

# 금강하구생태복원 세미나

## 1. 목적

- 생태적 문제는 지속적으로 누적되는 반면 하구생태복원 선언 이후 담보 상태에 놓여있는 (금강)하구생태복원의 향후 추진 방향 및 action plan 모색

## 2. 세미나 진행순서

구 분	시 간	주 제	발제자/진행	비 고
1부 (하구 생태복원 국내외 여건과 현황)	10:00- 10:40	한국 간척의 역사 및 전망	최영래 교수 (Florida International University)	
	10:40- 11:20	하구생태복원 국외 추진 사례	박진순 선임연구원 (국립해양생물자원관)	
	11:20- 12:00	와덴해 하구생태복원 의사결정 과정	이나무 소장 (ESP아시아 사무소)	
	12:00- 13:00	중 식		
2부 (금강하구 생태복원의 실천 및 과제)	13:00- 13:40	금강하구 유동·퇴적환경의 장기 변화	김태인 부사장 (지오시스템리서치)	
	13:40- 14:20	국제 중요 서식지 금강하구의 문제점 및 개선방안	정옥식 연구위원 (충남연구원)	
	14:20- 15:00	(금강)하구 생태 복원의 과제 (법, 제도 등)	이창희 교수 (명지대학교)	
	15:00- 15:30	휴 식		
토론	15:30- 17:00	권봉오 박사(서울대학교) 김성중 팀장(대전충남녹색연합) 한승우 정책위원장(전북녹색연합) 이문숙 실장(한국해양과학기술원) 충남도 관계자(미래정책과) 해수부 관계자(해양환경정책과)	좌장 : 허재영 총장(충남도립대학교)	

# 한국 갯벌·매립의 역사와 전망

2017. 7. 12

최영래

플로리다인터내셔널대학교(FIU)

## 목차

- “갯벌”에 담긴 근대적 시선
- 용어 정의: 갯벌 vs. 매립
- 갯벌·매립의 근대사: 발전국가론을 중심으로
- 21세기 정치경제적, 생태환경적 당면 과제와 지속가능한 갯벌을 위한 제언





## ‘주먹쥐고 뱃고동’ 서천군에서 촬영 출연진 비인갯벌과 홍원항 일대에서 ‘특별한 바다 체험’

"지난 27일 토요일 방송된 SBS 대표 예능프로그램 ‘주먹쥐고 뱃고동’에서는 서천을 찾은 멤버들의 모습이 그려졌다.

람사르 습지로 등록된 천혜의 갯벌과 사시사철 풍부한 수산물로 유명한 서천을 찾은 멤버들은 갯벌에서 땡굴고 꽃게를 직접 잡아보며 서천의 자연과 먹거리를 체험하는 시간을 가졌다.

갯벌체험으로 유명한 선도라갯벌에서 멤버들은 김병만, 육중완, 니엘의 소림사 팀과 이상민, 경수진, 에릭남의 뱃고동 팀으로 나뉘어 펼갯벌과 혼합갯벌에 살고 있는 다양한 종류의 게를 잡는 경기를 펼쳤다.

꽃게 3종 요리를 걸고 펼친 서천 5개 잡기게임에서 김병만, 육중완, 니엘의 소림사 팀만 요리 획득에 성공해 자연산 꽃게요리를 맛봤고 뱃고동팀은 김과 밥으로만 식사를 해결했다."

(2017. 6.6. 서천신문)



# 갯벌에 관한 인식

## ■ 보전의 대상

- 생물다양성과 생태계 보호 → 복원
- 국제적 보전 가치 ("세계 5대 갯벌"?)

## ■ 이용의 대상

- 체험의 공간
  - 뒹굴고 밟고 어지럽혀도 되는 공간
  - 갯벌생물 포획
  - 일시적 방문
- 유희의 공간
  - 활동의 자유를 제약하는 갯벌의 물질성과 고되고 힘든 노동이 제공하는 역설적 유희

## 근대Modernity와 갯벌

갯벌 = "쓸모없는/버려진" "땅"

- "이조 인조왕 때 일이다. 우리나라 역사상 가장 위대한 개척자 김자점이란 학자가 있었다. 재상이었던 그는 늪으로 된 황해도 사리원 갯벌 5,000정보(약 50km<sup>2</sup>)를 개간하여 훌륭한 농지로 만들어 냈다. 해방 후 5,000정보의 땅을 개간해 본 사업이 없다." (1961. 1. 경향신문)

- "마산포 앞바다의 어도 주민들은 마치 개미처럼 일밖에 모르는 사람들이었다... 마을사람들이 갯벌작업이라고 말하는 굴, 반지락, 소라 캐기는 이 마을의 생명선으로 일년 열두달 밤낮을 가리지 않고 계속된다... 그 대가는 기껏 최저생활을 유지하는데 그치게 하고 있었다." (1961. 8. 경향신문)



# 갯벌의 역사 = 간척·매립의 역사

- 현재 갯벌면적: 2,487.2km<sup>2</sup> (국립해양조사원, 2013)
- 1917년 이래 43% 소실 (세계자연기금, 2014)
- 1950s-2000s: 65.6% 소실 (Murray et al., 2014)
- 1970-2012: 1262 km<sup>2</sup> 간척 완료, 709.6 km<sup>2</sup> 간척 예정 (한국농어촌공사, 2013)
- 1970-2015: 1810 km<sup>2</sup> 국토면적 증가 (국토교통부 지적통계연보, 2016)
- 제2차 경제개발5개년계획 (1967-1971)
  - 2,568.6 km<sup>2</sup> 간척 계획
- 1975년 서남해안간척조사
  - 4,050 km<sup>2</sup> 간척가능지역

## 용어 정의: 간척? 매립?

- 다양한 정의가 혼용되고 있음
- 기술적 정의
  - 간척
    - 바닷물 침투를 막기 위해 제방을 쌓은 후, 제방 내의 물을 제거하여 **해수면 아래**의 땅을 이용가능한 땅으로 바꾸는 행위
    - 농업용지, 공업용지의 확보 및 담수호 조성
  - 매립
    - 타지에서 토사 등의 물질을 운반해 와 인위적으로 해안 부에 투입, **해수면 최고수위 이상**으로 지반을 높이는 행위
    - 항만, 공업단지 및 도시용지 확보



## 용어 정의: 간척? 매립?

- “공유수면매립법”에서 매립의 정의
  - 공유수면에 토사·토석 기타의 물건을 인위적으로 투입하여 토지를 조성하는 행위
  - 토지를 조성, 소유권을 취득코자 하는 것으로서 **공유수면의 상실**이 전제가 됨 (사실상 간척을 포함)
- 관용적 활용
  - “매립”은 기술적 의미로서의 간척과 매립을 포함하는 포괄적 행정 용어
  - “간척”은 주로 농지 조성과 농업용수 공급을 목적으로, 제방을 쌓는 과정을 거쳐 토지와 담수호를 조성하였던 과거의 행위 (역사적, 문화적 의의)

## 일제시대의 간척과 매립 (1945년 이전)

- 식민지적 수탈을 위한 농지 조성
  - 조선산미증식계획 (1920-1934)
- 제도적 기반 조성
  - 공유수면매립령 (1923)
  - 1920년대 이전에는 소극적; 공유수면매립령 시행을 기점으로 적극적 간척
- 전체 약 479 km<sup>2</sup> 간척
  - 남한 60%; 북한 40%
- 민간 주도
  - 수리조합 20%; 민간 80%



# 발전국가에 의한 갯벌의 간척·매립

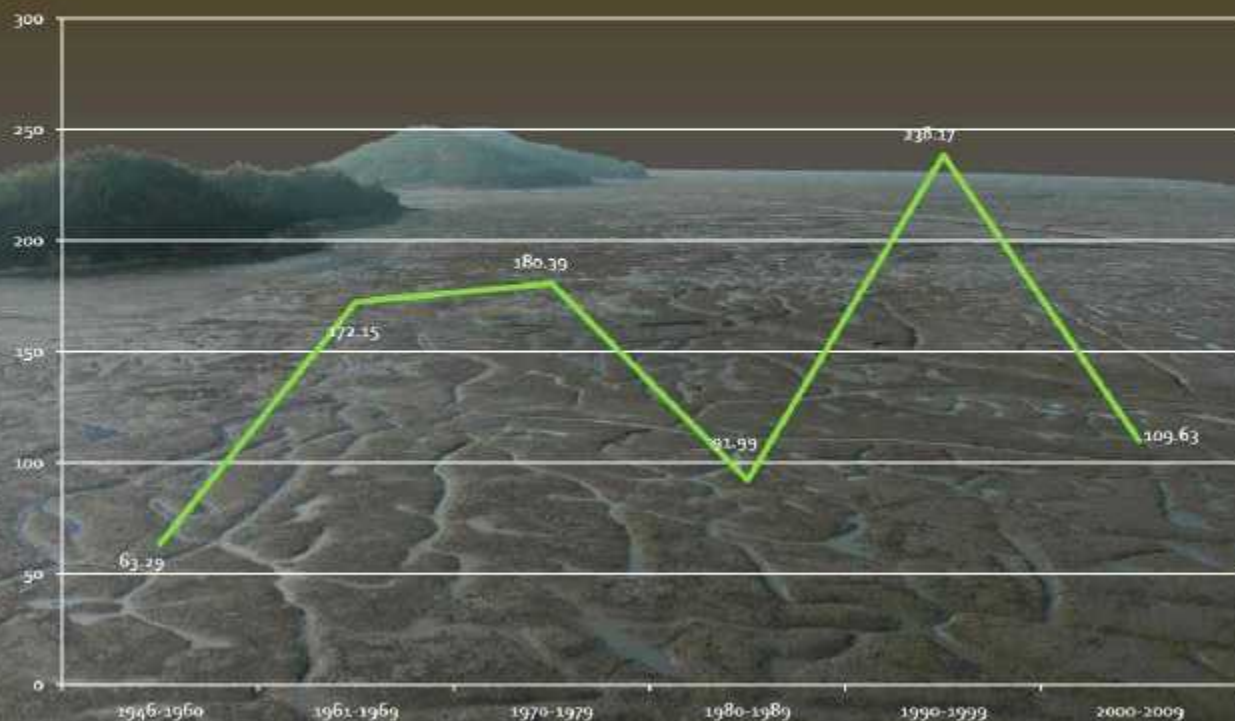
- 동아시아 발전주의 국가론
  - ▣ 고도의 경제성장
  - ▣ 국가의 적극적 개입 (정부조직, 엘리트관료들 중심으로)
  - ▣ 선택과 집중; 불균등발전
- 한국의 발전국가
  - ▣ 토건지향성
  - ▣ 중앙·지방의 영역적 정치
- 저발전의 발전(development of underdevelopment)
  - ▣ 자본주의 확장의 필수 과정
  - ▣ 자본주의 위기 해소 및 저발전의 형성과 지속에 기여한 갯벌의 간척과 매립

## 발전국가 하에서 시행된 간척·매립의 특징

- 국가 주도, 대규모
  - ▣ 60% 이상 국가 주도 사업
    - c.f. 일제시대 80% 이상 소규모 민간 매립
    - c.f. 일본의 매립 (지역정부, 민간기업)
    - 규모화 (~새만금: 410km<sup>2</sup>)
- 농업과의 연계
  - ▣ 피식민 경험에서 비롯; "쌀"의 생산
  - ▣ c.f. 일본: 도시 및 항만 건설, 항만법.
  - ▣ 수리조합+토지개량조합 → 농업진흥공사(1970)
  - ▣ 1970 대단위농업종합개발사업
  - ▣ 1982 서남해안간척개발사업



## 1950-2000년대 농지 조성을 목적으로 하는 매립지 생산 면적(km<sup>2</sup>)



## 대규모 간척·매립을 정당화하는 논리의 시대적 변화

- 한국전쟁 이후-1960년대 전반: 빈곤 탈피 및 식량 자급
  - ▣ 미곡 생산; 자조정착간척사업
- 1960년대 후반-1970년대: 농업경제 활성화 및 영토 확장
  - ▣ 대규모 농업종합개발사업
  - ▣ 1976: 쌀 자급률 100% 달성; 중동 유희건설장비 활용 방안
- 1980년대: 대체농지 공급
  - ▣ 서남해안 간척사업
  - ▣ 도시화로 인한 농지 부족 (1984:농지기금)
- 1990년대 -2000년대 초반: 우량농지 육성 및 식량안보
  - ▣ 기계화 영농이 가능한 대규모 농지 조성
  - ▣ 세계화 시대 식량안보



# 발전국가 시대 간척·매립의 역할: 자본의 위기 해소 및 저발전 심화

- 불균등발전으로 인한 불만과 저항 해소, 직면한 발전 위기를 타개하기 위한 방안
- 6-70년대: 상대적으로 발전이 더딘 농업·농촌의 근대화
- 7-80년대: 유희 중동 건설장비 도입 대규모 민간 간척사업 기획; 95년까지 공사 지속 (서산, 김포)
- 80년대: 급격한 도시화에 대처; 대체농지 논리를 통해 보다 접근성 있고 축적이 용이한 도시 근교 농지 전용 정당화
- 90-2000년대: 간척지 내 용도변경으로 자본의 축적을 위한 직접적 토지 공급 (시화, 김포, 서산 등); 서남해안 지역경제 발전





## 대규모 간척·매립의 시공간성

- “국내 최대”/“영토확장”/“자연의 정복”
- 국가의 “능력” 과시; 지역 경제발전 기대
- 서남해안에 집중
  - 전체 갯벌 중 전라도 46.7%, 경남부산 3.7%
- 대규모농업종합개발사업 평균 공사기간: 16년
- 예산 부족 등의 이유로 착공시점 연기, 공사 장기화, 혹은 사업 폐기

## 갯벌의 매립은 현재진행형

- 관점의 변화
  - 식량(쌀) 생산 → 토지 생산 → 직·간접적 개발이익
- 도시 및 산업용지 개발 위주
  - 신규 매립 사업 << 기존의 장기화, 유희화된 매립지 용도 변경
  - 사례: 인천 송도, 부산 마린시티, 시화 MTV, 청라국제도시, 송산그린시티, 마산해양신도시, 군산해상도시 등
- 지자체 주도, 민간 참여
  - “발전주의 지자체”? (local developmental state/Jieming Zhu)



# 21세기의 정치경제, 생태환경적 위기

## ■ 저성장 시대

- 경제위기의 만연성 (1997-8 IMF; 2007-8 세계금융위기)
  - "위기에 시달리는(crisis-ridden) 자본주의" (Harvey)

## ■ 기후변화

- 현 시대를 정의하는 메타프레임워크
- 해수면상승 및 불확실성으로 증대되는 자연재해

→ 매립지 위에 건설되는 연안도시는 기후변화에 상대적으로 취약할 뿐 아니라 자본의 무덤이 될 가능성이 높음

→ 해수면상승에 따라 연안재해의 완충지대 역할을 하는 갯벌의 상실이 예상됨

## 소결: 지속가능한 갯벌을 위한 제언

- 한국의 근대사에서 간척·매립사업은 발전국가의 체계를 유지하는 역할을 수행한 한편, 지역의 선택적 저발전 조건을 형성·지속하여 지리적, 산업적 불균등발전을 심화시켰음
- 21세기 초 경제위기를 거치며 재점화된 매립사업은 이전과는 다른 유형의 정치경제적, 생태환경적 맥락에서 평가되고 재고되어야 함
- 갯벌의 복원은 생태적 가치의 회복 뿐 아니라, 기후변화 시대의 생존을 위한 필요로 접근해야 함
- 갯벌과 공존하며 함께 살아가기 위해, 갯벌을 문화적, 사회적으로 새롭게 생산해 내는 작업이 요청됨

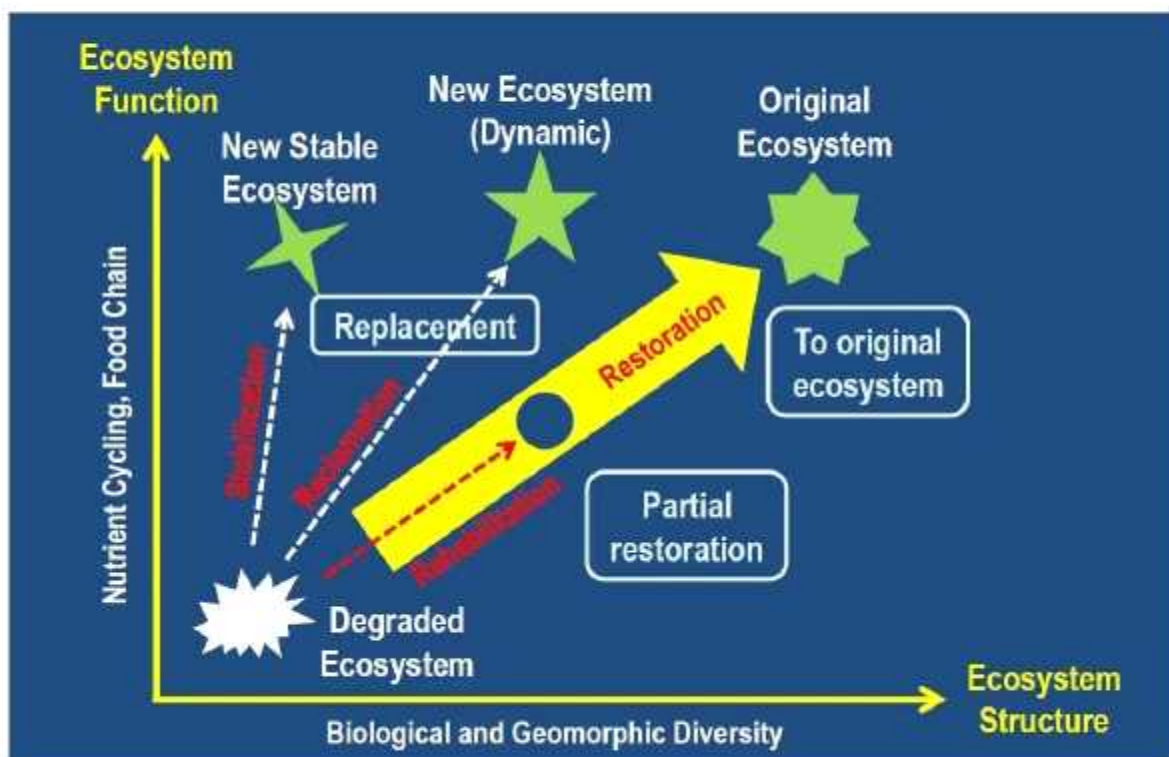


## 하구생태복원 국외 추진 사례

국립해양생물자원관 박진순



## 생태계 복원의 개념





# 해양생태계복원기술개발 기획과제(2012-13)

## 1. 연구개발 과제 개요

- 1.1. 연구 배경 및 필요성
- 1.2. 연구 목적
- 1.3. 추진 체계 및 방법

## 2. 해양생태계 복원 기술개발 동향

- 2.1. 정책동향 및 법률체계 분석
- 2.2. 기술수준 분석
- 2.3. 국외(선진국) 사례분석
- 2.4. 국내 사례분석
- 2.5. 시사점 도출

## 3. 연구개발 추진계획

- 3.1. 해양생태계 복원기술트리
- 3.2. 해양생태계 복원 중장기계획
- 3.3. 중점추진분야별 연구개발로드맵
- 3.4. 복원지 선정 및 평가기준
- 3.5. 서식지별 복원사업 계획

## 4. 연구개발 타당성분석

- 4.1. 정책적 타당성
- 4.2. 기술적 타당성
- 4.3. 경제적 타당성
- 4.4. 타당성 분석결과

## 5. 연구개발 결과 활용방안 및 기대효과

- 5.1. 해양생태계 복원 기술개발 사업의 가치
- 5.2. 파급효과



## 국내 사례분석

갯벌	산호 군락	특정 해역	연안정비사업	한국
하구	해안 지구	해중원		2011년



(연안정비사업 시행 전)



(연안정비사업 시행 후)

지역	한국 연안
기간	2000년-2009년
타겟	연안의 복원
참고	Yoon, 2011

### 복원지역중요성

- 연안침식 방지 및 친수연안공간 조성을 통하여 국토를 보존하고 쾌적한 연안환경 조성

### 복원배경

- 한국 연안의 많은 공간이용 수요와 개발등으로 인한 환경의 훼손이 우려됨

### 복원방법

- 연안정비 사업: 2000년에 제 1차 연안정비 계획이 수립되어 시작함

### 복원결과

- 구조물 건설사업 위주의 단순한 사업이 자연해안의 훼손 및 생태환경을 저해하기도 함

갯벌	산호 군락	특정 해역	사촌-장재도 연륙도로 갯벌의 복원		한국
하구	해안 사구	해중림			2010년



지역	한국, 전남 장흥군 사촌-장재도
기간	2007년-2009년
타겟	갯벌의 복원
참고	갯벌복원을 위한 기술지침 및 계획수립

#### 복원지역중요성

- 어가소득에 직접적인 영향을 미치며 관광가치를 가짐

#### 복원내용

- 통수사업을 통한 해수 교환

#### 문제점

- 사업 시행 전 주변 환경자료를 축적하지 않아 환경의 개선을 정량적으로 파악하지 못함

#### 향후일정

- 갯벌의 패류자원이 증가할 것으로 보임
- 인접한 해수욕장의 관광소득의 효과 예상

갯벌	산호 군락	특정 해역	태안 해안사구의 복원		한국
하구	해안 사구	해중림			2013년



지역	한국, 태안해안국립공원 바람아래 해변
기간	1998년
타겟	해안사구의 복원
참고	국립공원관리공단 보도자료

#### 복원지역중요성

- 멸종위기야생생물 표급 표범장지뱀이 대규모로 서식

#### 복원배경

- 태안해안국립공원 바람아래 해변에 무분별한 준설작업으로 인한 해안 침식이 일어남

#### 복원방법

- 1998년 침식방지용 콘크리트 옹벽을 설치하고 골수를 식재하는 등 사방사업을 추진

#### 복원결과

- 옹벽으로 인해 할미섬 내륙에 모래퇴적에 방해
- 표범장지뱀의 이동에도 장애물이 됨



갯벌	산호 군락	특정 해역	고창군 갯벌의 복원	한국
하구	해안 사구	해중림		2010년



지역	한국, 전북 고창군
기간	2010년-2013년
타겟	갯벌 염습지복원-폐양식장
참고	갯벌복원을 위한 기술지침 및 계획수립

#### 복원지역중요성

- 관광가치가 많은 갯벌

#### 복원내용

- 양식장으로 사용하던 곳을 갯벌로 복원하고 염습지를 조성하여 생태공원 조성

#### 문제점

- 복원개념이 아닌 해수차단 방식으로 시공
- 사업 진행시 모니터링 실시되지 않음

#### 복원방법

- 제방축조(7516m)
- 배수갑문 5개소 설치
- 염습지 2개소 설치
- 염생식물/갈대군락지 조성

갯벌	산호 군락	특정 해역	비토섬 연륙도로의 복원	한국
하구	해안 사구	해중림		2010년



지역	한국, 경남 사천시 비토섬
기간	2010년-2013년
타겟	갯벌-연육도로
참고	갯벌복원을 위한 기술지침 및 계획수립

#### 복원지역중요성

- 바지락, 굴 등의 생물 다양성이 높음

#### 복원내용

- 도로 하부에 해수가 유통될 수 있는 유통로를 설치하여 환경개선을 도모

#### 문제점

- 1990년대 부터 2009년까지 모니터링 부재, 관리실패사례
- 생물량 파악 불가능

#### 복원방법

- 해수유통구 설치
- 갯벌탐방로 설치

## 국외 해양생태복원 프로그램의 예



## 체사피크만의 복원

미국

2012년



지역	미국, 체사피크만
기간	1983년-
타겟	하구의 복원
참고	Chesapeake Bay Program, 2012

### 복원지역중요성

- 북미 최대규모 하구역
- 3,700종 생물 서식지
- 수산업, 관광산업
- 지역사회 전통/문화

### 복원배경

- 수질문제, 적조발생
- 물고기 폐사
- 화학물질 오염
- 서식지 훼손
- 생태계 먹이망 훼손

### 복원방법

- 해초지(잘피) 식재
- 굴 암조 복원
- 어도 복원
- 습지 복원

### 복원결과

- 복원 진행중



갯벌	산호 군락	특정 해역	미국
해구	해안 사구	해중림	

## 코네티컷주 Barn island 염습지의 복원

미국

2000년



지역 미국, 코네티컷주 Barn Island

기간 1978년-1982년

타겟 갯벌의 복원

참고 Fell, 2000

### 복원지역중요성

- 염습지에는 염습지 식물 및 동물상이 풍부하게 존재함
- 높은 생산성

### 복원배경

- 야생조류 서식지를 확대하기 위해 제방 건설로 염습지 훼손

### 복원방법

- 2개의 배수거(Culvert)를 설치하여 조석작용을 통한 해수 유동이 가능하도록 함

### 복원결과

- 염습지 식물이 다시 서식하기 시작하고 면적 증가
- 생물군집 회복

갯벌	산호 군락	특정 해역	미국
해구	해안 사구	해중림	

## Tampa Bay 해중림의 복원

미국

2009년



지역 미국, 플로리다 주 Tampa Bay

기간 2006년-2008년

타겟 해초지의 복원

참고 Johansson et al., 2009

### 복원지역중요성

- 해초는 플로리다 주 연안의 생태계 건강에 중요한 역할을 함

### 복원배경

- 수질 악화 및 준설 때문에 manatee grass (*Syringodium filiforme*)가 우점하는 해초지 면적 감소

### 복원방법

- 복원대상 해역에 설치한 6개의 10m×20m 방형구에 각각 200개의 뗏장 이식

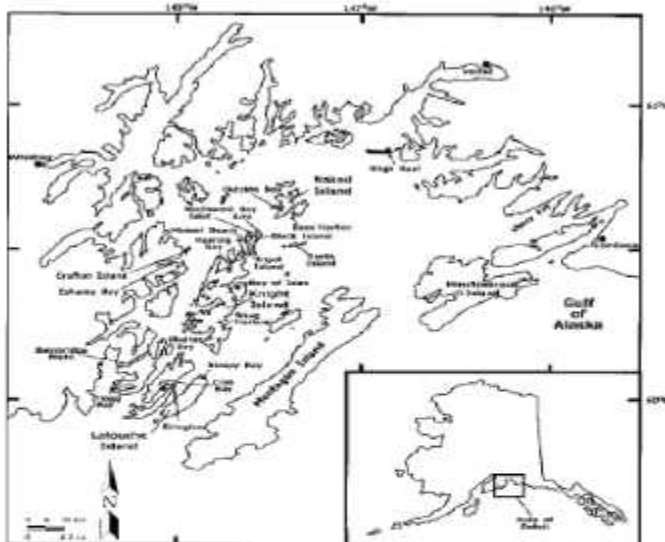
### 복원결과

- 2008년 9월, 해초지 면적이 28배 증가
- 일부는 자연에서 볼 수 있는 속도로 해초지 면적 증가 관찰

갯벌	산호 군락	특정 해역	미국
하구	해안 사구	해양염	

## 윌리엄스 해협 갯벌의 복원

2001년



지역 미국, 프린스 윌리엄스 해협

기간 1989년-1990년

타겟 갯벌의 복원

참고 J. R. SKALSKI et al., 2001

### 복원지역중요성

- 대표적인 청정구역으로  
끓히는 지역으로  
청어와 연어 등  
서식하는 동물 상 다양

### 복원배경

- 1989년 엑존 발데즈  
사건으로 41,600,000  
liters의 기름이 유출

### 복원방법

- 냉수 또는 열수와 높은  
압력으로 기름 제거

### 복원결과

- 제거 방법에 상관없이  
기준 지역과 비슷한  
수준으로 개체수가  
안정적으로 유지됨

갯벌	산호 군락	특정 해역	미국
하구	해안 사구	해양염	

## 플로리다 주 산호군락의 복원

미국

2010년



지역 미국, 플로리다 주

기간 2005년-2010년

타겟 산호군락의 복원

참고 Reef Resilience Report

### 복원지역중요성

- 미대륙에서는 유일하게  
얕은 연안 산호초가  
형성되어 있음

### 복원배경

- 1980년대 이래 질병,  
백화현상, 허리케인  
등으로 인해 Staghorn  
과 Elkhorn의 개체수가  
심각하게 감소 (80-90%)

### 복원방법

- 산호 복원 지역들을  
관리할 기관을 각기  
따로 지정
- 기질을 설치하고 산호를  
이식

### 복원결과

- 동틀어 약 30,000개의  
산호가 16개의 배양  
정점에서 유지됨
- 유전적 다양성을 확보함



겉별	산호 군락	특정 해역	Charolotte 항구 해중림의 복원	미국
하구	해안 사구	해중림		1995년



지역	미국, 플로리다 주 Tampa Bay, Charlotte 항구
기간	1995년-현재
타겟	해중림의 복원
참고	Seagrass Outreach Partnership Report

#### 복원지역중요성

- 해초는 플로리다 주 연안의 생태계 건강에 중요한 역할을 함

#### 복원배경

- 배의 프로펠러로 해초들이 피해를 입고, 프로펠러가 지나간 자리의 해저 지형이 움푹 파이게 됨

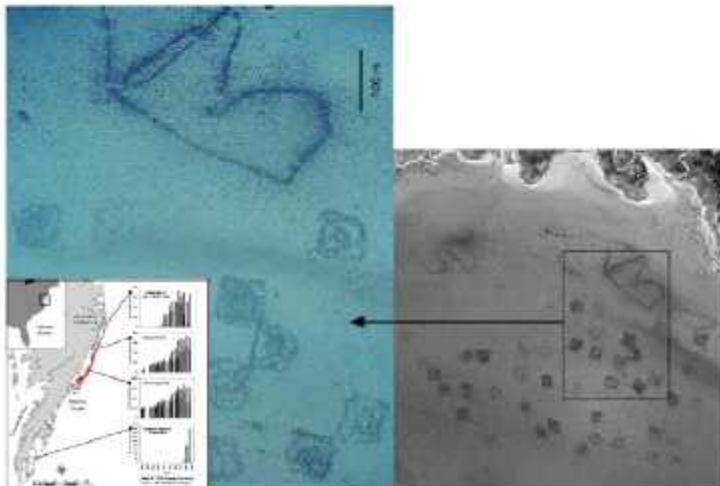
#### 복원방법

- 움푹 패인 지형을 매움
- 해초를 이식
- 해초를 이식한 정점에 새의 배설물을 이용한 자연친화적 영양공급

#### 복원결과

- 해초가 자생가능해지는 1-2년 뒤에 말뚝을 제거

겉별	산호 군락	특정 해역	Delmarva 반도 해중림의 복원	미국
하구	해안 사구	해중림		2006년



지역	미국, Delmarva 반도
기간	1997년-2004년
타겟	해중림의 복원
참고	Orth et al., 2006

#### 복원지역중요성

- 잘피는 경제적 가치를 지닌 해양 동물들에게 먹이, 서식처, 산란장 등을 제공함

#### 복원배경

- 1930년대, 전염성의 질병과 허리케인으로 인해 Delmarva 반도의 해중림이 심각한 피해를 입음

#### 복원방법

- 약 100개체의 성체 *Zostera marina* 이식
- 1999년부터 2004년 사이 총 2천만개 이상의 종자를 뿌림

#### 복원결과

- 2002년에는 자연 해초 군락이 발견됨
- 2003년에 156ha의 해초가 항공 사진으로 확인됨

갯벌	산호군락	특정해역	미국 2002-2009년
하구	해안사구	해중림	

## 미국 각지의 해중림의 복원



Photo courtesy of Thomas Freeman

지역	미국, Tiverton, North Kingstown, Portsmouth, etc.
기간	2002년-2009년
타겟	해중림의 복원
참고	Guidelines for seagrass restoration

### 복원지역중요성

- 해초는 해양 생태계 건강에 중요한 역할

### 복원배경

- 전세계적으로 연안 수질의 악화와 해중림의 감소가 발생

### 복원방법

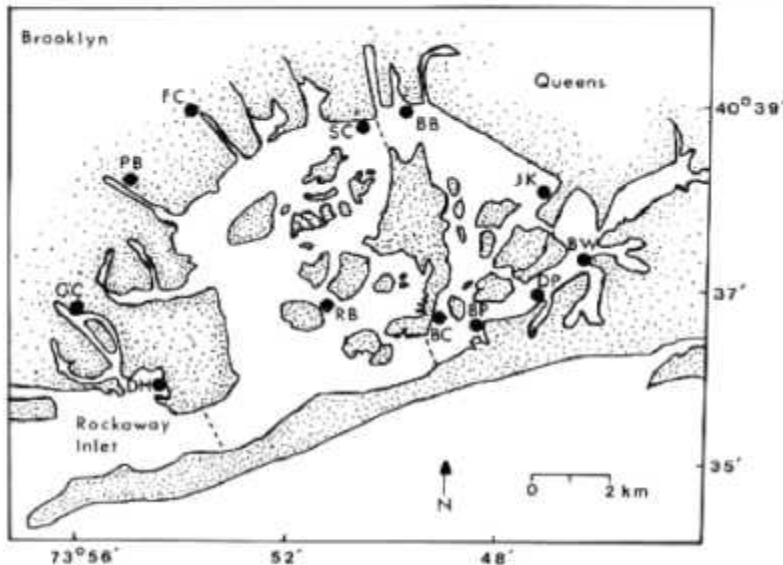
- 파종
- 잔피 성체를 확보하여 옮겨 심음

### 복원결과

- 파종시 발아율은 10% 이하
- 손으로 직접 옮겨 심은 잔피에서는 좋은 결과를 거둠

갯벌	산호군락	특정해역	미국 2006년
하구	해안사구	해중림	

## 자메이카만 항구의 복원



지역	미국, 뉴욕 자메이카만 항구
기간	1999년-2000년
타겟	하구의 복원
참고	M. L. Botton et al., 2006

### 복원지역중요성

- 미국 뉴욕 자메이카만은 매우 발달된 항구 도시

### 복원배경

- 1800년대 이래로 준설, 습지, 도시화, 구조물 건설과 같은 인간 활동에 의해 조간대와 습지대 서식지 파괴

### 복원방법

- 참계의 현 상태와 산란활동 평가함

### 복원결과

- 알을 부착시킬 수 있는 적당한 크기의 퇴적물이 있는 곳에서 생물량이 높음으로 보아 부착물 투입



갯벌	산호 군락	특정 해역	Deer island 하구의 복원		미국
하구	해안 사구	해중림			2006년



지역	미국, 미시시피 주 Deer Island
기간	2003년~
타겟	하구의 복원
참고	미국의 연안 및 하구토지보전계획

#### 복원지역중요성

- 이곳은 연안유지 시스템에서 가장 중요한 요소로 2003년부터 주 정부로부터 관리됨

#### 복원배경

- 허리케인에 의해 숲이 파괴되어 해수면 상승

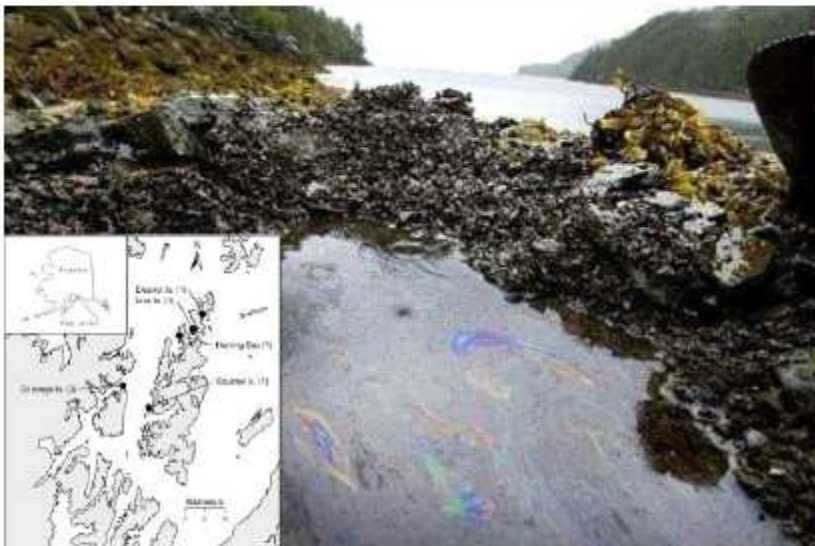
#### 복원방법

- 파괴된 소나무 사이에서 빠르게 성장하는 관목들을 제거하기 위해 인위적인 발화

#### 복원결과

- 습지 및 모래 서식지 복원, 암반 서식지 조성, 해안림 조성의 회복이 나타날 것이며 이는 서식지 손실을 완화

갯벌	산호 군락	특정 해역	알래스카 유류오염지역의 복원		미국
하구	해안 사구	해중림			2004년



지역	미국, 알래스카
기간	1994년-1999년
타겟	유류오염지역 복원
참고	M. G. Carls et al., 2004

#### 복원지역중요성

- 이매패류의 서식처이자 주요 생산지

#### 복원배경

- 엑손발데즈호의 유류사고로 인해 1900km에 달하는 해안선이 오염됨

#### 복원방법

- 유류로 오염된 퇴적물을 제거하고 깨끗한 퇴적물로 교체
- 이후 5년간 유류오염 물질의 농도를 분석

#### 복원결과

- 단기적으로 표층 및 심층 퇴적물의 유류 오염물질의 농도가 감소
- 이매패류가 함유한 오염물질에는 효과가 미미

갯벌	산호 군락	특정 해양	알래스카 유류오염지역의 복원		미국
하구	해안 사구	해중림			2003년



지역	미국, 알래스카
기간	1997년-1998년
타겟	국지적 유류오염지역 복원
참고	D. Helton, 2003

#### 복원지역중요성

- 이매패류의 주요 서식처
- 회유성 어종의 주요 산란지역

#### 복원배경

- M/V 쿠로시마호의 유류사고로 인해 국지적으로 일부지역이 오염됨

#### 복원방법

- 인공암조 건설이나 이매패류 양식장 이전 등의 복원방법이 제기됨
- 국지적 오염을 감안하여 자연복원을 채택

#### 복원결과

- 1년만에 거의 정상수준을 회복

갯벌	산호 군락	특정 해양	오크레 코크섬 해안사구의 복원		미국
하구	해안 사구	해중림			2008년



지역	미국, 오크레코크섬
기간	1978년-1981년
타겟	해안사구의 복원
참고	C. B. Craft et al., 2008

#### 복원지역중요성

- 바람, 파도, 해일을 막는 완충지대

#### 복원배경

- 해변의 개발과 해안 지대의 과도한 건축으로 인해 해안 사구가 훼손

#### 복원방법

- 모래 펜스의 설치
- 다년생 초목을 식재

#### 복원결과

- 사구복원 3년 후 식물 다양성과 풍부도 증가
- 사구복원 20년 후 사구 길이와 높이가 증가



갯벌	산호 군락	특정 해역	산타로사섬 해안사구의 복원	미국
하구	해안 사구	해중림		2001년



지역	미국, 산타로사섬
기간	1996년-1999년
타겟	해안사구의 복원
참고	D. L. Millert et al., 2001

#### 복원지역중요성

- 산타로사섬은 보초도로 태풍, 해일을 막는 완충 지대

#### 복원배경

- 오팔헤리케인에 의해 해안사구가 파괴

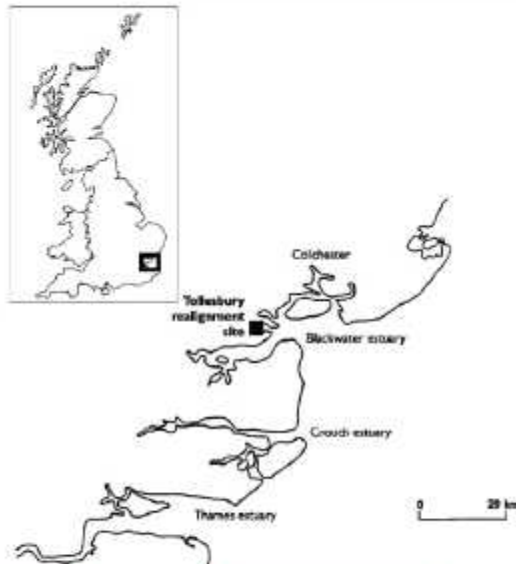
#### 복원방법

- 나무와 Geojute를 이용해 모래 펜스를 설치
- 시오트와 bitter panicum을 펜스안에 식재

#### 복원결과

- 펜스를 설치한 곳에서 모래 축적이 높음
- 식물의 풍부도 증가
- 시오트와 bitter panicum의 생존률이 높음

갯벌	산호 군락	특정 해역	에섹스 Blackwater 하구의 복원	영국
하구	해안 사구	해중림		2008년



지역	영국, 에섹스 Blackwater 하구
기간	1995년-2007년
타겟	갯벌의 복원
참고	Reading et al., 2008

#### 복원지역중요성

- 염습지 조성을 통해 자연제방을 만들어 침식 예방

#### 복원배경

- 연안방재용 제방의 건설로 조간대 서식지 사라짐

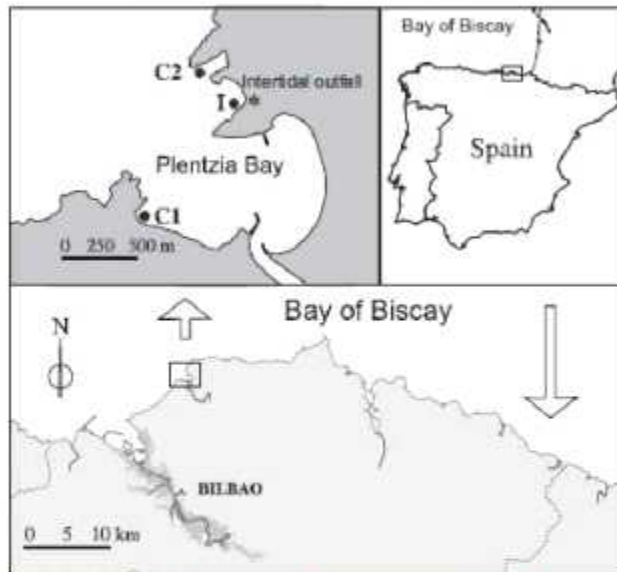
#### 복원방법

- 제방의 일부(60m)를 제거하여 해수유입이 있게 함

#### 복원결과

- 제방제거로 침수된 지역에 염습지 식물 서식
- 무척추동물 출현
- 퇴적속도 감소

갯벌	산호 군락	특정 해양	Bahia de Plentzia 갯벌의 복원		스페인
하구	해안 사구	해양 침식			2013년



지역 스페인, Bahia de Plentzia

기간 2001년-2011년

타겟 갯벌의 복원

참고 I. Diez et al., 2013

#### 복원지역중요성

- 하구는 매우 생산적인 환경

#### 복원배경

- 도시화에 따른 폐수방출로 인해 영양염 및 독성 농도 증가

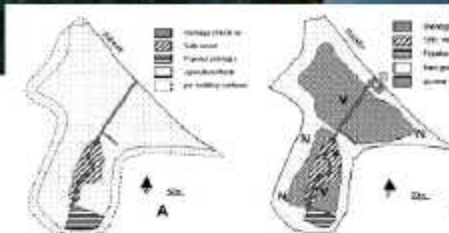
#### 복원방법

- 물리·화학적 1차 처리 후 미생물을 이용한 2차 생물학적 처리 실시

#### 복원결과

- 2차 처리 거친 경우 COD, TSS, 유기물질 감소
- 생물량 2배 높음

갯벌	산호 군락	특정 해양	스헬데 하구의 복원		벨기에
하구	해안 사구	해양 침식			2009년



지역 벨기에, 스텔데 하구

기간 2006년-2008년

타겟 하구의 복원

참고 S. Jacobs et al., 2009

#### 복원지역중요성

- 담수습지는 식물, 물새를 위한 필수적인 서식지 제공

#### 복원배경

- 인간의 하구 개척으로 인해 조간대 서식지가 매우 감소

#### 복원방법

- 조간대 서식지를 복원하기 위해 담과 같은 구조물 파괴

#### 복원결과

- 전형적인 담수습지 식물들이 복원됨
- 사라진 생물군집에게 피난처 제공



갯벌	산호군락	특정해역	네덜란드
하구	해안사구	해중림	

## 네덜란드 하구습지의 복원

2002년



지역	유럽, 네덜란드
기간	1990년-1999년
타겟	하구습지 복원사례
참고	R. H. M. Eertman, 2002

### 복원지역중요성

- 이매패류와 저서성 어류의 주요 서식처
- 철새 및 텃새의 산란지이자 중요 먹이 공급지역

### 복원배경

- 간척과 제방건설로 인해 조석습지가 농경지로 사용
- 폭풍에 의해 자연적으로 제방이 무너짐

### 복원방법

- 무너진 제방을 복원하지 않고, 자연조석습지를 복원하자는 움직임이 활발
- 제방을 복원하지 않음

### 복원결과

- 염습지 식물들의 천이가 진행
- 저서동물의 다양성이 증가하고 총 19분류군의 동물이 정착

갯벌	산호군락	특정해역	프랑스
하구	해안사구	해중림	

## 폴리네시아 산호군락의 복원

2007년



지역	프랑스령, 폴리네시아
기간	1996년 7월 - 2000년 6월
타겟	산호군락의 복원
참고	Restoration and Remediation Guidelines

### 복원지역중요성

- 관광 자원으로 경제적 가치가 높음

### 복원배경

- 산호 모래를 준설 작업에 끌어다 씀
- 그 결과 연안에 침식 작용이 발생

### 복원방법

- 20m 길이의 낮은 제방을 쌓아 해안의 침식을 막음
- 평방 7,200m<sup>2</sup>의 산호 정원을 조성

### 복원결과

- 1년 뒤 이식한 산호의 생존율이 약 95%
- 어류의 풍부도와 다양성이 증가하였으며, 특히 치어의 수가 증가

갯벌	산호군락	특정해역	프랑스
하구	해안사구	해중림	

## Longoni 항구 산호군락의 복원

2007년



지역 프랑스, Longoni 항구

기간 2004년 4월

타겟 산호군락의 복원

참고 Restoration and Remediation Guidelines

### 복원지역중요성

- 600개 Colonies의 산호가 위협받고 있음

### 복원배경

- 개발로 인해 산호초 감소

### 복원방법

- 산호 이식
- 이식된 산호에 표지 부착
- 모니터링 실시

### 복원결과

- 산호 생존율 약 80%
- 배의 닳아나 그 물로 인해 산호 일부 손실

갯벌	산호군락	특정해역	네덜란드, 덴마크
하구	해안사구	해중림	

## Wadden해 해중림의 복원

2009년



지역 Wadden 해

기간 1991년-2004년

타겟 해중림의 복원

참고 Katwijk et al., 2009

### 복원지역중요성

- 네덜란드, 독일, 덴마크에 걸쳐 이어지는 긴 연안으로 세계자연유산에 등재되어 있음

### 복원배경

- 매우 번성했던 *Zostera marina*가 1930년대 초반 완전히 사라진 뒤 회복되지 않음

### 복원방법

- 약 10,000개의 *Z. noltii* 줄기와 23,000개의 *Z. marina*의 각 기관을 Wadden해의 4개 정점에 이식

### 복원결과

- 1993년, *Z. noltii*의 이식은 성공적인 결과
- 해초감시팀에서 지속적으로 주목하고 있음



겉별	산호 군락	특정 해역	Laida 해변 해안사구의 복원	스페인
하구	해안 사구	해충원		2008년



지역	스페인, Laida 해변
기간	2001년-2008년
타겟	해안사구의 복원
참고	J. B. Gallego- Fernandez et al., 2008

#### 복원지역중요성

- 해양생물의 보호와 수질 정화의 중요한 역할

#### 복원배경

- 여름철 레저활동에 의해 해안사구가 파괴

#### 복원방법

- 사구에 펜스를 설치
- 사구 위에 식물을 식재

#### 복원결과

- 식재종의 개체수 증가
- 종의 다양성 증가
- 종의 풍부도 증가

겉별	산호 군락	특정 해역	카네앵 루시용 해변 해안사구의 복원	프랑스
하구	해안 사구	해충원		2010년



지역	프랑스, 카네앵 루시용 해변
기간	2006년-2010년
타겟	해안사구의 복원
참고	S. Grosset et al., 2010

#### 복원지역중요성

- 해양생물의 다양한 자연 서식처들이 풍부

#### 복원배경

- 관광활동에 의해 해안 사구가 파괴

#### 복원방법

- 사구 재건설
- 모래고정 펜스설치
- 사구 펜스 설치
- 생물학적 섬유 사용

#### 복원결과

- 복원 5년 후 식물의 피도 증가
- 식물종의 다양성 증가
- 식물종의 풍부도 증가



겉별	산호 군락	특정 해역	포르투갈
하구	해안 사구	해중림	

## Leirosa 해변 해안사구의 복원

2013년



지역 포르투갈, Leirosa 해변

기간 2010년-2011년

타겟 해안사구의 복원

참고 F. Bessa et al., 2013

### 복원지역중요성

- 동지를 만드는 조류의 서식처와 먹이를 제공
- 대형동물상이 풍부한 지역

### 복원배경

- 관광산업과 레크레이션 산업으로 사구가 파괴
- 복원을 진행했지만 완벽히 이루어지지 않음

### 복원방법

- 복원사구와 자연사구의 비교조사
- 2010년 봄, 여름, 가을과 2011년 겨울에 시료를 채취 후 분석

### 복원결과

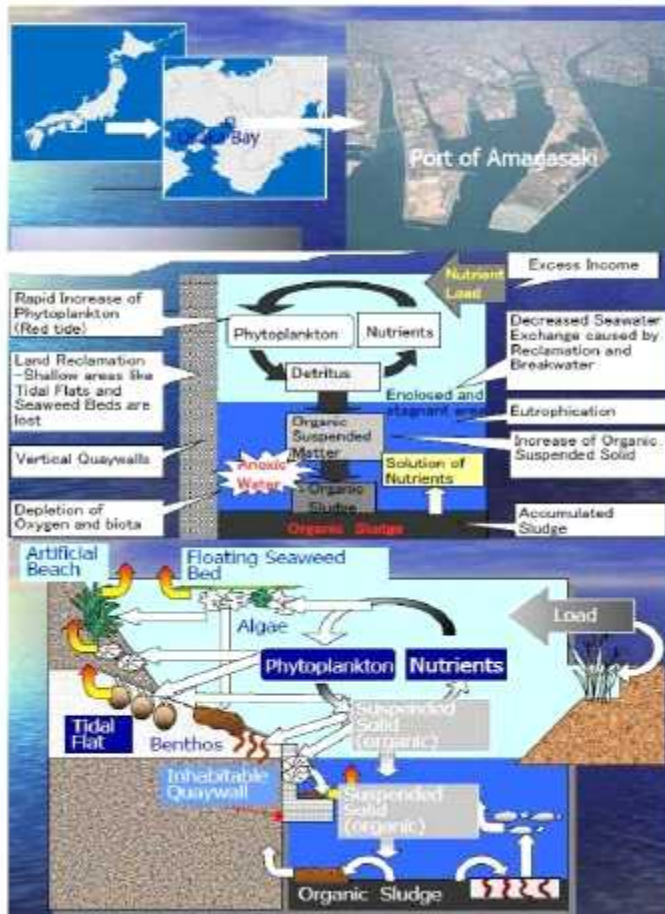
- 두 사구의 대형동물상 종 밀도와 종 풍부도가 유사
- 인공사구의 지속적인 관리가 필요

겉별	산호 군락	특정 해역	일본
하구	해안 사구	해중림	

## 아마가사키 항구의 복원

일본

2012년



지역 일본, 아마가사키 항구

기간 2002년-2003년

타겟 항구의 복원

참고 T. NAKAMURA et al., 2012

### 복원지역중요성

- 다양한 생물군집 및 복잡한 물질순환이 일어남

### 복원배경

- 도시 산업화 지역의 발달로 연안의 물질순환이 단순하게 되어 산소부족을 일으킴

### 복원방법

- 이매패류를 이용한 물 정화, 식물, 해초등에 의한 물 정화 및 영양염 고정, 해류 조절로 인한 해수 교환

### 복원결과

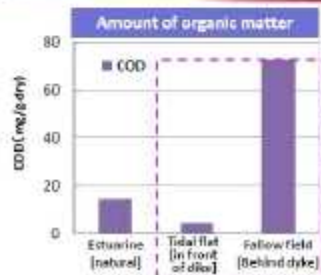
- 다양한 복원방법의 기술 조합으로 다양한 생물군집 복원 및 복잡한 물질순환을 이끔



갯벌	산호 군락	특정 해역	일본
하구	해안 사구	해중림	

## Ago Bay 갯벌의 복원

2011년



지역 일본, Ago Bay

기간 2010년-2011년

타겟 갯벌의 복원

참고 H. Kokub et al., 2011

### 복원지역중요성

- 생물 생산성, 자연정화 능력 증대를 위해 필수

### 복원배경

- 100년 이상 지속된 진주양식과 도시 하수, 토지 간척 때문에 자연정화능력이 감소

### 복원방법

- 간척사업 때문에 닫혀있던 수문을 개방함으로써 해수 교환 시킴

### 복원결과

- 복원 후 생물다양성 증가
- COD 값 낮아짐

갯벌	산호 군락	특정 해역	일본
하구	해안 사구	해중림	

## 쿠시로 습지의 복원

2008년



지역 일본, 쿠시로 습지

기간 2003년~

타겟 하구의 복원

참고 K. NAKAMURA et al., 2008

### 복원지역중요성

- 쿠시로 습지는 일본에서 가장 큰 습지

### 복원배경

- 농업발달, 외래종 침입, 도시개발 등의 인간 영향으로 습지대 파괴

### 복원방법

- 습지대로 유입되는 퇴적물의 양은 40%, 질소원은 30%까지 줄이게 함

### 복원결과

- 복원 진행중



갯벌	산호군락	특정해역	세소코섬 산호군락의 복원		일본
하구	해안사구	해중림			2010년



지역	일본, 오키나와 세소코 섬
기간	2004년
타겟	산호의 복원
참고	Omori, 2010

#### 복원지역중요성

- 산호가 풍부하던 지역이었으나 산호 피복 73%, 풍부도 61% 수준으로 감소

#### 복원배경

- 엘니뇨 현상으로 인해 산호 백화현상이 일어남

#### 복원방법

- 산호 이식
- 해조류를 먹는 소라를 풀어 산호의 성장이 방해받지 않게끔 함
- 공교육의 실시

#### 복원결과

- 2006년도 후반, *Acropora tenuis*가 직경 5.8cm로 자라남
- 2009년 6월 처음으로 산란

갯벌	산호군락	특정해역	Seto섬 해중림의 복원		일본
하구	해안사구	해중림			2003년



지역	일본, Seto 섬
기간	1997년-1999년
타겟	해중림의 복원
참고	Terawaki et al., 2003

#### 복원지역중요성

- Seto 섬 연안의 경성 저질에 *Sargassum*이 풍부하게 서식함

#### 복원배경

- 1960년대 이래로 일본 전역에서 연안 생태계의 파괴가 심각해짐

#### 복원방법

- 계단모양의 콘크리트 구조물을 디자인하여 각기 다른 높이에 *Sargassum*을 심음

#### 복원결과

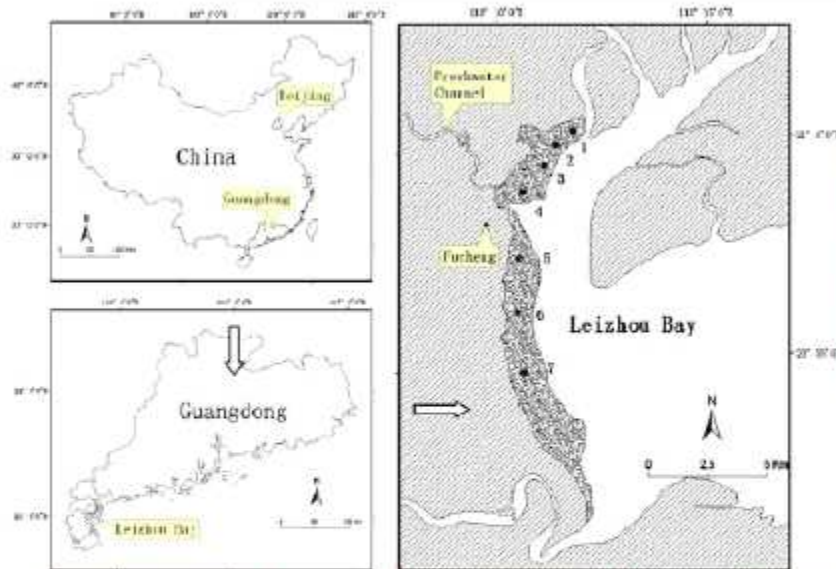
- 80% 이상이 발아



갯벌	산호 군락	특정 해역	중국
하구	해안 사구	해중림	

## 레이조우만 갯벌의 복원

2008년



지역	중국, 레이조우 만
기간	1980년-2005년
타겟	갯벌의 복원
참고	H. Ren et al., 2008

### 복원지역중요성

- 맹그로브는 해안선 유지, 연안수 풍부, 별목 등의 산업 생산량, 연안어업에 도움이 되는 독특한 생태계

### 복원배경

- 관개, 간척 등의 인간활동에 의해 망그로브 서식지 파괴

### 복원방법

- 고유종 및 외래종 망그로브 이식

### 복원결과

- 외래종이 이식된지 10년 후, 자연상태와 비슷해짐
- 고유종의 이식을 용이하게 함

갯벌	산호 군락	특정 해역	중국
하구	해안 사구	해중림	

## 자오저우 만 Loushan 강 하구 습지대의 복원

2008년



지역	중국, 칭다오 자오저우 만
기간	1999년-2002년
타겟	하구의 복원
참고	J. Zhang et al., 2008

### 복원지역중요성

- 연안 습지대는 어류와 야생생물의 서식지를 제공하고 연안 생물다양성을 유지

### 복원배경

- 산업지역으로 중금속과 화학 산업으로부터 오염되고 있음

### 복원방법

- 해안가를 따라 물막이공 설치
- 하수 처리시설 설치

### 복원결과

- 해류 흐름의 개선과 해류 속도 증가로 정화능력향상
- 하수처리시설 설치로 영양염, COD값 감소

## 국내외 복원사업의 배경 및 결과 분석

국 가	갯 벌		하 구	
	복원 배경	복원 결과	복원 배경	복원 결과
미 국	제방 건설	생물군집 회복	준설	생물개체수 증가
	기름 유출	유류오염 저감	허리케인	습지서식지 복원
유 럽	제방 건설	저서생물 증가	하구개발	습지식물 증가
	폐수 배출	생물량 증가		
일 본	토지 간척	생물다양성 증가	도시화	생물군집 복원
			농업 발달	
중 국	관개, 간척	서식지 복원	화학산업 오염	오염물질 제거
한 국	제방/하구둑 건설	수질 개선	연륙도로	해수 유통
	산업단지/폐양식장		폐염전	

## 금강 하구복원 추진에 있어서의 시사점

### 명확성

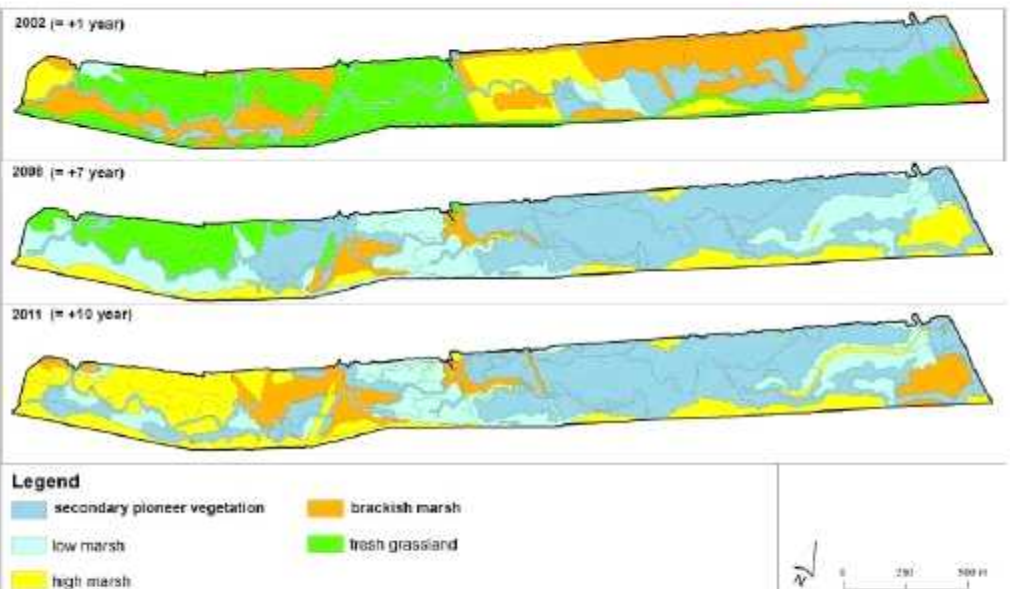
- 복원사업을 통해 이루고자 하는 목표 (structure / function)

### 효율성

- 목표를 이루기 위한 최적의 복원 방법

### 지속성

- 수년-수십년에 걸친 복원사업 및 지속적인 모니터링 수행



• 네덜란드쪽 Wadden Sea 염습지 복원 프로젝트에서의 모니터링 결과 (<http://www.waddensea-secretariat.org/>)



# 해양생태계 복원 기술개발 사업의 가치

## Jobs & Dollars

BIG RETURNS from coastal habitat restoration

## 연안생태계의 경제적 가치 미국사례



### 미국 연안지역의 경제 기여도

- 75%의 어업과 80-90%의 낚시 여가활동의 장소
- 전체 미국 고용의 40% 차지
- 6,900만개 이상의 일자리 제공
- 국가 GDP의 절반 정도를 생산
- 매년 2조 달러의 교역이 일어남



**“사냥과 낚시는 매년 약 800억 달러 규모의 사업이다. 이것은 곧 연안복원 사업에의 투자는 곧 우리나라 경제에 투자임을 의미한다.”**

- Dale Hall (Ducks Unlimited 대표)

## 연안 서식지복원이 가져다 주는 큰 이익



### 플로리다강 연어

### 그레이프호 습지

## Jobs & Dollars

BIG RETURNS from coastal habitat restoration



### 에버글레이즈 국립공원 복원 사례



복원사업이 어떻게 일자리를 창출하는가

이러한 일자리 창출 효과는 다른 관련된 경제 활동에 더해져 복합적으로 나타난다

**복원 사업은 연안서식처를 항상 시킬 뿐만 아니라 일자리 창출을 통해 지역경제 활성화에 큰 도움을 가져옴.**

**직접적 일자리:** 훼손된 습지, 조개대, 산호군락, 물고기통로 따위를 복원시키는 기술을 가진 사람을 위한 일자리

**간접적 일자리:** 목재, 콘크리트, 모목 등 복원사업에 필요한 재료들을 공급하는 업체의 일자리

**유발 일자리:** 복원사업 참여 인력의 옷이나 음식과 같은 재화 및 서비스를 공급하는 사업장의 일자리

## 생태계관리와 의사결정 과정



2017.07.12. 라온컨벤션  
이나무, ESP Asia Regional Office

<http://es-partnership.org/asia-office>

ESP Asia

## Ecosystem Services Partnership Asia RO

- '16.05.30-06.03 ESP아시아총회기간 <아시아사무소>설립 합의
- '16.09.23 경기도-ESP 업무협약, 충청남도-ESP 업무협약
- 본부 : 네덜란드(NL), 85개국 2,500여명



자연자원 통합관리 환경정책 선두 : 생태계서비스, 생물다양성, 지속가능한 발전 등

- **주요 활동(2017) : Science , Policy , Practice**
  - 경기도 DMZ일원 생태계서비스기반 환경보전 협력사업
  - 안산 갈대습지 생태계서비스 평가 지표연구
  - 지속가능한 발전을 위한 생태계서비스 주민교육
  - 도시숲 생태계서비스 사례연구, 동북아 국제협력사업, ES정책사례 연구 등

**네트워크**  
Network

**연구 교육**  
Research

**시범 사업**  
Demo Sites

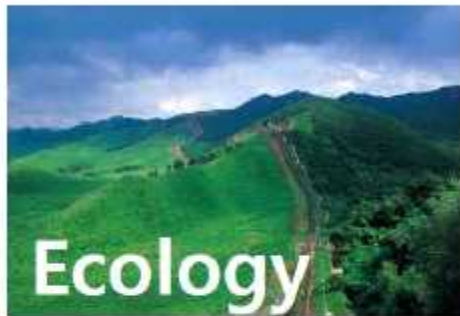
**캠페인기금**  
PES

<http://es-partnership.org/asia-office>

ESP Asia



# 생태계서비스 접근법 : Connecting & Valuing



생태복지, 생태관광, 지속가능한 발전을 가능케하는 자연자원

생태계서비스 = 자연의 선물



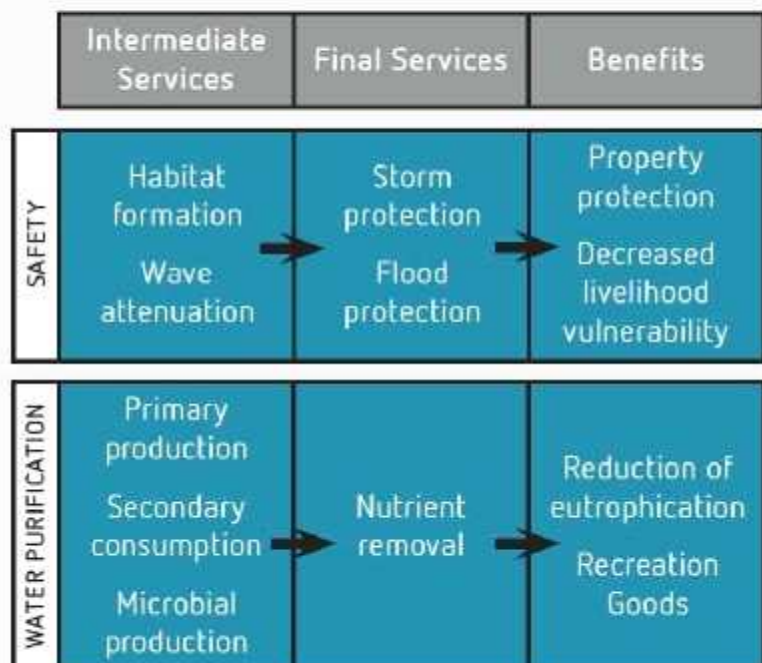
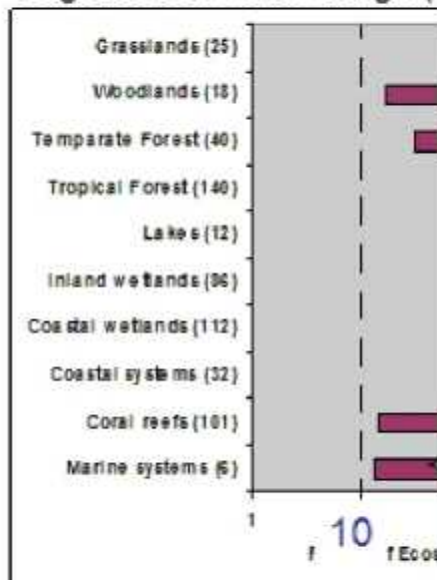
Connecting People & Nature  
Valuing Natural Capitals

<http://es-partnership.org/asia-office>

ESP Asia

## Valuing Ecosystem Services

Log-scale of value range (€10<sup>9</sup> to €10<sup>12</sup>)



유럽연합 TIDE (Tidal River Development) - ES 접근법

<http://es-partnership.org/asia-office>

ESP Asia

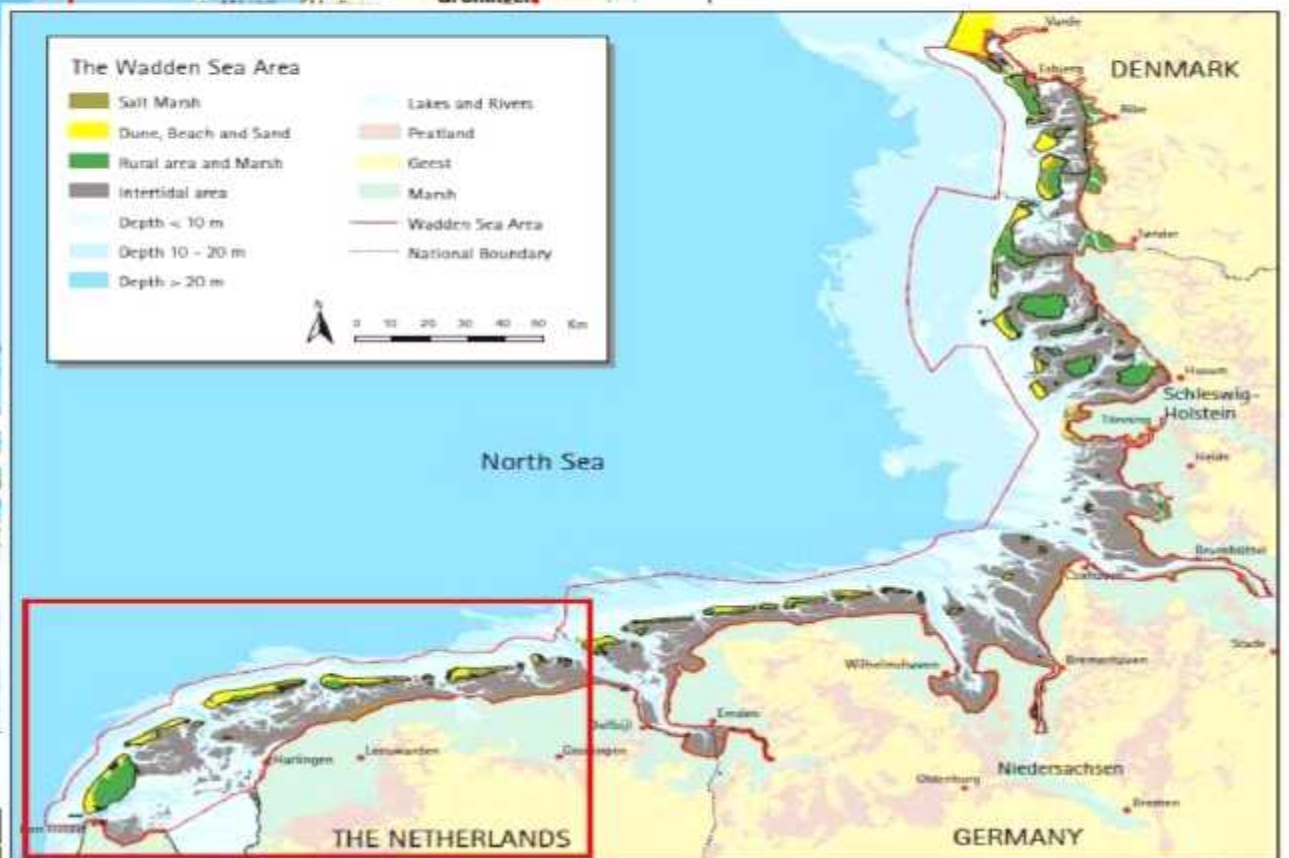
# 네덜란드 경우

✓ Haringvliet 방파제 개방의 생태계서비스 증진 연구(WUR, 2010)



<http://es-partnership.org/asia-office>

ESP Asia



<http://es>



# Wadden Sea

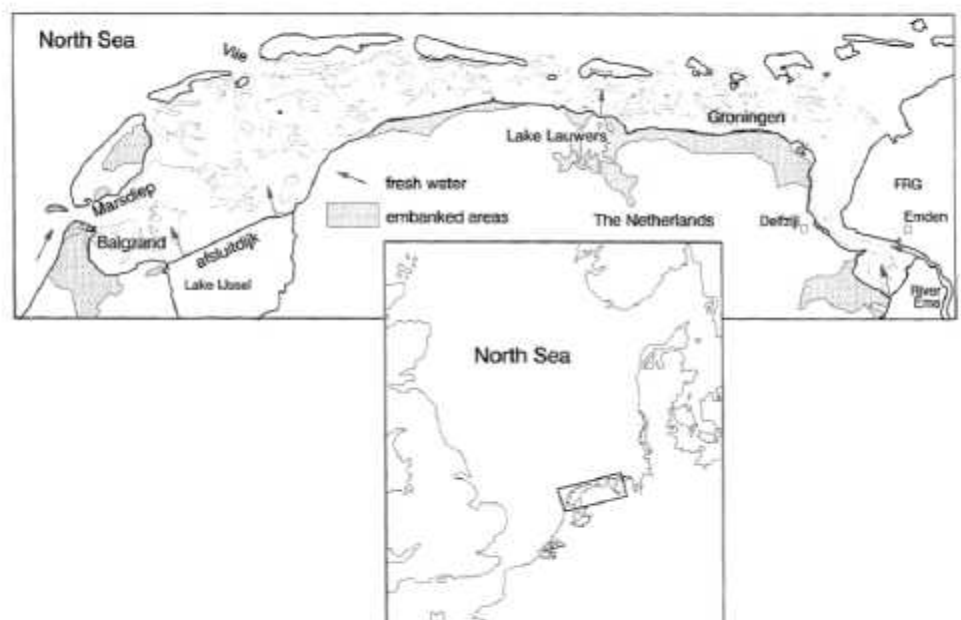
- ✓ 면적 14,700km<sup>2</sup> 중 11,200km<sup>2</sup>가 자연보호구역
- ✓ 해안선 길이 : 500km
- ✓ 연간 10~12백만마리의 철새 통과 : 중요한 철새 이동경로  
(East Atlantic Flyway)
- ✓ 특별보호지역(Special Protection Area), Natura 2000, 람사르습지,  
특별민감해역(Particularly Sensitive Sea Area), 세계 유산 지정(2009)
- ✓ (Den) 국립공원지위 획득(2010)
- ✓ (NL) Dutch Physical Planning Act, Nature Conservation Act
- ✓ (Ger) 독립적으로 주정부가 관리 : Schleswig-Holstein, Niedersachsen,  
Hamburg(city)
- ✓ 경제적 활동 : 가스 추출, 소금광산, 어업(mussel & shrimp), 레크레이션,  
항만 활동

http:

## Wadden Sea

### ✓와덴해

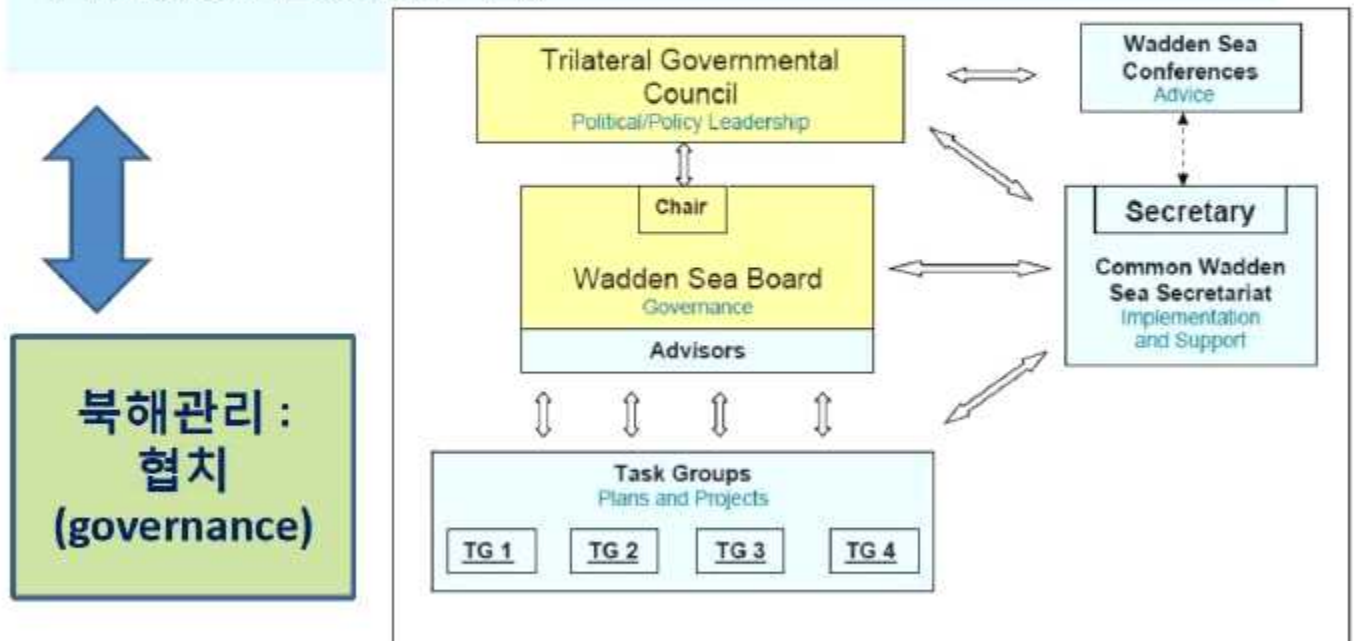
- 1932년,  
Zuiderzee
- 1969년,  
Lauwerszee
- 1960-1985 :  
모래채취,  
어업 등
- 1980 년 이후  
3<sup>rd</sup> Water  
Management



<출처 : Je Jonge, The Dutch Wadden Sea(1993)>

# Wadden Sea 공동관리(cooperation)

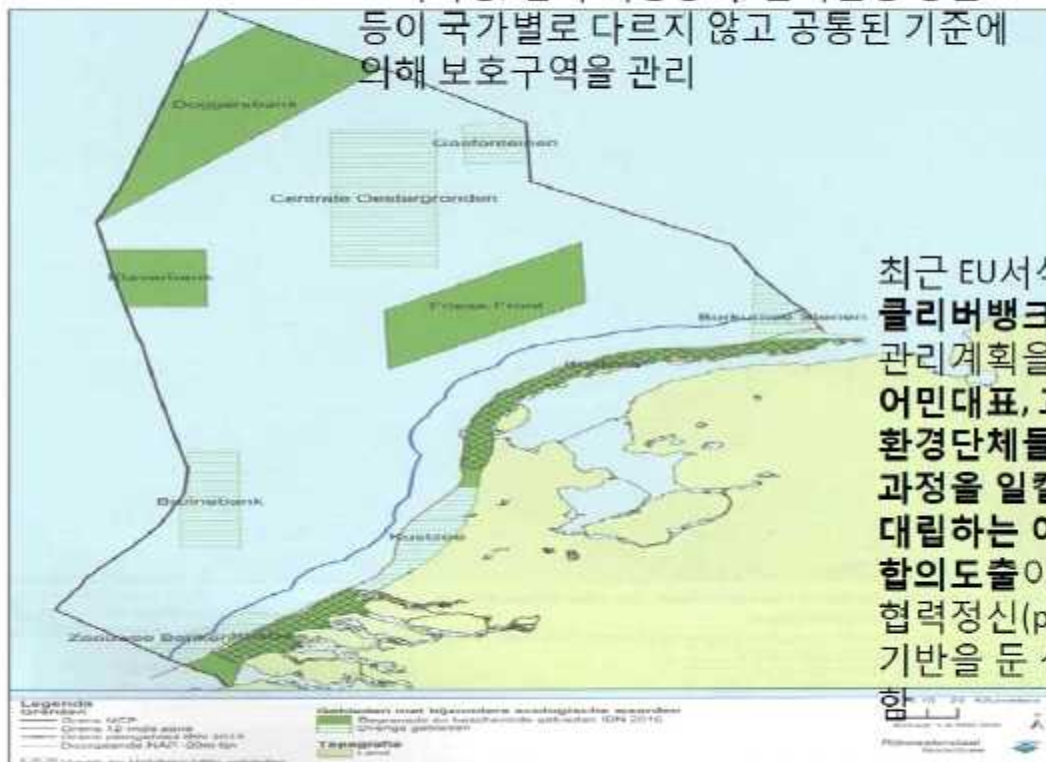
✓와덴해보전 공동성명(1982) – 와덴해 사무국 (CWSS, 1987) –  
의사결정(정부간 장관급 회의)



<http://es-partnership.org/asia-office>

ESP Asia

**(비교) 북해** 포괄적 관리방식(holistic approach)  
네덜란드, 영국, 독일, 덴마크가 공동으로  
단일의 통합관리체계를 채택하면  
모니터링, 법적 이행장치, 관리실행 방안  
등이 국가별로 다르지 않고 공통된 기준에  
의해 보호구역을 관리



최근 EU서식지 지침에 따른  
클리버뱅크 보호구역의  
관리계획을 수립하기 위하여,  
어민대표, 과학자,  
환경단체들이 모여 타협한  
과정을 일컬어, 이해관계가  
대립하는 이해당사자간  
합의도출이 네덜란드  
협력정신(polder model)에  
기반을 둔 성과라고 보기도  
함

<http://es-partnership.org/asia-office>

ESP Asia



# 네덜란드의 사회적 자본

## ✓네덜란드식 사회자본 (Polder Model)

- 간척지(polder) 역사 : 풍차관리 협력시스템
- 역사문화적 전통 - 킨더다이크(kinderdijk)
- 사회구성원이 상충하는 이익을 자율적으로 규제하고 사회공공의 목적 달성을 위해 협상에 이르는 의사소통 과정

### ■네덜란드 사회(den Butter 2003)

구성원간 신뢰, 과정을 뒷받침하는 사회제도,

네트워크 → 경제성장의 동인

“사회적 파트너십”- 비용& 책임분담 “fair”



<http://es-partnership.org/asia-office>

ESP Asia

# 생태계서비스 기반관리

## ✓유럽연합 : 공동 어업 정책 (Common Fishery Policy)

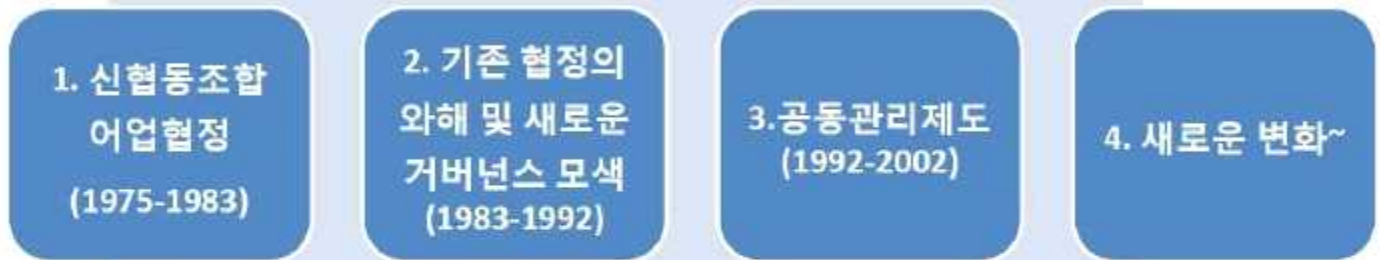


- 바덴해 공동기금 (Wadden Sea Fund) : 와덴해를 이용하는 가스추출회사가 와덴해 생태계복원 및 연구비용 지원
- 북해 지역자문위원회의 정책 논의(NL) : 어업계 관계자(2/3) + 환경단체 관계자(1/3)

<http://es-partnership.org/asia-office>

ESP Asia

# 어업관리 제도



1. 1975년부터 쿼터제 정착전 : 국가와 이해당사자 대표기관간 협력 교류
2. 유럽연합의 공동어업정책(Common Fisheries Policy)발효이후 새로운 거버넌스 (지속가능성, 다양한 이해당사자와 지역 고려) - 불법어획 남발 및 사회적 소요
3. 어민의 용통성 보유(허용 어획량, 어업일수 등), 어업생산자 조합기관의 역할, 어민 조합내 사회적 통제 → 어민의 정책참여 확보
4. 어업의 지속가능성과 생태계 문제 제기 → 느슨한 신뢰 형성을 증가시키는 학습모임(2008년, 14개의 어민 학습조직, 7년간 운영) / 사회적 맹약(Covenant) 구축 시도, 정부 시장 시민사회의 공동 협력 맹약(투명성, 공개성, 정책 책임성)

<http://es-partnership.org/asia-office>

ESP Asia

## 사회적 맹약(Covenant) 사례(NL)

✓ **북해맹약(North Sea Covenant)** : 2008년 정부, 환경단체, 네덜란드 어물생산위원회(Dutch Fish Product Board), 어업생산자 조합간 체결. MSC(Marine Stewardship Council) 증서 취득, 해양보호구역 지정 공동협력, 지속가능한 어족자원관리, 혼획물 투기 감축 등이 목적

### ✓ **홍합맹약(Mussel Covenant)**

‘와덴해 전쟁(the War on the Wadden Sea)’이라고 불리는 홍합분쟁의 타협결과. 정부, 홍합어민, 환경단체 간 체결. 정부가 홍합어민에게 허가한 홍합종패 채취가 와덴해 보호구역을 관리하는 유럽연합의 지침에 위배된다고 하여 환경단체가 법정공방을 시작. 법원이 어민들의 채취를 금지시켰고 이에 환경단체와 어민 간 갈등이 증폭. 결국 정부가 분쟁조정자로 나서 어민들이 2020년까지 환경 친화적 산업방식으로 전환하고 그 기간 동안 환경단체가 법정소송을 중단하기로 양측 간 타협.

<http://es-partnership.org/asia-office>

ESP Asia



# 관리 (Texel)



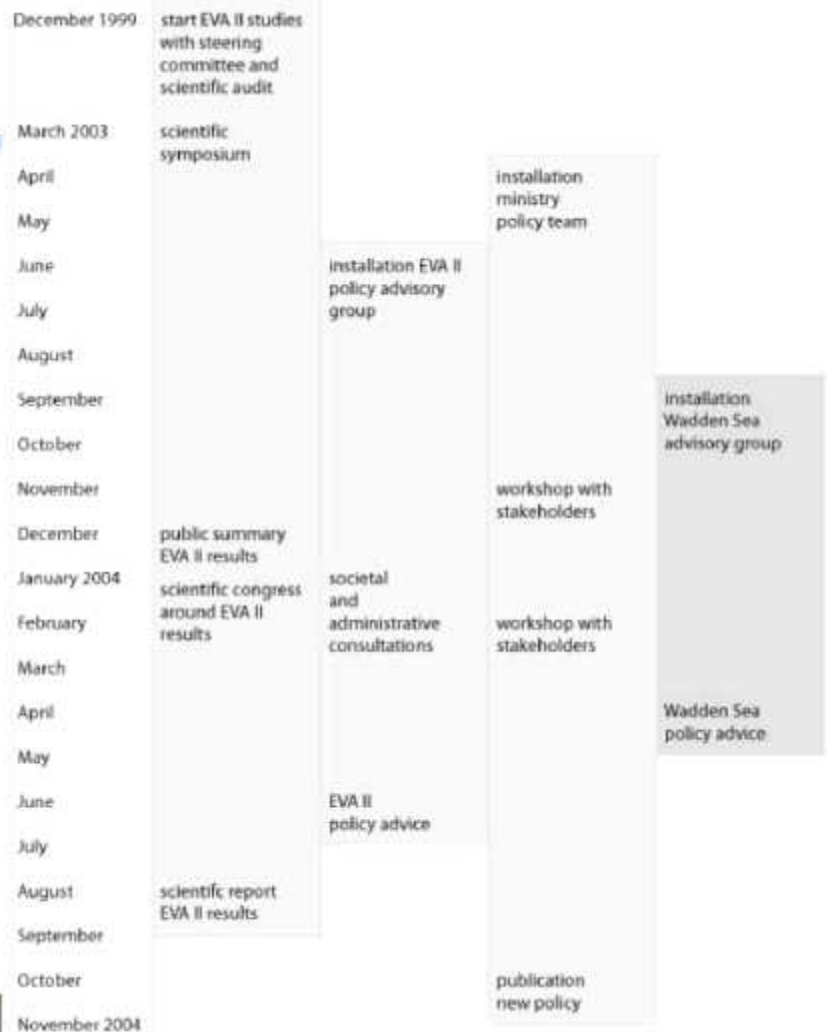
- ✓ 민관협력, 연구시설(대학연계), 교육센터(민간운영)
- ✓ 새로운 시도들 +  $\alpha$

<http://es-partnership.org/asia-office>

ESP Asia

## EVA II 의사결정

- 1999-2004
- 4가지 분야 중점
  - ✓ Procedure
  - ✓ Scientific research
  - ✓ Conservation & commercial interests
  - ✓ Policy decision



<http://es-partnership.org/asia-office>

# 관리 (Knowledge-Practice)

통합 연안구역 관리 Integrated Coastal Zone Management

Science- Policy

Knowledge- Practice

- ✓ 생태계기반, 학제간, 참여적
  - ✓ 지식 범위의 확장 : 이해당사자 종류별, 공식적, 비공식적, 암묵적, 암시적 내용 포함
  - ✓ 지식의 동원과 관리(Why) – 지속 공동 생산(What, 사회적, 생태적 지속가능성) – 다양한 이해당사자(Who) – 전략과 방안 (How, participatory, communities of practice...)
- <출처 : D.Puente-Rodriguez et al(2015)

<http://es-partnership.org/asia-office>

ESP Asia

# 관리 (Knowledge-Practice)



<출처 : D.Puente-Rodriguez et al(2015)

<http://es-partnership.org/asia-office>

ESP Asia



## 관리 (Knowledge-Practice)

### [덴마크 하구 복해연어서식처(houting) 복원 사례]

- ✓ 전문가의 지식 : 남획과 수질 오염의 문제
- ✓ 이해당사자 상담 및 협의 (참여적 의사결정 과정 확보) : 복원의 방안 제시 및 이행당사자들과 협의, 공청회, 현장답사, 정보 전시 등
- ✓ 전문내용 출간 이용 - 논란 및 연구 촉발

### [네덜란드 엠스 하구의 관리 문제]

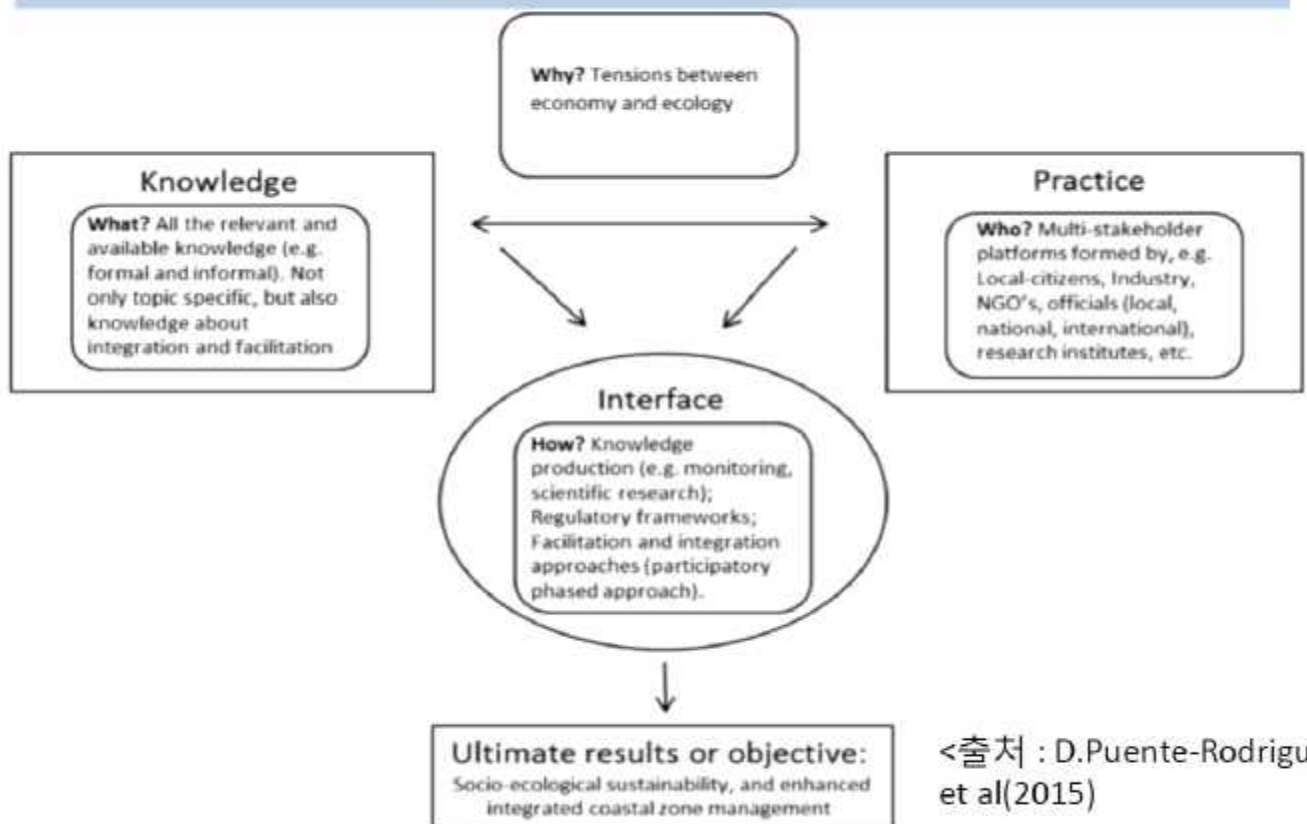
- ✓ 독일과 네덜란드의 협약 (maritime agreement, 1960) : 수로의 관리
- ✓ 와덴해 3개국 관리 1980년대~
- ✓ 문제점 : 과학자, 지역주민, 환경단체 등 배제
- ✓ 1996년 변화 촉발 : 유럽연합 물관리 지침
- ✓ 지식과 문제 해결? : SPM 축적, Oxygen 악화
- ✓ 항만 산업, 법제도화, 지식관린

<출처 : D.Puente-Rodriguez et al(2015)

<http://es-partnership.org/asia-office>

ESP Asia

## 관리 (Knowledge-Practice)



<http://es-partnership.org/asia-office>

ESP Asia





# (국내) 시민 참여(안) : 안산

- ✓ 시민 참여 및 TF 구성을 통한 계획 구상
- ✓ 숲의 도시, 문화재생, 안산 갈대습지 관리 등
- ✓ 정책이행 중간 지원 조직 활성화, 지역단체와의 민관 협력



Gyeonggi-bay  
Ecomuseum(문화재생)



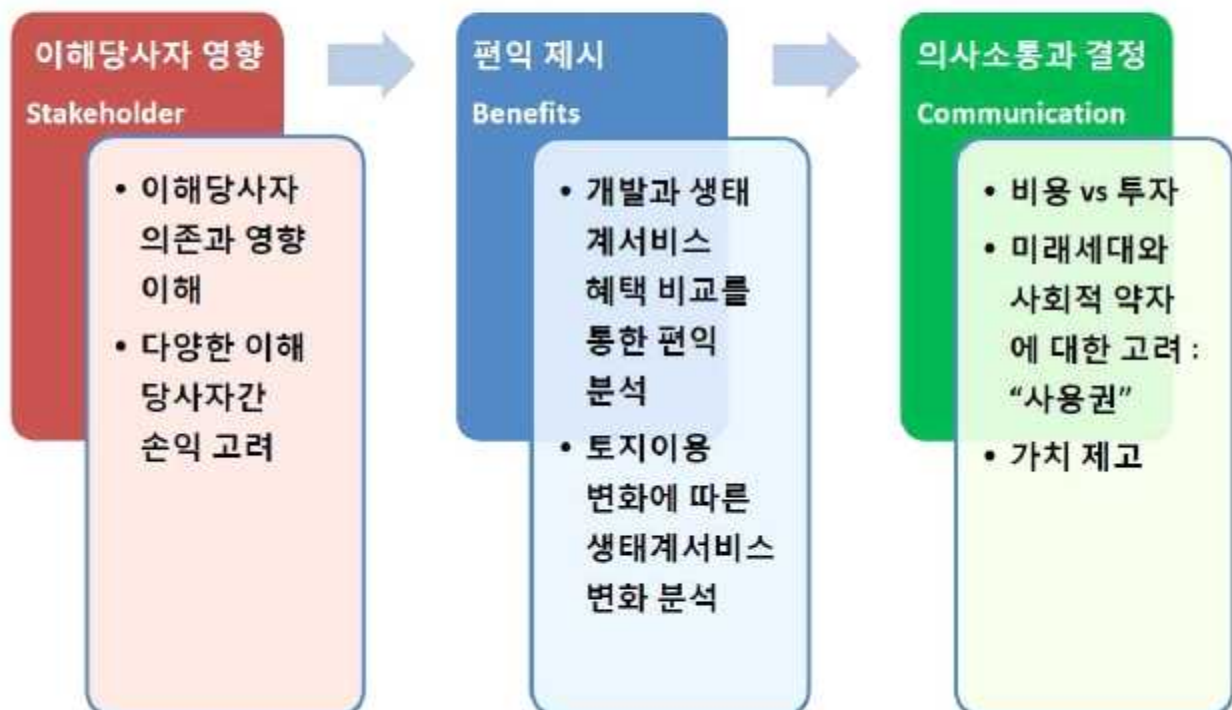
안산 갈대습지운영을 위한 시민구상안 Citizens Proposal

<http://es-partnership.org/asia-office>

ESP Asia

## 생태계서비스의 활용

- 지속가능성과 상생을 위한 정책결정 및 의사소통의 도구



<http://es-partnership.org/asia-office>

ESP Asia

# 금강하구 유동·퇴적환경의 장기 변화



김 태 인

 (주)지오시스템리서치  
Geosystem Research Corporation

하구생태복원 세미나  
라운 컨벤션, 2017. 7. 12

## 발표 순서

1. 금강하구 현황
2. 유동의 장기 변화
3. 퇴적의 장기 변화
4. 금강하구 통합 모델링시스템



## 금강하구 physical setting

- 하천 길이 401 km
- 유역 면적 9,828 km<sup>2</sup>
- 담수 방류량  $5.5 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/year (1995~2015)
- 대조차 6.0 m (군산외항 조위관측소)
- 하구 수심 최대 약 DL(-)15 m (도류제 입구)
- 염수 침입 하구둑 건설 전에 하구둑 상류 약 40 km (강경)

• 2 •

## 하구 지형과 개발사업



개발 사업	공사 기간
금강 하구둑	83.11 ~ 88.12
금강 하구둑 운영	94.08 ~
북측 도류제	90.08 ~ 97.10
남측 도류제	92.11 ~ 98.12
군장산단 서측호안	93.05 ~ 00.05
북방파제	98.02 ~ 04.11
남방파제	06.09 ~ 09.12
내항 투기장	? ~ 06.12

• 3 •

## 개발사업 전·후의 지형

1973년



전승수(2011)

2013년



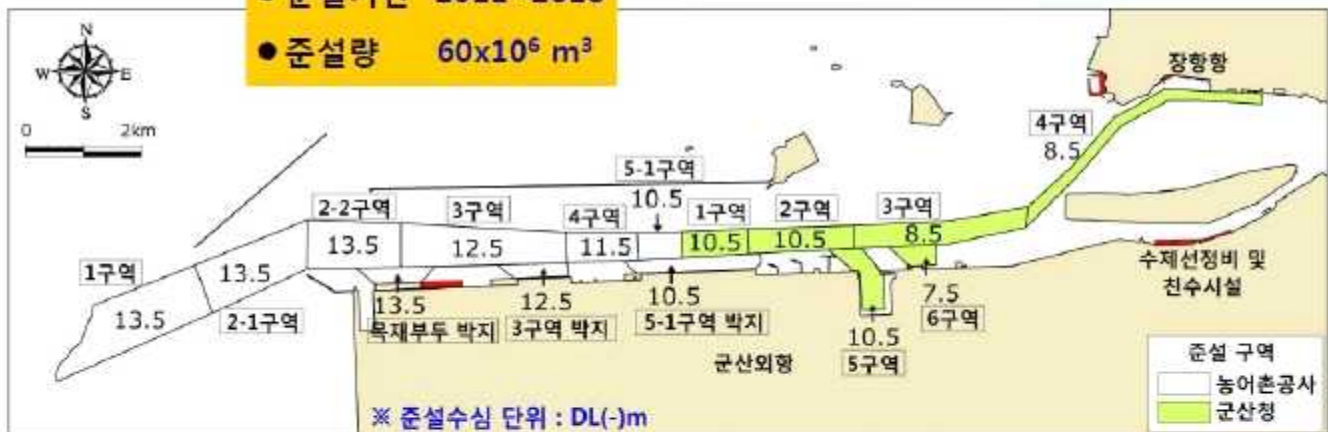
Pleiades  
2013. 10. 23

• 4 •

## 항로·박지 준설계획

- 준설기간 2011~2018

- 준설량  $60 \times 10^6 \text{ m}^3$

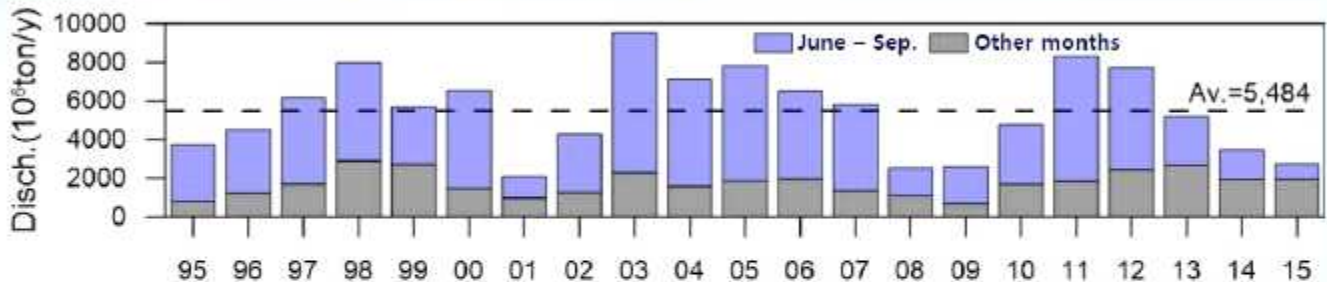


• 5 •



## 하구둑 담수 방류량

### ■ Annual freshwater discharge (1995~2015)



### ■ Monthly freshwater discharge (Sep. 1994 – Aug. 2013)

Item	Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Annual
Discharge (10 <sup>6</sup> ton)		157	159	186	233	284	525	1,329	1,258	891	299	189	195	5,707
Frequency		10	9	12	14	17	20	35	36	27	16	12	12	220
Opening hour		24	23	30	36	45	65	142	141	104	41	29	29	709
Hour per opening		2.4	2.6	2.5	2.6	2.6	3.3	4.1	3.9	3.9	2.6	2.4	2.4	3.2

- Discharge in summer (June to Sep.) : 72% of the annual

• 6 •

## 2. 유동의 장기 변화 (1/6)

## 갑문 작동 전·후의 조석

(단위: cm)

검조소	갑문	관측기간	평균고조위	평균해면(Ao)	평균저조위	대조차
내항	작동 전	'81~'93	606.8	374.7	150.8	566.7
	작동 후	'95~'03	621.2 (+14.4)	372.8 (-1.9)	127.0 (-23.8)	619.8 (+53.1)
외항 박거	작동 전	'81~'93	594.2	364.9	127.8	602.8
	작동 후	'95~'05	607.1 (+12.9)	366.9 (+2.0)	127.8 (0.0)	614.3 (+11.5)

- 하구둑 갑문 작동 후, 군산내항에서 평균고조위 14cm 상승, 평균저조위 24cm 하강, 대조차는 53cm (9.4%) 증가함



• 7 •

## 갑문 작동 전·후의 대조기 최강유속

(단위: cm/s)

갑문	관측기간	PC4 (도류제 입구)		PC3 (도류제 종점)		PC2 (개야수로)		PC1 (내항수로)	
		창조류	낙조류	창조류	낙조류	창조류	낙조류	창조류	낙조류
작동 전	'85~'93	125	130	145	127	113	97	146	150
작동 후	'95~'99	97	72	136	98	67	64	85	74
창조류 / 낙조류		0.96 → 1.35		1.14 → 1.39		1.16 → 1.05		0.97 → 1.15	

- 갑문 작동 후 유속 감소, 주수로에서 창조류가 상대적으로 우세



• 8 •

## 주수로의 “창조 우세” - Why?

### Possible Reasons :

- 1) Amplification and phase shift of shallow water tide
- 2) Flood-dominance in main channel, but ebb-dominance in Gaeya channel on the contrary

• 9 •



## 갯문 작동 전·후의 $M_4$ 분조류

- Phase difference between  $M_2$  and  $M_4$  current

$$\Delta\theta = \theta_2 - 2\theta_1 \quad \text{where, } V_{M_2} = a_1 \cos(\omega_t - \theta_1) \quad V_{M_4} = a_2 \cos(2\omega_t - \theta_2)$$

- Effect of  $\Delta\theta$  on current asymmetry

$\Delta\theta > 270^\circ$  or  $\Delta\theta < 90^\circ$  : stronger flood (max at  $\Delta\theta=0^\circ$ )

$90^\circ < \Delta\theta < 270^\circ$  : stronger ebb (max at  $\Delta\theta=180^\circ$ )

- Observed  $\Delta\theta$  and Amplitude Ratio of  $M_4/M_2$

Period	$\Delta\theta$ ( $^\circ$ )		$a_2 / a_1$	
	KOP (PC3)	KIP (PC1)	KOP (PC3)	KIP (PC1)
1985 ~ 1991	49	20	0.14	0.14
1995 ~ 2001	323	304	0.07	0.11

- Current asymmetry due to amplification or phase shift of  $M_4$  is **not intensified** after closing the barrier.

• 10 •

## 갯문 작동 전·후의 대조기 조량 (수치실험)

(Unit :  $10^6 \text{m}^3$ )

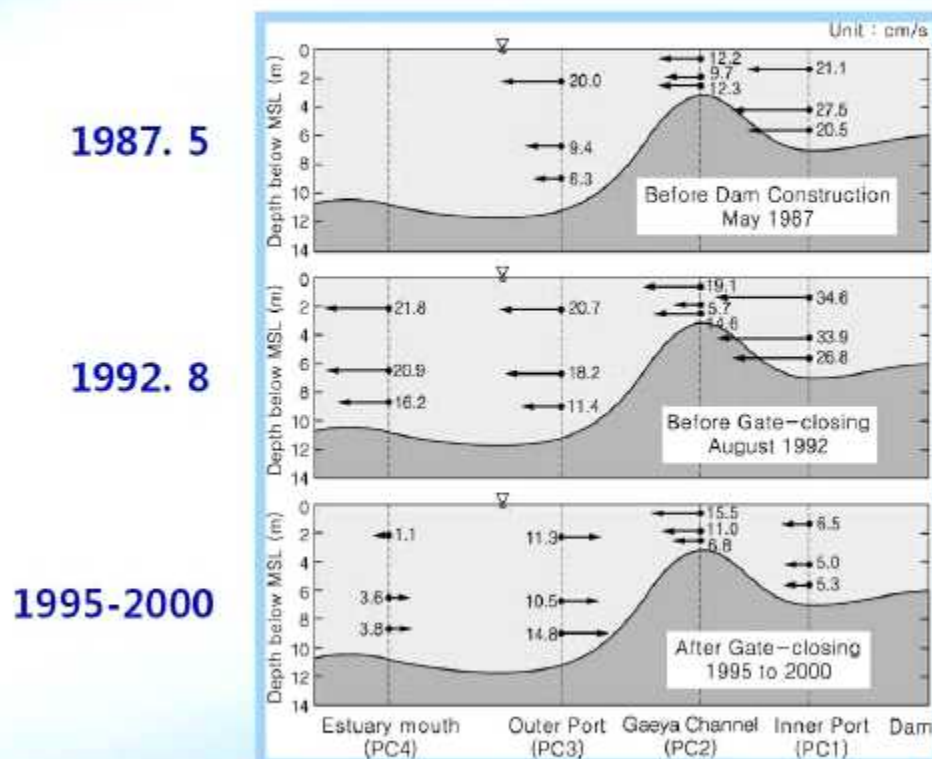
Year	KOP channel (PC3)			Gaeya channel (PC2)			KIP channel (PC1)		
	Flood	Ebb	F/E (%)	Flood	Ebb	F/E (%)	Flood	Ebb	F/E (%)
1982	166	184	90	66	52	127	140	144	97
1995	143	127	113	14	31	45	49	49	100
1999	130	119	109	17	30	57	45	45	100

### ■ 주수로에서 창조 우세 원인

- ✓ 조석 위상 : 주수로에서 개야수로보다 빨라짐  
→ 순간 조위 : 주수로에서 개야수로보다 높아짐
- ✓ 하구둑 ? 도류제 ? 주수로 준설 ? 개야수로 퇴적 ?

• 11 •

## 갑문 작동 전·후의 잔차류



Converted to flood direction in middle- and lower estuary after closing the barrier

• 12 •

## 갑문 작동 전·후의 SSC (대조기)

(Unit : mg/L)

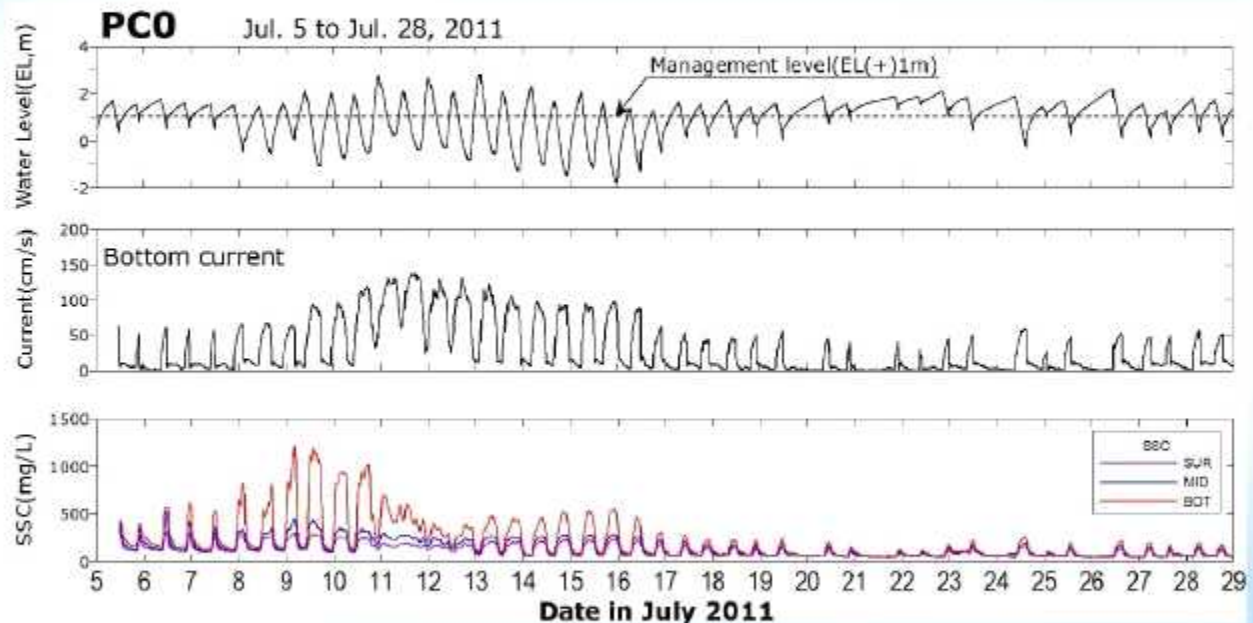
Period	PC4 (Estuary mouth)		PC3 (KOP channel)		PC2 (Gaeya channel)		PC1 (KIP channel)	
	Flood	Ebb	Flood	Ebb	Flood	Ebb	Flood	Ebb
1987~1993	102	101	189	135	162	157	253	239
1995~1999	54	44	43	37	58	38	69	40

- Before closing
  - ranges 100~250mg/L and increases upstream in normal weather condition
- After closing
  - ranges 40~70mg/L due to reduction of current
  - Higher SSC in flood phase indicates continuous upstream transport of SS

• 13 •



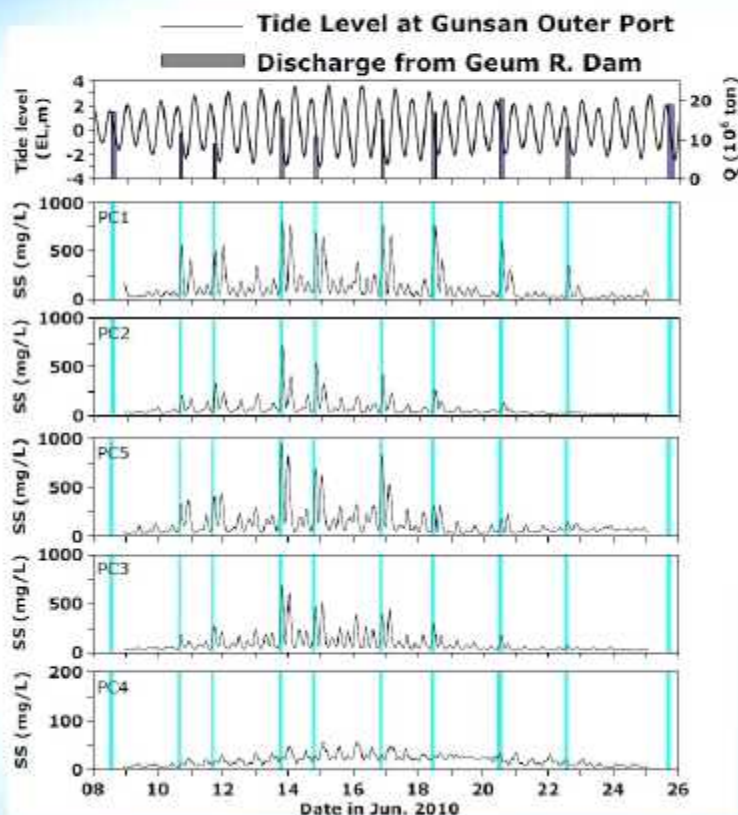
## 홍수기 하구둑 상류의 유속과 SSC (2011)



- 최고 농도 : 저층 1,225mg/L, 중층 531mg/L, 표층 352mg/L

• 14 •

## 홍수기 SSC (2010.6.9-24)



- A considerable amount of sediments escaped offshore in ebb cannot be transported farther away and reenters the main channel during the subsequent flood.

• 15 •

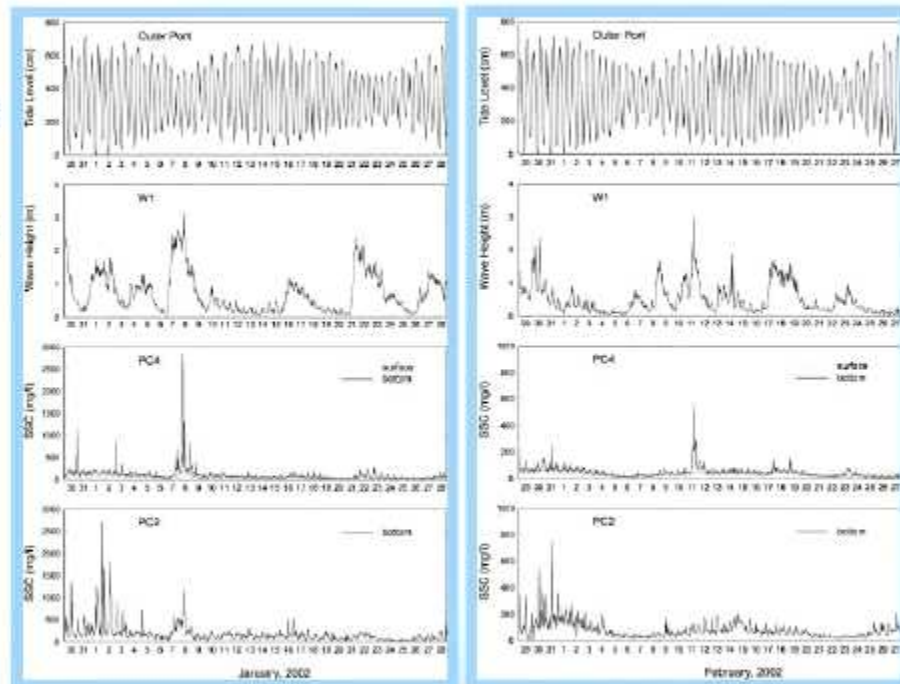
## 동계 SSC (PC2 & PC4, 2002)

Tide  
(Outer Port)

Wave, Hs  
(Offshore)

SSC  
(PC4)

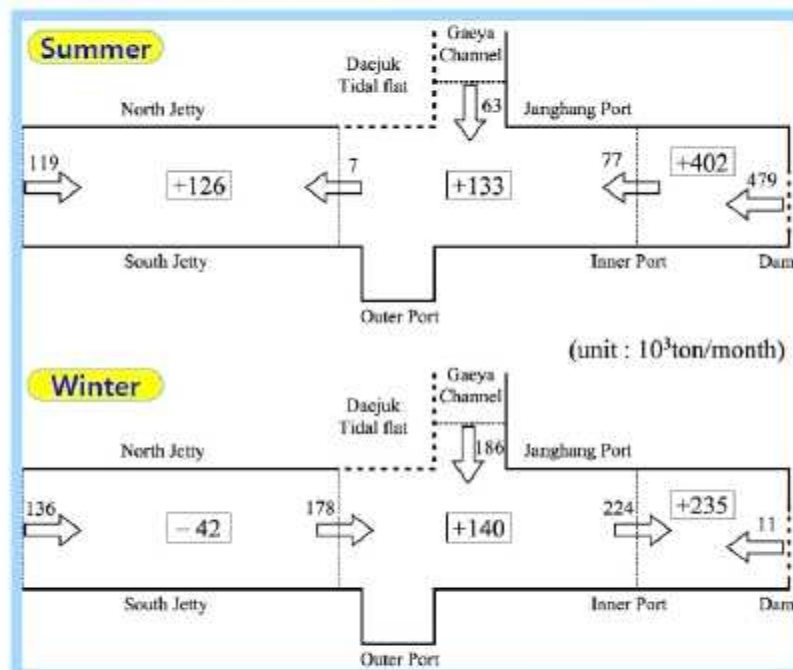
SSC  
(PC2)



- SSC increases with higher wave and stronger current.
- But, response of SSC to waves is not always the case.
  - Feb. 11 at PC2, low SSC with high waves but weak currents

• 16 •

## 금강하구의 퇴적물 수지 (2001-2002)



**Summer** 84% of the river-borne flux is deposited in the upper estuary. Net flux at KIP & KOP channel is downstream.

**Winter** Net flux at KIP & KOP channel is upstream.

• 17 •

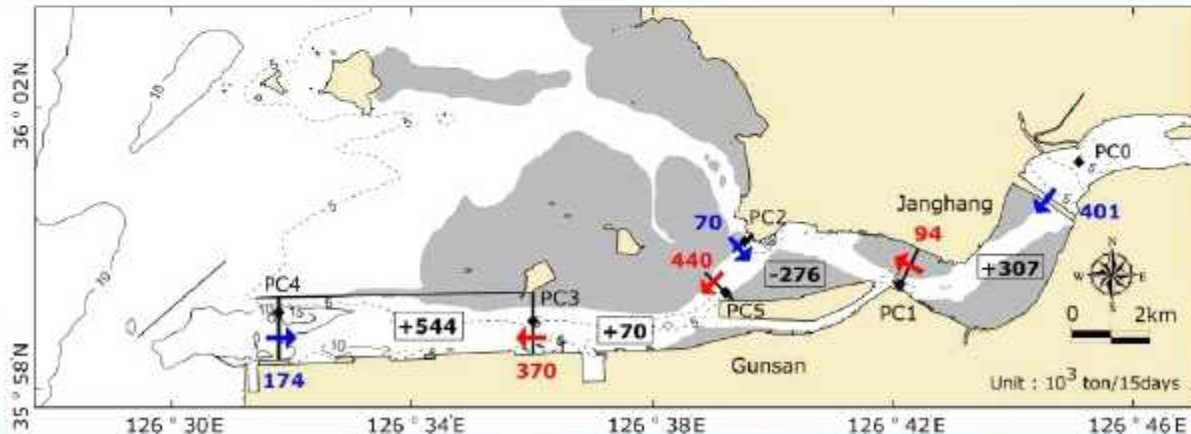


## 금강하구의 퇴적물 수지 (2011.8)

(단위 :  $10^3 \text{ ton/15day}$ )

기간	PC4 (도류제 입구)	PC3 (도류제 종점)	PC5 (장항수로)	PC2 (개야수로)	PC1 (군산내항)	PC0 (하구둑 상류)	총유입량
2011. 7. 30 ~ 8. 14	174.3	-370.0	-440.0	69.9	-93.7	400.6	644.8

※ '+'는 창조류 방향(PC0는 하구둑 유출량), '-'는 낙조류 방향



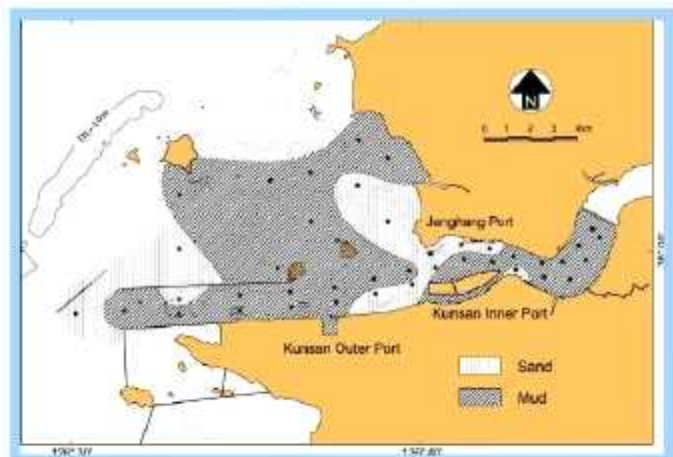
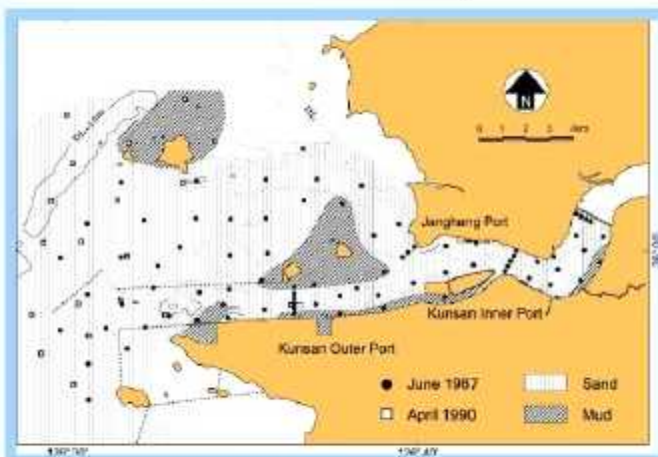
• 퇴적 : 내항~하구둑, 내항~장항항, 도류제 사이      • 침식 : 군산내항~장항수로

• 18 •

## 해저퇴적물 입도 분포

1987 &amp; 1990

1999

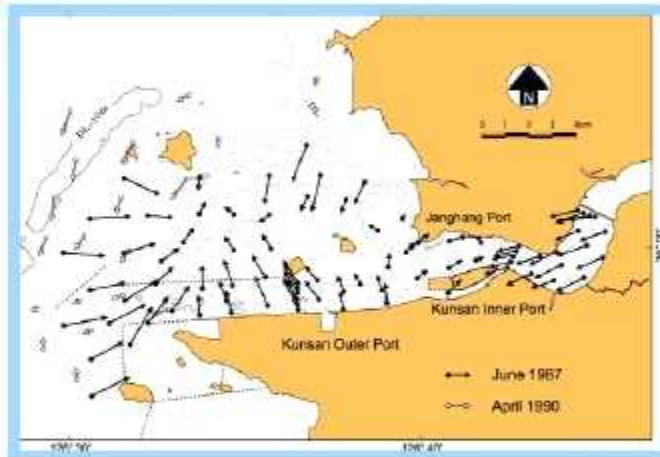


- 1987 & 1990 : **Sands** covered most of the estuary. Strong currents prevent the fine-grained sediments from depositing in the main channel.
- 1999 : **Muds** veneered most areas of the estuary. Weakened currents let the fine sediments trapped and deposited.

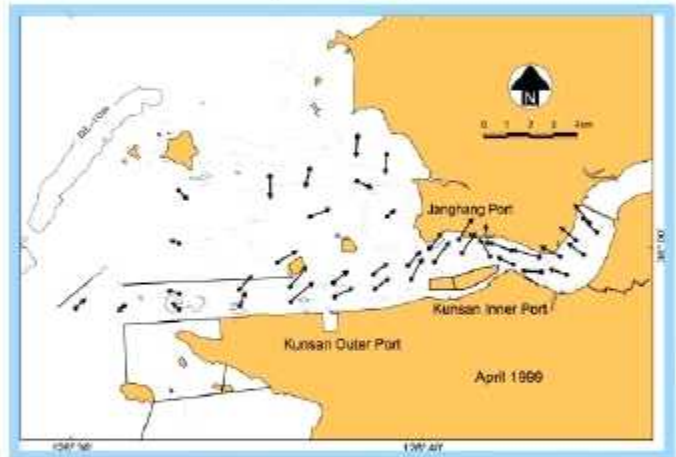
• 19 •

## 퇴적물 이동경로 (Gao & Collins, 1992)

1987 &amp; 1990



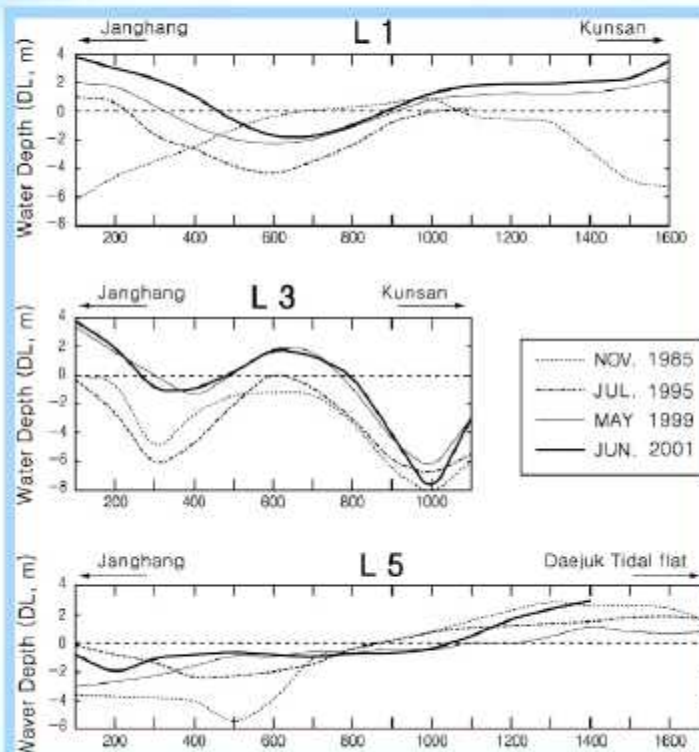
1999



- **1987 & 1990** : Sediments are transported mainly **to the ebb direction** in the **upper estuary** and toward Daejuk tidal flat from the main channel, Gaeya channel and the offshore.
- **1999** : **Upstream transport is prevailing** in the main channel, maybe due to relative intensification of the flood current.

• 20 •

## 수로 단면 변화



**L1** : Two channels were buried away.  
Max. deposition of 10m  
from 1985 to 2001.

**L3** : Max. deposition of 5m  
in the northern channel.

**L5** : The deepest part is shallowed  
to DL(-)2.0m from DL(-)5.5m.

• 21 •



## 갑문 작동 전·후의 퇴적율

Sector	Area (10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup> )	Period	Sedimentation rate	
			(cm/a)	(10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /a)
A	8,360	1985.11~1993.01	18.0	1,505
		1995.07~2001.06	40.8	3,411
B	9,960	1985.11~1992.07	5.9	588
		1995.07~2001.06	24.2	2,410
C	7,850	1985.11~1993.07	1.4	110
		1995.06~2001.06	20.6	1,617
D	6,670	1985.11~1993.07	3.7	247
		1995.06~2001.06	22.2	1,481
E	12,120	1985.11~1993.07	4.0	485
		1995.06~2001.06	1.4	170
F	560	1985.04~1994.03	126.6	709
		1995.05~1999.07	67.4	377



### ● Total sedimentation rate (except sector C)

- Before closing  $3,534 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{a}$
- After closing  $7,849 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{a}$
- increase by 2.2 times

• 22 •

## 퇴적율의 장기 변화

(단위 : cm/year)

기간	E (도류제 사이)	F (외항 박거)	D (장항항~외항)	C (개야수로)	B (내항~장항항)	A (하구둑~내항)
1985~1993	4.0	126.6	3.7	1.4	5.9	18.0
1995~1999	-1.3	67.4	17.1	27.2	26.6	42.3
1999~2001	3.8	-	24.3	14.2	9.0	20.3
2001~2003	13.1	63.8	16.7	20.8	20.9	23.2
2003~2008	23.6	57.3	11.1	7.7	13.0	8.4
2008~2010	10.2	87.4	1.0	-	4.7	16.9



• 23 •

## 요약 : 유동·퇴적의 장기 변화

- 하구둑 건설 후, 조석파가 하구둑에 반사되어 대조차가 약 60cm (11%) 증가하였음. 조류속은 크게 감소하였으며, 창조류속이 상대적으로 강화되고, 하구 입구와 중앙에서 잔차류가 상류 방향으로 변화됨.
- 하구둑 건설 전에는 조립(sandy) 퇴적물이 우세하였으나, 건설 후 세립(muddy) 퇴적물이 광범위하게 집적되었음. 세립 퇴적물의 집적은 퇴적물 운송 능력(sediment transport capacity)의 감소와 창조류 우세 환경으로의 변화에 기인함.
- 하구둑 건설 후의 퇴적물 수지 분석결과, 도류제 입구와 개야수로를 통하여 퇴적물의 순유입이 나타남.
- 하구 퇴적량은 하구둑 갑문 작동 전인 1985~1993년에  $3.5 \times 10^6 \text{m}^3/\text{y}$ 에서 1995~2001년에  $7.8 \times 10^6 \text{m}^3/\text{y}$ (2.2배)로 증가하였고, 이후 점차 감소하여 현재는 하구둑 공사 전과 유사한 수준임.

• 24 •

## 금강하구 환경이슈와 모델링 목표

### ■ Environmental issues in the Geum River Estuary

- Siltation in the navigation channel & tidal flat
- Deteriorated water quality
- Algal blooming in the upper estuary
- Reduced laver production in the lower estuary

### ■ Aims of the modeling study

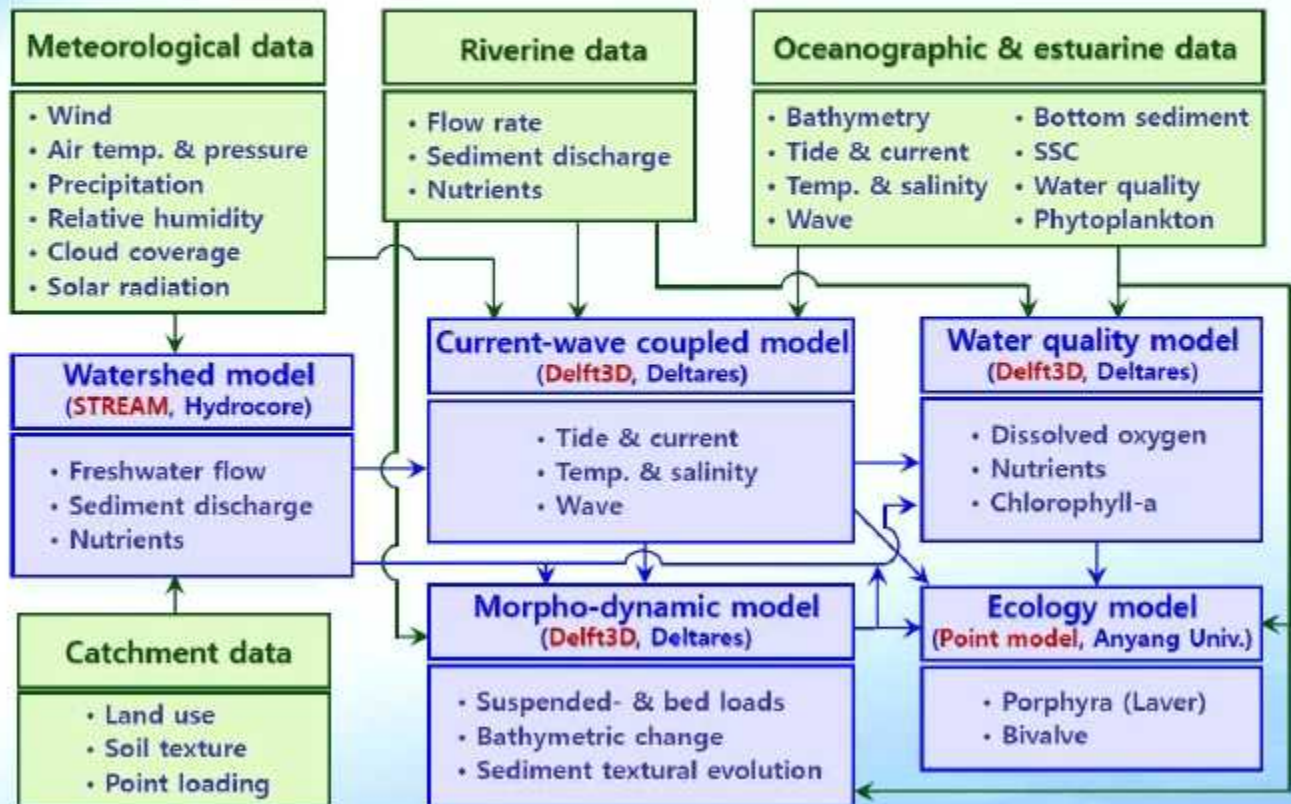
- To provide strategic measures for improving the estuarine environment
- To develop now-cast / forecast system for the estuarine water quality
- To provide, if any, early warning of environmental risks

※ 하구역 종합관리시스템 개발연구 II (해양수산부, KIMST, 2014~2018)

• 25 •

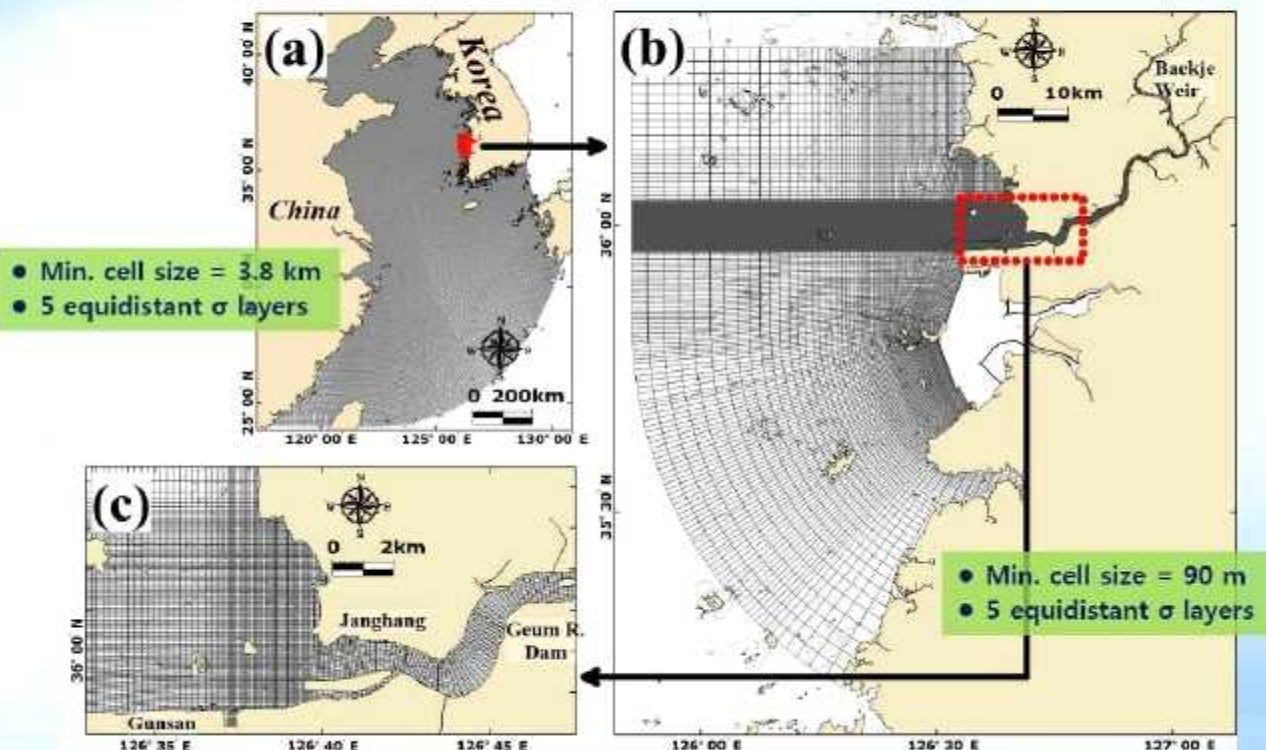


## 금강하구 통합모델링 흐름도



• 26 •

## 모형 구축 : Delft-3D



(a) YECS (Yellow &amp; East China Sea) model, (b) GRE (Geum River Estuary) model

• 27 •

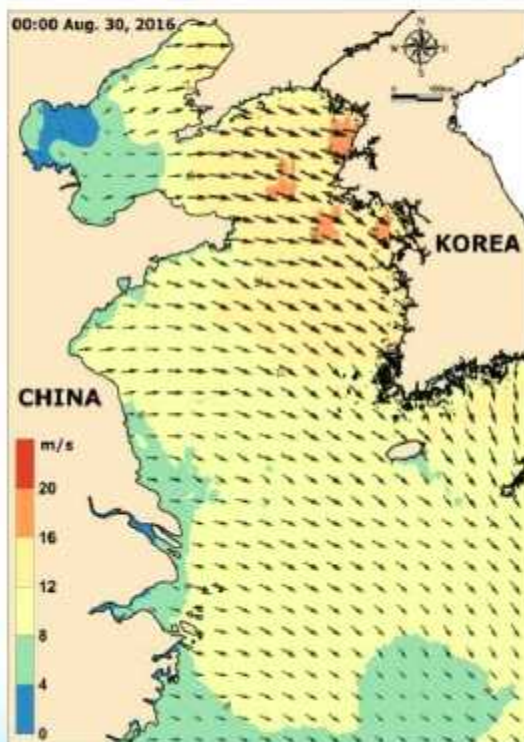
## 모델 보정 & 검정

- ✓ Calibration for 1 year of 2014
- ✓ Validation for 1 year of 2015

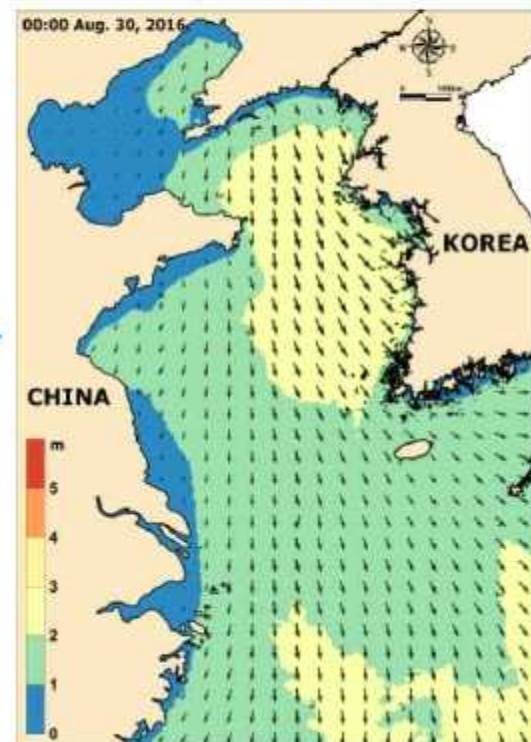
• 28 •

## 파랑 모델링

■ Wind by UM



■ Wave by SWAN

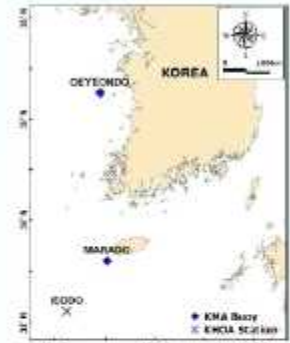
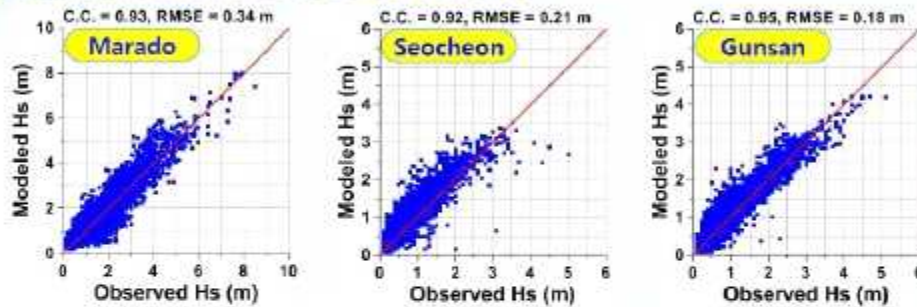


• 29 •

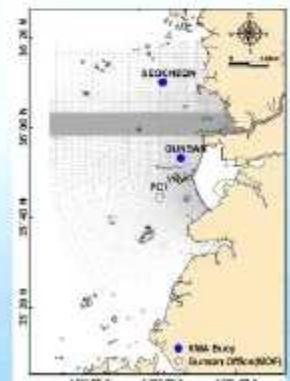
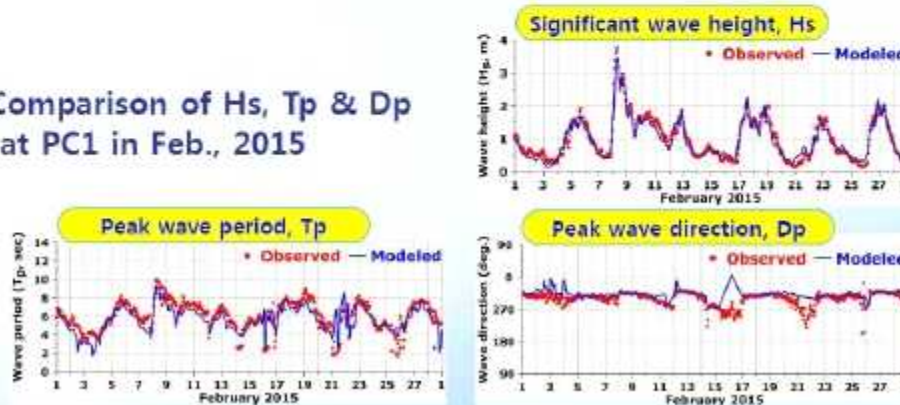


## 파랑 모델의 보정·검정

### ■ Comparison of Hs in 2014 to 2015



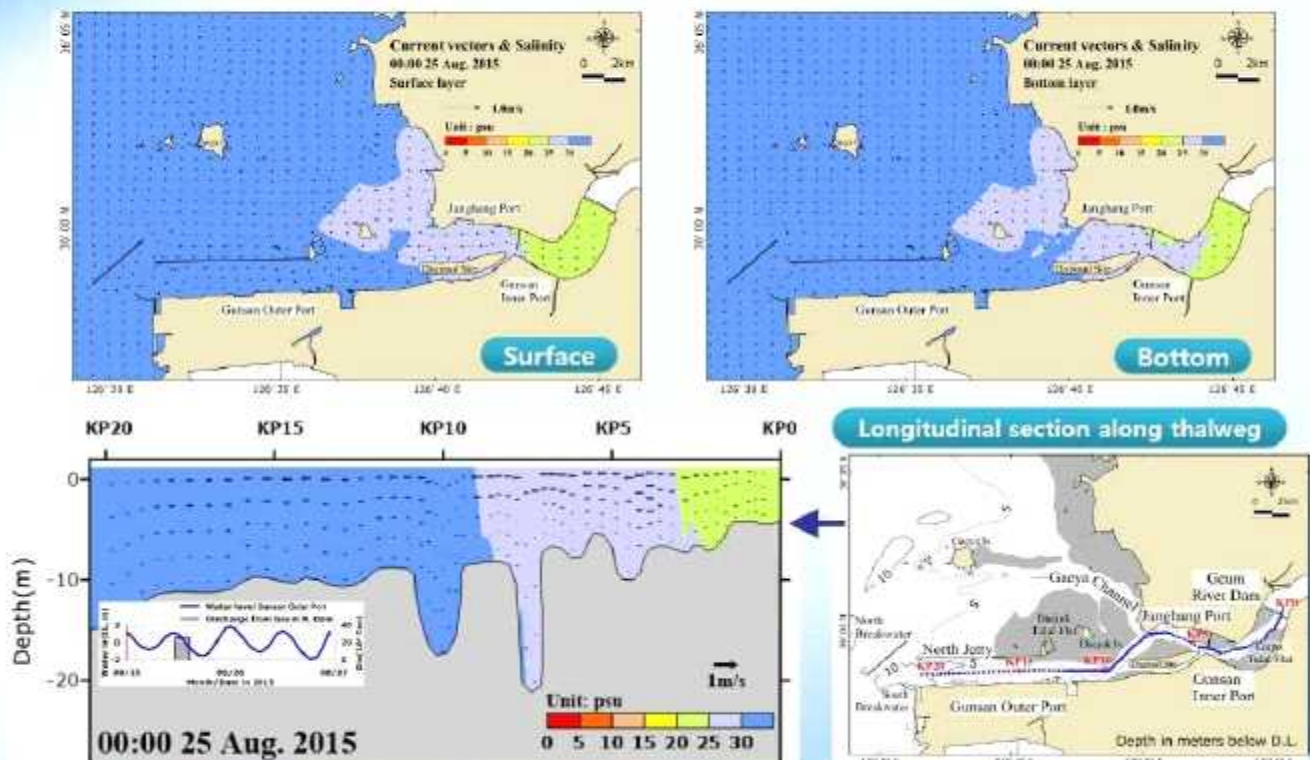
### ■ Comparison of Hs, Tp & Dp at PC1 in Feb., 2015



※ Wind input : CFSv2 ( $\Delta t$  1h,  $\Delta S$  20km) from NOAA

• 30 •

## 물리·유동 모델링 : 유속, 염분



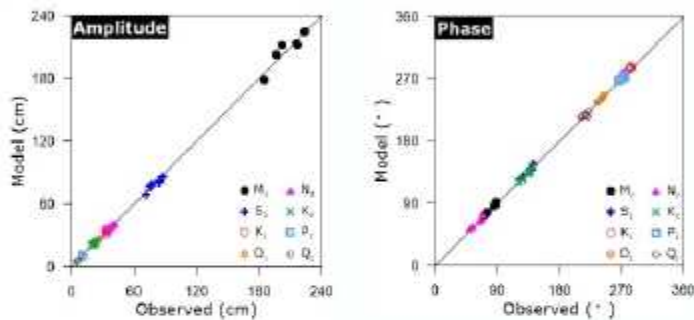
- Vertically stratified in the upper estuary following freshwater run-off from the dam
- Stratified during ebb, but well-mixed during flood

• 31 •

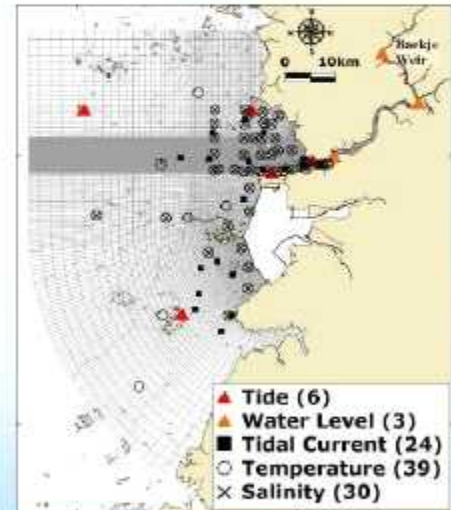


# 물리·유동 모델의 보정·검정 : 조석, 조류

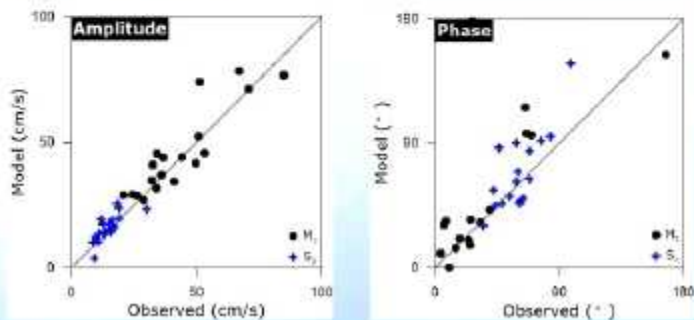
## Tide



## Monitoring stations



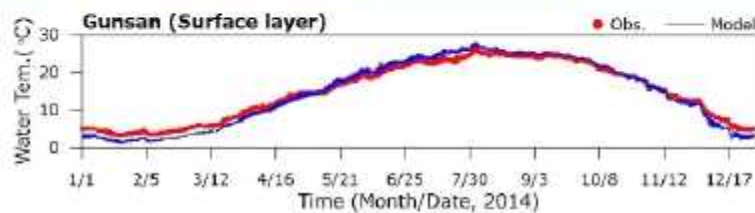
## Tidal current



• 32 •

# 물리·유동 모델의 보정·검정 : 수온, 염분

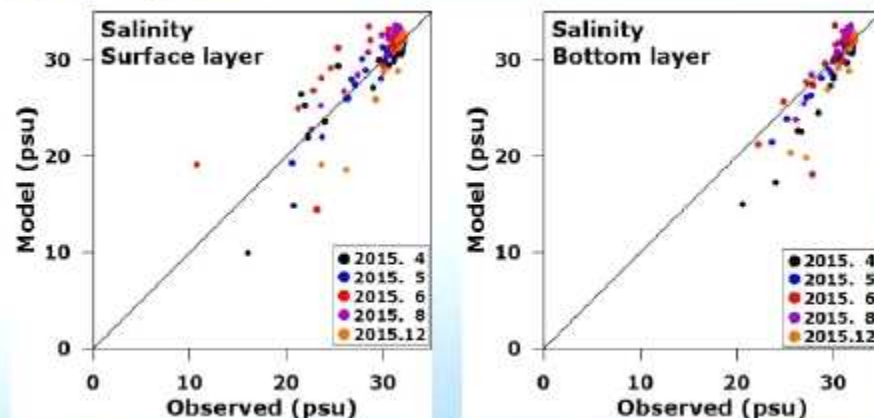
## Temp., Gunsan Outer Port in 2014



## Monitoring stations



## Salinity, spatial in 2015

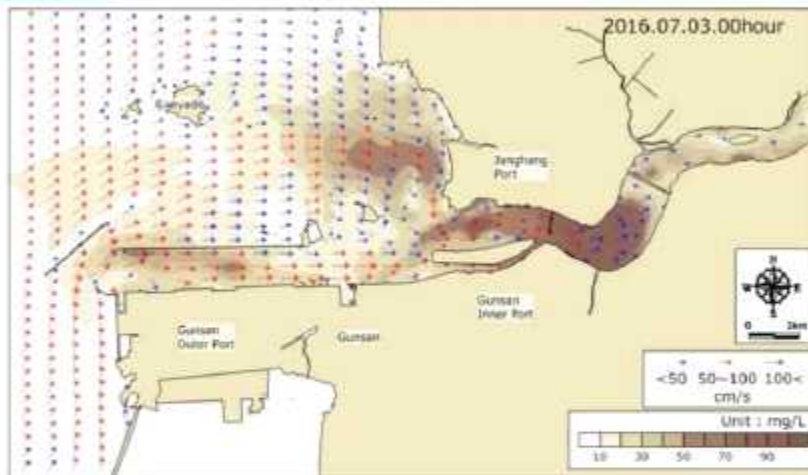


• 33 •

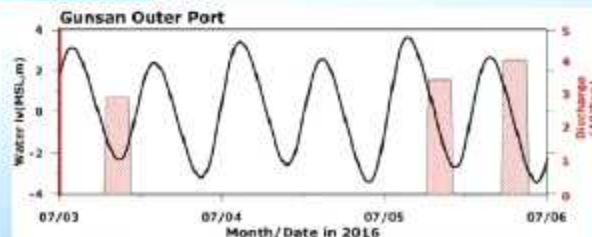


## 퇴적 모델링 : 유속, SSC

### SSC, bottom



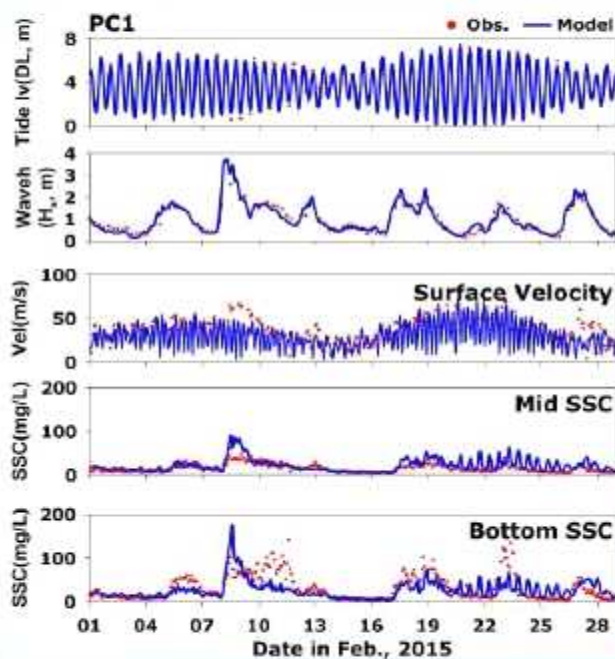
### Tide & Freshwater run-off



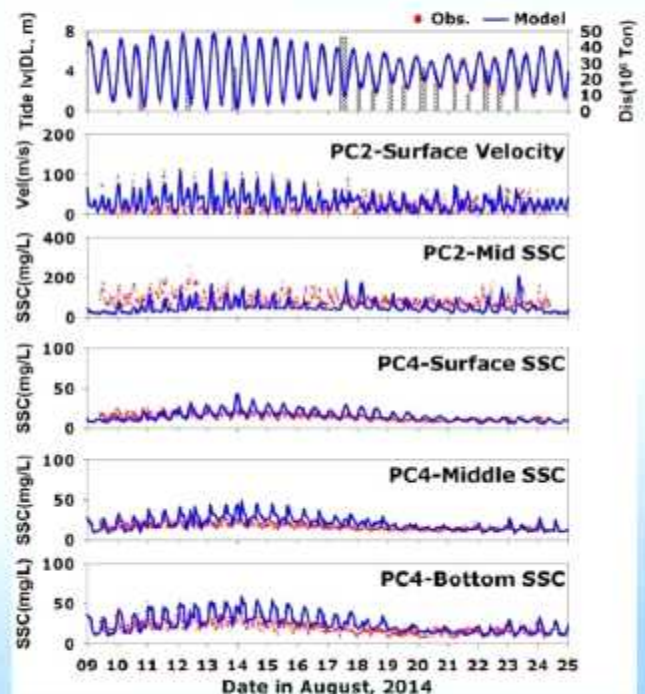
• 34 •

## 퇴적 모델의 보정·검정 : SSC

### Offshore (PC1, 새만금) in Feb., 2015



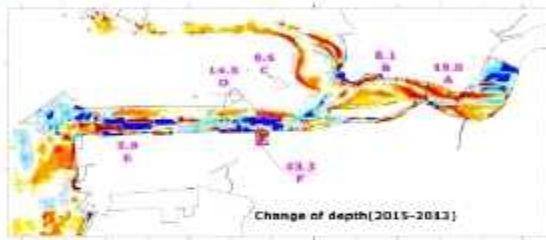
### Main channel in Aug., 2014



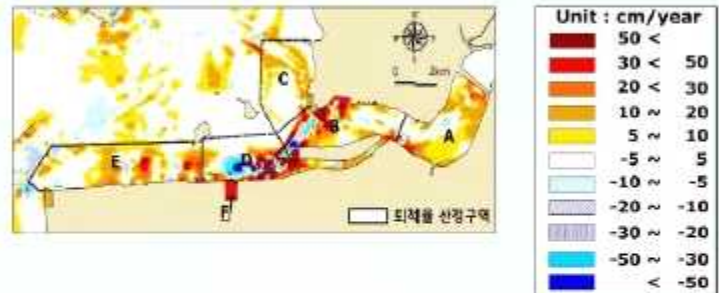
• 35 •

## 퇴적 모델의 보정·검정 : 퇴적율

■ Soundings in Oct. 2013 &amp; Oct. 2015



■ Modeling from Jan. 2014 to Dec. 2015



■ Modeling from Jan. 2014 to Dec. 2015

(Unit: cm/year)

	E	F	D	C	B	A	Total
Sounding	5.8	43.3	14.5	8.6	8.1	19.0	10.9
Model	6.6	42.4	16.8	5.4	13.1	7.9	10.0

• 36 •

## 모델 재현율

Variable	Parameter	Skill score		Skill index	Data type	No. Of stations (Cal / Val)
		Calibration (2014)	Validation (2015)			
Wave	Hs	0.95	0.95	IOA	Hourly	2
Tide	Semi-range	0.99	0.98	ARE	8 tidal constants	6
	Phase-lag	1.00	0.99			
Tidal current	Amp.	0.87	0.83	"	2 tidal constants	19 / 5
	Phase-lag	0.89	0.92			
Temperature		0.98	0.99	IOA	Hourly, spatial	11 / 39
Salinity		0.57	0.85	"	Hourly, spatial	2 / 31
SSC		0.64	0.62	"	Hourly, spatial	4 / 5
Sed. rate		0.70		ARE	Sub-sector	6

$$IOA = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (M_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|M_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}|)^2}$$

(Index of agreement; Willmott, 1982)

$$ARE = 1 - \left( \sum_{i=1}^n \left| \frac{(O_i - M_i)}{O_i} \right| \right) / n$$

(Absolute relative error)

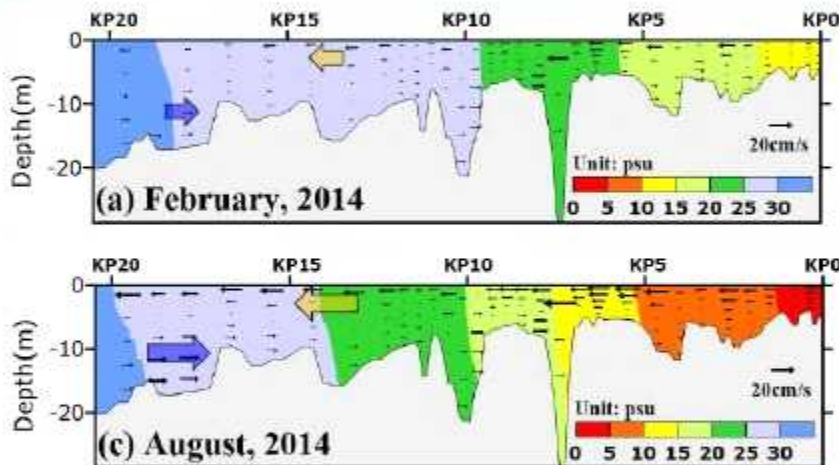
$O_i$  : Observed data  
 $M_i$  : Model data  
 $n$  : Number of data

• 37 •



## 계절별 하구 순환

### Monthly mean salinity & residual current in 2014



Longitudinal section along thalweg

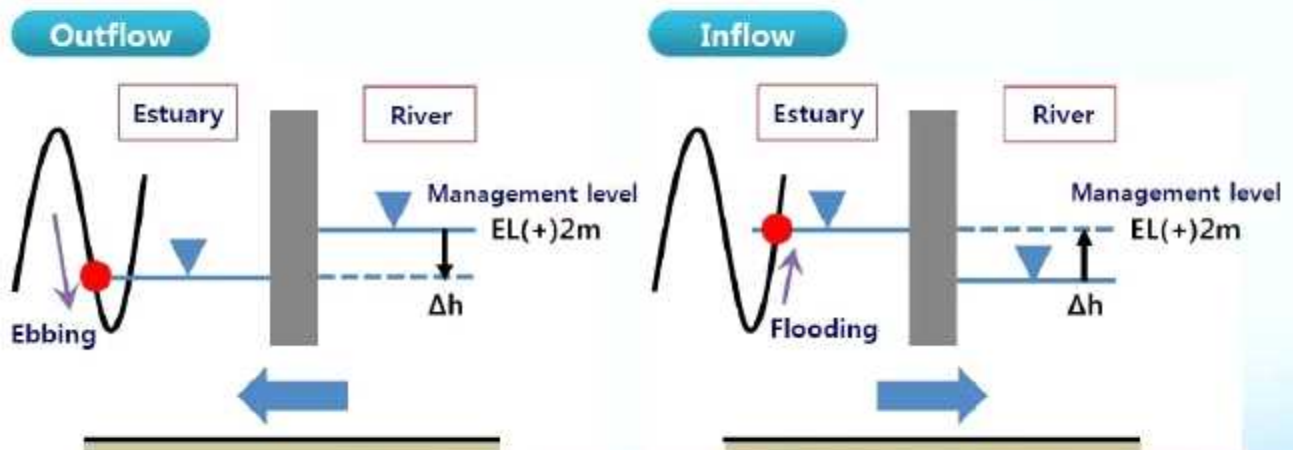


- Two-layer circulation throughout the year
- Strengthened in summer due to intense freshwater run-off
- Implies persistent upstream transport of sediments and pollutants etc.

• 38 •

## 하구둑 갑문을 통한 부분 해수유통 모델링

### Sluice gates operation condition

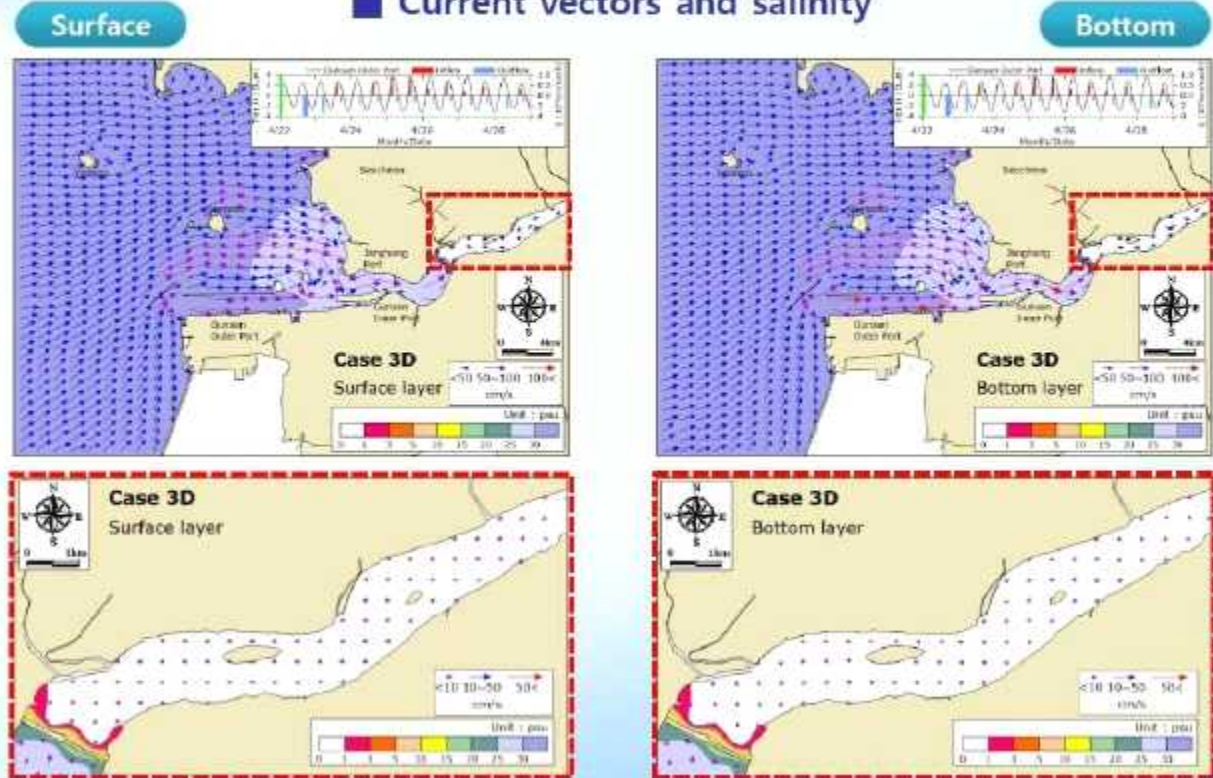


- If  $\eta_{sea} < \eta_{river} \rightarrow$  **outflow** by  $\Delta h \rightarrow$  gate closing
- If  $\eta_{sea} > \eta_{river} \rightarrow$  **inflow** up to management level  $\rightarrow$  gate closing
- Gates be opened only if  $|\eta_{sea} - \eta_{river}| > 0.2 \text{ m}$

• 39 •

## 부분 해수유통 모델링 : 시험 모의

### Current vectors and salinity

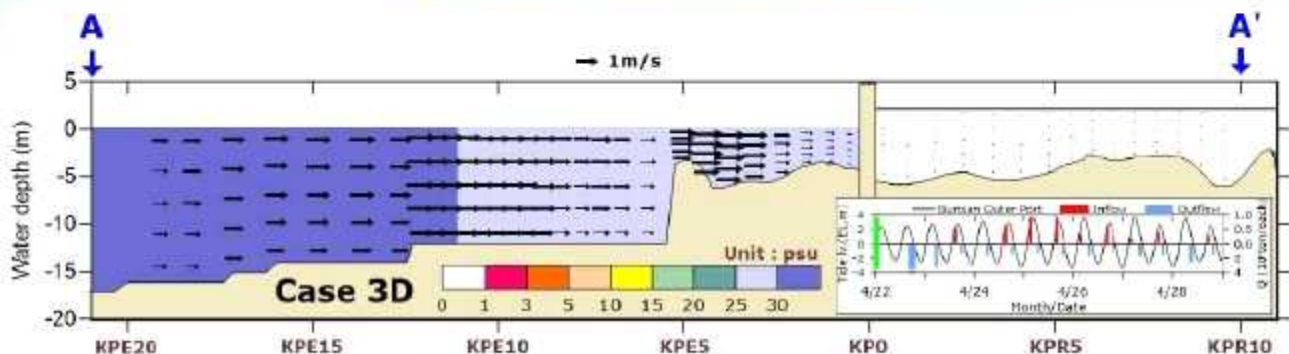


※ Case 3D : Seawater exchange scenario for dry year,  $\Delta h = 5$  cm

• 40 •

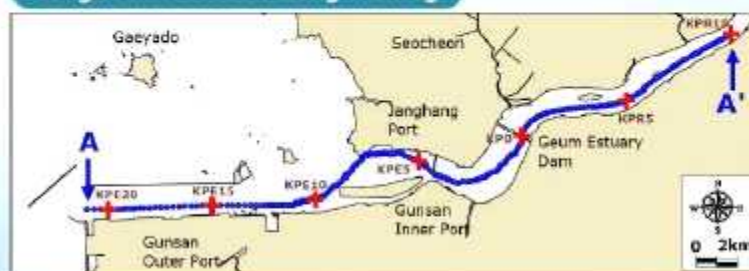
## 부분 해수유통 모델링 : 시험 모의

### Current vectors and salinity



※ Case 3D : Seawater exchange scenario for dry year,  $\Delta h = 5$  cm

### Longitudinal section along thalweg



• 41 •



## 부분 해수유통 : 향후 과제

- 부분 해수유통시  $\Delta h$ 와 유입시간 제한으로, 하구호의 염분 확산범위 조절 가능
- 해수 유입량(염분 확산범위) 시나리오별 하구호의 수질, 저질, 퇴적 및 생태계 개선효과에 대한 정량적 예측·평가 필요
- 농·공업용수 취·양수원의 상류 이설시 문제점 및 경제성 검토 필요
- 서천측 갑문 또는 방조제 하단 터널 신설시의 효과, 문제점 및 경제성 검토 필요
- 해수유통시 염분의 지하수 침투에 의한 농경지의 염해 피해 검토 필요

## 통합 모델링시스템 : 향후 과제

### ■ Further efforts to refine the modeling system

- To better represent the vertical stratification
- To improve the intra-tidal flocculation processes
- To better reproduce the high phosphorus concentration

### ■ Management scenario projection

- To explore the sediment and nutrient budgets for various scenarios
- To provide strategic measures for improving the estuarine environment

### ■ Real-time prediction

- To develop now-cast / forecast system for the estuarine water quality
- To provide, if any, early warning of environmental risks

### ■ Recommendation of an appropriate observation system

- To facilitate the scenario projections and real-time prediction

국제 중요 서식지 금강하구의

문제점 및 개선 방안



정 옥 식

서천 갯벌 일반현황

---



## 서천 갯벌 위치, 면적



(자료 : 국토해양부)

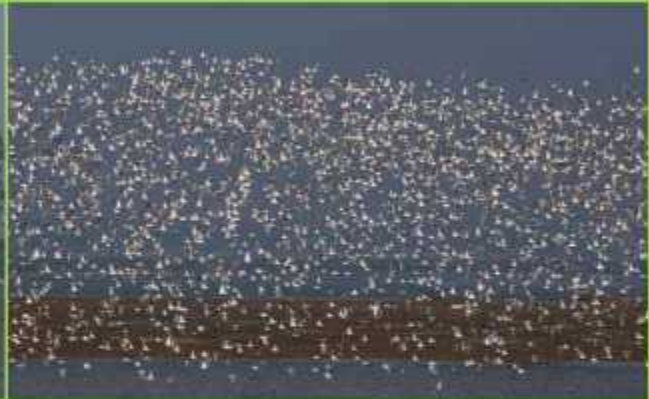
- 장항읍, 마서면, 중천면, 비인면, 서면 등 5개 읍면에 걸쳐있음
- 유부도, 장항갯벌, 금강하구 등 주요 서식지 포함
- 전체 갯벌 면적은 71.3km<sup>2</sup>, 보호지역 면적은 15.3km<sup>2</sup>

## 금강하구 주변 주요 서식지





## 금강하구(서천 갯벌) 일대 조류 서식현황



- 서천갯벌지에 봄과 가을 도래하는 도요\*물떼새는 약 48종이며(최근 10년 자료) 최대 4만여마리의 규모로 서식함(한국 최대 규모)
- 대체로 민물도요, 큰뒷부리도요, 붉은어깨도요, 알락꼬리마도요, 마도요 등이 우점
- 겨울철에는 오리, 기러기류, 갈매기류, 도요류가 월동하며 민물도요, 마도요, 재갈매기 등이 우점함

### 최근 10년간 서천 갯벌 도요물떼새류 관찰종

Common name	Scientific name	IUCN 등급	Common name	Scientific name	IUCN 등급
Eurasian oystercatcher	Haematopus ostralegus	Near Threatened	Common Greenshank	Tringa nebularia	Least concern
Black-winged Stilt	Himantopus himantopus	Least concern	Spotted Greenshank	Tringa guttifer	Endangered
Pied Avocet	Recurvirostra avosetta	Least concern	Green Sandpiper	Tringa ochropus	Least concern
Northern Lapwing	Vanellus vanellus	Near Threatened	Wood Sandpiper	Tringa glareola	Least concern
Grey-headed lapwing	Vanellus cinereus	Least concern	Terek Sandpiper	Xenus cinereus	Least concern
Pacific golden Plover	Pluvialis fulva	Least concern	Common Sandpiper	Actitis hypoleucos	Least concern
Grey Plover	Pluvialis squatarola	Least concern	Grey-tailed Tattler	Heteroscelus brevipes	Near Threatened
Common ringed Plover	Charadrius hiaticula	Least concern	Ruddy Turnstone	Arenaria interpres	Least concern
Long-billed Plover	Charadrius placidus	Least concern	Great Knot	Calidris tenuirostris	Endangered
Little ringed Plover	Charadrius dubius	Least concern	Red Knot	Calidris canutus	Near Threatened
Kentish Plover	Charadrius alexandrinus	Least concern	Sanderling	Calidris alba	Least concern
Lesser sand Plover	Charadrius mongolus	Least concern	Red-neck Stint	Calidris ruficollis	Near Threatened
Greater sand Plover	Charadrius leschenaultii	Least concern	Little Stint	Calidris minuta	Least concern
Pin-tailed Snipe	Gallinago stenura	Least concern	Temminck's stint	Calidris temminckii	Least concern
Common Snipe	Gallinago gallinago	Least concern	Long-toed stint	Calidris subminuta	Least concern
Asian Dowitcher	Limnodromus semipalmatus	Near Threatened	Pectoral Sandpiper	Calidris melanotos	Least concern
Black-tailed Godwit	Limosa limosa	Near Threatened	Sharp-tailed Sandpiper	Calidris acuminata	Least concern
Bar-tailed Godwit	Limosa lapponica	Near Threatened	Curlew Sandpiper	Calidris ferruginea	Near Threatened
Whimbrel	Numenius phaeopus	Least concern	Dunlin	Calidris alpina	Least concern
Eurasian Curlew	Numenius arquata	Near Threatened	Spoon-billed Sandpiper	Eurynorhynchus pygmeus	Critically endangered
Far Eastern Curlew	Numenius madagascariensis	Endangered	Broad-billed Sandpiper	Limicola falcinellus	Least concern
Spotted Redshank	Tringa erythropus	Least concern	Buff-breasted Sandpiper	Tryngites subruficollis	Near Threatened
Common Redshank	Tringa totanus	Least concern	Ruff	Philomachus pugnax	Least concern
Marsh Sandpiper	Tringa stagnatilis	Least concern	Oriental Pratincole	Glareola maldivarum	Least concern



국내 주요 도요\*물떼새 서식지별 도래 종수 및 개체수(2014년)

구 분	4월	5월	8월	9월	10월
강화도	38/4,524	41/5,056	43/9,580	44/4,305	58/4,911
남양만	49/26,516	36/2,543	28/5,452	34/12,615	52/19,287
마산만	33/1,330	27/1,661	24/4,702	24/2,522	33/8,696
장항해안	26/18,482	28/13,540	28/11,530	16/7,190	18/4,165
유부도	39/46,561	44/9,461	35/24,185	32/13,343	48/17,193
금강하구	21/3,829	26/7,032	14/1,348	21/2,824	24/9,230
만경강	42/8,614	26/13,578	35/2,181	43/13,663	38/27,468
동진강	30/3,535	27/8,516	24/1,349	32/3,684	34/18,780

자료 : 국립생물자원관, 월세 이동경로 및 도래실태 연구, 2014.

## 서천 갯벌 저서생물 서식현황

### 서천갯벌 저서생물 우점종(밀도기준)

종명	평균 (개체/m <sup>2</sup> )	비율 (%)	누적비율 (%)
<i>Mediomastus californiensis</i>	221	25.5	25.5
<i>Heteromastus filiformis</i>	116	13.4	38.9
<i>Urothoe convexa</i>	51	5.9	44.8
<i>Glycinde gurjanovae</i>	27	3.2	48.0
<i>Magelona sp.1</i>	25	2.8	50.8
<i>Diastylis paratricinta</i>	23	2.7	53.5
<i>Nephtys californiensis</i>	22	2.6	56.1
<i>Moerella jedoensis</i>	22	2.5	58.6
<i>Anaitides sp.</i>	20	2.3	60.9
<i>Sigambra tentaculata</i>	20	2.3	63.2

자료 : 서천군, 2010

- 밀도 기준으로 볼 때 다모류가 대부분을 차지하며 버들갯지렁이류가 1, 2 우점임

## 서천갯벌 저서생물 우점종(생체량 기준)

종명	평균 (g/m <sup>2</sup> )	비율 (%)	누적비율 (%)
<i>Callinassa japonica</i>	12.3	18.1	18.1
<i>Cyclina siensis</i>	10.1	14.9	33.0
<i>Gomphina veneriformis</i>	5.9	8.6	41.7
<i>Solen strictus</i>	5.7	8.4	50.1
<i>Phacosoma japonicus</i>	5.6	8.3	58.3
<i>Protankyra bidentata</i>	4.7	6.9	65.2
<i>Macrophthalmus japonicus</i>	3.4	5.0	70.2
<i>Lingula unguis</i>	3.1	4.5	74.7
<i>Reticunassa festiva</i>	2.9	4.3	79.0
<i>Anatides sp.</i>	2.7	4.0	83.0

자료 : 서천군, 2010

-생체량 기준으로 썩불이, 가무락조개가 1,2 우점을 보임

## 서천 갯벌 주변 염생 및 사구 식물 현황



천일사초



갯질경



해홍나물

- 도둔리, 다사리, 장포리, 선도리, 죽산리와 유부도 등지에 40여종이 서식함
- 선도리에는 갯쇠보리, 호모초, 모래지치, 갯메꽃, 수송나물 등이 서식
- 다사리 사구에는 갯메꽃, 천일사초, 모래지치, 빗자루, 나문재 등이 서식



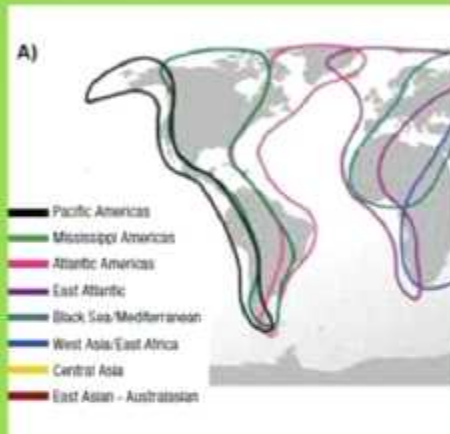


- 유부도에는 통보리사초, 해홍나물, 천일사초, 우산잔디, 쯤보리사초, 칠면초 등이 서식하고 있음

## 서천갯벌 왜 중요한가?

- 서천 갯벌의 생태적 가치

## 이동조류(도요목떼새)핵심서식지



- 우리나라는 동아시아-대양주 이동경로(EAAF)에 속함
- 금강하구(서천 갯벌)은 IUCN에서는 EAAF 경로상에 핵심서식지 388개를 지정하였으며 이들 중 우선적으로 보전해야 할 서식지 11곳에 해당됨

Species	1% criterion
Black-tailed Godwit <i>Limosa limosa</i>	1,600
Bar-tailed Godwit <i>Limosa lapponica</i>	3,250
Little Curlew <i>Numenius minutus</i>	1,800
Whimbrel <i>Numenius phaeopus</i>	550
Eurasian Curlew <i>Numenius arquata</i>	350
Eastern Curlew <i>Numenius madagascariensis</i>	380
Spotted Redshank <i>Tringa erythropus</i>	400
Common Redshank <i>Tringa totanus</i>	650
Marsh Sandpiper <i>Tringa stagnatilis</i>	900
Common Greenshank <i>Tringa nebularia</i>	550
Spotted Greenshank <i>Tringa guttifer</i>	10
Terek Sandpiper <i>Xenus cinereus</i>	500
Grey-tailed Tattler <i>Heteroscelus brevipes</i>	400
Ruddy Turnstone <i>Arenaria interpres</i>	310
Asian Dowitcher <i>Limnodromus asiatensis</i>	230
Great Knot <i>Calidris tenuirostris</i>	3,800
Red Knot <i>Calidris canutus</i>	2,200
Sanderling <i>Calidris alba</i>	220
Red-necked Stint <i>Calidris ruticollis</i>	3,150
Sharp-tailed Sandpiper <i>Calidris acuminata</i>	1,600
Dunlin <i>Calidris alpina</i>	9,500
Curlew Sandpiper <i>Calidris ferruginea</i>	1,800
Spoon-billed Sandpiper <i>Euryrhynchus</i>	40
Broad-billed Sandpiper <i>Limicola falcinellus</i>	180
Red-necked Phalarope <i>Phalaropus lobatus</i>	1,000
Eurasian Oystercatcher <i>Haematopus ostralegus</i>	100
Black-winged Stilt <i>Himantopus himantopus</i>	200
Pied Avocet <i>Recurvirostra avasetta</i>	300
Grey-headed Lapwing <i>Vanellus cinereus</i>	100
Northern Lapwing <i>Vanellus vanellus</i>	600
Grey Plover <i>Pluvialis squatarola</i>	1,250
Kentish Plover <i>Charadrius alexandrinus</i>	950
Little Ringed Plover <i>Charadrius dubius</i>	250
Lesser Sand Plover <i>Charadrius mongolus</i>	800
Oriental Plover <i>Charadrius veredus</i>	700
Oriental Pratincole <i>Gareola maldivarum</i>	750

### 서천 갯벌 내 1% 이상 개체수로 도래하는 종 (2014년)

큰뒷부리도요 / Black-tailed Godwit / 9,222

알락꼬리마도요 / Eastern Curlew / 2,479

마도요 / Eurasian Curlew / 3,200

뒷부리도요 / Terex Sandpiper / 2,574

붉은어깨도요 / Great Knot / 12,930

민물도요 / Dunlin / 29,023

검은머리물떼새 / Eurasian Oystercatcher / 2,770

개평 / Grey Plover / 3,950

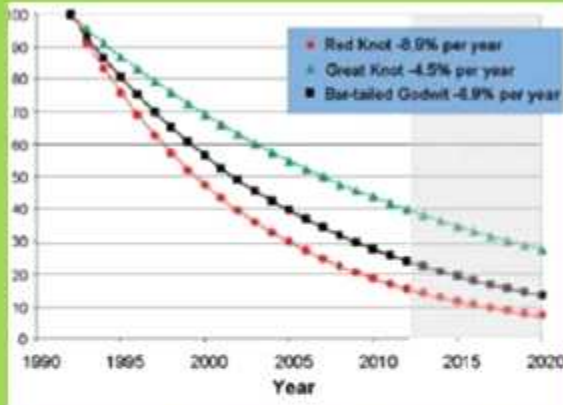
흰물떼새 / Kentish Plover / 8,179

왕눈물떼새 / Lesser Sand Piper / 5,222

전세계생존개체수 1% 이상의 수준으로 서식하는 종이 10여종에 달함



## 국제적 멸종위기 조류 서식지



- 서해안 연안 갯벌 면적이 크게 감소함(1980년대 이후 60% 감소 IUCN자료)에 따라 서해안을 이용하는 도요·물떼새의 개체수도 감소하는 추세이며 이로 인해 EAAF는 세상에서 가장 위험한 이동경로로 여겨지고 있음
- 서천갯벌에는 넓적부리도요, 청다리도요사촌, 붉은어깨도요, 알락꼬리마도요, 저어새, 검은머리갈매기, 개리 등 10여종 이상의 멸종위기 조류가 서식함
- 최근 급격한 감소 추세에 있는 **붉은어깨도요, 큰뒷부리도요**가 한국 내 가장 많이 도래하는 지역으로 중요성은 더욱 부각되고 있음



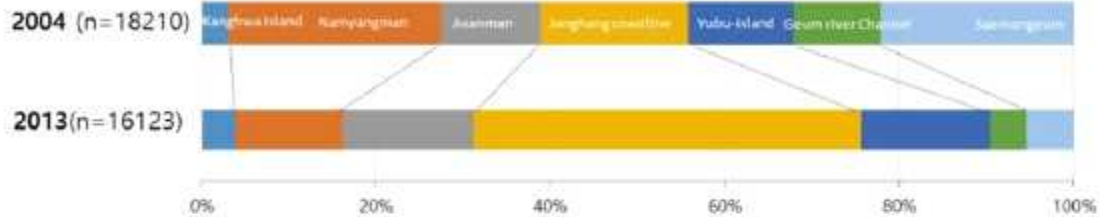
Year/locality	MK	DJ	GR	ND	JJ	MH	NY	JP	HS	KN	PH	JG	Total #
1998	180 <sup>0</sup> /20 <sup>1</sup>	-/3 <sup>1</sup>			2 <sup>2</sup> <sup>0</sup>			1 <sup>1</sup>					182(23)
1999	150 <sup>0</sup> /15 <sup>1</sup>	100 <sup>0</sup> /0											251(15)
2000	20 <sup>0</sup> /2 <sup>1</sup>		8 <sup>0</sup> /0									1 <sup>1</sup>	29(2)
2001	0/3 <sup>1</sup>											1 <sup>1</sup>	1(1)
2002	60 <sup>0</sup> /5 <sup>1</sup>	15 <sup>0</sup> /0											75(5)
2003	80 <sup>0</sup> /9 <sup>1</sup>	65 <sup>0</sup> /0								1 <sup>0</sup>			146(9)
2004	12 <sup>0</sup> /0	1 <sup>1</sup> /0	10 <sup>0</sup> /0	1 <sup>1</sup>	1 <sup>0</sup>								25(0)
2005	0/2 <sup>1</sup>			4 <sup>1</sup>							1 <sup>0</sup>		5(2)
2006	34 <sup>0</sup> /16 <sup>1</sup>	0/8 <sup>1</sup>	22 <sup>0</sup> /1 <sup>1</sup>	5 <sup>0</sup> /0					1 <sup>0</sup>				62(35)
2007	0/31 <sup>1</sup>		10 <sup>0</sup> /6 <sup>1</sup>	5 <sup>1</sup> /0									15(37)
2008	-/3 <sup>1</sup>		2 <sup>0</sup> /8 <sup>1</sup>	5 <sup>1</sup> /1 <sup>1</sup>									7(12)
2009			4 <sup>1</sup>	4 <sup>1</sup> /1 <sup>1</sup>	1 <sup>0</sup>								9(1)
2010	3 <sup>0</sup> /0		4 <sup>0</sup> /4 <sup>1</sup>	3 <sup>0</sup> /2 <sup>1</sup>	1 <sup>1</sup>			4 <sup>0</sup>					16(6)
2011			2 <sup>0</sup> /0	5 <sup>1</sup> /2 <sup>1</sup>	1 <sup>1</sup>			4 <sup>0</sup>					12(2)
2012	/4 <sup>0</sup>		6 <sup>0</sup> /4 <sup>0</sup>						1 <sup>0</sup>				7(8)

Table 1. Total number of birds observed during southward/northward numbers without slash represents southward migration/migration from 1998 to 2012. Abbreviations used for localities are: MK: Mankyeong river estuary, DJ: Dongjin River estuary, GR: Geum River Estuary and Yuboo Island, ND: Nakdong River estuary, JJ: Jeju Island, MH: Maehyang-ri, Gyeonggi-province, NY: Namyang bay, JP: Jil po Bay, Bu an county, HS: Heuksan Island, KN: Kangneung city, PH: Pohang city, JG: Jang gu

넓적부리도요 전세계생존개체수 변화

넓적부리도요 국내 도래 개체수 변화

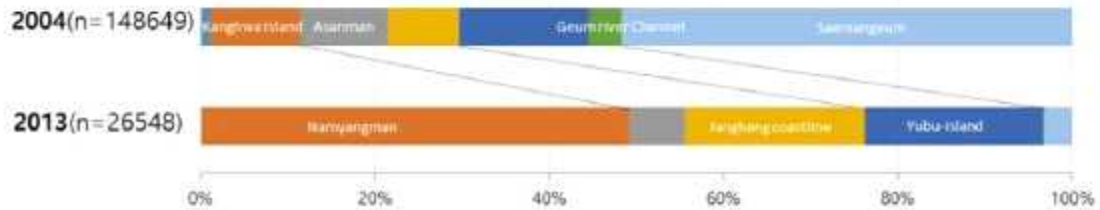
### 큰뒷부리도요



### 알락꼬리마도요



### 붉은어깨도요



주요 종의 국내 갯벌 서식현황(2004, 2013년)

### 기타(밴딩 작업지, 국내 지정 멸종위기동물 서식지)



Mongolian racerunner *Eremias argus*



*Uca lactea*





자료 : 국립생태원

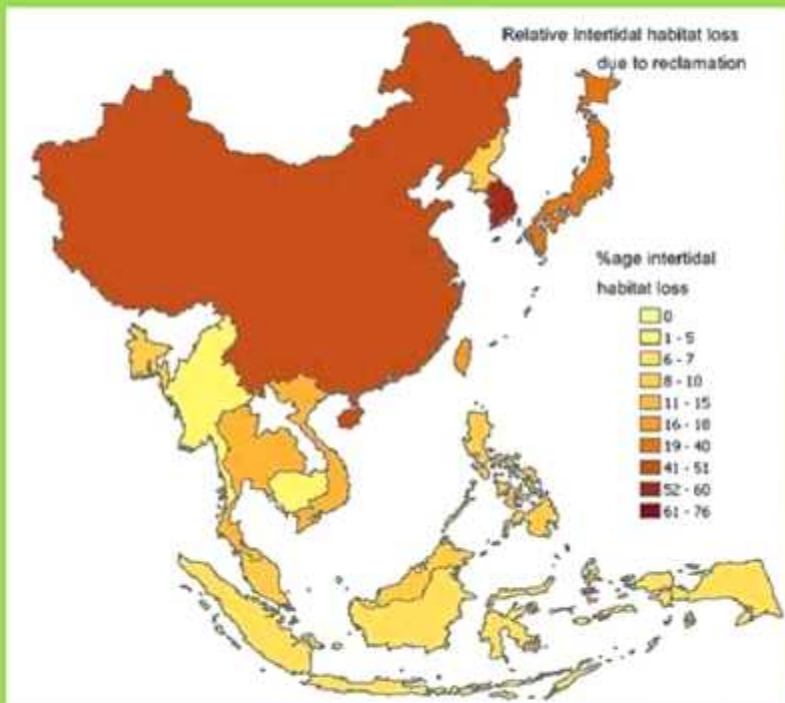


## 새만금 피해 완충지, 국제 생태관광지



# 서식지 감소 생태의 문제점

## 서식지 감소에 따른 휴식공간 부재



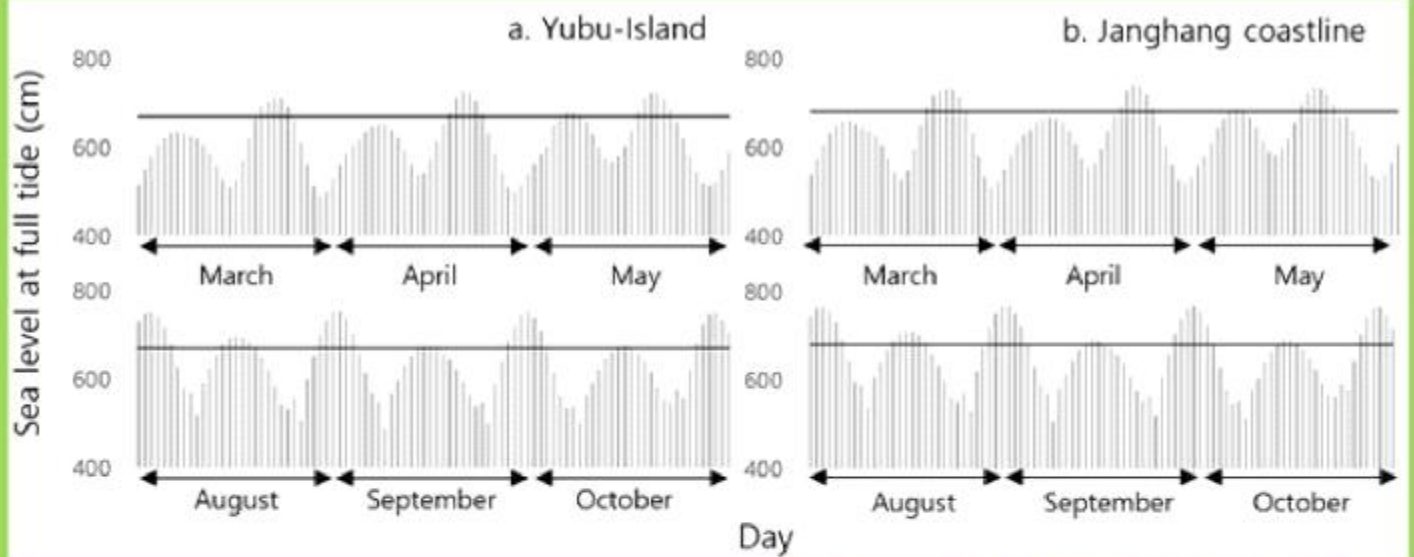
자료 : IUCN

간척에 의한 서식지 손실 정도



아산만 간척 현장





서천 갯벌의 휴식처 한계 조고 이상 빈도

## ■ 문제점

- 조고 650cm 후반의 만조시 대부분의 갯벌이 물에 잠김
- 도요물떼새는 휴식처를 찾는 과정에서 별도로 비행 시간 증가하게 됨
- 불필요한 비행의 증가는 체류 기간을 연장시키고 이동 스케줄에 악영향 미침
- 이는 번식 성공률을 낮추고, 개체군 감소로 이어짐



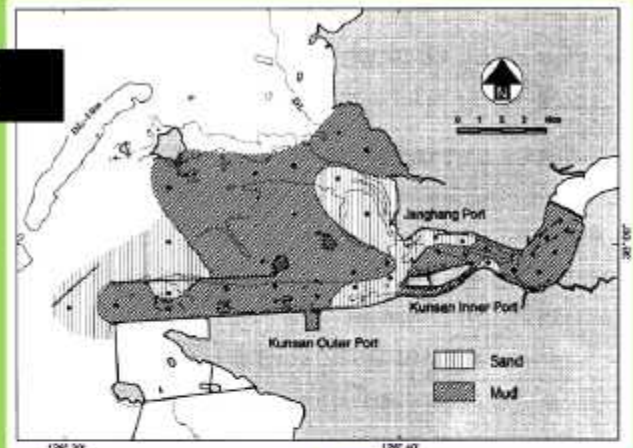


## 퇴적 환경 변화에 따른 저서생물상 변화

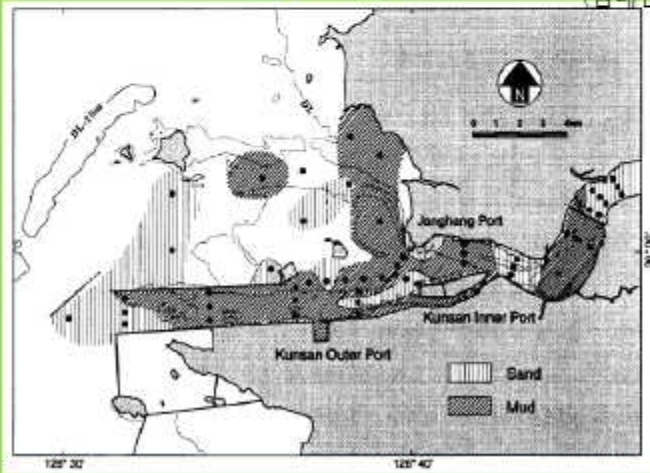


1990년

1990년 퇴적상  
(김태원 2002)



1999년



2002년

유부도 주변 퇴적층 변화 양상

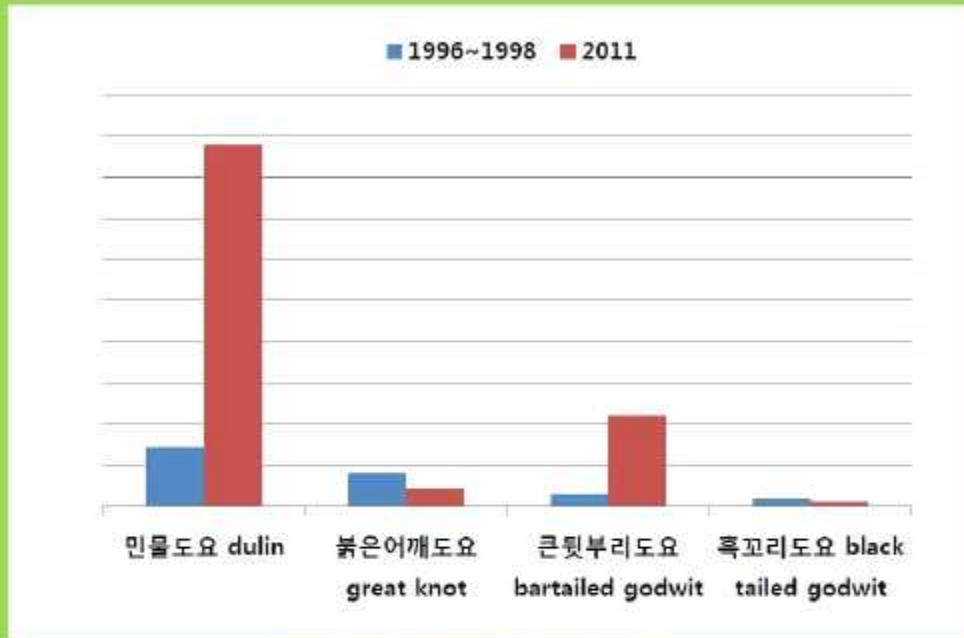


### ■ 문제점

- 최근 들어 해저퇴적층의 변화로 저서무척추동물상이 변화함  
(이매패류가 지속적으로 감소 추세, 최근 증가, 다모류 증가)
- 이매패류 감소는 어민들의 소득과도 직결되며 또한 도요물떼새에게도 큰 영향
- 선호하는 먹이가 감소함에 따라 일부 종은 이동에 치명적인 악영향을 받고 있음

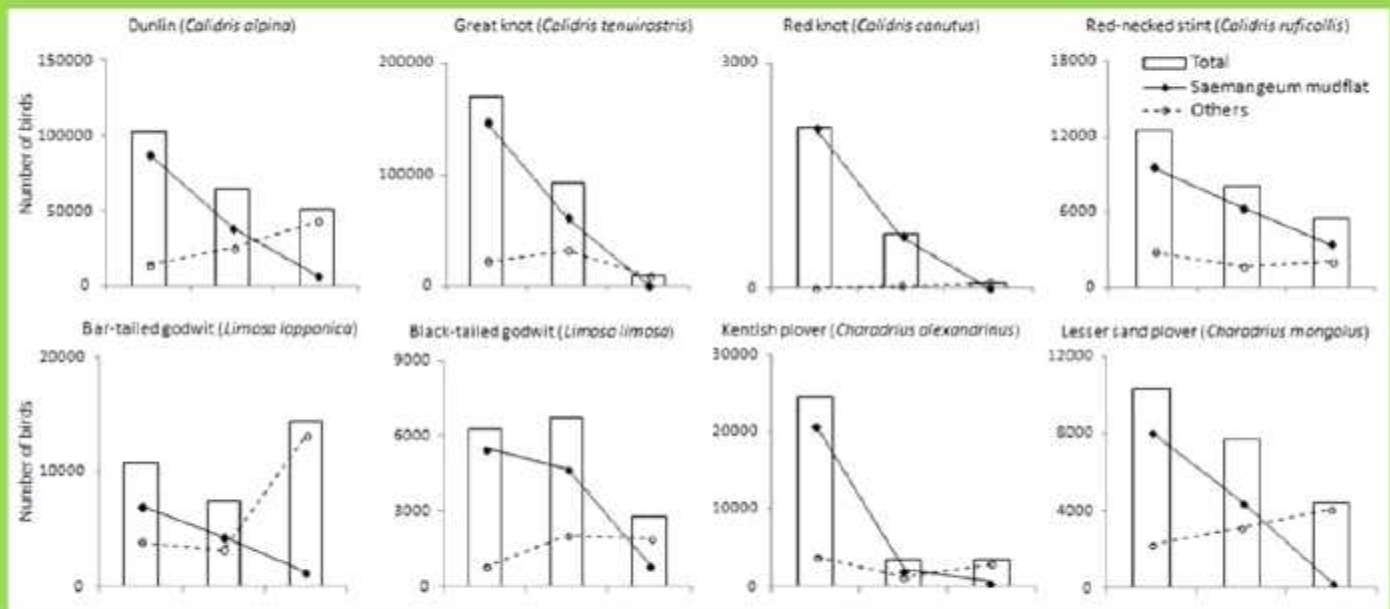




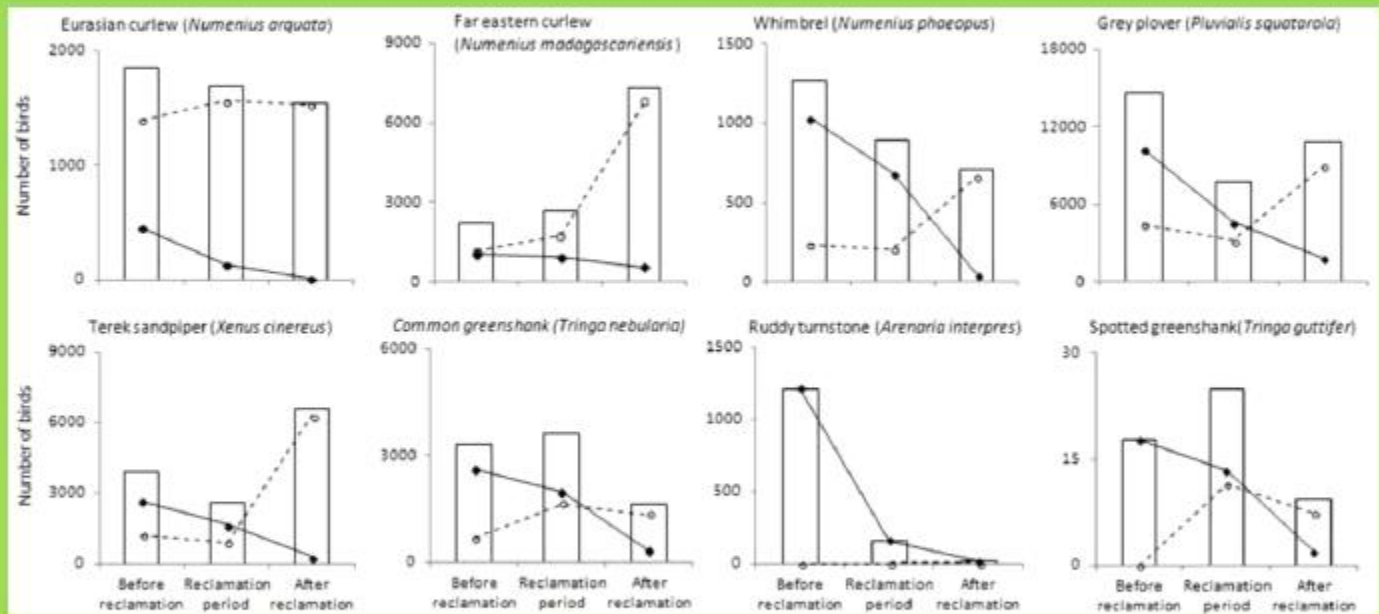


90년대 이후 도요물떼새 개체수 변화

## 인근 새만금 공사로 인한 수염 개체수 증가



서천갯벌 지역 주요 종별 개체수 현황(10년간)



서천갯벌 지역 주요 종별 개체수 현황(10년간)

## 단인 하구로 인한 갯벌 생산성 감소 우려



정상



흑부리오리에 의한 피해(어민 주장)



## 방해요인 (Disturbance) 증가



### ■ 문제점

- 주요 휴식처에 은폐물이 없는 관계로 방해요인이 빈번히 발생하고 있음
- 방해요인을 불필요한 비행을 증가시키고 이동에 방해를 줌
- 에너지 관리 조절 실패로 체류기간이 늘거나 표기하기도 함

## 법률 및 제도적 한계

- 하구 및 갯벌 관리의 다양한 관리 기관(부처) 존재
- 생물종과 서식지의 관리 부처 이원화
- 생물종 관리 권한의 경우 지자체 소관 명시

## 지역적 한계

- 지역 발전 불균형에 의해 개발에 의한 지역발전 요구 증가
- 지역 자원의 보전, 관리 분야의 지역 사회 내 인프라 부족 : 고령화 지속, 인구감소
- 지역 자원 보전 의지에 비해 낮은 재정 자립도
- 금강하구, 금강 등 자원을 인접 지역과 공유

## 개선 방안

---



## (시급한 과제) 휴식(roosting) 공간의 제공

- 유부도 : 폐염전의 매입 및 운영 → 공간 분리, 은폐소(hide) 설치
- 옥남리(장항갯벌) : 양어장 및 논 매입 후 습지 조성, 은폐소(hide) 설치



옥남리



유부도







은폐막



은폐소



은폐식재(갈대)



은폐식재(관목)

## 중기적 과제) 보전을 통한 수익 창출과 공유(생태관광 운영)

취지 : 주민의 이익(소득 증대)가 생태복원의 사회적 합의의 원동력 !!!  
자연자원 보전의 법, 제도의 한계 극복

### 생태관광의 기능

구분	직접적 영향	간접적 영향
자연환경	<ul style="list-style-type: none"> <li>자연 보전 사업 추진</li> <li>보전 관련 예산의 증가</li> <li>서식지 감시 활동 증대</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>자연환경 의식 증진</li> </ul>
지역경제	<ul style="list-style-type: none"> <li>직접적인 수익 증대</li> <li>고용 촉진</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>일반 관광 증가</li> </ul>
지역사회	<ul style="list-style-type: none"> <li>사회의 안정화 및</li> <li>지역 사회의 환경 개선</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>인구 유입</li> </ul>

Sandfly Bay(NEW ZEALAND)



Philip Island(AUSTRALIA)



cf



## (장기) 갯벌 생산성 증대 방안 강구

- 해수유통(물질순환)을 통한 풍부한 유무기적 환경 조성
- 갯벌 면적 확보
- 생물자원 확보 및 증진 (종어, 철갑상어 등)



1939. 5. 7. 동아일보

## 공간구상



목적 : 계절별 다양성 유도 / 분산 수용 / 프로그램 다양성



## ■ 조류생태전시관(거점공



기존 문제점 : 실내공간 국한 / 야외탐조장소 부재 / 조류 휴식처 부재

목적 : 4계절 이용 / 일반인 / 가족 / 체험 / 고객감동 / 조류 서식 안정



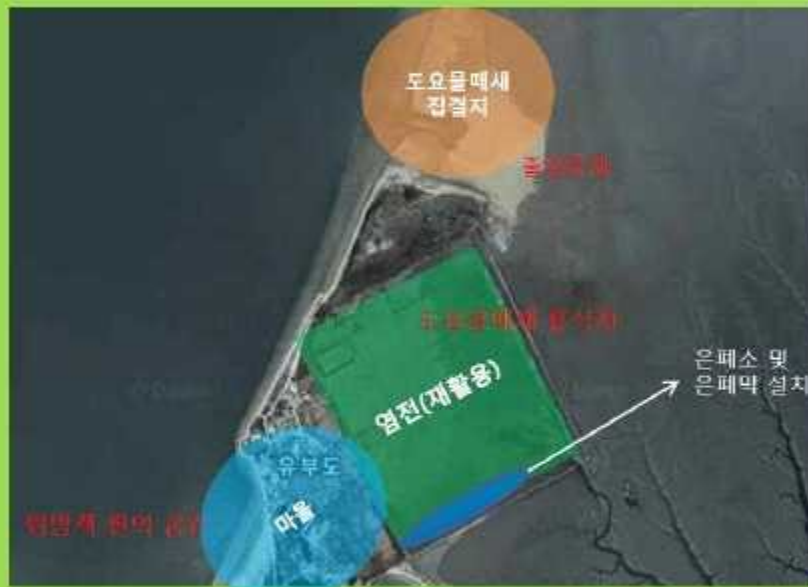


## □ 필요 시설

- ambassador
- 인공섬, hide or observatory, 벤치, 피크닉 테이블
- 기념품점, (카페)



## ■ 유부도



문제점 : 조류 휴식처 부재 / 방해 증가

목적 : 체험 / 조류 서식 안정

### □ 필요 시설

- 차단막 혹은 식재
- hide 및 데크
- 벤딩센터(교육장)



- 정기 운항선 / 숙박 시설 (거주민에 의한 조합설립)
- 염전 운영



## ■ 옥남리



문제점 : 조류 휴식처 부재 / 탐조장소 부재

목적 : 체험 / 조류 서식 안정

### □ 필요 시설

- 차단막 혹은 식재
- hide
- 습지조성



## ■ 금강대교 밑



문제점 : 조류 휴식처 부재 / 탐조장소 부재 / 먹이 부족

목적 : 체험 / 조류 서식 안정

## 서천 미래를 위해 지금 당장 추진 과제

- 보호장치 마련/ 보호구역 지정/유네스코 등재 추진  
( 서식지 보호장치 마련 우선)
- 공동운영과 공동 분배(협동조합)  
(지역 경제 우선, 주민 수익의 우선, 지역 공동체 유지 우선)
- 가이드제도 운영→자원의 보전과 탐방객의 만족 증대  
(이익의 공유, 지역 생태관광의 지속성 확보, 서식지 감시 강화)
- 인력 양성 및 교육 기회 제공  
(다양한 일자리 창출, 지역 역량 강화)



# 하구복원을 위한 법제 개발의 필요성 및 추진방안

이창희 ([changhee@mju.ac.kr](mailto:changhee@mju.ac.kr)) 명지대학교 환경에너지공학과

심영규 ([youngs@dau.ac.kr](mailto:youngs@dau.ac.kr)) 동아대학교 법학전문대학원

## 발표 순서

1. 문제 제기
2. 하구관리 법제의 필요성
3. 하구관리 법제 개발의 요건
4. 하구관리 법제 개발 추진 경과
5. 하구관리 법제의 개발 방안
6. 결론

# 1. 문제 제기

## ○ 하구의 환경 훼손 심화 및 하구 이용개발에 대한 정책 수요의 변화

- 하구둑 건설 및 하구매립으로 인한 수질악화, 연안 수생태계 및 수산자원의 황폐화
- 하구 이용의 수요가 과거 농공업 위주에서 주거, 위락 및 생태관광 등 다양한 분야로 확대
- 하구의 보존 및 이용개발과 관련된 이해당사자 간 갈등의 노출 (특히 해수유통 문제) 및 이로 인한 사회적 비용 증가



# 1. 문제 제기

## ○ 하구의 환경 악화 및 생태계 훼손에도 불구하고 국가차원의 통합 관리 부재

- 하구환경 보전 및 생태계 복원의 필요성 및 관리에 대한 지속적인 문제 제기
- 분화된 하구관리체제와 법적 미비로 인해 하구현안 해결을 위한 적극적 대책 수립이 지연
- 특히 근거법의 부재로 인해 하구순환 복원과 같은 전향적이고 비용이 많이 소요되는 사업 추진에 근본적인 한계 노출





하구순환 복원과 같은 새로운 사업 추진을 위한 주관기관 설정 및 역할분담이 필요

## 2. 하구관리 법제의 필요성 (자치단체의 요구)

### ○ 충청남도의 보령방조제 복원 추진전략 (충청남도, 2016)

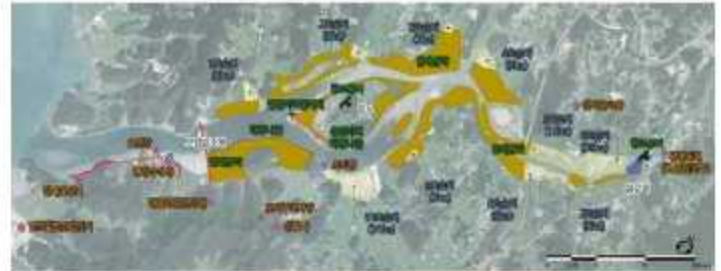
- 새로운 하구 정책 수요를 반영한 전향적 사례

#### 복원목표

해수순환을 통한 생태복원 / 수질 및 생태환경 개선을 통한 주민소득 증대

#### 단계별 접근 전략

- 1단계 해수순환을 통한 수질 개선 및 생태환경 개선
- 2단계 수질개선을 통한 다양한 생태환경 개선
- 3단계 수질 및 생태환경 개선을 통한 주민소득 증대



하수처리장 및 주변 축사 오염원의 유입으로 수질 악화	갯벌이 육지화된 지역은 절대균락이 우려	오천항을 중심으로 충청수영성, 해안경관전원대 등 관광자원 분포
보령호로 유입되는 우수를 정화하기 위한 인공습지 조성	일부 방조제 인근 및 갯벌지역에서 톱밥마디, 하등나무 등 멸종식물 분포	관천동해(동일부구), 도미부인사당 등 지역문화자원 분포
바지락, 굴 등 어족자원이 과거에 비해 줄어들	법정보호종인 검은머리물떼새, 흰조롱이 등 서식 확인	갯마을은 북색봉촌제원마을로 지정

## 3. 하구법제 개발의 요건 (핵심 요소)

### ○ 하구의 통합관리를 위한 법제의 개발은 적어도 다음 3 개의 요건을 갖추어야 함

- 하구이용과 연관된 다양한 이해를 통합 조정할 수 있는 이해당사자 논의 구조 (하구관리위원회, 하구프로그램, 하구포럼 등)
- 통합적 하구관리를 가능하게 하는 정부차원의 관리계획 수립 및 이행 (하구관리종합계획)
- 통합적 하구 관리를 지원할 법적 근거 (하구관리법, 하구복원법 등)



➡ 지금까지 상기 3개 요건 중 갖추어진 것은 하나도 없음

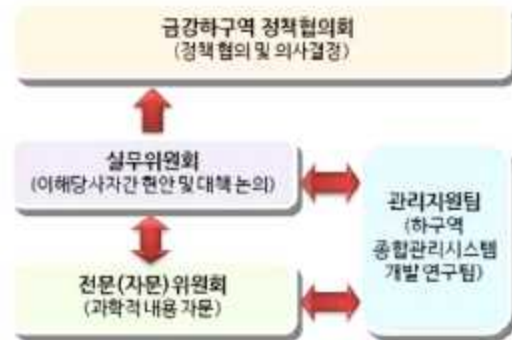


### 3. 하구관리 법제 개발의 요건 (이해당사자 협의구조)

○ 이해당사자 간 이해상충 및 갈등 조정을 위한 국가 및 지역 차원의 협의/조정 기구 필요

- 중앙 정부의 이해를 조정할 수 있는 국가 하구관리위원회
- 하구별로 이해당사자간 협의 및 갈등 조정을 위한 지역하구관리위원회 (예: 금강하구해역정책협의회)
- 국가/지역 하구관리위원회는 안정적 운영을 위한 법적 근거 확보 필요

금강 하구 사례 (해양수산부, 2015)



\* 주요 이해당사자 참여를 강제할 만한 근거 부재

➡ 하구포럼, 정책협의회 등 자율적 협의 /조정기구의 한계를 극복하기 위한 법적 근거 확보

### 3. 하구관리 법제 개발의 요건 (하구 통합관리계획)

○ 하구관리의 통합성을 확보하기 위해서는 하구를 단위로 하는 통합관리계획의 수립 및 이행이 필요

- 하구수질 및 수생태계 보전, 개선 및 복원을 위한 통합관리계획의 수립
- 하구별 논의구조(하구프로그램)을 통한 통합하구관리계획의 수립 및 평가, 각 부처별 계획 이행
- 국가하천 하구의 순환복원과 같은 대규모 사업은 별도의 계획 수립 및 이행 (별도의 추진체계)

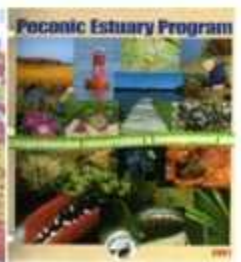
자료: 환경정책평가연구원(2006)



캐나다 Fraser Estuary Management Plan (FREMP, 2003)



영국 Thames Estuary Management Strategy (TEP, 2001)



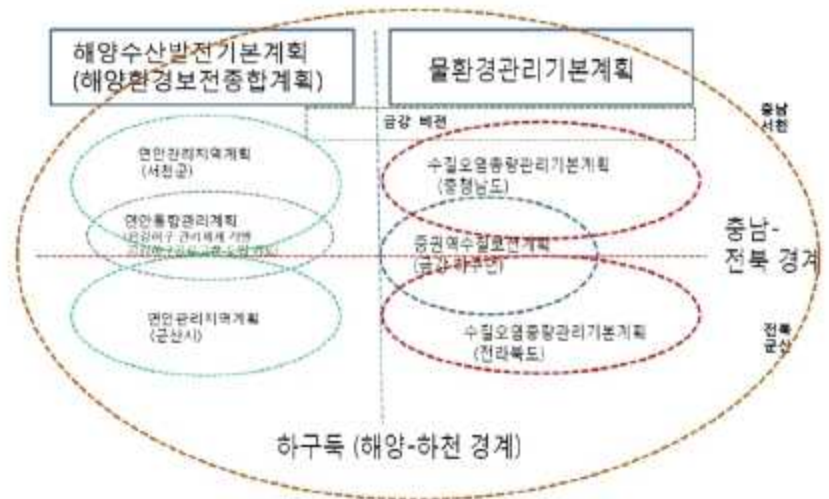
미국 Peconic Estuary COMP (NEP, 2001)

➡ 하구관리의 통합성 확보를 위한 통합관리계획의 수립, 이행, 및 평가에 대한 규정

### 3. 하구관리 법제 개발의 요건 (금강하구의 사례)

#### ○ 관리체제의 분화로 인해 하구관리정책 및 관리계획의 통합성 결여

- 2개의 광역자치단체가 접하는 국가하천 하구(예: 금강 하구)의 경우 중앙부처의 계획은 하구독을 기준으로, 광역자치단체 및 기초자치단체의 계획은 행정구역을 경계로 명확하게 구분되어 수립
- 기본계획(해수부 해양수산발전기본계획/환경부 물환경관리기본계획, 수질오염총량관리기본계획(충청남도/전라북도), 연안통합관리계획(충청남도/전라북도) 모두 연계성 없이 수립·시행



\* 하천/해양, 중남/전북으로 쪼개진 법정계획

### 3. 하구관리 법제 개발의 요건 (하구관리 법)

#### ○ 하구의 관리 목적에 따라 3개의 다른 프로그램 운영

- 하구연구보전시스템(연안관리법, 해양대기정 주도): 하구고유의 환경 상태 특성을 보유한 하구를 연구교육의 목적으로 보호(28개 소규모 하구/하구의 일부 지역)
- 하구프로그램(청정수법, 환경보호법 주도): 2개 이상의 주정부와 공유하는 대형 하구의 수질 및 수생태계 개선 및 복원 (하구관리위원회(EPA) 주관, 28개 대형 하구)
- 하구서식지복원프로그램(하구복원법, 미육군공병단 및 관련부처 통합 프로그램): 구조물 등에 의해 훼손된 하구서식지를 하구순환 등을 통해 복원 (국가하구복원위원회, 주요 이해당사자 순번제 주관)

#### ○ 법적 근거를 가진 프로그램으로 연방정부의 지원 및 주정부가 매칭하는 공동 프로그램임

- 연방부의 지원은 65%(하구서식지복원)~75%(하구프로그램)
- 각 프로그램의 구가 차원의 모니터링은 통합적으로 해양대기정에서 담당

➡ 특히 하구복원의 경우 새로운 법 개발이 요구됨





## 4. 하구관리 법제 개발 경과

### ○ 대통령자문 지속가능발전위원회(2006)의 권고에 따라 하구관리 법제화 노력 시작

- 환경부 제1차 물환경관리기본계획('06~'15)에 하구조사연구, 하구관리체제 개발, 하구복원법 제정 등을 계획 (부처협약이 필요한 사업 미 추진)
- 해수부는 제2차 해양수산발전기본계획('11~'20)에 건강성회복프로그램, 하구조사연구, 하구역종합관리시스템구축을, 연안통합관리계획('11~'22)에 하구관리체제개발 및 하구프로그램도입 등을 검토 (부처 협약이 필요한 사업 미 추진)

★ 아직까지 부처 자체적으로 추진할 수 있는 조사연구 이외의 분야에 대한 진전은 매우 미흡



## 4. 하구관리 법제 개발 경과 (제안)

### ○ 환경부(2007)이 제안한 법안을 기초로 제안 부처의 역할 및 기능에 따라 여러 수정안이 제안됨

- 환경부(2007)가 최초로 하구관리법(안) 제안
- 해양수산부(2009), 국토해양부(2011) 등이 수정안 제시 (주관부처 변경 및 토지관리 수단 포함)
- 충청남도(2014) 수정안 제안 (광역자치단체의 복원사업지구 지정/시행절차/인허가 및 의제/재원 조달 등)

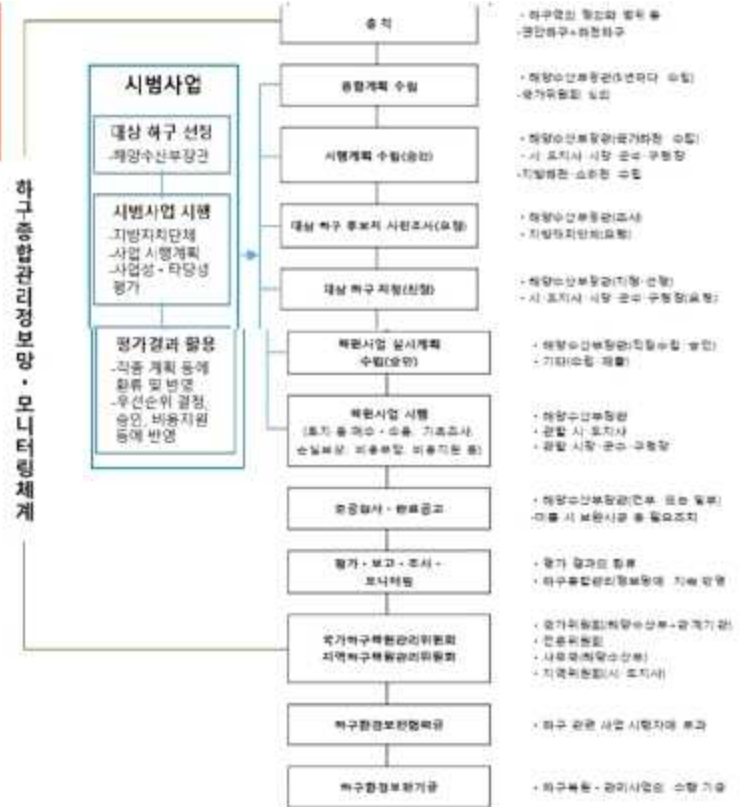
★ 연구 차원에서 수정안이 제시되었으나 관련부처(MOE & MOF) 간 공식적인 협의는 없었음

- 제1장 총칙: 제1조(목적), 제2조(정의), 제3조(적용 범위), 제4조(하구관리의 기본원칙), 제5조(다른 법률과의 관계), 제6조(국가 등의 책무), 제7조(주요 시책의 협의 등)
- 제2장 하구의 통합관리: 제8조(하구역별 통합관리의 원칙), 제9조(하구환경 기초조사 등), 제10조(하구관리종합계획의 수립 등), 제11조(하구별 하구관리시행계획의 수립 등), 제12조(하구별시행계획의 신청과 승인), 제13조(하구환경종합정보망의 구축 및 운영), 제14조(다른 계획 등과의 관계), 제15조(종합계획 등의 준수), 제16조(국가하구관리위원회), 제17조(하구관리실무위원회), 제18조(하구별 지역하구관리위원회)
- 제3장 대외협력 등: 제19조(국제 하구보전·관리 협력의 추진), 제20조(남·북한 하구보전·관리 협력)
- 제4장 하구보호구역의 지정·관리 등: 제21조(하구보호구역의 지정·관리), 제22조(하구보호구역의 지정·변경절차), 제23조(하구보호구역의 관리종합계획), 제24조(하구보호구역의 조사 및 관찰 등), 제25조(하구보호구역에서의 행위제한 등), 제26조(종지명령 등), 제27조(하구보호구역의 도지 등의 매수), 제28조(하구보호구역의 주민지원 등), 제29조(하구보호구역의 우선이용 등), 제30조(하구보호구역에서의 개발행위 등 협의)
- 제5장 하구의 개선 및 복원: 제31조(개선 및 복원 대상 하구의 선정), 제32조(하구의 개선·복원대책의 수립·시행), 제33조(하구개선·복원계획의 수립), 제34조(개선·복원계획의 내용), 제35조(개선·복원계획의 변경), 제36조(하구의 개선·복원사업의 시행자), 제37조(하구의 개선·복원사업실시계획의 수립 등), 제38조(비용의 부담), 제39조(임인자 부담)
- 제6장 보칙: 제40조(하구환경보전협약), 제41조(하구환경보전기금의 설치·운용 및 관리), 제42조(기금의 재원), 제43조(기금의 용도), 제44조(사업 인·허가 등의 통보), .....





## (가칭)「하구의 지속가능한 복원 및 관리에 관한 특별법」 제정 법률안



## 4. 하구관리 법제 개발 경과 (해수부 검토 안)\*

(가칭)「하구의 지속가능한 복원 및 관리에 관한 특별법」 제정 법률안

- 제1장 총칙**
- 제1조(목적)
  - 제2조(정의)
  - 제3조(적용범위)
  - 제4조(하구의 복원·관리의 기본원칙)
  - 제5조(국가 등의 책무)
  - 제6조(다른 법률과의 관계)
  - 제7조(주요 시책의 협의 등)
- 제2장 하구의 복원 및 관리에 관한 종합계획의 수립 등**
- 제8조(하구의 복원 및 관리에 관한 종합계획의 수립 등)
  - 제9조(하구의 복원 및 관리에 관한 시행계획의 수립 등)
  - 제10조(다른 계획 등과의 관계)
  - 제11조(하구종합관리정보망의 구축 및 운영)
- 제3장 복원 및 관리 대상 하구의 지정 및 시범사업 등**
- 제12조(복원 및 관리 대상 하구 후보지에 대한 사전조사)
  - 제13조(복원 및 관리 대상 하구의 지정)
  - 제14조(하구복원 시범사업 대상 하구의 선정)
  - 제15조(시범사업의 시행)
  - 제16조(시범사업 시행 결과의 평가 및 활용)
- 제4장 복원사업의 시행 및 평가·관리 등**
- 제17조(하구의 복원사업의 기본지침)
  - 제18조(복원사업의 시행자)
  - 제19조(복원사업 실시계획의 수립 등)
  - 제20조(인·허가 등의 의제)
  - 제21조(복원사업의 시행 방식)
  - 제22조(토지 등의 매수 또는 수용 등)
  - 제23조(기조조사 등)

- 제24조(토지이용의 출입 등에 따른 손실보상)
- 제25조(비용의 부담)
- 제26조(임의자 부담)
- 제27조(비용의 우선 지원)
- 제28조(준공검사)
- 제29조(복원사업 완료의 공고)
- 제30조(복원사업의 평가)
- 제31조(복원사업의 보고 및 조사)
- 제32조(복원사업의 모니터링)
- 제33조(복원된 하구에 대한 보호구역 등의 지정 의제)
- 제34조(기술개발의 지원 등)
- 제35조(전문인력의 양성·관리 및 전문기관 지원)

- 제5장 국가하구복원관리위원회 등**
- 제36조(국가하구복원관리위원회)
  - 제37조(전문위원회)
  - 제38조(국가하구복원관리사무국)
  - 제39조(지역하구복원관리위원회)

- 제6장 보칙**
- 제40조(하구환경보전협력금)
  - 제41조(하구환경보전기금의 설치·운용)
  - 제42조(기금의 재원)
  - 제43조(기금의 용도)
  - 제44조(사업 인·허가 등의 통보)
  - 제45조(관계기관의 협조)
  - 제46조(국고보조)
  - 제47조(권한의 위임 및 위탁)

- 제7장 벌칙**
- 제48조(과태료)
- 부칙

## 5. 하구관리 법제 개발 방안 (법제화 과정의 문제)

하구관리 법제화를 다음과 같은 문제의 극복이 필요

1. 환경부-해수부 관할의 중복으로 인해 단일 부처에서 추진하기에는 한계
2. 하구관리를 위한 별도의 법률을 만들 때 기존 법과의 중복 및 상충
3. 이해당사자의 이견을 수렴/조정 할 수 있는 책임 있는 추진 세력의 부재

## 5. 하구관리 법제 개발 방안 (입법 추진방안)

### 1안: 의원입법을 통한 접근\*

- 하구는 주요 자치단체에 골고루 분포 (입법 영향이 전국적)
- 하구별 하구프로그램의 구축 및 운영 (지역중심의 선진 참여형 관리체제)
- 하구순환 복원 등을 통해 지역 환경 개선 및 경제 활성화 지원
- 행정입법에 비해 상대적으로 객관적인 관리체제 제안 가능

### 2안: 행정입법을 통한 접근

- 하구 관리를 위한 기존 환경관리 수단의 보완 및 차별화 가능
- 하구관리를 위한 주관 부서가 아닌 경우 추진 동력 미약/상실
- 상대적으로 관계 부처의 이해에 따라 입법 추진에 어려움 발생

➡ 법제 개발의 탄력을 확보하기 위해서는 하구순환 복원의 필요성에 대한 인식 확대가 필요

\*현재 농해수위(해수부 안) 및 환경노동위(환경부 안) 법안 상정이 추진 중



## 5. 하구관리 법제 개발 방안 ( 기존법과의 상충 문제 )

### 1안: “하구(역)” 특정 관리구역에 대한 관리 규정을 포함하는 “하구관리법(가칭)” 제정: 환경부(2007)안

- 하구의 특성을 고려한 보호, 개선, 복원을 위한 관련 규정 포함
- 부처 합의가 되는 경우 공동입법 추진
- 기본법적 성격을 가지게 되는 경우 실행법의 개정 또는 제정이 필요 (실행법 vs. 기본법)

### 2안: 하구(역)의 보호, 개선은 기존법의 개정을 통해 복원은 “하구복원법(가칭) 제정을 통해 추진: 해수부(2017)안

- 하구 보호/개선은 기존의 조항 개정을 통해 가능 (습지보호법, 수질및수생태보전에관한법, 해양환경관리법 등)
- 현재 관할권이 불명확하고 복원의 목적에 따라 주관부처가 달라질 수 있는 복원(하구순환) 사업의 추진을 위해서는 하구복원법(가칭) 제정추진 (하구호 수질개선, 하구습지의 복원, 기수생태계 복원, 하구수산자원기반 복원, . . . . .)
- 순환복원의 목표와 결과에 따른 시행부처와 관리부처의 역할 재설정

## 5. 하구관리 법제 개발 방안 (환경부-해수부 관할권 문제)

### 1. 하구 관리를 위한 “환경부-해수부 정책협의회” 구성 및 운영

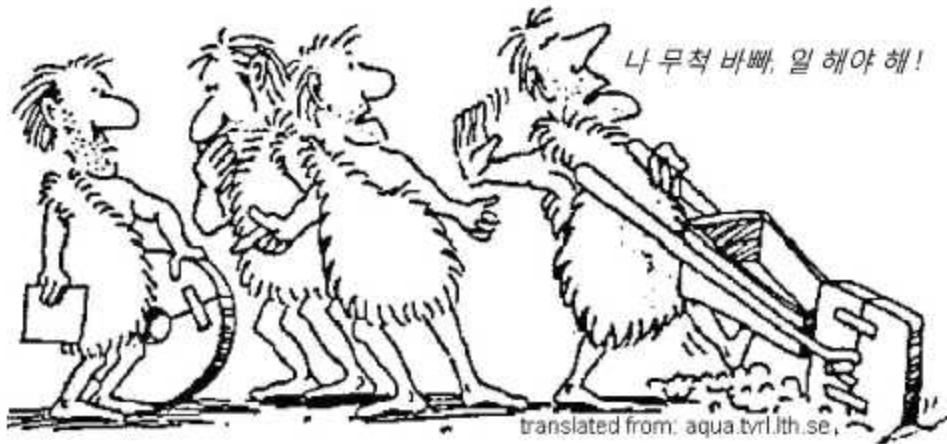
- 하구 관리를 위한 기본원칙에 합의 (기수 vs. 담수)
- 현재 관할권을 고려한 기능별/영역별 업무 분장
- 중복 관할권에 대한 기능별/영역별/규모별 관할권 조정
- 새로운 정책(순환 복원)에 관한 주관부처 협의 (단일 vs. 공동 vs. 특별 추진체계)

### 2. 협의의 수준에 따른 단계별 “국가하구정책” 설정 및 이행

- 공동 하구조사연구지침, 공동 연구사업 추진 (1단계)
- 하구역 공동 환경모니터링시스템 구축 운영 (2단계)
- 현재 관할권(주로 보호, 개선 사업 위주)을 고려한 국가 하구정책 수립 및 이행(3단계)
- 하구순환 복원 등 신규정책에 대한 업무분장 (4단계)

## 5. 하구관리 법제 개발 방안 (사고의 전환)

사고의 전환만 이루어 진다면 우리는 건강한 하구를 만들 수 있고, 그 편익을 충분히 누릴 수 있음. 그러나 .....



## 결론

- 하구관리를 위한 법제 개발의 필요성에도 불구하고 지금까지 가시적인 성과 부재했음
- 하구 보전/이용/개발과 연관된 기존의 사고를 벗어난 전향적 의식전환 및 공유가 필요
- 하구 관리 법제 개발을 위한 논의를 벗어나 이해당사자의 실질적 노력과 행동이 절실히 요구되는 시점 임
- 신정부에서의 하구법제 개발을 위한 이러한 논의는 하구환경정책 전환을 위한 동력이 될 수 있음