

양식산업의 21C 선진화 촉진을 위한 최첨단 대규모 유전능력 평가 프로그램 개발

최대경

국립수산업과학원·패류육종연구센터

수산 양식 산업에서의 생산성 증대는 육종, 번식, 질병, 사료, 가공 및 유통 등 모든 분야에서 다루는 가장 기본적이면서도 궁극적인 목적이라고 할 수 있다. 이러한 생산성 향상은 오래전부터 기술적인 테크닉 향상이나 양식방법의 개선 및 사료의 효율성 증대 등 수많은 연구를 통하여 많은 성장을 이루어 왔다. 그러나 양식기술에만 의존한 생산성 향상은 대상 생물의 질적·양적인 품질 저하, 질병의 발생 등 많은 문제점을 야기시키고 있다.

한편, 종묘를 생산하는 친어집단에서의 유전적 개량을 통한 생산성 증대는 다른 모든 분야에 우선되는 기본적인 전제 조건이라고 할 수 있다. 이러한 필요성에 따라 가축이나 양식 어패류를 비롯한 생물의 유전적 개량을 위한 실무적인 기술 및 이를 뒷받침하기 위한 제도적 장치들이 전 세계적으로 끊임없이 개발되고 있고 산업 전반에 적용되고 있는 실정이다. 그러나 우리의 수산생물에 대한 육종연구는 그동안 너무도 쉽고 안이하게 생각되어온 면도 적지 않았다. 특히 선발육종 연구에 대한 인식은 그저 눈으로 판단하여 주먹구구식으로 후대를 생산하면 그대로 육종이 되는 것으로 여겨져 온 것이 사실이다. 이는 육종연구에 있어 수산생물이 육상생물과 매우 다른 특이적 생물특성을 지니고 있다는 것도 하나의 이유이겠지만, 근본적으로는 육종에 대한 편협한 시각

과 정보의 부족에서 비롯된 일이라 할 수 있다. 그것이 수산생물에서의 선발육종에 대한 우리의 현실이며, 지금까지도 이러한 수준에서 크게 벗어나지 못하고 있다.

선발육종이란 다른 말로 양적유전학을 바탕으로 하는 통계육종이란 용어로도 사용되고 있으며 이처럼 육종은 통계라는 정확한 분석법에 의한 유전학적 분석에 의해 이루어지는 것이다. 유전학 역시 멘델의 법칙이라는 통계에서 비롯된 것임을 상기해보면 쉽게 이해가 되는 부분이라고 할 수 있을 것이다. 우리는 이제 이러한 통계육종을 수산생물에 대한 육종연구의 일환으로 본격화하면서 대규모 육종연구를 시작하려고 하고 있다. 그러나 이미 오래전부터 수산 선진국들은 이러한 방법의 도입으로 수많은 성과를 거두었으며 세계 수산 선진을 이끌고 있다.

한편, 이미 축산에서는 동물의 육종이라는 면에서 우리와 동일하지만 수산과는 비교하기 어려울 만큼 큰 성과들을 내놓고 있으며 그 육종 역사 역시 새삼 언급할 필요가 없을 만큼 길다고 할 수 있다. 일부 주변국들에서는 우리가 시행하려고 하는 수산 육종연구가 양식산업에의 직접적인 공헌을 위한 대규모 육종프로그램의 개발 단계까지 발전한 것에 대단히 놀라고 있으며 부러운 시선을 보내고 있다.

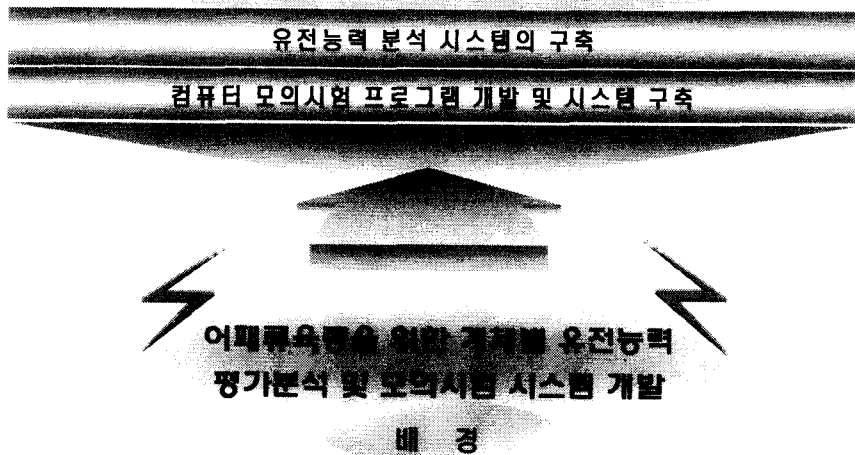
이러한 시점에서 우리가 스스로 경쟁력을 갖추기 위하여 현존하는 육종에 대한 여러 어려움, 예를 들면 많은 시간과 경비부담 및 고도의 전문지식과 테크닉의 이용 등등을 과감히 해결하여 산업으로의 적용이라는 가시화된 목표를 위해 전념해야할 시점이라고 판단된다. 좀 더 적극적이고 구체적인 방법으로 산업에 다가가고 산업에 기여할 수 있는 방법을 모색하는 것이 양식산업에 대한 육종의 역할이며, 또한 스스로의 경쟁력을 최대한 높일 수 있는 가장 적극적인 방안은 부가가치가 높은 육종에 의한 우수한 품종 개량일 것이

다(그림 1).

가. 추진배경 및 필요성

국립수산과학원이 지난 2004년도 2월 조직개편 시 어류육종연구센터 및 패류육종연구센터의 두 개의 전문 육종연구센터를 새롭게 탄생시키면서 자연스럽게 육종연구의 규모가 연구실내의 모델 연구수준을 벗어나 산업적인 규모로 연구가 수행되게 되었다. 그 연구결과 또한 바로 산업화라는 것에 그 목적을 두고 있다. 이러한 육종연구의 대

“과학적이고 체계적인 육종”을 통한 수산발전



- 통계적인 육종연구를 통하여 연구효과의 기대감 증대
 - 다양한 어패류에 대한 통계적인 육종에 의한 개량효과 기대
 - 양식산업 및 기술의 발전을 통한 통계를 위한 기초자료 확보 추진
- 어패류 양식산업의 발전 및 유전자원 보존의 필요성 증대
 - 양식산업의 발전과 규모화에 따라 육종에 따른 경제적 효과 민감
 - 체계적이지 못한 치패(또는 치어)선택에 의한 유전자원 고갈 및 도태
- 우수어패류의 과학적인 육종과 DB의 필요성 증대
 - 다양한 유전자원의 관리를 통한 육종의 필요성 증대
 - 객관적인 항목의 DB 구축에 대한 설계 부재

그림 1. 어패류 육종을 위한 대규모 유전능력 평가프로그램 개발의 필요성.

규모화를 시도하면서 산업적인 규모(결과가 바로 산업화에 적용되는)로 시작이 되고 있고, 수산에 대한 육종연구가 본격적으로 진행됨에 따라 수산생물에 특성화된 대규모화·전문화된 기록관리 및 보다 정확한 평가와 예측기능을 가진 평가 프로그램 그리고 예측 프로그램 등 능력분석 프로그램 개발의 필요성이 더욱 대두되게 되었다.

수산생물에 대한 유전적 개량에 의한 생산성 향상 연구는 전 세계적으로 대규모화되고 체계적인 연구가 수행되고 있으며, 해외 수산 및 축산 선진국에서는 유전자원 개량을 위한 전문 프로그램을 독자적으로 개발하여 산업적인 규모의 육종에 널리 사용하고 있고, 그 대표적인 예가 물고기 개체별 유전능력 계산(노르웨이 국가유전자원보고서, 2002), 국가차원 가축개량에 BLUP도입(미국/캐나다, 1989) 등 이다. 이처럼 전 세계적으로 육종연구는 각각의 대상 생물에 가장 적합하게 설계된 프로그램들을 각자 개발/적용하여 체계적인 개량사업을 수행하고 있다.

그러나 우리나라에서는 수산생물을 대상으로 한 산업적 대규모 분석을 위한 육종 프로그램은 아직 없는 실정이며, 보다 효율적이고 강력한 개량 수단을 갖추기 위해서는 아래에서와 같은 수산생물에 특화된 육종프로그램들이 필요하다.

1) 육종용 후대생산을 위한 계획교배 혹은 맞춤형 서비스 교배 프로그램 (수천 혹은 수만의 개체 중에서 극소수의 개체만이 후대 생산용 어미로 사용되는 수산동물에 특화된 육종프로그램).

- 능력검정 기록, 혈통 기록의 효율적 관리/이용을 위한 데이터베이스
- 유전율, 상가적 유전상관, 표현형 상관 등 유전모수 추정 프로그램

- 개체별 유전능력 추정 프로그램
- 육종된 후대의 육종가(육종개량량)의 사전 예측 프로그램

2) 수산생물 육종 관련 컴퓨터 시뮬레이션 프로그램

- 실제 육종산업 현장에서 이루어지고 있는 현상에 대한 컴퓨터 모의 시험을 통한 사전 예측
- 육종 예상결과를 컴퓨터 모의시험을 통해 구현하여 대상 생물의 특성에 가장 적합한 육종계획 수립

육종연구의 산업적 규모 및 산업화 적용에 있어서는 이미 오랜 know-how를 보유한 축산의 육종연구 프로그램을 이용하는 것도 하나의 방법이겠지만, 축산과 수산생물은 육상과 수중이라는 서식처 자체만으로도 큰 차이를 가지며, 이에 따른 다양한 생물학적인 특징적 차이를 가지고 있기 때문에 그대로의 적용은 상당한 무리가 따른다. 따라서 수산생물, 특히 개량하고자 하는 대상종에 가장 적합한 육종 프로그램을 개발하는 것이 육종의 목적에 가장 부합되는 결과를 가져올 수 있는 방법일 것이다. 이러한 육종 프로그램은 육종연구를 기획하고 품종 개량을 실시하는 직접적인 근거자료가 됨과 동시에 그 분석 결과가 다시 육종연구를 위한 프로그램의 업그레이드 자료가 될 것이다.

상기에서와 같은 필요성에 입각하여, 국립수산과학원 패류육종연구센터에서는 어패류의 육종 효율을 극대화를 목적으로 육종 대상종에 특화된 유전능력 평가분석시스템 및 컴퓨터 시뮬레이션 시스템의 개발에 착수하고 있다(그림 2).

컴퓨터 시뮬레이션의 경우, 유전능력평가에 의

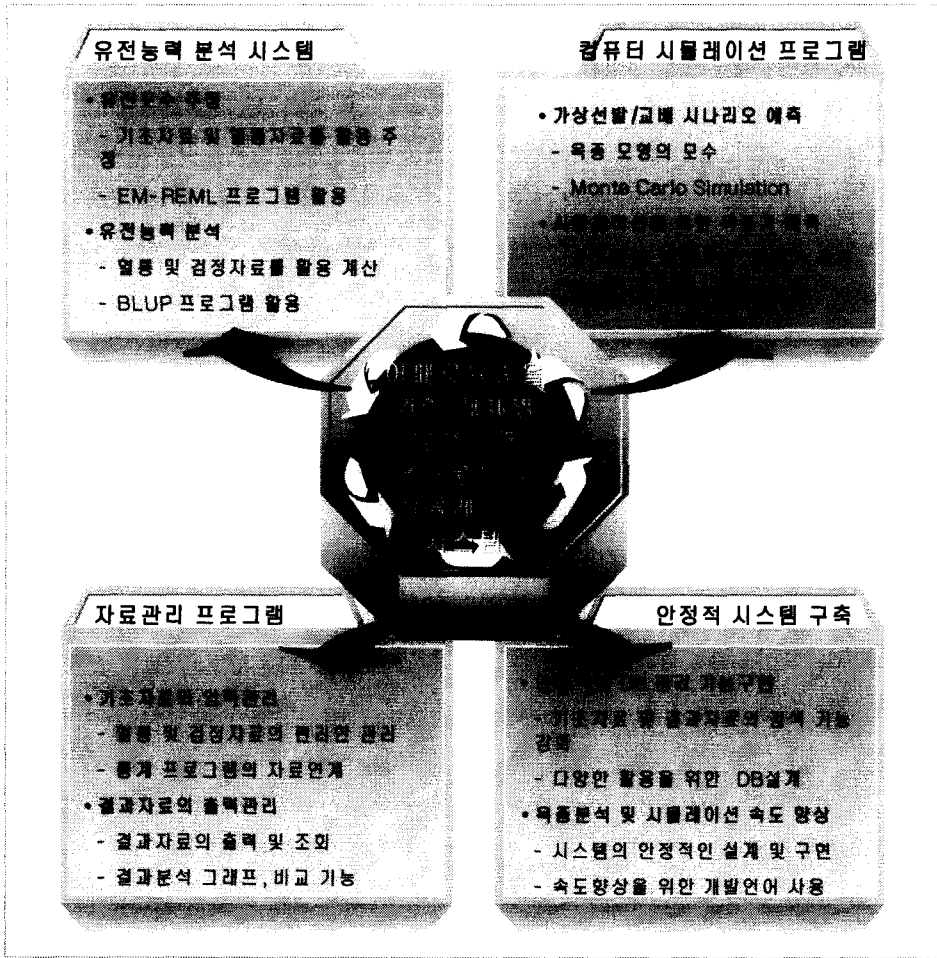


그림 2. 어패류 육종을 위한 개체별 유전능력 분석 및 컴퓨터 시뮬레이션 시스템 모식도.

해 우수한 개체나 가족, 집단이 결정되면 이를 바탕으로 예견될 수 있는 모든 가상현실을 컴퓨터 내에서 구현하여 일어날 수 있는 모든 결과를 사전에 예측해 볼 수 있다. 이러한 방법을 통하여 선발 혹은 도태되는 개체, 가족 및 집단들을 사전에 결정한 후 교배 디자인을 수립하고자 할 때, 충분한 가상현실의 구현을 통해 목표 도달의 가능성 및 기타 유전적인 변화에 대한 예측을 해봄으로써, 가장 이상적인 육종 기획이 수립될 것이다. 예를 들면, 우수한 개체의 순위가 결정된 다음 선발을 하고자 할 때, 선발을 30% 혹은 20%,

15%, 25%, 35%로도 할 수가 있다. 또한 선발할 가족의 수나 개체의 수 및 암수의 개체수도 다양한 선택방법이 존재한다. 물론 교배에 있어서도 암수의 비율을 1:2, 혹은 1:3, 1:1, 1:5, ... 등 또한 가족의 수나 개체의 수도 얼마든지 생산이 가능하다. 수십에서 수백 혹은 그 이상까지, 50가족, 100가족, 150가족도, 200가족, 250가족 그 이상도 생산할 수가 있으며, 개체수도 수십에서 수천, 수만, 수백만까지도 생산할 수 있다. 이와 같이 선발 방법 및 교배디자인의 작성에 있어 다양한 경우가 있을 수 있다. 또한 이러한 형태로 5세대, 10세

대 등 그 후의 결과가 어떻게 될 것인가 하는 것 등을 사전에 시뮬레이션을 통하여 예측할 수가 있다. 즉, 육종용 후대 생산을 위한 최종적인 교배 디자인은 사전 예측 결과를 모두 종합하여 검토한 후에 그 검토 결과를 근거로 하여 가장 적합한 방법으로 수립되어 질 수가 있다.

나. 시스템 개발 내용

육종 프로그램이 양식 산업에의 직접적인 적용을 위한 시스템 개발내용을 대략적으로 보면 크게 세 부분으로 나뉘어 아래와 같이 설명할 수 있다.

- 개체별 기록(혈통, 능력) 관리/조회 데이터베이스 시스템
 - Performance REcords and Pedigree Analysis & REtrieval Database system for Fish and Shellfish (PREPARED-Fish and Shell)
 - 개체별 혈통 기록관리/분석: 교배 기록관리, 혈통추적, 근교계수, 혈연계수 등
 - 개체별 능력 기록관리/분석: 개체별 능력 검정기록 관리/기술통계분석
 - 유전능력분석을 위한 기초자료 생성
- 유전능력 분석시스템 구축
 - GENetic Evaluation SYstem for Fish and Shellfish (GENESYFIS)
 - 개체별 유전능력분석 프로그램
 - 유전모수(유전력, 유전상관 등) 추정 프로그램
 - 분석결과 검증 프로그램
- 컴퓨터 모의시험 프로그램 개발 및 시스템 구축

○ SIMulation system for Fish and Shellfish(SIM Fish and Shell)

- 가상 선발/교배 시나리오에 따른 결과 분석 프로그램
- 육종된 후대의 육종가(육종개량량)의 사전 예측

다. 프로그램 개발효과

이와 같은 프로그램의 개발은 다음과 같은 다양한 효과를 가져다 줄 것으로 기대된다(그림 3).

우선, 개체별 유전능력의 정확한 추정을 통한 정확한 개체선발과 이를 이용한 개량효율 극대화를 기대할 수 있다. 이에 따라 능력 검정기록 활용 극대화, 정확한 선발을 통한 개량속도 증진 및 예상 개량량과 실현 개량량의 비교를 통한 문제점 등의 파악이 가능하게 된다.

두 번째로는 개체별 혈통 및 기록관리의 전산화를 통한 정확성 및 효율성 증대이다. 혈통/능력 검정기록을 전산화하여 관리함으로써, 검정기록을 수기 및 입력하는 단계에서 발생할 수 있는 문제를 전산 입력과정에서 미리 점검하여 능력검정 초기 단계에서 발생할 수 있는 문제점의 최소화가 가능하며, 혈통기록 및 근교계수, 혈연계수 등을 실시간으로 조회가 가능하여 혈통관리, 교배관리에서 발생할 수 있는 오류를 최소화할 수 있다.

마지막으로는 가상 개량 시나리오에 따른 결과를 미리 예측하여 개량사업의 시행착오 방지 및 연구효율의 극대화를 가져 올 수 있다. 가상 개량 시나리오에 따른 결과를 미리 예측할 수 있다는 것은 다양한 개량체계를 수립하여 이의 효과와 문제점을 미리 분석 및 추정해 볼 수 있으며, 이에 따른 시행착오를 최소한으로 줄일 수 있어 연구 예산 절감, 연구 효율성 증대 등의 효과가 있다.

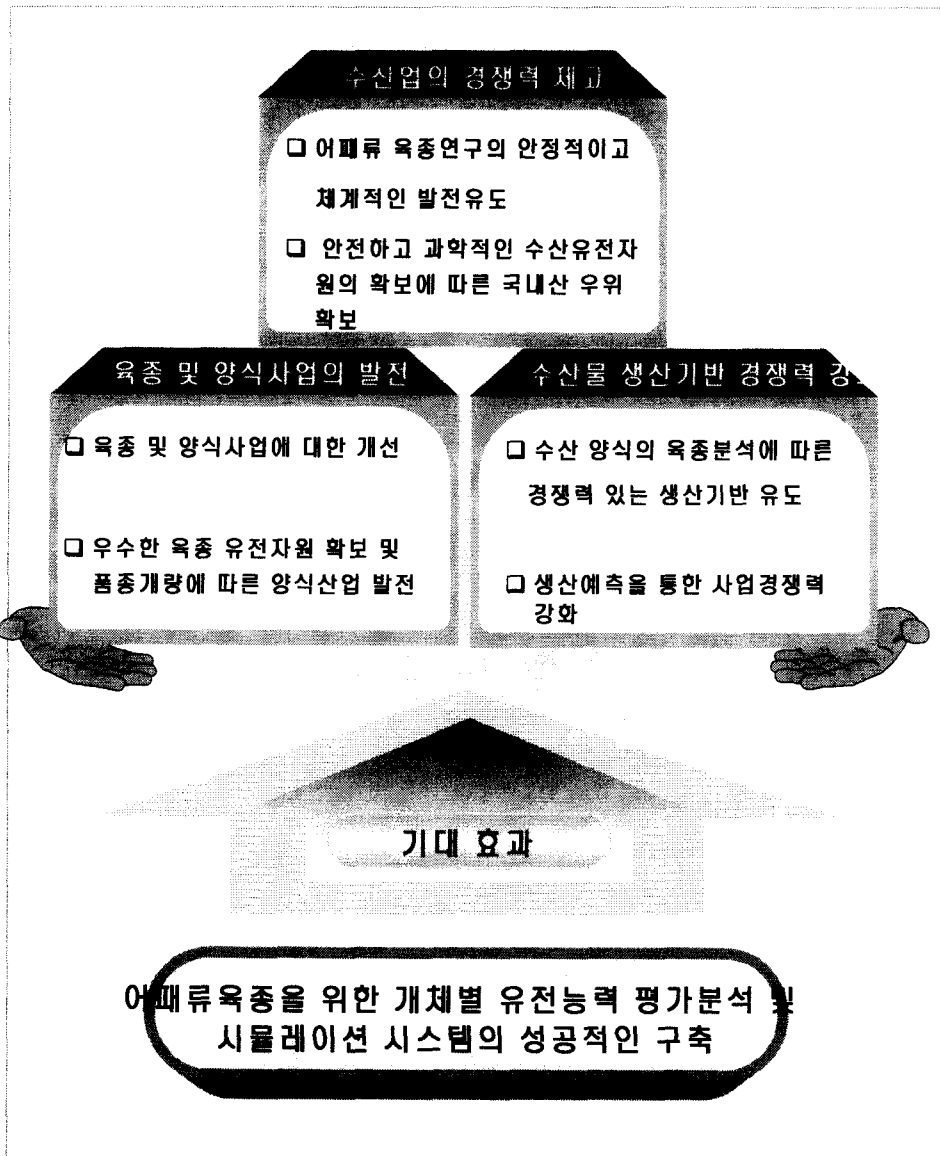


그림 3. 어패류 육종을 위한 개체별 유전능력평가분석 및 시뮬레이션 시스템 구축에 따른 기대효과.

유전능력 평가프로그램 개발의 가장 중요한 목적은 육종 연구자가 자손 중에서 우수한 능력을 가진 것을 선발할 수 있도록 개체간 혹은 가족간의 유전적 차이를 비교판단하게 하고, 형질의 능력 기록을 측정하고 기록 관리하는 것이다. 이러한 유전능력 프로그램의 자료들은 유전학적인 정보이외에도 부가적으로 산업적 적용을 위한 다음

과 같은 몇 가지의 활용적인 가치가 더 있다.

- 모든 개체의 경제적 주요 형질들의 기록을 체계적으로 관리할 수 있으며, 알려진 변이 요인에 대한 기록들을 보정할 수 있고(어미의 연령, 자손의 연령, 성, 기타)
- 선발될 개체 혹은 집단이나 도태시킬 것들

을 정하는데 기록들을 활용할 수 있으며,

- 영양관리 및 실무관리를 자손의 능력발현 조건에 적합하게 실시할 수 있다는 것이다.

한편 육종연구를 수행하고자 할 때 형질의 선발 혹은 각 형질들 중에 어느 것에 더 중점을 두고 선발 할 것인가 하는 것은 항상 대두되는 문제이고, 또한 이러한 모든 경제적 형질들에 대해 항상 선발을 실시할 수 있는 것도 아니다. 어떠한 형질들은 유전적 성질이 상반되는 경우도 있어 한 형질에 선발을 가할 경우 다른 한 형질에 대해서는 나쁜 영향을 줄 수 있다. 이러한 경우, 암수 혹은 대단히 드물게 나타나고 확인이 쉽지는 않으나 개체들이나 집단에서의 차이를 찾을 수 있으며, 이것을 유용하게 이용하면 성공적으로 유전적 상반효과를 피할 수도 있다. 따라서 대규모적인 육종연구를 시행하고자 할 때에는, 개체들의 혈통관리 및 유전능력 관리를 체계적으로 실시하는 것이 대단히 중요하며, 어패류 육종을 위한 개체별 유전능력 평가프로그램 및 컴퓨터 시뮬레이션 시스템 개발은 대상 어패류의 육종연구에 대단히 효율적으로 이용될 수 있다. 이로써 그동안 육종에 대한 막연한 상상과 기대 그리고 기대에 대한 불신과 단편적인 인식들을 좀 더 구체적이고 현실성 있고 과학적으로 접근하는데 크게 기여하게

될 것이다.

더 이상 육종이 상상이 아니며, 그 개량치를 직접 눈으로, 수치로 볼 수 있는 시대가 된 것이다. 또한 산업적 적용을 위한 대규모 육종 연구용 분석시스템 개발은 수산생물의 육종연구가 연구실내에서의 연구수준을 벗어나 직접 수산양식에 적용될 수 있고, 유전적인 개량을 좀 더 효율적으로 수행할 수 있게 되어 오랜 양식인들의 숙원인 육종에 의한 우수한 품종개발은 물론, 지적 보호를 외치며 급속도로 제도가 제정되고 있는 브랜드에 대한 로열티 문제의 대처로도 훌륭한 역할 수행을 기대할 수 있게 될 전망이다. 지금 우리는 급진적으로 가속화되어 가고 있는 경쟁 속에서 세계의 수산을 앞서 이끌고 나아가야만이 경쟁력을 갖출 수 있는 위기에 직면해 있다. 반면, 세계 유수의 수산 선진국들과 경쟁국들이 우리의 21C 수산 선진화를 위한 육종연구 착수에 대한 많은 관심을 나타내고 있다. 이러한 주변 정세를 감안하여 볼 때, 우리의 21C 수산양식 산업은 지금이 위기이자 기회인 것 같다. 어패류 육종을 위한 “개체별 기록관리 시스템 및 개체별 유전능력평가·컴퓨터 시뮬레이션 시스템 개발”이 이러한 위기를 기회로 바꿀 수 있는 가장 효율적인 방법 중의 하나가 될 것으로 기대하고 있다.