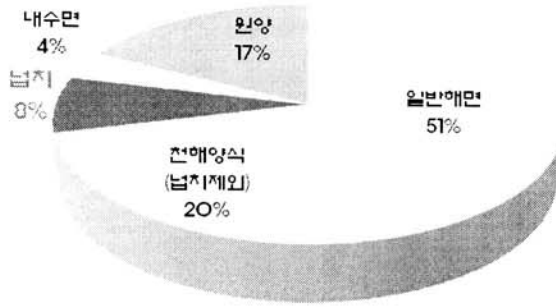

지속가능한 제주양식산업을 위한 암수판별법

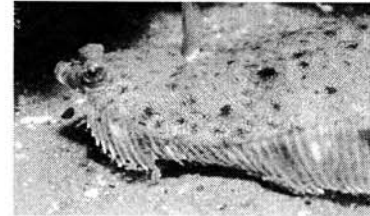
제주대학교 해양과환경연구소

임봉수

국내 넙치양식산업의 현황



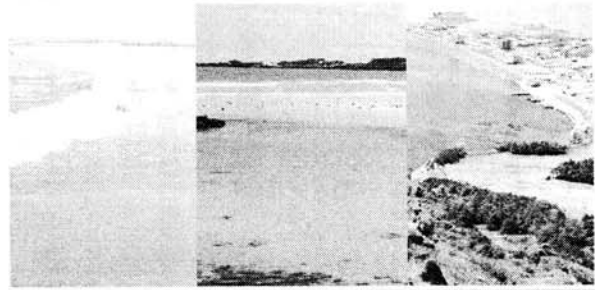
2007년 어업별 생산액 통계
(농림수산식품부 수산통계, 2007)



	생산량 (M/T)	생산액 (억원)
총계	3,270.727	57,687
일반해면	1,152.299	29,391
전해양식 (넙치제외)	1,344.769	11,601
넙치	41,016	4,392
내수면	26,760	2,231
원양어업	705.883	10,073

양식산업의 여건

- ◆ 환해성 바다로 둘러싸인 청정해역으로 경쟁력 비교적 우수
- ◆ 지하해수를 이용한 인위적 수온조절 가능
- ◆ 난류성 해양환경으로 양식산업에 유리한 조건



제주도 육상수조 양식장 현황

관하부 수조용 일목이지만 자세히 볼 수 있습니다.

구분	어류					전복					
	소계	육상수조식	애상기두리	확제식	중묘생산	소계	육상수조식	수미식	핀미식	중묘생산	
현황	424	341	279	7	2	53	83	29	4	18	32

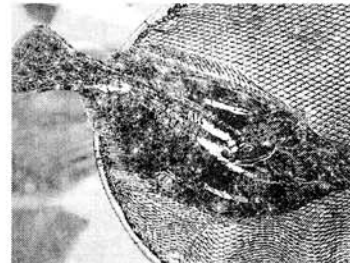
어류양식 279건 (66%), 어류 중묘 53건(13%)
전복양식 29건 (7%), 전복 중묘 32건 (8%)

제주해양바이오기술수준 평가

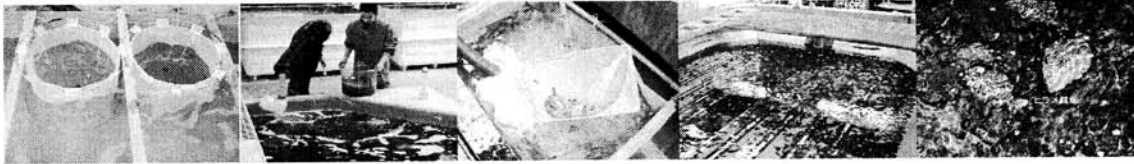
대분류	세분류	국내 수준	제주 수준	비고
신물질·소재 개발	신약물질 소재	60	30	도내 산업기반 취약으로 전문그룹 취약
	효소 생산	60	30	
	바이오분자소재	40	30	
	바이오센서	50	30	
	바이오살충제	30	20	
	바이오매스에너지	20	20	
생물공정 기술	해양오염복원	20	20	연구개발투자 부족
	바이오공정	60	40	도내 기업부족으로 연구개발 역량 미흡
양식기술	GM 어패류	80	60	선진기술을 도입소화 적용할 수 있는 기술 확보
	번식·종묘사육	80	80	수산양식 및 증식기술은 국내 최고수준의 기술력을 확보하고 있으며, 독자적인 기술혁신 역량을 갖추고 있음.
	성장·영양	80	80	
	어패류 질병대책	80	80	
	안전성·품질향상	70	70	
	유전자원 보존	40	40	국립수산과학원 수행
	어패류 실험모델	20	20	우리나라 전반적으로 연구가 미흡
해양생태 환경	생태환경보존	40	20	국가차원에서 추진해야 하는 과제
	지구환경 연구	30	20	국가차원에서 추진해야 하는 과제

제주도 양식산업의 문제점

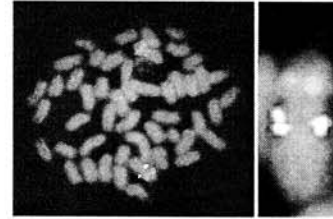
- **넓치 양식에 있어 기술과 경영의 비합리화**
 - 양성 위주 급증으로 중요 공급 불안정
 - 고밀도 사육으로 인한 질병 발생과 항생제 투여
- **지역특산 양식대상어종의 개발 부진**
 - 신품종에 대한 개발 소극적
 - 품종개량 미진
- **환경부하가 큰 유수식 양식시스템**
 - 양식장 배출수관련 민원 다발
 - 취배수로 시설로 인한 공유수면 훼손
 - 시설물(고가수조, 하우스)로 인한 미관 저해



- ◆ 최근 여름에 생산된 넙치 종묘를 도입한 넙치 육성 양식어가사이에서 눈에 띄는 성장 둔화로 인한 불만 고조
 - ⇒ 종묘 본래의 유전적 형질의 문제가 아닌 넙치 암수간의 성장의 차이
- ◆ 현재 넙치 양식에서는 거의 야생종과 같은 상태의 종묘가 양식 대상
 - ⇒ 양식의 효율화를 위해 품종개량의 필요
- ◆ 넙치 양식의 사육기술이나 생산량에서는 상당히 높은 수준까지 올라왔지만 아직 개선해야 할 사항 산재
 - ⇒ 친환경적인 자성화 유도 기술, 성성숙 억제 기술



척추동물에서 성결정과 생식선 분화



*Sox9, Ad4BP/SF-1, MIS
Dax1, WT-1, Wnt-4,
DMRT-1, etc.*

어류중 성염색체가 존재하는 비율
3만중중 50여중

**SRY/Sry에 의한 생식선 성분화에
대한 원인 불분명**

하등 척추동물

조류, 파충류, 양서류, 어류

*No SRY/Sry
or equivalent gene*

환경적 요인

온도 (파충류, 양서류)

수온 (어류)

사회적 구조 (어류)

환경호르몬

Sex steroid hormones

- ◆ 유전적 결정과 무관하게 환경적 요인에 의해 성이 결정된다.
- ◆ 환경요인도 단일 인자에 의한 것이 아니라 그 성질을 정량화 하기 힘든 복수의 인자에 영향을 받는다.



Environmental sex determination in fish

어류의 생식선의 성분화 방향은 유전적 결정과는 관계가 없고, 환경인자에 의해 영향을 받는 경우가 있다. 환경의 효과가 단일 인자에 의한 것이 아니라, 그 성질을 정량화 하기 힘든 복수의 인자에 영향을 받는다.

일본산 뱀장어, *Anguilla japonica*

동일 체장에서 성비(♀:♂)가,

자연산은 3:5

양식산은 1:28

⇒ 養鰻池의 상대적 고수온과 밀도에 의해 雄性化 (D'Ancona, 1959)



유럽산 뱀장어, *Anguilla anguilla*

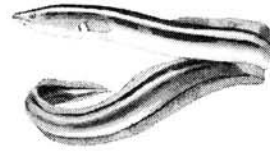
幼魚를 서로 다른 수온조건과 사료조건에서 사육

⇒ 연령, 수온, 영양과 상관없이

성분화 체장 15~25 cm에서 개시

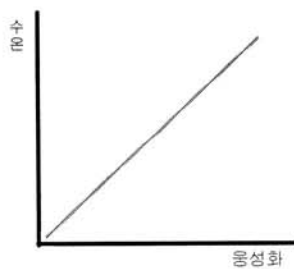
큰 개체에서는 雌, 작은 개체에서는 雄

(Kuhlman, 1975)

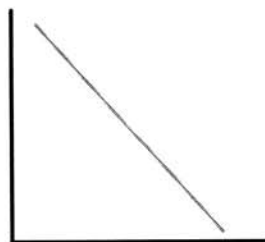


수온에 따른 어류의 응성화 출현 양상

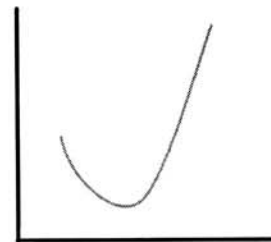
Type 1



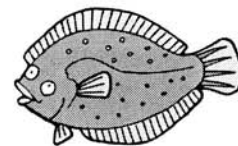
Type 2



Type 3



- ◆ 가자미과 어류에서는 저수온과 고수온에서 응성화
- ◆ 국내에서 체계적인 연구개발이 이루어진 적 없음



⇒ 친환경적인 자성화 유도 시스템 개발 절실

넙치의 고성장 암컷 생산의 의미?

암수간에 산업적 가치에 차이가 있는 어종 다수 존재

▶ 체성장 - 넙치, 뱀장어

雄 < 雌

틸라피아

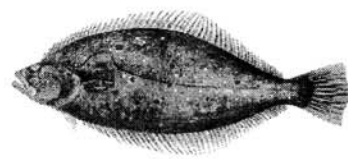
雄 >> 雌

▶ 체색 - 연어, 참돔

雄 < 雌

▶ 생식소 - 송어, 은어

雄 < 雌



현장 애로사항 -2: 조기 암수 판별



◆ 기존 암수 판별법:

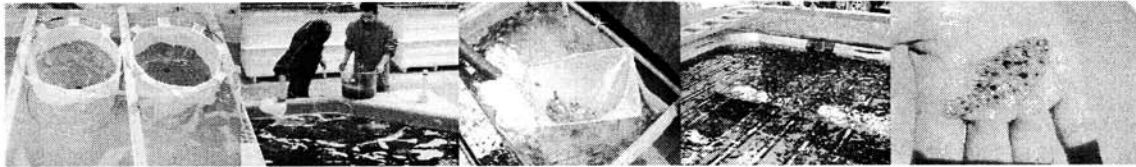
육안 관찰, 조직학적 관찰, 혈중 성스테로이드 측정, 난황단백질 측정

⇒ 일정 크기 이상에서만 가능, 검사자의 판별능력에 따른 큰 오차



◆ 조기에 암수를 구별할 수 있는 판별기법 부재

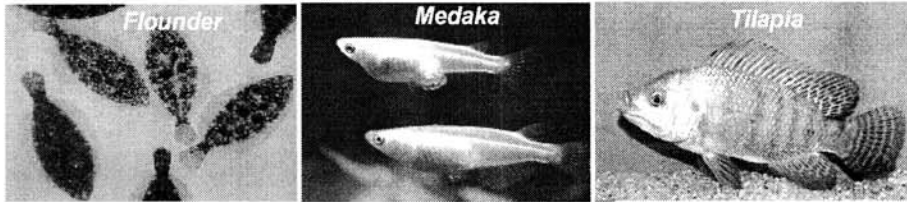
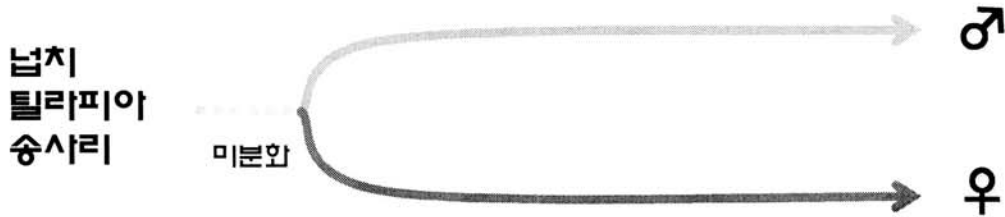
⇒ 새로운 marker 개발과 분석의 kit화로 빠르고 정확한 판별기법 개발



넙치의 성

雌雄異體現像(Gonochorism)

개체에 雄 또는 雌 어느 한쪽의 성만이 존재하는 현상



넙치의 성결정 기작

어류의 인위적인 성제어를 위해서는 대상어종의 성결정 기작 이해 필요

- ◆ 성결정을 주도하는 유전자 존재
e.g.) XX-암컷, XY-수컷
- ◆ 하지만,
유전적 암컷(XX)의 성분화는 유전적으로 확실하게 고정되지 않음
→ 환경적 요인(고수온)에 의해 생리적 수컷으로 성전환



양식에 있어 자성화 종묘 이용의 유효성

1980년대 중반부터 양식 넙치의 암수간에 성장차 확인
생후 1.5년 암수간 1.5배 체중차

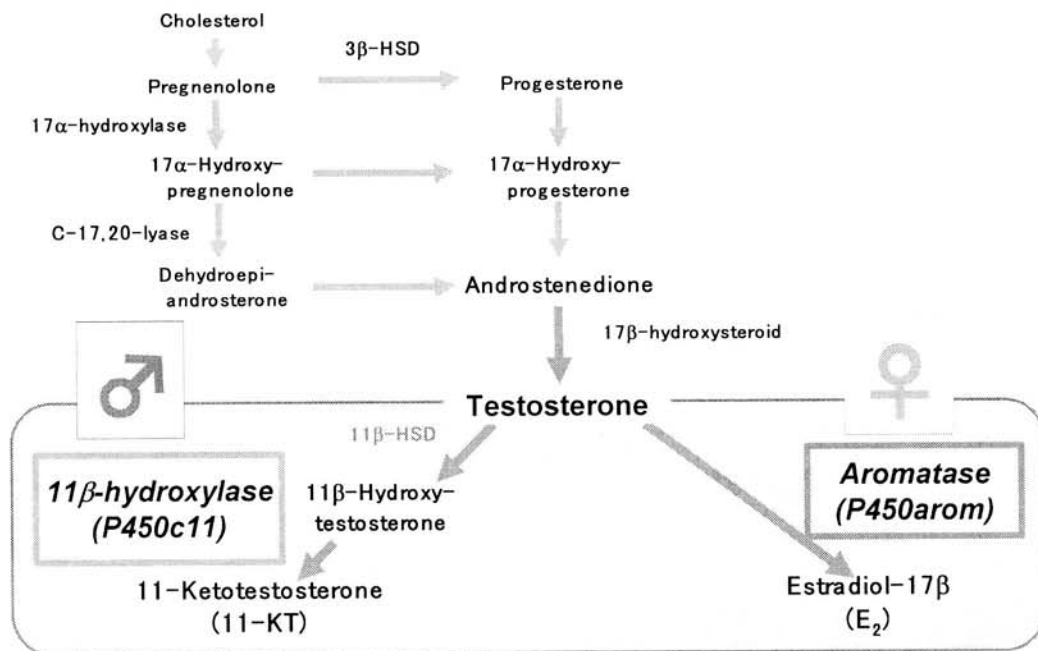
- ◆ 양식기간의 단축과 대형어 생산 가능

넙치의 생식내분비 기구

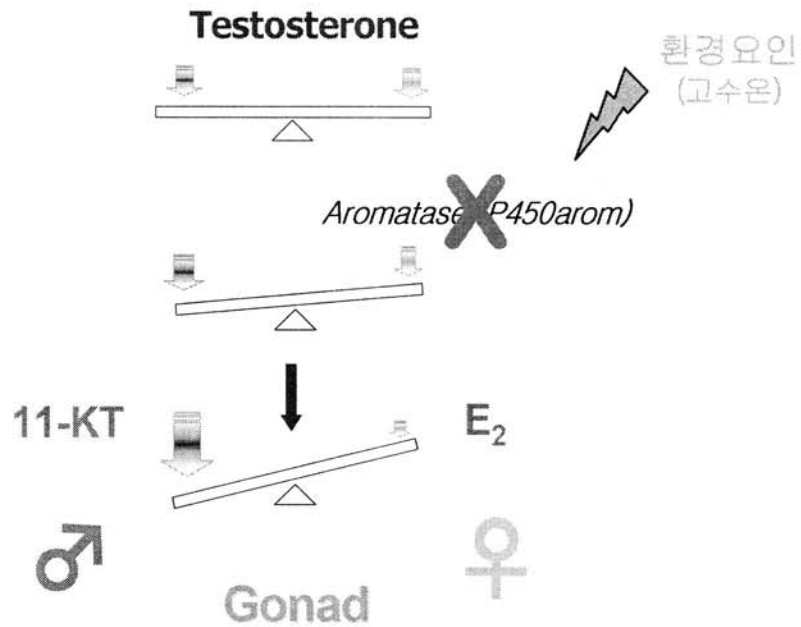
외부환경요인(빛, 수온 등)



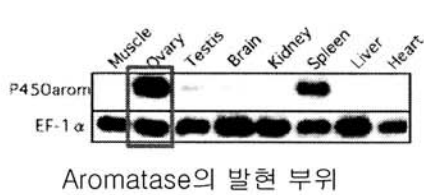
어류 생식선에서의 steroid 생성 과정



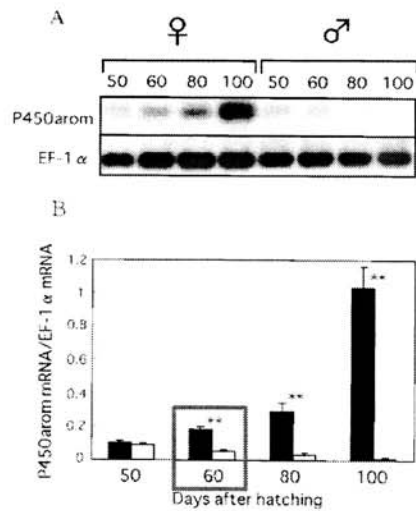
성결정 과정중의 steroid hormone 변화



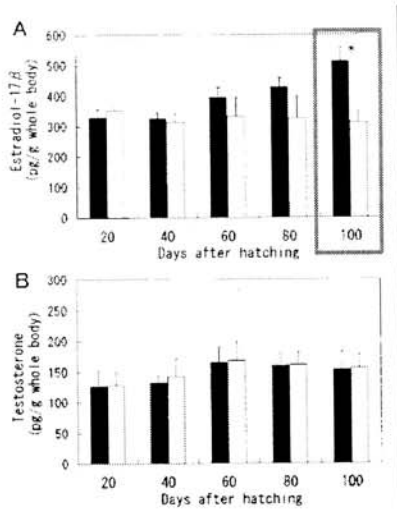
넙치 암수간의 aromatase 발현



- ◆ P450arom은 난소 특이적 발현
- ◆ 넙치의 성분화시기:
부화후 50일전후
암컷-체장 3.0~3.2 cm
수컷-체장 3.7~3.9 cm
- ◆ 체성장
부화후 60일 - 5 cm
부화후 100일 - 10 cm



암수간의 aromatase 발현의 차



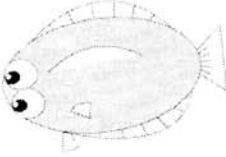


임수간의 혈중steroid농도의 차

- ◆ P450arom은 난소 특이적 발현
- ◆ 부합후 60일 암컷 특이적 발현 확인
- ◆ 혈중 E2 농도의 차는 부합후 100일 특이적 변화차 확인

⇒ 조기 암수 감별 진단법 개발 및 전암컷 생산을 위한 매뉴얼 필요



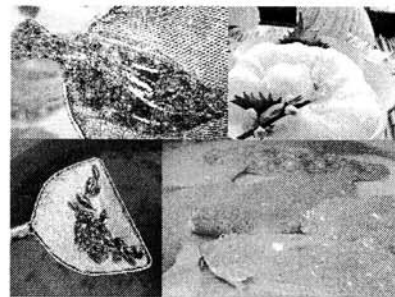
연구 개발될 조기 암수 판별기법의 특성

성장단계	암수 판별	비고
 <ul style="list-style-type: none"> ◆ 체장 30cm이상 성숙한 개체 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 육안적 판별 ◆ 난황물질의 축적 정도 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 관찰자의 능력에 따라 판별 편차 큼 ◆ 판별시기가 너무 늦음 (경제적 손실)
 <ul style="list-style-type: none"> ◆ 체장 10cm이상 중요 판매 및 방류 크기 이상 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 조직학적 관찰 ◆ 혈중 estrogen농도의 차이 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 관찰자의 능력에 따라 판별 편차 큼 ◆ 분석방법 편차 큼 ◆ 중요구입이후 시기
 <ul style="list-style-type: none"> ◆ 체장 5 cm전후 성분화 직후 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ aromatase mRNA 측정 (Realtime RT-PCR법) 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 단시간 정확한 판별 가능 ◆ 중요 판매 및 방류 이전 단계에서 판별 ◆ 다른 양식어종 응용 가능

환경적인 조건의 조절을 통한 자성화 유도

- 저기술; 현장에서 간단히 적용
- 저비용; 수온 조절만으로 가능
- 고효율;

- ◆ 성장이 빠른 암컷 생산
- ◆ 생산성 증대 기여
- ◆ 양식형장의 경영합리화
- ◆ 지속가능한 식품안정성



생산성 높은 친환경적 종묘 생산으로 지역브랜화

수산분야의 선진국이자 기술경쟁국인 일본에서는

수년전부터 분자생물학적 기법을 이용한 어류의 생식생리 기작에 대한 연구를 국가프로젝트로 진행하고 있으며 여기서 얻어지는 자료를 응용하여 중앙 식 현장에 적용하는 시도를 하고 있음

e.g.) 독립행정법인 양식연구소의 뱀장어 완전양식 성공

간지대학의 다랑어 완전양식 성공

