 체형의 정상여부

나) 복부·아가미·안구·체표 등의 정상 여부

3) 해부학적 소견(다만, 검역관은 유영, 행동의 정상여부 및 외부 검사 결과 이상 징후가 없다고 판단되는 때에는 해부학적 검사를 생략 할 수 있다)

가) 복강, 장기 등의 이상 유무

나) 삭제<2010.9.9>

다) 삭제<2010.9.9>

나. 정밀검사

본부장이 정하는 수산생물질병 진단지침서에 따른다. 다만, 이 지침서에 없는 경우 세계동물보건기구(OIE)에서 규정하고 있는 수생동물 진단 매뉴얼이나 국제적으로 통용되는 공인시험방법에 의한다.

2. 지정검역물 검체 시료의 채취

가. 이식용(단, 낚시터 방류용은 식용 채취기준에 따른다)

단위 : 개

신청수량	2퍼센트 발병이 의심될 때	5퍼센트 발병이 의심될 때	10퍼센트 이상 발병이 의심될 때
50 이하	50	35	20
51 내지 100	75	45	23
101 내지 250	110	50	25
251 내지 500	130	55	26
501 내지 1,500	140	55	27
1,501 내지 40,000	145	60	27
40,001 내지 100,000	145	60	27
100,001 이상	150	60	30

나. 관상용, 시험·연구조사용

단위 : 개

신 청 수 량	채 취 수 량
50 이하	3
51 내지 100	5
101 내지 300	9
301 내지 500	13
501 내지 700	15
701 내지 1,000	17
1,001 이상	20

다. 식용

1) 무포장제품

단위 : 개

신 청 증 량	채 취 수 량
1톤 미만	3
1톤 이상 3톤 미만	5
3톤 이상 5톤 미만	7
5톤 이상 10톤 미만	9
10톤 이상 20톤 미만	11
20톤 이상	13

2) 포장제품

신 청 개 수	추출개수	비 고
4개이하	1	○ 신청개수가 1,001개 이상인 경우에는 추출개수를 추가할 수 있다
5~50개	1	
51~100개	2	
101~200개	2	
201~300개	3	
301~400개	3	
401~500개	4	
501~700개	5	
701~1,000개	5	
1,001개이상	6	

라. 검체시료의 채취방법

- 1) 임상검사용 시료채취는 2의 가목부터 다목까지의 용도에 따라 실시하는 것을 원칙으로 하되 성육조건, 품종, 개체의 크기, 신청수량 및 가격 등을 고려하여 임상검사에 지장이 없는 범위 내에서 최소의 수량을 채취할 수 있다. 다만, 패류 및 갑각류는 임상검사에 필요한 충분한 시료를 다르게 채취할 수 있다.
- 2) 정밀검사용 시료채취는 1)의 시료채취 수량에서 임상증상을 보이는 개체를 우선적으로 채취하여야 한다. 다만, 대형어종과 고가의 어종인 경우 조직, 혈액 및 가검물 등을 채취하거나 정밀검사에 지장이 없는 최소의 수량을 채취할 수 있다.
- 3) 지정검역물이 다른 지정검역물과 혼재되어 해당 지정검역물의 확인 및 수입량 파악 등을 할 수 없거나 대표성 있는 검체를 채취할 수 없는 경우에는 검역신청인으로 하여금 해당 지정검역물을 검역할 수 있는 검역장소로 이송하게 하여 검체를 채취할 수 있다.

마. 채취시료의 운반

정밀검사용 시료는 살아있는 상태 또는 정밀검사에 필요한 장기 등을 적출하여 오염되지 않도록 처리한 후 신속히 운반하여야 한다.

3. 이식용 수산생물의 확인방법 및 조치<신설, 2011.9.29>

가. 검역대상품은 과학원장이 발급한 이식승인서에 기재된 품명·학명·규격 및 물량(이하 “이식승인사항”이라 한다)과의 일치여부를 확인하여야 하며, 그 요령은 다음 각호와 같다.

- 1) 품명 및 학명 : 확인이 곤란한 경우 종(種)확인을 위한 유전자검사를 실시하거나 국립수산과학원 또는 관련 대학 등에 의뢰하여 품명 및 학명을 확인 받아 처리
- 2) 규격 및 물량 : 무작위로 표본을 추출하여 확인하거나 항만운송사업법 제3조에 따라 등록된 검량기관에서 발급한 검량서로 확인

나. 가목에 의하여 검역대상품을 확인한 결과 검역신청물량의 $\pm 5\%$ 이내일 경우에는 검역신청물량으로 인정하고, 과학원장의 이식승인사항과 다른 경우에는 다음 각호의 1에 해당하는 조치를 하여야 한다.

- 1) 품명 및 학명이 이식승인사항과 다른 경우 : 검역신청서를 반려하고 그 사

유를 검역신청인·과학원장 및 관할 세관장에게 통지

- 2) 검역대상 물량이 5%이상 초과한 경우 : 검역신청서를 반려하고 초과한 수량 및 그 사유를 검역신청인 및 관할 세관장에게 통지
- 3) 규격이 다른 물량이 5%를 초과하는 경우 : 검역신청서를 반려하고 초과한 수량 및 그 사유를 검역신청인 및 관할 세관장에게 통지
- 4) 검역대상 물량이 5%이상 부족한 경우 : 검역을 실시하되 검역증명서는 부족한 수량을 제외하고 발급

다. 나목 제2) 및 제3)의 사유로 검역신청서를 반려하는 때에는 검역신청인에게 1회에 한하여 보완(수량의 분리, 선별, 이식승인사항의 변경 등)하여 다시 검역신청을 할 수 있음을 알려주어야 한다.

지정검역물에 대한 수산생물전염병 항목 및 기준<개정, 2011.9.29>

전염병항목		지정검역물 (학 명)	판정 기준	비 고	
병명	병원체			영명	한글명
1. 유행성 조혈기 괴사증 (Epizootic haematopoietic necrosis, EHN)	Epizootic haematopoietic necrosis virus(EHNV)	<i>Perca fluviatilis</i>	음성	Redfin perch	농어과
		<i>Oncorhynchus mykiss</i>	음성	Rainbow trout	무지개송어
		<i>Macquaria australasica</i>	음성	Macquarie perch	맥쿼리농어
		<i>Bidyanus bidyanus</i>	음성	Silver perch	은농어
		<i>Gambusia affinis</i>	음성	Mosquito fish	모스어
		<i>Galaxias olidus</i>	음성	Mountain galaxias	
		<i>Maccullochella peelii</i>	음성	Murray cod	머레이대구
		<i>Salmo salar</i>	음성	Atlantic salmon	대서양연어
2. 잉어봄바이러스병(Spring viraemia of carp, SVC)	Spring viraemia of carp virus(SVCV)	<i>Cyprinus carpio</i>	음성	Common carp	잉어, 향어, 비단잉어
		<i>Ctenopharyngodon idella</i>	음성	Grass carp, white amur	초어
		<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	음성	Silver carp	백련어(은색잉어)
		<i>Hypophthalmichthys nobilis</i>	음성	Bighead carp	대두어(큰머리잉어)
		<i>Carassius carassius</i>	음성	Crucian carp	붕어
		<i>Carassius auratus</i>	음성	Goldfish	금붕어
		<i>Tinca tinca</i>	음성	Tench	유럽산잉어
		<i>Silurus glanis</i>	음성	Sheatfish, European catfish, wels	유럽산메기
		<i>Leuciscus idus</i>	음성	Orfe	금빛황어
		<i>Rutilus rutilus</i>	음성	Roach	유럽산잉어
		<i>Danio rerio</i>	음성	Zebrafish	제브라피쉬
		<i>Esox lucius</i>	음성	Northern pike	북부 민물 꼬치고기
		<i>Poecilia reticulata</i>	음성	Guppy	구피
		<i>Lepomis gibbosus</i>	음성	Pumpkinseed	펌프킨시드(북미산 작은담수어)
		<i>Oncorhynchus mykiss</i>	음성	Rainbow trout	무지개송어
3. 바이러스성 출혈성 패혈증 (Viral haemorrhagic septicaemia, VHS)	Viral haemorrhagic septicaemia virus(VHSV)	<i>Oncorhynchus</i> spp.	음성	Pacific salmon	태평양산연어
		<i>Oncorhynchus mykiss</i>	음성	Rainbow trout	무지개송어
		<i>Gadus macrocephalus</i>	음성	Pacific cod	태평양산 대구
		<i>Aulorhynchus flavidus</i>	음성	Tubesnout	실바늘치 일종
		<i>Cymatogaster aggregata</i>	음성	Shiner perch	망상어

전염병항목		지정검역물명 (학명)	판정기준	비고	
병명	병원체			영명	한글명
3. 바이러스성 출혈성 패혈증 (Viral haemorrhagic septicaemia, VHS)	Viral haemorrhagic septicaemia virus (VHSV)	<i>Ammodytes hexapterus</i>	음성	Pacific sand lance	까나리
		<i>Merluccius productus</i>	음성	Pacific hake	
		<i>Theragra chalcogramma</i>	음성	Walleye pollock	명태
		<i>Microgadus proximus</i>	음성	Tomcod	대구과
		<i>Gasterosteus aculeatus</i>	음성	Threespined stickleback	큰가시고기
		<i>Sardinops sagax</i>	음성	Pilchard	정어리류
		<i>Anoplopoma fimbria</i>	음성	Black cod	은대구
		<i>Parophrys vetulus</i>	음성	English sole	참가자미
		<i>Thaleichthys pacificus</i>	음성	Eulachon	
		<i>Scomber japonicus</i>	음성	Chub mackerel	고등어
		<i>Hypomesus pretiosus</i>	음성	Surf smelt	날뽕어
		<i>Reinhardtius hippoglossoides</i>	음성	Greenland halibut	검정가자미
		<i>Fundulus heteroclitus</i>	음성	Mummichog	
		<i>Paralichthys olivaceus</i>	음성	Olive flounder	넙치
		<i>Ammodytes personatus</i>	음성	Pacific sand eel	
		<i>Gadus morhua</i>	음성	Cod	대서양대구
		<i>Melanogrammus aeglefinus</i>	음성	Haddock	북대서양산대구
		<i>Clupea spp.</i>	음성	Herring	청어
		<i>Sprattus sprattus</i>	음성	Sprat	청어속
		<i>Enchelyopus cimbrius</i>	음성	Fourbeard rockling	
		<i>Trisopterus esmarkii</i>	음성	Norway pout	노르웨이베도라치
		<i>Merlangius merlangus</i>	음성	Whiting	민대구
		<i>Micromesistius poutassou</i>	음성	Blue whiting	청보리멸
		<i>Argentina sphyraena</i>	음성	Lesser argentine	
		<i>Trisopterus minutus</i>	음성	Poor cod	
		<i>Pleuronectes platessa</i>	음성	Plaice	가자미
		<i>Limanda limanda</i>	음성	Dab	각시가자미
		<i>Platichthys flesus</i>	음성	Flounder	넙치
		<i>Pomatoschistus minutus</i>	음성	Sand goby	
		<i>Ammodytes spp.</i>	음성	Sand eel	까나리
<i>Psetta maxima</i>	음성	Turbot	Turbot		
<i>Salmo salar</i>	음성	Atlantic	대서양연어		

전염병항목		지정검역물명 (학명)	판정기준	비고	
병명	병원체			영명	한글명
3.바이러스성출혈성패혈증 (Viral haemorrhagic septicaemia, VHS)	Viral haemorrhagic septicaemia virus(VHSV)			salmon	
		<i>Sebastes inermis</i>	음성	Rockfish	볼락
		<i>Salmo trutta</i>	음성	Brown trout	브라운송어
		<i>Esox lucius</i>	음성	Pike	
		<i>Thymallus thymallus</i>	음성	Grayling	살기 (연어과어류)
		<i>Coregonus</i> spp.	음성	Whitefish	흰연어
		<i>Anguilla anguilla</i>	음성	European eel	유럽산뱀장어
		<i>Micropterus salmoides</i>	음성	Large mouth bass	농어
		<i>Salvelinus fontinalis</i>	음성	Brook trout	민물송어
		<i>Oncorhynchus aguabonita</i>	음성	Golden trout	금빛송어
		<i>Dicentrarchus labrax</i>	음성	European sea bass	유럽산농어
		<i>Salvelinus namaycush</i>	음성	Lake trout	송어의 일종
		<i>Hippoglossus hippoglossus</i>	음성	Atlantic halibut	대서양할리벗
		<i>Acanthopagrus schlegelii</i>	음성	Black sea bream, black porgy	감성돔
		<i>Epinephelus akaara</i>	음성	Red spotted grouper	붉바리
		<i>Sebastes schlegelii</i>	음성	Rockfish	조피볼락
		<i>Pagrus major</i>	음성	Red sea bream	참돔
		<i>Seriola quinqueradiata</i>	음성	Japanese amberjack	방어
		<i>Oncorhynchus tshawytscha</i>	음성	Chinook salmon	
		<i>Oncorhynchus kisutch</i>	음성	Coho salmon	은연어
		<i>Oncorhynchus keta</i>	음성	Chum salmon	
		<i>Oncorhynchus nerka</i>	음성	Sockeye salmon	
		<i>Coregonus lavaretus</i>	음성	Whitefish	
		<i>Coregonus clupeaformis</i>	음성	Lake whitefish	
		<i>Esox masquinongy</i>	음성	Muskellunge	
		<i>Clupea harengus</i>	음성	Atlantic herring	
		<i>Clupea pallasii</i>	음성	Pacific herring	
		<i>Dorosoma cepedianum</i>	음성	American gizzard shad	
		<i>Lota lota</i>	음성	Burbot	
		<i>Pleuronectes yokohamae</i>	음성	Marbled flounder	
<i>Hippoglossus hippoglossus</i>	음성	Atlantic halibut			

전염병항목		지정검역물명 (학명)	판정기준	비고	
병명	병원체			영명	한글명
3. 바이러스성출혈성패혈증 (Viral haemorrhagic septicaemia, VHS)	Viral haemorrhagic septicaemia virus(VHSV)	<i>Solea senegalensis</i>	음성	Senegalese sole	
		<i>Ictalurus nebulosus</i>	음성	Brown bullhead	
		<i>Ictalurus punctatus</i>	음성	Channel catfish	
		<i>Neogobius melanostomus</i>	음성	Round goby	
		<i>Micropterus dolomieu</i>	음성	Smallmouth bass	
		<i>Lepomis macrochirus</i>	음성	Bluegill	
		<i>Pomoxis nigromaculatus</i>	음성	Black crappie	
		<i>Ambloplites rupestris</i>	음성	Rock bass	
		<i>Lepomis gibbosus</i>	음성	Pumpkinseed	
		<i>Aplodinotus grunniens</i>	음성	Fresh water drum	
		<i>Perca flavescens</i>	음성	Yellow perch	
		<i>Sander vitreus</i>	음성	Walleye	
		<i>Morone chrysops</i>	음성	White bass	
		<i>Morone saxatilis</i>	음성	Striped bass	
		<i>Morone americana</i>	음성	White perch	
		<i>Sparus aurata</i>	음성	Gilt head seabream	
		<i>Moxostoma anisurum</i>	음성	Silver redhorse	
		<i>Moxostoma macrolepidotum</i>	음성	Shorthead redhorse	
		<i>Pimephales notatus</i>	음성	Bluntnose minnow	
		<i>Notropis atherinoides</i>	음성	Emerald shiner	
<i>Notropis hudsonius</i>	음성	Spottail shiner			
<i>Chondrostoma polylepis</i>	음성	Iberian nase			
<i>Danio rerio</i>	음성	Zebra danio			
<i>Percopsis omiscomaycus</i>	음성	Troutperch			
<i>Lampetra fluviatilis</i>	음성	European river lamprey			
<i>Onos mustelus</i>	음성	Rockling			
4. 전염성 연어빈혈증 (Infectious salmon anaemia, ISA)	Infectious salmon anaemia virus(ISAV)	<i>Salmo salar</i>	음성	Atlantic salmon	대서양연어
		<i>Salmo trutta</i>	음성	Brown trout	브라운송어
		<i>Oncorhynchus mykiss</i>	음성	Rainbow trout	무지개송어
		<i>Pollachius virens</i>	음성	Pollock	북대서양대구

전염병항목		지정검역물명 (학명)	판정기준	비고	
병명	병원체			영명	한글명
		<i>Gadus morhua</i>	음성	Atlantic Cod	대서양대구
		<i>Salvelinus alpinus</i>	음성	Charr	북극곤들메기
		<i>Clupea harengus</i>	음성	Herring	청어
		<i>Oncorhynchus kisutch</i>	음성	Coho salmon	은연어
5. 참돔이리도바이러스병 (Red sea bream iridoviral disease, RSIV)	Red sea bream iridovirus (RSIV), Infectious spleen and kidney necrosis Virus(ISKNV)	<i>Pagrus major</i>	음성	Red sea bream	참돔
		<i>Evynnis japonica</i>	음성	Crimson sea bream	붉돔
		<i>Acanthopagrus schlegelii</i>	음성	Black sea bream, black porgy	감성돔
		<i>Lateolabrax sp.</i>	음성	Sea bass	농어
		<i>Lates calcarifer</i>	음성	Sea bass	농어
		<i>Seriola quinqueradiata</i>	음성	Japanese amberjack	방어
		<i>Seriola dumerili</i>	음성	Greater amberjack	젯방어
		<i>Pseudocaranx dentex</i>	음성	Striped jack	흑점줄전갱이
		<i>Trachurus japonicus</i>	음성	Japanese jack mackerel	전갱이
		<i>Trachinotus blochii</i>	음성	Snubnose pompano	
		<i>Thunnus thynnus</i>	음성	Blue fin tuna	참다랑어
		<i>Thunnus orientalis</i>	음성	Pacific Blue fin tuna	태평양 참다랑어
		<i>Oplegnathus fasciatus</i>	음성	Japanese parrotfish	돌돔
		<i>Oplegnathus punctatus</i>	음성	Spotted parrot fish	강담돔
		<i>Girella punctata</i>	음성	Largescale blackfish	벵에돔
		<i>Paralichthys olivaceus</i>	음성	Olive flounder	넙치
		<i>Takifugu rubripes</i>	음성	Tiger puffer	자주복
		<i>Siniperca chuatsi</i>	음성	Chinese perch	
		<i>Sciaenops ocellatus</i>	음성	Red drum	홍민어
		<i>Mugil cephalus</i>	음성	Mullet	숭어
<i>Epinephelus spp.</i>	음성	Groupers			
5. 참돔이리도바이러스병 (Red sea bream iridoviral disease, RSIV)	Red sea bream iridovirus (RSIV), Infectious spleen and kidney necrosis Virus(ISKNV)	<i>Seriola lalandi</i> × <i>Seriola quinqueradiata</i>	음성	Yellowtail amberjack and Japanese amberjack Hybrid	교잡종
		<i>Scomberomorus niphonius</i>	음성	J a p a n e s e Spanish mackerel	삼치
		<i>Scomber japonicus</i>	음성	Chub mackerel	고등어
		<i>Rachycentron canadum</i>	음성	Cobia	날새기
		<i>Parapristipoma trilineatum</i>	음성	Chicken grunt	벤자리

전염병항목		지정검역물 (학 명)	판정 기준	비 고	
병명	병원체			영명	한글명
		<i>Plectorhinchus cinctus</i>	음성	Crescent sweetlips	어름돔
		<i>Lethrinus haematopterus</i>	음성	C h i n e s e emperor	갈돔과 어류
		<i>Lethrinus nebulosus</i>	음성	Spangled emperor	
		<i>Larimichthys crocea</i>	음성	C r o c e i n e croaker	부세
		<i>Lateolabrax japonicus</i>	음성	Japanese sea perch	일본산 농어
		<i>Morone saxatilis</i> × <i>Morone chrysops</i>	음성	Striped sea bass and white bass hybrid	
		<i>Micropterus salmoides</i>	음성	Largemouth bass	큰입베스
		<i>Verasper variegatus</i>	음성	Spotted halibut	범가자미
		<i>Acanthopagrus latus</i>	음성	Yellowfin sea bream	새눈치
		<i>Seriola lalandi</i>	음성	Yellowtail amberjack	방어
		<i>Sebastes schlegelii</i>	음성	Rockfish	조피볼락
		<i>Epinephelus akaara</i>	음성	Red spotted grouper Hong Kong grouper	
		<i>Epinephelus septemfasciatus</i>	음성	Seven band grouper C o n v i c t grouper	
		<i>Epinephelus malabaricus</i>	음성	Brown spotted grouper M a l a b a r grouper	
		<i>Epinephelus bruneus</i>	음성	L o n g t o o t h grouper	
		<i>Epinephelus coioides</i>	음성	Orangespotted grouper	
		<i>Epinephelus awoara</i>	음성	Yellow grouper	
		<i>Epinephelus tauvina</i>	음성	Greasy grouper	
		<i>Epinephelus fuscoguttatus</i>	음성	Black spotted grouper Brownmarbled grouper	
		<i>Epinephelus lanceolatus</i>	음성	Giant grouper	
6. 잉어허피스바이러스병 (Koi herpesvirus disease, KHD)	Koi herpesvirus (KHV)	<i>Cyprinus carpio</i>	음성	Common carp	잉어, 향어, 비 단잉어
		<i>Cyprinus carpio</i> × <i>Carassius auratus</i>	음성	Common carp hybrids	교잡종
		<i>Cyprinus carpio</i> × <i>Carassius carassius</i>	음성	Common carp hybrids	교잡종
		<i>Carassius carassius</i> × <i>Cyprinus carpio</i>	음성	Common carp hybrids	교잡종

전염병항목		지정검역물명 (학명)	판정기준	비고			
병명	병원체			영명	한글명		
7. 유행성 케양 증후군 (Epizootic ulcerative syndrome, EUS)	<i>Aphanomyces piscicida</i> <i>Aphanomyces invadans</i>	<i>Acanthopagrus australis</i>	음성	Yellowfish seabream			
		<i>Anabas testudineus</i>	음성	Climbing perch			
		Anguillidae	음성	Eels	뱀장어과		
		Bagridae	음성	B a g r i d catfishes			
		<i>Bidyanus bidyanus</i>	음성	Silver perch			
		<i>Brevoortia tyrannus</i>	음성	Atlantic menhaden			
		Caranx spp.	음성	Jacks	전쟁이류		
		<i>Gibelion catla</i>	음성	Catla	카틀라잉어		
		<i>Channa striata</i>	음성	Striped snakehead			
		<i>Cirrhinus cirrhosus</i>	음성	Mrigal			
		<i>Clarias batrachus</i>	음성	W a l k i n g catfish	동남아산 알비노메기		
		<i>Clarias</i> spp.	음성	Torpedoshaped catfishes			
		<i>Colisa lalia</i>	음성	Dwarf gourami	드와프 구라미		
		<i>Esomus</i> sp.	음성	Flying barb	플리잉바브		
		Exocoetidae	음성	H a l f b e a k s flying fishes	날치과		
		<i>Monopterus albus</i>	음성	Swamp eel	드렁허리		
		<i>Glossogobius giuris</i>	음성	Bareyed goby			
		<i>Oxyeleotris marmorata</i>	음성	Marble goby	마블고비		
		Gobiidae	음성	Gobies	망둥어과		
		<i>Labeo rohita</i>	음성	Rohu (Indian carp)	로후		
		<i>Labeo</i> spp.	음성	Rhinofishes	물각취치		
		<i>Lates calcarifer</i>	음성	Barramundi, Seabass	바라문디		
		<i>Mugil cephalus</i>	음성	Grey mullet, Striped mullet	숭어		
		7. 유행성 케양 증후군 (Epizootic ulcerative syndrome, EUS)	<i>Aphanomyces piscicida</i> <i>Aphanomyces invadans</i>	Mugil spp.	음성	Mulletts [Mugilidae]	숭어
				Liza spp.	음성	Mulletts [Mugilidae]	숭어
				<i>Plecoglossus altivelis</i>	음성	Ayu	은어
<i>Puntius sophore</i>	음성			Pool barb			
<i>Scortum barcoo</i>	음성			Barcoo grunter	벤자리		
Siluridae	음성			Catfishes, wells	메기과		
<i>Sillago ciliata</i>	음성			Sand whiting			

전염병항목		지정검역물명 (학명)	판정기준	비고	
병명	병원체			영명	한글명
7. 유행성 궤양 증후군 (Epizootic ulcerative syndrome, EUS)	<i>Aphanomyces piscicida</i> <i>Aphanomyces invadans</i>	<i>Toxotes chatareus</i>	음성	Common archer fish	물총고기
		<i>Barbonymus gonionotus</i>	음성	Silver barb	실버바브
		<i>Scatophagus argus</i>	음성	Spotted scat	점나비돔
		<i>Osphronemus goramy</i>	음성	Giant gourami	구라미
		<i>Platycephalus fuscus</i>	음성	Dusky flathead	
		Psettodes sp.	음성	Spiny turbot	마찰넙치
		<i>Rhodeus ocellatus</i>	음성	Tairikubaratana go	흰돌납줄개
		Rohtee sp.	음성	KetiBangladesh	
		<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	음성	Rudd	러드(유럽산잉어과민물고기)
		Terapon sp.	음성	Terapon	벤자리과
		<i>Trichogaster pectoralis</i>	음성	Snakeskin gourami	구라미
		<i>Trichogaster trichopterus</i>	음성	Threespot gourami	구라미
		<i>Acanthopagrus berda</i>	음성	Black bream	
		<i>Ambassis agassizii</i>	음성	Chanda perch, Agassiz's olive grassfish	
		<i>Ameiurus melas</i>	음성	Black bullhead	
		<i>Amniataba percoides</i>	음성	Striped grunter, Barred grunter	
		Arius sp.	음성	Forktailed catfish	
		<i>Aseraggodes macleayanus</i>	음성	Narrow banded sole	
		<i>Barbus paludinosus</i>	음성	Straightfin barb	
		<i>Barbus poechii</i>	음성	Dashtail barb	
		<i>Barbus thamalakanensis</i>	음성	Thamalakane barb	
		<i>Barbus unitaeniatus</i>	음성	Longbeard barb, Slender barb	
		<i>Brycinus lateralis</i>	음성	Stripped robber	
		<i>Clarias gariepinus</i>	음성	Sharptooth african catfish	
		<i>Clarias ngamensis</i>	음성	Blunntoothed african catfish	
		<i>Glossamia aprion</i>	음성	Mouth almighty	
		Glossogobius sp.	음성	Goby	
		<i>Hepsetus odoe</i>	음성	African pike	

전염병항목		지정검역물명 (학명)	판정기준	비고	
병명	병원체			영명	한글명
7. 유행성 케양증후군 (Epizootic ulcerative syndrome, EUS)	<i>Aphanomyces piscicida</i> <i>Aphanomyces invadans</i>	<i>Hydrocynus vittatus</i>	음성	Tigerfish	
		<i>Ictalurus punctatus</i>	음성	Channel catfish	
		<i>Kurtus gulliveri</i>	음성	Nursery fish	
		<i>Labeo cylindricus</i>	음성	Redeye labeo	
		<i>Labeo lunatus</i>	음성	Upper Zambezi labeo	
		<i>Leiopotherapon unicolor</i>	음성	Spangled perch	
		<i>Lepomis macrochirus</i>	음성	Bluegill	
		<i>Lutjanus argentimaculatus</i>	음성	Mangrove jack	
		<i>Marcusenius macrolepidotus</i>	음성	Bulldog	
		<i>Melanotaenia splendida</i>	음성	Rainbow fish	
		<i>Micralestes acutidens</i>	음성	Silver robber	
		<i>Nematalosa erebi</i>	음성	Bony bream	
		<i>Oreochromis andersonii</i>	음성	Threespotted tilapia	
		<i>Oreochromis macrochir</i>	음성	Greenhead tilapia, Longfin tilapia	
		<i>Oxyeleotris lineolatus</i>	음성	Sleepy cod	
		<i>Petrocephalus catostoma</i>	음성	Churchill	
		<i>Sargochromis carlottae</i>	음성	Rainbow bream	
		<i>Sargochromis codringtonii</i>	음성	Green bream	
		<i>Sargochromis giardi</i>	음성	Pink bream	
		<i>Schilbe intermedius</i>	음성	Silver catfish	
		<i>Schilbe mystus</i>	음성	African butter catfish	
		<i>Scleropages jardinii</i>	음성	Saratoga	
		<i>Selenotoca multifasciata</i>	음성	Striped scat	
		<i>Serranochromis angusticeps</i>	음성	Thinface largemouth	
		<i>Serranochromis robustus</i>	음성	Nembwe	
		<i>Strongylura krefftii</i>	음성	Long tom	
<i>Tilapia rendalli</i>	음성	Redbreast tilapia			
<i>Tilapia sparrmanii</i>	음성	Banded tilapia			
<i>Toxotes lorentzi</i>	음성	Primitive archer fish			
8. 자이로닥틸루스증 (Gyrodactylosis)	<i>Gyrodactylus salaris</i>	<i>Salmo salar</i>	음성	Atlantic salmon	대서양연어
		<i>Oncorhynchus mykiss</i>	음성	Rainbow trout	무지개송어

전염병항목		지정검역물명 (학명)	판정기준	비고	
병명	병원체			영명	한글명
		<i>Salvelinus alpinus</i>	음성	Charr	북극곤들메기
		<i>Salvelinus fontinalis</i>	음성	North American brook trout	북미산 브루크송어
		<i>Thymallus thymallus</i>	음성	Grayling	사루기
		<i>Salvelinus namaycush</i>	음성	Lake trout	송어의 일종
		<i>Salmo trutta</i>	음성	Brown trout	브라운송어
9.보나미아 오스트레 감염 (Infection with <i>Bonamia ostreae</i>)	<i>Bonamia ostreae</i>	<i>Ostrea edulis</i>	음성	European flat oyster	유럽산넙적굴
		<i>Ostrea angasi</i>	음성	Australian mud oyster	호주산굴
		<i>Ostrea denselamellosa</i>	음성	Asiatic oyster	벗굴
		<i>Ostrea puelchana</i>	음성	Argentinean flat oyster	아르헨티나산넙적굴
		<i>Ostrea chilensis</i>	음성	Chilean flat oyster	칠레산넙적굴
		<i>Ostrea lutaria</i>	음성	New zeland oyster	뉴질랜드산굴
		<i>Crassostrea ariakensis</i>	음성	Suminoe oyster	갯굴
10.보나미아 익시티오사 감염 (Infection with <i>Bonamia exitiosa</i>)	<i>Bonamia exitiosa</i>	<i>Ostrea chilensis</i>	음성	Chilean flat oyster	칠레산넙적굴
		<i>Ostrea lutaria</i>	음성	New zeland oyster	뉴질랜드산굴
		<i>Ostrea angasi</i>	음성	Australian mud oyster	굴
		<i>Ostrea edulis</i>	음성	European flat oyster	
11. 마르테일리아 레프리즈스 감염 (Infection with <i>Marteilia refringens</i>)	<i>Marteilia refringens</i> ,	<i>Ostrea edulis</i>	음성	European flat oyster	유럽산넙적굴
		<i>Ostrea angasi</i>	음성	Australian mud oyster	굴
		<i>Ostrea chilensis</i>	음성	Chilean flat oyster	칠레산넙적굴
		<i>Ostrea lutaria</i>	음성	New zeland oyster	뉴질랜드산굴
		<i>Mytilus edulis</i>	음성	Blue mussel	진주담치
		<i>Mytilus galloprovincialis</i>	음성	Mediterranean mussel	지중해담치
		<i>Ostrea puelchana</i>	음성	Argentinean flat oyster	아르헨티나산넙적굴
		<i>Ostrea denselammellosa</i>	음성	Asiatic oyster	
		<i>Solen marginatus</i>	음성	Clam	
		<i>Chamelea gallina</i>	음성	Clam	
12. 퍼킨수스 마리누스 감염 (Infection with <i>Perkinsus marinus</i>)	<i>Perkinsus marinus</i>	<i>Crassostrea virginica</i>	음성	Eastern oyster	버지니아참굴
		<i>Crassostrea gigas</i>	음성	Pacific oyster	참굴
		<i>Crassostrea ariakensis</i>	음성	Suminoe oyster	갯굴
		<i>Mya arenaria</i>	음성	Soft shell clam	우럭

전염병항목		지정검역물명 (학명)	판정기준	비고	
병명	병원체			영명	한글명
		<i>Macoma balthica</i>	음성	Baltic clam	
		<i>Mercenaria mercenaria</i>	음성	Hard shell clam	
		<i>Crassostrea rhizophorae</i>	음성	M a n g r o v e oyster	
		<i>Crassostrea corteziensis</i>	음성	Cortez oyster	
13. 제노할리오티스 캘리포니아엔시스감염증(Infection with <i>Xenohaliotis californiensis</i>)	<i>Xenohaliotis californiensis</i>	<i>Haliotis rufescens</i>	음성	Red abalone	전복
		<i>Haliotis cracherodii</i>	음성	Black abalone	전복
		<i>Haliotis sorenseni</i>	음성	White abalone	전복
		<i>Haliotis corrugata</i>	음성	Pink abalone	전복
		<i>Haliotis fulgens</i>	음성	Green abalone	그린전복
		<i>Haliotis tuberculata</i>	음성	Tube abalone	통전복
		<i>Haliotis walallensis</i>	음성	Flat abalone	전복
		<i>Haliotis discus-hannai</i>	음성	J a p a n e s e abalone	전복
		<i>Haliotis diversicolor</i>	음성	Small abalone	오분자기
		Genus <i>Haliotis</i>	음성		<i>Haliotis</i> 속
14. 전복허피스바이러스감염증(Infection with abalone herpes virus)	Abalone spherical virus	<i>Haliotis discus-hannai</i>	음성	J a p a n e s e abalone	전복
		<i>Haliotis diversicolor</i>	음성	Small abalone	오분자기
		<i>Haliotis laevigata</i>	음성	G r e e n l i p abalone	전복
		<i>Haliotis rubra</i>	음성	B l a c k l i p abalone	전복
		Turbo sp.	음성	Turban shell	소라류
		<i>Tegula rusticum</i>	음성	Tegula	
		<i>Mytilus edulis</i>	음성	Blue mussel	진주담치
		<i>Haliotis laevigata</i> × <i>Haliotis rubra</i>	음성	A b a l o n e hybrids	교잡종
15. 가재전염병(Crayfish plague)	<i>Aphanomyces astaci</i>	Freshwater crayfish	음성	Freshwater crayfish	담수산 가재류
		<i>Eriocheir sinensis</i>	음성	Chinese mitten crab	참게
		Cambaridae	음성		
		Astacidae	음성		
		Parastacidae	음성		
16. 전염성피하및조혈기괴사증(Infectious hypodermal and haematopoietic necrosis, IHFN)	Infectious hypodermal and haematopoietic necrosis virus (IHFNV)	Genus <i>Penaeus</i>	음성		<i>Penaeus</i> 속
		Genus <i>Trachypenaeus</i>	음성		<i>Trachypenaeus</i> 속
		Genus <i>Protrachypene</i>	음성		<i>Protrachypene</i> 속
17. 노랑머리병(Yellow head disease, YHD)	Yellow head virus (YHV)	<i>Penaeus monodon</i>	음성	Giant prawn tiger	얼룩새우

전염병항목		지정검역물명 (학명)	판정기준	비고	
병명	병원체			영명	한글명
		<i>Litopenaeus stylirostris</i>	음성	Pacific blue prawn	
		<i>Litopenaeus setiferus</i>	음성	White prawn	인도백새우
		<i>Farfantepenaeus aztecus</i>	음성	Brown prawn	
		<i>Farfantepenaeus duorarum</i>	음성	Pink prawn	
		<i>Marsupenaeus japonicus</i>	음성	Kuruma prawn	보리새우
		<i>Penaeus esculentus</i>	음성	Brown tiger prawn	
		<i>Fenneropenaeus merguensis</i>	음성	White banana prawn	바나나새우
		<i>Metapenaeus ensis</i>	음성	Red endeavour prawn	
		<i>Metapenaeus bennettiae</i>	음성	Green tail prawn	
		<i>Macrobrachium sintangense</i>	음성	Sunda river prawn	징거미새우
		<i>Exopalaemon styliferus</i>	음성	Mysid shrimp	
		<i>Palaemon serrifer</i>	음성	Barred estuarine shrimp	
		Ascetes sp.	음성	Paste prawn	
		<i>Euphausia superba</i>	음성	krill	크릴새우
		<i>Litopenaeus vannamei</i>	음성	Pacific white shrimp	흰다리새우
18. 흰반점병(White spot disease, WSD)	White spot syndrome virus (WSSV)	Crustacea	음성		갑각류
		Bivalves	음성		이매패
19. 타우라증후군(Taura syndrome)	Taura syndrome virus (TSV)	<i>Litopenaeus vannamei</i>	음성	Pacific white shrimp	흰다리새우
		<i>Litopenaeus stylirostris</i>	음성	Pacific blue shrimp	
		<i>Litopenaeus setiferus</i>	음성	Gulf white shrimp	
		<i>Penaeus monodon</i>	음성	Giant tiger prawn	얼룩새우
		<i>Metapenaeus ensis</i>	음성	Red endeavour prawn	
		<i>Marsupenaeus japonicus</i>	음성	Kuruma prawn	보리새우
		<i>Farfantepenaeus aztecus</i>	음성	Brown prawn	
		<i>Farfantepenaeus duorarum</i>	음성	Pink prawn	대하
		<i>Litopenaeus schmitti</i>	음성	Southern white shrimp	
		<i>Fenneropenaeus chinensis</i>	음성	Chinese white shrimp	대하
20. 전염성근괴사증(Infectious myonecrosis, IMN)	Infectious myonecrosis virus(IMNV)	<i>Litopenaeus vannamei</i>	음성	Pacific white shrimp	흰다리새우
		<i>Litopenaeus stylirostris</i>	음성	Pacific blue shrimp	청새우
		<i>Penaeus monodon</i>	음성	Giant tiger	얼룩새우

전염병항목		지정검역물 (학 명)	판정 기준	비 고	
병명	병원체			영명	한글명
21. 흰꼬리병(White disease, WTD)	tail <i>Macrobrachium rosenbergii</i> nodavirus(MrNV)	<i>Macrobrachium rosenbergii</i>	음성	prawn Giant fresh water prawn	큰징거미새우

주) 비고란에 영명, 한글명은 참고사항으로 활용

5. 제5조제1항제8호에 해당하는 유해물질 항목 및 기준

식품위생법 제7조에 따라 식품의약품안전청장이 고시한 기준·규격을 적용한다.

6. 검역신청된 지정검역물의 일부가 폐사되어 그 폐사된 양이 총 중량 또는 마리수 대비 5%미만인 경우 검역신청 물량으로 인정한다.

■ 수출입 수산생물 지정검역물의 검역방법 및 기준 등에 관한 고시 [별지 제1호서식]

정밀검사 · 반송 대상 여행자 휴대품 운송증

접수번호

구 분 보관용, 여행지용, 검역장소 제출용

성 명 (여권번호)		주 소 (전화번호)	
품 명 (학 명)			
수 량	C/T, (kg 또는 EA)		
물품관리 방 법	<input type="checkbox"/> 자사 시행장 관리	시행장명 (지정번호)	
	<input type="checkbox"/> 위탁 시행장 관리		
	시행장 주소 (전화번호)		
안내문	<p>1. 검역 중 부대비용, 건강관리, 폐사 등에 대한 모든 책임은 여행자에게 있습니다.</p> <p>2. 검역결과 불합격 시 처분명령을 받은 날부터 15일 이내에 반송하거나 소각 또는 매몰 등의 처분을 하여야 합니다.</p>		

수출입 수산생물 지정검역물의 검역방법 및 기준 등에 관한 고시 제9조제3항 또는 제11조제3항에 따라 검역장소로 운송할 여행자 휴대품임을 증명합니다.

년 월 일

수산생물검역관 (인)

■ 수출입 수산생물 지정검역물의 검역방법 및 기준 등에 관한 고시 [별지 제2호서식]

여행자 휴대품 수산생물 검역 관리대장

접수		여행자			수출국 (원산지)	선(기)명	품명 (학명)	수량	신고 여부	검사 결과	불합 격 사유	조치 결과	여행자 서명	검역관 확인	비고	
번호	일자	성명	여권번호	주소 (전화번호)												

■ 수출입 수산생물 지정검역물의 검역방법 및 기준 등에 관한 고시 [별지 제3호서식]

반송대상 수산생물 여행자 휴대품 확인증

관리대장 접수번호			
여행자 성명		여권번호	
주 소 (전화번호)			
내 용	품명(학명)	수량	수출국(원산지)
물 품관리 방 법	<input type="checkbox"/> 자사 시행장 관리 <input type="checkbox"/> 위탁 시행장 관리		입고일자
시행장명 (지정번호)			
시행장 주소 (전화번호)			
반송명령기간	~		
안 내 문	<p>1. 반송명령기간 이내에 반송을 이행하지 아니한 때에는 수산생물질병 관리법 제53조 제5호 또는 제8호에 따라 벌칙을 받을 수 있습니다.</p> <p>2. 반송이전에 발생하는 부대비용, 건강관리, 폐사 등에 대한 모든 책임은 여행자에게 있습니다.</p>		

수출입 수산생물 지정검역물의 검역방법 및 기준 등에 관한 고시 제11조제3항에 따라 반송 대상 여행자 휴대품임을 증명합니다.

년 월 일

수산생물검역관 (인)

■ 수출입 수산생물 지정검역물의 검역방법 및 기준 등에 관한 고시 [별지 제4호서식]

불합격 통보(보고)서

수신 :

접수번호		접수일자	
문서번호		통보일자	
신청인	업체명	대표자	
	주소 (전화번호)		
학명(영명)			
수량 또는 중량(단위)		금 액(U\$)	
화물관리번호			
수출국		원 산 지	
생산시설			
선적일자		검역시행장명	
불합격 내용			
조치내용 (협조요청)			

「수산생물질병 관리법」 제25조제1항 또는 제34조제1항에 해당하는 지정검역물로 위와 같이 불합격으로 판정되었음을 알려드립니다.

농림수산검역검사본부 ○○ 지역본부장 또는 사무소장 직인

■ 수출입 수산생물 지정검역물의 검역방법 및 기준 등에 관한 고시 [별지 제5호서식]

불합격품의 표시

불합격 통보일		화주	
품명		수량/중량(Kg)	
수출국		불합격 사유	
<h1>이동금지</h1> <p>농림수산검역검사본부장</p>			

(주)

- 바탕색깔 : 노랑색
- 글씨색깔 : 검정색
- 사선색깔 : 빨강색

297mm×210mm(인쇄용지 54g/㎡)

■ 수출입 수산생물 지정검역물의 검역방법 및 기준 등에 관한 고시 [별지 제6호서식]

(수입, 수출) 검역결과보고서(원, 재)			
접수번호 :			
검역결과를 아래와 같이 보고합니다.		담당	주무
년 월 일			사무소장 (과장)
검역관명	서류/임상검사		
	정밀검사		
신청일자		검역기간	
검역신청자			
품명(학명)			
용도			
규격			
수입(출)국가/ 원산지			
검역량	신청 (중량/금액)	합격 (중량/금액)	불합격 (중량/금액)
	/	/	/
검역결과	서류/임상검사		
	정밀검사		
최종판정			
증명서번호 (교부일자)			
기타 참고사항			

■ 수출입 수산생물 지정검역물의 검역방법 및 기준 등에 관한 고시 [별지 제7호서식]

질병검사 기록부						
접수번호 :						
검역결과를 아래와 같이 보고합니다.				검역관	주무	사무소장 (과장)
년 월 일						
검역기간						
시료내역 및 대상질병	학명(영문 등)					
	수량	크기 (전장)	중량			
	검역대상 질병					
검사결과	임상검사					
	정밀검사	검사항목	검사방법	검사결과		
판정	기타 특기사항					

6. 페루 양식산업 발전을 위한 국가계획

법률

양식업의 발전을 위한 국가적 계획 (PNDA- National Plan for Aquaculture Development)는 “양식업의 진흥과 발전에 관한 법률 (LPDA- Law on Promotion and Development of Aquaculture)에 근거하여 설립되었다. 본 법률의 21조에서는 PNDA에 대한 목적, 정책, 및 실행방법에 명시되어 있을 뿐만 아니라, 프로세싱과 품질관리와 같은 양식종 개발을 위해서 공공부문과 민간부문이 취해야 할 조취에 대해서도 설명되어 있다.

LPDA에 대한 규정은 최고법령인 N° 030-2001-PE에 의해 승인되었고, 46조 2항에서는 PNDA는 수산부(현, PRODUCE - Portal del Ministerio de la Produccion)에게 승인을 받아야 한다고 규정되어 있다. 또한 PNDA는 현 양식업 상황에 대한 진단과 부문별 전략 계획을 기반으로 이행되어야 한다고 명시하고 있다.

페루 양식업의 장기적인 전망

페루의 양식업은 경쟁력 있고, 다양하며, 사회·경제적으로 실현가능하고, 환경적인 측면에 봤을 때 지속가능하고, 국민들의 안정적 식량 확보에 기여한다.

PNDA의 임무

국내·외 시장에서의 양식업의 생산과 상업화를 위한 민간의 투자를 촉진시키기 위해, 관련 인적자원, 물적, 기술적, 재정적인 자원을 발전을 증진시킨다.

운영원칙

PNDA의 운영 원칙은 아래와 같을 것이다.

- ▶ **참여와 협동** : 양식업은 국가적 목표에 있어 중요하다. 중앙정부, 지방정부, 민간부문, 학계, 양식업 사용자 간의 참여와 협동은 양식업에 있어서 환경적 지속성, 실현가능성, 경제발전을 이룩할 수 있다.
- ▶ **사회적 책임** : 양식업은 생산성 있는 사업으로 지역의 일자리를 창출하고, 고단백질 식품을 저렴한 가격에 공급하고, 한정된 자원과 토지로 인한 갈등을 피할 수 있게 함으로서, 지방과 미발달지역에 사회적 발전을 가져온다.
- ▶ **지속적인 방식을 통한 생산** : 양식 산업에서는 지속적인 방식을 통해 생산

을 하여야 한다. 지속적인 방식의 예로는 Aquaculture Best Practices, 조직/기구의 강화, 지역발전과 경영을 위한 계획, 위생 자격증, 안전한 생산물의 제조, 백신 프로토콜, 추적시스템과 예방 원칙의 적용을 들 수 있다. 이는 환경에 미칠 수 있는 영향과 생태계에 가져올 되돌릴 수 없는 부정적인 변화를 최소화하기 위함이다. 또한 양식업에 생태계의 접근 방식을 도입하는 것(EAA-Application of the ecosystem approach to aquaculture)은 환경에 부정적인 영향을 끼치지 않으면서 경제적 발전을 이루기 위해서이다.

▶ **책임있는 어업을 위한 행동강령의 적용:** 양식의 발전은 9조의 내용인 책임 있는 어업을 위한 행동강령을 따라야 한다. 9조에는 양식업은 효율적이고, 실용적이고, 비용 효율적이고, 이용 가능 자원을 사용해야 한다고 명시되어 있다.

▶ **관련 기관 간의 공동 책임:** 페루의 양식업을 권장하고 발전시키기 위한 조치는 규제의 틀 안에서 참여적이고, 투명하고, 협동하고, 윤리적인 매너에서 행해져야 한다. 또한 양식업 발전을 위한 조치는 양식 관련 사회 부문과 양식업에 영향을 받는 주체들 모두에 의해 공동으로 행해져야 한다.

▶ **객관적으로 이루어지는 결정:** 양식 발전과 경영은 과학적 발견과 전문가 견해를 바탕으로 하여, 미래에 대한 예측을 정확히 할 수 있어야 한다. 이러한 발전은 전국적과 지역적 국가 기관과 민간 기업, 과학 연구소 외 양식업에 몸담고 있는 기타 기관들의 협동 아래 이루어져서 양식업에서의 합법적인 이익과 각 주체들의 참여를 보장해야 한다.

5. 성공을 위한 외부적 조건

- ▶ 페루와 이웃 국가 모두의 사회·정치적 안정
- ▶ 국가의 인플레이션과 경쟁력 있는 수준에서의 환율 유지
- ▶ 페루 수산물의 수요가 있는 국가에서의 구매력 유지
- ▶ 상업적 협약의 적절한 이용
- ▶ 지역 경제의 활성화
- ▶ 기후에 부정적인 영향을 미치는 자연 현상이나 재해의 부재
- ▶ 생산과 투자와 소비에 영향을 미치는 예측 불가능한 가축의 전염병의 부재
- ▶ 단기적으로 양식 사료 소비 가격이 적정한 수준을 유지하는 것

전략적 목적

양식업 발전을 위한 국가 계획의 전망을 얻기 위해서는, 다음과 같은 목표들을 전략적 가이드라인의 바탕으로 되어야 한다.

1. 국내·국제적으로 상업화되는 수산품의 품질, 생산성, 및 부피를 증가시켜야 한다. 이 목표는 내수 시장의 발전과 강화를 고취시키기 위함이고, 시장에서 요구하는 상품의 품질과 안전뿐만 아니라, 수산품 수출 시장을 확대시키기 위함이다.
2. 양식업으로의 투자를 증가시키는 것. 이 목표는 양식관련기구와 사업경영관련 이슈에 있어서 양식업자들을 지원해주고 교육시키고, 국가적으로 양식업의 범위를 넓히고, 양식업 발전을 위한 기초 서비스 인프라의 개선을 도모함으로써 양식 기업의 경제적 효용과 경쟁력을 고취시키기 위함이다.
3. 양식 사료의 국가적 생산을 고취시킨다. 이 목표는 양식 사료의 생산을 통해 양식업을 발전시키는 전략이다.
4. 양식 생산과 상업화를 위해 교육과 기술적 지원 서비스의 발전을 도모한다. 본 목표는 the best aquaculture practice의 사용을 촉진하고, 공중위생의 요구조건을 만족시키고, 시장과 무역의 접근을 위해 마련된 환경을 존중하기 위한 트레이닝 서비스를 포함시킨다.
5. 양식 생산과 상업화를 위한 위생 제어 서비스의 발전을 도모한다. 본 목표는 양식되고 있는 수산 유기체가 건강하게 성장할 수 있는 환경을 보장하기 위한 적합한 경영 방식과 예방 조치의 발전을 포함한다. 페루 양식업이 발전하려면 국제적인 위생과 품질 요구사항을 만족시켜야 할 뿐만 아니라, 생산자를 지원하고 양식산업의 건강한 발전을 위한 일종의 도구가 필요하다.
6. 양식업에 있어서의 조사, 발전, 및 기술이전을 도모한다. 본 목표는 페루의 환경에 잘 적응하고, 페루에서 경쟁력을 유지할 수 있으면서 경제적인 이득을 가져온 국내·외 양식종을 우선시하여 조사하는 것을 포함한다.
7. 양식업의 발전을 촉진시키기 위한 효율적인 준비, 실행과 정책과 관련 기관을 보장하기 위한 기구적 조직과 인적 역량을 보유한다. 본 목표는 기술적, 행정적, 마케팅 분야를 포함하는 양식업 발전을 위한 정책의 설계와 이행을 하는 중앙 정부와 지방정부의 공무원들의 역량을 강화하는 데 있다.
8. 양식업 발전을 위해 재정적 원천을 최적으로 획득하고 사용한다. 본 목표는 페루의 양식업을 발전시키기 위해 공공부문이나 국제적 협조를 통해 재정적 자원을 확보하는 데 있다.

전략적 가이드라인

1. 목표 No.1 - 국내·외에서 상업화된 수산물의 품질, 생산성, 생산량을 증가시킨다.
 - 1.1. 상업적 정보와 상담 서비스를 제공함으로써 수출 민간/공기업에게 양식 수산품 수출의 역량을 키우는 데 도움을 준다. 또한 양식 생산 기업 간의 파트너십을 강화하여 수출 기업으로의 접근을 용이하게 한다.
 - 1.2. 페루통상관광부의 지원을 받고 있는 PROMPERU의 상업 프로모션 활동

을 통해 국제시장에서의 양식상품들의 지위 확보·강화 한다.

- 1.3. 국내 시장의 조사와 수산물 (시장, 가격)을 조작하는 관련 인사를 교육시키고, 양식수산물 마케팅을 위한 적합한 인프라를 발전시킴으로써 국내 수산물 시장을 고취시킨다.
- 1.4. 양식업 생산의 건강과 위생을 담당하고, 양식업자들에게 위생에 관련된 교육을 담당하고 있는 SANIPES의 트레이닝이나 기술적 지원 전략과 함께 수산식품의 품질 규제 메커니즘을 강화시킨다.
- 1.5. 새로운 시장에서의 입지를 확고히 하기 위해 수산품의 품질과 경쟁력을 제고시키기 위해 수산업의 기술 규제에 대한 계획을 도모한다.

2. 목표 no.2 - 수산업에의 민간 투자를 증가시킨다.

- 2.1. 교육과 기술 지원을 하고, 경영 역량과 현존하는 소규모 영세 양식 생산업자들의 형식적 절차를 강화시킴으로 인해 양식장의 수익성과 경쟁력을 높인다.
- 2.2. 양식생산업자들이 사회의 조직에 잘 융합이 되어 지식을 쌓고, 양식장을 상업적인 생산단위로써의 경영을 가능하게 하기 위해, 그들을 위한 교육 프로그램을 설립하고, 기술적 지원과 직접적인 자문 프로그램을 통해서 중소양식기업의 조직과 상업 경영에 도움을 준다.
- 2.3. 중소 양식기업의 매출을 더욱 용이하게 하는 프로그램을 만들어, 그들이 소비가 많은 양식종의 양식업에 투자를 하고, 교육과 기술 자문 서비스에 접근을 더 용이하게 한다.
- 2.4. 페루의 양식업이 더욱 업그레이드 되고, 중앙정부가 아닌 지방정부의 관할 아래 지리적 데이터 시스템과 연계되어 운영되어야 한다. 페루 수산자원에 대해 취합된 자료는 National Aquaculture Registry에 의해 발행될 것이고, 이 자원들을 이용한 양식업에 대한 투자가 이루어지는 데 한 몫 할 것이다. 더 나아가 각 지역과 National Aquaculture Registry를 연결시키려면 적합한 소프트웨어의 개발이 필요하다. 소프트웨어가 실행된다면, 위의 자료들을 언제나 편하게 이용할 수 있게 될 것이다. 또한, 각 지역에서 National Aquaculture Registry와의 소통과 위의 자료/정보를 잘 이용하기 위한 트레이닝이 필요할 것이다.
- 2.5. 양식업 발전에 있어서의 소통과 서비스 인프라를 개선하는 데 힘쓴다. 그리하여 지방정부와 민간 기업 협동조합과 회사 간에 소통이나, 길, 콜드체인, 전력 공급의 확장, 등 기타 기본적 서비스 간의 접근과 소통을 개선시키는 데 기여한다.
- 2.6. 대규모와 중소규모의 양식 기업들에게 양식 발전으로 이어질 수 있는 사업의 허가를 주기 위한 문서작업의 최소화를 하여, Aquaculture One-Stop Window가 더 잘 실행되고, 각 다른 생산 레벨에의 투자를 늘린다.
- 2.7. 양식업이 행해지고 있는 지역의 법적 안정성과 권리를 강화하는 조치를 만든다.
- 2.8. 다른 산업 부문과의 갈등을 최소화하며, 전국적으로 수산업의 발전과 확산을 위한 토지사용 경영을 도모한다.

3. 목표 no. 3 - 국가의 양식 종자와 균형잡힌 사료의 생산을 촉진하다.

- 3.1. 지방 정부와 민간부문 또는 공공 협회(APP-Private Sector or Public

Private Association)을 통하여 각 지방에 있는 양식 생산 센터를 개선시킨다. 그리하여 양식생산자에게 품질 좋은 종자를 제공한다.

- 3.2. 고품질의 사료의 생산을 도모하고, 산업적양식을 위한 식품산업의 법적 안정성을 유지하고, 균형잡힌 사료에 대한 기술적 규제의 준비를 위한 조건을 공급하고, 유리하게 하고, 기술적 규제를 적용하는 균형된 사료의 시험적(견본) 식물의 설치를 격려한다.

4. 목표 no.4 양식 생산과 상업화를 위한 교육·트레이닝 프로그램과 기술적 지원서비스의 개선

- 4.1. 양식 생산 센터와 지역 양식장에서 체계적인 트레이닝/ 확장 프로그램의 설립을 통한 양식 관련 직원들의 트레이닝을 개선한다.
- 4.2. 페루양식의 모든 단계에서 Best Aquaculture Practices의 프로토콜을 실행시킨다.
- 4.3. 대학·대학원 수준의 프로그램에 관련된 전문가들의 교육을 개선시킨다.

5. 목표 no.5 - 양식생산과 상업화를 위한 위생 제어 서비스의 발전

- 5.1. 양식업에서 질병을 예방하고 제어한다. 그러기 위해서는 양식업자들이 병원균을 퇴치하는 데 충분한 역량을 기르고, 동물유행병의 발생에 신속하게 대응할 수 있도록 하는 양식건강체계를 설립하여야 한다.
- 5.2. 양식업의 건강·위생과 관련된 조항을 규제하여 유행병의 발생의 경우에 잘 대처할 수 있도록 한다.

6. 목표 no. 6 - 양식업에 있어서 조사, 발전, 적용과 기술 이전의 발전

- 6.1. 양식업 발전을 위한 연구에 우선순위를 둔다. 페루에서는 특정 해수, 내수면 어종이 국내·외 시장에서 성공적인 사례로 인정받아 이 종들 중 외국 종들을 도입하여 기존 양식 기술로 양식을 할 것인지 아니면 국내 종을 새로운 기술을 개발하여 양식할 것인지에 대한 조사 계획을 고려중이다. 외국종을 도입에 대한 조사를 진행할 때에 그 종이 경제적 타당성이 있어야 하고, 페루 환경에 잘 적응하는 지도 고려해야 할 것이다. 외국 종 도입에 대한 조사가 효율적으로 진행되고, 생산에 잘 적응할 수 있기 위해서는 이에 관심을 갖고 있는 연구소, 회사, 양식사업협회, 민간 투자자들의 협동 아래 이루어져야 할 것이다. 국내종에 대한 조사를 할 시에는 경제적 타당성의 지표인 시장조사(주로 수요와 가격)가 이루어져야 한다.
- 6.2. 양식을 위한 좋은 품질의 종자를 생산하기 위한 기술의 발전과 수용. 기본적으로, 새우와 송어의 산업 양식 발전은, 새우의 경우 노블리우스(갑각류의 발생 초기의 유생)와 후기 자어의 수입에, 송어의 경우에는 발육계란의 수입에 기초한다. 왜냐하면, 국가의 양식업의 발전에 영향을 끼칠 수 있는 외부 질병의 국내 유입을 우려하기 때문이다. 따라서, 이 품종들의 종자를 생산하는 기술은 국제적으로 유효하기 때문에, 산업양식 업체들간의 지지는 아주 중요하고, 만약 필요하다면, 양식 산업이 필요로 하는 고품질 종자를 생산하기 위한 기술의 개발과 기존 기술의 적용을 위해 정부의 협조도 있을 수 있다.

7. 목표 no.7 - 양식업의 발전을 촉진시키기 위한 효율적인 준비, 실행과 정책과 관련 기관을 보장하기 위한 기구적 조직과 인적 역량을 보유한다

- 7.1. 양식 활동을 전국적으로 격려하고, 발전시키고, 국가 양식업 경영의 개선을 위해서, 관련 기관의 기관적 역량과 인적자원을 강화한다.
- 7.2. 지역적, 전국적인 양식업 관련 통계 자료의 트레이닝과 보급 체계를 강화하고, 최적화 한다. 이는 공공과 민간 기관 급에서 양식과 관련한 정책 결정을 하는 데 있어서 일관되고, 대표적이고, 사실적이고, 적시의 정보와 근거와 지지를 주는 데 도움을 준다.

8. 목표 no. 8 - 양식 발전을 위한 재정적 지원의 최적 이용과 획득

수행지표

PNDA의 수행지표로는 관련 기관의 어업통계와 구체적인 자료가 될 것이다.

10.1 국내·국외 시장에서 상업화된 양식 생산품의 품질, 생산성, 물량을 증가시킨다.

- 양식수산물 수확의 물량을 늘린다(단위:MT)
- 국내에서의 상업화 양식수산물 물량을 증가시킨다(단위:MT)
- 국외에서의 상업화 양식수산물 물량을 증가시킨다(단위:MT)
- 양식수산물의 수출 물량을 늘린다(단위:USD)
- 양식수산물의 소비를 늘린다.(단위:Kg/1인/년)

10.2 민간투자를 늘린다.

- 양식업 민간투자를 늘린다.
- 양식발전을 위한 대출을 늘린다.
- 양식발전을 위한 대 중소기업에 양도와 허가를 늘린다.
- 해수면 내수면 모두 양식 발전을 위한 공간을 확장시킨다.(단위:헥타르)

10.3 국내 양식 사료(종자나 balanced food)의 증진

- 참새우 종묘의 생산/총 수요
- 송어 종묘의 생산/총 수요
- 재조직되고 보강된 양식 센터

10.4 양식의 생산, 상업화를 위한 교육, 트레이닝, 기술 지원서비스 발전의 증진

- 양식업에서의 트레이닝과/혹은 확장 프로그램을 담당하는 지방 정부의 수
- 각 지역에서 양식되는 양식 종묘 당 양식장의 수
- 각 종묘의 양식단계 당 프로토콜 수

10.5 양식장에 직접 제공되는 건강 서비스의 발전을 증진한다.

- 양식 건강 서비스를 제공하는 기관의 수

10.6 양식업의 조사, 발전, 적용과 기술 이전의 증진

- 양식업과 관련된 조사 프로그램의 수

10.7 양식업의 발전을 위한 정책과 프로그램의 효율적인 준비와 이행을 위해 적합한 조직 구조와 인재 양성의 보유

- 중앙정부와 지방정부에 보고되는 트레이닝 프로그램(기술, 경영, 시장 측면에서의 계획, 이행, 양식업의 공공정책의 접근)의 수

- 양식 통계 자료의 수집과 해석에 대한 적합한 역량을 보유한 지방정부 수

10.8 양식발전을 위한 재정적 지원의 최적 획득과 사용

- 정부차원에서의 양식의 홍보, 증진, 발전을 위한 공적재정의 증가
- 양식조사기금의 실행

양식업의 2015년까지의 목표

이 목표들을 달성하는 것은 PNDA를 이행하는 과정에 있어서 Action Plan의 효율성이 질적 양적으로 평가받는 데 도움이 될 것이다. 2015년까지 페루 양식업이 달성해야 할 목표가 세워졌다.

11.1 국내·국외 시장에서 상업화된 양식 생산품의 품질, 생산성, 물량을 증가시킨다.

- 양식수산물 수확의 물량을 95-110천MT로 늘린다.
- 국내에서의 상업화 양식수산물 물량을 16-18천MT로 늘린다.
- 국외에서의 상업화 양식수산물 물량을 25-27천MT로 늘린다.
- 양식수산물의 수출 물량을 170-186백만USD로 늘린다.
- 양식수산물의 소비를 0,86-0,94kg/1인/년)

11.2 민간투자를 늘린다.

- 양식업 민간투자를 50% 늘린다.
- 양식발전을 위한 대출을 100% 늘린다.
- 양식발전을 위한 대 중소기업체에 양도와 허가를 20% 늘린다.
- 해수면 내수면 모두 양식 발전을 위한 공간을 15%확장시킨다.

11.3 국내 양식 사료(종자나 balanced food)의 증진

- 참새우 postlarvas 수입의 30% 감소(national seed production supplies the 30%of total demand)
- 송어 ova 수입의 50% 감소(고품질 송어의 공급은 조사의 성공에 달려있다)
- 7개의 재조직되고 보강된 양식 센터

11.4 양식의 생산, 상업화를 위한 교육, 트레이닝, 기술 지원서비스 발전의 증진

- 12개 양식업에서의 트레이닝과/혹은 확장 프로그램을 담당하는 지방 정부
- 6개의 각 지역에서 양식되는 양식 종묘 당 양식장
- 한 개의 각 종묘의 양식단계 당 프로토콜

11.5 양식장에 직접 제공되는 건강 서비스의 발전을 증진한다.

- 4개의 양식 건강 서비스를 제공하는 기관(북부, 중부, 남부, 동부에 각 한 개 씩)

11.6 양식업의 조사, 발전, 적용과 기술 이전의 증진

- 4개의 양식업과 관련된 조사 프로그램의 수(어류, 갑각류, 패류, 조류에 각 하나의 조사프로그램)

11.7 양식업의 발전을 위한 정책과 프로그램의 효율적인 준비와 이행을 위해 적합한 조직 구조와 인재 양성의 보유

- 한 개의 중앙정부와 지방정부에 보고되는 트레이닝 프로그램(기술, 경영, 시장 측면에서의 계획, 이행, 양식업의 공공정책의 접근)

- 한 개의 실행되는 National Network of Aquaculture Information

- 12개의 양식 통계 자료의 수집과 해석에 대한 적합한 역량을 보유한 지방정부

11.8 양식발전을 위한 재정적 지원의 최적 획득과 사용

- 정부차원에서의 양식의 홍보, 증진, 발전을 위한 공적재정의 60% 증가
- 양식조사기금의 실행

Action Plan

Action plan은 PNDA가 우선시 해야할 조치들을 명시하고 있다. 우선시 해야 할 조치들이란 것은 페루의 양식업을 발전시키기 위한 정부 기관이나 기타 양식업 관련 주체들이 PNDA(2010-1015)기간 중에 따라야 할 전략적 가이드라인의 적용에 도움을 준다.

그것과 관련하여, Action Plan은 PNDA(2010~2015)의 목적과 전략적 가이드라인을 성취하는 데 기여하는 구체적인 조치들을 포함하고 있다.

부록1 - 워크샵에 참여한 기관

1.- Public Institutions

- Deputy Minister's Office for Fisheries - PRODUCE
- General Aquaculture Directorate - PRODUCE
- General Legal Counseling Office - PRODUCE
- Fisheries Development Fund - FONDEPES
- Peruvian Marine Research Institute - IMARPE
- Fishery Technological Institute - ITP/SANIPES
- Sierra Exportadora - SIEX
- Commission for the Promotion of Peru for Export and Tourism - PROMPERU
- National Institute for the Defense of Competition and Intellectual Property - INDECOPI
- National Science, Technology and Technological Innovation Council - CONCYTEC

2.- Regional Governments

- Regional Directorate of Production of Ancash
- Regional Directorate of Production of Ayacucho
- Regional Directorate of Production of Junín
- Regional Directorate of Production of Loreto
- Regional Directorate of Production of Madre de Dios
- Regional Directorate of Production of Piura
- Regional Directorate of Production of Puno
- Regional Directorate of Production of San Martín
- Regional Directorate of Production of Ucayali

3.- Private Sector

- Gam Corp. S.A.
- Alicorp - Nicovita S.A.
- Acuicultura y Pesca S.A.C. - ACUAPESCA
- Piscifactorías de los Andes S.A. - PISCIS
- Paracas S.A.
- Ecoacuícola S.A. - ECOSAC
- Acuícola Los Paiches S.A.C.
- IPECMAR

4.- Other Institutions

- The Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO
- Centre for Marketing Information and Advisory Services for Fish Products in Latin America and the Caribbean - INFOPECSA
- Latin American Organization for Fisheries Development - OLDEPECSA
- National Fisheries Association - SNP
- Peruvian Association of Exporters - ADEX
- Puno's Trout Farmers Association - APT Puno
- Peruvian Prawn Farmers Association - ALPE
- Artisanal Fishermen Association for Technology and Cultivation of Bahia Independencia
- Civil Association of Support to Fishery and Aquaculture Communities - ACACPAP
- Universidad Nacional Agraria La Molina (National University) - UNALM
- Support Program for Artisanal Fisheries, Aquaculture and Environmental Sustainable Management" - PROPECSA
- CETMAR - Xunta de Galicia
- Intelligence Project for the Aquaculture Investment in Peru - CENTRUM - PUCP

7. 대한민국과 중화인민공화국간 수출·입 활수생동물의 검사·검역

[시행 2011.6.15] [농림수산식품부고시 제2011-91호, 2011.6.15, 일부개정]

농림수산식품부(양식산업과), 044-201-2745

제1조(목적) 쌍방은 호혜평등의 원칙위에 양국의 관련법령 및 규정에 따라 수출·입활수생동물의 위생안전 확보 및 질병전파 방지를 위하여 활수생동물 위생분야에서의 협력을 강화한다.

제2조(협력분야) 이 약정에서의 협력은 다음 사항을 포함한다. ① 상대국으로 수출하는 활수생동물의 위생 및 안전을 보장

- ② 활수생동물의 위생 및 안전분야의 법률, 규정, 기술 및 질병에 관한 정보 등의 교환을 위하여 상호간 관계공무원 및 전문가의 교류와 방문을 위해 도움을 제공
- ③ 정기적으로 활수생동물 검사 및 검역기술 분야의 협력연구를 수행
- ④ 양국간 활수생동물 무역상의 기술적인 문제를 해결
- ⑤ 쌍방이 결정하는 기타분야에서의 협력

제3조(적용대상) 이 약정은 인간이 소비하거나 이식[종묘(種苗) 및란(卵)]을 포함을 위하여 수출·입되는 모든 활수생동물에 대하여 적용한다.

제4조(양식장의 등록) ① 상대국으로 수출하고자 하는 양식산 활수생동물은 반드시 수출국의 검사·검역기관에 등록된 양식장에서 생산되어야 한다. 수출국은 등록된 양식장의 명단을 상대국의 검사·검역기관에 통보하여야 한다.

- ② 수출국의 검사·검역기관은 등록된 모든 양식장에 대하여 검사 및 감독을 실시하고, 적절한 위생 및 검역기준에 따라 관련기록을 유지하여야 하며, 수출되는 활수생동물이 수입국의 위생기준에 적합하다는 것을 보증하여야 한다.
- ③ 양국의 검사·검역기관은 상호간 등록된 양식장에 대하여 위생안전에 관한 점검을 실시하고, 상대국의 점검활동을 위하여 편리한 조건을 제공한다.

제5조(검사·검역기관) ① 양국의 수출·입활수생동물에 대한 검사·검역 및 위생(검역)증명서 발급업무는 아래의 기관이 담당한다.

- 가. 대한민국은 농림수산검역검사본부 및 검역검사소 또는 사무소
- 나. 중화인민공화국은 각 지역의 출입경검험검역국

- ② 양국은 이 약정의 시행이전에 제1항에 의하여 지정된 검사·검역기관의 명단을 상대국에 통보하고, 변경이 있는 경우에는 즉시 변경된 명단을 통보한다.
- ③ 양국은 이식용활수생동물 검역과 관련, 질병항목별 검사를 수행할 검역기관의 명단을 상대국에 통보하고, 변경이 있는 경우에는 즉시 변경된 명단을 통보한다.

제6조(검사·검역의 방법 및 기준) ① 양국은 아래의 방법 및 기준에 따라 수출·입활수생동물에 대한 검사·검역을 실시한다.

- 가. 관련 국제기구에서 권장하는 방법 및 기준, 또는
- 나. 수입하는 국가에서 사용되고, 양국이 인정하는 검사·검역방법 및 기준

- ② 양국은 이 약정의 시행전에 자국의 수출·입활수생동물에 대한 검사·검역방법 및 기준을 상대국에 통보한다.

제7조(수출전의 검사 및 검역) 수출하고자 하는 활수생동물은 다른 제품과 혼합되지 않도록 수출국 정부가 인정하는 시설에 격리하여야 하며, 다음의 요건에 따라 검사·검역을 하여야 한다. ① 수출용 활수생동물이 이식 또는 종묘용으로 이용되고, 상대국의 양식환경으로 들어갈 경우에는 활수생동물의 질병을 검

역한다.

- ② 수출용 활수생동물이 인간이 소비하는 용도로 이용되는 경우에는 인체에 유해한 병원체, 독소 및 잔류물질을 검사한다.
- ③ 수출용 활수생동물을 포장하는 경우, 다음의 조건에 적합하여야 한다.
 - 가. 새로운 것 또는 소독된 포장용기를 사용하고, 수입국의 위생 및 질병방지 요건에 적합하여야 하며, 내용물의 누출·토양의 혼입 및 인간의 건강뿐만 아니라 토양·동식물에 해로운 살아있는 생물의 전파를 방지하여야 한다.
 - 나. 포장의 표면에는 활수생동물의 원산지, 중량 및 수량, 품명을 표시하여야 하며, 양식된 활수생동물의 경우에는 등록된 양식장의 명칭 및 등록번호를 추가로 표시하여야 한다.
 - 다. 내부 포장재료는 투명하고 쉽게 검사할 수 있어야 하며, 각 포장용기에는 한 종류만 포장하여야 한다. 용기에는 활수생동물이 생존하기에 적합한 수량을 포장하여야 한다.
 - 라. 포장시 사용되는 용수 및 얼음은 인간의 건강 또는 활수생동물에 해로운 물질 및 병원성 미생물 또는 수생생태계에 해롭거나 수생생태계를 파괴시킬 수 있는 수생동물이 포함되어서는 아니된다.

제8조(위생·검역증명서의 발급) ① 상대국으로 수출하는 활수생동물은 수출국의 검사·검역기관이 발급한 위생증명서를 첨부하여야 하며, 위생증명서는 수입하는 국가에서 규정하고 있는 검사 및 검역기준에 적합하다는 것을 보증하여야 한다. 양국은 상호인정을 위해서 미리 위생증명서 양식을 교환한다.

- ② 수출하는 국가는 수출하는 활수생동물에 대하여 표준적으로 사용하는 위생증명서를 사용하여야 한다.

제9조(수출·입의 중단) ① 수출국의 영토내의 어느 지역에서 수생동물 질병이 발생한 경우, 해당지역 활수생동물의 수입을 잠정적으로 중단한다.

- ② 활수생동물에 대한 검사·검역결과 위생 및 안전에 관한 문제가 발생한 경우, 수입국은 그 문제가 완전히 해결될 때까지 관련이 있는 지역 또는 양식장에서 생산되는 활수생동물의 수입을 잠정적으로 중단할 수 있다.
- ③ 수입중단 조치는 양국간의 협의로 해제할 수 있다.

제10조(통보체제) ① 어떤 일방에서 중대한 활수생동물 질병 또는 수질오염이나 수산물에서 기인한 식중독이 발생하는 경우 즉시 상대국에게 통보해야 한다.

- ② 어떤 일방에서 활수생동물의 검사·검역과 관련되는 법률·규정·기준·방법 또는 절차 등을 개정 또는 추가하는 경우에는 변경사항이 시행되기 전에 상대국에게 통보하여야 한다.
- ③ 양식장이 추가로 등록되는 경우 상대국에게 이를 통보하여야 한다.
- ④ 수입된 활수생동물에서 해롭거나 유독한 물질 또는 질병이 검출되는 경우, 문제에 대한 조사를 하도록 수입국은 즉시 수출국의 검사·검역기관에 이를 통보하여야 한다.

제11조(협의체제) ① 쌍방은 양국간 수출·입활수생동물의 검사·검역에 대한 문제를 해결하기 위하여 정기적으로 실무회의를 개최하고, 긴급한 사항이 발생하는 때에는 그 문제를 해결하기 위하여 수시로 협의한다.

- ② 쌍방은 제1항에 의한 실무회의를 교대로 개최한다.

제12조(전문가의 교환 등) 양국은 상대국에 관계공무원 또는 전문가를 파견할 수 있으며, 이 경우 여행경비 및 숙박비용은 파견국가에서 부담한다. 파견을 받는 국가는 양식장에 대한 위생점검, 검사·검역방법의 모니터링 및 수출·입활수생동물의 검사·검역에 관한 분야에서의 협력을 증진하기 위하여 점검을 수행할 수 있는 조건을 제공한다.

제13조(약정의 발효) 이 약정은 서명 후 6개월 이후부터 효력이 발생하며, 최초 5년동안 효력을 유지한다. 일방의 당사자가 이 약정의 종료의사를 6개월 전에 문서로 다른 당사자에게 통보하지 아니하는 한 그 이후 다음 5년의 기간동안 계속하여 유효하다.

제14조(약정의 개정) 이 약정은 쌍방의 상호 협상으로 수정 혹은 개정될 수 있다.

부칙 <제2011-91호, 2011.6.15>

- ①(시행일) 이 고시는 2011년6월15일부터 시행한다.
- ②(재검토 기한) 이 고시는 2014년6월14일까지 “훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정(대통령훈령 제248호)” 제7조제3항제2호에 따라 재검토하여야 한다.